УДК 54
ББК 24я729
В 85

Программа «МГУ – школе»

*Авторский коллектив:*
Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренин, О.Н. Рыжова,
Р.Л. Антипин, О.В. Архангельская, В.В. Еремин, Н.В. Зык, С.И. Каргов,
Е.В. Карпова, Л.И. Ливанцова, А.Г. Мажуга, Г.Н. Мазо, И.В. Морозов,
М.В. Обрезкова, С.Б. Осин, Д.А. Пичугина, Ф.Н. Путилин

**В 85** **Вступительные** экзамены и олимпиады по химии: опыт Московского университета. Учебное пособие / Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренин, О.Н. Рыжова и др. / Под ред. Н.Е. Кузьменко, О.Н. Рыжовой и В.И. Теренина. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 624 с. – (МГУ – школе)

ISBN 978-5-211-06252-8

Данное пособие отличается от большинства изданий, предназначенных для абитуриентов, тем, что крупнейший отечественный вуз – Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова – представляет все варианты экзаменационных и олимпиадных заданий по химии, предлагавшиеся на университетских олимпиадах и вступительных экзаменах на факультетах МГУ за последние пять лет. Для каждого варианта приведены подробные решения заданий или же ответы и указания к решению. Пособие предназначено для абитуриентов, поступающих в вузы на химические, медицинские и биологические специальности, а также для школьников старших классов и учителей химии.

***Ключевые слова:*** *конкурсный вступительный экзамен по химии, предметные олимпиады школьников по химии, отбор абитуриентов, фундаментальное образование.*

**УДК 54**
**ББК 24я729**

**Entrance** Examinations and Olympiads in Chemistry: Experience of Moscow University / N.E. Kuz'menko, V.I. Terenin, O.N. Ryzhova, *et al* / Eds. N.E. Kuz'menko, O.N. Ryzhova, V.I. Terenin. – Moscow: Moscow University Press, 2011. – 624 p.

The book presents all the examination problems and Chemistry Olympiad problems offered at the MSU entrance examinations for the past five years. For each problem the detailed solution or answer is given. The book is intended for pretenders, entering the University in chemical, biological, and medical specialty, as well as for high school students and teachers of chemistry.

***Keywords:*** *entrance examination in chemistry, Chemistry Olympiads, selection of applicants, fundamental education*

ISBN 978-5-211-06252-8 © Издательство Московского университета, 2011

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая вашему вниманию книга является творческим продолжением и развитием целой серии публикаций, ежегодно издаваемых по материалам вступительных экзаменов и олимпиад по химии, проводимых Московским университетом. В частности, отлично зарекомендовала себя, стала популярной и приобрела собственное шутливое наименование «Подсолнухи» книга [1], подготовленная авторским коллективом химического факультета и являющаяся обобщением университетских экзаменационных и олимпиадных материалов за 2003-2005 годы. Настоящая книга содержит аналогичные материалы за последние пять лет (2006-2010 годы) и состоит из четырех частей.

Первая часть посвящена олимпиаде (ранее – конкурсу) «Покори Воробьевы горы!», ее необычной истории и особенностям проведения. Мы приводим задания заочных и очных туров олимпиады, а также подробные решения к ним. Все материалы олимпиады сгруппированы по годам. Во второй части рассказывается об истории становления и развития университетской олимпиады «Ломоносов» по химии, и также приводятся все задания и решения, включая задания и решения заочного тура этой олимпиады, впервые проведенного в 2010 году. Третья часть посвящена традиционным письменным вступительным испытаниям по химии в МГУ. Экзаменационные задания группируются по годам и, внутри каждого года, – по факультетам. Очень интересным и, безусловно, уникальным представляется материал четвертой, заключительной части, посвященной биографическим очеркам членов авторского коллектива книги. Это одновременно и составители представленных в книге олимпиадных и экзаменационных задач, и экзаменаторы, скрупулезно и доброжелательно проверявшие выполненные задания участников олимпиад и абитуриентов МГУ. Все они – сотрудники химического факультета, профессора и преподаватели разных кафедр, ведущие активную научную работу в различных областях химии. Заинтересованный читатель найдет здесь информацию не только о том, как люди приходят учиться на химический факультет МГУ и становятся затем его сотрудниками, но и о том, какими путями развивается современная химическая наука.

Для успешного выполнения олимпиадных и экзаменационных заданий, очевидно, необходима хорошая теоретическая подготовка, поэтому кроме школьных учебников необходимо использовать книги и справочники, приведенные в списке рекомендуемой литературы.

Все отзывы, пожелания и замечания будут приняты с признательностью и благодарностью по адресу: *119991 Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 3, химический факультет МГУ, кафедра физической химии, Рыжовой Оксане Николаевне.* С нами также можно связаться по электронному адресу *ron@phys.chem.msu.ru*

# Часть I

# ОЛИМПИАДА «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»

## «Покори Воробьевы горы!» – удачная находка «Московского комсомольца» и МГУ

Конкурс «Покори Воробьевы горы!», ныне приобретший статус федеральной олимпиады, является оригинальным совместным проектом Московского университета и Издательского дома «Московский комсомолец».

Впервые конкурс состоялся в 2005 г. и сразу же стал очень популярным. Основная цель организации и проведения этого интеллектуального соревнования – дать возможность абитуриентам из самых отдаленных уголков России попробовать свои силы и попытаться стать студентами первого вуза страны. По условию, конкурс проводится в два этапа. На первом, заочном этапе школьники выполняют подготовленные предметными комиссиями МГУ и опубликованные в популярной российской газете «Московском комсомольце» задания по разным предметам и присылают свои решения в редакцию газеты к установленному сроку. В первые годы функционирования конкурс «Покори Воробьевы горы!» проводился раздельно на каждый факультет МГУ, список предметов, задания по которым необходимо выполнить для разных факультетов МГУ, также публиковался в «МК». Все полученные работы редакция официально передавала в университет. К участию в очном этапе, который проходил в апреле месяце в нескольких городах России, приглашались школьники, отобранные экспертами Московского университета по результатам заочного тура. Необходимо особенно подчеркнуть, что участие Издательского дома «Московский комсомолец» все прошедшие годы не ограничивается исключительно информационной поддержкой – газета оплачивает финалистам конкурса и одному сопровождающему взрослому проезд к месту проведения второго этапа и проживание. Очный тур конкурса про-

водился в один день, участники писали работу, в которую были включены задания по разным предметам, на химический факультет это были математика, физика и химия. Раньше победители письменно-устного очного тура принимались на первый курс соответствующего факультета без экзаменов. На химический факультет в 2005 г. были зачислены 9, в 2006 и 2007 – по 12, а в 2008 г. – 21 победитель конкурса «Покори Воробьевы горы!». В 2009 г. конкурс был внесен в официальный федеральный Перечень олимпиад, и с этого года в проекте получили право участия не только выпускники школ, но и девятиклассники и десятиклассники, которые, в случае удачного выступления, приглашались для обучения в СУНЦ МГУ им. А.Н. Колмогорова. Тем самым, благодаря конкурсу создается уникальная база данных будущей интеллектуальной элиты России.

С 2010 г. олимпиада «Покори Воробьевы горы!», ставшая федеральной, организуется не по факультетам, а по предметам – химии, физике, математике и т.п. Лауреаты олимпиады получают ощутимые преимущества при поступлении в любой отечественный вуз, имеющий в списке вступительных испытаний данный предмет. Победители этой молодой олимпиады, шутливо называемые товарищами «альпинистами», с успехом учатся на разных факультетах МГУ.

## Заочный тур олимпиады «Покори Воробьевы горы!»

### Задания заочного тура 2006

**1.** Сколько существует изомерных дибромanилинов? Изобразите их структурные формулы, назовите их.

**2.** В каком объеме воды можно растворить 4.2 г карбоната магния, если произведение растворимости $MgCO_3$ составляет $2.1 \cdot 10^{-5}$ моль$^2$/л$^2$?

**3.** Чему равна массовая доля хлорной кислоты в водном растворе, в котором число атомов кислорода в 10 раз больше числа атомов хлора?

**4.** В 13 см$^3$ неизвестного металла содержится $12.03 \cdot 10^{23}$ валентных электронов (плотность металла 8.64 г/см$^3$). Определите металл и приведите электронную конфигурацию атома металла.

**5.** Раствор содержит ионов $H^+$ в $10^4$ раз больше, чем ионов $OH^-$. Определите pH раствора.

**6.** Какие два вещества и при каких условиях вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие вещества (указаны все продукты реакций без стехиометрических коэффициентов):

1) $SrSO_3 + K_2SO_3 + H_2O$;

2) $C_6H_5–C_2H_5 + HBr$;

3) $CuCl_2 + FeCl_2$?

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:

$$CuO \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow Cu \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow CuO$$

Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_2H_6O \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_3H_6O \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_6H_{14}O \rightarrow C_6H_{12}.$$

Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смесь азота и водорода имела плотность по водороду меньше 4. После пропускания смеси над нагретым катализатором и охлаждения образовался аммиак с выходом 40%, в результате чего плотность смеси по водороду стала больше 4. Определите области возможных объёмных долей азота в исходной и конечной смесях.

**10.** В результате нитрования 7.8 г бензола смесью концентрированных азотной и серной кислот получена смесь органических продуктов, для восстановления которой потребовалось 35.1 г цинка в соляной кислоте. Установите качественный и количественный состав органических соединений, полученных после восстановления.

## Задания заочного тура 2007

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, которые протекают при взаимодействии ионов: а) $SO_3^{2-}$ и $Cr_2O_7^{2-}$; б) $Cl^-$ и $MnO_4^-$.

**2.** В молекуле алкана содержится $x$ первичных, $y$ вторичных и $z$ четвертичных атомов углерода. Найдите число третичных атомов углерода.

**3.** Напишите структурные формулы трёх кислородсодержащих органических соединений, которые содержат 40% углерода по массе и имеют разную молярную массу.

**4.** Чему равны средняя молярная масса смеси водорода и азота с равными массовыми долями и масса 50 л этой смеси при температуре 25°C и нормальном давлении?

**5.** Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (указаны все продукты реакций без стехиометрических коэффициентов):

1) $FeCl_2$;

2) $Cr(OH)_3$;

3) $Mg(H_2PO_4)_2$;

4) $NaCl + HCl$;

5) $H_3PO_4 + HF$;

6) $NaOH + NH_3$;

7) $Na_2CO_3 + O_2$;

8) $Na_2S + CO$?

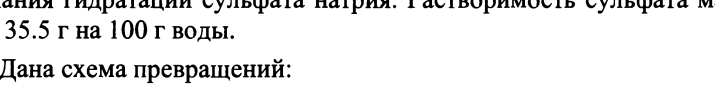
Напишите полные уравнения реакций.

**6.** При сжигании фосфина в избытке кислорода выделилось 236.0 кДж теплоты. Продукты реакции растворили в 200 мл 1.50 М раствора гидроксида калия (плотность 1.07 г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе. Теплоты образования фосфина, оксида фосфора (V) и жидкой воды равны –5.4, 1492 и 285.8 кДж/моль соответственно.

**7.** В реактор для синтеза метанола поместили 4 моль CO и 1 моль $H_2$ при температуре 450°C. Выход реакции составил 20%. Во сколько раз изменилось давление в реакторе? Сколько моль CO нужно добавить к 1 моль $H_2$ при той же температуре, чтобы выход реакции составил 25%?

**8.** Под стеклянным колпаком помещают в открытых сосудах 300 г насыщенного раствора сульфата магния и 30 г раствора безводного сульфата натрия. В результате поглощения паров воды сульфат натрия превращается в кристаллогидрат $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$. Определите массу кристаллогидрата сульфата магния $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, выпавшего из раствора после окончания гидратации сульфата натрия. Растворимость сульфата магния равна 35.5 г на 100 г воды.

**9.** Дана схема превращений:




Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих реакций. Укажите условия проведения реакций.

**10.** Электрохимическое никелирование (нанесение никелевого покрытия) проводят методом электролиза в подкисленном растворе сульфата никеля (II) с никелевым анодом. Рассчитайте толщину никелевого покрытия, которое можно нанести на изделие с площадью поверхности 0.05 $м^2$ за 15 мин при токе 800 А и выходе реакции 60%. Плотность никеля равна 8.9 $г/см^3$. Какие процессы протекают на аноде и катоде?

**11.** Эквимолярную смесь двух изомерных дибромпропанов нагрели со спиртовым раствором щёлочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор оксида серебра, при этом выпало 14.7 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щёлочи получена смесь, которая может прореагировать с 2.45 г свежеприготовленного гидроксида меди (II). Какие дибромпропаны и в каком количестве находились в исходной смеси?

**12.** Дана схема превращений:

$$\mathbf{A} \xrightarrow[Pt]{1\text{ моль } H_2} \mathbf{B} \xrightarrow{1\text{ моль } Br_2} \mathbf{C} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{D} \xrightarrow{2\text{ моль } NH_3} \mathbf{E},$$

где **A** – углеводород, в котором массовая доля углерода составляет 92.308%. Напишите структурные формулы веществ **A** – **E** и уравнения соответствующих реакций.

**13.** Вещества **A**, **B** и **C** имеют общую формулу $C_4H_8O_3$. При нагревании веществ **A** и **B** образуются соответственно вещества **D** и **E**, являющиеся изомерами, причём вещество **D** обесцвечивает, а вещество **E** не обесцвечивает раствор брома в тетрахлориде углерода. При нагревании вещества **C** образуется вещество **F**, имеющее молярную массу вдвое большую, чем вещество **D**. Установите строение веществ **A** – **F**. Напишите уравнения протекающих реакций и объясните их.

## Задания заочного тура 2008

**1.** Массовая доля неизвестного газа, находящегося в смеси с оксидом углерода (IV), равна 12%, а объёмная доля – 60%. Определите, какой это газ.

**2.** Вычислите массу оксида фосфора (V), которую надо добавить к водному раствору, содержащему 3.4 г аммиака, для получения гидрофосфата аммония.

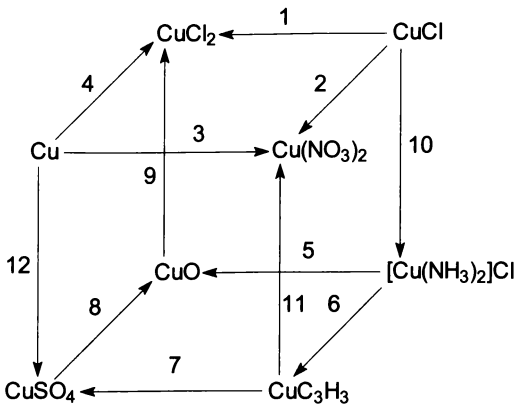
**3.** Общее количество атомов в образце предельной одноосновной карбоновой кислоты массой 75 г равно 10 моль. Определите формулу кислоты.

**4.** Оксид неметалла массой 7.62 г добавили к 125 г 13.44%-ного раствора гидроксида калия и получили раствор, в котором массовая доля соли составляет 10.00%. Определите формулы оксида и соли. Рассчитайте массовую долю щёлочи в конечном растворе.

**5.** Определите формулу одноосновной кислоты, если её константа диссоциации составляет $6.8 \cdot 10^{-4}$, а pH её 0.1%-ного водного раствора (плотность 1 г/мл) равен 2.26.

**6.** Приведите примеры шести органических соединений разных классов, способных реагировать с водой. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме.




**8.** Используя только катализаторы и неорганические реактивы, предложите схему получения этилового эфира кротоновой (бутен-2-овой) кислоты из целлюлозы.

**9.** При нагревании до 448°C 2.94 моль иода и 8.1 моль водорода в закрытом сосуде образовалась равновесная газовая смесь, содержащая 5.64 моль иодоводорода. Определите состав равновесной газовой смеси, образующейся при нагревании 64 г иодоводорода в том же сосуде при той же температуре.

**10.** Фуллерены привлекают к себе большое внимание из-за необычных химических и физических свойств. Фуллерен $C_{60}$ не проводит электрический ток, но при его соиспарении с калием образуется продукт внедрения металла в кристаллическую решетку фуллерена. Этот продукт – интеркалят – является полупроводником при комнатной температуре и сверхпроводником при 17 K. Определите его молекулярную формулу, если известно, что он содержит 14.0% калия по массе. При соиспарении фуллерена с рубидием и цезием образуется соединение, которое имеет структуру, аналогичную структуре калиевого интеркалята, и обладает сверхпроводящими свойствами уже при 34 K. Определите его молекулярную формулу, если известно, что оно содержит 67.2% углерода по массе.

**11.** Электролиз 100 г 20.0%-ного водного раствора $ZnSO_4$ проводили с цинковыми электродами. Когда электролиз прекратили, масса анода уменьшилась на 31.2 г, а масса катода увеличилась на 5.20 г. Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах. Рассчитайте массовую долю $ZnSO_4$ в полученном растворе.

**12.** Для полного гидролиза навески дипептида, состоящего из природных аминокислот, требуется 15 мл 2 M раствора соляной кислоты или 12 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массу навески и возможную формулу дипептида, если известно, что в нем массовая доля углерода в три раза больше массовой доли азота и в семь раз больше массовой доли водорода.

**13.** Напишите уравнения реакций, удовлетворяющих двум следующим последовательностям превращений. Приведите структурные формулы всех веществ и назовите их.

а) изомер **D** ← **E** ← алкен → **A** → **B** → **C** → **D**;

б) **K** → **L** → **M** → карбоновая кислота → **N** → изомер **K** → изомер **L**.

## Задания заочного тура 2009

**1.** Три сосуда одинакового объёма при нормальных условиях заполнены тремя разными веществами: аммиаком, водой и сероводородом. Расположите сосуды в порядке возрастания числа молекул в них. Ответ обоснуйте.

**2.** Назовите четыре вещества, принадлежащих к разным классам неорганических соединений, при добавлении которых к воде образуется щелочной раствор. Приведите соответствующие уравнения реакций.

**3.** Сколько ближайших гомологов существует у анилина? Напишите их структурные формулы.

**4.** Вычислите число протонов в 1 моль кристаллического $Na_3N$. Приведите электронные конфигурации ионов, входящих в состав этого соединения.

**5.** Образец красного фосфора массой 19.84 г полностью прореагировал с хлором, занимавшим объём 26.9 л при температуре 20°C и нормальном давлении. Определите качественный и количественный состав полученных продуктов.

**6.** К 30 л смеси, состоящей из этана и аммиака, добавили 10 л хлороводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 0.945. Рассчитайте объёмные доли газов в исходной смеси.

**7.** Как повлияет повышение давления на равновесие в следующих реакциях? Ответ поясните.

а) $2NO_{2(г)} \rightleftarrows N_2O_{4(г)}$;

б) $2NO_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftarrows 2NO_{2(г)}$;

в) $WO_{3(тв)} + 3H_{2(г)} \rightleftarrows W_{(тв)} + 3H_2O_{(г)}$;

г) $H_{2(г)} + S_{(ж)} \rightleftarrows H_2S_{(г)}$.

**8.** Навеску перманганата калия прокалили. К твердому остатку добавили избыток воды. После того, как цвет водного раствора изменился с зелёного на малиновый, осадок отфильтровали и высушили. Масса осадка составила 10.44 г. Сколько литров газа (н.у.) выделилось при прокаливании перманганата калия?

**9.** Смешали равные объёмы растворов карбоната натрия с концентрацией 0.024 М и бромида магния с концентрацией 0.016 М. Определите массу осадка и концентрации веществ в полученном растворе, если произведение растворимости карбоната магния равно $7.9 \cdot 10^{-6}$ моль$^2$/л$^2$.

**10.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$NO \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow NaNO_3 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow HNO_2 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow Li_3N \rightarrow \mathbf{D} \rightarrow NO;$$

укажите условия протекания реакций; назовите неизвестные вещества.

**11.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$CO \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow HCOOH \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CH_2O \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_3Br;$$

укажите условия протекания реакций; назовите неизвестные вещества.

**12.** Смесь изомерных соединений содержит 41.38 мас.% углерода, 3.45 мас.% водорода и кислород. Установите качественный и количественный состав смеси, если известно, что её образец массой 2.32 г может прореагировать с 20 мл 2 М раствора гидроксида натрия или 160 г 2%-ного раствора бромной воды. При нагревании такого же образца до 100°С его масса уменьшается до 2.14 г.

**13.** Константа диссоциации уксусной кислоты равна $1.75 \cdot 10^{-5}$. Рассчитайте массу ацетата калия, которую необходимо добавить к 500 мл 0.1 М раствора уксусной кислоты, чтобы понизить концентрацию ионов водорода в растворе в 100 раз. Чему равны значения pH раствора до и после добавления соли?

## Задания заочного тура 2010

**1.** Напишите уравнение реакции, в которой при окислении оптически активного вещества образуется оптически неактивное вещество.

**2.** При определённой концентрации и температуре азотная кислота реагирует с медью с образованием $NO_2$ и NO в мольном соотношении $NO_2 : NO = 2 : 1$. Сколько моль $HNO_3$ реагирует с 1 моль Cu?

**3.** Какую массу $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ нужно добавить к 60.0 г 30.0%-ного раствора $BaCl_2$, чтобы получить раствор, в котором массовая доля $BaCl_2$ равна 15.0%?

**4.** Во сколько раз необходимо разбавить водный раствор уксусной кислоты, чтобы увеличить степень её диссоциации в четыре раза? На сколько при этом изменится значение pH раствора?

**5.** Соль **AC** при нагревании разлагается с образованием соли **AD** и выделением газа **X**. При упаривании водного раствора, содержащего эквимолярную смесь солей **AD** и **BC**, выделяется газ **Y** и остается соль **AC**.

Газ **X** тяжелее газа **Y** в 1.143 раза. Определите химический состав солей **AC**, **AD** и **BC**. Напишите уравнения протекающих реакций.

**6.** Смесь двух ближайших гомологов предельных карбоновых кислот массой 37.4 г нагрели с избытком метанола в присутствии следов серной кислоты. После перегонки получили 30.3 г смеси сложных эфиров. Установите качественный и количественный состав исходной смеси, если известно, что выход одного эфира составил 70%, второго – 50%, а количество низшего гомолога кислот в исходной смеси в пять раз больше, чем высшего.

**7.** При прокаливании смеси хромата и дихромата аммония выделился газ. После пропускания этого газа через раствор соляной кислоты его объём уменьшился в два раза. Твёрдый остаток прокалили с избытком гидроксида калия. Полученную смесь растворили в воде. В раствор пропустили избыток углекислого газа, при этом выпал осадок массой 2.06 г. Определите массу исходной смеси.

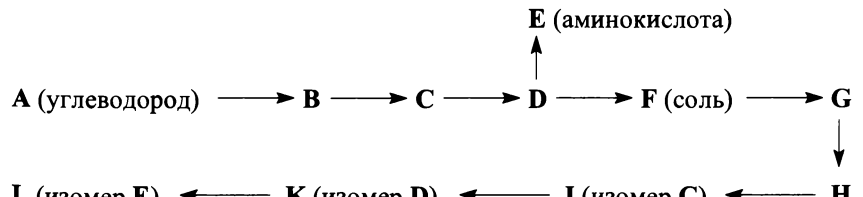
**8.** При 1000°C и общем давлении 30 атм в равновесной смеси

$$CO_{2(г)} + C_{(тв)} \rightleftarrows 2CO_{(г)}$$

содержится 17% $CO_2$ по объёму. а) При каком общем давлении в равновесной смеси будет содержаться 25% $CO_2$? б) Сколько процентов $CO_2$ будет содержаться в равновесной смеси при общем давлении 20 атм? в) Как изменится содержание $CO_2$, если к равновесной смеси, содержащейся в замкнутом сосуде, добавить $N_2$, чтобы парциальное давление $N_2$ составило 10 атм? Газы считайте идеальными.

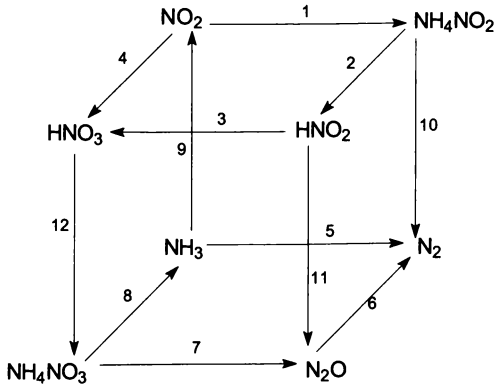
**9.** Природный уран представляет собой смесь изотопов $^{238}U$ (99.3%, период полураспада 4.5 млрд. лет) и $^{235}U$ (0.7%, период полураспада 700 млн. лет). Считая, что при первичном нуклеосинтезе число атомов обоих изотопов урана было одинаковым ($^{235}U : {}^{238}U = 1 : 1$), оцените возраст Земли.

**10.** Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



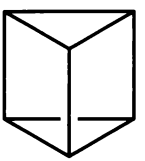

Укажите условия протекания реакций. Приведите структурные формулы всех веществ и назовите их.

**11.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций.

**12.** Немецкий химик А. Ладенбург в 19 веке предложил структуру так называемого бензола Ладенбурга (теперь он называется призман):

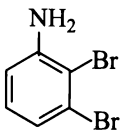


Ладенбург считал, что эта структура согласуется с тем фактом, что у бензола существует одно моно- и три диметилпроизводных. Ладенбург немного ошибся. Сколько на самом деле существует моно- и диметилпроизводных у призмана?

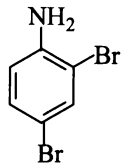
**13.** Углеводород **X** содержит 88.89% углерода по массе. Известно, что **X** не реагирует с бромом в присутствии железа, а под действием хлора на свету даёт только одно монохлорпроизводное. При взаимодействии **X** с подкисленным водным раствором перманганата калия образуется вещество **Y**, которое при нагревании до 200°C превращается в вещество **Z**, содержащее 50% углерода и 50% кислорода по массе. Установите структуры веществ **X**, **Y** и **Z**, напишите уравнения реакций.

# Решения заданий заочного тура 2006

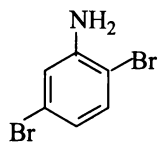
**1.** Существует шесть изомерных дибромanилинов:



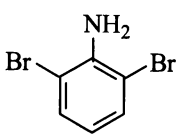

*2,3-дибромanилин*



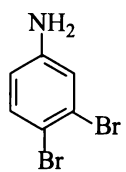

*2,4-дибромanилин*



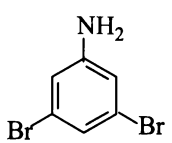

*2,5-дибромanилин*




*2,6-дибромanилин*




*3,4-дибромanилин*




*3,5-дибромanилин*

**2.** Растворение труднорастворимой соли описывается уравнением:

$$MgCO_3 \rightleftarrows Mg^{2+} + CO_3^{2-}.$$

Произведение растворимости $MgCO_3$

$$ПР(MgCO_3) = [Mg^{2+}]\cdot[CO_3^{2-}] = 2.1\cdot10^{-5} \text{ моль}^2/\text{л}^2,$$

откуда концентрация ионов магния

$$[Mg^{2+}] = (ПР)^{0.5} = (2.1\cdot10^{-5})^{0.5} = 4.6\cdot10^{-3} \text{ моль/л},$$

По условию задачи количество карбоната магния

$$\nu(MgCO_3) = 4.2 / 84 = 5.0\cdot10^{-2} \text{ моль}.$$

Из равенства

$$[Mg^{2+}] = \nu(MgCO_3) / V$$

рассчитаем объем воды:

$$V = \nu(MgCO_3) / [Mg^{2+}] = 5.0\cdot10^{-2} / 4.6\cdot10^{-3} \sim 11 \text{ л}.$$

*Ответ*: 11 л.

**3.** Пусть на 1 моль $HClO_4$ приходится $x$ моль $H_2O$. Тогда $\nu(Cl) = 1$ моль, $\nu(O) = (4 + x)$ моль. По условию задачи $\nu(O) = 10\nu(Cl)$ моль, или

$$4 + x = 10 \text{ моль},$$

откуда $x = 6$ моль.

Рассчитаем массовую долю хлорной кислоты:

$$\omega(HClO_4) = \frac{m(HClO_4)}{m(HClO_4) + m(H_2O)} = \frac{100.5}{100.5 + 6 \cdot 18} = 0.482 \text{ (или } 48.2\%).$$

*Ответ*: $\omega(HClO_4) = 48.2\%$.

**4.** Рассчитаем массу неизвестного металла:

$$m(Me) = \rho \cdot V = 8.64 \cdot 13 = 112.32 \text{ г}.$$

1 моль металла содержит $6.02 \cdot 10^{23} \cdot n$ валентных электронов (где $n$ – число валентных электронов в атоме).

Из условия задачи можно рассчитать количество металла:

$$\nu(Me) = \frac{12.03 \cdot 10^{23}}{6.02 \cdot 10^{23} \cdot n} = \frac{1.9983}{n}.$$

В то же время

$$\frac{1.9983}{n} = \frac{112.32}{A},$$

где $A$ – атомная масса металла. Решив уравнение, имеем $A = 56.207 \cdot n$.

Подбором при $n = 2$ получаем $A = 112.41$ г/моль. Это металл – кадмий Cd; его электронная конфигурация: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$.

*Ответ*: Cd, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10}$.

**5.** Поскольку $[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$, то $[OH^-] = 10^{-14} / [H^+]$. По условию задачи $[H^+] / [OH^-] = 10^4$. Подставляя в это выражение значение $[OH^-]$, имеем:

$$\frac{[H^+] \cdot [H^+]}{10^{-14}} = 10^4,$$

откуда $[H^+] = 10^{-5}$, следовательно, pH = 5.

*Ответ*: pH = 5.

**6.** 1) $Sr(HSO_3)_2 + 2KOH \rightarrow SrSO_3\downarrow + K_2SO_3 + 2H_2O$;

2) $C_6H_6 + C_2H_5Br \xrightarrow{AlBr_3} C_6H_5{-}C_2H_5 + HBr$;

3) $2FeCl_3 + Cu \rightarrow CuCl_2 + 2FeCl_2$.

**7.** 1) $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$;

2) $CuSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Cu$;

3) $Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$;

4) $CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow$;

5) $Cu(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2NaNO_3$;

6) $2CuS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $CuSO_4$; $\mathbf{X_2}$ – $CuCl_2$; $\mathbf{X_3}$ – CuS.

**8.** 1) $5CH_3CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O$;

2) $2CH_3COOH + CaO \rightarrow (CH_3COO)_2Ca + H_2O$;

3) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t^\circ} CH_3COCH_3 + CaCO_3$;

4) $CH_3COCH_3 + C_2H_5MgBr \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OMgBr$;

5) $CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OMgBr + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH + Mg(OH)Br$;

6) $CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-OH \xrightarrow[H_2SO_4]{t^\circ} CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=CH-CH_3 + H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}-(CH_3COO)_2Ca$; $\mathbf{X_2}-CH_3-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\overset{\displaystyle C(CH_3)}{\overset{|}{\underset{|}{}}}}-OMgBr$.

**9.** *1 условие.* Плотность по водороду исходной смеси < 4. Пусть в исходной смеси $\nu(N_2) = x$ моль, $\nu(H_2) = (1 - x)$ моль, тогда средняя молярная масса газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = 28x + 2 \cdot (1 - x) \text{ г/моль}.$$

По условию задачи плотность газовой смеси по водороду:

$$\frac{28x + 2 \cdot (1 - x)}{2} < 4,$$

откуда $x < 0.231$ моль.

Объёмная доля азота в исходной смеси:

$$\varphi(N_2) = \frac{x}{\nu(\text{исх.смеси})} < \frac{0.231}{1} = 0.231.$$

*2 условие.* Плотность по водороду конечной смеси > 4. Пусть в исходной смеси $\nu(N_2) = y$ моль, $\nu(H_2) = (1 - y)$ моль.

По условию задачи выход реакции равен 40%, т. е. прореагировало $0.4y$ моль $N_2$:

$$\begin{array}{ccc} N_2 & + 3H_2 & \rightleftarrows 2NH_3 \\ 0.4y & 1.2y & 0.8y \end{array}$$

В реакционной смеси осталось $y - 0.4y = 0.6y$ моль $N_2$, $1 - y - 1.2y = (1 - 2.2y)$ моль $H_2$ и образовалось $0.8y$ моль $NH_3$.

Общее количество газов в смеси

$$\nu_{общ} = 0.6y + 1 - 2.2y + 0.8y = 1 - 0.8y.$$

Тогда средняя молярная масса газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = \frac{28 \cdot 0.6y + 2 \cdot (1 - 2.2y) + 17 \cdot 0.8y}{(1 - 0.8y)} \text{ г/моль.}$$

По второму условию задачи плотность газовой смеси по водороду:

$$\frac{28 \cdot 0.6y + 2 \cdot (1 - 2.2y) + 17 \cdot 0.8y}{(1 - 0.8y) \cdot 2} > 4,$$

откуда $y > 0.185$ моль.

Объёмная доля азота в исходной смеси:

$$\varphi(N_2) = \frac{y}{\nu(\text{исх.смеси})} > \frac{0.185}{1} = 0.185.$$

Объёмные доли азота в конечной смеси:

минимальная

$$\varphi(N_2) = \frac{0.6y}{\nu(\text{кон.смеси})} = \frac{0.6y}{1 - 0.8y} > \frac{0.6 \cdot 0.185}{1 - 0.8 \cdot 0.231} = 0.130;$$

максимальная

$$\varphi(N_2) = \frac{0.6x}{\nu(\text{кон.смеси})} = \frac{0.6x}{1 - 0.8x} < \frac{0.6 \cdot 0.231}{1 - 0.8 \cdot 0.231} = 0.170.$$

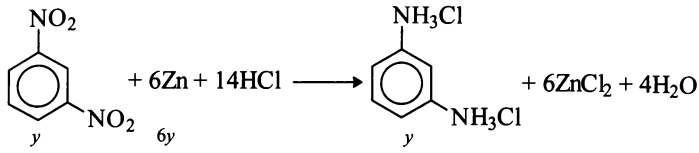
*Ответ*: исходная смесь $0.185 < \varphi(N_2) < 0.231$,
конечная смесь $0.130 < \varphi(N_2) < 0.170$.

**10.** Из условия задачи рассчитаем количества бензола и цинка:

$$\nu(C_6H_6) = 7.8 / 78 = 0.1 \text{ моль},$$
$$\nu(Zn) = 35.1 / 65 = 0.54 \text{ моль}.$$

Для восстановления 0.1 моль нитробензола требуется 0.3 моль цинка, а для восстановления 0.1 моль динитробензола – 0.6 моль цинка (см. уравнения реакций). Так как количество цинка составляет 0.54 моль, в реакции нитрования образовалась смесь моно- и динитробензолов.






Пусть образовалось $x$ моль нитробензола и $y$ моль динитробензола. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.1, \\ 3x + 6y = 0.54, \end{cases}$$

решив которую, имеем: $x = 0.02$ моль, $y = 0.08$ моль.

*Ответ*: в результате восстановления получено 0.02 моль гидрохлорида анилина и 0.08 моль дигидрохлорида *мета*-диаминобензола.

## Решения заданий заочного тура 2007

**1.** а) $K_2Cr_2O_7 + 3K_2SO_3 + 4H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 4H_2O$.

б) $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$.

**2.** В молекуле алкана $C_nH_{2n+2}$ содержится $x$ групп $CH_3$, $y$ групп $CH_2$, $w$ групп CH и $z$ четвертичных атомов C. Тогда можно выразить количества атомов углерода и водорода:

$$\begin{cases} n = x + y + w + z; \\ 2n + 2 = 3x + 2y + w. \end{cases}$$

Решение этой системы даёт $w = x - 2z - 2$.

*Ответ*: Число третичных атомов углерода равно $x - 2z - 2$.

**3.** На 1 моль углерода приходится масса соединения 12 / 0.4 = 30 г, что отвечает простейшей формуле $CH_2O$. Этой формуле соответствуют следующие вещества:

1) $CH_2O$ – формальдегид,

2) $CH_3COOH$ – уксусная кислота ($C_2H_4O_2$),

3) $CH_3CH(OH)COOH$ – молочная кислота ($C_3H_6O_3$).

*Ответ*: $CH_2O$, $CH_3COOH$, $CH_3CH(OH)COOH$.

**4.** Пусть смесь содержит $x$ г $H_2$ и $x$ г $N_2$, тогда масса смеси $m = 2x$, а количество вещества в ней составляет

$$\nu = x / 2 + x / 28 \text{ моль}.$$

Средняя молярная масса смеси равна

$$M = \frac{m}{\nu} = \frac{2x}{x/2 + x/28} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 28}{2 + 28} = 3.73 \text{ г/моль}.$$

Согласно уравнению Клапейрона – Менделеева, масса 50 л смеси

$$m = \frac{pVM}{RT} = \frac{101.3 \cdot 50 \cdot 3.73}{8.31 \cdot 298} = 7.65 \text{ г}.$$

*Ответ*: 3.73 г/моль, 7.65 г.

**5.** 1) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$;

2) $2Cr(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3$;

3) $Mg_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 \rightarrow 3Mg(H_2PO_4)_2$;

4) $NaH + Cl_2 \rightarrow NaCl + HCl$;

5) $PF_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HF$;

6) $Na_3N + 3H_2O \rightarrow 3NaOH + NH_3$;

7) $4NaO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2Na_2CO_3 + 3O_2$;

8) $Na_2SO_4 + 4C \xrightarrow{t^\circ} Na_2S + 4CO\uparrow$.

**6.** Уравнение реакции сгорания фосфина:

$$2PH_3 + 4O_2 \rightarrow P_2O_5 + 3H_2O.$$

Тепловой эффект реакции по закону Гесса:

$$Q_r = Q_{\text{обр}}(P_2O_5) + 3Q_{\text{обр}}(H_2O) - 2Q_{\text{обр}}(PH_3) =$$
$$= 1492 + 3 \cdot 285.8 - 2 \cdot (-5.40) = 2360.2 \text{ кДж/моль}.$$

Так как при сгорании фосфина выделилось 236 кДж теплоты, количество фосфина:

$$\nu(P_2O_5) = Q / Q_r = 236 / 2360.2 = 0.1 \text{ моль}.$$

Количество воды, образовавшейся при сгорании фосфина:

$$\nu(H_2O) = 3 \cdot \nu(P_2O_5) = 0.3 \text{ моль}.$$

Из условия задачи рассчитаем количество гидроксида калия в растворе:

$$\nu(KOH) = V \cdot M = 0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ моль}.$$

Из соотношения $\nu(KOH) / \nu(P_2O_5) = 3$ следует, что образовались следующие соли:

$$\underset{x}{P_2O_5} + \underset{2x}{2KOH} + H_2O \rightarrow \underset{2x}{2KH_2PO_4},$$

$$\underset{y}{P_2O_5} + \underset{4y}{4KOH} \rightarrow H_2O + \underset{2y}{2K_2HPO_4}.$$

Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.1, \\ 2x + 4y = 0.3, \end{cases}$$

откуда $x = 0.05$, $y = 0.05$. Таким образом, $\nu(KH_2PO_4) = 2x = 0.1$ моль, $\nu(K_2HPO_4) = 2y = 0.1$ моль.

Рассчитаем общую массу полученного раствора:

$$m(\text{раствора}) = m(\text{раствора KOH}) + m(P_2O_5) + m(H_2O) =$$
$$= 200 \cdot 1.07 + 0.1 \cdot 142 + 0.3 \cdot 18 = 233.6 \text{ г}.$$

Массовые доли солей в растворе:

$$\omega(KH_2PO_4) = 136 \cdot 0.1 / 233.6 = 0.0582 \text{ (или 5.82\%)}.$$
$$\omega(K_2HPO_4) = 174 \cdot 0.1 / 233.6 = 0.0745 \text{ (или 7.45\%)}.$$

*Ответ*: 5.82% $KH_2PO_4$, 7.45 % $K_2HPO_4$.

**7.** Так как выход реакции равен 20%, прореагировало 0.2 моль $H_2$. Тогда:

| | $CO$ | + | $2H_2$ | → | $CH_3OH$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| исходное количество | 4 | | 1 | | 0 | (всего 5 моль); |
| равновесное количество | $4 - 0.1$ | | $1 - 0.2$ | | 0.1 | (всего 4.8 моль); |
| равновесная концентрация | $(4 - 0.1) / V$ | | $(1 - 0.2) / V$ | | $0.1 / V$ | |

Выразим константу равновесия:

$$K_c = \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2} = \frac{0.1 \cdot V^2}{(4 - 0.1) \cdot (1 - 0.2)^2} = 0.04 \cdot V^2,$$

где $V$ – объём реактора. Давление в реакторе уменьшится в $5 / 4.8 = 1.04$ раза.

Пусть для того, чтобы выход реакции составил 25%, нужно взять $x$ моль CO. Тогда:

| | $CO$ | + | $2H_2$ | → | $CH_3OH$ |
|---|---|---|---|---|---|
| исходное количество | $x$ | | 1 | | 0 |
| равновесное количество | $x - 0.125$ | | $1 - 0.25$ | | 0.125 |
| равновесная концентрация | $(x - 0.125) / V$ | | $(1 - 0.25) / V$ | | $0.125 / V$ |

$$K_c = \frac{[CH_3OH]}{[CO] \cdot [H_2]^2} = \frac{0.125 \cdot V^2}{(x - 0.125) \cdot (1 - 0.25)^2}.$$

Константа равновесия сохраняет свое значение, и тогда:

$$\frac{0.125 \cdot V^2}{(x - 0.125) \cdot (1 - 0.25)^2} = 0.04 \cdot V^2,$$

откуда $x = 5.68$ моль.

*Ответ*: давление в реакторе уменьшится в 1.04 раза; 5.68 моль CO.

**8.** Согласно условию задачи количество безводного сульфата натрия:

$$\nu(Na_2SO_4) = 30\ /142 = 0.211 \text{ моль}.$$

Количество поглощённой сульфатом натрия воды:

$$\nu(H_2O) = 10 \cdot \nu(Na_2SO_4) = 2.11 \text{ моль}.$$

Массовая доля $MgSO_4$ в насыщенном растворе сульфата магния:

$$\omega(MgSO_4) = \frac{s}{s+100} = \frac{35.5}{135.5} = 0.262.$$

Масса $MgSO_4$ в исходном растворе составляла:

$$m_1(MgSO_4) = 300 \cdot 0.262 = 78.6 \text{ г}.$$

Пусть из раствора выпало $x$ моль $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, тогда масса $MgSO_4$ в конечном растворе составит:

$$m(MgSO_4) = m_1 - x \cdot M(MgSO_4) = 78.6 - 120x.$$

Массу конечного раствора рассчитаем следующим образом:

$$m(\text{раствора}) = m_{\text{нач}} - m(H_2O) - m(\text{осадка}) =$$
$$= 300 - 2.11 \cdot 18 - x \cdot M(MgSO_4 \cdot 7H_2O) = 262 - 246x.$$

Массовая доля сульфата магния:

$$\omega(MgSO_4) = \frac{m(MgSO_4)}{m(\text{р-ра})} = \frac{78.6 - 120x}{262 - 246x} = 0.262,$$

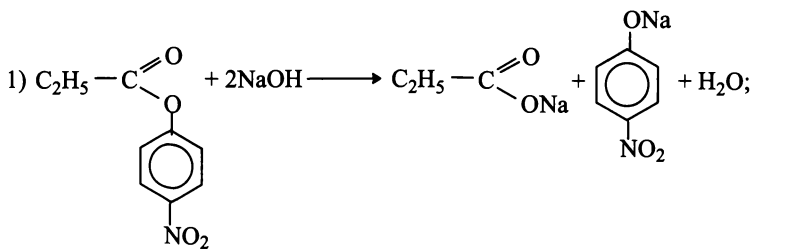
откуда $x = 0.179$ моль.

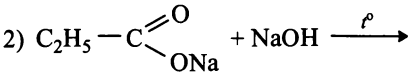
Масса кристаллогидрата сульфата магния:

$$m(MgSO_4 \cdot 7H_2O) = 246 \cdot x = 246 \cdot 0.179 = 44.0 \text{ г}.$$

*Ответ*: 44.0 г.

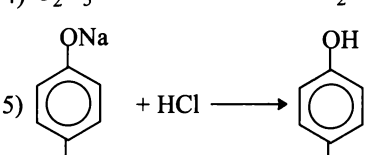
**9.**

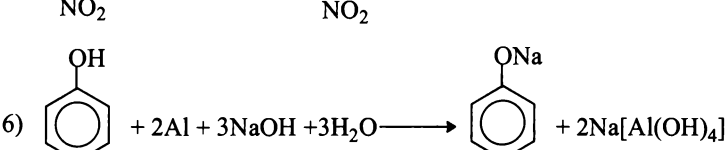
1) 

2) 

3) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$;

4) $C_2H_5Cl + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} C_2H_4 + KCl + H_2O$;

5) 

6) 

**10.** При никелировании изделия на электродах происходят следующие процессы:

Анод: $Ni - 2e \rightarrow Ni^{2+}$ (растворение никелевого анода)

Катод: $Ni^{2+} + 2e \rightarrow Ni$

$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$ (осаждение никеля на поверхности изделия и выделение водорода)

Масса осаждённого на катоде никеля:

$$m = \eta \cdot \frac{I \cdot t \cdot M}{z \cdot F} = 0.6 \cdot \frac{800 \cdot 15 \cdot 60 \cdot 59}{2 \cdot 96500} = 132 \text{ г.}$$

Объём осаждённого никеля:

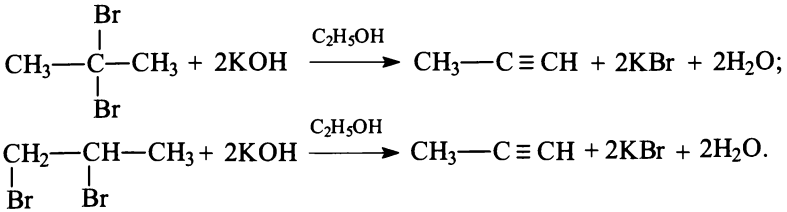
$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{132}{8.9} = 14.8 \text{ см}^3.$$

Толщина никелевого покрытия:

$$h = \frac{V}{S} = \frac{14.8}{500} = 0.03 \text{ см} = 0.3 \text{ мм.}$$

*Ответ*: 0.3 мм.

**11.** Из четырех изомерных дибромпропанов условиям задачи отвечают 1,2- и 2,2-дибромпропаны. Со спиртовым раствором щёлочи они образуют пропин:



Пропин реагирует с аммиачным раствором оксида серебра

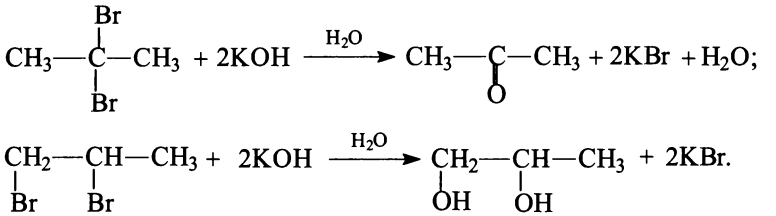


в результате чего образуется осадок в количестве:

$$\nu(C_3H_3Ag) = 14.7 / 147 = 0.1 \text{ моль}.$$

Таким образом, в смеси содержится по 0.05 моль 1,2- и 2,2-дибромпропанов.

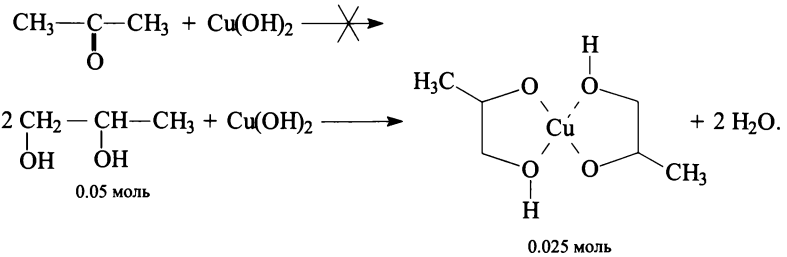
При обработке смеси водным раствором щёлочи образуются ацетон и 1,2-пропандиол:



Из условия задачи количество гидроксида меди:

$$\nu(Cu(OH)_2) = 2.45 / 98 = 0.025 \text{ моль}.$$

Уравнения реакций полученных продуктов с гидроксидом меди (II):



*Ответ*: в смеси содержится по 0.05 моль 1,2- и 2,2-дибромпропанов.

**12.** Простейшая формула углеводорода **А** – это CH. Подходит вариант $C_4H_4$ (винилацетилен).

Уравнения реакций:

1) $HC{\equiv}C{-}CH{=}CH_2 + H_2 \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$;
**A** **B**

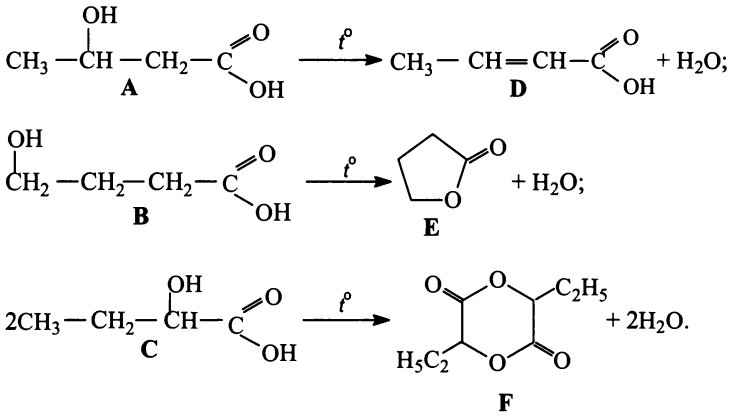
2) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$;
**B** **C**

3) $5BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow$
**C**

$\rightarrow 10BrCH_2{-}COOH + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 12H_2O$;
**D**

4) $BrCH_2{-}COOH + 2NH_3 \rightarrow H_2N{-}CH_2{-}COOH + NH_4Br$.
**D** **E**

**13.** Веществами **A**, **B** и **C** являются соответственно β-, γ- и α-гидроксимасляные кислоты:




## Решения заданий заочного тура 2008

**1.** Пусть количества $CO_2$ и неизвестного газа равны $\nu_1$ и $\nu_2$ моль соответственно, и пусть $\nu_1 + \nu_2 = 1$ моль. Тогда $\nu_1 = 0.4$ моль, $\nu_2 = 0.6$ моль. Выразим массовую долю неизвестного газа:

$$\omega = \frac{m_2}{m_1 + m_2} = \frac{\nu_2 M_2}{\nu_1 M_1 + \nu_2 M_2} = 0.12;$$

подставляя $M_1$ = 44 г/моль, $\nu_1$ = 0.4 и $\nu_2$ = 0.6 моль, получаем $M_2$ = 4 г/моль.

*Ответ*: неизвестный газ – He (или $D_2$).

**2.** Реакция протекает по уравнению:

$$4NH_3 + 3H_2O + P_2O_5 = 2(NH_4)_2HPO_4.$$

Из условия задачи количество аммиака в растворе:

$$\nu(NH_3) = 3.4 / 17 = 0.2 \text{ моль};$$

тогда по реакции количество $\nu(P_2O_5) = 0.05$ моль, а масса оксида фосфора:

$$m(P_2O_5) = 0.05 \cdot 142 = 7.1 \text{ г}.$$

*Ответ*: $m(P_2O_5) = 7.1$ г.

**3**. Общая формула гомологического ряда предельных одноосновных карбоновых кислот $C_nH_{2n}O_2$. Пусть количество кислоты равно $x$ моль. Тогда общее количество атомов в образце равно $(3n + 2)\cdot x = 10$ моль. Масса кислоты равна $(14n + 32)\cdot x = 75$ г.

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} (3n+2)\cdot x = 10; \\ (14n+32)\cdot x = 75. \end{cases}$$

Решение системы даёт $n = 2$. Следовательно, формула кислоты – $C_2H_4O_2$, или $CH_3COOH$.

*Ответ*: формула кислоты $CH_3COOH$.

**4.** Рассчитаем массу раствора и массу соли в нем:

$$m(\text{раствора}) = 7.62 + 125 = 132.62 \text{ г};$$

$$m(\text{соли}) = 0.10 \cdot 132.62 = 13.262 \text{ г}.$$

Пусть молярная масса неметалла равна $M$ г/моль. Если формула оксида $\mathbf{X}O_2$ или $\mathbf{X}O_3$,то из уравнений реакций

$$\mathbf{X}O_2 + 2KOH \rightarrow K_2\mathbf{X}O_3 + H_2O,$$

$$\mathbf{X}O_3 + 2KOH \rightarrow K_2\mathbf{X}O_4 + H_2O$$

следует, что $\nu$(оксида) = $\nu$(соли).

Для оксида $\mathbf{X}O_2$:

$$7.62 / (M + 32) = 13.262 / (M + 126),$$

откуда $M = 95$ г/моль (такого неметалла нет).

Для оксида $\mathbf{X}O_3$:

$$7.62 / (M + 48) = 13.262 / (M + 142),$$

откуда $M = 79$ г/моль; тогда $\mathbf{X}$ – это селен Se, оксид – $SeO_3$, соль – $K_2SeO_4$.

Количество оксида селена

$$\nu(SeO_3) = 7.62 / 127 = 0.06 \text{ моль}.$$

По реакции с $SeO_3$ израсходовано $0.06 \cdot 2 = 0.12$ моль KOH; в конечном растворе осталось $125 \cdot 0.1344 - 0.12 \cdot 56 = 10.1$ г KOH.

Следовательно, массовая доля щелочи в конечном растворе:

$$\omega(KOH) = 10.1 / 132.62 = 0.076 \text{ (или } 7.6\%).$$

*Ответ*: оксид – $SeO_3$, соль – $K_2SeO_4$, $\omega(KOH) = 7.6\%$.

**5.** В 1 л 0.1%-ного раствора содержится $1000 \cdot 1 \cdot 0.001 = 1$ г кислоты. Пусть молярная масса кислоты равна $M$ г/моль. Тогда концентрация кислоты в исходном растворе равна $1 / M$ моль/л.

Кислота диссоциирует по уравнению:

$$HX \rightleftarrows H^+ + X^-.$$

Концентрация ионов водорода в растворе

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-2.26} = 5.5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Константа диссоциации кислоты

$$K = \frac{[H^+][X^-]}{[HX]} = \frac{(5.5 \cdot 10^{-3})^2}{(1/M - 5.5 \cdot 10^{-3})} = 6.8 \cdot 10^{-4};$$

отсюда $M = 20$ г/моль; искомая кислота – HF.

*Ответ*: формула кислоты HF.

**6.** С водой могут реагировать:

1) алкены: $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH_2{-}OH$;

2) алкины: $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}} CH_3{-}CHO$;

3) ангидриды кислот: $(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2CH_3COOH$;

4) сложные эфиры: $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \rightarrow CH_3COOH + C_2H_5OH$;

5) алкоголяты: $C_2H_5ONa + H_2O \xrightarrow{H^+} C_2H_5OH + NaOH$;

6) феноляты: $C_6H_5{-}ONa + H_2O \rightarrow C_6H_5{-}OH + NaOH$.

**7.** 1) $2CuCl + Cl_2 \rightarrow 2CuCl_2$.

2) $CuCl + 3HNO_3(конц) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + HCl + H_2O$.

3) $3\,Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$.

4) $Cu + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$.

5) $4[Cu(NH_3)_2]Cl + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 4CuO + 4N_2\uparrow + 4HCl + 10H_2O$.

6) $[Cu(NH_3)_2]Cl + CH_3C{\equiv}CH \rightarrow CH_3C{\equiv}CCu\downarrow + NH_4Cl + NH_3\uparrow$.

7) $2CH_3C{\equiv}CCu + H_2SO_4(разб) \rightarrow 2CH_3C{\equiv}CH\uparrow + CuSO_4 + Cu$.

8) $2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

9) $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$.

10) $CuCl + 2NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

11) $CH_3C{\equiv}CCu + 3HNO_3(конц) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2\uparrow + CH_3COCH_3$.

12) $Cu + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$.

**8.** Схема получения этилового эфира кротоновой кислоты из целлюлозы:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{H^+,\,t} nC_6H_{12}O_6;$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{брожение}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow;$$

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{брожение}} CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow;$$

$$CH_3CH_2CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P_{кр.}} CH_3CH_2CHBrCOOH + HBr;$$

$$CH_3CH_2CHBrCOOH + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3CH{=}CHCOOH + KBr + H_2O;$$

$$CH_3CH{=}CHCOOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} CH_3CH{=}CHCOOC_2H_5 + H_2O.$$

**9.** Реакция протекает по уравнению:

$$I_2 + H_2 \rightleftarrows 2HI.$$

Пусть в реакцию вступило $x$ моль $I_2$ и $x$ моль $H_2$, тогда образовалось $2x$ моль HI. По условию, в первом случае $2x = 5.64$ моль.

Константа равновесия

$$K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \frac{(2x)^2}{(2.94-x)(8.1-x)} = 50.2.$$

Во втором случае исходное количество HI равно 64 / 128 = 0.5 моль. Пусть в реакцию вступило $2y$ моль HI, тогда образовалось $y$ моль $I_2$ и $y$ моль $H_2$. Константа равновесия

$$K = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} = \frac{(0.5-2y)^2}{y \cdot y} = 50.2,$$

откуда $y$ = 0.082. Следовательно, в равновесной смеси содержится: $\nu(H_2) = \nu(I_2) = y = 0.082$ моль и $\nu(HI) = 0.5 - 2y = 0.336$ моль.

*Ответ*: состав равновесной смеси: $\nu(H_2) = \nu(I_2) = 0.082$ моль (16.4%), $\nu(HI) = 0.336$ моль (67.2%).

**10.** Пусть первый интеркалят имеет формулу $C_{60}K_x$. Массовая доля калия в интеркаляте

$$\omega = \frac{39x}{39x + 12 \cdot 60} = 0.140,$$

отсюда получаем $x = 3$. Следовательно, формула интеркалята $C_{60}K_3$.

Пусть второй интеркалят имеет формулу $C_{60}Rb_xCs_y$. Массовая доля углерода в интеркаляте

$$\omega = \frac{12 \cdot 60}{12 \cdot 60 + 85x + 133y} = 0.672,$$

при этом $x + y = 3$. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{12 \cdot 60}{12 \cdot 60 + 85x + 133y} = 0.672; \\ x + y = 3. \end{cases}$$

Решение системы даёт $x = 1$, $y = 2$, что соответствует формуле $C_{60}RbCs_2$.

*Ответ*: формулы интеркалятов $C_{60}K_3$, $C_{60}RbCs_2$.

**11.** На электродах протекают процессы:

Анод: 1) $Zn - 2e = Zn^{2+}$; Катод: 1) $2H_2O + 2e = H_2\uparrow + 2OH^-$;

2) $Zn - 2e = Zn^{2+}$; 2) $Zn^{2+} + 2e = Zn$.

Суммарный процесс электролиза

$$Zn + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + Zn(OH)_2\downarrow.$$

Количество цинка, растворившегося на аноде

$$\nu(Zn) = 31.2 / 65 = 0.48 \text{ моль}.$$

Количество цинка, выделившегося на катоде

$$\nu(Zn) = 5.2 / 65 = 0.08 \text{ моль};$$

следовательно, количество цинка, вступившего в электролитическую реакцию с водой, составляет

$$\nu(Zn) = 0.48 - 0.08 = 0.4 \text{ моль}.$$

Воды при этом прореагировало

$$\nu(H_2O) = 2 \cdot 0.4 = 0.8 \text{ моль, или } 0.8 \cdot 18 = 14.4 \text{ г}.$$

Концентрация $ZnSO_4$ в растворе не изменилась, поскольку весь растворившийся на аноде цинк образовал осадок $Zn(OH)_2$. Масса раствора уменьшилась на массу прореагировавшей воды. Отсюда масса конечного раствора

$$m \text{ (раствора)} = 100 - 14.4 = 85.6 \text{ г}.$$

Массовая доля $ZnSO_4$ в полученном растворе:

$$\omega(ZnSO_4) = 0.2 \cdot 100 / 85.6 = 0.234 \text{ (или 23.4\%)}.$$

*Ответ*: $\omega(ZnSO_4) = 23.4\%$.

**12.** Пусть формула дипептида $C_xH_yN_zO_k$. По условию

$$\frac{\omega(C)}{\omega(N)} = \frac{12 \cdot x}{14 \cdot z} = 3,$$

откуда $x = 3.5z$. Тогда

$$\frac{\omega(C)}{\omega(H)} = \frac{12 \cdot x}{y} = 7,$$

откуда $y = 1.714x = 6z$. Значит формула дипептида $C_{3.5z}H_{6z}N_zO_k$. Минимальное количество атомов азота в молекуле дипептида равняется двум. При $z = 2$ получаем формулу $C_7H_{12}N_2O_k$.

По условию для гидролиза дипептида требуется $2 \cdot 0.015 = 0.03$ моль HCl или $12 \cdot 0.1 / 40 = 0.03$ моль NaOH. Условиям задачи отвечает дипептид Pro-Gly или Gly-Pro ($C_7H_{12}N_2O_3$).

Уравнения реакций гидролиза дипептида:

$$C_7H_{12}N_2O_3 + 2HCl + H_2O \rightarrow C_2H_6NO_2Cl + C_5H_{10}NO_2Cl;$$
$$C_7H_{12}N_2O_3 + 2NaOH \rightarrow C_2H_4NO_2Na + C_5H_8NO_2Na.$$

Следовательно, количество и масса дипептида составляют:

$$\nu(\text{дипептида}) = 2\nu(NaOH) = 0.06 \text{ моль};$$
$$m(\text{дипептида}) = 0.06 \cdot 172 = 10.32 \text{ г}.$$

*Ответ*: формула дипептида $C_7H_{12}N_2O_3$, масса навески 10.32 г.

**13.** Схема *а*:

1) $C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\textbf{A}}{C_2H_5OH};$
*алкен*

2) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5\underset{\textbf{B}}{CH_3COOH} + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O;$

3) $CH_3COOH + Br_2 \xrightarrow{P\ кр} \underset{\textbf{C}}{BrCH_2COOH} + HBr;$

4) $BrCH_2COOH + 2NH_3 \rightarrow \underset{\textbf{D}}{NH_2CH_2COOH} + NH_4Br;$

5) $C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\textbf{E}}{C_2H_6};$

6) $C_2H_6 + HNO_3 \xrightarrow{t^\circ} \underset{\text{изомер } \textbf{D}}{CH_3CH_2NO_2} + H_2O.$

Схема *б*:

1) $\underset{\textbf{K}}{CH_3CH_2CHO} + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\textbf{L}}{CH_3CH_2CH_2OH};$

2) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4\ конц,\ t^\circ} \underset{\textbf{M}}{CH_3CH{=}CH_2} + H_2O;$

3) $CH_3CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + \underset{\text{карбоновая кислота}}{CH_3COOH} + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 4H_2O$;

4) $2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\mathbf{N}}{(CH_3COO)_2Ca} + 2H_2O$;

5) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3 + \underset{\text{изомер } \mathbf{K}}{CH_3COCH_3}$;

6) $CH_3COCH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} \underset{\text{изомер } \mathbf{L}}{CH_3CH(OH)CH_3}$.

*Ответ*: **A** – этанол, **B** – уксусная кислота, **C** – бромуксусная кислота, **D** – глицин, **E** – этан, изомер **D** – нитроэтан, **K** – пропаналь, **L** – пропанол-1, **M** – пропен, **N** – ацетат кальция, изомер **K** – ацетон, изомер **L** – пропанол-2.

## Решения заданий заочного тура 2009

**1.** При нормальных условиях аммиак и сероводород – газы, а вода – жидкость. Следовательно, $\nu(NH_3) = \nu(H_2S) << \nu(H_2O)$.

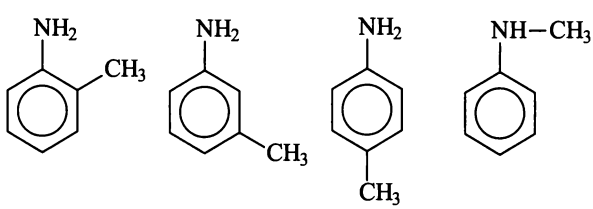
**2.** $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$;

$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$;

$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow$;

$Na_2CO_3 + H_2O \rightleftarrows NaHCO_3 + NaOH$.

**3.** Ближайшие гомологи анаилина:




*Ответ*: четыре гомолога.

**4.** Количество моль протонов и число протонов в 1 моль $Na_3N$:

$$\nu(\text{протонов}) = 11 \cdot 3 + 7 = 40 \text{ моль};$$

$$n(\text{протонов}) = \nu(\text{протонов}) \cdot N_A = 40 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 2.4 \cdot 10^{25}.$$

Электронные конфигурации ионов: $Na^+$ $1s^2 2s^2 2p^6$; $N^{-3}$ $1s^2 2s^2 2p^6$.

**5.** Рассчитаем количества исходных веществ:

$$\nu(P) = \frac{19.84}{31} = 0.64 \text{ моль.}$$

$$\nu(Cl_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 26.9}{8.31 \cdot 293} = 1.12 \text{ моль.}$$

В результате реакции образовались соединения:

$$\underset{x}{2P} + \underset{1.5x}{3Cl_2} \rightarrow \underset{x}{2PCl_3};$$

$$\underset{y}{2P} + \underset{2.5y}{5Cl_2} \rightarrow \underset{y}{2PCl_5}.$$

Пусть образовалось $x$ моль $PCl_3$ и $y$ моль $PCl_5$. Можем записать систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.64; \\ 1.5x + 2.5y = 1.12; \end{cases}$$

ее решение: $x = 0.48$, $y = 0.16$. Отсюда $\nu(PCl_3) = 0.48$ моль; $\nu(PCl_5) = 0.16$ моль.

Массы $PCl_3$ и $PCl_5$ соответственно равны:

$$m(PCl_3) = 137.5x = 137.5 \cdot 0.48 = 66.00 \text{ г.}$$

$$m(PCl_5) = 208.5 = 208.5 \cdot 0.16y = 33.36 \text{ г.}$$

Массовые доли $PCl_3$ и $PCl_5$ составляют:

$$\omega(PCl_3) = \frac{m(PCl_3)}{m(PCl_3) + m(PCl_5)} = \frac{66.00}{66.00 + 33.36} = 0.664 \text{ (или 66.4\%);}$$

$$\omega(PCl_5) = \frac{m(PCl_5)}{m(PCl_3) + m(PCl_5)} = \frac{33.36}{66.00 + 33.36} = 0.336 \text{ (или 33.6\%).}$$

*Ответ*: 66.4% $PCl_3$, 33.6% $PCl_5$.

**6.** Пусть в исходной смеси было $x$ л $C_2H_6$ ($M = 30$ г/моль) и $y$ л $NH_3$ ($M = 17$ г/моль). По условию $x + y = 30$. При добавлении к смеси HCl ($M = 36.5$ г/моль) образуется твердая соль $NH_4Cl$:

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow.$$

Средняя молярная масса оставшейся газовой смеси:

$$M_{ср} = 0.945 \cdot 29 = 27.4 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, в смеси содержатся $C_2H_6$ и $NH_3$, поскольку если бы в смеси содержались $C_2H_6$ и HCl, то средняя молярная масса находилась бы в интервале $30 < M_{ср} < 36.5$. Объём оставшегося $NH_3$ равен $(y - 10)$ л.

Выразим среднюю молярную массу как

$$M_{ср} = \frac{30x + 17(y-10)}{x+y-10} = 27.4.$$

Составим систему уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{30x + 17(y-10)}{x+y-10} = 27.4; \\ x + y = 30; \end{cases}$$

решение которой дает $x = 16$, $y = 14$.

Объёмные доли газов в исходной смеси составляют:

$$\varphi(C_2H_6) = 16 / 30 = 0.533 \text{ (или 53.3\%)},$$
$$\varphi(NH_3) = 14 / 30 = 0.467 \text{ (или 46.7\%)}.$$

*Ответ*: 53.3% $C_2H_6$, 46.7% $NH_3$.

**7.** Согласно принципу Ле-Шателье, в реакциях а) и б) повышение давления приведёт к смещению равновесия вправо, так как количество молей газов слева больше, чем справа. В реакциях в) и г) повышение давления не приведёт к смещению равновесия, так как количества газов справа и слева равны.

**8.** Уравнения протекающих реакций:

$$\underset{2x}{2KMnO_4} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{K_2MnO_4} + \underset{x}{MnO_2} + \underset{x}{O_2}\uparrow;$$

$$\underset{x}{3K_2MnO_4} + 2H_2O \rightarrow 2KMnO_4 + \underset{x/3}{MnO_2}\downarrow + 4KOH.$$

Пусть в первой реакции выделилось $x$ моль $O_2$. Тогда, согласно уравнениям реакций, всего образовалось $(x + x/3)$ моль $MnO_2$. Следовательно,

$$\frac{4}{3}x = \frac{10.44}{87},$$

откуда $x = 0.09$ моль.

Объем выделившегося кислорода (н. у.):

$$V(O_2) = 0.09 \cdot 22.4 = 2.02 \text{ л}.$$

*Ответ*: 2.02 л $O_2$.

**9.** При сливании растворов протекает реакция:

$$Na_2CO_3 + MgBr_2 \rightarrow MgCO_3\downarrow + 2NaBr.$$

Пусть объём каждого из исходных растворов равен $V$ л. Обозначим концентрации $c(Na_2CO_3) = c_1$, а $c(MgBr_2) = c_2$, тогда количества $Na_2CO_3$ и $MgBr_2$ в исходном растворе равны $\nu_1 = c_1 \cdot V$ и $\nu_2 = c_2 \cdot V$.

Пусть выпало $x$ моль $MgCO_3$, тогда концентрации $Na_2CO_3$ и $MgBr_2$ в конечном растворе равны соответственно $\frac{c_1V - x}{2V}$ и $\frac{c_2V - x}{2V}$, поскольку общий объем после сливания удвоился.

$$ПР(MgCO_3) = [Mg^{2+}][CO_3^{2-}] = \left(\frac{c_1V - x}{2V}\right)\cdot\left(\frac{c_2V - x}{2V}\right), \text{ или}$$

$$\left(c_1 - \frac{x}{V}\right)\cdot\left(c_2 - \frac{x}{V}\right) = 4 \cdot ПР(MgCO_3).$$

Подставив числа и решив квадратное уравнение, получаем

$$\frac{x}{V} = 0.0131 \text{ моль/л, или } x = 0.0131 \cdot V.$$

Тогда после завершения реакции концентрации веществ в растворе составляют:

$$c(Na_2CO_3) = \frac{c_1V - x}{2V} = \frac{0.024V - 0.0131V}{2V} = 0.00545 \text{ моль/л};$$

$$c(MgBr_2) = \frac{c_2V - x}{2V} = \frac{0.016V - 0.0131V}{2V} = 0.00145 \text{ моль/л};$$

$$c(NaBr) = \frac{x}{V} = 0.0131 \text{ моль/л}.$$

Масса образовавшегося осадка:

$$m(MgCO_3) = x \cdot M(MgCO_3) = 1.10 \cdot V \text{ г}.$$

*Ответ*: $m(MgCO_3) = 1.10 \cdot V$ г (где $V$ – объём каждого из исходных растворов, л), $c(Na_2CO_3) = 0.00545$ М, $c(MgBr_2) = 0.00145$ М, $c(NaBr) = 0.0131$ М.

**10.** 1) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

2) $4NO_2 + O_2 + 4NaOH \rightarrow 4NaNO_3 + 2H_2O$;

3) $2NaNO_3 \xrightarrow{t^\circ} O_2\uparrow + 2NaNO_2$;

4) $NaNO_2 + HCl \rightarrow NaCl + HNO_2$;

5) $HNO_2 + NH_3 \xrightarrow{t^\circ} 2H_2O + N_2$;

6) $N_2 + 6Li \rightarrow 2Li_3N$;

7) $Li_3N + 3H_2O \rightarrow 3LiOH + NH_3$;

8) $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{кат} 4NO + 6H_2O$.

*Ответ*: **A** – $NO_2$; **B** – $NaNO_2$; **C** – $N_2$; **D** – $NH_3$.

**11.** 1) $CO + NaOH \xrightarrow{t^\circ, p} HCOONa$;

2) $HCOONa + HCl \rightarrow HCOOH + NaCl$;

3) $2HCOOH + Ca(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + (HCOO)_2Ca$;

4) $(HCOO)_2Ca \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3 + CH_2O$;

5) $CH_2O + H_2 \xrightarrow{кат} CH_3OH$;

6) $CH_3OH + HBr \rightarrow CH_3Br + H_2O$.

*Ответ*: **X** – HCOONa; **Y** – $(HCOO)_2Ca$; **Z** – $CH_3OH$.

**12.** Пусть формула соединения $C_xH_yO_z$. Тогда

$$x : y : z = \frac{41.38}{12} : \frac{3.45}{1} : \frac{55.17}{16} = 1 : 1 : 1.$$

Следовательно, простейшая формула соединения – CHO. Соединение с такой формулой не существует. Последовательно умножаем полученную простейшую формулу на 2, 3, 4. Условию задачи удовлетворяют малеиновая и фумаровая (*цис-* и *транс*-этилен-1,2-дикарбоновые) кислоты с брутто-формулой $C_4H_4O_4$:



Молярная масса этих кислот $M(C_4H_4O_4)$ = 116 г/моль. Реакции, в которые вступают обе изомерные кислоты:

а) реакция нейтрализации

$$HOOC–CH=CH–COOH + 2NaOH \rightarrow NaOOC–CH=CH–COONa + 2H_2O,$$

б) реакция с бромной водой (присоединение брома)

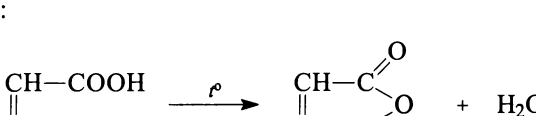
$$HOOC–CH=CH–COOH + Br_2 \rightarrow HOOC–CHBr–CHBr–COOH.$$

По условию задачи количества гидроксида натрия и брома равны соответственно:

$$\nu(NaOH) = 0.02 \cdot 2 = 0.04 \text{ моль};$$

$$\nu(Br_2) = \frac{160 \cdot 0.02}{160} = 0.02 \text{ моль}.$$

Можно сделать вывод, что суммарное количество малеиновой и фумаровой кислот равно 0.02 моль. Однако при нагревании только малеиновая кислота (*цис*-изомер) способна образовать ангидрид, отщепив молекулу воды:



Рассчитав количество воды (потеря массы)

$$\nu(H_2O) = \frac{2.32 - 2.14}{18} = 0.01 \text{ моль},$$

определим количество малеиновой кислоты в смеси, которое будет также равно 0.01 моль.

Масса малеиновой кислоты

$$m(C_4H_4O_4) = 116 \cdot 0.01 = 1.16 \text{ г}.$$

*Ответ*: в смеси содержится по 1.16 г (по 0.01 моль) малеиновой и фумаровой кислот.

**13.** Уравнение диссоциации уксусной кислоты:

$$CH_3COOH \rightleftarrows H^+ + CH_3COO^-.$$

Константа диссоциации $K \approx c\alpha^2$, или $\alpha = (K/c)^{0.5}$, откуда

$$[H^+] = c \cdot \alpha = (K \cdot c)^{0.5}.$$

Тогда

$$[H^+]_1 = (1.75 \cdot 10^{-5} \cdot 0.1)^{0.5} = 1.32 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л},$$

откуда $pH_1 = 2.88$. По условию $[H^+]_2 = [H^+]_1 / 100$, то есть $[H^+]_2 = 1.32 \cdot 10^{-5}$ моль/л, а $pH_2 = 4.88$.

Пусть концентрация добавленного $CH_3COOK$ равна $x$ моль/л. Тогда

$$K = 1.75 \cdot 10^{-5} = \frac{[H^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = \frac{1.32 \cdot 10^{-5}(x + 1.32 \cdot 10^{-5})}{c - 1.32 \cdot 10^{-5}} \approx \frac{1.32 \cdot 10^{-5} \cdot x}{c},$$

откуда $x = 0.132$ моль/л.

Масса добавленного ацетата калия;

$$m(CH_3COOK) = x \cdot V \cdot M(CH_3COOK) = 0.132 \cdot 0.5 \cdot 98 = 6.48 \text{ г}.$$

*Ответ*: $m(CH_3COOK) = 6.48$ г, $pH_1 = 2.88$, $pH_2 = 4.88$.

## Решения заданий заочного тура 2010

**1.** Один из возможных вариантов ответа:



Бутанол-2 оптически активен, бутанон – нет.

**2.** Запишем два уравнения реакций растворения меди в азотной кислоте с образованием отдельно $NO_2$ и NO:

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O;$$
$$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O.$$

Для того, чтобы получить уравнение реакции для мольного соотношения $NO_2 : NO = 2 : 1$, надо первое уравнение умножить на два и сложить со вторым:

$$5Cu + 16HNO_3 \rightarrow 5Cu(NO_3)_2 + 4NO_2\uparrow + 2NO\uparrow + 8H_2O.$$

Отсюда мольное соотношение

$$\nu(HNO_3) : \nu(Cu) = 16 : 5 = 3.2 : 1.$$

*Ответ*: 3.2 моль $HNO_3$.

**3.** Рассчитаем количество $BaCl_2$ в исходном растворе:

$$\nu(BaCl_2) = \frac{60 \cdot 0.30}{208} = 0.087 \text{ моль}.$$

Пусть нужно добавить $x$ моль $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$:

$$\underset{x}{BaCl_2} + \underset{x}{Na_2SO_4} \rightarrow \underset{x}{BaSO_4}\downarrow + 2NaCl.$$

Масса $BaCl_2$ в конечном растворе составляет

$$m(BaCl_2) = 208 \cdot (0.087 - x).$$

Рассчитаем массу конечного раствора и массовую долю $BaCl_2$ в нем:

$$m = 60 + m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) - m(BaSO_4) = 60 + 322x - 233x = 60 + 89x;$$

$$\omega(BaCl_2) = \frac{m(BaCl_2)}{m} = \frac{208(0.087 - x)}{60 + 89x} = 0.15,$$

откуда $x = 0.041$. Тогда

$$m(Na_2SO_4 \cdot 10H_2O) = 322x = 13.2 \text{ г}.$$

*Ответ*: 13.2 г.

**4.** Закон разведения Оствальда связывает $\alpha$, степень диссоциации кислоты, с её концентрацией $c$ и константой диссоциации $K$:

$$K = \frac{\alpha^2 c}{1 - \alpha} \approx \alpha^2 c.$$

По условию $\alpha_2 = 4\alpha_1$. Пусть раствор кислоты нужно разбавить в $x$ раз, то есть $c_2 = c_1 / x$. Поскольку $K$ не зависит от концентрации раствора, выразим её для двух растворов и приравняем эти величины:

$$K = \alpha_1^2 \cdot c_1 = \alpha_2^2 \cdot c_2 = (4\alpha_1)^2 \cdot \frac{c_1}{x},$$

откуда находим $x = 16$.

По определению $pH = -\lg[H^+]$, а концентрация ионов водорода в растворе кислоты может быть выражена через концентрацию и степень диссоциации как $[H^+] = \alpha \cdot c$, тогда

$$pH_2 - pH_1 = -\lg[H^+]_2 + \lg[H^+]_1 = \lg\left(\frac{\alpha_1 c_1}{\alpha_2 c_2}\right) = \lg 4 = 0.6\,.$$

*Ответ*: в 16 раз; pH увеличится на 0.6.

**5.** При нагревании соли и последующем упаривании раствора протекают реакции:

$$\underset{\mathbf{AC}}{2NaNO_3} \xrightarrow{t^o} \underset{\mathbf{AD}}{2NaNO_2} + \underset{\mathbf{X}}{O_2}\uparrow;$$

$$\underset{\mathbf{AD}}{NaNO_2} + \underset{\mathbf{BC}}{NH_4NO_3} \xrightarrow{t^o} \underset{\mathbf{Y}}{N_2}\uparrow + \underset{\mathbf{AC}}{NaNO_3} + 2H_2O.$$

Действительно, газ **X** ($O_2$) тяжелее газа **Y** ($N_2$) в 1.143 раза:

$$M(O_2) / M(N_2) = 32 / 28 = 1.143.$$

*Ответ*: газы: **X** – кислород $O_2$, **Y** – азот $N_2$; катионы: **A** – $Na^+$, **B** – $NH_4^+$; анионы: **C** – $NO_3^-$, **D** – $NO_2^-$.

**6.** Предельная одноосновная карбоновая кислота – $C_nH_{2n}O_2$. Пусть количество первого гомолога в смеси равно $x$ моль, а второго – $y$ моль. Молярная масса первого гомолога составляет $14n + 32$, тогда молярная масса второго на 14 больше и равна $14n + 46$. Запишем уравнение реакции этерификации в общем виде:

$$RCOOH + CH_3OH \rightarrow RCOOCH_3 + H_2O.$$

Молярные массы полученных метиловых эфиров равны соответственно $14n + 46$ и $14n + 60$. Можно составить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x = 5y; \\ x(14n + 32) + y(14n + 46) = 37.4; \\ 0.7x(14n + 46) + 0.5y(14n + 60) = 30.3. \end{cases}$$

Решив систему, получим $x = 0.5$, $y = 0.1$, $n = 2$. Исходные кислоты – уксусная и пропионовая.

*Ответ*: 0.5 моль $CH_3COOH$ и 0.1 моль $C_2H_5COOH$.

**7.** Запишем реакции прокаливания хромата и дихромата аммония:

$$\underset{2x}{2(NH_4)_2CrO_4} \xrightarrow{t^o} \underset{x}{Cr_2O_3} + \underset{x}{N_2}\uparrow + \underset{2x}{2NH_3}\uparrow + 5H_2O;$$

$$\underset{y}{(NH_4)_2Cr_2O_7} \xrightarrow{t^o} \underset{y}{Cr_2O_3} + \underset{y}{N_2}\uparrow + 4H_2O.$$

Газ после прокаливания – это смесь $(x + y)$ моль азота и $2x$ моль аммиака. При пропускании смеси через соляную кислоту поглощается только $NH_3$:

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl.$$

Поскольку объём газа уменьшился в два раза, $V(NH_3) = V(N_2)$, откуда $2x = x + y$, или $x = y$. Реакция прокаливания $Cr_2O_3$:

$$\underset{x+y}{Cr_2O_3} + 2KOH \xrightarrow{t^o} \underset{2(x+y)}{2KCrO_2} + H_2O.$$

Реакция растворения $KCrO_2$:

$$KCrO_2 + 2H_2O \rightarrow K[Cr(OH)_4].$$

При пропускании избытка углекислого газа происходит разрушение комплекса:

$$K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow KHCO_3 + Cr(OH)_3\downarrow.$$

Рассчитаем количество выпавшего осадка:

$$\nu(Cr(OH)_3) = 2(x + y) = 2.06 / 103 = 0.02 \text{ моль};$$

отсюда $x = y = 0.005$ моль. Следовательно,

$$m((NH_4)_2CrO_4) = 2x \cdot 152 = 0.01 \cdot 152 = 1.52 \text{ г};$$
$$m((NH_4)_2Cr_2O_7) = y \cdot 252 = 0.005 \cdot 252 = 1.26 \text{ г};$$
$$m(\text{исходной смеси}) = 1.52 + 1.26 = 2.78 \text{ г}.$$

*Ответ*: 2.78 г.

**8.** По условию задачи, парциальные давления газов в равновесной смеси

$$CO_{2(г)} + C_{(тв)} \rightleftarrows 2CO_{(г)}$$

составляют:

$$p(CO_2) = 30 \cdot 0.17 = 5.1 \text{ атм},$$
$$p(CO) = 30 \cdot 0.83 = 24.9 \text{ атм}.$$

Рассчитаем константу равновесия этой гетерогенной реакции:

$$K_p = \frac{p(CO)^2}{p(CO_2)} = \frac{24.9^2}{5.1} = 122 \text{ атм}.$$

Величина константы равновесия не зависит от давления в системе.

а) Пусть общее давление в системе равно $p$ атм. Тогда

$$K_p = \frac{p(CO)^2}{p(CO_2)} = \frac{(0.75p)^2}{0.25p} = 122,$$

откуда $p = 54.2$ атм.

б) Обозначим объемную долю $CO_2$ в равновесной смеси через $x$. Тогда

$$K_p = \frac{p(\mathrm{CO})^2}{p(\mathrm{CO_2})} = \frac{(20\cdot(1-x))^2}{20x} = 122,$$

откуда $x = 0.125$, или 12.5%.

в) Не изменится, так как не изменятся парциальные давления всех участников реакции.

*Ответ*: а) 54.2 атм, б) 12.5%, в) не изменится.

**9.** Обозначим величины для более тяжёлого изотопа урана индексом 1, а для более лёгкого – индексом 2. Запишем уравнения радиоактивного распада для обоих изотопов для числа атомов $N$:

$$N_1(t) = N_1(0)\cdot\left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau_1},$$

$$N_2(t) = N_2(0)\cdot\left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau_2},$$

где $\tau_1 = 4.5\cdot10^9$ лет, $\tau_2 = 7.0\cdot10^8$ лет.

По условию, в начальный момент времени $N_1(0) = N_2(0)$, а в момент времени $t$ отношение $N_1(t)/N_2(t)$ составило 993 / 7.

Чтобы найти время $t$, поделим первое уравнение на второе:

$$\frac{993}{7} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau_1}}{\left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau_2}} = 2^{\left(\frac{t}{\tau_2}-\frac{t}{\tau_1}\right)}.$$

После логарифмирования получим

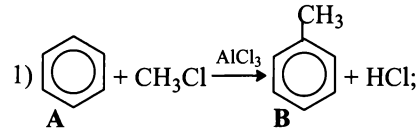
$$\lg\frac{993}{7} = \lg 2\cdot t\cdot\left(\frac{1}{\tau_2}-\frac{1}{\tau_1}\right),$$

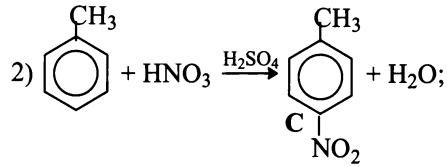
откуда

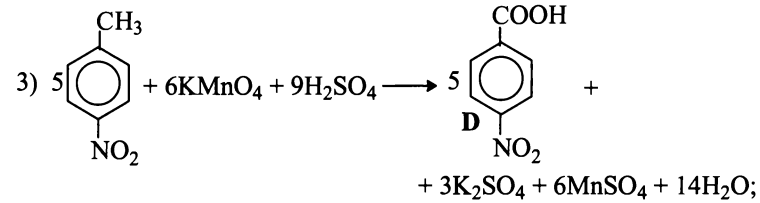
$$t = \frac{\lg\frac{993}{7}}{\lg 2\cdot\left(\frac{1}{\tau_2}-\frac{1}{\tau_1}\right)} = 5.9\cdot10^9 \text{ лет} \approx 6 \text{ млрд. лет}.$$

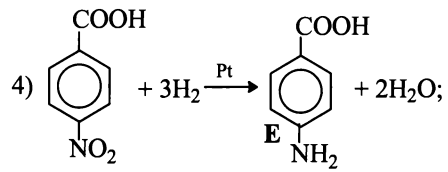
*Ответ*: приблизительно 6 млрд. лет.

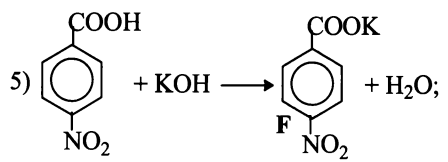
**10.**

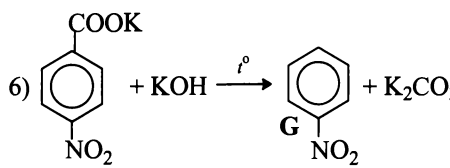

1)
+ CH3Cl
AlCl3
+ HCl;
A
B
CH3

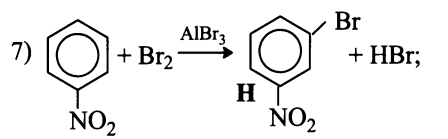

2)
CH3
+ HNO3
H2SO4
+ H2O;
C
NO2
CH3

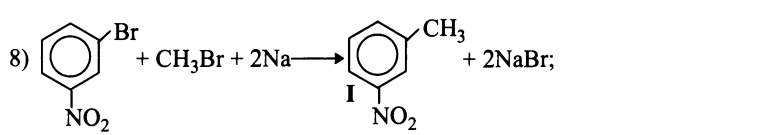

3) 5
CH3
+ 6KMnO4 + 9H2SO4
5
COOH
+
D
NO2
+ 3K2SO4 + 6MnSO4 + 14H2O;

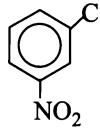

4)
COOH
+ 3H2
Pt
COOH
+ 2H2O;
NO2
E
NH2

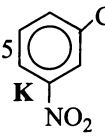

5)
COOH
+ KOH
COOK
+ H2O;
NO2
F
NO2


6)
COOK
+ KOH
t°
+ K2CO3;
NO2
G
NO2


7)
+ Br2
AlBr3
Br
+ HBr;
NO2
H
NO2

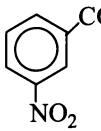

8)
Br
+ CH3Br + 2Na
CH3
+ 2NaBr;
NO2
I
NO2

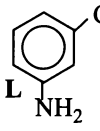
9) 

$+ 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \longrightarrow 5$ 

$+$

$+ 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 14H_2O;$

10) 

$+ 3H_2 \xrightarrow{Pt}$ 

$+ 2H_2O.$

*Ответ*: **A** – бензол; **B** – толуол; **C** – *п*-нитротолуол; **D** – *п*-нитробензойная кислота; **E** – *п*-аминобензойная кислота; **F** – *п*-аминобензоат калия; **G** – нитробензол; **H** – *м*-бромнитробензол; **I** – *м*-нитротолуол; **K** – *м*-нитробензойная кислота; **L** – *м*-аминобензойная кислота.

**11.** 1) $2NO_2 + 2NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4NO_2 + NH_4NO_3;$

2) $NH_4NO_2 + HCl \rightarrow HNO_2 + NH_4Cl;$

3) $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3;$

4) $4NO_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4HNO_3;$

5) $4NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2N_2 + 6H_2O;$

6) $2N_2O \xrightarrow{t,\text{кат}} 2N_2 + O_2;$

7) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2H_2O + N_2O;$

8) $NH_4NO_3 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} NaNO_3 + NH_3 + H_2O;$

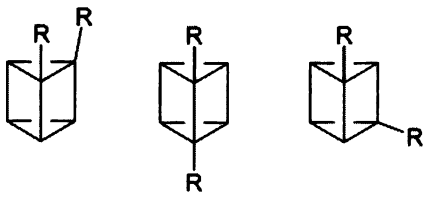
9) $4NH_3 + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ,\text{кат}} 4NO_2 + 6H_2O;$

10) $NH_4NO_2 \xrightarrow{t^\circ} 2H_2O + N_2;$

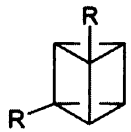
11) $HNO_2 + NH_2OH \rightarrow N_2O + 2H_2O;$

12) $HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4NO_3.$

**12.** Все атомы водорода в молекуле призмана эквивалентны друг другу, поэтому монометилпроизводное у призмана всего одно. Диметилпроизводных, на первый взгляд, три. Их структурные формулы (R обозначает $CH_3$) таковы:



На самом деле, одно из этих веществ (правое) существует в виде двух оптических изомеров (энантиомеров). Четвёртый изомер – зеркальное отражение третьего:




*Ответ*: одно монометилпроизводное и четыре диметилпроизводных.

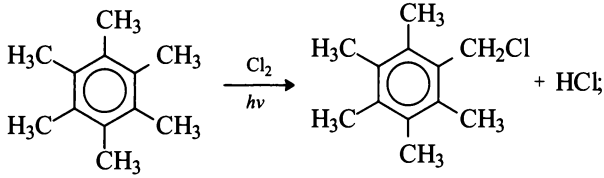
**13.** Найдём брутто-формулу углеводорода:

$$\nu(C):\nu(H)=\frac{88.89}{12}:\frac{11.11}{1}=2:3\,.$$

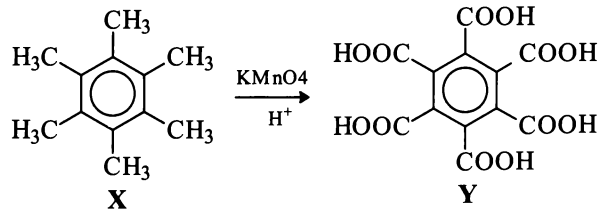
Следовательно, простейшая формула – $C_2H_3$, а молекулярная формула – $(C_2H_3)_n$. Небольшое содержание водорода даёт основание предположить, что в состав **X** входят либо тройные связи, либо ароматические кольца.

Поскольку вещество **X** не взаимодействует с бромом в присутствии железа, оно не содержит двойных или тройных связей и незамещённых ароматических C–H групп. Образование единственного монохлорпроизводного в реакции с $Cl_2$ на свету означает, что в молекуле **X** все атомы водорода эквивалентны. Этому условию отвечают только группы $–CH_3$.

Таким образом, вещество **X** представляет собой соединение, содержащее одно или несколько бензольных колец, в которых все атомы водорода замещены на $CH_3$. При взаимодействии с подкисленным водным раствором перманганата калия группы $–CH_3$ окисляются до –COOH. Последующее нагревание приводит к образованию ангидрида. Условию содержания 50% углерода и 50% кислорода по массе отвечает ангидрид бензолгексакарбоновой кислоты.




Образование бензолгексакарбоновой кислоты:

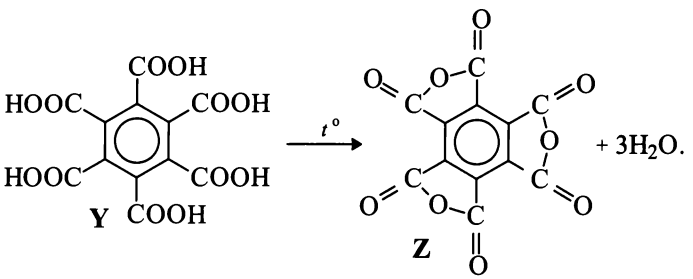



**X** **Y**

Уравнение этой реакции:

$$5C_6(CH_3)_6 + 36KMnO_4 + 54H_2SO_4 \rightarrow 5C_6(COOH)_6 + 36MnSO_4 + \\ + 18K_2SO_4 + 84H_2O.$$

Образование ангидрида бензолгексакарбоновой кислоты:



# Очный тур олимпиады «Покори Воробьевы горы!»

## Задания очного тура 2006

## Вариант Волгоград

**1.** Изобразите структурные формулы пяти устойчивых веществ состава $C_3H_6O$.

**2.** Напишите электронную конфигурацию иона $Mn^{2+}$. Какой ион имеет такую же конфигурацию?

**3.** Каково значение pH 0.1 М раствора KOH? Каким станет значение pH, если к этому раствору прибавить равный объем: а) 0.1 М раствора HCl; б) 0.3 М раствора HCl; в) 0.08 М раствора HCl?

**4.** Определите, какие мононитропроизводные образуются в заметных количествах при нитровании каждого из возможных ароматических углеводородов состава $C_8H_{10}$.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$O_3 \rightarrow I_2 \rightarrow PI_3 \rightarrow HI \rightarrow CaI_2 \rightarrow CaCO_3.$$

## Вариант Красноярск

**1.** Изобразите структурные формулы пяти устойчивых веществ состава $C_3H_6O_2$.

**2.** Вещество состоит из ионов, имеющих одинаковую электронную конфигурацию. Приведите два примера таких веществ и для каждого из них укажите конфигурации ионов.

**3.** В каком соотношении по массе надо взять оксид фосфора (V) и воду, чтобы при их смешивании получить 10%-ный раствор $H_3PO_4$?

**4.** Напишите структурные формулы всех ароматических углеводородов состава $C_9H_{12}$, в молекулах которых есть две боковые цепи. Определите, какие монобромпроизводные образуются в заметных количествах при бромировании каждого из этих изомеров в присутствии катализатора $FeBr_3$.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестное вещество **X**:

$$FeCl_3 \rightarrow FeCl_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow FeCl_3.$$

## Вариант Москва

**1.** В молекуле циклоалкана содержится $x$ первичных и $y$ четвертичных атомов углерода. Найдите число третичных атомов углерода.

**2.** Напишите электронную конфигурацию иона $Cr^{3+}$. Какой ион имеет такую же конфигурацию?

**3.** Какую молярную концентрацию аммиака надо создать для того, чтобы pH полученного раствора был равен 11? Константа диссоциации гидроксида аммония равна $1.8 \cdot 10^{-5}$.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:




Приведите структурные формулы неизвестных соединений **X** – **Z**.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме:

$$SO_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow SO_2.$$

Рассмотрите два случая:

а) все реакции – окислительно-восстановительные;

б) все реакции протекают без изменения степеней окисления.

## Задания очного тура 2007

## Вариант Красноярск

**1.** Сколько электронов и протонов содержит дихромат-ион $Cr_2O_7^{2-}$?

**2.** Приведите структурную формулу простейшего альдегида, который может существовать в виде двух оптических изомеров. Назовите это соединение.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$Cr_2(SO_4)_3 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_2H_6O \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} Cr_2(SO_4)_3\,;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Какой объем углекислого газа (н.у.) надо пропустить через 200 г 0.74%-ного раствора гидроксида кальция, чтобы масса выпавшего осадка составила 1.5 г, а раствор над осадком не давал окраски с фенолфталеином?

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeBr_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow FeSO_4.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;
в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Вариант Екатеринбург

**1.** Сколько электронов и протонов содержит хромат-ион $CrO_4^{2-}$?

**2.** Приведите структурную формулу простейшего спирта, который может существовать в виде двух оптических изомеров. Назовите это соединение.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$MnSO_4 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_8H_8Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} MnO_2;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Какой объем углекислого газа (н.у.) надо пропустить через 300 г 0.37%-ного раствора гидроксида кальция, чтобы масса выпавшего осадка составила 1.0 г, а раствор над осадком не давал окраски с фенолфталеином?

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Fe(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow FeCl_3.$$

Рассмотрите три случая:
а) обе реакции — окислительно-восстановительные;
б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;
в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Вариант Волгоград

**1.** Каковы валентности и степени окисления элементов в молекулах $Br_2$ и $K_2MnO_4$?

**2.** Напишите уравнение реакции, в которой элемент VI группы одновременно повышает и понижает свою степень окисления.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$NH_3 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_2H_4Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} NH_3;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Газообразный углеводород массой 10.56 г смешан с криптоном, объемная доля последнего составляет 20%. Смесь находится в сосуде объемом 10 л под давлением 110 кПа при 28°C. Определите формулу углеводорода.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Cu_2O \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CuCl_2.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Вариант Нижний Новгород

**1.** Каковы валентности и степени окисления элементов в молекулах $N_2$ и $KAlO_2$?

**2.** Напишите уравнение реакции, в которой элемент V группы одновременно повышает и понижает степень окисления.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$MnO_2 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_3H_6Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} MnSO_4;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Газообразный углеводород массой 22 г смешан с аргоном, объемная доля последнего составляет 30%. Смесь находится в сосуде объемом 15 л под давлением 118 кПа при 25°C. Определите формулу углеводорода.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$K_2Cr_2O_7 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CrCl_3.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Вариант Москва

**1.** Сколько электронов и протонов содержат молекула $C_3H_8$ и ион $[Cu(NH_3)_2]^+$?

**2.** Приведите примеры четырех органических соединений различных классов, которые могут реагировать с соляной кислотой. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания.

**3.** В 3 л смеси метана и этилена масса углерода в четыре раза больше массы водорода. Определите объем этилена.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$H_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Cl_2.$$

Укажите условия проведения реакций.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeCl_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow FeSO_4.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Задания очного тура 2008

### Вариант 1

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых газообразный хлор: а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.2 моль азотной кислоты к 0.1 моль фенола.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$Cr_2(SO_4)_3 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_2H_6O \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} Cr_2(SO_4)_3;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Газовую смесь массой 7.2 г и объемом 9.78 л (25°C, 1 атм), состоящую из метана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 20%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**5.** Напишите уравнения реакций по следующим схемам:

а) $Cu \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cu(OH)_2$;

б) $Cu \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CuO$;

в) $Cu \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

### Вариант 2

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых элементарная сера а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.4 моль азотной кислоты к 0.2 моль толуола в присутствии серной кислоты.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$MnSO_4 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_8H_8Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} MnO_2;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Газовую смесь массой 6.18 г и объемом 3.63 л (22°C, 1 атм), состоящую из углекислого газа и неизвестного газа, объемная доля которо-

го составляет 20%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**5.** Запишите уравнения реакций по следующим схемам:

а) $Al \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Al(OH)_3$;

б) $Al \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Al_2O_3$;

в) $Al \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K[Al(OH)_4]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

## Вариант 3

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых белый фосфор а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.5 моль азотной кислоты к 0.25 моль бензойной кислоты в присутствии серной кислоты.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$NH_3 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_2H_4Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} NH_3;$$

укажите условия проведения реакций; назовите вещества **A**, **B**, **X**, **Y** и **Z**.

**4.** Газовую смесь массой 9.3 г и объемом 4.89 л (25°C, 1 атм), состоящую из пропана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 25%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**5.** Напишите уравнения реакций по следующим схемам:

а) $Cr \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cr(OH)_2$;

б) $Cr \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Cr_2O_3$;

в) $Cr \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K_3[Cr(OH)_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

## Вариант 4

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых оксид серы (IV) а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении азотной кислоты к равному количеству нитробензола в присутствии серной кислоты.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$MnO_2 \xleftarrow{Z} \mathbf{A} \xleftarrow{X} C_3H_6Br_2 \xrightarrow{Y} \mathbf{B} \xrightarrow{Z} MnSO_4.$$

Укажите условия проведения реакций.

**4.** Газовую смесь массой 10.2 г и объемом 7.26 л (22°C, 1 атм), состоящую из этана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 40%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**5.** Напишите уравнения реакций по следующим схемам:

а) $Fe \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_2$;

б) $Fe \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Fe(OH)_3$;

в) $Fe \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

## Вариант 5

**1.** Три сосуда одинакового объема при нормальных условиях заполнены тремя разными веществами: хлором, бромом и бромоводородом. Расположите сосуды в порядке возрастания в них числа молекул. Ответ обоснуйте.

**2.** Приведите примеры четырех органических соединений различных классов, которые могут реагировать с водой. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$H_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow CH_3COOH \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Cl_2.$$

Укажите условия проведения реакций.

**4.** Определите массу осадка, образовавшегося после пропускания в избыток аммиачного раствора оксида серебра 8.96 л (н.у.) смеси этана и ацетилена, в которой число атомов водорода в 1.5 раза больше числа атомов углерода.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(NO_3)_3.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Вариант 6

**1.** Три сосуда одинакового объема при нормальных условиях заполнены тремя разными веществами: аммиаком, водой и сероводородом. Расположите сосуды в порядке возрастания в них числа молекул. Ответ обоснуйте.

**2.** Приведите примеры четырех органических соединений различных классов, которые могут реагировать с бромом. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$CO_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow CH_3COONa \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Cl_2.$$

Укажите условия проведения реакций.

**4.** Определите массу осадка, образовавшегося после пропускания в избыток аммиачного раствора оксида серебра 8.96 л (н.у.) смеси этана и ацетилена, в которой число атомов водорода в 1.5 раза больше числа атомов углерода.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$CuSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cu(NO_3)_2.$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

## Задания очного тура 2009

## Вариант 1

**1.** Приведите уравнения реакций, характеризующих амфотерные свойства оксида алюминия.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н.у. газовой смеси следующего объемного состава: 30% CO и 70% $N_2$.

**3.** В 2 л 0.05 М раствора уксусной кислоты содержится $6.1 \cdot 10^{22}$ непродиссоциированных молекул и ионов. Рассчитайте степень диссоциации кислоты.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_2H_2 \xrightarrow{C_{акт},\,t} \mathbf{A} \xrightarrow{HNO_3,\,H_2SO_4} \mathbf{B} \xrightarrow{Fe+HCl_{изб}} \mathbf{C} \xrightarrow{KOH} \mathbf{D} \xrightarrow{Br_2,\,H_2O} \mathbf{E}.$$

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$Fe \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow FeCl_3 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Fe_2O_3;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**6.** Продукты полного сгорания 4.48 л сероводорода (н.у.) в избытке кислорода поглощены 53 мл 16%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.18 г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном

растворе и массу осадка, который выделится при обработке этого раствора избытком раствора гидроксида бария.

**7.** Некоторый углеводород **X** при действии избытка бромной воды образует дибромпроизводное, содержащее 57.5% брома по массе, а при кипячении с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образует две одноосновные карбоновые кислоты. Установите молекулярную и структурную формулы углеводорода **X**. Напишите уравнения проведенных реакций и уравнение реакции гидратации этого углеводорода.

## Вариант 2

**1.** Приведите уравнения реакций, характеризующих амфотерные свойства гидроксида цинка.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н.у. газовой смеси следующего объемного состава: 20% NO и 80% $C_2H_6$.

**3.** В 1.55 л 0.1 М раствора фтороводородной кислоты содержится $1.02 \cdot 10^{23}$ непродиссоциированных молекул и ионов. Рассчитайте степень диссоциации кислоты.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[400^\circ C]{HBr} \mathbf{A} \xrightarrow[\text{спирт}]{KOH} \mathbf{B} \xrightarrow[CCl_4]{Br_2} \mathbf{C} \xrightarrow[\text{спирт}]{KOH\ \text{изб}} \mathbf{D} \xrightarrow[Hg^{2+},H^+]{H_2O} \mathbf{E}.$$

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$Cr \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cr(OH)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CrCl_3 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Cr_2O_3;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**6.** Продукты полного сгорания 3.36 л сероводорода (н.у.) в избытке кислорода поглощены 50.4 мл 23%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1.21 г/мл). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе и массу осадка, который выделится при обработке этого раствора избытком раствора гидроксида кальция.

**7.** Некоторый углеводород **X** при действии избытка бромной воды образует тетрабромпроизводное, содержащее 75.8% брома по массе, а при кипячении с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образует только одну одноосновную карбоновую кислоту. Установите молекулярную и структурную формулы углеводорода **X**. Напишите уравнения проведенных реакций и уравнение реакции гидратации этого углеводорода.

## Вариант 3

**1.** Напишите структурную формулу серной кислоты.

**2.** Приведите два способа получения пропанола-2. Укажите необходимые условия проведения реакций (агрегатные состояния веществ, растворитель, катализатор, температура, давление).

**3.** Имеется смесь Ni, Ca и Cu. Как химическим путем выделить каждый из металлов в индивидуальном виде?

**4.** Расшифруйте схему превращений. Напишите соответствующие уравнения реакций:

$$C_3H_7OH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} \mathbf{X_1} \xrightarrow[H_2O]{Br_2} \mathbf{X_2} \rightarrow C_3H_4 \xrightarrow[Hg^{2+},H^+]{H_2O} \mathbf{X_3} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{X_4} \rightarrow C_3H_6O_2$$

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$FeSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow S \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow H_2S \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow H_2SO_4;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**6.** В результате нагревания 28.44 г перманганата калия образовалось 27.16 г твёрдой смеси. Какой максимальный объем хлора (н. у.) можно получить при действии на образовавшуюся смесь 36.5%-ной соляной кислоты (плотность 1.18 г/мл)? Какой объем кислоты для этого понадобится?

**7.** В результате обработки алкена водным раствором бромоводородной кислоты получен продукт, в котором массовая доля углерода на 56.44% меньше, чем в алкене. Установите структурные формулы алкена и продукта реакции.

## Вариант 4

**1.** Напишите структурную формулу ортофосфорной кислоты.

**2.** Приведите два способа получения пропаналя. Укажите необходимые условия проведения реакций (агрегатные состояния веществ, растворитель, катализатор, температура, давление).

**3.** Имеется смесь Al, Mg и Ag. Как химическим путем выделить каждый из металлов в индивидуальном виде?

**4.** Расшифруйте схему превращений. Напишите соответствующие уравнения реакций:

$$C_2H_5COONa \xrightarrow[t]{NaOH} \mathbf{X_1} \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} \mathbf{X_2} \rightarrow C_2H_6O \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{X_3} \xrightarrow[P\,кр]{Cl_2} \mathbf{X_4} \rightarrow C_2H_5NO_2$$

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$Cr \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow KCr(OH)_4 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CrCl_3;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**6.** В результате нагревания 22.12 г перманганата калия образовалось 21.16 г твердой смеси. Какой максимальный объем хлора (н.у.) можно получить при действии на образовавшуюся смесь 36.5%-ной соляной кислоты (плотность 1.18 г/мл)? Какой объем кислоты для этого понадобится?

**7.** В результате обработки алкена водным раствором перманганата калия получен продукт, в котором массовая доля углерода на 47.00% меньше, чем в алкене. Установите структурные формулы алкена и продукта реакции.

## Вариант 5

**1.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_3H_9N$.

**2.** Приведите два уравнения реакций, характеризующих свойства основных оксидов.

**3.** Предложите химический способ разделения смеси оксида серы (IV) и метана.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_5Cl \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CH_3CHO \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CH_4 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_3NH_2;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$K_2Cr_2O_7 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow KCr(OH)_4 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow Cr;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций, если известно, что все вещества содержат хром и не повторяются.

**6.** 8.35 г соединения, содержащего 23.35% калия, 47.90% брома и 28.75% кислорода по массе, нагрели при температуре более 450°C с 1.86 г фосфора. Продукты реакции растворили в 150 мл воды и через раствор пропустили 1.92 л аммиака (давление 1 атм, температура 20°C). Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

**7.** При пропускании сухого хлороводорода в смесь анилина, бензола и фенола выделяется осадок массой 5.18 г. После отделения осадка на нейтрализацию фильтрата было затрачено 8.00 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Газ, выделяющийся при сжигании такого же количества смеси, образует при пропускании через известковую воду осадок массой 90 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси.

## Вариант 6

**1.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_4H_{10}O$.

**2.** Приведите два уравнения реакций, характеризующих свойства кислотных оксидов.

**3.** Предложите химический способ разделения смеси оксида меди (II) и меди.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$CH_3Br \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_5Br \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_3COOC_2H_5;$$

определите неизвестные вещества; укажите условия проведения реакций.

**5.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$KMnO_4 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow MnCl_2 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow MnO \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow MnSO_4;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций, если известно, что все вещества содержат марганец и не повторяются.

**6.** 24.5 г соединения, содержащего 31.84% калия, 28.98% хлора и 39.18% кислорода по массе, нагрели при температуре выше 130°C с 12.8 г серы. Выделившийся в результате реакции газ пропустили через 256.5 г 10%-ного раствора гидроксида бария. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

**7.** На нейтрализацию смеси массой 50 г, состоящей из бензола, фенола и анилина, потребовалось 49.7 мл 17%-ной соляной кислоты (плотность 1.08 г/мл). При взаимодействии такого же количества смеси с избытком бромной воды образовался осадок массой 99.1 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси.

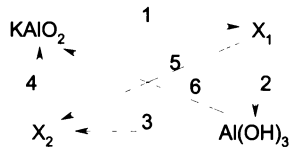
## Задания очного тура 2010

## Вариант Брянск

**1.** Укажите число протонов и электронов атома титана, запишите его электронную конфигурацию.

**2.** На одной чаше весов находится колба с углекислым газом при атмосферном давлении. Другую такую же колбу наполнили неизвестным газом при давлении 159.2 кПа, при этом весы уравновесились. Предложите три возможные формулы этого газа.

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




**4.** Какие из перечисленных веществ реагируют с NaOH: Zn, $Na_2SO_4$, $Na_2CrO_4$, P, $C_2H_5Br$, $C_6H_5COONa$? Напишите уравнения пяти реакций и укажите условия их протекания.

**5.** В сосуде объёмом 10 л находятся 1 моль $SO_2$ и 2 моль $CO_2$. При некоторой температуре в реакционной смеси установилось равновесие:

$$SO_{2(г)} + CO_{2(г)} \rightleftarrows SO_{3(г)} + CO_{(г)}.$$

Константа равновесия при этой температуре равна 3. Вычислите число молей $SO_2$ в равновесной смеси.

**6.** После растворения 22.4 г смеси меди и оксида меди (II) в 500 г 80%-ной серной кислоты масса раствора стала равной 516 г. Рассчитайте массовую долю соли в полученном растворе.

**7.** Смесь сахарозы и мальтозы разделили на две равные части. При обработке первой части аммиачным раствором оксида серебра выпал осадок. Вторую часть сначала гидролизовали, а затем обработали аммиачным раствором оксида серебра, при этом также выпал осадок. Масса второго осадка оказалась в четыре раза больше массы первого осадка. Определите массовую долю сахарозы в исходной смеси. Напишите уравнения протекающих реакций.

## Вариант Москва

**1.** Укажите число протонов и электронов атома скандия, запишите его электронную конфигурацию.

**2.** На одной чаше весов находится колба с аммиаком при атмосферном давлении. Другую такую же колбу наполнили неизвестным газом при давлении 57.4 кПа, при этом весы уравновесились. Предложите три возможные формулы этого газа.

**3.** При полном гидролизе олигосахарида образовался только один продукт – глюкоза. Установите число остатков глюкозы в молекуле олигосахарида, если известно, что для ацилирования полученной глюкозы требуется в 1.5 раза больше уксусного ангидрида, чем для ацилирования исходного олигосахарида.

**4.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с $K_2Cr_2O_7$: HCl, KOH, $KNO_3$, $H_2SO_4$, $CH_4$, $CH_3CH_2OH$? Напишите уравнения пяти реакций и укажите условия их протекания.

**5.** В сосуде объемом 20 л находятся 10 моль CO и 5 моль $Cl_2$. При некоторой температуре в реакционной смеси установилось равновесие

$$CO_{(г)} + Cl_{2(г)} \rightleftarrows COCl_{2(г)}.$$

Константа равновесия при этой температуре равна 8 л/моль. Вычислите число молей $COCl_2$ в равновесной смеси.

**6.** После растворения 40 г смеси меди и оксида меди (I) в 472 г 80%-ной серной кислоты массовая доля соли в полученном растворе составила 20%. Определите массу полученного раствора.

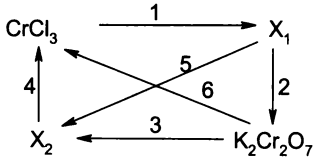
**7.** При взаимодействии 9.0 г органического вещества с избытком аммиачного раствора оксида серебра выпало 21.6 г осадка. При сгорании той же навески вещества образовалось 25.74 л (250°C, 1 атм) газа. После охлаждения до 20°C газ, объём которого составил 7.21 л (1 атм), был полностью поглощён известковой водой, при этом выпало 30 г осадка. Предложите две возможные структурные формулы вещества.

## Вариант Нижний Новгород

**1.** Укажите число протонов и электронов атома кадмия, запишите его электронную конфигурацию.

**2.** В колбе находится азот при атмосферном давлении и температуре 298 K. До какого давления нужно наполнить такую же колбу аргоном, чтобы массы газов стали равны?

**3.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений.




**4.** Какие из перечисленных веществ реагируют с KOH: S, Al, $Ba(NO_3)_2$, $C_6H_5CH_3$, $C_2H_5Cl$, $CH_3COOCH_3$? Напишите уравнения пяти реакций и укажите условия их протекания.

**5.** В сосуде объёмом 16 л находятся 4 моль CO и 2 моль $H_2O$. При некоторой температуре в реакционной смеси установилось равновесие

$$CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftarrows CO_{2(г)} + H_{2(г)}.$$

Константа равновесия при этой температуре равна 2. Вычислите число молей $H_2$ в равновесной смеси.

**6.** В разбавленной азотной кислоте растворили навеску цинка. При нагревании полученного раствора с избытком щёлочи выделился газ, кото-

рый был использован для полного восстановления 16 г оксида железа (III). Определите массу цинка, растворённого в азотной кислоте.

**7.** Смесь сахарозы и глюкозы массой 7.02 г подвергли гидролизу. Для ацилирования продуктов гидролиза требуется на 2.6 г пропионового ангидрида больше, чем для ацилирования исходной смеси. Определите массы сахарозы и глюкозы.

## Вариант Омск

**1.** Укажите число протонов и электронов атома иттрия, запишите его электронную конфигурацию.

**2.** На одной чаше весов находится колба с аргоном при атмосферном давлении. Другую такую же колбу наполнили неизвестным газом при давлении 144.7 кПа, при этом весы уравновесились. Предложите три возможные формулы этого газа.

**3.** Используя только неорганические реагенты и катализаторы, из целлюлозы получите янтарную (бутандиовую) кислоту.

**4.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с $Cl_2$: $PCl_3$, KBr, Cu, $FeCl_3$, $CH_3OH$, $C_6H_5CH_3$? Напишите уравнения пяти реакций и укажите условия их протекания.

**5.** В сосуде объёмом 20 л находятся 3 моль $SO_3$ и 2 моль $H_2$. При некоторой температуре в реакционной смеси установилось равновесие

$$SO_{3(г)} + H_{2(г)} \rightleftarrows SO_{2(г)} + H_2O_{(г)}.$$

Константа равновесия при этой температуре равна 1.6. Вычислите число молей $H_2$ в равновесной смеси.

**6.** После растворения 27.2 г смеси меди и оксида меди (I) в 500 г 70%-ной азотной кислоты масса раствора стала равна 499.6 г. Найдите массовую долю соли в полученном растворе.

**7.** Смесь сахарозы и дезоксирибозы массой 6.42 г подвергли гидролизу. Для ацилирования продуктов гидролиза требуется на 2.04 г уксусного ангидрида больше, чем для ацилирования исходной смеси. Определите массы сахарозы и дезоксирибозы.

## Вариант Уфа

**1.** Укажите число протонов и электронов атома цинка, запишите его электронную конфигурацию.

**2.** В колбе находится аммиак при атмосферном давлении и температуре 295 K. До какого давления нужно наполнить такую же колбу неоном, чтобы массы газов стали равны?

**3.** Используя только неорганические реагенты и катализаторы, из целлюлозы получите 2,3-бутандиол.

**4.** Какие из перечисленных веществ реагируют с $Br_2$: NaOH, HCl, KI, $C_2H_4$, $C_2H_5OH$, $C_6H_5OH$? Напишите уравнения пяти реакций и укажите условия их протекания.

**5.** В сосуде объёмом 5.0 л находится 1 моль $PCl_5$. Сосуд нагрели до некоторой температуры, при этом установилось равновесие

$$PCl_{5(г)} \rightleftarrows PCl_{3(г)} + Cl_{2(г)}.$$

Константа равновесия при этой температуре равна 0.04 моль/л. Рассчитайте число молей $PCl_3$ в равновесной смеси.

**6.** В разбавленной азотной кислоте растворили навеску алюминия. При нагревании полученного раствора с избытком щёлочи выделился газ, который был использован для полного восстановления 21.6 г оксида железа (II). Определите массу алюминия, растворённого в азотной кислоте.

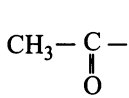
**7.** Смесь сахарозы и рибозы массой 11.76 г подвергли гидролизу. Для ацилирования продуктов гидролиза требуется на 7.8 г пропионового ангидрида больше, чем для ацилирования исходной смеси. Определите массы сахарозы и рибозы.

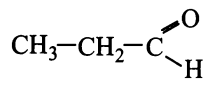
# Решения заданий очного тура 2006

## Вариант Волгоград

**1.** Структурные формулы пяти устойчивых веществ состава $C_3H_6O$:







$CH_2{=}CH{-}O{-}CH_3$ $\qquad$ $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}OH$

**2.** Электронная конфигурация иона марганца $Mn^{2+}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$. Такую же конфигурацию имеет ион $Fe^{3+}$.

**3.** KOH – сильное основание, поэтому $[OH^-] = [KOH] = 0.1$ моль/л. Поскольку $K_w = [OH^-][H^+] = 10^{-14}$, концентрация ионов водорода:

$$[H^+] = 10^{-14} / [OH^-] = 10^{-14} / 0.1 = 10^{-13} \text{ моль/л;}$$

отсюда

$$pH = -\lg[H^+] = 13.$$

При добавлении кислоты к раствору щелочи протекает реакция нейтрализации:

$$KOH + HCl \rightarrow KCl + H_2O.$$

а) При добавлении равного объема 0.1 М раствора HCl происходит полная нейтрализация раствора; $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$.

$$pH = -\lg 10^{-7} = 7.$$

б) При добавлении равного объема 0.3 М раствора HCl в результате реакции нейтрализации остается раствор HCl с концентрацией 0.3 – 0.1 = = 0.2 моль/л. Тогда

$$pH = -\lg(0.2) = 0.7.$$

в) При добавлении равного объема 0.08 М раствора HCl остается раствор KOH с концентрацией 0.1 – 0.08 = 0.02 моль/л. Концетрация ионов водорода при этом

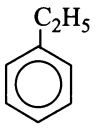
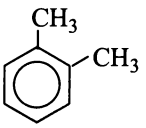
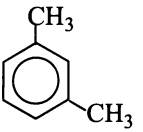
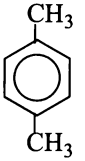
$$[H^+] = 10^{-14} / 0.02 = 5 \cdot 10^{-13} \text{ моль/л.}$$

Тогда

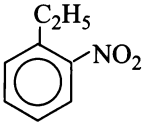
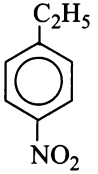
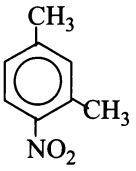
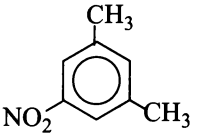
$$pH = -\lg(5 \cdot 10^{-13}) = 12.3.$$

*Ответ*: 13; а) 7, б) 0.7, в) 12.3.

**4.** Ароматические углеводороды состава $C_8H_{10}$:

Мононитропроизводные:

**5.** 1) $2KI + O_3 + H_2SO_4 \rightarrow I_2\downarrow + O_2 + K_2SO_4 + H_2O$;

2) $2P + 3I_2 \xrightarrow{t^\circ} 2PI_3$;

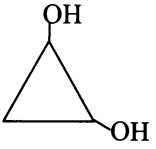
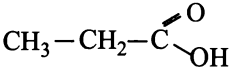
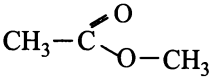
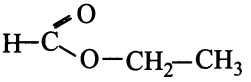
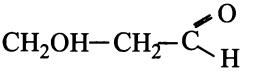
3) $PI_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HI$;

4) $2HI + Ca(OH)_2 \rightarrow CaI_2 + 2H_2O$;

5) $CaI_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaI$.

## Вариант Красноярск

**1.** Структурные формулы пяти устойчивых веществ состава $C_3H_6O_2$:

**2.** NaF (оба иона $1s^22s^22p^6$); KCl (оба иона $1s^22s^22p^63s^23p^6$).

**3.** При смешивании оксида фосфора (V) и воды протекает реакция:

$$\underset{x}{P_2O_5} + \underset{3x}{3H_2O} \rightarrow \underset{2x}{2H_3PO_4}.$$

Пусть $x$ моль – количество оксида фосфора; тогда его масса составляет $142x$, масса воды, вступившей в реакцию, равна $54x$, масса полученной фосфорной кислоты равна $196x$ г.

Для того, чтобы фосфорная кислота массой $196x$ г составляла 10% в растворе, его масса должна быть:

$$m(\text{раствора}) = 196x / 0.1 = 1960x \text{ г},$$

а масса воды в нем

$$m(H_2O) = 1960x - 196x = 1764x \text{ г.}$$

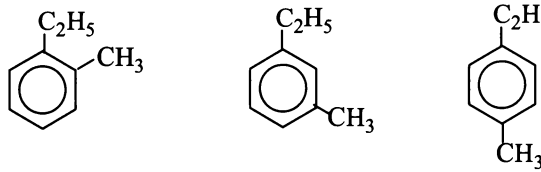
Следовательно, общая масса воды, которую нужно добавить к оксиду фосфора, составляет:

$$m(H_2O) = 54x + 1764x = 1818x \text{ г.}$$

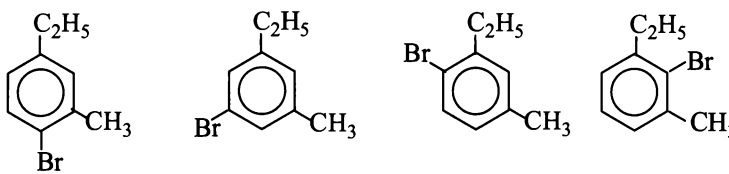
Отсюда искомое соотношение $1818x / 142x = 12.8$.

*Ответ*: воды по массе необходимо взять в 12.8 раз больше, чем оксида фосфора.

**4.** Ароматические углеводороды состава $C_9H_{12}$:



Монобромпроизводные:



**5.** 1) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$;

2) $2FeCl_2 + Zn \rightarrow ZnCl_2 + Fe$;

3) $2Fe + 6H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$;

4) $Fe_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 2FeCl_3 + 3BaSO_4\downarrow$.

*Ответ:* **X** – Fe.

## Вариант Москва

**1.** В молекуле циклоалкана число вторичных атомов углерода может быть произвольным, а числа первичных, третичных и четвертичных атомов связаны соотношением:

$$N(\text{I}) = N(\text{III}) + 2 \cdot N(\text{IV}).$$

Получаем уравнение

$$x = N(\text{III}) + 2y,$$

откуда $N(\text{III}) = x - 2y$.

*Ответ*: $(x - 2y)$ третичных атомов углерода.

**2.** Электронная конфигурация иона $Cr^{3+}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$. Такую же конфигурацию имеет ион $Mn^{4+}$.

**3.** При pH раствора, равном 11, концентрации ионов водорода и гидроксила составляют соответственно:

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-11} \text{ моль/л},$$
$$[OH^-] = 10^{-14} / 10^{-11} = 10^{-3} \text{ моль/л}.$$

Гидроксид аммония – слабое основание

$$NH_4OH \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-,$$

константа диссоциации которого

$$K_{дис} = \frac{[NH_4^+]\cdot[OH^-]}{[NH_4OH]}.$$

Поскольку $[NH_4^+] = [OH^-]$, можно записать

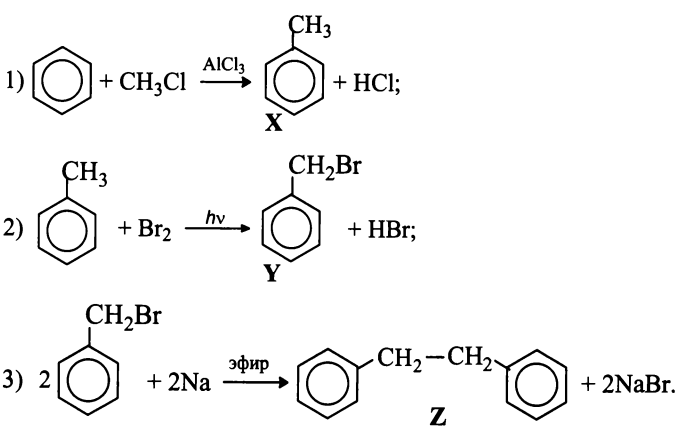
$$K_{дис} = \frac{[OH^-]^2}{[NH_4OH]},$$

откуда молярная концентрация гидроксида аммония:

$$[NH_4OH] = [OH^-]^2 / K_{дис} = 10^{-6} / (1.8\cdot10^{-5}) = 0.056 \text{ моль/л}.$$

*Ответ*: 0.056 моль/л.

**4.**




*Ответ*: **X** – $C_6H_5–CH_3$, **Y** – $C_6H_5–CH_2Br$, **Z** – $C_6H_5–CH_2–CH_2–C_6H_5$.

**5.** а) 1) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

2) $S + 2HNO_3(конц) \xrightarrow{t^\circ} H_2SO_4 + 2NO$;

3) $2H_2SO_4(конц) + Cu \xrightarrow{t^\circ} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$.

б) 1) $SO_2 + KOH \rightarrow KHSO_3$;

2) $KHSO_3 + KOH \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$;

3) $K_2SO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + SO_2\uparrow + H_2O$.

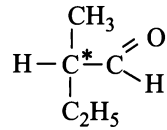
*Ответ*: а) $\mathbf{X_1}$ – S, $\mathbf{X_2}$ – $H_2SO_4$; б) $\mathbf{X_1}$ – $KHSO_3$, $\mathbf{X_2}$ – $K_2SO_3$.

## Решения заданий очного тура 2007

## Вариант Красноярск

**1.** Дихромат-ион $Cr_2O_7^{2-}$ содержит 106 электронов и 104 протона.

**2.** 2-метилбутаналь:



**3.** 1) $2C_2H_5OH \xrightarrow{Al_2O_3,\,ZnO,\,t^\circ} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + H_2 + 2H_2O$;

2) $3CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 11K_2Cr_2O_7 + 44H_2SO_4 \rightarrow 12CO_2 + 11Cr_2(SO_4)_3 + 11K_2SO_4 + 53\,H_2O$;

3) $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4\ \text{конц},\ t^\circ>150} CH_2{=}CH_2 + H_2O$;

4) $CH_2{=}CH_2 + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2CO_2 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 2K_2SO_4 + 10H_2O$.

*Ответ*: **A** – $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$, **B** – $H_2C{=}CH_2$, **X** – $Al_2O_3$, ZnO, **Y** – $H_2SO_{4\,(конц)}$, **Z** – $K_2Cr_2O_7$,

**4.** При пропускании углекислого газа через раствор гидроксида кальция протекает реакция:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Из условия задачи рассчитаем количество $Ca(OH)_2$ в 200 г данного раствора и количество $CaCO_3$ в 1.5 г:

$$\nu(Ca(OH)_2) = \frac{0.74 \cdot 200}{100 \cdot 74} = 0.02 \text{ моль},$$

$$\nu(CaCO_3) = 1.5 / 100 = 0.015 \text{ моль}.$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $CO_2$ в раствор щелочи, кроме средней соли, будет образовываться и кислая соль:

$$\underset{0.015}{Ca(OH)_2} + \underset{0.015}{CO_2} \rightarrow \underset{0.015}{CaCO_3\downarrow} + H_2O;$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2.$$

Для ее образования было затрачено 0.005 моль гидроксида кальция и 0.01 моль углекислого газа. Для полной нейтрализации раствора щелочи необходимо 0.025 моль $CO_2$. Рассчитаем его объем.

$$V(CO_2) = 22.4 \cdot 0.025 = 0.56 \text{ л}.$$

*Ответ*: 0.56 л.

**5.** а) $2FeBr_3 + 3Zn \rightarrow 2Fe + 3ZnBr_2$;

$Fe + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow FeSO_4 + H_2\uparrow$;

б) $2FeBr_3 + Fe \rightarrow 3FeBr_2$;

$FeBr_2 + Ag_2SO_4 \rightarrow 2AgBr\downarrow + FeSO_4$;

в) $2FeBr_3 + 3Ag_2SO_4 \rightarrow 6AgBr\downarrow + Fe_2(SO_4)_3$;

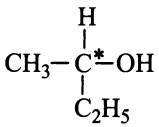
$Fe_2(SO_4)_3 + Fe \rightarrow 3FeSO_4$.

*Ответ*: а) **X** – Fe; б) **X** – $FeBr_2$; в) **X** – $Fe_2(SO_4)_3$.

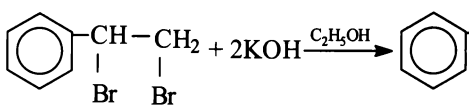
## Вариант Екатеринбург

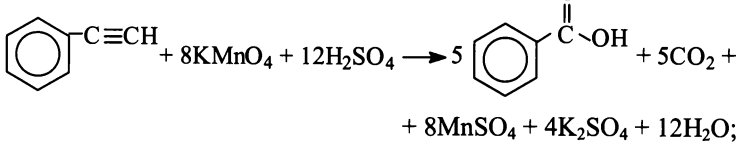
**1.** Хромат-ион $CrO_4^{2-}$ содержит 58 электронов и 56 протонов.

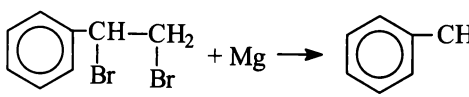
**2.** Бутанол-2:

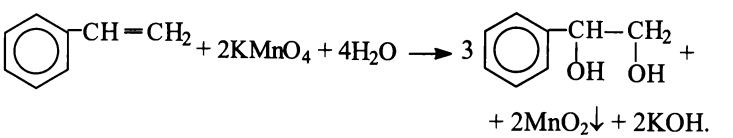


**3.**

1) 

2) 

3) 

4) 

*Ответ*: **A** – $C_6H_5$–C≡CH, **B** – $C_6H_5$–CH=$CH_2$, **X** – KOH; **Y** – Mg, **Z** – $KMnO_4$,

**4.** При пропускании углекислого газа через раствор гидроксида кальция протекает реакция:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Из условия задачи рассчитаем количество $Ca(OH)_2$ в 300 г данного раствора и количество $CaCO_3$ в 1.0 г:

$$\nu(Ca(OH)_2) = \frac{0.37 \cdot 300}{100 \cdot 74} = 0.015 \text{ моль},$$

$$\nu(CaCO_3) = 1.0 / 100 = 0.01 \text{ моль}.$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $CO_2$ в раствор щелочи кроме средней соли будет образовываться и кислая соль:

$$\underset{0.01}{Ca(OH)_2} + \underset{0.01}{CO_2} \rightarrow \underset{0.01}{CaCO_3\downarrow} + H_2O.$$

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2;$$

Для ее образования было затрачено 0.005 моль гидроксида кальция и 0.01 моль углекислого газа. Следовательно, для полной нейтрализации раствора щелочи необходимо 0.02 моль $CO_2$.

Рассчитаем объем углекислого газа:

$$V(CO_2) = 22.4 \cdot 0.02 = 0.448 \text{ л}.$$

*Ответ*: 0.448 л.

**5.** а) $Fe(NO_3)_2 + Zn \rightarrow Fe + Zn(NO_3)_2$;

$2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2FeCl_3$;

б) $4Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 8NO_2 + O_2$;

$Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$;

в) $Fe(NO_3)_2 + H_2S \rightarrow FeS\downarrow + 2HNO_3$;

$2FeS + 9Cl_2 + 8H_2O \xrightarrow{t^\circ} 2FeCl_3 + 2H_2SO_4 + 12HCl$.

*Ответ*: а) **X** – Fe; б) **X** – $Fe_2O_3$; в) **X** – FeS.

## Вариант Волгоград

**1.** $Br_2$: атом брома имеет валентность I и степень окисления 0.

$K_2MnO_4$: атом калия имеет валентность I и степень окисления +1, атом марганца имеет валентность VI и степень окисления +6, атом кислорода имеет валентность II и степень окисления –2.

**2.** $3S + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} 2K_2S + K_2SO_3 + 3H_2O$.

**3.** 1) $CH_3$–$CHBr_2$ + 2KOH $\xrightarrow{C_2H_5OH}$ CH≡CH + 2KBr + $2H_2O$;

2) $CH{\equiv}CH + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow AgC{\equiv}CAg\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O$;

3) $CH_3{-}CHBr_2 + 2KOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CHO + 2KBr + H_2O$;

4) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$.

*Ответ*: **A** – $CH{\equiv}CH$, **B** – $CH_3CHO$, **X** – KOH(спирт. р-р), **Y** – KOH(водн.), **Z** – $[Ag(NH_3)_2]OH$.

**4.** Рассчитаем количество вещества газовой смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{110 \cdot 10}{8.31 \cdot 301} = 0.44 \text{ моль}.$$

Объемная доля неизвестного углеводорода:

$$\varphi(\mathbf{X}) = 1 - \varphi(Kr) = 1 - 0 / 2 = 0.8.$$

Исходя из условия, количество вещества неизвестного газа **X**:

$$\nu(\mathbf{X}) = 0.44 \cdot 0.8 = 0.35 \text{ моль},$$

Молярная масса неизвестного газа:

$$M(\mathbf{X}) = \frac{m(\mathbf{X})}{\nu(\mathbf{X})} = \frac{10.56}{0.35} = 30 \text{ г/моль}.$$

Газ с молярной массой 30 г/моль – это этан $C_2H_6$.

*Ответ*: $C_2H_6$.

**5.** а) $Cu_2O + C \xrightarrow{t^\circ} 2Cu + CO$;

$Cu + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$;

б) $2Cu_2O + O_2 \rightarrow 4CuO$;

$CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$;

в) $Cu_2O + 2HCl \rightarrow 2CuCl + H_2O$:

$2CuCl + Cl_2 \rightarrow 2CuCl_2$.

*Ответ*: а) **X** – Cu; б) **X** – CuO; в) **X** – CuCl.

## Вариант Нижний Новгород

**1.** $N_2$: атом азота имеет валентность III и степень окисления 0.

$KAlO_2$: атом калия имеет валентность I и степень окисления +1, атом алюминия имеет валентность III и степень окисления +3, атом кислорода имеет валентность II и степень окисления –2.

**2.** $4P + 3KOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} PH_3 + 3KH_2PO_2$.

**3.** 1) $CH_3{-}CHBr{-}CH_2Br + Mg \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH_2 + MgBr_2$;

2) $3CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3{-}CHOH{-}CH_2OH + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$;

3) $CH_3–CHBr–CH_2Br + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3–C\equiv CH + 2KBr + 2H_2O$;

4) $5CH_3–C\equiv CH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 8MnSO_4 + 5CO_2\uparrow + 4K_2SO_4 + 12H_2O$.

*Ответ*: **A** – $CH_3–CH=CH_2$, **B** – $CH_3–C\equiv CH$, **X** – Mg, **Y** – KOH(спирт. р-р), **Z** – $KMnO_4$.

**4.** Рассчитаем количество вещества газовой смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{118 \cdot 15}{8.31 \cdot 298} = 0.715 \text{ моль}.$$

Объемная доля неизвестного углеводорода:

$$\varphi(\mathbf{X}) = 1 - \varphi(Ar) = 1 - 0.3 = 0.7.$$

Исходя из условия, количество вещества неизвестного газа **X**:

$$\nu(\mathbf{X}) = 0.715 \cdot 0.7 = 0.5 \text{ моль},$$

Молярная масса неизвестного газа:

$$M(\mathbf{X}) = \frac{m(\mathbf{X})}{\nu(\mathbf{X})} = \frac{22}{0.5} = 44 \text{ г/моль}.$$

Газ с молярной массой 44 г/моль – это пропан $C_3H_8$.

*Ответ*: $C_3H_8$.

**5.** а) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + O_2\uparrow$;

$2K_2CrO_4 + 16HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 4KCl + 3Cl_2\uparrow + 8H_2O$;

б) $K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$;

$Cr_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 2CrCl_3 + 3BaSO_4\downarrow$;

в) $K_2Cr_2O_7 + 2KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + H_2O$;

$2K_2CrO_4 + 16HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 4KCl + 3Cl_2\uparrow + 8H_2O$.

*Ответ*: а) **X** – $K_2CrO_4$; б) **X** – $Cr_2(SO_4)_3$; в) **X** – $K_2CrO_4$.

## Вариант Москва

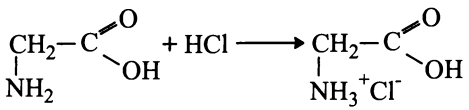
**1.** Молекула $C_3H_8$ содержит: $N(e) = 6 \cdot 3 + 8 = 26$; $N(p) = 26$; ион $[Cu(NH_3)_2]^+$ содержит: $N(e) = 29 + 10 \cdot 2 - 1 = 48$; $N(p) = 49$.

**2.**

1) соль: $CH_3C(=O)ONa + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$;

2) амин: $CH_3NH_2 + HCl \longrightarrow CH_3NH_3^+Cl^-$;

3) алкен: $CH_2{=}CH_2 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2Cl$;

4) аминокислота: 

**3.** Пусть $x$ – объем $CH_4$ в газовой смеси. Тогда объем $C_2H_4$ равен $3 - x$; объемные доли газов $\varphi(CH_4) = x / 3$; $\varphi(C_2H_4) = (3 - x) / 3$.

Рассчитаем массу углерода и водорода в газах:

$$m(\text{C}) = \frac{12x}{3} + 2 \cdot \frac{12 \cdot (3-x)}{3} = 24 - 4x;$$

$$m(\text{H}) = 4 \cdot \frac{x}{3} + 4 \cdot \frac{3-x}{3} = 4.$$

По условию масса углерода в четыре раза больше массы водорода:

$$m(\text{C}) / m(\text{H}) = (24 - x) / 4 = 4,$$

отсюда $x = 2$. Объем метана составляет 2 л, этилена – 1 л.

*Ответ*: объем этилена 1 л.

**4.** 1) $CH_3{-}CH_2{-}COOH + C_2H_5OH \overset{H^+}{\rightleftarrows} CH_3{-}CH_2{-}COOC_2H_5 + H_2O$;

2) $2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2 + O_2$;

3) $CH_3{-}CH_2{-}COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{кр}} CH_3{-}CHCl{-}COOH + HCl$;

4) $2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$.

*Ответ*: **A** – $H_2O$, **B** – HCl.

**5.** а) $2FeCl_3 + 3Zn \rightarrow 2Fe + 3ZnCl_2$;

$Fe + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow FeSO_4 + H_2\uparrow$;

б) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$;

$FeCl_2 + Ag_2SO_4 \rightarrow 2AgCl\downarrow + FeSO_4$;

в) $2FeCl_3 + 3Ag_2SO_4 \rightarrow 6AgCl\downarrow + Fe_2(SO_4)_3$;

$Fe_2(SO_4)_3 + Fe \rightarrow 3FeSO_4$.

*Ответ*: а) **X** –Fe; б) **X** – $FeCl_2$; в) **X** – $Fe_2(SO_4)_3$.

## Решения заданий очного тура 2008

### Вариант 1

**1.** а) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$, хлор восстанавливается ($Cl^0 + e \rightarrow Cl^{-1}$);

б) $Cl_2 + 3F_2 \rightarrow 2ClF_3$, хлор окисляется ($Cl^0 - 3e \rightarrow Cl^{+3}$).

**2.** Соотношение количеств фенола и $HNO_3$ 1 : 2:

$CuSO_4 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$.

б) $Cu + 4HNO_3(конц) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

в) $Cu + CuCl_2 \rightarrow 2CuCl$;

$CuCl + 2NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

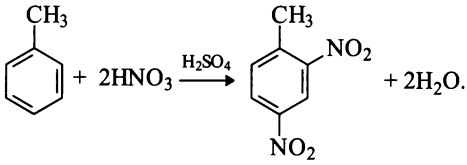
*Ответ*: **X** – $CuSO_4$; **Y** – $Cu(NO_3)_2$; **Z** – CuCl.

## Вариант 2

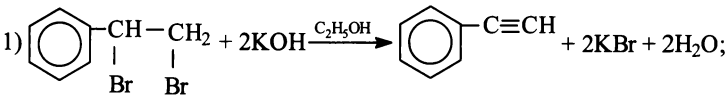
**1.** а) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$, сера восстанавливается ($S^0 + 2e \rightarrow S^{-2}$);

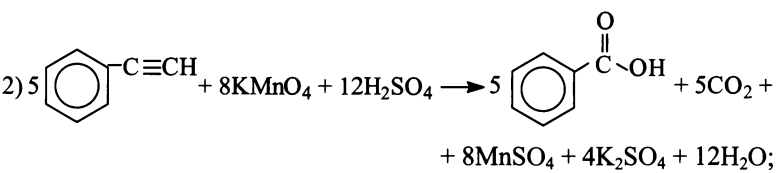
б) $S + O_2 \rightarrow SO_2$, сера окисляется ($S^0 - 4e \rightarrow S^{+4}$).

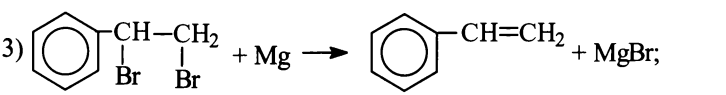
**2.** Соотношение количеств толуола и $HNO_3$ 1 : 2:

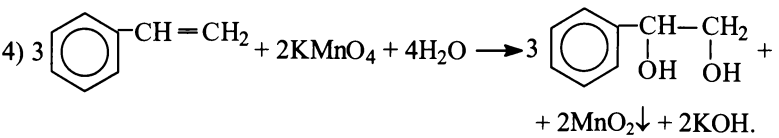



**3.**




*Ответ*: **A** – $C_6H_5$–C≡CH, **B** – $C_6H_5$–CH=$CH_2$, **X** – KOH; **Y** – Mg, **Z** – $KMnO_4$,

**4.** Рассчитаем количество вещества газовой смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 3.63}{8.31 \cdot 295} = 0.15 \text{ моль}.$$

Исходя из условия, количество вещества углекислого газа:

$$\nu(CO_2) = 0.15 \cdot 0.8 = 0.12 \text{ моль},$$

следовательно, количество вещества неизвестного газа (обозначим его через **X**)

$$\nu(\mathbf{X}) = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ моль}.$$

Выразим массу газовой смеси:

$$m(\text{смеси}) = 6.18 = m(CO_2) + m(\mathbf{X}) = 0.12 \cdot 44 + 0.03 \cdot M(\mathbf{X}),$$

откуда

$$M(\mathbf{X}) = \frac{6.18 - 0.12 \cdot 44}{0.03} = 30 \text{ г/моль}.$$

Газ с молярной массой 30 г/моль, реагирующий с аммиачным раствором оксида серебра – формальдегид $CH_2O$.

$$CH_2O + 4[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow (NH_4)_2CO_3 + 4Ag\downarrow + 6NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

Масса выпавшего осадка серебра:

$$m(Ag) = 0.12 \cdot 108 = 12.96 \text{ г}.$$

*Ответ*: 12.96 г Ag.

**5.** а) $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$;

$AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$.

б) $Al + 4HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

в) $4Al + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3$;

$Al_2O_3 + 2KOH + 3H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4]$.

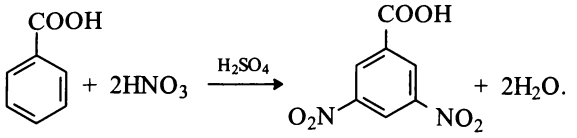
*Ответ*: **X** – $AlCl_3$; **Y** – $Al(NO_3)_3$; **Z** – $Al_2O_3$.

## Вариант 3

**1.** а) $2P + 3Ca \xrightarrow{t^\circ} Ca_3P_2$, фосфор восстанавливается ($P^0 + 3e \rightarrow P^{-3}$);

б) $2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3$, фосфор окисляется ($P^0 - 3e \rightarrow P^{+3}$).

**2.** Соотношение количеств бензойной и азотной кислот 1 : 2:



**3.** 1) $CH_3–CHBr_2 + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$;

2) $CH{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow AgC{\equiv}CAg\downarrow + 4NH_3\uparrow + 2H_2O$;

3) $CH_3–CHBr_2 + 2KOH(водн.) \rightarrow CH_3CHO + 2KBr + H_2O$;

4) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O$.

*Ответ*: **A** – CH≡CH, **B** – $CH_3CHO$, **X** – KOH(спирт. р-р), **Y** – KOH(водн), **Z** – $[Ag(NH_3)_2]OH$.

**4.** Рассчитаем количество вещества газовой смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 4.89}{8.31 \cdot 298} = 0.2 \text{ моль}.$$

Исходя из условия задачи, количество вещества пропана:

$$\nu(C_3H_8) = 0.2 \cdot 0.75 = 0.15 \text{ моль},$$

следовательно, количество вещества неизвестного газа (обозначим его через **X**)

$$\nu(\mathbf{X}) = 0.2 - 0.15 = 0.05 \text{ моль}.$$

Выразим массу газовой смеси:

$$m(\text{смеси}) = 9.3 = m(C_3H_8) + m(\mathbf{X}) = 0.15 \cdot 44 + 0.05 \cdot M(\mathbf{X}),$$

откуда

$$M(\mathbf{X}) = \frac{9.3 - 0.14 \cdot 44}{0.05} = 54 \text{ г/моль}.$$

Газ с молярной массой 54 г/моль, реагирующий с аммиачным раствором оксида серебра – бутин-1.

$$CH_3–CH_2–C{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3–CH_2–C{\equiv}CAg\downarrow + 2NH_3\uparrow + H_2O.$$

Масса выпавшего осадка $C_4H_5Ag$:

$$m(C_4H_5Ag) = 0.05 \cdot 161 = 8.05 \text{ г}.$$

*Ответ*: 8.05 г $C_4H_5Ag$.

**5.** а) $Cr + 2HCl \rightarrow CrCl_2 + H_2\uparrow$;

$CrCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Cr(OH)_2\downarrow + 2NH_4Cl$.

б) $Cr + 4HNO_3 \rightarrow Cr(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$$4Cr(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow.$$

в) $4Cr + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3$;

$$Cr_2O_3 + 6KOH + 3H_2O \rightarrow 2K_3[Cr(OH)_6].$$

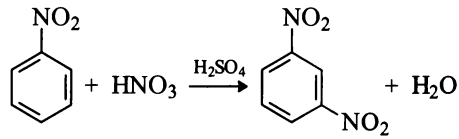
*Ответ*: **X** – $CrCl_2$; **Y** – $Cr(NO_3)_3$; **Z** – $Cr_2O_3$.

## Вариант 4

**1.** а) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$, $SO_2$ восстанавливается ($S^{+4} + 4e \rightarrow S^0$);

б) $2SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2SO_3$, $SO_2$ окисляется ($S^{+4} - 2e \rightarrow S^{+6}$).

**2.** Равные количества нитробензола и азотной кислоты:




**3.** 1) $CH_3–CHBr–CH_2Br + Mg \rightarrow CH_3–CH=CH_2 + MgBr_2$;

2) $3CH_3–CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3–CHOH–CH_2OH + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$;

3) $CH_3–CHBr–CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3–C\equiv CH + 2KBr + 2H_2O$;

4) $5CH_3–C\equiv CH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 8MnSO_4 + 5CO_2\uparrow + 4K_2SO_4 + 12H_2O$.

*Ответ*: **A** – $CH_3–CH=CH_2$, **B** – $CH_3–C\equiv CH$, **X** – Mg, **Y** – KOH(спирт. раствор), **Z** – $KMnO_4$.

**4.** Рассчитаем количество вещества газовой смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 7.26}{8.31 \cdot 295} = 0.3 \text{ моль}.$$

Исходя из условия задачи, количество вещества этана:

$$\nu(C_2H_6) = 0.3 \cdot 0.6 = 0.18 \text{ моль},$$

следовательно, количество вещества неизвестного газа (обозначим его через **X**)

$$\nu(\mathbf{X}) = 0.3 - 0.18 = 0.12 \text{ моль}.$$

Выразим массу газовой смеси:

$$m(\text{смеси}) = 10.2 = m(C_2H_6) + m(\mathbf{X}) = 0.18 \cdot 30 + 0.12 \cdot M(\mathbf{X}),$$

откуда

$$M(\mathbf{X}) = \frac{10.2 - 0.18 \cdot 30}{0.12} = 40 \text{ г/моль}.$$

Газ с молярной массой 40 г/моль, реагирующий с аммиачным раствором оксида серебра – пропин.

$$CH_3{-}C{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3{-}C{\equiv}CAg\downarrow + 2NH_3\uparrow + H_2O.$$

Масса выпавшего осадка $C_3H_3Ag$:

$$m(C_3H_3Ag) = 0.12 \cdot 147 = 17.64 \text{ г}.$$

*Ответ*: 17.64 г $C_3H_3Ag$.

**5.** а) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$;

$FeCl_2 + 2KOH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2KCl$;

б) $Fe + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$Fe(NO_3)_3 + 3KOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3KNO_3$;

в) $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2\uparrow$;

$FeSO_4 + 6KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6] + K_2SO_4$.

*Ответ*: **X** – $FeCl_2$; **Y** – $Fe(NO_3)_3$; **Z** – $FeSO_4$.

## Вариант 5

**1.** При нормальных условиях хлор и бромоводород – газы, а бром – жидкость. Следовательно, $\nu(Cl_2) = \nu(HBr) << \nu(Br_2)$.

**2.** 1) алкен: $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH_2OH$;

2) алкин: $CH_3{-}C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\,H^+} CH_3{-}CO{-}CH_3$;

3) ангидрид уксусной кислоты: $(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2CH_3COOH$;

4) хлорангидрид уксусной кислоты:

$$CH_3COCl + H_2O \rightarrow CH_3COOH + HCl.$$

**3.** 1) $CH_3{-}COOH + C_2H_5OH \overset{H^+}{\rightleftarrows} CH_3{-}COOC_2H_5 + H_2O$;

2) $2H_2O + 2Na \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$;

3) $CH_3{-}COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{кр}} CH_2Cl{-}COOH + HCl$;

4) $2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$.

*Ответ*: **A** – $H_2O$, **B** – $HCl$.

**4.** Рассчитаем количество вещества смеси этана и ацетилена:

$$\nu = \frac{8.96}{22.4} = 0.4 \text{ моль}.$$

Пусть $\nu(C_2H_6) = x$ моль, тогда $\nu(C_2H_2) = (0.4 - x)$ моль.

Количества атомов углерода и атомов водорода в смеси равны соответственно:

$$N(\text{C}) = \left(2x + 2\cdot(0.4 - x)\right)\cdot N_\text{A} = 0.8\cdot N_\text{A};$$
$$N(\text{H}) = \left(6x + 2\cdot(0.4 - x)\right)\cdot N_\text{A} = (4x + 0.8)\cdot N_\text{A}.$$

По условию задачи

$$\frac{N(\text{H})}{N(\text{C})} = \frac{(4x + 0.8)\cdot N_\text{A}}{0.8\cdot N_\text{A}} = 1.5,$$

откуда $x = 0.1$.

Таким образом, $\nu(C_2H_6) = 0.1$ моль, $\nu(C_2H_2) = 0.3$ моль.

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow C_2Ag_2\downarrow + 4NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

Масса выпавшего осадка равна:

$$m(C_2Ag_2) = 0.3 \cdot 240 = 72 \text{ г}.$$

*Ответ*: 72 г $C_2Ag_2$.

**5.** а) $FeSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Fe$;

$Fe + 6HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 3NO_2\uparrow + 3H_2O$;

б) $4FeSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

$Fe_2O_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$;

в) $FeSO_4 + Na_2S \rightarrow Na_2SO_4 + FeS\downarrow$;

$FeS + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + S\downarrow + 2H_2O$.

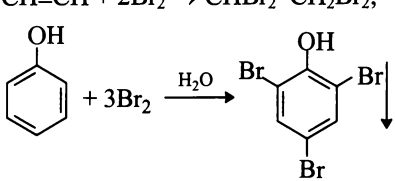
*Ответ*: а) **X** – Fe; б) **X** – $Fe_2O_3$; в) **X** – FeS.

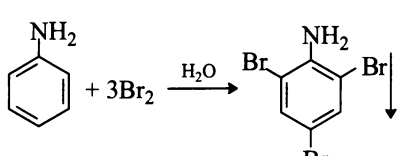
## Вариант 6

**1.** При нормальных условиях аммиак и сероводород – газы, а вода – жидкость. Следовательно, $\nu(NH_3) = \nu(H_2S) << \nu(H_2O)$.

**2.** 1) алкен: $CH_2{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$;

2) алкин: $CH{\equiv}CH + 2Br_2 \rightarrow CHBr_2{-}CH_2Br_2$;

3) фенол: 


4) анилин: 

**3.** 1) $CH_3COONa + HCl \rightarrow CH_3COOH + NaCl$;

2) $2CH_3COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$.

3) $2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2NaOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$;

*Ответ*: **А** – $CH_3COOH$, **В** – NaCl.

**4.** Рассчитаем количество вещества смеси этана и ацетилена:

$$\nu = \frac{8.96}{22.4} = 0.4 \text{ моль}.$$

Пусть $\nu(C_2H_6) = x$ моль, тогда $\nu(C_2H_2) = (0.4 - x)$ моль.

Количества атомов углерода и атомов водорода в смеси равны соответственно:

$$N(C) = \left(2x + 2\cdot(0.4 - x)\right)\cdot N_A = 0.8\cdot N_A;$$

$$N(H) = \left(6x + 2\cdot(0.4 - x)\right)\cdot N_A = \left(4x + 0.8\right)\cdot N_A.$$

По условию задачи

$$\frac{N(H)}{N(C)} = \frac{(4x + 0.8)\cdot N_A}{0.8\cdot N_A} = 1.5,$$

откуда $x = 0.1$.

Таким образом, $\nu(C_2H_6) = 0.1$ моль, $\nu(C_2H_2) = 0.3$ моль.

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow C_2Ag_2\downarrow + 4NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

Масса выпавшего осадка равна:

$$m(C_2Ag_2) = 0.3 \cdot 240 = 72 \text{ г}.$$

*Ответ*:72 г $C_2Ag_2$.

**5.** а) $CuSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Cu$;

$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

б) $2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

$CuO + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$;

в) $CuSO_4 + K_2S \rightarrow CuS\downarrow + K_2SO_4$;

$CuS + 10HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 8NO_2\uparrow + H_2SO_4 + 4H_2O$.

*Ответ*: а) **X** – Cu; б) **X** – CuO; в) **X** – CuS.

## Решения заданий очного тура 2009

### Вариант 1

**1.** $Al_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2O$ (растворение в кислотах);

$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4]$ (растворение в щелочах).

**2.** Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 28 \cdot 0.3 + 28 \cdot 0.7 = 8.4 + 19.6 = 28 \text{ г/моль}.$$

Плотность смеси:

$$\rho = m / V = M / V_m = 28 / 22.4 = 1.25 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.25 г/л.

**3.** Уксусная кислота – слабый электролит

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+.$$

В 2 л 0.05 М раствора уксусной кислоты содержится 0.1 моль $CH_3COOH$. Пусть $x$ – число моль диссоциированных молекул кислоты. Тогда $2x$ – число моль образовавшихся ионов. По условию количество непродиссоиированных молекул и ионов составляет:

$$\nu = 6.1 \cdot 10^{22} / 6.02 \cdot 10^{23} = 0.1013 \text{ моль}.$$

Составим уравнение

$$(0.1 - x) + 2x = 0.1013,$$

решив которое, получаем $x = 0.0013$.

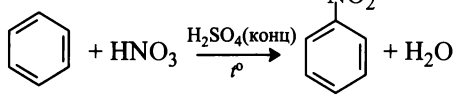
Степень диссоциации кислоты:

$$\alpha = c \text{ (дис)} / c\text{(исх)} = 0.0013 / 0.1 = 0.013 \text{ (или } 1.3\%)$$

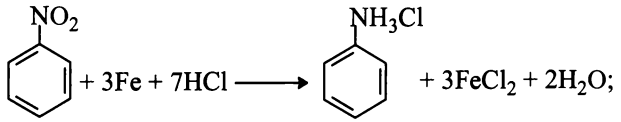
*Ответ*:1.3%.

**4.** 1) $3C_2H_2 \xrightarrow{\text{Сакт}, t^\circ} C_6H_6$ (тримеризация ацетилена);

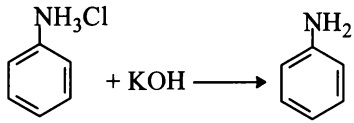
2) нитрование бензола нитрующей смесью:



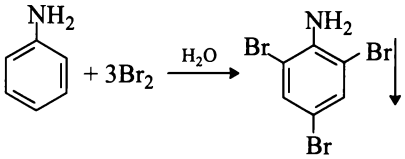
3) восстановление нитробензола в кислой среде:



4) получение анилина из его соли:



5) образование осадка трибромanилина при действии бромной воды:




*Ответ*: **A** – $C_6H_6$, **B** – $C_6H_5NO_2$, **C** – $C_6H_5NH_3Cl$, **D** – $C_6H_5NH_2$, **E** – $C_6H_2Br_3NH_2$.

**5.** 1) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$;

2) $FeCl_2 + 2KOH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2KCl$;

3) $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$;

4) $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$;

5) $FeCl_3 + 3AgNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 3AgCl\downarrow$;

6) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $FeCl_2$, **Y** – $Fe(OH)_3$, **Z** – $Fe(NO_3)_3$.

**6.** Из условия задачи, рассчитаем количества веществ $H_2S$ и NaOH:

$$\nu(H_2S) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль},$$

$$\nu(NaOH) = \frac{53 \cdot 1.18 \cdot 0.16}{40} = 0.25 \text{ моль}.$$

Реакция сгорания сероводорода выражается уравнением:

$$\underset{0.2\text{ моль}}{H_2S} + 1.5O_2 \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{SO_2} + \underset{0.2\text{ моль}}{H_2O}$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $SO_2$ в раствор щелочи будут образовываться и кислая, и средняя соли:

$$\underset{x}{NaOH} + SO_2 \rightarrow \underset{x}{NaHSO_3};$$

$$\underset{2y}{2NaOH} + SO_2 \rightarrow \underset{y}{Na_2SO_3}.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 0.25; \\ x + y = 0.2, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.15$ моль, $y = 0.05$ моль.

Массы солей в растворе:

$$m(NaHSO_3) = 104 \cdot 0.15 = 15.6 \text{ г};$$

$$m(Na_2SO_3) = 126 \cdot 0.05 = 6.3 \text{ г}.$$

Масса раствора:

$m = m(\text{исх}) + m(SO_2) + m(H_2O) = 53 \cdot 1.18 + 0.2 \cdot 64 + 0.2 \cdot 18 = 78.94$ г.

Массовые доли солей:

$$\omega(NaHSO_3) = 15.6 / 78.94 = 0.198 \text{ (или } 19.8\%),$$
$$\omega(Na_2SO_3) = 6.3 / 78.94 = 0.08 \text{ (или } 8.0\%).$$

При обработке раствора избытком гидроксида бария протекают реакции:

$$NaHSO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3\downarrow + NaOH + H_2O;$$
$$Na_2SO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_3\downarrow + 2NaOH.$$

Масса осадка $BaSO_3$:

$$m(BaSO_3) = 217 \cdot (0.15 + 0.05) = 43.4 \text{ г}.$$

*Ответ*: $\omega(NaHSO_3) = 19.8\%$, $\omega(Na_2SO_3) = 8.0\%$, $m(BaSO_3) = 43.4$ г.

**7.** Пусть углеводород – $C_xH_y$. При действии на него избытка бромной воды протекает реакция:

$$C_xH_y + Br_2 \xrightarrow{H_2O} C_xH_yBr_2.$$

По условию задачи массовая доля брома:

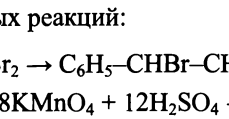
$$\omega(Br) = \frac{160}{12x + y + 160} = 0.575.$$

Обозначим $12x + y = z$; тогда

$$\frac{160}{z + 160} = 0.575,$$

откуда $z = 118$, т.е. $12x + y = 118$. Методом подбора находим $x = 9$, $y = 10$; углеводород – $C_9H_{10}$.

Из всех веществ состава $C_9H_{10}$ условию задачи удовлетворяет только



Уравнения проведенных реакций:

$$C_6H_5–CH=CH–CH_3 + Br_2 \rightarrow C_6H_5–CHBr–CHBr–CH_3;$$
$$5C_6H_5–CH=CH–CH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH +$$
$$+ 5CH_3COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O.$$

Уравнение реакции гидратации:

$$C_6H_5–CH=CH–CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_5–CH(OH)–CH_2–CH_3.$$

*Ответ*: **X** – $C_6H_5–CH=CH–CH_3$.

## Вариант 2

**1.** $Zn(OH)_2 + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + 2H_2O$ (растворение в кислотах);

$Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4]$ (растворение в щелочах).

**2.** Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 30 \cdot 0.2 + 30 \cdot 0.8 = 6 + 24 = 30 \text{ г/моль}.$$

Плотность смеси:

$$\rho = m / V = M / V_m = 30 / 22.4 = 1.34 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.34 г/л.

**3.** Фтороводородная кислота – слабый электролит

$$HF \rightleftarrows H^+ + F^-.$$

В 1.55 л 0.1 М раствора фтороводородной кислоты содержится 0.155 моль HF. Пусть $x$ – число моль диссоциированных молекул кислоты. Тогда $2x$ – число моль образовавшихся ионов. По условию количество непродиссоиированных молекул и ионов составляет:

$$\nu = 1.02 \cdot 10^{23} / 6.02 \cdot 10^{23} = 0.1694 \text{ моль}.$$

Составим уравнение

$$(0.155 - x) + 2x = 0.1694,$$

решив которое, получаем $x = 0.0144$.

Степень диссоциации кислоты:

$$\alpha = c(\text{дис}) / c(\text{исх}) = 0.0144 / 0.155 = 0.093 \text{ (или } 9.3\%)$$

*Ответ*: 9.3%.

**4.** 1) $CH_3CH_2CH_2OH + HBr \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2CH_2Br + H_2O$;

2) $CH_3CH_2CH_2Br + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3CH{=}CH_2 + KBr + H_2O$;

3) $CH_3CH{=}CH_2 + Br_2 \xrightarrow{CCl_4} CH_3CHBr{-}CH_2Br$;

4) $CH_3CHBr{-}CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3C{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$;

5) $CH_3C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} CH_3COCH_3$.

*Ответ*: **A** – $CH_3CH_2CH_2Br$, **B** – $CH_3CH{=}CH_2$, **C** – $CH_3CHBr{-}CH_2Br$, **D** – $CH_3C{\equiv}CH$, **E** – $CH_3COCH_3$.

**5.** 1) $Cr + 2HCl \rightarrow CrCl_2 + H_2\uparrow$;

2) $CrCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cr(OH)_2\downarrow + 2NaCl$;

3) $Cr(OH)_2 + 4H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + 6H_2O$;

4) $Cr_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 3BaSO_4\downarrow + 2CrCl_3$;

5) $CrCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$;

6) $2Cr(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Cr_2O_3 + 3H_2O$.

*Ответ*: **X** – $CrCl_2$, **Y** – $Cr_2(SO_4)_3$, **Z** – $Cr(OH)_3$.

**6.** Из условия задачи рассчитаем количества веществ $H_2S$ и KOH:

$$\nu(H_2S) = 3.36 / 22.4 = 0.15 \text{ моль},$$

$$\nu(KOH) = \frac{50.4 \cdot 1.21 \cdot 0.23}{56} = 0.25 \text{ моль}.$$

Реакция сгорания сероводорода выражается уравнением:

$$\underset{0.15 \text{ моль}}{H_2S} + 1.5O_2 \rightarrow \underset{0.15 \text{ моль}}{SO_2} + \underset{0.15 \text{ моль}}{H_2O}.$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $SO_2$ в раствор щелочи будут образовываться и кислая, и средняя соли:

$$\underset{x}{KOH} + \underset{x}{SO_2} \rightarrow \underset{x}{KHSO_3};$$

$$\underset{2y}{2KOH} + \underset{y}{SO_2} \rightarrow \underset{y}{K_2SO_3}.$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 0.25; \\ x + y = 0.15, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.05$, $y = 0.1$.

Массы солей в растворе:

$$m(KHSO_3) = 120 \cdot 0.05 = 6.0 \text{ г};$$

$$m(K_2SO_3) = 158 \cdot 0.1 = 15.8 \text{ г}.$$

Рассчитаем массу раствора:

$$m = m(\text{исх}) + m(SO_2) + m(H_2O) = 50.4 \cdot 1.21 + 0.15 \cdot 64 + 0.15 \cdot 18 = 73.28 \text{ г}.$$

Массовые доли солей в растворе:

$$\omega(KHSO_3) = 6.0 / 73.28 = 0.082 \text{ (или 8.2\%)},$$

$$\omega(K_2SO_3) = 15.8 / 73.28 = 0.216 \text{ (или 21.6\%)}.$$

При обработке избытком гидроксида кальция протекают реакции:

$$KHSO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + KOH + H_2O;$$

$$K_2SO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + 2KOH.$$

Масса осадка $CaSO_3$:

$$m(CaSO_3) = 120 \cdot (0.05 + 0.1) = 18 \text{ г}.$$

*Ответ*: 8.2% $KHSO_3$, 21.6 % $K_2SO_3$; 18 г $CaSO_3$.

**7.** Пусть углеводород – $C_xH_y$. При действии на него избытка бромной воды протекает реакция:

$$C_xH_y + 2Br_2 \xrightarrow{H_2O} C_xH_yBr_4.$$

По условию задачи массовая доля брома:

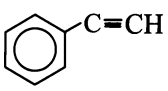
$$\omega(Br) = \frac{320}{12x + y + 320} = 0.758.$$

Обозначим $12x + y = z$; тогда

$$\frac{320}{z + 320} = 0.758,$$

откуда $z = 102$, т.е. $12x + y = 102$. Методом подбора находим $x = 8$, $y = 6$; углеводород – $C_9H_{10}$.

Из всех веществ состава $C_9H_{10}$ условию задачи удовлетворяет только



Уравнения проведенных реакций:

$C_6H_5–C\equiv CH + 2Br_2 \rightarrow C_6H_5–CBr_2–CHBr_2$;

$5C_6H_5–C\equiv CH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH + 5CO_2\uparrow +$
$+ 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O.$

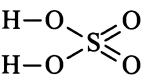
Уравнение реакции гидратации:

$$C_6H_5–C\equiv CH + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} C_6H_5–COCH_3.$$

*Ответ*: **X** – $C_6H_5–C\equiv CH$.

## Вариант 3

**1.** Серная кислота $H_2SO_4$:



**2.** $CH_3–CHBr–CH_3 + NaOH(водн.р\text{-}р) \rightarrow CH_3–CH(OH)–CH_3 + NaBr$;

$$CH_3–CO–CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni, t^\circ} CH_3–CH(OH)–CH_3.$$

**3.** 1) При обработке смеси металлов водой в ней растворится только кальций. Два других металла можно отделить фильтрованием. Схема действий для выделения кальция из фильтрата:

$Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$;

$Ca(OH)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$;

$$CaCl_2(расплав) \xrightarrow{электролиз} Ca + Cl_2\uparrow.$$

2) Смесь оставшихся двух металлов обработаем соляной кислотой, в ней растворится только никель, а чистую медь отделяем фильтрованием. Схема действий для извлечения металлического никеля из фильтрата:

$Ni + 2HCl \rightarrow NiCl_2 + H_2\uparrow$;

$NiCl_2(\text{расплав}) \xrightarrow{\text{электролиз}} Ni + Cl_2\uparrow$.

**4.** 1) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{t^\circ, H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$;

2) $CH_3CH{=}CH_2 + Br_2(\text{водн. р-р}) \rightarrow CH_3CHBr{-}CH_2Br$;

3) $CH_3CHBr{-}CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3{-}C{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$;

4) $CH_3{-}C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} CH_3COCH_3$;

5) $5CH_3COCH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 5CO_2\uparrow + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 17H_2O$;

6) $CH_3COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} CH_3COOCH_3 + H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $CH_3CH{=}CH_2$, $\mathbf{X_2}$ – $CH_3CHBr{-}CH_2Br$, $\mathbf{X_3}$ – $CH_3COCH_3$, $\mathbf{X_4}$ – $CH_3COOH$.

**5.** 1) $4FeSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

2) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

3) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$;

4) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$;

5) $H_2S + CuCl_2 \rightarrow CuS\downarrow + 2HCl$;

6) $CuS + 10HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 8NO_2\uparrow + H_2SO_4 + 4H_2O$.

*Ответ*: **X** – $SO_2$, **Y** – FeS, **Z** – CuS.

**6.** Из условия задачи рассчитаем исходное количество перманганата калия:

$$\nu(KMnO_4) = 28.44 / 158 = 0.18 \text{ моль}.$$

При нагревании перманганат калия разлагается:

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow.$$

Уменьшение массы твердой смеси происходит за счет выделения кислорода:

$$\Delta m(\text{смеси}) = 28.44 - 27.16 = 1.28 \text{ г},$$

что составляет

$$\nu(O_2) = 1.28 / 32 = 0.04 \text{ моль}.$$

Отсюда, перманганата калия разложилось 0.08 моль, а манганата калия и диоксида калия образовалось по 0.04 моль.

Количество неразложившегося перманганата:

$$\nu(KMnO_4) = 0.18 - 0.08 = 0.1 \text{ моль}.$$

Запишем уравнения реакций всех компонентов твердой смеси с концентрированной соляной кислотой:

$$\underset{0.1}{2KMnO_4} + \underset{0.8}{16HCl} \rightarrow \underset{0.25}{5Cl_2\uparrow} + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O;$$

$$\underset{0.04}{K_2MnO_4} + \underset{0.32}{8HCl} \rightarrow \underset{0.08}{2Cl_2\uparrow} + MnCl_2 + 2KCl + 4H_2O;$$

$$\underset{0.04}{MnO_2} + \underset{0.16}{4HCl} \rightarrow \underset{0.04}{Cl_2\uparrow} + MnCl_2 + 2KCl + 2H_2O.$$

Рассчитаем общий объем выделившегося хлора:

$$V(Cl_2) = 22.4 \cdot (0.25 + 0.08 + 0.04) = 8.288 \text{ л}.$$

Рассчитаем общий объем израсходованной соляной кислоты, исходя из того, что в 100 г раствора HCl содержится 36.6 г HCl, или 1 моль кислоты:

$$V(HCl) = \frac{(0.8 + 0.32 + 0.16) \cdot 100}{1.18 \cdot 1} = 108.5 \text{ мл}.$$

*Ответ*: $V(Cl_2) = 8.288$ л, $V$(раствора HCl) = 108.5 мл.

**7.** Пусть состав алкена – $C_nH_{2n}$. При действии на него водным раствором бромоводородной кислоты протекает реакция:

$$C_nH_{2n} + HBr \rightarrow C_nH_{2n+1}Br.$$

Рассчитаем массовую долю углерода в алкене:

$$\omega(C)_{\text{алкен}} = \frac{12n}{14n} = 0.8571$$

По условию задачи массовая доля углерода в продукте составляет:

$$\omega(C)_{\text{продукт}} = 0.8571 - 0.5644 = 0.2927.$$

Выразим массовую долю углерода в продукте:

$$\omega(C)_{\text{продукт}} = \frac{12n}{14n + 81} = 0.2927,$$

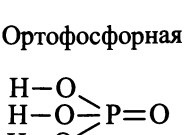
откуда $n = 3$.

*Ответ*: $CH_2{=}CH{-}CH_3$; $CH_3{-}CHBr{-}CH_3$;

$CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_3$.

## Вариант 4

**1.** Ортофосфорная кислота $H_3PO_4$:



**2.** $CH_3CH_2CH_2OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2CHO + Cu + H_2O$;

$CH_3CH_2CHCl_2 + 2NaOH(\text{водн. р-р}) \rightarrow CH_3CH_2CHO + 2NaCl + H_2O$.

**3.** 1) При обработке исходной смеси металлов раствором щелочи прореагирует только алюминий, два других металла отделяем фильтрованием. Схема действий для выделения алюминия из фильтрата:

$2Al + 2KOH + 6H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$;

$K[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + KHCO_3$;

$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O$;

$2Al_2O_3(\text{расплав в криолите}) \xrightarrow{\text{электролиз}} Al + 3O_2\uparrow$.

2) Смесь оставшихся двух металлов обработаем соляной кислотой, в ней растворится только магний, а чистое серебро отделяем фильтрованием. Схема действий для извлечения металлического магния из фильтрата:

$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow$;

$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + 2NaCl$.

$Mg(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} MgO + H_2O$;

$MgO + C \xrightarrow{t^\circ} Mg + CO\uparrow$.

**4.** 1) $CH_3CH_2COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_2H_6\uparrow + Na_2CO_3$ (прокаливание);

2) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2Cl + HCl$;

3) $CH_3CH_2Cl + NaOH(\text{водн}) \rightarrow CH_3CH_2OH + NaCl$;

4) $5CH_3CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

5) $CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{\text{Ркр.}} ClCH_2\text{–}COOH + HCl$;

6) $ClCH_2\text{–}COOH + 2NH_3 \rightarrow NH_2CH_2\text{–}COOH + NH_4Cl$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $C_2H_6$, $\mathbf{X_2}$ – $C_5H_5Cl$, $\mathbf{X_3}$ – $CH_3COOH$, $\mathbf{X_4}$ – $ClCH_2\text{–}COOH$.

**5.** 1) $2Cr + 3Cl_2 \rightarrow 2CrCl_3$;

2) $CrCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4] + 3KCl$;

3) $K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + KHCO_3$;

4) $2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$;

5) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

6) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2KCl + 2CrCl_3 + 3Cl_2\uparrow + 7H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X}$ – $CrCl_3$, $\mathbf{Y}$ – $Cr(OH)_3$, $\mathbf{Z}$ – $K_2Cr_2O_7$.

**6.** Из условия задачи рассчитаем исходное количество перманганата калия:

$$\nu(KMnO_4) = 22.12 / 158 = 0.14 \text{ моль}.$$

При нагревании перманганат калия разлагается:

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow.$$

Уменьшение массы твердой смеси происходит за счет выделения кислорода:

$$\Delta m(\text{смеси}) = 22.12 - 21.16 = 0.96 \text{ г},$$

количество которого составляет

$$\nu(O_2) = 0.96 / 32 = 0.03 \text{ моль}.$$

Отсюда, перманганата калия разложилось 0.06 моль, а манганата калия и диоксида калия образовалось по 0.03 моль.

Количество неразложившегося перманганата:

$$\nu(KMnO_4) = 0.14 - 0.06 = 0.08 \text{ моль}.$$

Таким образом твердая смесь, кроме манганата и диоксида, содержит 0.08 моль перманганата калия.

Запишем уравнения реакций всех компонентов твердой смеси с концентрированной соляной кислотой:

$$\underset{0.08}{2KMnO_4} + \underset{0.64}{16HCl} \rightarrow \underset{0.2}{5Cl_2\uparrow} + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O;$$

$$\underset{0.03}{K_2MnO_4} + \underset{0.24}{8HCl} \rightarrow \underset{0.06}{2Cl_2\uparrow} + MnCl_2 + 2KCl + 4H_2O;$$

$$\underset{0.03}{MnO_2} + \underset{0.12}{4HCl} \rightarrow \underset{0.03}{Cl_2\uparrow} + MnCl_2 + 2KCl + 2H_2O.$$

Рассчитаем общий объем выделившегося хлора:

$$V(Cl_2) = 22.4 \cdot (0.2 + 0.06 + 0.03) = 6.496 \text{ л}.$$

Рассчитаем общий объем израсходованной соляной кислоты, исходя из того, что в 100 г раствора HCl содержится 36.6 г HCl, или 1 моль кислоты:

$$V(\text{раствора HCl}) = \frac{(0.64 + 0.24 + 0.12) \cdot 100}{1.18 \cdot 1} = 84.75 \text{ мл}.$$

*Ответ*: $V(Cl_2) = 6.496$ л, $V$(раствора HCl) = 84.75 мл.

**7.** Пусть состав алкена $C_nH_{2n}$. При действии на него водным раствором перманганата калия протекает реакция:

$$3C_nH_{2n} + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_nH_{2n+2}O_2 + 2KOH + 2MnO_2\downarrow.$$

Рассчитаем массовую долю углерода в алкене:

$$\omega(C)_{\text{алкен}} = \frac{12n}{14n} = 0.8571.$$

По условию задачи массовая доля углерода в продукте составляет:

$$\omega(C)_{\text{продукт}} = 0{,}8571 - 0.47 = 0.3871.$$

Выразим массовую долю углерода в продукте:

$$\omega(C)_{продукт} = \frac{12n}{14n+34} = 0.3871,$$

откуда $n = 2$.

*Ответ*: $CH_2{=}CH_2$; $CH_2(OH){-}CH_2(OH)$;

$3CH_2{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_2(OH){-}CH_2(OH) + 2KOH + 2MnO_2\downarrow$.

## Вариант 5

**1.** Изомерные амины $C_3H_7{-}NH_2$ и $C_2H_5{-}NH{-}CH_3$.

**2.** $Na_2O + SO_2 \rightarrow Na_2SO_3$;

$Na_2O + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O$.

**3.** Если пропустить газовую смесь через раствор щелочи, то $SO_2$ будет поглощен, а метан – нет:

$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$.

Чистый $SO_2$ можно выделить из раствора следующим способом:

$Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$.

**4.** 1) $CH_3CH_2Cl + NaOH(водн.\ р\text{-}р) \rightarrow CH_3CH_2OH + NaCl$;

2) $CH_3CH_2OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

3) $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

4) $CH_3COOH + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_4\uparrow + Na_2CO_3 + H_2O$;

5) $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$;

6) $CH_3Cl + 2NH_3 \rightarrow CH_3NH_2 + NH_4Cl$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5OH$, **Y** – $CH_3COOH$, **Z** – $CH_3Cl$.

**5.** 1) $2K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 2K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + O_2\uparrow$;

2) $Cr_2O_3 + 2KOH + 3H_2O \rightarrow 2K[Cr(OH)_4]$;

3) $K[Cr(OH)_4] + CO_2 \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + KHCO_3$;

4) $2Cr(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O$;

5) $Cr_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 2CrCl_3 + 3BaSO_4\downarrow$;

6) $2CrCl_3(расплав) \xrightarrow{электролиз} 2Cr + 3Cl_2\uparrow$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $Cr_2O_3$, $\mathbf{X_2}$ – $Cr(OH)_3$, $\mathbf{X_3}$ – $CrCl_3$.

**6.** Найдем формулу исходной соли $K_xBr_yO_z$:

$$x : y : z = \frac{23.35}{39} : \frac{47.90}{80} : \frac{28.75}{16} = 0.6 : 0.6 : 1.92 = 1 : 1 : 3,$$

отсюда формула соли – $KBrO_3$.

Из условия задачи рассчитаем количества веществ бромата калия, фосфора и аммиака:

$$\nu(KBrO_3) = 8.35 / 167 = 0.05 \text{ моль},$$

$$\nu(P) = 1.86 / 31 = 0.06 \text{ моль},$$

$$\nu(NH_3) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.92 \cdot 101.3}{8.31 \cdot 293} = 0.08 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение протекающей реакции:

$$\underset{0.05}{5KBrO_3} + \underset{0.06}{6P} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.05}{5KBr} + \underset{0.03}{3P_2O_5}.$$

Получается, что бромат калия и фосфор даны в стехиометричкских соотношениях.

Масса бромида калия составляет:

$$m(KBr) = 0.05 \cdot 119 = 5.95 \text{ г}.$$

С водой оксид фосфора образует ортофосфорную кислоту:

$$P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$$

в количестве

$$\nu(H_3PO_4) = 0.03 \cdot 2 = 0.06 \text{ моль}.$$

По соотношению моль $H_3PO_4$ и $NH_3$ видно, что при данных количествах возможно образование только кислых солей $NH_4H_2PO_4$ и $(NH_4)_2HPO_4$.

$$H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4;$$

$$H_3PO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4.$$

Пусть в первую очередь вступило $x$ моль $H_3PO_4$, а во вторую – $y$ моль. Получаем систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.06; \\ x + 2y = 0.08. \end{cases}$$

Решение системы дает: $x = 0.04$ моль, $y = 0.02$ моль.

Следовательно, после завершения реакций в растворе находятся:

$$m(KBr) = 5.95 \text{ г};$$

$$m(NH_4H_2PO_4) = 0.04 \cdot 115 = 4.6 \text{ г};$$

$$m((NH_4)_2HPO_4) = 0.02 \cdot 132 = 2.64 \text{ г}.$$

Масса раствора

$$m(\text{раствора}) = m(H_2O) + m(KBrO_3) + m(P) + m(NH_3) =$$
$$= 150 + 8.35 + 1.86 + 0.08 \cdot 17 = 160.9 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ:

$$\omega(KBr) = \frac{5.95}{160.9} = 0.0368 \text{ (или 3.68\%)};$$

$$\omega(NH_4H_2PO_4) = \frac{4.6}{160.9} = 0.0284 \text{ (или 2.84\%)};$$

$$\omega((NH_4)_2HPO_4) = \frac{2.64}{160.9} = 0.0163 \text{ (или 1.63\%)}.$$

*Ответ*: 3.68% KBr; 2.84% $NH_4H_2PO_4$; 1.63% $(NH_4)_2HPO_4$.

**7.** При пропускании хлороводорода протекает реакция с анилином:

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl\downarrow.$$

Количество выделившегося осадка:

$$\nu(C_6H_5NH_3Cl) = 5.18 / 129.5 = 0.04 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $\nu(C_6H_5NH_2)$ также равно 0.04 моль.

Со щелочью реагирует фенол:

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O.$$

По условию задачи количество израсходованной щелочи:

$$\nu(NaOH) = 8.00 \cdot 0.1 / 40 = 0.02 \text{ моль},$$

отсюда количество фенола $\nu(C_6H_5OH)$ также равно 0.02 моль.

Количество диоксида углерода после сгорания всегда будет в шесть раз больше количества смеси ($C_6H_5R + [O] \rightarrow 6CO_2$).

Реакция между диоксидом углерода и известковой водой выражается уравнением:

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

По условию задачи количество выпавшего осадка равно

$$\nu(CaCO_3) = 90 / 100 = 0.9 \text{ моль},$$

отсюда $\nu(CO_2)$ также равно 0.9 моль, значит

$$\nu(\text{смеси}) = 0.9 / 6 = 0.15 \text{ моль}.$$

Количество бензола в смеси:

$$\nu(C_6H_6) = 0.15 - 0.04 - 0.02 = 0.09 \text{ моль}.$$

Рассчитаем массу исходной смеси:

$$m = m(\text{анилина}) + m(\text{фенола}) + m(\text{бензола}) =$$
$$= 0.04 \cdot 93 + 0.02 \cdot 94 + 0.09 \cdot 78 = 12.62 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 0.04 \cdot 93 / 12.62 = 0.295 \text{ (или 29.5\%)};$$

$\omega(C_6H_5OH) = 0.02 \cdot 94 / 12.62 = 0.149$ (или 14.9%);

$\omega(C_6H_6) = 1 - 0.295 - 0.149 = 0.556$ (или 55.6%).

*Ответ*: 29.5% $C_6H_5NH_2$, 14.9% $C_6H_5OH$, 55.6% $C_6H_6$.

## Вариант 6

**1.** $CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3$ — *диэтиловый эфир*; $CH_3–CH_2–CH_2–CH_2–OH$ — *бутанол*

**2.** $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$ (взаимодействие с раствором щелочи);

$SO_2 + CaO \rightarrow CaSO_3$ (взаимодействие с основным оксидом, образование соли).

**3.** В разбавленном растворе серной кислоты растворится только оксид меди:

$$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O,$$

а чистую медь можно отделить фильтрованием. Из фильтрата выпариванием можно выделить твердый сульфат меди (II), прокаливание которого позволит получить оксид меди (II):

$$2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

**4.** 1) $2CH_3Br + 2Na \xrightarrow{\text{эфир}} CH_3CH_3 + 2NaBr$ (реакция Вюрца);

2) $CH_3CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2Br + HBr$;

3) $CH_3CH_2Br + NaOH(\text{спирт. р-р}) \rightarrow CH_2{=}CH_2 + NaBr + H_2O$;

4) $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3CH_2OH$;

5) $2CH_3CH_2OH + 2Na \rightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$

6) $CH_3COCl + CH_3CH_2ONa \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + NaCl$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_6$, **Y** – $C_2H_4$, **Z** – $C_2H_5ONa$.

**5.** 1) $2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$;

2) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

3) $MnCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2NaCl$;

4) $Mn(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO + H_2O$;

5) $MnO + C \xrightarrow{t^\circ} Mn + CO\uparrow$;

6) $Mn + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow MnSO_4 + H_2\uparrow$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $MnO_2$, $\mathbf{X_2}$ – $Mn(OH)_2$, $\mathbf{X_3}$ – Mn.

**6.** Найдем формулу исходной соли $K_xCl_yO_z$:

$$x : y : z = \frac{31.84}{39} : \frac{28.98}{35.5} : \frac{39.18}{16} = 0.816 : 0.816 : 2.45 = 1 : 1 : 3,$$

отсюда формула соли – $KClO_3$, хлорат калия.

Из условия задачи рассчитаем количества веществ хлората калия, серы и гидроксида бария:

$$\nu(KClO_3) = 24.5 / 122.5 = 0.2 \text{ моль},$$

$$\nu(S) = 12.8 / 32 = 0.4 \text{ моль},$$

$$\nu(Ba(OH)_2) = (256.5 \cdot 0.1) / 171 = 0.15 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение протекающей реакции:

$$\underset{0.2}{2KClO_3} + \underset{0.3}{3S} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.2}{2KCl} + \underset{0.3}{3SO_2}\uparrow$$

($KClO_3$ – в недостатке).

По соотношению моль гидроксида бария и сернистого газа в результате их взаимодействия образуется кислая соль $Ba(HSO_3)_2$:

$$\underset{0.15}{Ba(OH)_2} + \underset{0.3}{2SO_2} \rightarrow \underset{0.15}{Ba(HSO_3)_2}.$$

Масса образовавшейся соли:

$$m(Ba(HSO_3)_2) = 299 \cdot 0.15 = 44.85 \text{ г}.$$

Конечная масса раствора:

$$m(\text{раствора}) = 256.5 + 0.3 \cdot 64 = 275.7 \text{ г}.$$

Массовая доля $Ba(HSO_3)_2$ в растворе:

$$\omega(Ba(HSO_3)_2 = \frac{44.85}{275.7} = 0.1627 \text{ (или 16.27\%)}.$$

*Ответ*: 16.27% $Ba(HSO_3)_2$.

**7.** При действии на смесь соляной кислоты протекает реакция с анилином:

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl.$$

При этом соляной кислоты было израсходовано

$$\nu(HCl) = 49.7 \cdot 1.08 \cdot 0.17 / 36.5 = 0.25 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $\nu(C_6H_5NH_2)$ также равно 0.25 моль.

С бромной водой осадок образуют анилин и фенол:

$$C_6H_5NH_2 + 3Br_2(\text{водн}) \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2\downarrow + 3HBr;$$

$$C_6H_5OH + 3Br_2(\text{водн}) \rightarrow C_6H_2Br_3OH\downarrow + 3HBr;$$

Массы образовавшихся осадков составляют:

$$m(C_6H_2Br_3NH_2) = 0.25 \cdot 330 = 82.5 \text{ г};$$

$$m(C_6H_2Br_3OH) = 99.1 - 82.5 = 16.6 \text{ г}$$

Количество $C_6H_2Br_3OH$:

$$\nu(C_6H_2Br_3OH) = 16.6 / 331 = 0.05 \text{ моль}.$$

следовательно, количество фенола в смеси $\nu(C_6H_5OH)$ равно 0.05 моль.

Рассчитаем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 0.25 \cdot 93 / 50 = 0.465 \text{ (или 46.5\%)};$$
$$\omega(C_6H_5OH) = 0.05 \cdot 94 / 50 = 0.094 \text{ (или 9.4\%)};$$
$$\omega(C_6H_6) = 1 - 0.465 - 0.094 = 0.441 \text{ (или 44.1\%)}.$$

*Ответ*: 46.5% $C_6H_5NH_2$, 9.4% $C_6H_5OH$, 44.1% $C_6H_6$.

## Решения заданий очного тура 2010

## Вариант Брянск

**1.** Ti: 22 протона, 22 электрона, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$.

**2.** Поскольку по условию $m_1 = m_2$, воспользовавшись уравнением Менделеева–Клапейрона, получаем

$$\frac{p_1 V M_1}{RT} = \frac{p_2 V M_2}{RT},$$

откуда

$$M_2 = \frac{M_1 p_1}{p_2} = \frac{44 \cdot 101.3}{159.2} = 28 \text{ г/моль};$$

такую молярную массу имеют газы $N_2$, CO и $C_2H_4$.

**3.** 1) $KAlO_2 + 2H_2O \rightarrow K[Al(OH)_4]$;

2) $K[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow KHCO_3 + Al(OH)_3\downarrow$;

3) $2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$;

4) $Al_2(SO_4)_3 + 2KOH \xrightarrow{\text{сплавление}} 2KAlO_2 + H_2O + 3SO_2\uparrow + 1.5O_2\uparrow$;

5) $2K[Al(OH)_4] + 4H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 8H_2O$;

6) $Al(OH)_3 + KOH \xrightarrow{t^\circ} KAlO_2 + 2H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $K[Al(OH)_4]$; $\mathbf{X_2}$ – $Al_2(SO_4)_3$.

**4.** 1) $Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$;

2) $P_4 + 3NaOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} 3NaH_2PO_2 + PH_3\uparrow$;

3) $C_2H_5Br + NaOH \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH + NaBr$;

4) $C_2H_5Br + NaOH \xrightarrow{C_2H_5OH} C_2H_4 + NaBr + H_2O$;

5) $C_6H_5COONa + NaOH \xrightarrow{\text{сплавление}} C_6H_6 + Na_2CO_3$.

**5.** Исходные молярные концентрации $SO_2$ и $CO_2$ составляют

$$c(SO_2) = 1 / 10 = 0.1 \text{ моль/л};$$

$$c(CO_2) = 2 / 10 = 0.2 \text{ моль/л.}$$

После установления равновесия концентрации веществ будут равны:

$$\underset{0.1-x}{SO_2} + \underset{0.2-x}{CO_2} \rightleftarrows \underset{x}{SO_3} + \underset{x}{CO}.$$

Константа равновесия:

$$K = \frac{[SO_3]\cdot[CO]}{[SO_2]\cdot[CO_2]} = \frac{x\cdot x}{(0.1-x)\cdot(0.2-x)} = 3,$$

откуда $x = 0.0814$ моль/л.

Концентрация $SO_2$ в равновесной смеси:

$$[SO_2] = 0.1 - x = 0.0186 \text{ моль/л.}$$

Количество $SO_2$ в равновесной смеси:

$$\nu(SO_2) = c \cdot V = 0.0186 \cdot 10 = 0.186 \text{ моль.}$$

*Ответ*: 0.186 моль $SO_2$.

**6.** Обозначим количество меди в смеси через $x$ моль, а количество оксида меди – через $y$ моль. Запишем уравнения реакций взаимодействия с концентрированной серной кислотой:

$$\underset{x}{Cu} + 2H_2SO_4 \rightarrow \underset{x}{CuSO_4} + \underset{x}{SO_2} + 2H_2O;$$

$$\underset{y}{CuO} + H_2SO_4 \rightarrow \underset{y}{CuSO_4} + H_2O.$$

Масса исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(Cu) + m(CuO) = 64x + 80y = 22.4 \text{ г.} \qquad (1)$$

Масса полученного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(H_2SO_4) + m(\text{смеси}) - m(SO_2) = 500 + 22.4 - 64x = 516 \text{ г,} \qquad (2)$$

откуда $x = 0.1$ моль, тогда из уравнения (1) $y = 0.2$ моль.

Рассчитаем количество сульфата меди, его массу и массовую долю в полученном растворе:

$$\nu(CuSO_4) = x + y = 0.3 \text{ моль;}$$

$$m(CuSO_4) = 160 \cdot 0.3 = 48 \text{ г;}$$

$$\omega(CuSO_4) = 48 / 516 = 0.093 \text{ (или 9.3\%).}$$

*Ответ*: 9.3%.

**7.** Пусть в смеси содержалось $x$ моль сахарозы и $y$ моль мальтозы. В реакцию «серебряного зеркала» вступают только восстанавливающие сахара:

$$R\text{–}CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow R\text{–}COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O.$$

Сахароза не реагирует с $[Ag(NH_3)_2]OH$, а мальтоза реагирует, и на $y$ моль мальтозы выделяется $2y$ моль осадка серебра. После гидролиза дисахаридов

$$\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6};$$
$$x \qquad\qquad\qquad x \qquad\quad x$$

$$\underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow 2\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6};$$
$$y \qquad\qquad\qquad 2y$$

в смеси содержится $(x + 2y)$ моль глюкозы. Именно глюкоза вступает в реакцию «серебряного зеркала». В реакции с раствором $[Ag(NH_3)_2]OH$ выделяется $(2x + 4y)$ моль серебра. По условию задачи,

$$\frac{2x+4y}{2y} = 4,$$

откуда $x = 2y$. Молярные массы мальтозы и сахарозы равны, поэтому массовая доля сахарозы:

$$\omega(\text{сахарозы}) = 2 / 3 = 0.667 \text{ (или } 66.7\%).$$

*Ответ*: 66.7%.

## Вариант Москва

**1.** Sc: 21 протон, 21 электрон, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1 4s^2$.

**2.** Поскольку по условию $m_1 = m_2$, воспользовавшись уравнением Менделеева–Клапейрона, получаем

$$\frac{p_1 V M_1}{RT} = \frac{p_2 V M_2}{RT},$$

откуда

$$M_2 = \frac{M_1 p_1}{p_2} = \frac{17 \cdot 101.3}{57.4} = 30 \text{ г/моль};$$

такую молярную массу имеют NO, $CH_2O$, $C_2H_6$.

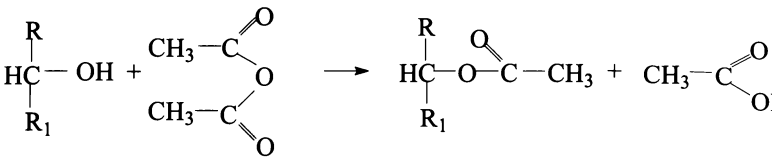
**3.** Гидролиз олигосахарида схематично можно записать как

$$(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{H_2O} nC_6H_{12}O_6.$$

В молекуле глюкозы имеется пять групп –OH, всего $5n$. В молекуле олигосахарида остатки глюкозы в цепи содержат по три группы –OH, а концевые остатки глюкозы – по четыре группы –OH, всего

$$(n-2) \cdot 3 + 2 \cdot 4 = 3n + 2.$$

На ацилирование одной группы –OH требуется одна молекула ангидрида:



Соответственно, количество ангидрида, необходимого для ацилирования, равно количеству групп ОН. По условию,

$$\frac{5n}{3n+2}=1.5,$$

откуда $n = 6$.

*Ответ*: молекула олигосахарида состоит из шести остатков глюкозы.

**4.** 1) $14HCl + K_2Cr_2O_7 \rightarrow 3Cl_2\uparrow + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$;

2) $2KOH + K_2Cr_2O_7 \rightarrow 2K_2CrO_4 + H_2O$;

3) $H_2SO_4(\text{конц}) + K_2Cr_2O_{7(\text{тв})} \xrightarrow{t^\circ} 2CrO_3\downarrow + K_2SO_4 + H_2O$;

4) $3CH_3CH_2OH + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} 3CH_3CHO + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$;

5) $3CH_3CH_2OH + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \xrightarrow{0^\circ} 3CH_3COOH + 2Cr_2(SO_4)_3 + 2K_2SO_4 + H_2O$.

**5.** Исходные молярные концентрации CO и $Cl_2$ составляют:

$$c(CO) = 10/20 = 0.5 \text{ моль/л},$$
$$c(Cl_2) = 5/20 = 0.25 \text{ моль/л}.$$

После установления равновесия концентрации веществ будут равны:

$$\underset{0.5-x}{CO} + \underset{0.25-x}{Cl_2} \rightleftarrows \underset{x}{COCl_2}.$$

Константа равновесия:

$$K=\frac{[COCl_2]}{[CO]\cdot[Cl_2]}=\frac{x}{(0.5-x)\cdot(0.25-x)}=8,$$

откуда $x = 0.18$ моль/л.

Количество $COCl_2$ в исходной равновесной смеси равно

$$\nu(COCl_2) = c \cdot V = 0.18 \cdot 20 = 3.6 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 3.6 моль.

**6.** Обозначим количество меди в смеси через $x$, а количество оксида меди – через $y$. Запишем уравнения реакций взаимодействия с концентрированной серной кислотой:

$$\underset{x}{Cu} + 2H_2SO_4 \rightarrow \underset{x}{CuSO_4} + \underset{x}{SO_2}\uparrow + 2H_2O;$$

$$\underset{y}{Cu_2O} + 3H_2SO_4 \rightarrow \underset{2y}{2CuSO_4} + \underset{y}{SO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

Масса исходной смеси:

$$64x + 144y = 40 \text{ г.}$$

По условию, массовая доля соли:

$$\omega(CuSO_4) = \frac{(x+2y)\cdot 160}{472 + 40 - (x+y)\cdot 64} = 0.2\,.$$

Решение системы из двух уравнений

$$\begin{cases} 64x + 144y = 40; \\ \dfrac{160\cdot(x+2y)}{472+40-(x+y)\cdot 64} = 0.2 \end{cases}$$

дает $x = 0.4$, $y = 0.1$.

Рассчитаем массу полученного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{исх}) + m(\text{смеси}) - m(SO_2) = 472 + 40 - (x+y)\cdot 64 = 480 \text{ г.}$$

*Ответ*: 480 г.

**7.** Искомое соединение может быть либо алкином-1 (и тогда осадок – ацетиленид серебра), либо альдегидом (и тогда – это реакция «серебряного зеркала» и осадок – металлическое серебро). Предположим, что осадок – серебро; тогда его количество

$$\nu(Ag) = 21.6 / 108 = 0.2 \text{ моль.}$$

Если искомое вещество содержит одну альдегидную группу, то схематически реакцию можно записать так:

$$\underset{0.1\text{ моль}}{R\text{–}CHO} + Ag_2O \rightarrow R\text{–}COOH + \underset{0.2\text{ моль}}{2Ag\downarrow}.$$

Тогда молярная масса исходного вещества составит

$$M = 9.0 / 0.1 = 90 \text{ г/моль.}$$

При сгорании такой же навески вещества образовалась смесь $CO_2$ и $H_2O$ в количестве

$$\nu(\text{смеси}) = \frac{25.74\cdot 101.3}{8.31\cdot 523} = 0.6 \text{ моль.}$$

Оставшийся после охлаждения газ – это $CO_2$, количество которого составляет

$$\nu(CO_2) = \frac{7.21\cdot 101.3}{8.31\cdot 293} = 0.3 \text{ моль,}$$

что подтверждается реакцией

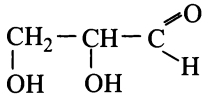
$$\underset{0.3\text{ моль}}{Ca(OH)_2} + CO_2 \rightarrow \underset{30\text{ г} = 0.3\text{ моль}}{CaCO_3\downarrow} + H_2O.$$

Следовательно, масса C в исходной навеске равна $0.3 \cdot 12 = 3.6$ г. На долю $H_2O$ приходится $0.6 - 0.3 = 0.3$ моль. Значит, масса H в исходной навеске равна $0.6 \cdot 1 = 0.6$ г. Остальная масса навески $9.0 - 3.6 - 0.6 = 4.8$ г приходится, скорее всего, на кислород.

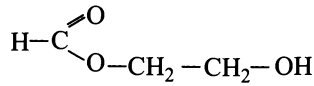
Определим простейшую формулу исходного вещества

$$C : H : O = \frac{3.6}{12} : \frac{0.6}{1} : \frac{4.8}{16} = 1 : 2 : 1 \quad (CH_2O).$$

С учётом молярной массы $M = 90$ г/моль истинная формула – $C_3H_6O_3$, которая соответствует, например, следующим веществам:



*глицериновый альдегид*



*сложный эфир этиленгликоля и муравьиной кислоты*

## Вариант Нижний Новгород

**1.** Cd: 48 протонов, 48 электронов, $1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^{10}4p^64d^{10}5s^2$.

**2.** Поскольку по условию $m_1 = m_2$, воспользовавшись уравнением Менделеева–Клапейрона, получаем

$$\frac{p_1VM_1}{RT} = \frac{p_2VM_2}{RT},$$

откуда

$$p_2 = \frac{p_1M_1}{M_2} = \frac{1 \cdot 28}{40} = 0.70 \text{ атм}.$$

*Ответ*: 0.7 атм.

**3.** 1) $2CrCl_3 + 3Cl_2 + 16KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 12KCl + 8H_2O$;

2) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

3) $C_2H_4 + 2K_2Cr_2O_7 + 8H_2SO_4 \rightarrow 2CO_2\uparrow + 2Cr_2(SO_4)_3 + 2K_2SO_4 + 10H_2O$;

4) $Cr_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 2CrCl_3 + 3BaSO_4\downarrow$;

5) $2K_2CrO_4 + 3K_2SO_3 + 5H_2SO_4 \rightarrow 5K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 5H_2O$;

6) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 3Cl_2\uparrow + 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $K_2CrO_4$; $\mathbf{X_2}$ – $Cr_2(SO_4)_3$.

**4.** 1) $3S + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} K_2SO_3 + 2K_2S + 3H_2O$;

2) $2Al + 2KOH + 6H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$;

3) $C_2H_5Cl + KOH \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH + KCl$;

4) $C_2H_5Cl + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} C_2H_4 + KCl + H_2O$;

5) $CH_3COOCH_3 + KOH \xrightarrow{H_2O} CH_3COOK + CH_3OH$.

**5.** Исходные молярные концентрации $CO_2$ и $H_2O$ составляют

$$c(CO_2) = 4 / 16 = 0.25 \text{ моль/л};$$
$$c(H_2O) = 2 / 16 = 0.125 \text{ моль/л}.$$

После установления равновесия концентрации веществ будут равны:

$$\underset{0.25-x}{CO} + \underset{0.125-x}{H_2O} \rightleftarrows \underset{x}{CO_2} + \underset{x.}{H_2}$$

Константа равновесия:

$$K = \frac{[CO_2]\cdot[H_2]}{[CO]\cdot[H_2O]} = \frac{x\cdot x}{(0.25-x)\cdot(0.125-x)} = 2,$$

откуда $x = 0.0955$ моль/л, т.е. концентрация $H_2$ в равновесной смеси равна 0.0955 моль/л.

Количество $H_2$ в равновесной смеси равно

$$\nu(H_2) = c \cdot V = 0.0955 \cdot 16 = 1.53 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 1.53 моль водорода.

**6.** Запишем уравнения всех упомянутых реакций:

$$4Zn + 10HNO_3 \rightarrow NH_4NO_3 + 4Zn(NO_3)_2 + 3H_2O;$$
$$NH_4NO_3 + NaOH \rightarrow NH_3\uparrow + NaNO_3 + H_2O;$$
$$2NH_3 + Fe_2O_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + N_2\uparrow + 3H_2O.$$

Из условия задачи рассчитаем количество оксида железа:

$$\nu(Fe_2O_3) = 16 / 160 = 0.1 \text{ моль}.$$

Следовательно, исходя из уравнений реакций, $\nu(NH_3) = 0.2$ моль; $\nu(Zn) = 4 \cdot 0.2 = 0.8$ моль.

Масса цинка, растворенного в воде:

$$m(Zn) = 0.8 \cdot 65 = 52 \text{ г}.$$

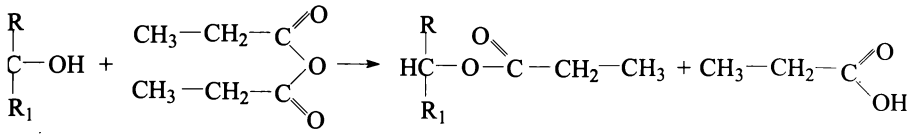
*Ответ*: 52 г цинка.

**7.** Гидролиз сахарозы приводит к образованию моносахаридов, суммарное число групп –OH в молекулах которых (10) больше, чем число групп –OH в молекуле дисахарида (8):

$$\underset{\substack{\textit{сахароза}\\ x}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\substack{\textit{глюкоза}\\ x}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\substack{\textit{фруктоза}\\ x}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Значит, всего в $x$ моль сахарозы содержится $8x$ моль групп –OH, а в продуктах гидролиза – $10x$ моль. Разница: $10x - 8x = 2x$.

На ацилирование одной группы –OH требуется одна молекула ангидрида:



По условию задачи количество ангидрида:

$$\nu((CH_3CH_2CO)_2O) = 2.6 / 130 = 0.02 \text{ моль};$$

значит, $2x = 0.02$ моль, откуда $x = 0.01$ моль.

Рассчитаем массу сахарозы и глюкозы:

$$m(\text{сахарозы}) = 0.01 \cdot 342 = 3.42 \text{ г};$$
$$m(\text{глюкозы}) = 7.02 - 3.42 = 3.6 \text{ г}.$$

*Ответ*: 3.42 г сахарозы, 3.6 г глюкозы.

## Вариант Омск

**1.** Y: 39 протонов, 39 электронов, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^1$.

**2.** Поскольку по условию $m_1 = m_2$, воспользовавшись уравнением Менделеева–Клапейрона, получаем

$$\frac{p_1 V M_1}{RT} = \frac{p_2 V M_2}{RT},$$

откуда

$$M_2 = \frac{M_1 p_1}{p_2} = \frac{40 \cdot 101.3}{144.7} = 28 \text{ г/моль};$$

такую молярную массу имеют $N_2$, CO, $C_2H_4$.

**3.** 1) $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{H^+, t^\circ} nC_6H_{12}O_6$ (гидролиз целлюлозы с образованием глюкозы);

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение глюкозы);

3) $2C_2H_5OH \xrightarrow{ZnO,\ 450^\circ} C_4H_6 + 2H_2O + H_2$ (реакция Лебедева);

4) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \xrightarrow{40^\circ} BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$ (1,4-присоединение);

5) $BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{H_2O}$

$\xrightarrow{H_2O} HO{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}OH + 2KBr;$

6) $HO–CH_2–CH=CH–CH_2–OH + H_2 \xrightarrow{Ni}$

$\xrightarrow{Ni} HO–CH_2–CH_2–CH_2–CH_2–OH;$

7) $5HOCH_2–CH_2–CH_2–CH_2OH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow$

$\rightarrow 5HOOC–CH_2–CH_2–COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 22H_2O.$

**4.** 1) $PCl_3 + Cl_2 \rightarrow PCl_5;$

2) $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2;$

3) $Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2;$

4) $C_6H_5–CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5–CH_2Cl + HCl;$

5) $C_6H_5CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{FeCl_3}$ *napa*-$Cl–C_6H_4–CH_3 + HCl.$

**5.** Исходные молярные концентрации $SO_3$ и $H_2$ составляют

$$c(SO_3) = 3 / 20 = 0.15 \text{ моль/л};$$
$$c(H_2) = 2 / 20 = 0.1 \text{ моль/л}.$$

После установления равновесия концентрации веществ будут равны:

$$\underset{0.15-x}{SO_3} + \underset{0.1-x}{H_2} \rightleftarrows \underset{x}{SO_2} + \underset{x}{H_2O}.$$

Константа равновесия

$$K = \frac{[SO_2]\cdot[H_2O]}{[SO_3]\cdot[H_2]} = \frac{x\cdot x}{(0.15-x)\cdot(0.1-x)} = 1.6,$$

откуда $x = 0.0667$ моль/л.

Концентрация водорода в равновесной смеси:

$$[H_2] = 0.1 - x = 0.0333 \text{ моль/л}.$$

Количество водорода в равновесной смеси:

$$\nu(H_2) = c \cdot V = 0.0333 \cdot 20 = 0.667 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 0.667 моль.

**6.** Обозначим количество оксида меди в смеси через $x$, а количество меди – через $y$. Запишем уравнения реакций взаимодействия этих веществ с концентрированной азотной кислотой:

$$\underset{x}{Cu_2O} + 6HNO_3 \rightarrow \underset{2x}{2Cu(NO_3)_2} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + 3H_2O;$$

$$\underset{y}{Cu} + 4HNO_3 \rightarrow \underset{y}{Cu(NO_3)_2} + \underset{2y}{2NO_2\uparrow} + 2H_2O.$$

Масса исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(Cu_2O) + m(Cu) = 144x + 64y = 27.2 \text{ г}.$$

Масса полученного раствора:

$m = m(HNO_3) + m(\text{смеси}) - m(NO_2) = 500 + 27.2 - 46(2x + 2y) = 499.6$ г.

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 144x + 64y = 27.2, \\ 500 + 27.2 - 46 \cdot (2x + 2y) = 499.6, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.1$ моль, $y = 0.2$ моль.

Рассчитаем количество и массу $Cu(NO_3)_2$ в полученном растворе:

$$\nu(Cu(NO_3)_2) = 2x + y = 0.4 \text{ моль};$$
$$m(Cu(NO_3)_2) = 0.4 \cdot 188 = 75.2 \text{ г}.$$

Массовая доля $Cu(NO_3)_2$:

$$\omega(Cu(NO_3)_2) = 75.2 / 499.6 = 0.150 \text{ (или } 15.0\%).$$

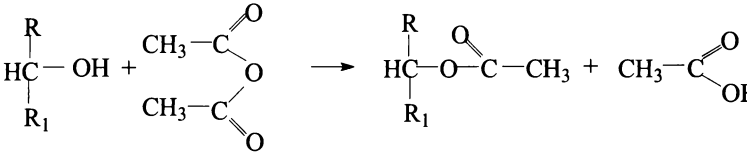
*Ответ*: 15.0% $Cu(NO_3)_2$.

**7.** Гидролиз сахарозы приводит к образованию моносахаридов, суммарное число групп –OH в молекулах которых (10) больше, чем число групп –OH в молекуле дисахарида (8):

$$\underset{\textit{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\textit{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\textit{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}$$
$$\quad x \qquad\qquad\qquad x \qquad\quad x$$

Значит, всего в $x$ моль сахарозы содержится $8x$ моль групп –OH, а в продуктах гидролиза – $10x$ моль. Разница составляет: $10x - 8x = 2x$.

На ацилирование одной группы –OH требуется одна молекула ангидрида:



По условию задачи количество ангидрида:

$$\nu((CH_3CO)_2O) = 2.04 / 102 = 0.02 \text{ моль};$$

значит, $2x = 0.02$ моль, откуда $x = 0.01$ моль.

Рассчитаем массу сахарозы и дезоксирибозы:

$$m(\text{сахарозы}) = 0.01 \cdot 342 = 3.42 \text{ г};$$
$$m(\text{дезоксирибозы}) = 6.42 - 3.42 = 3.0 \text{ г}.$$

*Ответ*: 3.42 г сахарозы, 3.0 г дезоксирибозы.

## Вариант Уфа

**1.** Zn: 30 протонов, 30 электронов, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$.

**2.** Поскольку по условию $m_1 = m_2$, воспользовавшись уравнением Менделеева–Клапейрона, получаем

$$\frac{p_1 V M_1}{RT} = \frac{p_2 V M_2}{RT},$$

откуда $$p_2 = \frac{p_1 M_1}{M_2} = \frac{1 \cdot 17}{20} = 0.85 \text{ атм.}$$

*Ответ*: 0.85 атм.

**3.** 1) $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{H^+, t^\circ} nC_6H_{12}O_6$ (гидролиз целлюлозы с образованием глюкозы);

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение глюкозы);

3) $2C_2H_5OH \xrightarrow{ZnO,\ 450^\circ} C_4H_6 + 2H_2O + H_2$ (реакция Лебедева);

4) $C_4H_6 + 2H_2 \xrightarrow{Ni} C_4H_{10}$;

5) $C_4H_{10} + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH_3 + HBr$;

6) $CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + KBr + H_2O$;

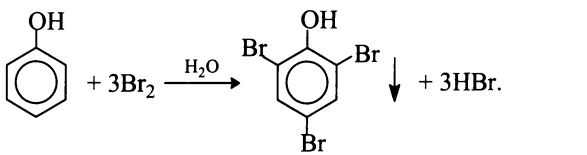
7) $3CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3{-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_3 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$.

**4.** 1) $2NaOH + Br_2 \xrightarrow{0^\circ} NaBr + NaBrO + H_2O$;

2) $6NaOH + 3Br_2 \xrightarrow{50^\circ} 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$;

3) $2KI + Br_2 \rightarrow 2KBr + I_2\downarrow$;

4) $C_2H_4 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$;

5)  + 3HBr.

**5.** Исходная молярная концентрация $PCl_5$ составляет

$$c(PCl_5) = 1 / 5 = 0.2 \text{ моль/л.}$$

После установления равновесия концентрации веществ будут равны:

$$\underset{0.2-x}{PCl_5} \rightleftarrows \underset{x}{PCl_3} + \underset{x}{Cl_2}$$

Константа равновесия:

$$K = \frac{[PCl_3] \cdot [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{x \cdot x}{0.2 - x} = 0.04,$$

откуда $x = 0.072$ моль/л.

Количество $PCl_3$ в равновесной смеси:

$$\nu(PCl_3) = c \cdot V = 0.072 \cdot 5 = 0.36 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 0.36 моль.

**6.** Запишем уравнения всех упомянутых реакций:

$$8Al + 30HNO_3 \rightarrow 3NH_4NO_3 + 8Al(NO_3)_3 + 9H_2O;$$

$$NH_4NO_3 + NaOH \rightarrow NH_3\uparrow + NaNO_3 + H_2O;$$

$$2NH_3 + 3FeO \xrightarrow{t^\circ} 3Fe + N_2\uparrow + 3H_2O.$$

Из условия задачи рассчитаем количество оксида железа:

$$\nu(FeO) = 21.6 / 72 = 0.3 \text{ моль},$$

следовательно, исходя из уравнений реакций, $\nu(NH_3) = 0.2$ моль; $\nu(Al) = 8/3 \cdot 0.2 = 0.533$ моль.

Масса алюминия:

$$m(Al) = 0.533 \cdot 27 = 14.4 \text{ г}.$$

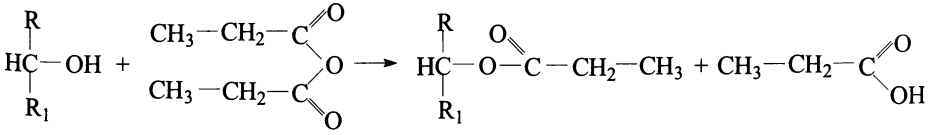
*Ответ*: 14.4 г алюминия.

**7.** Гидролиз сахарозы приводит к образованию моносахаридов, суммарное число групп –OH в молекулах которых (10) больше, чем число групп –OH в молекуле дисахарида (8):

$$\underset{\textit{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \rightarrow \underset{\textit{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\textit{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$
$$\underset{x}{\phantom{C_{12}H_{22}O_{11}}} \qquad \underset{x}{\phantom{C_6H_{12}O_6}} \qquad \underset{x}{\phantom{C_6H_{12}O_6}}$$

Значит, всего в $x$ моль сахарозы содержится $8x$ моль групп –OH, а в продуктах гидролиза – $10x$ моль. Разница составляет: $10x - 8x = 2x$.

На ацилирование одной группы –OH требуется одна молекула ангидрида:



По условию задачи количество ангидрида:

$$\nu((CH_3CH_2CO)_2O) = 7.8 / 130 = 0.06 \text{ моль};$$

значит, $2x = 0.06$ моль, откуда $x = 0.03$ моль.

Рассчитаем массу сахарозы и рибозы:

$$m(\text{сахарозы}) = 0.03 \cdot 342 = 10.26 \text{ г};$$

$$m(\text{рибозы}) = 11.76 - 10.26 = 1.5 \text{ г}.$$

*Ответ*: 10.26 г сахарозы, 1.5 г рибозы.

# Часть II

# ОЛИМПИАДА «ЛОМОНОСОВ»

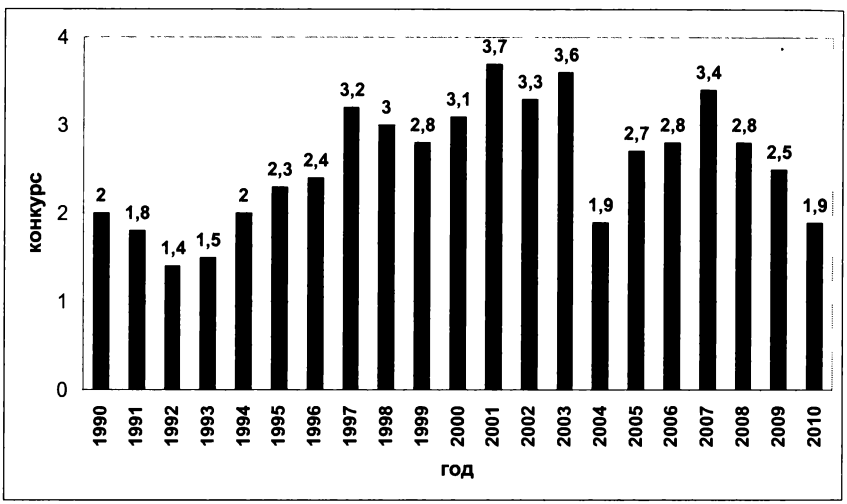
## Динамика развития федеральной олимпиады школьников «Ломоносов» по химии

Многопредметная олимпиада школьников «Ломоносов» проводится Московским университетом с 2005 г. Задуманная и организованная вначале именно как внутриуниверситетская олимпиада, она стала правопреемницей и творческим развитием проводившихся ранее в МГУ заочно-очных олимпиад «Абитуриент МГУ». Вкратце обрисуем ретроспективу развития этого нового и оригинального явления в области отечественного образования – вузовской предметной олимпиады школьников.

В начале 1990-х годов на химическом факультете МГУ, как и во многих других отечественных вузах естественнонаучного направления, сложилась негативная ситуация – приток абитуриентов сократился, конкурс упал до рекордной отметки 1.4 человека на место (см. рисунок). Именно тогда на факультете была разработана и успешно внедрена система заочно-очного приема, впоследствии трансформировавшаяся в олимпиаду «Абитуриент МГУ».

С 1993 по 1997 г. прием на химический факультет проходил дважды в течение года: досрочные экзамены проходили в мае, основные – в июле. Досрочных экзаменов было два – по математике и по химии, оба экзамена оценивались по десятибалльной шкале, и абитуриенты, набравшие в сумме 17 баллов и выше, зачислялись на факультет досрочно, еще до окончания школьных выпускных экзаменов. Новая система набора успешно функционировала в течение ряда лет, и о правильности выбранной стратегии привлечения абитуриентов говорит постоянный рост конкурса на факультет в промежутке между 1992 и 1997 годами. Систему стали применять и на других факультетах МГУ, она стала популярной в других

вузах. Однако в 1998 г., когда реформа отечественной системы образования начала набирать обороты, последовал запрет со стороны Министерства образования РФ на досрочное (до сдачи выпускных экзаменов) зачисление в вузы, а соответственно и на проведение досрочных вступительных испытаний. Вместо этого Московскому университету было разрешено проводить химико-математическую олимпиаду «Абитуриент МГУ» в заочно-очной форме, победители и призеры которой получали льготы при поступлении.




*Динамика изменения конкурса (числа абитуриентов на одно место) на химический факультет МГУ*

Олимпиада включала обязательный заочный тур (контрольную работу по химии, математике и физике, которую нужно было выполнить в ноябре-апреле и прислать почтой на химический факультет). Олимпиадное задание публиковалось в журнале «Химия в школе», газете «Первое сентября» (а в некоторые годы и в таких популярных, многомиллионных изданиях, как газета «Комсомольская правда»), на сайте химического факультета и рассылалось непосредственно по школам, взаимодействовавшим с факультетом. Так, например, в 2001 г. задание заочного тура химической олимпиады «Абитуриент МГУ» состояло из 38 задач разного уровня сложности: 18 задач по химии, 12 – по математике и 8 – по физике, максимальная оценка за весь комплект составляла 100 баллов. Школьники, набравшие за работу заочного тура необходимое число баллов (от 50 и выше), получали персональное приглашение на майский очный тур, включавший два экзамена: по математике и химии. Получившие на очном туре от 17 баллов и выше (экзамены оценивались по десятибалльной шкале) считались победителями олимпиады и получали право

засчитать оценки, полученные в очном туре олимпиады, в качестве конкурсных по соответствующим предметам при поступлении. В июле во время основных вступительных экзаменов им оставалось сдать экзамен по физике и сочинение, и с полученной суммой баллов они участвовали в общем конкурсе. С 2000 г. победители олимпиады получили право зачитывать школьную оценку по русскому языку или по литературе (лучшую из двух) из аттестата вместо оценки за сочинение. К 2003 г. конкурс на химический факультет стал стабильным и превысил показатель в три человека на место. Авторы концепции заочно-очного приема (проф. Н.Е. Кузьменко, проф. В.В. Еремин, академик В.В. Лунин) за ее успешную реализацию в 1999 г. были удостоены Премии Президента РФ в области образования.

В таком виде олимпиада «Абитуриент МГУ» просуществовала до 2004 г. Все эти годы победители и призеры Всероссийской олимпиады школьников по химии и Международной Менделеевской олимпиады зачислялись на химический факультет вне конкурса (то есть без экзаменов).

К сожалению, и эта система набора, продемонстрировавшая свою эффективность, оказалась недолговечной – 2004 год стал для нее переломным и драматичным. Уже после того, когда был проведен заочный тур олимпиады «Абитуриент МГУ», в котором приняли участие более 600 абитуриентов, Министерство образования приняло неожиданное решение об отмене очного тура. Вступительные испытания в 2004 г. проводились только в июле и довольно специфическим образом – перед традиционными экзаменами были проведены отдельные письменные вступительные экзамены по математике и физике для победителей промежуточных (3-го и 4-го) этапов Всероссийской олимпиады школьников по химии. Эти экзамены проводились подряд два дня, без перерыва, что было очень утомительным для школьников. Данные рисунка убедительно свидетельствуют, насколько пагубно отразилось внезапное и резкое изменение правил приема на показателях конкурса на химический факультет (1.9 человек на место в 2004 г. вместо 3.6 в 2003 г.). Впоследствии к подобной практике больше не возвращались.

С 2005 г. начинается отсчет многопредметной олимпиады МГУ «Ломоносов». Олимпиада по химии проводилась в середине мая единовременно по единым вариантам заданий на всех факультетах, имеющих химию в перечне вступительных испытаний (химический и биологический факультеты, а также факультеты почвоведения, биоинженерии и биоинформатики). Олимпиадное задание представляло собой экзаменационный билет из десяти заданий, в котором указана максимальная оценка в баллах за каждое задание. Предлагаемые в билете задания оценивались дифференцированно в зависимости от уровня сложности, т.е. числа логических операций, необходимых для ответа, и их характера – продуктивного или репродуктивного. Победителям по каждому предмету засчитывалась максимальная оценка по соответствующей дисциплине на вступительных

экзаменах. Олимпиада «Ломоносов» по химии оказалась одной из самых востребованных – ежегодно в ней участвовали сотни школьников.

В 2009 году впервые зачисление во все вузы России проводилось на основе суммы баллов ЕГЭ по соответствующим профилю вуза дисциплинам, а право проводить дополнительные конкурсные испытания получили лишь некоторые вузы, точнее – лишь некоторые факультеты вузов, а еще точнее – лишь некоторые специальности на некоторых факультетах (в рамках МГУ – всего три факультета). На химическом факультете вступительное испытание по химии не было предусмотрено. Подобное непрерывное изменение правил приема самым непосредственным образом отражается на конкурсе и, конечно же, на качестве принимаемого на первый курс студенческого контингента. Не допустить неизбежного падения уровня студентов-первокурсников в 2009 году позволила именно система предметных олимпиад самого различного уровня, победители и призеры которых получили ощутимые преимущества при поступлении в Московский университет. В частности, победители предметной олимпиады «Ломоносов», как и в предыдущие годы, зачислялись на соответствующий факультет вне конкурса, а призерам олимпиады засчитывались 100 баллов вместо их оценки за ЕГЭ по данному предмету. Само задание олимпиады «Ломоносов», не изменившись по структуре, с 2009 г. стало стобалльным по аналогии с ЕГЭ.

В 2010 году Московский университет добился права провести одно дополнительное к ЕГЭ вступительное испытание по профильному предмету на каждом факультете. Так, химический факультет провел (дополнительно к ЕГЭ) вступительный экзамен по химии. Однако это никоим образом не понизило значение олимпиады «Ломоносов», которая с 2008/2009 учебного года вошла в федеральный Перечень олимпиад школьников. В 2009/2010 учебном году приказом Министерства образования и науки РФ она была отнесена к олимпиадам второго уровня. В получившей федеральный статус олимпиаде сейчас принимают участие не только старшеклассники, стремящиеся стать студентами МГУ, но и все те, для кого актуален данный предмет (например, в олимпиадах «Ломоносов» по химии и биологии активно участвуют потенциальные абитуриенты медицинских вузов).

Нынешний год ознаменовался очередным нововведением в порядок проведения олимпиады «Ломоносов». Согласно «Порядку проведения олимпиад школьников» и «Положению об Олимпиаде школьников «Ломоносов», олимпиада в 2011 г. проводилась в два этапа: заочный отборочный и очный заключительный. Комплект заданий заочного этапа (12 задач) осенью 2010 г. был размещен на сайтах МГУ и Российского Совета Олимпиад Школьников. Участники должны были прислать выполненные работы в МГУ по почте или в электронной форме до 28 января 2011 г. К участию в заключительном этапе Олимпиады школьников «Ломоносов» были допущены только лауреаты отборочного (заочного) этапа 2011 года (на их число Министерством была установлена квота – не более 35% от общего числа участников заочного тура). Всего в заочном туре олим-

пиады по химии приняли участие 1067 школьников. Очный тур состоялся на химическом факультете МГУ 14 марта 2011 г. В нем приняли участие 366 школьников. Число лауреатов очного тура было также жестко регламентировано – победителей (I место) не больше 10% от числа участников очного тура (37 человек), призеров (II и III места) – не больше 25% (89 человек). Таким образом, 126 школьников из разных регионов России ощутимо повысили свои возможности поступления в любой химический или медицинский вуз страны. Например, абитуриенты из числа победителей олимпиады «Ломоносов» могут быть зачислены на химический факультет МГУ без экзаменов. Победители олимпиады, поступающие на факультет фундаментальной медицины МГУ, автоматически получают 100 баллов вместо баллов, полученных ими на ЕГЭ по химии.

## Задания олимпиады 2006

### Вариант 1

**1.** Приведите структурные формулы одной молекулы и одного иона, в которых кислород имеет валентность III.

**2.** Выберите две органические кислоты, сравните их силу и объясните, какая из них сильнее и почему.

**3.** Назовите три вещества, принадлежащие разным классам неорганических соединений, при добавлении которых к воде образуется щелочной раствор. Приведите ионные уравнения реакций, протекающих в каждом растворе.

**4.** Напишите структурные формулы трех углеводородов, которые содержат 90.0 мас.% углерода и имеют разную молекулярную массу.

**5.** Навеску соединения железа с серой сожгли в избытке кислорода. Газ, выделившийся при сжигании, обесцвечивает 400 мл 0.2 М раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой. Твердый остаток от сжигания растворяется в 30 г 36.5%-ной соляной кислоты. Установите формулу соединения и массу навески.

**6.** Смесь 1.2 моль водорода и 0.7 моль иода (в парах) выдержали до установления равновесия при 800°C. В результате реакции выделилось 8.4 кДж теплоты. Рассчитайте константу равновесия обратимой реакции

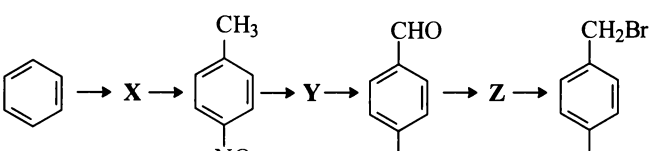
$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

при этой температуре, если теплота образования HI равна 7.0 кДж/моль.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$Cu(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow SO_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow NaOH \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_4.$$

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:




В уравнениях реакций приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Смесь изомерных дихлорэтанов нагрели со спиртовым раствором щелочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор оксида серебра, при этом выпало 9.60 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щелочи получена смесь, при действии на которую аммиачного раствора оксида серебра выпало 6.48 г осадка. Определите массу исходной смеси и мольную долю каждого изомера в ней.

**10.** Два газообразных простых вещества, состоящих из двухатомных молекул, смешали в объемном соотношении 1 : 9 в закрытом реакционном сосуде при температуре 20°C и высоком давлении. Сосуд нагрели до 215°C; при этом с количественным выходом образовалось газообразное сложное вещество, а давление по окончании реакции оказалось равным первоначальному. Определите формулу продукта реакции и напишите уравнения его реакций с водой и щелочью.

## Вариант 2

**1.** Приведите структурные формулы одной молекулы и одного иона, в которых азот имеет валентность IV.

**2.** Выберите два органических основания, сравните их силу и объясните, какое из них сильнее и почему.

**3.** Назовите три вещества, принадлежащие разным классам неорганических соединений, при добавлении которых к воде образуется кислотный раствор. Приведите ионные уравнения реакций, протекающих в каждом растворе.

**4.** Напишите структурные формулы трех кислородсодержащих соединений, которые содержат 40.0 мас.% углерода и имеют разную молекулярную массу.

**5.** Навеску соединения железа с серой сожгли в избытке кислорода. Газ, выделившийся при сжигании, обесцвечивает 500 мл 0.2 М раствора дихромата калия, подкисленного серной кислотой. Твердый остаток от сжигания растворяется в 180 г 24.5%-ной серной кислоты. Установите формулу соединения и массу навески.

**6.** Смесь 1.6 моль водорода и 1.0 моль иода (в парах) выдержали до установления равновесия при 850°C. В результате реакции выделилось 12.6 кДж теплоты. Рассчитайте константу равновесия обратимой реакции

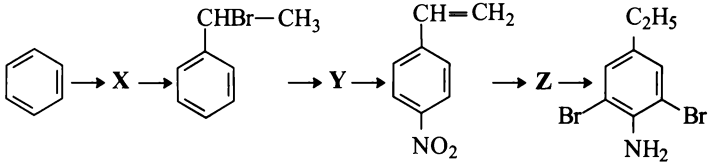
$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

при этой температуре, если теплота образования HI равна 7.0 кДж/моль.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$Fe(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow SO_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow NaCl \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_4.$$

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:




В уравнениях реакций приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Смесь изомерных дихлорэтанов нагрели со спиртовым раствором щелочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор гидроксида меди (I), при этом выпало 4.56 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щелочи получена смесь, при действии на которую аммиачного раствора оксида серебра выпало 2.16 г осадка. Определите массу исходной смеси и мольную долю каждого изомера в ней.

**10.** Два газообразных простых вещества, состоящих из двухатомных молекул, смешали в объемном соотношении 1 : 7 в закрытом реакционном сосуде при температуре 0°C и высоком давлении. Сосуд нагрели до 273°C; при этом с количественным выходом образовалось газообразное сложное вещество, а давление по окончании реакции оказалось равным первоначальному. Определите формулу продукта реакции и напишите уравнения его реакций с водой и щелочью.

## Вариант 3

**1.** Приведите структурные формулы одного комплексного аниона и одного комплексного катиона, в которых серебро имеет валентность II.

**2.** Выберите две неорганические кислоты, сравните их силу и объясните, какая из них сильнее и почему.

**3.** Назовите три вещества, принадлежащие разным классам органических соединений, при добавлении которых к воде образуется кислотный раствор. Приведите уравнения реакций, протекающих в каждом растворе.

**4.** Напишите структурные формулы трех кислородсодержащих соединений, которые содержат 54.5 мас.% углерода и имеют разную молекулярную массу.

**5.** Навеску соединения меди с серой сожгли в избытке кислорода. Газ, выделившийся при сжигании, обесцвечивает 300 мл 0.2 М раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой. Твердый остаток от сжигания растворяется в 30 г 36.5%-ной соляной кислоты. Установите формулу соединения и массу навески.

**6.** Смесь 2.0 моль водорода и 1.3 моль иода (в парах) выдержали до установления равновесия при 750°C. В результате реакции выделилось 15.4 кДж теплоты. Рассчитайте константу равновесия обратимой реакции

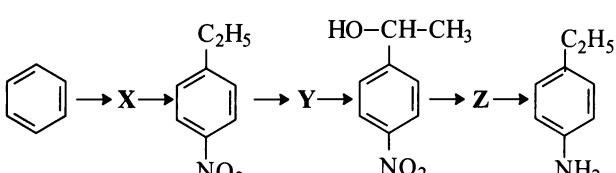
$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

при этой температуре, если теплота образования HI равна 7.0 кДж/моль.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$CuSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cl_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow KNO_3 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CO_2.$$

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:




В уравнениях реакций приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Смесь изомерных дихлорэтанов нагрели со спиртовым раствором щелочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор оксида серебра, при этом выпало 7.20 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щелочи получена смесь, при действии на которую аммиачного раствора оксида серебра выпало 4.32 г осадка. Определите массу исходной смеси и мольную долю каждого изомера в ней.

**10.** Два газообразных простых вещества, состоящих из двухатомных молекул, смешали в объемном соотношении 1 : 8 в закрытом реакционном сосуде при температуре 10°C и высоком давлении. Сосуд нагрели до 236°C; при этом с количественным выходом образовалось газообразное сложное вещество, а давление по окончании реакции оказалось равным первоначальному. Определите формулу продукта реакции и напишите уравнения его реакций с водой и щелочью.

## Вариант 4

**1.** Приведите структурные формулы одного комплексного аниона и одного комплексного катиона, в которых цинк имеет валентность IV.

**2.** Выберите две ароматические кислоты, сравните их силу и объясните, какая из них сильнее и почему.

**3.** Назовите три вещества, принадлежащие разным классам неорганических соединений, при добавлении которых к воде образуется щелочной раствор. Приведите ионные уравнения реакций, протекающих в каждом растворе.

**4.** Напишите структурные формулы трех углеводородов, которые содержат 88.9 мас. % углерода и имеют разную молекулярную массу.

**5.** Навеску соединения меди с серой сожгли в избытке кислорода. Газ, выделившийся при сжигании, обесцвечивает 200 мл 0.2 М раствора дихромата калия, подкисленного серной кислотой. Твердый остаток от сжигания растворяется в 96 г 24.5%-ной серной кислоты. Установите формулу соединения и массу навески.

**6.** Смесь 1.1 моль водорода и 0.5 моль иода (в парах) выдержали до установления равновесия при 820°С. В результате реакции выделилось 6.3 кДж теплоты. Рассчитайте константу равновесия обратимой реакции

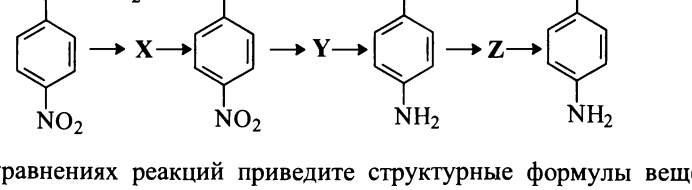
$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

при этой температуре, если теплота образования HI равна 7.0 кДж/моль.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$Pb(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CO_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow KOH \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_6H_6.$$

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:




В уравнениях реакций приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Смесь изомерных дихлорэтанов нагрели со спиртовым раствором щелочи. Выделившийся газ пропустили в аммиачный раствор гидроксида меди (I), при этом выпало 6.08 г осадка. При обработке такого же количества исходной смеси водным раствором щелочи получена смесь, при действии на которую аммиачного раствора оксида серебра выпало 5.40 г

осадка. Определите массу исходной смеси и мольную долю каждого изомера в ней.

**10.** Два газообразных простых вещества, состоящих из двухатомных молекул, смешали в объемном соотношении 1:10 в закрытом реакционном сосуде при температуре 28°С и высоком давлении. Сосуд нагрели до 200°С; при этом с количественным выходом образовалось газообразное сложное вещество, а давление по окончании реакции оказалось равным первоначальному. Определите формулу продукта реакции и напишите уравнения его реакций с водой и щелочью.

## Задания олимпиады 2007

### Вариант 1

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых газообразный хлор а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.2 моль азотной кислоты к 0.1 моль фенола.

**3.** При полном сжигании одного моля серы до оксида серы (IV) выделилось 297 кДж теплоты, а при полном окислении двух молей $SO_2$ до $SO_3$ выделилось 198 кДж. Рассчитайте теплоту образования $SO_3$ из простых веществ (в кДж/моль).

**4.** В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы азотной кислоты, нитрата аммония и нитрата серебра. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.

**5.** Реакция между водородом и иодом $H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightarrow 2HI_{(г)}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию $H_2$ увеличить в 3 раза, а концентрацию HI – в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?

**6.** При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 17.4 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 17.1 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:

1) $Cu \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cu(OH)_2$;

2) $Cu \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CuO$;

3) $Cu \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$C_n(H_2O)_n \longrightarrow \mathbf{A} \xrightarrow[450^oC]{ZnO} C_4H_6 \xrightarrow{Br_2} \mathbf{B} \xrightarrow[H_2O]{KOH} \mathbf{C} \xrightarrow[Ni]{H_2} \mathbf{D} \longrightarrow C_4H_6O_4.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** При термическом разложении 18.0 г органического вещества образовалось 8.96 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по водороду 18.0. После пропускания смеси через известковую воду объем газа уменьшился вдвое. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. При нагревании оно реагирует с железом, образуя летучее соединение, содержащее 28.6% железа по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.

**10.** Массовая доля углерода в неизвестном углеводороде **X** равна 94.12%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 65.98%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

## Вариант 2

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых элементарная сера а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.4 моль азотной кислоты к 0.2 моль толуола в присутствии серной кислоты.

**3.** При полном окислении одного моля газообразного азота до $NO_2$ поглотилось 68 кДж теплоты, а при окислении четырех молей $NO_2$ до $N_2O_5$ выделилось 110 кДж. Рассчитайте теплоту образования $N_2O_5$ из простых веществ (в кДж/моль).

**4.** В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы гидроксида калия, фторида натрия и хлорида аммония. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.

**5.** Реакция между водородом и иодом $H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightarrow 2HI_{(г)}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию $I_2$ увеличить в 2 раза, а концентрацию HI – в 1.5 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?

**6.** При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 17.6 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 17.2 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:

1) $Al \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Al(OH)_3$;

2) $Al \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Al_2O_3$;

3) $Al \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K[Al(OH)_4]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$C_n(H_2O)_m \xrightarrow[t^\circ]{HCl,\ H_2O} \mathbf{A} \longrightarrow C_3H_6O_3 \xrightarrow{HBr} \mathbf{B} \xrightarrow[спирт]{KOH} \mathbf{C} \xrightarrow{H_2SO_4(разб.)} \mathbf{D} \longrightarrow C_5H_8O_2.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** При термическом разложении 19.2 г неорганического вещества образовалось 13.44 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по водороду 13.0. После пропускания смеси над твердым гидроксидом калия объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных условиях оно реагирует с натрием, образуя ионное соединение, содержащее 59.0% натрия по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.

**10.** Массовая доля водорода в неизвестном углеводороде **X** равна 5.88%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 17.50%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

## Вариант 3

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых белый фосфор а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении 0.5 моль азотной кислоты к 0.25 моль бензойной кислоты в присутствии серной кислоты.

**3.** При фторировании одного моля хлора до $ClF_3$ выделилось 329 кДж теплоты, а при фторировании одного моля $ClF_3$ до $ClF_5$ выделилось 73 кДж. Рассчитайте теплоту образования $ClF_5$ из простых веществ (в кДж/моль).

**4.** В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы уксусной кислоты, нитрата кальция и сульфата аммония. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Напишите уравнения реакций и укажите их признаки.

**5.** Реакция между водородом и иодом $H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightarrow 2HI_{(г)}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обрат-

ной реакций, если концентрацию $H_2$ уменьшить в 4 раза, а концентрацию HI уменьшить в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?

**6.** При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 11.6 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 11.4 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим схемам:

1) $Cr \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cr(OH)_2$;

2) $Cr \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Cr_2O_3$;

3) $Cr \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K_3[Cr(OH)_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$C_n(H_2O)_n \longrightarrow \mathbf{A} \xrightarrow[450^\circ C]{ZnO} C_4H_6 \xrightarrow[Ni]{H_2} \mathbf{B} \xrightarrow[h\nu]{Br_2} \mathbf{C} \xrightarrow[\text{спирт}]{KOH} \mathbf{D} \longrightarrow C_4H_{10}O_2.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** При термическом разложении 14.4 г неорганического вещества образовалось 10.08 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по гелию 6.5. После пропускания смеси над твердым оксидом кальция объем газа уменьшился в 1.5 раза. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. В определенных условиях оно реагирует с калием, образуя ионное соединение, содержащее 70.9% калия по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.

**10.** Массовая доля углерода в неизвестном углеводороде **X** равна 94.12%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 76.60%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

## Вариант 4

**1.** Напишите по одному уравнению реакций, в которых оксид серы (IV) а) восстанавливается; б) окисляется.

**2.** Напишите уравнение реакции, протекающей при добавлении азотной кислоты к равному количеству нитробензола в присутствии серной кислоты.

**3.** При полном окислении одного моля газообразного азота до NO поглотилось 180 кДж теплоты, а при окислении двух молей NO до $NO_2$ выделилось 114 кДж. Рассчитайте теплоту образования $NO_2$ из простых веществ (в кДж/моль).

**4.** В трех пробирках без этикеток находятся водные растворы соляной кислоты, гидроксида кальция и сульфата калия. Как с помощью одного реактива различить эти растворы? Опишите наблюдаемые изменения.

**5.** Реакция между водородом и иодом $H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightarrow 2HI_{(г)}$ и обратная ей реакция имеют второй порядок. Как изменятся скорости прямой и обратной реакций, если концентрацию $H_2$ увеличить в 2.5 раза, а концентрацию HI – в 2 раза? В какую сторону сместится равновесие в этом случае?

**6.** При сплавлении со щелочью калиевой соли предельной одноосновной карбоновой кислоты образовалось 13.2 г углеводорода **A**, а при электролизе водного раствора такого же количества этой соли образовалось 12.9 г углеводорода **B**. Определите формулы веществ **A** и **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций по следующим схемам:

1) $Fe \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_2$;

2) $Fe \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Fe(OH)_3$;

3) $Fe \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow K_4[Fe(CN)_6]$.

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, и определите неизвестные вещества:

$$C_n(H_2O)_m \xrightarrow[t^\circ]{HCl,\ H_2O} \mathbf{A} \longrightarrow C_4H_8O_2 \xrightarrow[P]{Cl_2} \mathbf{B} \xrightarrow[спирт]{KOH} \mathbf{C} \xrightarrow{H_2SO_4(разб.)} \mathbf{D} \longrightarrow C_6H_{10}O_2.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

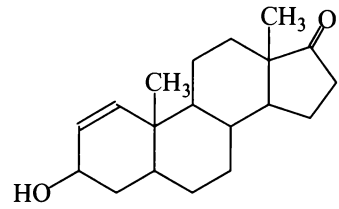
**9.** При термическом разложении 27.0 г органического вещества образовалось 13.44 л смеси газов (в пересчете на н.у.), имеющей плотность по гелию 9.0. После пропускания смеси через известковую воду объем газа уменьшился вдвое. Оставшееся газообразное вещество легче воздуха. При нагревании оно реагирует с хромом, образуя летучее соединение, содержащее 23.6% хрома по массе. Установите формулы всех перечисленных веществ и напишите уравнения всех реакций.

**10.** Массовая доля водорода в неизвестном углеводороде **X** равна 5.88%. Этот углеводород, обладающий слабыми кислотными свойствами, способен образовать соль **Y**, в которой массовая доля металла составляет 80.12%. Определите структурные формулы веществ **X** и **Y**. Напишите уравнение превращения **X** в **Y** и уравнение полной каталитической гидратации **X**.

## Задания олимпиады 2008

## Вариант 1

**1.** Международным олимпийским комитетом запрещен препарат болденон из класса анаболических стероидов. Факт применения спортсменом болденона устанавливается допинг-контролем при анализе проб мочи на наличие следующего соединения




с молекулярной массой 288, которое является продуктом биотрансформации болденона в организме. Запишите молекулярную формулу, соответствующую структуре вышеприведенного продукта, и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

**2.** Приведите электронные конфигурации основного состояния атома Mg и иона $O^{2-}$.

**3.** Сравните силу пропановой и молочной (2-гидроксипропановой) кислот. Ответ обоснуйте.

**4.** Смесь азота и метана содержит 86.3% метана по массе. Добавление какого газа не вызовет изменения плотности смеси?

**5.** Рассчитайте массу фосфата кальция, необходимую для получения образца белого фосфора, при взаимодействии которого с горячим раствором гидроксида натрия выделяется 3.36 л (н.у.) газообразного вещества.

**6.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Zn \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow ZnCl_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Zn(OH)_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Na_2ZnO_2;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

**7.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_6 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_2H_6O \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_4H_6O_3;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

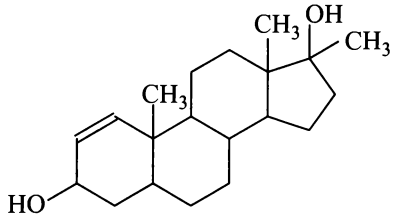
**8.** Какой объем воды необходимо добавить к 100 мл раствора уксусной кислоты, чтобы степень диссоциации кислоты увеличилась с 1% до 2%? На сколько при этом изменится значение pH раствора?

**9.** Газовая смесь, полученная при прокаливании 25.4 г смеси карбоната магния и нитрата серебра и оказавшаяся в 2.12 раза тяжелее неона, была пропущена через 160 г 7.5%-ного раствора гидроксида натрия. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

**10.** Нагревание сложного эфира с 80%-ной серной кислотой привело к образованию смеси газов. Установите строение сложного эфира, если после пропускания смеси через избыток бромной воды ее объем уменьшился в два раза, а плотность газа уменьшилась в полтора раза. Все указанные реакции протекают количественно.

## Вариант 2

**1.** Международным олимпийским комитетом запрещен препарат метандиенон из класса анаболических стероидов. Факт применения спортсменом метандиенона устанавливается допинг-контролем при анализе проб мочи на наличие следующего соединения




с молекулярной массой 304, которое является продуктом биотрансформации метандиенона в организме. Запишите молекулярную формулу, соответствующую структуре вышеприведенного продукта, и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

**2.** Приведите электронные конфигурации основного состояния атома P и иона $K^+$.

**3.** Сравните силу 3-бромпропановой и 2-хлорпропановой кислот. Ответ обоснуйте.

**4.** Смесь кислорода и гелия содержит 91.5% кислорода по массе. Добавление какого газа не вызовет изменения плотности смеси?

**5.** Для полного растворения образца серы, полученного из сероводорода, потребовалось 400 г 8.4%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте необходимую массу сероводорода.

**6.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Cu \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cu(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CuSO_4 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Cu_2O;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

**7.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_2H_6O \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_4H_{10} \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_2H_6O;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

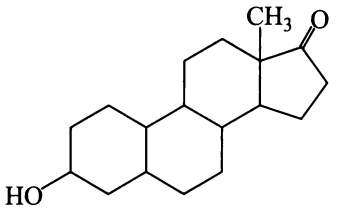
**8.** Раствор хлорноватистой кислоты со степенью диссоциации 0.05% разбавили в два раза. Какова степень диссоциации кислоты в полученном растворе? На сколько при этом изменилось значение pH раствора?

**9.** Газовая смесь, полученная при прокаливании 67.6 г смеси карбоната кальция и нитрата алюминия и оказавшаяся в 1.55 раза тяжелее азота, была пропущена через 300 г 8.8%-ного раствора гидроксида лития. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

**10.** Нагревание сложного эфира с 80%-ной серной кислотой привело к образованию смеси газов. Установите строение исходного сложного эфира, если после пропускания через избыток водного раствора перманганата калия объем смеси уменьшился вдвое, а плотность не изменилась. Все указанные реакции протекают количественно.

## Вариант 3

**1.** Международным олимпийским комитетом запрещен препарат нандролон из класса анаболических стероидов. Факт применения спортсменом нандролона устанавливается допинг-контролем при анализе проб мочи на наличие следующего соединения




с молекулярной массой 276, являющегося продуктом биотрансформации нандролона в организме. Запишите молекулярную формулу, соответствующую структуре вышеприведенного продукта, и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

**2.** Приведите электронные конфигурации основного состояния атома Si и иона $Na^+$.

**3.** Сравните силу *пара*-нитробензойной и *пара*-метилбензойной кислот. Ответ обоснуйте.

**4.** Смесь этана и аргона содержит 75.0% этана по массе. Добавление какого газа не вызовет изменения плотности смеси?

**5.** Рассчитайте количество хлора, прореагировавшего с горячим раствором гидроксида калия, если при выпаривании полученного раствора был получен сухой остаток, прокаливание которого позволило получить 6.72 л (н.у.) газообразного вещества.

**6.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Fe \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow FeCl_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Fe_2O_3;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

**7.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_2H_6 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_6O \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_3H_6O;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия протекания реакций.

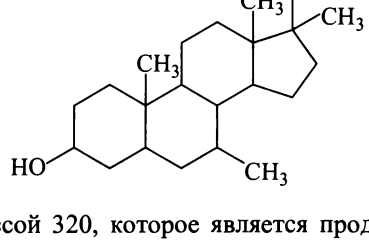
**8.** Во сколько раз необходимо разбавить раствор иодноватистой кислоты, чтобы увеличить степень диссоциации в три раза? На сколько при этом изменится значение pH раствора?

**9.** Газовая смесь, полученная при прокаливании 117.2 г смеси карбоната бария и нитрата ртути и оказавшаяся на 35% легче оксида серы (IV), была пропущена через 320 г 14.0%-ного раствора гидроксида калия. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

**10.** Нагревание сложного эфира с 80%-ной серной кислотой привело к образованию смеси газов. Установите строение сложного эфира, если после пропускания через избыток бромной воды объем смеси уменьшился в два раза, а масса уменьшилась в 2.5 раза. Все указанные реакции протекают количественно.

## Вариант 4

**1.** Международным олимпийским комитетом запрещен препарат болостерон из класса анаболических стероидов. Факт применения спортсменом болостерона устанавливается допинг-контролем при анализе проб мочи на наличие следующего соединения




с молекулярной массой 320, которое является продуктом биотрансформации болостерона в организме. Запишите молекулярную формулу, соответствующую структуре вышеприведенного продукта, и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

**2.** Приведите электронные конфигурации основного состояния атома Al и иона $F^-$.

**3.** Сравните основность метиламина и *пара*-метиланилина. Ответ обоснуйте.

**4.** Смесь озона и неона содержит 85.72% озона по массе. Добавление какого газа не вызовет изменения плотности смеси?

**5.** Рассчитайте объем газа (н.у.), выделившегося в реакции алюминия с водным раствором гидроксида натрия, если при пропускании через полученный раствор избытка углекислого газа образовалось 31.2 г осадка.

**6.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$AgF \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Ag \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Ag_2O \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Ag_2C_2.$$

Определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**7.** Приведите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_2H_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CH_4 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_3H_6O_2.$$

Определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**8.** К 100 мл раствора бромноватистой кислоты со степенью диссоциации 0.02% добавили 125 мл воды. Какова степень диссоциации кислоты в полученном растворе? На сколько при этом изменилось значение pH раствора?

**9.** Газовая смесь, полученная при прокаливании 39.8 г смеси карбоната магния и нитрата меди (II) и оказавшаяся на 9% тяжелее аргона, была пропущена через 420 г 25.0%-ного раствора гидроксида цезия. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном растворе.

**10.** Нагревание сложного эфира с 80%-ной серной кислотой привело к образованию смеси газов. Установите строение сложного эфира, если известно, что после пропускания через избыток водного раствора перманганата калия объем и масса смеси уменьшились в два раза. Все указанные реакции протекают количественно.

## Задания олимпиады 2009

## Вариант ЛБ-1

**1.** Золото – не только драгоценный металл, но и перспективный катализатор, например, в процессах каталитического окисления CO до углекислого газа в выхлопных газах автомобилей. Каталитические свойства проявляет золото, находящееся в виде наночастиц. Сколько наночастиц состава $Au_{20}$ можно получить из 5.5 $см^3$ металла? Плотность золота составляет 19.32 $г/см^3$.

**2.** Скорость некоторой реакции увеличивается в 2.5 раза при повышении температуры реакционной смеси на 10°C. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры от 75 до 95°C?

**3.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $NO_2^-$ и HCl?

**4.** Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

$\rightarrow BaBr_2 + HBr$;

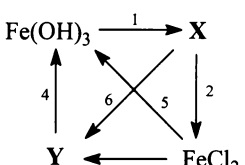
$\rightarrow CH_3CH(NH_2)COOH + NH_4Cl$?

Запишите полные уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** Какова теплота образования ацетилена, если при сгорании 53.76 л (н.у.) его выделилось 3118.8 кДж теплоты? Теплоты образования $CO_2$ и $H_2O$ составляют 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно.

**6.** Смесь гидрида алюминия и карбоната кальция массой 46.0 г растворили в разбавленной серной кислоте и получили газовую смесь с плотностью по неону 0.94. Определите количества веществ в исходной твердой смеси.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_4H_8 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_4H_9Br \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_8H_{10} \rightarrow C_8H_6O_4 \rightarrow C_8H_4O_3.$$

Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**9.** Рассчитайте минимальную массу 82%-ного раствора серной кислоты, достаточного для полного растворения при нагревании 4.0 г смеси оксида железа (II,III), углерода и оксида меди (I) с молярным соотношением компонентов 1 : 2 : 1 в порядке перечисления. Рассчитайте объем выделившихся при этом газов (н.у.). Продуктом восстановления серной кислоты во всех случаях считайте оксид серы (IV).

**10.** При окислении 0.03 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата калия образовалось 7.26 г терефталата калия (калиевой соли бензол-1,4-дикарбоновой кислоты), 8.28 г $K_2CO_3$, 17.4 г $MnO_2$, 1.12 г KOH и вода. Предложите возможную структуру исходного соединения, запишите уравнение реакции его окисления.

## Вариант ЛБ-2

**1.** Платина – не только драгоценный металл, но и известный катализатор. Платина широко применяется в устройствах каталитического окисления CO до углекислого газа в выхлопных газах автомобилей. Особенно эффективно каталитические свойства проявляет платина, находящаяся в виде наночастиц. Сколько наночастиц состава $Pt_{20}$ можно получить из 3.5 $см^3$ металла? Плотность платины составляет 21.45 $г/см^3$.

**2.** Скорость некоторой реакции уменьшается в 4 раза при понижении температуры реакционной смеси на 10°С. Во сколько раз возрастет скорость реакции при повышении температуры от 55 до 85°С?

**3.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $PO_3^-$ и $SiH_4$?

**4.** Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

$\rightarrow KCl + P_2O_5$;

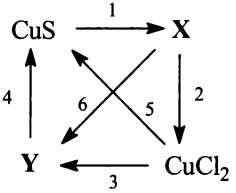
$\rightarrow C_4H_6 + NaBr + H_2O$?

Напишите полные уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При сгорании какого объема (н.у.) газообразного диборана $B_2H_6$ выделится 4071.2 кДж теплоты, если теплоты образования $B_2H_6$, $B_2O_3$ и $H_2O$ составляют 95.3, 1273.5 и 285.8 кДж/моль соответственно?

**6.** Смесь карбида алюминия и сульфита бария массой 64.9 г растворили в соляной кислоте и получили смесь газов с плотностью по гелию 5.2. Определите количества веществ в исходной твердой смеси.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_3H_8 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_3H_4 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_9H_{11}Cl \rightarrow C_9H_{12}O \rightarrow C_{10}H_{12}O_2.$$

Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**9.** Рассчитайте минимальную массу 85%-ного раствора азотной кислоты, достаточного для полного растворения при нагревании 6.88 г смеси оксида железа (II,III), углерода и оксида меди(I) с молярным соотношением компонентов 1 : 2 : 3 в порядке перечисления. Рассчитайте объем выделившихся при этом газов (н.у.). Продуктом восстановления азотной кислоты во всех случаях считайте оксид азота (IV).

**10.** При окислении 0.03 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата калия образовалось 7.26 г фталата калия (калиевой соли бензол-1,2-дикарбоновой кислоты), 4.14 г $K_2CO_3$, 13.92 г

$MnO_2$, 2.24 г KOH и вода. Предложите возможную структуру исходного соединения, запишите уравнение реакции его окисления.

## Вариант ЛБ-3

**1.** Палладий – не только драгоценный металл, но и известный катализатор. Палладий широко применяется в устройствах каталитического окисления CO до углекислого газа в выхлопных газах автомобилей. Особенно эффективно каталитические свойства проявляет палладий, находящийся в виде наночастиц. Сколько наночастиц состава $Pd_8$ можно получить из 8.0 $см^3$ металла? Плотность палладия составляет 12.02 $г/см^3$.

**2.** Скорость некоторой реакции увеличивается в 2.0 раза при повышении температуры реакционной смеси на 10°C. Во сколько раз уменьшится скорость реакции при понижении температуры от 85 до 45°C?

**3.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $Mg^{2+}$ и CO?

**4.** Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

$\rightarrow KNO_3 + KNO_2 + H_2O$;

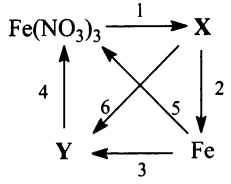
$\rightarrow CH_2(OH)–CH_2(OH) + NaBr$?

Напишите полные уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** Теплоты образования $C_2H_2$, $CO_2$ и $H_2O$ составляют –226.7, 393.5 и 285.8 кДж/моль соответственно. Сколько теплоты выделится при сгорании 62.4 г ацетилена?

**6.** Смесь сульфида алюминия и карбида кальция массой 51.4 г растворили в иодоводородной кислоте и получили смесь газов с плотностью по аргону 0.83. Определите количества веществ в исходной твердой смеси.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$C_4H_9Br \rightarrow C_8H_{18} \rightarrow C_8H_{10} \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_8H_8 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_8H_8O_2$.

Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**9.** Рассчитайте минимальную массу 84%-ного раствора серной кислоты, достаточного для полного растворения при нагревании 14.32 г смеси оксида железа (II,III), углерода и меди с молярным соотношением компонентов 2 : 5 : 3 в порядке перечисления. Рассчитайте объем выделившихся при этом газов (н.у.). Продуктом восстановления серной кислоты во всех случаях считайте оксид серы (IV).

**10.** При окислении 0.01 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата калия образовалось 2.42 г терефталата калия (калиевой соли бензол-1,4-дикарбоновой кислоты), 2.76 г $K_2CO_3$, 5.22 г $MnO_2$ и вода. Предложите возможную структуру исходного соединения, запишите уравнение реакции его окисления.

## Вариант ЛБ-4

**1.** Золото – не только драгоценный металл, но и перспективный катализатор, например, в процессах каталитического окисления CO до углекислого газа в выхлопных газах автомобилей. Каталитические свойства проявляет золото, находящееся в виде наночастиц. Сколько наночастиц состава $Au_8$ можно получить из 2.5 $см^3$ металла? Плотность золота составляет 19.32 $г/см^3$.

**2.** Скорость некоторой реакции уменьшается в 3.0 раза при понижении температуры реакционной смеси на 10°C. Во сколько раз уменьшится скорость реакции при понижении температуры от 90 до 60°C?

**3.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $Ca^{2+}$ и $H_2S$?

**4.** Какие два вещества вступили в реакцию, если в результате образовались следующие вещества (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

$\rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$;

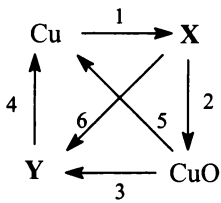
$\rightarrow C_6H_6 + Na_2CO_3$?

Напишите полные уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При сгорании 84 г диборана $B_2H_6$ выделилось 6106.8 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования диборана, если теплоты образования $B_2O_3$ и $H_2O$ составляют 1273.5 и 285.8 кДж/моль соответственно.

**6.** Смесь фосфида магния и карбида кальция массой 26.2 г растворили в бромоводородной кислоте и получили смесь газов с плотностью по неону 1.5. Определите количества веществ в исходной твердой смеси.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$CH_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_8H_{10} \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_8H_6 \rightarrow C_8H_8O.$$

Укажите условия протекания всех реакций, определите неизвестные вещества.

**9.** Рассчитайте минимальную массу 83%-ного раствора азотной кислоты, достаточного для полного растворения при нагревании 7.44 г смеси оксида железа (II,III), углерода и меди с молярным соотношением компонентов 1 : 1 : 2 в порядке перечисления. Рассчитайте объем выделившихся при этом газов (н.у.). Продуктом восстановления азотной кислоты во всех случаях считайте оксид азота (IV).

**10.** При окислении 0.03 моль неизвестного органического соединения водным раствором перманганата калия образовалось 7.26 г фталата калия (калиевой соли бензол-1,2-дикарбоновой кислоты), 4.14 г $K_2CO_3$, 12.18 г $MnO_2$, 1.12 г KOH и вода. Предложите возможную структуру исходного соединения, запишите уравнение реакции его окисления.

## Задания олимпиады 2010

### Вариант 1

**1.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $K^+$ и $NO_2$?

**2.** Даны растворы хлорида лития и фторида калия одинаковой молярной концентрации. В каком случае pH раствора больше и почему?

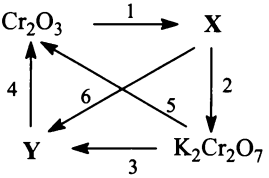
**3.** Напишите уравнение реакции бромэтана с водным раствором щелочи. Укажите механизм реакции.

**4.** Константа скорости изомеризации **A** → **C** равна 50 $с^{-1}$, а константа скорости обратной реакции равна 10 $с^{-1}$. Рассчитайте состав равновесной смеси (в граммах), полученной из 15 г вещества **A**.

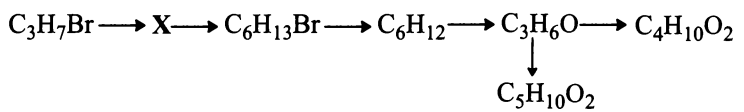
**5.** Сколько изомерных диметилфенолов существует? Изобразите их структурные формулы.

**6.** К 2.0 г смеси сульфида меди (II) и сульфида алюминия прилили 100 мл воды, при этом выделилось 1.02 г газа. Осадок отфильтровали и высушили. Рассчитайте массу осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:




Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** При взаимодействии дисульфида железа (II) $FeS_2$ с избытком азотной кислоты выделилось 3.667 л газа, плотность которого при 1 атм и 25°C составила 1.227 г/л. В результате реакции образовался раствор массой 49.1 г, в котором массовая доля азотной кислоты в три раза превышает массовую долю серной кислоты. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в исходном растворе.

**10.** Для полного гидролиза 18 г сложного эфира потребовалось 100 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Смесь после гидролиза нагрели с избытком подкисленного раствора перманганата натрия, при этом выделилось 16.8 л (н. у.) углекислого газа. Установите строение сложного эфира; напишите уравнения реакций гидролиза и окисления.

## Вариант 2

**1.** Сколько электронов и протонов входит в состав частиц $Mg^{2+}$ и $NH_3$?

**2.** Даны растворы хлорида натрия и сульфата аммония одинаковой молярной концентрации. В каком случае pH раствора больше и почему?

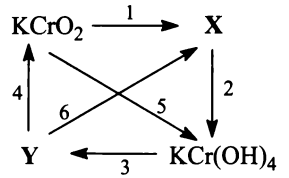
**3.** Напишите уравнение реакции фенола с бромной водой. Укажите механизм реакции.

**4.** Константа скорости изомеризации **X** → **Y** равна 110 $мин^{-1}$, а константа скорости обратной реакции равна 44 $мин^{-1}$. Рассчитайте состав равновесной смеси (в граммах), полученной из 125 г вещества **X**.

**5.** Сколько существует изомерных дихлорпроизводных *н*-бутана? Изобразите их структурные формулы.

**6.** К 2.0 г смеси сульфида меди (II) и сульфида алюминия прилили 100 мл воды, при этом выделилось 1.02 г газа. Осадок отфильтровали и высушили. Рассчитайте массу осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_9H_{12} \rightarrow C_3H_6O \rightarrow C_4H_7NO \rightarrow C_4H_8O_3 \rightarrow C_8H_{12}O_4;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

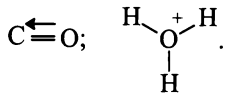
**9.** При взаимодействии сульфида меди (I) с избытком азотной кислоты выделилось 2.38 л газа, плотность которого при 1 атм и 17°С составила 1.176 г/л. В результате реакции образовался раствор массой 243.2 г, в котором массовая доля азотной кислоты вдвое превышает массовую долю серной кислоты. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в исходном растворе.

**10.** Для полного гидролиза 14.75 г сложного эфира потребовалось 56 г 25%-ного раствора гидроксида калия. Смесь после гидролиза нагрели с избытком подкисленного раствора перманганата калия, при этом выделилось 11.2 л (н.у.) углекислого газа. Установите строение сложного эфира, напишите уравнения реакций гидролиза и окисления.

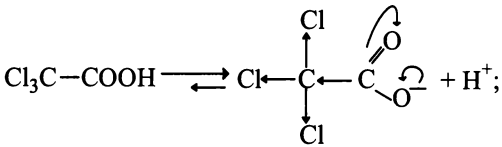
# Решения заданий олимпиады 2006

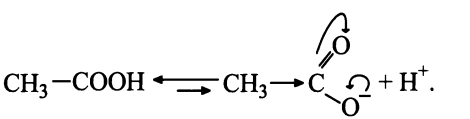
## Вариант 1

**1.** Трехвалентный кислород содержится в молекуле CO и ионе гидроксония $H_3O^+$:



**2.** Трихлоруксусная кислота $Cl_3CCOOH$ сильнее уксусной кислоты $CH_3COOH$. Отрицательный индуктивный эффект атомов **хлора способствует** большей делокализации отрицательного заряда в **образующемся** в результате диссоциации карбоксилат-анионе:





**3.** CaO (оксид), $Ca(OH)_2$ (гидроксид), $K_2CO_3$ (соль):

$CaO + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$;

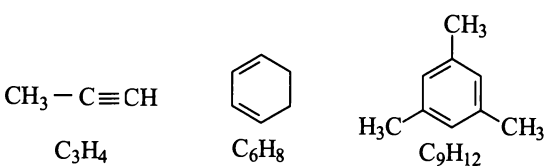
$Ca(OH)_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$;

$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftarrows HCO_3^- + OH^-$.

**4.** Из условия задачи мольное соотношение атомов углерода и водорода

$$\nu(C) : \nu(H) = (90 / 12) : (10 / 1) = 3 : 4.$$

Следовательно, простейшая формула углеводорода – $C_3H_4$. Она соответствует, например, следующим соединениям:



**5.** Газ, выделяющийся при сжигании соединения железа с серой в избытке кислорода, это – $SO_2$, а твердый остаток – $Fe_2O_3$:

$$2FeS_x + (4x + 3)O_2 \rightarrow Fe_2O_3\downarrow + 2xSO_2\uparrow.$$

Реакция взаимодействия выделившегося газа с перманганатом калия в кислой среде:

$$5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 2K_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2SO_4.$$

Из условия задачи количество прореагировавшего $KMnO_4$

$$\nu(KMnO_4) = 0.4 \cdot 0.2 = 0.08 \text{ моль},$$

следовательно, $SO_2$ прореагировало

$$\nu(SO_2) = 0.08 \cdot 5 / 2 = 0.2 \text{ моль};$$

такое же количество прореагировало и атомов серы

$$\nu(S) = 0.2 \text{ моль}.$$

Твердый остаток от сжигания растворяется в соляной кислоте:

$$Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O.$$

Из условия задачи количество израсходованной HCl составляет

$$\nu(HCl) = 30 \cdot 0.365 / 36.5 = 0.3 \text{ моль},$$

следовательно, $Fe_2O_3$ прореагировало

$$\nu(Fe_2O_3) = \nu(HCl) / 6 = 0.05 \text{ моль},$$

а количество атомов железа в два раза больше

$$\nu(Fe) = 2 \cdot 0.05 = 0.1 \text{ моль}.$$

Мольное соотношение атомов железа и серы

$$\nu(Fe) : \nu(S) = 0.1 : 0.2 = 1 : 2,$$

отсюда формула соединения – $FeS_2$, это – пирит.

Количество пирита в навеске и его масса:

$$\nu(FeS_2) = \nu(Fe) = 0.1 \text{ моль},$$
$$m(FeS_2) = 0.1 \cdot 120 = 12.0 \text{ г}.$$

*Ответ:* 12.0 г $FeS_2$.

**6.** Для обратимой реакции

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

константа равновесия

$$K_p = \frac{\nu(HI)^2}{\nu(H_2) \cdot \nu(I_2)}.$$

Зная теплоту образования HI, можно рассчитать количество моль HI, образующегося в результате реакции:

$$\nu(HI) = 8.4 / 7.0 = 1.2 \text{ моль},$$

следовательно, было израсходовано по 0.6 моль $H_2$ и $I_2$.

Тогда равновесные концентрации исходных веществ составят:

$$\nu(H_2) = 1.2 - 0.6 = 0.6 \text{ моль},$$
$$\nu(I_2) = 0.7 - 0.6 = 0.1 \text{ моль}.$$

Константа равновесия

$$K_p = 1.2^2 / (0.6 \cdot 0.1) = 24.$$

*Ответ*: $K_p = 24$.

**7.** 1) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

2) $S + O_2 \xrightarrow{t^\circ} SO_2$;

3) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

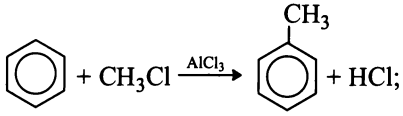
4) $2H_2O + 2Na \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$;

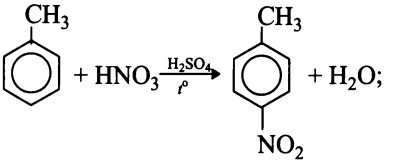
5) $NaOH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$;

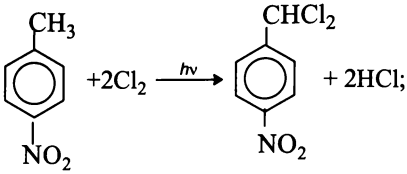
6) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$.

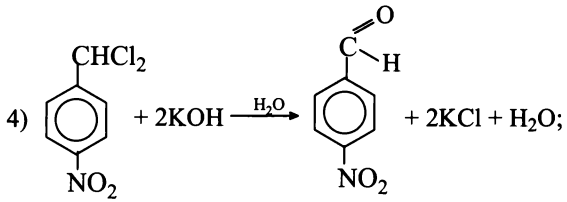
*Ответ*: **X** – $O_2$, **Y** – $H_2O$, **Z** – $CH_3COONa$.

**8.**

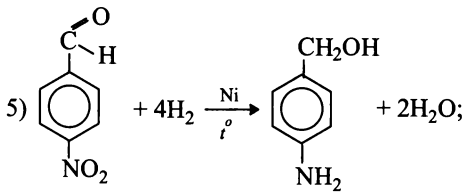
1) 

2) 

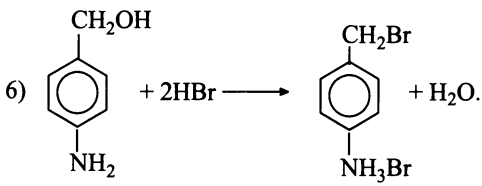
3) 



4) $+ 2KOH \xrightarrow{H_2O} + 2KCl + H_2O;$



5) $+ 4H_2 \xrightarrow[t^o]{Ni} + 2H_2O;$



6) $+ 2HBr \longrightarrow + H_2O.$

*Ответ*: **X** – $C_6H_5–CH_3$, **Y** – $O_2N–C_6H_4–CHCl_2$, **Z** – $H_2N–C_6H_4–CH_2OH$.

**9.** Формулы дихлорэтанов: $CH_3CHCl_2$ и $ClCH_2CH_2Cl$. Оба дихлорэтана при взаимодействии со спиртовым раствором щелочи дают ацетилен:

$$C_2H_4Cl_2 + 2KOH(\text{спирт.р-р}) \rightarrow C_2H_2\uparrow + 2KCl + 2H_2O,$$

который взаимодействует с аммиачным раствором оксида серебра:

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow C_2Ag_2\downarrow + 2H_2O + 4NH_3.$$

По условию задачи количество $C_2Ag_2$

$$\nu(C_2Ag_2) = 9.60 / 240 = 0.04 \text{ моль}.$$

Количество $C_2H_2$ и суммарное количество дихлорэтанов из уравнений реакции также равны по 0.04 моль:

Масса исходной смеси дихлорэтанов составляет

$$m(\text{исх}) = 0.04 \cdot 99 = 3.96 \text{ г}.$$

С водным раствором щелочи один изомер дает этиленгликоль, а другой – альдегид:

$$ClCH_2CH_2Cl + 2KOH(\text{водн. р-р}) \rightarrow HOCH_2CH_2OH + 2KCl;$$

$$CH_3CHCl_2 + 2KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow CH_3CH{=}O + 2KCl + H_2O;$$

именно альдегид реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка:

$$CH_3CH{=}O + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow 2Ag\downarrow + CH_3COONH_4 + 3NH_3 + H_2O.$$

Количество выпавшего в осадок серебра

$$\nu(Ag) = 6.48 / 108 = 0.06 \text{ моль}.$$

Отсюда количество $CH_3CH{=}O$ и $CH_3CHCl_2$

$$\nu(CH_3CH{=}O) = \nu(CH_3CHCl_2) = 0.06 / 2 = 0.03 \text{ моль},$$

а количество $ClCH_2CH_2Cl$

$$\nu(ClCH_2CH_2Cl) = 0.04 - 0.03 = 0.01 \text{ моль}.$$

*Ответ.* 3.96 г; 75% $CH_3CHCl_2$, 25% $ClCH_2CH_2Cl$.

**10.** Реакция протекает по уравнению

$$\mathbf{A}_2 + x\mathbf{B}_2 \rightarrow 2\mathbf{AB}_x$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Было | 1 | 9 | 0 | всего 10 моль |
| Осталось | 0 | $9 - x$ | 2 | всего $(11 - x)$ моль |

Так как $p_1 = \dfrac{\nu_1 RT_1}{V}$; $p_2 = \dfrac{\nu_2 RT_2}{V}$ и по условию $p_2 = p_1$, можно рассчитать конечное количество газов

$$\nu_2 = \frac{\nu_1 T_1}{T_2} = \frac{10 \cdot 293}{488} = 6 \text{ моль}.$$

Количество вещества $\mathbf{B}_2$, вступившего в реакцию

$$\nu(\mathbf{B}_2) = 6 = 11 - x \text{ моль},$$

отсюда $x = 5$ моль.

Простые вещества – двухатомные газы: $H_2$, $N_2$, $O_2$, $F_2$ и $Cl_2$. Из этих веществ можно получить только одно вещество состава $\mathbf{AB}_5$, а именно $ClF_5$.

При взаимодействии с водой и щелочью $ClF_5$ гидролизуется:

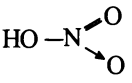
$$ClF_5 + 3H_2O \rightarrow HClO_3 + 5HF;$$

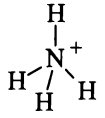
$$ClF_5 + 6KOH \rightarrow KClO_3 + 5KF + 3H_2O.$$

*Ответ:* $ClF_5$.

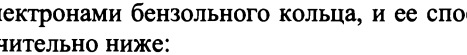
## Вариант 2

**1.** Четырехвалентный азот содержится в молекуле $HNO_3$ и ионе аммония $NH_4^+$:

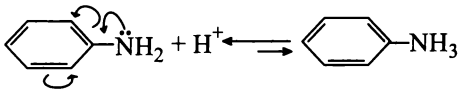




**2.** Метиламин $CH_3NH_2$ – более сильное основание, чем анилин $C_6H_5NH_2$. В молекуле метиламина положительный индуктивный эффект метильной группы повышает способность неподеленной пары электронов на атоме азота принимать протон:



В молекуле анилина неподеленная электронная пара находится в сопряжении с π-электронами бензольного кольца, и ее способность принимать протон значительно ниже:



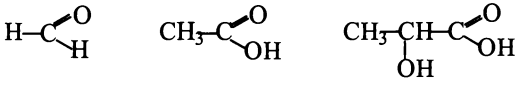
**3.** В воде кислотный раствор имеют: $SO_2$ (оксид), HCl (кислота), $FeCl_3$ (соль):

$SO_2 + H_2O \rightleftarrows H^+ + HSO_3^-$;

$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$;

$Fe^{3+} + H_2O \rightleftarrows FeOH^{2+} + H^+$.

**4.** На 1 моль углерода приходится масса соединения 12 / 0.4 = 30 г, что соответствует простейшей формуле $CH_2O$. Этой формуле отвечают следующие вещества: $H_2CO$ – формальдегид; $C_2H_4O_2$ – уксусная кислота; $C_3H_6O_3$ – молочная кислота:



**5.** Газ, выделяющийся при сжигании, это $SO_2$, а твердый остаток – $Fe_2O_3$:

$$2FeS_x + (4x + 3)O_2 \rightarrow Fe_2O_3\downarrow + 2xSO_2\uparrow.$$

Реакция взаимодействия выделившегося газа с дихроматом калия в кислой среде:

$$3SO_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O.$$

Из условия задачи количество прореагировавшего $K_2Cr_2O_7$

$$\nu(K_2Cr_2O_7) = 0.5 \cdot 0.2 = 0.1 \text{ моль},$$

следовательно, $SO_2$ прореагировало

$$\nu(SO_2) = 0.1 \cdot 3 = 0.3 \text{ моль};$$

количество атомов серы также равно 0.3 моль: $\nu(S) = 0.3$ моль.

Твердый остаток от сжигания растворяется в серной кислоте:

$$Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O.$$

Из условия задачи количество израсходованной $H_2SO_4$ составляет

$$\nu(H_2SO_4) = 180 \cdot 0.245 / 98 = 0.45 \text{ моль},$$

следовательно, $Fe_2O_3$ прореагировало

$$\nu(Fe_2O_3) = \nu(H_2SO_4) / 3 = 0.15 \text{ моль},$$

а количество атомов железа в два раза больше

$$\nu(Fe) = 2 \cdot 0.15 = 0.3 \text{ моль}.$$

Мольное соотношение атомов железа и серы

$$\nu(Fe) : \nu(S) = 0.3 : 0.3 = 1 : 1,$$

отсюда формула соединения – FeS, это сульфид железа.

Количество моль FeS в навеске и ее масса:

$$\nu(FeS) = \nu(Fe) = 0.3 \text{ моль},$$
$$m(FeS) = 0.3 \cdot 88 = 26.4 \text{ г}.$$

*Ответ:* 26.4 г FeS.

**6.** Для обратимой реакции

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$$

константа равновесия

$$K_p = \frac{\nu(HI)^2}{\nu(H_2) \cdot \nu(I_2)}.$$

Зная теплоту образования HI, можно рассчитать количество моль HI, образующегося в результате реакции:

$$\nu(HI) = 12.6 / 7.0 = 1.8 \text{ моль};$$

следовательно, было израсходовано по 0.9 моль $H_2$ и $I_2$.

Тогда равновесные концентрации исходных веществ составят:

$$\nu(H_2) = 1.6 - 0.9 = 0.7 \text{ моль},$$
$$\nu(I_2) = 1.0 - 0.9 = 0.1 \text{ моль},$$

а константа равновесия будет равна

$$K_p = 1.8^2 / (0.7 \cdot 0.1) = 46.3.$$

*Ответ*: $K_p = 46.3$.

**7.** 1) $4Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 8NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

2) $S + O_2 \xrightarrow{t^\circ} SO_2$;

3) $SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$;

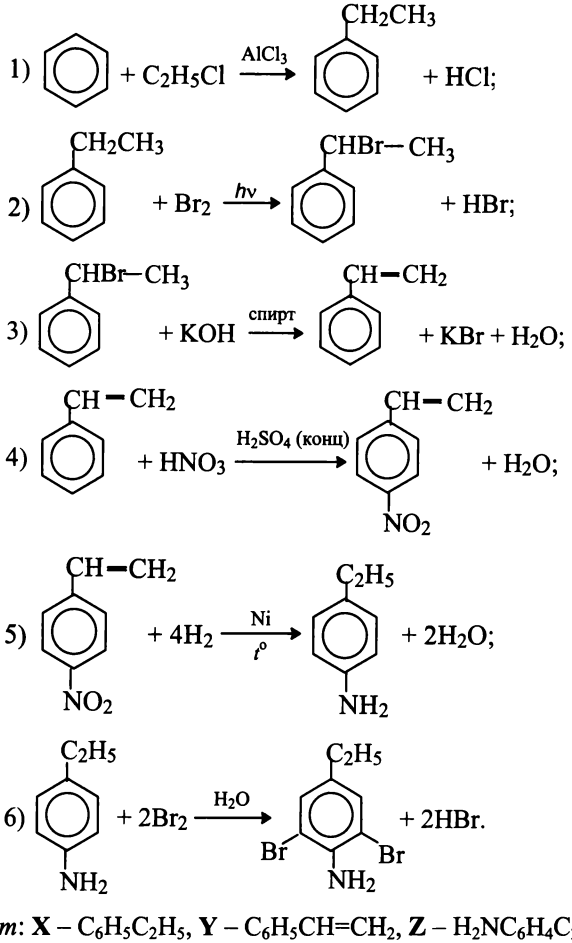
4) $Na_2SO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_3\downarrow + 2NaCl$;

5) $NaCl + CH_3COOAg \rightarrow CH_3COONa + AgCl\downarrow$;

6) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $O_2$, **Y** – $Na_2SO_3$, **Z** – $CH_3COONa$.

**8.**




*Ответ*: **X** – $C_6H_5C_2H_5$, **Y** – $C_6H_5CH{=}CH_2$, **Z** – $H_2NC_6H_4C_2H_5$.

**9.** Формулы дихлорэтанов: $CH_3CHCl_2$ и $ClCH_2CH_2Cl$. Оба дихлорэтана при взаимодействии со спиртовым раствором щелочи дают ацетилен:

$$C_2H_4Cl_2 + 2KOH(\text{спирт. р-р}) \rightarrow C_2H_2\uparrow + 2KCl + 2H_2O,$$

который взаимодействует с аммиачным раствором гидроксида меди (I):

$$C_2H_2 + 2[Cu(NH_3)_2]OH \rightarrow C_2Cu_2\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O.$$

По условию задачи количество $C_2Cu_2$

$$\nu(C_2Cu_2) = 4.56 / 152 = 0.03 \text{ моль}.$$

Количество $C_2H_2$ и суммарное количество дихлорэтанов из уравнений реакций также равны по 0.03 моль: $\nu(C_2H_2) = \nu_{общ}(C_2H_4Cl_2) = 0.03$ моль.

Масса исходной смеси дихлорэтанов составляет:

$$m(\text{исх}) = 0.03 \cdot 99 = 2.97 \text{ г}.$$

С водным раствором щелочи один изомер дает этиленгликоль, а другой – альдегид:

$$ClCH_2CH_2Cl + 2KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow HOCH_2CH_2OH + 2KCl;$$

$$CH_3CHCl_2 + 2KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow CH_3CH{=}O + 2KCl + H_2O;$$

именно альдегид реагирует с аммиачным раствором оксида серебра с образованием осадка:

$$CH_3CH{=}O + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow 2Ag\downarrow + CH_3COONH_4 + 3NH_3 + H_2O.$$

Количество выпавшего в осадок серебра:

$$\nu(Ag) = 2.16 / 108 = 0.02 \text{ моль},$$

Отсюда количество $CH_3CH{=}O$ и $CH_3CHCl_2$:

$$\nu(CH_3CH{=}O) = \nu(CH_3CHCl_2) = 0.02 / 2 = 0.01 \text{ моль},$$

а количество $ClCH_2CH_2Cl$ составляет

$$\nu(ClCH_2CH_2Cl) = 0.03 - 0.01 = 0.02 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 2.97 г; 33% $CH_3CHCl_2$, 67% $ClCH_2CH_2Cl$.

**10.** Реакция протекает по уравнению:

$$\mathbf{A}_2 + x\mathbf{B}_2 \rightarrow 2\mathbf{AB}_x.$$

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Было | 1 | 7 | 0 | всего 8 моль |
| Осталось | 0 | $7 - x$ | 2 | всего $(9 - x)$ моль |

Так как $p_1 = \dfrac{\nu_1 RT_1}{V}$; $p_2 = \dfrac{\nu_2 RT_2}{V}$ и по условию $p_2 = p_1$, можно рассчитать конечное количество газов

$$\nu_2 = \frac{\nu_1 T_1}{T_2} = \frac{8 \cdot 273}{546} = 4 \text{ моль}.$$

Рассчитаем $x$ – количество моль $\mathbf{B}_2$, вступившего в реакцию:

$$\nu(\mathbf{B}_2) = 4 = 9 - x,$$

отсюда $x = 5$ моль.

Простые вещества – двухатомные газы: $H_2$, $N_2$, $O_2$, $F_2$ и $Cl_2$. Из этих веществ можно получить только одно вещество состава $\mathbf{AB}_5$, а именно $ClF_5$.

С водой и щелочью $ClF_5$ гидролизуется:

$$ClF_5 + 3H_2O \rightarrow HClO_3 + 5HF$$

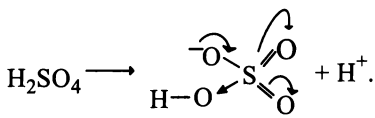
$$ClF_5 + 6KOH \rightarrow KClO_3 + 5KF + 3H_2O.$$

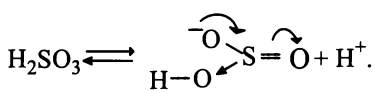
*Ответ*: $ClF_5$.

## Вариант 3

**1.** $[Ag(CN)_2]^-$, $[Ag(NH_3)_2]^+$.

**2.** Серная кислота $H_2SO_4$ сильнее сернистой кислоты $H_2SO_3$:





Чем больше атомов кислорода связано с атомами серы, тем выше делокализация отрицательного заряда в образующемся при диссоциации анионе, т.е. больше его стабильность.

**3.** $CH_3COOH$ (кислота), $(CH_3CO)_2O$ (ангидрид), $CH_3C(O)Cl$ (хлорангидрид).

**4.** Ацетальдегид $CH_3CH{=}O$; бутановая кислота $C_3H_7COOH$; циклогексантриол $C_6H_{12}O_3$.

**5.** 14.4 г CuS.

**6.** $K = 26.9$.

**7.** **X** – $CuCl_2$, **Y** – KCl, **Z** – $O_2$.

1) $CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow CuCl_2 + BaSO_4\downarrow$;

2) $CuCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu + Cl_2$;

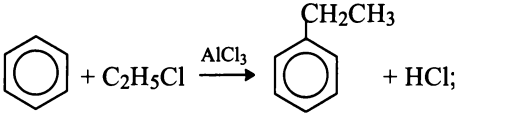
3) $Cl_2 + 2KI \rightarrow 2KCl + I_2$;

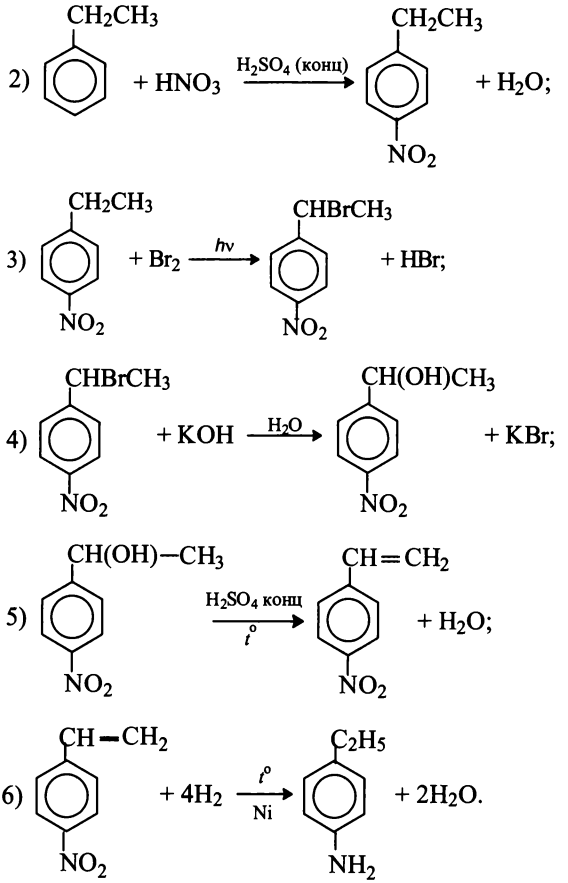
4) $KCl + AgNO_3 \rightarrow KNO_3 + AgCl\downarrow$;

5) $2KNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2KNO_2 + O_2\uparrow$;

6) $O_2 + C \xrightarrow{t^\circ} CO_2$.

**8.** **X** – $C_6H_5C_2H_5$, **Y** – $O_2N{-}C_6H_4{-}CHBr{-}CH_3$, **Z** – $O_2N{-}C_6H_4{-}CH{=}CH_2$.






**9.** 2.97 г; 67% $CH_3CHCl_2$, 33% $ClCH_2CH_2Cl$.

**10.** $ClF_5$.

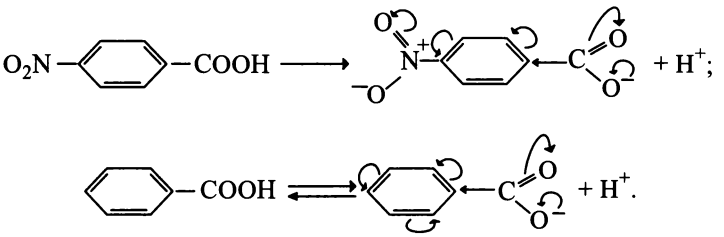
$ClF_5 + 3H_2O \rightarrow HClO_3 + 5HF$;

$ClF_5 + 6KOH \rightarrow KClO_3 + 5KF + 3H_2O$.

## Вариант 4

**1.** $[Zn(CN)_4]^{2-}$, $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$.

**2.** *Пара*-$O_2N–C_6H_4COOH$ сильнее $C_6H_5COOH$. Отрицательный индуктивный и мезомерный эффект нитрогруппы способствует большей делокализации отрицательного заряда в образующемся в результате диссоциации карбоксилат-анионе:



**3.** CaO (оксид), $Ca(OH)_2$ (основание), $K_2CO_3$ (соль).

**4.** Бутин $C_4H_6$, этилбензол $C_8H_{12}$, триэтилбензол $C_{12}H_{18}$.

**5.** 19.2 г $Cu_2S$.

**6.** $K = 24.9$.

**7.** **X** – $O_2$, **Y** – $H_2O$, **Z** – $C_6H_5COOK$.

1) $2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2PbO + 4NO_2 + O_2$;

2) $C + O_2 \xrightarrow{t^\circ} CO_2$;

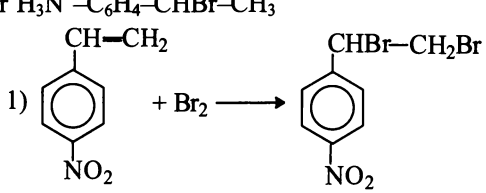
3) $CO_2 + 2KOH \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$;

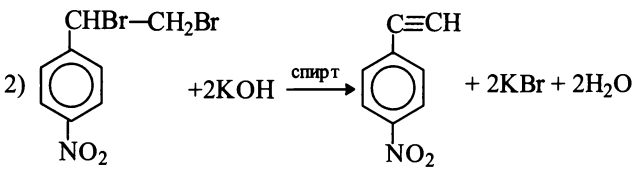
4) $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2\uparrow$;

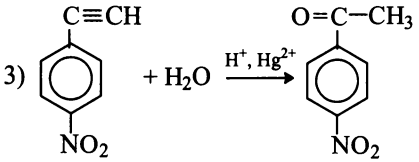
5) $KOH + C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COOK + H_2O$;

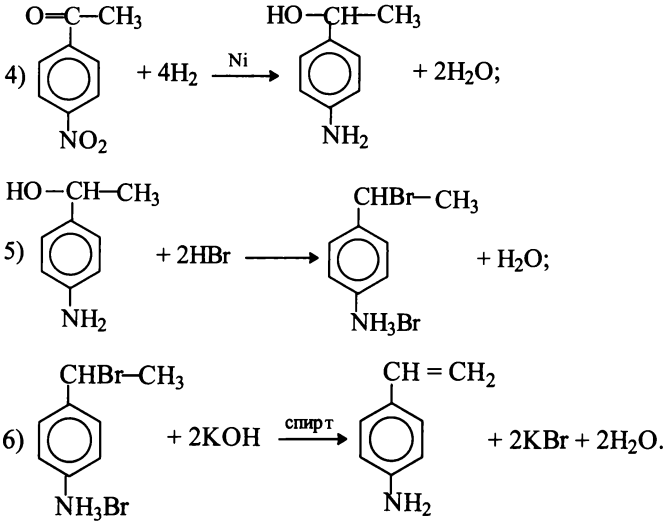
6) $C_6H_5COOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_6 + K_2CO_3$.

**8.** **X** – $O_2N–C_6H_4–CHBr–CH_2Br$, **Y** – $O_2N–C_6H_4–CH(O)–CH_3$, **Z** – $Br^-H_3N^+–C_6H_4–CHBr–CH_3$










**9.** 3.96 г; 62.5% $CH_3CHCl_2$, 37.5% $ClCH_2CH_2Cl$.

**10.** $ClF_5$.

$ClF_5 + 3H_2O \rightarrow HClO_3 + 5HF$;

$ClF_5 + 6KOH \rightarrow KClO_3 + 5KF + 3H_2O$.

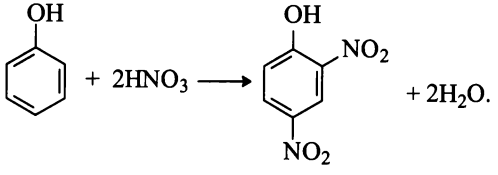
## Решения заданий олимпиады 2007

## Вариант 1

**1.** а) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ – хлор восстанавливается ($Cl^0 + e \rightarrow Cl^{-1}$);

б) $Cl_2 + 3F_2 \rightarrow 2ClF_3$ – хлор окисляется ($Cl^0 - 3e \rightarrow Cl^{+3}$).

**2.** Соотношение количеств фенола и $HNO_3$ 1 : 2; уравнение реакции:




**3.** Теплота образования $SO_2$ равна 297 кДж/моль. Из термохимического уравнения

$$2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3 + 198 \text{ кДж/моль}$$

рассчитаем $Q_{обр}(SO_3)$:

$$Q_{обр}(SO_3) = (198 + 2Q_{обр}(SO_2)) / 2 = (198 + 2 \cdot 297) / 2 = 396 \text{ кДж/моль}.$$

*Ответ*: 396 кДж/моль.

**4.** Реактив – раствор KOH:

1) $HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O$ (нет видимых изменений);

2) $NH_4NO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + NH_3\uparrow + H_2O$ (выделение газа с характерным запахом);

3) $2AgNO_3 + 2KOH \rightarrow 2KNO_3 + Ag_2O\downarrow + H_2O$ (образование бурого осадка).

*Ответ*: KOH.

**5.** В системе установилось равновесие:

$$H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightleftarrows 2HI_{(г)}.$$

Скорости прямой и обратной реакций выражаются как

$$v_{пр} = k_{пр}[H_2][I_2];$$
$$v_{обр} = k_{обр}[HI]^2.$$

При увеличении $[H_2]$ в 3 раза скорость прямой реакции увеличится также в 3 раза; а при увеличении [HI] в 2 раза скорость обратной реакции увеличится в $2^2 = 4$ раза. Скорость обратной реакции превысит скорость прямой, поэтому равновесие сместится влево, в сторону реагентов.

**6.** Уравнения протекающих реакций:

$$RCOOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} \underset{\mathbf{A}}{RH\uparrow} + K_2CO_3;$$

$$2RCOOK + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\mathbf{B}}{R{-}R} + 2CO_2\uparrow + H_2\uparrow + 2KOH.$$

Поскольку из уравнений реакций $\nu(RH) = 2\nu(R{-}R)$, можно записать:

$$\frac{17.4}{M(R)+1} = 2\cdot\frac{17.1}{2M(R)}.$$

Отсюда получаем $M(R) = 57$ г/моль, что соответствует $C_4H_9$. Значит **A** – это $C_4H_{10}$, а **B** – $C_8H_{18}$.

*Ответ*: $C_4H_{10}$, $C_8H_{18}$.

**7.** 1) $Cu + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

$CuSO_4 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$.

2) $Cu + 4HNO_3(конц) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

3) $Cu + CuCl_2 \rightarrow 2CuCl$;

$CuCl + 2NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

*Ответ*: **X** – $CuSO_4$; **Y** – $Cu(NO_3)_2$; **Z** – CuCl.

**8.** 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$;

2) $2C_2H_5OH \xrightarrow{\text{кат}, t^\circ} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2$;

3) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$;

4) $BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + 2KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow HOCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2OH + 2KBr$;

5) $HOCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2OH + H_2 \xrightarrow{\text{кат}} HO(CH_2)_4OH$;

6) $5HO(CH_2)_4OH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5HOOC(CH_2)_2COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 22H_2O$.

*Ответ*: глюкоза; **A** – $C_2H_5OH$; $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$;
**B** – $BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$; **C** – $HOCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2OH$;
**D** – $HO(CH_2)_4OH$; $HOOC(CH_2)_2COOH$.

**9.** Согласно условию, количество образовавшейся смеси газов:

$$\nu(\text{смеси}) = 8.96 / 22.4 = 0.4 \text{ моль},$$

молярная масса которой

$$M(\text{смеси}) = 18 \cdot 2 = 36 \text{ г/моль}.$$

Один из газов – это $CO_2$, т.к. поглощается известковой водой:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

Объем смеси газов уменьшился вдвое, следовательно, $\nu(CO_2) = \nu(\text{газа}) = 0.2$ моль. Из выражения средней молярной массы смеси газов

$$M_{\text{ср}} = \frac{0.2 \cdot 44 + 0.2M(\text{газа})}{0.4} = 36 \text{ г/моль}$$

$M$(газа) = 28 г/моль. Это может быть CO, $N_2$ или $C_2H_4$. Из этих трех газов с железом реагирует только CO, образуя карбонил:

$$Fe + nCO \rightarrow Fe(CO)_n.$$

Из условия задачи массовая доля железа в карбониле составляет

$$\omega(Fe) = \frac{56}{56 + 28n} = 0.286,$$

отсюда $n = 5$. При разложении органического вещества из 18.0 г образуется 0.2 моль CO (массой 5.6 г), 0.2 моль $CO_2$ (массой 8.8 г), остается 18.0 – 5.6 – 8.8 = 3.6 г, это – 0.2 моль $H_2O$. Разложению подверглась щавелевая кислота:

$$H_2C_2O_4 \xrightarrow{t^\circ} H_2O + CO + CO_2.$$

**10.** Пусть формула углеводорода **X** – $C_xH_y$. Установим простейшую формулу:

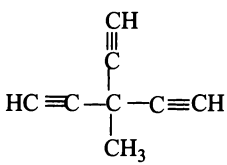
$$x : y = (94.12 / 12) : (5.88 / 1) = 7.843 : 5.88 = 4 : 3.$$

Простейшей формуле $C_4H_3$ соответствует истинная формула $C_8H_6$ (количество атомов H должно быть четным). По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей – три. При этом концевыми могут оказаться от одной до трех тройных связей. Возможные варианты строения **X**:

$$CH_3{-}C{\equiv}C{-}\,C{\equiv}C{-}\,CH_2{-}C{\equiv}CH,$$

$$HC{\equiv}C{-}\,C{\equiv}C{-}\,CH_2{-}CH_2{-}C{\equiv}CH$$

или



В зависимости от числа этинильных групп –C≡ CH, на металл может заместиться от одного до трех атомов водорода, и общую формулу соли **Y** можно записать как $C_8H_{6-n}Me_n$, где $n$ – число замещенных атомов водорода. Согласно этой формуле, массовую долю металла можно выразить следующим образом:

$$\omega = \frac{nM(\mathrm{Me})}{8\cdot 12 + (6-n) + nM(\mathrm{Me})} = 0.6598,$$

откуда

$$M(\mathrm{Me}) = \frac{1.939\cdot(102-n)}{n}.$$

Перебором получаем единственное решение: при $n = 3$ значение $M$(Me) = 64 г/моль. Это – медь. Следовательно, углеводород имеет три этинильные группы, и его структура соответствует последней из приведенных формул. При действии аммиачного раствора хлорида меди (I) образуется соль:

$$CH_3C(C{\equiv}\,CH)_3 + 3[Cu(NH_3)_2]Cl \rightarrow CH_3C(C{\equiv}\,CCu)_3 + 3NH_3{\uparrow} + 3NH_4Cl.$$

В результате полной каталитической гидратации образуется кетон:

$$CH_3C(C{\equiv}\,CH)_3 + 3H_2O \rightarrow CH_3C(C(O)CH_3)_3.$$

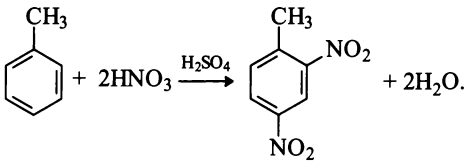
*Ответ*: **X** – 3-метил-3-этинил-1,4-пентадиин $CH_3C(C{\equiv}CH)_3$;
**Y** – $CH_3C(C{\equiv}CCu)_3$.

## Вариант 2

**1.** а) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$ – сера восстанавливается ($S^0 + 2e \rightarrow S^{-2}$);

б) $S + O_2 \rightarrow SO_2$ – сера окисляется ($S^0 - 4e \rightarrow S^{+4}$).

**2.** Соотношение количеств толуола и $HNO_3$ 1 : 2. Уравнение реакции:




**3.** Теплота образования $NO_2$ равна –68 / 2 = –34 кдж/моль. Из термохимического уравнения

$$4NO_2 + O_2 \rightarrow 2N_2O_5 + 110 \text{ кДж/моль}$$

рассчитаем $Q_{обр}(N_2O_5)$:

$$Q_{обр}(N_2O_5) = (110 + 4Q_{обр}(NO_2)) / 2 = (110 + 4 \cdot(-34)) / 2 = -13 \text{ кДж/моль}.$$

*Ответ*: –13 кДж/моль.

**4.** Реактив – раствор $AgNO_3$:

1) $2KOH + 2AgNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + Ag_2O\downarrow + H_2O$ ($Ag_2O$ – бурый осадок);

2) $NaF + AgNO_3 \not\rightarrow$ (реакция не идет);

3) $NH_4Cl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + NH_4NO_3$ ($AgCl$ – белый осадок).

*Ответ*: $AgNO_3$.

**5.** В системе установилось равновесие:

$$H_{2(г)} + I_{2(г)} \rightleftarrows 2HI_{(г)}.$$

Скорости прямой и обратной реакций выражаются как

$$v_{пр} = k_{пр}[H_2][I_2];$$
$$v_{обр} = k_{обр}[HI]^2.$$

При увеличении $[I_2]$ в 2 раза скорость прямой реакции увеличится также в 2 раза; при увеличении [HI] в 1.5 раза скорость обратной реакции увеличится в $1.5^2 = 2.25$ раз. Скорость обратной реакции превысит скорость прямой, поэтому равновесие сместится влево, в сторону реагентов.

**6.** Уравнения протекающих реакций:

$$RCOOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} \underset{\textbf{A}}{RH\uparrow} + K_2CO_3;$$

$$2RCOOK + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\textbf{B}}{R\text{–}R} + 2CO_2\uparrow + H_2\uparrow + 2KOH.$$

Поскольку из уравнений реакций $\nu(RH) = 2\nu(R–R)$, можно записать:

$$\frac{17.6}{M(R)+1} = 2 \cdot \frac{17.2}{2M(R)}.$$

Отсюда получаем $M(R) = 43$ г/моль, что соответствует $C_3H_7$. Значит **A** – это $C_3H_8$, а **B** – $C_6H_{14}$.

*Ответ*: $C_3H_8$, $C_6H_{14}$.

**7.** 1) $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$;

$AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$.

2) $Al + 4HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

3) $4Al + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3$;

$Al_2O_3 + 2KOH + 3H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4]$.

*Ответ*: **X** – $AlCl_3$; **Y** – $Al(NO_3)_3$; **Z** – $Al_2O_3$.

**8.**1) $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$;
*сахароза* *глюкоза* *фруктоза*

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2CH_3CH(OH)COOH$;

3) $CH_3CH(OH)COOH + HBr \rightarrow CH_3CH(Br)COOH + H_2O$;

4) $CH_3CH(Br)COOH + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_2{=}CHCOOK + KBr + 2H_2O$;

5) $2CH_2{=}CHCOOK + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow 2CH_2{=}CHCOOH + K_2SO_4$;

6) $CH_2{=}CHCOOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_2{=}CHCOOC_2H_5 + H_2O$.

*Ответ*: сахароза; **A** – глюкоза $C_6H_{12}O_6$; $CH_3CH(OH)COOH$;
**B** – $CH_3CH(Br)COOH$; **C** – $CH_2{=}CHCOOK$; **D** – $CH_2{=}CHCOOH$;
$CH_2{=}CHCOOC_2H_5$.

**9.** Согласно условию, количество образовавшейся смеси газов:

$$\nu(\text{смеси}) = 13.44 / 22.4 = 0.6 \text{ моль},$$

молярная масса которой

$$M(\text{смеси}) = 13 \cdot 2 = 26 \text{ г/моль}.$$

Один из газов – это $CO_2$, т. к. поглощается твердым гидроксидом калия:

$$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O.$$

Объем смеси газов уменьшился в 1.5 раза, т. е. стал равным 4 моль, следовательно, исходная газовая смесь состояла из 0.2 моль $CO_2$ и 0.4 моль другого газа.

Из выражения средней молярной массы смеси газов

$$M_{\text{средн}} = \frac{0.2 \cdot 44 + 0.4M(\text{газа})}{0.6} = 26 \text{ г/моль}$$

$M$(газа) = 17 г/моль. Это – аммиак $NH_3$.

По условию массовая доля натрия в соединении $x$, образующемся при реакции аммиака с натрием, равна

$$\omega(\text{Na}) = 23 / M(x) = 0.590,$$

отсюда $M(x)$ = 39 г/моль, что соответствует амиду натрия $NaNH_2$.

$$2\text{Na} + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{NaNH}_2 + \text{H}_2.$$

При разложении 19.2 г неорганического вещества образуется 0.2 моль $CO_2$ (массой 8.8 г), 0.4 моль $NH_3$ (массой 6.8 г), остается 19.2 – 8.8 – 6.8 = = 3.6 г. Это – 0.2 моль $H_2O$. Разложению подвергся карбонат аммония:

$$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow.$$

*Ответ*: $CO_2$; $NH_3$; амид натрия $NaNH_2$; карбонат аммония $(NH_4)_2CO_3$.

**10.** Пусть формула углеводорода **X** – $C_xH_y$. Установим простейшую формулу:

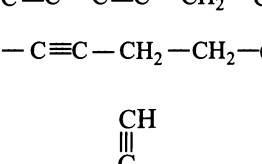
$$x : y = (94.12 / 12) : (5.88 / 1) = 7.843 : 5.88 = 4 : 3.$$

Простейшей формуле $C_4H_3$ соответствует истинная формула $C_8H_6$ (количество атомов H должно быть четным). По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей – три. При этом концевыми могут оказаться от одной до трех тройных связей. Возможные варианты строения **X**:

$$\text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{C—C}\equiv\text{C—CH}_2\text{—C}\equiv\text{CH},$$

$$\text{HC}\equiv\text{C—C}\equiv\text{C—CH}_2\text{—CH}_2\text{—C}\equiv\text{CH}$$

или



В зависимости от числа этинильных групп –C≡ CH, на металл может заместиться от одного до трех атомов водорода, и общую формулу соли **Y** можно записать так: $C_8H_{6-n}Me_n$, где $n$ – число замещенных атомов водорода. Согласно этой формуле, массовую долю металла можно выразить как

$$\omega = \frac{nM(\text{Me})}{8 \cdot 12 + (6 - n) + nM(\text{Me})} = 0.175,$$

откуда

$$M(\text{Me}) = \frac{0.212 \cdot (102 - n)}{n}.$$

Перебором получаем единственное решение: при $n = 3$ значение $M$(Me) = 7 г/моль. Это – литий. Следовательно, углеводород имеет три этинильные группы, и его структура соответствует последней из приведенных формул. При действии на него гидрида лития образуется соль:

$$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3LiH \rightarrow CH_3C(C{\equiv}CLi)_3 + 3H_2.$$

В результате полной каталитической гидратации образуется кетон:

$$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3H_2O \rightarrow CH_3C(C(O)CH_3)_3.$$

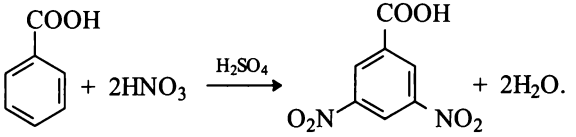
*Ответ*: **X** – 3-метил-3-этинил-1,4-пентадиин $CH_3C(C{\equiv}CH)_3$;
**Y** – $CH_3C(C{\equiv}CLi)_3$.

## Вариант 3

**1.** а) $2P + 3Ca \xrightarrow{t^\circ} Ca_3P_2$;

б) $2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3$.

**2.**




**3.** 237.5 кДж/моль.

**4.** Реактив – раствор KOH.

1) $CH_3COOH + KOH \rightarrow CH_3COOK + H_2O$ (нет видимых признаков реакции);

2) $Ca(NO_3)_2 + 2KOH \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + 2KNO_3$ (образование белого осадка: гидроксид кальция малорастворим в воде);

3) $(NH_4)_2SO_3 + 2KOH \rightarrow K_2SO_3 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$ (выделение газа с характерным запахом).

**5.** Положение равновесия не изменится.

**6.** $C_4H_{10}$, $C_8H_{18}$.

**7.** **X** – $CrCl_2$; **Y** – $Cr(NO_3)_3$; **Z** – $Cr_2O_3$.

1) $Cr + 2HCl \rightarrow CrCl_2 + H_2\uparrow$;

$CrCl_2 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Cr(OH)_2\downarrow + 2NH_4Cl$.

2) $Cr + 4HNO_3 \xrightarrow{t^\circ} Cr(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$4Cr(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

3) $4Cr + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3$;

$Cr_2O_3 + 6KOH + 3H_2O \rightarrow 2K_3[Cr(OH)_6]$.

**8.** Глюкоза; **A** – $C_2H_5OH$; $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$; **B** – $CH_3CH_2CH_2CH_3$; **C** – $CH_3CH_2CHBrCH_3$; **D** – $CH_3CH{=}CHCH_3$; $CH_3{-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_3$.

1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$;

2) $2C_2H_5OH \xrightarrow{ZnO,\,t^\circ} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2$;

3) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2CH_2CH_3$;

4) $CH_3CH_2CH_2CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CH_2CHBrCH_3 + HBr$;

5) $CH_3CH_2CHBrCH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3CH{=}CHCH_3 + KBr + H_2O$;

6) $3CH_3CH{=}CHCH_3 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow$

$\rightarrow 3CH_3{-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_3 + 2KOH + 2MnO_2\downarrow$.

**9.** $CO_2$; $NH_3$; амид калия $KNH_2$; карбонат аммония $(NH_4)_2CO_3$.

$2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$.

$2K + 2NH_3 \rightarrow 2KNH_2 + H_2$.

$(NH_4)_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NH_3\uparrow + H_2O + CO_2\uparrow$.

**10.** **X** – 3-метил-3-этинил-1,4-пентадиин $CH_3C(C{\equiv}\,CH)_3$;

**Y** – $CH_3C(C{\equiv}CAg)_3$.

$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3C(C{\equiv}CAg)_3 + 6NH_3\uparrow + 3H_2O$.

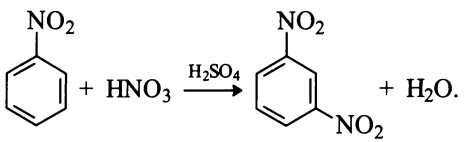
$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3H_2O \xrightarrow{H^+,Hg^{2+}} CH_3C(C(O)CH_3)_3$.

## Вариант 4

**1.** а) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

б) $2SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2SO_3$.

**2.**




**3.** –33 кДж/моль.

**4.** Реактив – лакмус.

1) HCl – лакмус красный;

2) $Ca(OH)_2$ – лакмус синий;

3) $K_2SO_4$ – нет изменения окраски лакмуса (среда нейтральная).

**5.** а) Равновесие сместится влево, в сторону реагентов; б) положение равновесия не изменится.

**6.** $C_3H_8$, $C_6H_{14}$.

**7.** **X** – $FeCl_2$; **Y** – $Fe(NO_3)_3$; **Z** – $FeSO_4$.

1) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$;

$FeCl_2 + 2KOH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2KCl$;

2) $Fe + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$Fe(NO_3)_3 + 3KOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3KNO_3$;

3) $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2\uparrow$;

$FeSO_4 + 6KCN \rightarrow K_4[Fe(CN)_6] + K_2SO_4$.

**8.** Сахароза; **A** – глюкоза; $CH_3CH_2CH_2COOH$; **B** – $CH_3CH_2CH(Cl)COOH$; **C** – $CH_3CH{=}CHCOOK$; **D** – $CH_3CH{=}CHCOOH$; $CH_3CH{=}CHCOOC_2H_5$.

1) $\underset{\text{сахароза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{HCl,\,t^\circ} \underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{фруктоза}}{C_6H_{12}O_6}$;

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} CH_3CH_2CH_2COOH + 2CO_2 + 2H_2\uparrow$;

3) $CH_3CH_2CH_2COOH + Cl_2 \xrightarrow{P} CH_3CH_2CH(Cl)COOH + HCl$;

4) $CH_3CH_2CH(Cl)COOH + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3CH{=}CHCOOK + KCl + 2H_2O$;

5) $2CH_3CH{=}CHCOOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3CH{=}CHCOOH + K_2SO_4$;

6) $CH_3CH{=}CHCOOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} CH_3CH{=}CHCOOC_2H_5 + H_2O$.

**9.** $CO_2$; $CO$; гексакарбонил хрома $Cr(CO)_6$; щавелевая кислота $H_2C_2O_4$.

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$.

$Cr + 6CO \rightarrow Cr(CO)_6$;

$HOOC{-}COOH \xrightarrow{t^\circ} CO_2 + CO + H_2O$.

**10.** **X** – 3-метил-3-этинил-1,4-пентадиин $CH_3C(C{\equiv}CH)_3$;

**Y** – $CH_3C(C{\equiv}CCs)_3$.

$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3CsH \rightarrow CH_3C(C{\equiv}CCs)_3 + 3H_2\uparrow$.

$CH_3C(C{\equiv}CH)_3 + 3H_2O \xrightarrow{H^+,Hg^{2+}} CH_3C(C(O)CH_3)_3$.

## Решения заданий олимпиады 2008

### Вариант 1

**1.** Молекулярная формула соединения $C_{19}H_{28}O_2$. Массовые доли элементов в нем:

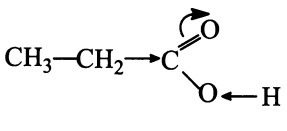
$$\omega(C) = 19 \cdot 12 / 288 = 0.7917 \text{ (или } 79.17\%);$$

$$\omega(H) = 28 \cdot 1 / 288 = 0.0972 \text{ (или } 9.72\%);$$

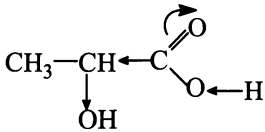
$$\omega(O) = 2 \cdot 16 / 288 = 0.1111 \text{ (или } 11.11\%).$$

**2.** Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$; $O^{2-}$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**3.**



*пропановая кислота*



*молочная кислота*

Молочная кислота сильнее пропановой, так как из-за –I-эффекта гидроксильной группы частичный положительный заряд на углеродном атоме карбоксильной группы молекулы молочной кислоты больше, чем в молекуле пропановой кислоты, следовательно, связь между протоном и атомом кислорода в молочной кислоте слабее, и она диссоциирует легче.

**4.** Возьмем 1 моль исходной смеси и обозначим количество метана за $x$ моль. Выразим среднюю молярную массу смеси:

$$M_{ср} = 16x + 28(1 - x) = 28 - 12x.$$

Массовая доля метана в смеси

$$\omega(CH_4) = \frac{16x}{28 - 12x} = 0.863;$$

отсюда $x = 0.917$ моль. Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M_{ср}(\text{смеси}) = 28 - 12 \cdot 0.917 = 17 \text{ г/моль}.$$

Так же просто и эффективно задача решается, если задать массу исходной смеси равной 100 г, тогда

$$\nu(N_2) = 13.7 / 28 = 0.489 \text{ моль};$$

$$\nu(CH_4) = 86.3 / 16 = 5.394 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{смеси}) = \nu(N_2) + \nu(CH_4) = 5.883 \text{ моль},$$

и по формуле $\nu = m / M$ находим среднюю молярную массу смеси:

$$M_{ср}(\text{смеси}) = 100 / 5.883 = 17 \text{ г/моль}.$$

Плотность газовой смеси не изменится, если к ней добавить газ с молярной массой, равной средней молярной массе смеси. Массу 17 г/моль имеет аммиак $NH_3$.

**5.** Белый фосфор реагирует с горячим раствором щелочи с образованием газообразного фосфина и гипофосфита калия:

$$P_4 + 3KOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} 3KH_2PO_2 + PH_3\uparrow.$$

По условию количество фосфина

$$\nu(PH_3) = 3.36 / 22.4 = 0.15 \text{ моль}.$$

Из уравнения реакции следует, что для получения такого количества фосфина необходимо было растворить 0.15 моль белого фосфора $P_4$. Очевидно, что для получения данного количества фосфора необходимо 0.3 моль $Ca_3(PO_4)_2$, т.к. $\nu(P_4) = 2\nu(Ca_3(PO_4)_2)$.

$$2Ca_3(PO_4)_2 + 6SiO_2 + 10C \xrightarrow{t^\circ} 6CaSiO_3 + P_4\uparrow + 10CO\uparrow.$$

Необходимая масса фосфата кальция:

$$m(Ca_3(PO_4)_2) = 0.3 \cdot 310 = 93 \text{ г}.$$

*Ответ*: 93 г $Ca_3(PO_4)_2$.

**6.** 1) $Zn + 2KOH + 2H_2O \xrightarrow{t^\circ} K_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$;

2) $K_2[Zn(OH)_4] + 4HCl \rightarrow 2KCl + ZnCl_2 + 2H_2O$ или

$Zn + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow ZnSO_4 + H_2\uparrow$;

$ZnSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4 + ZnCl_2$;

3) $ZnCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Zn(NO_3)_2$;

4) $Zn(NO_3)_2 + 2NH_3 + 2H_2O \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + 2NH_4NO_3$;

5) $Zn(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} ZnO + H_2O$;

6) $ZnO + Na_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} Na_2ZnO_2 + CO_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $K_2[Zn(OH)_4]$; **Y** – $Zn(NO_3)_2$; **Z** – $ZnO$.

**7.** 1) $CH_3–CH_2–COOH + NaOH \rightarrow CH_3–CH_2–COONa + H_2O$;

2) $CH_3–CH_2–COONa + NaOH \xrightarrow{\text{прокаливание}} C_2H_6\uparrow + Na_2CO_3$;

3) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$;

4) $C_2H_5Cl + NaOH(\text{водн. р-р}) \rightarrow C_2H_5OH + NaCl$;

5) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3–COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

6) $2CH_3–C(=O)–OH \xrightarrow[t^\circ]{P_2O_5} CH_3–C(=O)–O–C(=O)–CH_3 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5COONa$; **Y** – $C_2H_5Cl$; **Z** – $CH_3COOH$.

**8.** Закон разведения Оствальда связывает степень диссоциации кислоты с ее концентрацией и константой диссоциации:

$$K_д = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \approx \alpha^2 c\,.$$

Пусть количество уксусной кислоты в растворе было ν моль. Обозначим за $x$ объем добавленной воды (в литрах). Тогда молярные концентрации исходного $c_1$ и разбавленного $c_2$ растворов составляют:

$$c_1 = \frac{\nu}{0.1},\ c_2 = \frac{\nu}{0.1+x} \text{ моль/л.}$$

Так как значение константы диссоциации кислоты не зависит от концентрации раствора, выразим $K_д$ для двух растворов и приравняем эти величины:

$$K_д = \alpha_1^2 \cdot c_1 = \frac{0.01^2 \cdot \nu}{0.1}; \qquad K_д = \alpha_2^2 \cdot c_2 = \frac{0.02^2 \cdot \nu}{0.1+x};$$

$$\frac{0.01^2 \cdot \nu}{0.1} = \frac{0.02 \cdot \nu}{0.1+x}.$$

Решив полученное уравнение, имеем $x = 0.3$ л, или 300 мл; суммарный объем разбавленного раствора составит 400 мл.

Поскольку pH = – lg[$H^+$], а концентрация ионов водорода в растворе кислоты может быть выражена через концентрацию и степень диссоциации [$H^+$] = α · $c$, получаем значение pH исходного раствора:

$$pH_1 = -\lg(\alpha_1 c_1) = -\lg\left(0.01 \cdot \frac{\nu}{0.1}\right) = -\lg 0.1 - \lg \nu = 1 - \lg \nu.$$

В разбавленном растворе:

$$pH_2 = -\lg(\alpha_2 c_2) = -\lg\left(0.02 \cdot \frac{\nu}{0.4}\right) = -\lg 0.05 - \lg \nu = 1.3 - \lg \nu.$$

Таким образом, при разбавлении раствора уксусной кислоты pH увеличится на величину

$$pH_2 - pH_1 = 1.3 - \lg \nu - (1 - \lg \nu) = 0.3.$$

*Ответ*: 300 мл; pH увеличится на 0.3.

**9.** Пусть в исходной смеси было $x$ моль нитрата серебра и $y$ моль карбоната магния. При прокаливании смеси солей протекают следующие реакции:

$$\underset{x}{2AgNO_3} \xrightarrow{t^\circ} 2Ag + \underset{x}{2NO_2}\uparrow + \underset{0.5x}{O_2}\uparrow,$$

$$\underset{y}{MgCO_3} \xrightarrow{t^\circ} MgO + \underset{y}{CO_2}\uparrow.$$

Суммарное количество выделившихся газов и их масса составляют:

$$\nu(\text{газов}) = 1.5x + y \text{ моль};$$

$$m(\text{газов}) = 46x + 0.5 \cdot 32x + 44y = 62x + 44y \text{ г}.$$

По условию, молярная масса смеси газов больше молярной массы неона в 2.12 раза. Тогда, используя соотношение $\nu = m / M$, получим:

$$1.5x + y = \frac{62x + 44y}{20 \cdot 2.12},$$

и отсюда $x = y$. Масса исходной смеси солей:

$$m(\text{исх.смеси}) = 170x + 84y = 25.4 \text{ г},$$

отсюда $x = y = 0.1$ моль.

При пропускании газовой смеси, состоящей из 0.1 моль $NO_2$, 0.05 моль $O_2$ и 0.1 моль $CO_2$, через 160 г раствора, содержащего $160 \cdot 0.075 / 40 = = 0.3$ моль NaOH, происходят следующие реакции:

$$\underset{0.1}{4NaOH} + \underset{0.1}{4NO_2} + \underset{0.025}{O_2} \rightarrow \underset{0.1}{4NaNO_3} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.2}{2NaOH} + \underset{0.1}{CO_2} \rightarrow \underset{0.1}{Na_2CO_3}.$$

В конечном растворе содержится по 0.1 моль $NaNO_3$ и $Na_2CO_3$; их массы составляют:

$$m(NaNO_3) = 0.1 \cdot 85 = 8.5 \text{ г};$$

$$m(Na_2CO_3) = 0.1 \cdot 106 = 10.6 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора:

$$m(\text{раствора}) = 160 + 4.6 + 4.4 + 0.8 = 169.8 \text{ г}.$$

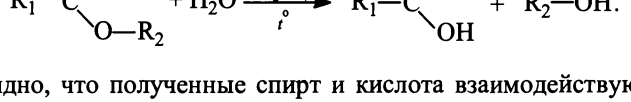
Массовые доли солей в полученном растворе:

$$\omega(NaNO_3) = 8.5 / 169.8 = 0.05 \text{ (или 5.0\%)};$$

$$\omega(Na_2CO_3) = 10.6 / 169.8 = 0.062 \text{ (или 6.2\%)}.$$

*Ответ*: 5.0% $NaNO_3$, 6.2% $Na_2CO_3$.

**10.** Нагревание с серной кислотой вызывает кислотный гидролиз сложного эфира с образованием равных количеств кислоты и спирта:

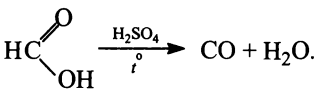


Очевидно, что полученные спирт и кислота взаимодействуют с концентрированной серной кислотой при нагревании, превращаясь в газообразные продукты. В этом случае газы также образуются в равных количествах, и только один из них будет реагировать с бромом, что приведет к уменьшению объема смеси вдвое при пропускании через бромную воду.

Таким образом, делаем предположение, что один из газов – это алкен, полученный дегидратацией предельного спирта:

$$C_nH_{2n+1}OH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4} C_nH_{2n} + H_2O.$$

Именно алкен будет реагировать с бромной водой, образуя дибромалкан. Тогда второй газ должен образоваться только из кислоты. Такое возможно только в одном случае – если эфир был образован муравьиной кислотой, и тогда выделяющийся газ – это CO, не взаимодействующий с бромной водой:



Поскольку плотность непоглощенного CO (молярная масса 28 г/моль) в 1.5 раза меньше, чем плотность смеси газов, значит, средняя молярная масса смеси равна

$$M_{ср.} = 28 \cdot 1.5 = 42 \text{ г/моль};$$

тогда $14n \cdot 0.5 + 28 \cdot 0.5 = 42$, отсюда $n = 4$. Искомая формула сложного эфира $HCOOC_4H_9$.

*Ответ*: $HCOOC_4H_9$.

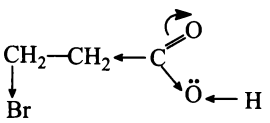
## Вариант 2

**1.** Молекулярная формула соединения $C_{20}H_{32}O_2$. Массовые доли элементов в нем:

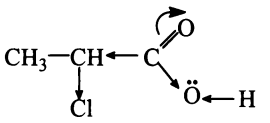
$$\omega(C) = 20 \cdot 12 / 304 = 0.7894 \text{ (или 78.94\%)};$$
$$\omega(H) = 32 \cdot 1 / 304 = 0.1053 \text{ (или 10.53\%)};$$
$$\omega(O) = 2 \cdot 16 / 304 = 0.1053 \text{ (или 10.53\%)}.$$

**2.** P: $1s^22s^22p^63s^23p^3$; $K^+$: $1s^22s^22p^63s^23p^6$ .

**3.**



*3-бромпропановая кислота*



*2-хлорпропановая кислота*

2-Хлорпропановая кислота сильнее 3-бромпропановой, так как –I-эффект атома Cl больше, чем у атома Br, кроме того, I-эффект затухает при передаче по цепи углеродных атомов. Следовательно, частичный положительный заряд на углеродном атоме карбоксильной группы молекулы 2-хлорпропановой кислоты больше, чем в молекуле 3-бромпропановой кислоты, а связь между протоном и атомом кислорода слабее.

**4.** Возьмем 1 моль исходной смеси и обозначим за $x$ количество кислорода. Выразим среднюю молярную массу смеси:

$$M_{ср}(\text{смеси}) = 32x + 4(1 - x) = 28x + 4 \text{ г/моль}.$$

Массовая доля кислорода в смеси:

$$\omega(O_2) = \frac{32x}{28x + 4} = 0.915;$$

отсюда $x = 0.574$. Найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M_{ср}(\text{смеси}) = 28 \cdot 0.574 + 4 = 20.07 \approx 20 \text{ г/моль}.$$

Плотность газовой смеси не изменится, если к ней добавить газ с молярной массой, равной средней молярной массе смеси. Молярную массу 20 г/моль имеют фтороводород и неон.

*Ответ*: HF или Ne.

**5.** Сера растворяется в щелочах при нагревании:

$$3S + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} K_2SO_3 + 2K_2S + 3H_2O.$$

Для растворения потребовалось щелочи:

$$\nu(KOH) = \frac{400 \cdot 0.08}{56} = 0.6 \text{ моль}.$$

Значит, растворено было 0.3 моль серы. Для получения данного количества серы необходимо 0.3 моль $H_2S$:

$$H_2S + Br_2 \rightarrow S\downarrow + 2HBr.$$

Масса сероводорода составит

$$m(H_2S) = 34 \cdot 0.3 = 10.2 \text{ г}.$$

*Ответ*: 10.2 г $H_2S$.

*Примечание*: уравнение окисления $H_2S$ не обязательно для расчета, но если школьник привел правильный вариант – это оценивалось.

**6.** 1) $Cu + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$;

2) $CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Cu(NO_3)_2$;

3) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

4) $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$;

5) $CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$;

6) $CH_3{-}C(=O){-}H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3{-}C(=O){-}OH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O.$

*Ответ*: **X** – $CuCl_2$; **Y** – $CuO$; **Z** – $Cu(OH)_2$.

**7.** 1) $C_2H_5OH + HCl_г \xrightarrow{t^\circ} C_2H_5Cl + H_2O$;

2) $2C_2H_5Cl + 2Na \xrightarrow{\text{эфир}} C_4H_{10} + 2NaCl$, (другой вариант – реакция Лебедева с последующим гидрированием бутадиена);

3) $2C_4H_{10} + 5O_2 \xrightarrow{\text{кат}} 4CH_3COOH + 2H_2O$;

4) $CH_3COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} CH_3COOCH_3 + H_2O$;

5) $CH_3COOCH_3 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COONa + CH_3OH$;

6) $2CH_3OH \xrightarrow{H_2SO_4\ \text{конц},\ t^\circ} CH_3{-}O{-}CH_3 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5Cl$; **Y** – $CH_3COOH$; **Z** – $CH_3OH$.

**8.** Закон разведения Оствальда связывает степень диссоциации кислоты с ее концентрацией и константой диссоциации:

$$K_д = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \approx \alpha^2 c \ .$$

Пусть количество хлорноватистой кислоты в растворе было ν моль, а объем исходного раствора составлял $V$ литров. Тогда молярные концентрации исходного и разбавленного в два раза растворов составляют:

$$c_1 = \frac{\nu}{V} \quad \text{и} \quad c_2 = \frac{\nu}{2 \cdot V} = 0.5c_1 \text{ моль/л}.$$

Поскольку значение константы диссоциации кислоты не зависит от концентрации раствора, выразим $K_д$ для двух растворов и приравняем эти величины:

$$K_д = \alpha_1^2 \cdot c_1 = 0.0005^2 \cdot c_1; \qquad K_д = \alpha_2^2 \cdot c_2 = \alpha_2^2 \cdot 0.5c_1;$$

$$0.00052 \cdot c_1 = \alpha_2^2 \cdot 0.5c_1;$$

отсюда $\alpha_2 = 0.00071$ (или 0.071%).

Поскольку pH = – lg[$H^+$], а концентрация ионов водорода в растворе кислоты может быть выражена через ее концентрацию и степень диссоциации

$$[H^+] = \alpha \cdot c,$$

получаем значение pH исходного раствора:

$$pH_1 = -\lg(\alpha_1 c_1) = -\lg(0.0005 \cdot c_1) = -\lg 0.0005 - \lg c_1 = 3.30 - \lg c_1.$$

В разбавленном растворе:

$$pH_2 = -\lg(\alpha_2 c_2) = -\lg(0.00071 \cdot 0.5 \cdot c_1) = -\lg 0.000355 - \lg \nu = 3.45 - \lg c_1.$$

Таким образом, при разбавлении вдвое раствора хлорноватистой кислоты pH увеличится на величину

$$pH_2 - pH_1 = 3.45 - \lg c_1 - (3.3 - \lg c_1) = 0.15.$$

*Ответ*: 0.071%; pH увеличится на 0.15.

**9.** При прокаливании смеси солей (*x* моль нитрата алюминия и *y* моль карбоната кальция) протекают реакции:

$$\underset{x}{4Al(NO_3)_3} \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + \underset{3x}{12NO_2}\uparrow + \underset{0.75x}{3O_2}\uparrow,$$

$$\underset{y}{CaCO_3} \xrightarrow{t^\circ} CaO + \underset{y}{CO_2}\uparrow.$$

Суммарное количество выделившихся газов и их масса составляют:

$$\nu = 3.75x + y \text{ моль};$$

$$m = 46 \cdot 3x + 32 \cdot 0.75x + 44 \cdot y = 162x + 44y \text{ г}.$$

По условию, молярная масса смеси газов больше молярной массы азота в 1.55 раза. Тогда, используя соотношение $\nu = m/M$, имеем:

$$3.75x + y = \frac{162x + 44y}{28 \cdot 1.55},$$

отсюда $y = 1.25x$. Масса исходной смеси солей:

$$m(\text{исх.смеси}) = 213x + 100y = 67.6 \text{ г},$$

отсюда $x = 0.2$ моль, $y = 0.25$ моль.

При пропускании газовой смеси (0.6 моль $NO_2$, 0.15 моль $O_2$ и 0.25 моль $CO_2$) через 300 г раствора, содержащего $300 \cdot 0.088 / 24 = 1.1$ моль LiOH, происходят следующие реакции:

$$\underset{0.6}{4LiOH} + \underset{0.6}{4NO_2} + \underset{0.15}{O_2} \rightarrow \underset{0.6}{4LiNO_3} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.5}{2LiOH} + \underset{0.25}{CO_2} \rightarrow \underset{0.25}{Li_2CO_3}.$$

В конечном растворе содержится 0.6 моль $LiNO_3$ и 0.25 моль $Li_2CO_3$; их массы равны:

$$m(LiNO_3) = 0.6 \cdot 69 = 41.4 \text{ г},$$

$$m(Li_2CO_3) = 0.25 \cdot 74 = 18.5 \text{ г}.$$

Масса конечного раствора:

$$m(\text{раствора}) = 300 + 0.6 \cdot 46 + 0.15 \cdot 32 + 0.25 \cdot 44 = 343.4 \text{ г}.$$

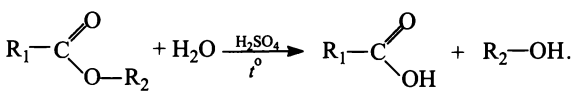
Массовые доли солей $LiNO_3$ и $Li_2CO_3$:

$$\omega(LiNO_3) = \frac{41.4}{343.4} = 0.12 \text{ (или 12.0\%)};$$

$$\omega(Li_2CO_3) = \frac{18.5}{343.4} = 0.054 \text{ (или 5.4\%)}.$$

*Ответ*: 12.0% $LiNO_3$, 5.4% $Li_2CO_3$.

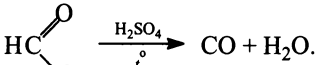
**10.** Нагревание с серной кислотой вызывает кислотный гидролиз сложного эфира с образованием равных количеств кислоты и спирта:



Очевидно, что полученные спирт и кислота взаимодействуют с концентрированной серной кислотой при нагревании, превращаясь в газообразные продукты. В этом случае газы также образуются в равных количествах, и только один из них будет реагировать с водным раствором перманганата калия, что приведет к уменьшению объема смеси вдвое. По-видимому, один из газов – это алкен, полученный дегидратацией предельного спирта:



Именно алкен будет реагировать с водным раствором перманганата, образуя диол. Тогда второй газ образуется из кислоты. Такое возможно, если эфир был образован муравьиной кислотой, и тогда выделяющийся газ – это CO, не взаимодействующий с перманганатом:



По условию, плотность газовой смеси после удаления алкена не изменилась. Значит, молярная масса алкена была равна молярной массе оставшегося компонента – оксида углерода (II). $M(CO) = 28$ г/моль, и такую же массу имеет этилен $C_2H_4$. Формула искомого сложного эфира $HCOOC_2H_5$.

*Ответ*: $HCOOC_2H_5$.

## Вариант 3

**1.** Молекулярная формула соединения $C_{18}H_{28}O_2$. Массовые доли элементов в нем:

$\omega(C) = 78.26\%$;

$\omega(H) = 10.14\%$;

$\omega(O) = 11.59\%$.

**2.** Si: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$; $Na^+$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**3.** *Пара*-нитробензойная кислота более сильная, чем *пара*-метилбензойная.

**4.** $O_2$.

**5.** 0.6 моль $Cl_2$.

**6.** 1) $Fe + 4HNO_3 \xrightarrow{t^\circ} Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

2) $Fe(NO_3)_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NaNO_3$;

3) $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$;

4) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$ (в растворе) или

$2FeCl_3 + Fe \xrightarrow{t^\circ} 3FeCl_2$ (в твердой фазе);

5) $2FeCl_2 + 4H_2SO_4(конц) \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + SO_2\uparrow + 4HCl\uparrow + 2H_2O$ (или реакция с $HNO_3$);

6) $2Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 6SO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$ (или соответственно разложение $Fe(NO_3)_3$).

*Ответ*: **X** – $Fe(NO_3)_3$; **Y** – $FeCl_3$; **Z** – $Fe_2(SO_4)_3$.

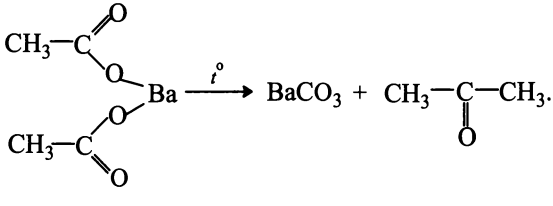
**7.** 1) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$;

2) $C_2H_5Cl + KOH(водн.р\text{-}р) \rightarrow C_2H_5OH + KCl$;

3) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

4) $3CH_3CHO + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3CH_3COOH + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O$;

5) $2CH_3COOH + Ba(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Ba + 2H_2O$;

6) 

*Ответ*: **X** – $CH_3CH_2Cl$; **Y** – $CH_3CHO$; **Z** – $CH_3COCH_3$.

**8.** В 9 раз; pH увеличится на 0.48.

**9.** 17.0% $KNO_3$, 3.9% $K_2CO_3$.

**10.** $HCOOC_3H_7$ пропилформиат.

## Вариант 4

**1.** Молекулярная формула соединения $C_{21}H_{36}O_2$. Массовые доли элементов в нем:

$\omega(C) = 78.75\%$;

$\omega(H) = 11.25\%$;

$\omega(O) = 10.00\%$.

**2.** Al: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$; $F^-$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**3.** *Пара*-метиланилин – более слабое основание, чем метиламин.

**4.** Ar.

**5.** 13.44 л.

**6.** 1) $AgF + NaCl \rightarrow AgCl\downarrow + NaF$;

2) $2AgCl \xrightarrow{h\nu} 2Ag + Cl_2\uparrow$;

3) $Ag + 2HNO_3(конц) \xrightarrow{t^\circ} AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$;

4) $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$;

5) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$;

6) $C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow Ag{-}C{\equiv}C{-}Ag\downarrow + 4NH_3\uparrow + 2H_2O$.

*Ответ*: **X** – AgCl; **Y** – $AgNO_3$; **Z** – $[Ag(NH_3)_2]OH$.

**7.** 1) $C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3CH_2OH$;

2) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

3) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$;

4) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_4\uparrow + Na_2CO_3$;

5) $2CH_4 + 2O_2 \xrightarrow{t^\circ,кат} 2CH_3OH$

или $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$;

6) $CH_3COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} CH_3COOCH_3 + H_2O$

или $CH_3COONa + CH_3Cl \rightarrow CH_3COOCH_3 + NaCl$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5OH$; **Y** – $CH_3COONa$; **Z** – $CH_3OH$.

**8.** 0.03; pH увеличится на 0.18.

**9.** 9.0% $CsNO_3$, 18.9% $Cs_2CO_3$.

**10.** $HCOOC_2H_5$ этилформиат.

## Решения заданий олимпиады 2009

## Вариант ЛБ-1

**1.** Рассчитаем массу и количество золота в данном образце:

$$m(Au) = \rho \cdot V = 19.32 \cdot 5.5 = 106.26 \text{ г};$$
$$\nu(Au) = 106.26 / 197 = 0.539 \text{ моль}.$$

Количество и число наночастиц $Au_{20}$ в 0.539 моль Au:

$$\nu(Au_{20}) = \nu(Au) / 20 = 0.539 / 20 = 2.7 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$$
$$n(Au_{20}) = \nu(Au_{20}) \cdot N_A = 2.7 \cdot 10^{-2} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.62 \cdot 10^{22}.$$

*Ответ*: $1.62 \cdot 10^{22}$ наночастиц состава $Au_{20}$.

**2.** Зависимость скорости реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}.$$

По условию $\gamma^{\frac{10}{10}} = 2.5$. Тогда при повышении температуры от 75 до 95 градусов скорость реакции возрастет в

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{95-75}{10}} = 2.5^2 = 6.25 \text{ раза.}$$

*Ответ*: скорость возрастет в 6.25 раза.

**3.** $NO_2^-$: 23 протона и 24 электрона;

HCl: 18 протонов и 18 электронов.

**4.** $BaH_2 + 2Br_2 \rightarrow BaBr_2 + 2HBr$;

$CH_3–CHCl–COOH + 2NH_3 \rightarrow CH_3–CH(NH_2)–COOH + NH_4Cl$.

**5.** Запишем уравнение реакции горения ацетилена:

$$C_2H_2 + 2.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O.$$

По условию задачи, количество ацетилена:

$$\nu(C_2H_2) = 53.76 / 22.4 = 2.4 \text{ моль.}$$

При сгорании 1 моль ацетилена выделится

$$Q = 3118.8 / 2.4 = 1299.5 \text{ кДж тепла.}$$

С другой стороны, по закону Гесса:

$$Q = 2 \cdot 393.5 + 285.8 - x = 1299.5 \text{ кДж,}$$

где $x$ – теплота образования ацетилена. Отсюда $x = –226.7$ кДж/моль.

*Ответ*: –226.7 кДж/моль.

**6.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль $AlH_3$ и $y$ моль $CaCO_3$. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 30x + 100y = 46 \text{ г.}$$

При растворении смеси в кислоте протекают реакции:

$$\underset{x}{2AlH_3} + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + \underset{3x}{6H_2\uparrow},$$

$$\underset{y}{CaCO_3} + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + \underset{y}{CO_2\uparrow} + H_2O.$$

Таким образом, всего выделяется $(3x + y)$ моль газов. Средняя молярная масса газовой смеси составляет

$$M_{ср} = \frac{2 \cdot 3x + 44 \cdot y}{3x + y};$$

С другой стороны, из условия задачи $M_{ср} = 0.94 \cdot 20 = 18.8$ г/моль. Получаем равенство

$$M_{ср} = \frac{2 \cdot 3x + 44 \cdot y}{3x + y} = 18.8,$$

из которого имеем $y = 2x$. Подставив значение $y$ в уравнение для массы исходной смеси, получаем: $x = 0.2$ моль, $y = 0.4$ моль.

*Ответ*: 0.2 моль $AlH_3$, 0.4 моль $CaCO_3$.

**7.** Один из вариантов решения:

1) $Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O$;

2) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$

или $2FeCl_3 + Cu \rightarrow 2FeCl_2 + CuCl_2$;

3) $FeCl_2 + 4HNO_3(конц) \xrightarrow{t^\circ} Fe(NO_3)_3 + NO_2\uparrow + 2HCl + H_2O$;

4) $Fe(NO_3)_3 + 3KOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3KNO_3$;

5) $2FeCl_2 + Cl_2 + 6KOH \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 6KCl$;

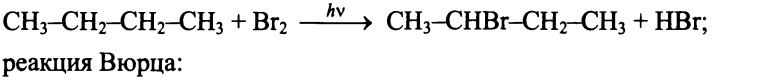
6) $FeCl_3 + 3AgNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 3AgCl\downarrow$.

*Ответ*: **X** – $FeCl_3$; **Y** – $Fe(NO_3)_3$.

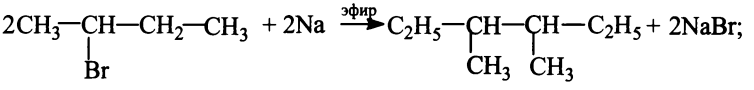
**8.** 1) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{Pt} CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$;

2) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH_3 + HBr$;

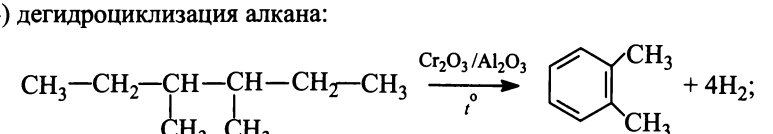
3) реакция Вюрца:



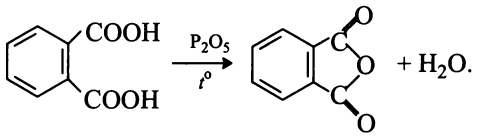
4) дегидроциклизация алкана:



5) окисление гомолога бензола:



6) получение ангидрида фталевой кислоты:




*Ответ:* **X** – $C_4H_{10}$ (бутан); **Y** – $C_8H_{18}$ (3,4-диметилгексан).

**9.** Обозначим за $x$ количество моль $Fe_3O_4$, тогда количества моль углерода и $Cu_2O$ равны $2x$ и $x$ соответственно. Масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 232x + 12 \cdot 2x + 144x = 4.0 \text{ г},$$

откуда $x = 0.01$ моль. Следовательно, в смеси было 0.01 моль $Fe_3O_4$ (или $FeO{\cdot}Fe_2O_3$), 0.02 моль C и 0.01 моль $Cu_2O$.

При растворении смеси в концентрированной серной кислоте протекают реакции:

$$\underset{0.01}{2FeO{\cdot}Fe_2O_3} + \underset{0.05}{10H_2SO_4} \rightarrow \underset{0.015}{3Fe_2(SO_4)_3} + \underset{0.005}{SO_2\uparrow} + 10H_2O;$$

$$\underset{0.02}{C} + \underset{0.04}{2H_2SO_4} \rightarrow \underset{0.02}{CO_2\uparrow} + \underset{0.04}{2SO_2\uparrow} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.01}{Cu_2O} + \underset{0.03}{3H_2SO_4} \rightarrow \underset{0.02}{2CuSO_4} + \underset{0.01}{SO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

Для полного растворения твердой смеси достаточно серной кислоты:

$$\nu(H_2SO_4) = 0.05 + 0.04 + 0.03 = 0.12 \text{ моль}.$$

Масса 82%-ного раствора серной кислоты, содержащего 0.12 моль $H_2SO_4$, составляет:

$$m(\text{раствора}) = \frac{0.12 \cdot 98}{0.82} = 14.34 \text{ г}.$$

Всего при растворении твердой смеси выделяется газов

$$\nu = 0.005 + 0.02 + 0.04 + 0.01 = 0.075 \text{ моль}.$$

Объем газовой смеси составляет

$$V(\text{смеси}) = \nu \cdot 22.4 = 0.075 \cdot 22.4 = 1.68 \text{ л}.$$

*Ответ*: 14.34 г 82%-ного раствора $H_2SO_4$; 1.68 л газов.

**10.** Рассчитаем количества образовавшихся веществ:

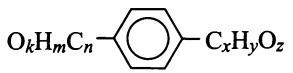
$$\nu(KOOC{-}C_6H_4{-}COOK) = 7.26 / 242 = 0.03 \text{ моль};$$

$$\nu(K_2CO_3) = 8.28 / 138 = 0.06 \text{ моль};$$

$$\nu(MnO_2) = 17.4 / 87 = 0.2 \text{ моль};$$

$$\nu(KOH) = 1.12 / 56 = 0.02 \text{ моль}.$$

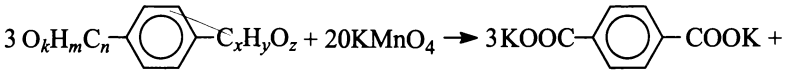
Если учесть, что в реакцию вступило 0.03 моль неизвестного органического соединения и среди продуктов присутствует такое же количество терефталата калия, логично предположить, что исходное соединение – это производное бензола с двумя заместителями в *пара*-положении, имеющее следующую общую формулу:



Анализ соотношения

$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) : \nu(K_2CO_3) : \nu(MnO_2) : \nu(KOH) = 3 : 6 : 20 : 2$$

показывает, что в состав заместителей входят четыре атома углерода (т. е. $n + x = 4$, где $n$ и $x$ не равны нулю). Тогда уравнение реакции окисления можно записать в общем виде:



$$+ 6K_2CO_3 + 20MnO_2 + 2KOH + t\,H_2O$$

(число атомов углерода и марганца в левой и правой частях уравнения одинаково).

Подсчитаем число атомов H и O в обеих частях уравнения:

(H) $3m + 3y = 2 + 2t$;

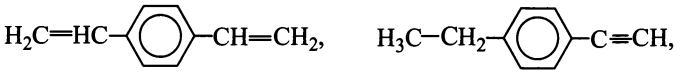
(O) $3k + 3z + 80 = 12 + 18 + 40 + 2 + t$.

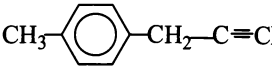
Домножив второе соотношение на 2 и вычтя его из первого, получим следующее уравнение

$$(m + y) - 2(k + z) = 6$$

и проанализируем его.

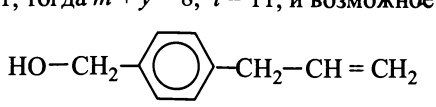
а) Если $k + z = 0$, т.е. исходное соединение – углеводород, тогда $m + y = 6$, и возможные соединения



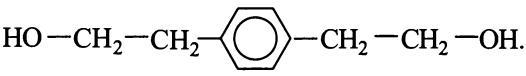


при этом в уравнении реакции окисления коэффициент перед водой $t = 8$.

б) Если $k + z = 1$, тогда $m + y = 8$, $t = 11$, и возможное соединение



в) Если $k + z = 2$, тогда $m + y = 10$, $t = 14$, возможное соединение



Все варианты значений $k + z \geq 3$ приводят к химически бессмысленным результатам.

Приведем уравнение реакции окисления одного из рассмотренных соединений:

$$3HO{-}CH_2{-}C_6H_4{-}CH_2{-}CH{=}CH_2 + 20KMnO_4 \rightarrow 3KOOC{-}C_6H_4{-}COOK + 6K_2CO_3 + 20MnO_2\downarrow + 2KOH + 11H_2O.$$

## Вариант ЛБ-2

**1.** Рассчитаем массу и количество платины в данном образце:

$$m(Pt) = \rho \cdot V = 21.45 \cdot 3.5 = 75.075 \text{ г};$$
$$\nu(Pt) = 75.075 / 195 = 0.385 \text{ моль}.$$

Количество моль и число наночастиц $Pt_{20}$ в 0.385 моль Pt:

$$\nu(Pt_{20}) = \nu(Pt) / 20 = 0.385 / 20 = 1.925 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$$
$$n(Pt_{20}) = \nu(Pt_{20}) \cdot N_A = 1.925 \cdot 10^{-2} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.16 \cdot 10^{22}.$$

*Ответ*: $1.16 \cdot 10^{22}$ наночастиц состава $Pt_{20}$.

**2.** Зависимость скорости реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}.$$

По условию $\gamma^{\frac{10}{10}} = 4.0$. Тогда при повышении температуры от 55 до 85 градусов скорость реакции возрастет в

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{85-55}{10}} = 4.0^3 = 64 \text{ раза}.$$

*Ответ*: скорость реакции возрастет в 64 раза.

**3.** $PO_3^-$: 39 протонов и 40 электронов;

$SiH_4$: 18 протонов и 18 электронов.

**4.** $6P + 5KClO_3 \xrightarrow{t^\circ} 5KCl + 3P_2O_5$;

$CH_3{-}CH_2{-}CBr_2{-}CH_3 + 2NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + 2NaBr + 2H_2O$.

**5.** Запишем реакцию горения диборана:

$$B_2H_6 + 3O_2 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O + Q.$$

По закону Гесса:

$$Q = 3 \cdot 285.8 + 1273.5 - 95.3 = 2035.6 \text{ кДж/моль},$$

значит, 4071.2 кДж теплоты будет получено при сгорании:

$$\nu(B_2H_6) = 4071.2 / 2035.6 = 2.0 \text{ моль}.$$

Объем диборана:

$$V = 2 \cdot 22.4 = 44.8 \text{ л}.$$

*Ответ*: 44.8 л.

**6.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль $Al_4C_3$ и $y$ моль $BaSO_3$. Тогда масса смеси равна:

$$m(\text{исх.смеси}) = 144x + 217y = 64.9 \text{ г}.$$

При растворении смеси в кислоте протекают реакции:

$$\underset{x}{Al_4C_3} + 12HCl \rightarrow 4AlCl_3 + \underset{3x}{3CH_4}\uparrow,$$

$$\underset{y}{BaSO_3} + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + \underset{y}{SO_2}\uparrow + H_2O.$$

Всего выделяется $(3x + y)$ моль газов. Средняя молярная масса газовой смеси составляет

$$M_{ср} = \frac{16 \cdot 3x + 64 \cdot y}{3x + y} \text{ г/моль}.$$

С другой стороны, из условия задачи,

$$M_{ср}(\text{газ. смеси}) = 5.2 \cdot 4 = 20.8 \text{ г/моль}.$$

Получаем равенство

$$\frac{16 \cdot 3x + 64 \cdot y}{3x + y} = 20.8,$$

из которого имеем $x = 3y$. После подстановки этого соотношения в уравнение для массы исходной смеси получаем $x = 0.3$ моль, $y = 0.1$ моль.

*Ответ*: 0.3 моль $Al_4C_3$, 0.1 моль $BaSO_3$.

**7.** Один из вариантов решения:

1) $2CuS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow$;

2) $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$;

3) $CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow$;

4) $Cu(NO_3)_2 + K_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2KNO_3$;

5) $CuCl_2 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2NaCl$;

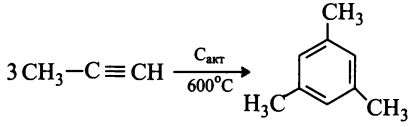
6) $CuO + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – CuO; **Y** – $Cu(NO_3)_2$.

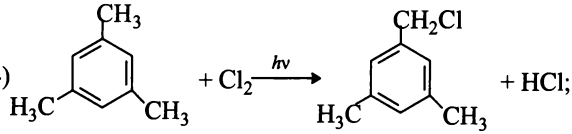
**8.** 1) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + 2Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CCl_2{-}CH_3 + 2HCl$;

2) $CH_3–CCl_2–CH_3 + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3–C{\equiv}CH + 2KCl + 2H_2O$;

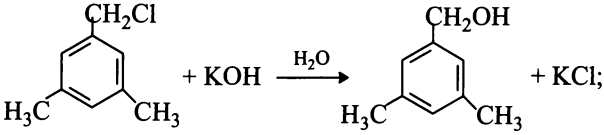
3) тримеризация пропина:



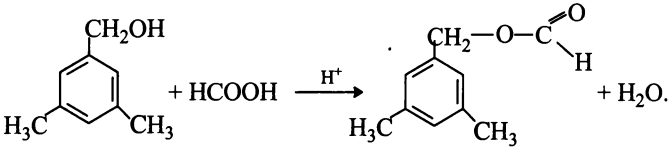
4)



5)



6) реакция этерификации:



*Ответ*: **X** – $CH_3–CCl_2–CH_3$; **Y** – $C_9H_{12}$ (1,3,5-триметилбензол, мезитилен).

**9.** Обозначим за $x$ количество $Fe_3O_4$, тогда количества углерода и $Cu_2O$ будут равны $2x$ и $3x$ соответственно. Масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 232x + 12 \cdot 2x + 144 \cdot 3x = 6.88 \text{ г}.$$

Отсюда $x = 0.01$ моль. Следовательно, в смеси было 0.01 моль $Fe_3O_4$ (или $FeO{\cdot}Fe_2O_3$), 0.02 моль C и 0.03 моль $Cu_2O$.

При растворении смеси в концентрированной азотной кислоте протекают реакции:

$$\underset{0.01}{FeO{\cdot}Fe_2O_3} + \underset{0.1}{10HNO_3} \rightarrow \underset{0.03}{3Fe(NO_3)_3} + \underset{0.01}{NO_2\uparrow} + 5H_2O;$$

$$\underset{0.02}{C} + \underset{0.08}{4HNO_3} \rightarrow \underset{0.02}{CO_2\uparrow} + \underset{0.08}{4NO_2\uparrow} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.03}{Cu_2O} + \underset{0.18}{6HNO_3} \rightarrow \underset{0.06}{2Cu(NO_3)_2} + \underset{0.06}{2NO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

Для полного растворения твердой смеси достаточно азотной кислоты:

$$\nu(HNO_3) = 0.1 + 0.08 + 0.18 = 0.36 \text{ моль } HNO_3,$$

Масса 85%-ного раствора азотной кислоты, содержащего 0.36 моль $H_2SO_4$, составляет:

$$m(\text{раствора}) = \frac{0.36 \cdot 63}{0.85} = 26.68 \text{ г.}$$

Всего при растворении твердой смеси выделяется газов

$$\nu = 0.01 + 0.02 + 0.08 + 0.06 = 0.17 \text{ моль.}$$

Объем газовой смеси:

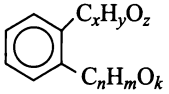
$$V = \nu \cdot 22.4 = 0.17 \cdot 22.4 = 3.808 \text{ л.}$$

*Ответ*: 26.68 г 85%-ного раствора $HNO_3$; 3.808 л газов.

**10.** Рассчитаем количества образовавшихся веществ:

$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) = 7.26 / 242 = 0.03 \text{ моль;}$$
$$\nu(K_2CO_3) = 4.14 / 138 = 0.03 \text{ моль;}$$
$$\nu(MnO_2) = 13.92 / 87 = 0.16 \text{ моль;}$$
$$\nu(KOH) = 2.24 / 56 = 0.04 \text{ моль.}$$

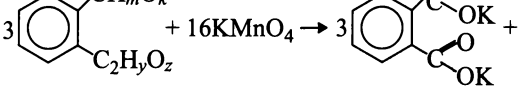
Если учесть, что в реакцию вступило 0.03 моль неизвестного органического соединения и среди продуктов присутствует такое же количество фталата калия, логично предположить, что исходное соединение – это производное бензола с двумя заместителями в *орто*-положении, имеющее следующую общую формулу:




Анализ соотношения

$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) : \nu(K_2CO_3) : \nu(MnO_2) : \nu(KOH) = 3 : 3 : 16 : 4$$

показывает, что в состав заместителей входят три атома углерода (т. е. $n + x = 3$, где $n$ и $x$ не равны нулю, для определенности примем $n = 1$ и $x = 2$). Тогда уравнение реакции окисления можно записать в общем виде:




$$+ 3K_2CO_3 + 16MnO_2 + 4KOH + t\,H_2O$$

(число атомов углерода и марганца в левой и правой частях уравнения одинаково).

Подсчитаем число атомов H и O в обеих частях уравнения:

(H) $3m + 3y = 4 + 2t$;

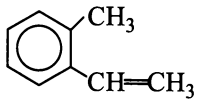
(O) $3k + 3z + 64 = 12 + 9 + 32 + 4 + t$.

Домножив второе соотношение на 2 и вычтя его из первого, получим следующее уравнение

$$(m + y) - 2(k + z) = 6$$

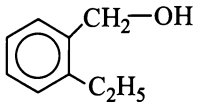
и проанализируем его.

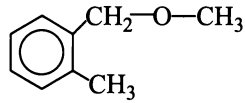
а) Если $k + z = 0$, т.е. исходное соединение – углеводород, тогда $m + y = 6$ и возможное соединение



при этом в уравнении реакции окисления коэффициент перед водой $t = 7$.

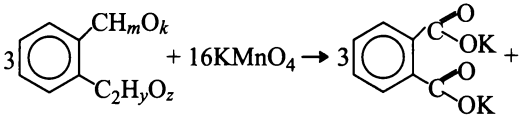
б) Если $k + z = 1$, тогда $m + y = 8$, $t = 10$, и примеры возможных соединений





Все варианты значений $k + z \geq 2$ приводят к химически бессмысленным результатам.

Приведем уравнение реакции окисления одного из рассмотренных соединений:



$$+ 3K_2CO_3 + 16MnO_2 + 4KOH + 10H_2O.$$

## Вариант ЛБ-3

**1.** Рассчитаем массу и количество палладия в данном образце:

$$m(\text{Pd}) = \rho \cdot V = 12.02 \cdot 8.0 = 96.16 \text{ г};$$
$$\nu(\text{Pd}) = 96.16 / 106 = 0.907 \text{ моль}.$$

Количество и число наночастиц $Pd_8$ в 0.907 моль Pd:

$$\nu(Pd_8) = \nu(\text{Pd}) / 8 = 0.907 / 8 = 0.113 \text{ моль};$$
$$n(Pd_8) = \nu(Pd_8) \cdot N_A = 0.113 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 6.83 \cdot 10^{22}.$$

*Ответ*: $6.83 \cdot 10^{22}$ наночастиц состава $Pd_8$.

**2.** Зависимость скорости реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}.$$

По условию $\gamma^{\frac{10}{10}} = 2.0$. Тогда при понижении температуры от 85 до 45 градусов скорость реакции понизится в

$$\frac{v_1}{v_2} = \gamma^{\frac{85-45}{10}} = 2.0^4 = 16 \text{ раз.}$$

*Ответ*: в 16 раз.

**3.** $Mg^{2+}$: 12 протонов и 10 электронов;
CO: 14 протонов и 14 электронов.

**4.** $2NO_2 + 2KOH \rightarrow KNO_2 + KNO_3 + H_2O$;
$CH_2Br–CH_2Br + 2NaOH(водн) \rightarrow CH_2(OH)–CH_2(OH) + 2NaBr$.

**5.** Запишем реакцию горения ацетилена:

$$C_2H_2 + 2.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O.$$

По условию задачи количество ацетилена:

$$\nu(C_2H_2) = 62.4 / 26 = 2.4 \text{ моль.}$$

При сгорании 1 моль ацетилена по закону Гесса выделится

$$Q = 2 \cdot 393.5 + 285.8 - (-226.7) = 1299.5 \text{ кДж тепла,}$$

соответственно при сгорании 2.4 моль выделится

$$Q = 1299.5 \cdot 2.4 = 3118.8 \text{ кДж тепла.}$$

*Ответ*: 3118.8 кДж.

**6.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль $Al_2S_3$ и $y$ моль $CaC_2$. Тогда масса смеси равна:

$$m(\text{смеси}) = 150x + 64y = 51.4 \text{ г.}$$

При растворении смеси в кислоте идут реакции:

$$\underset{x}{Al_2S_3} + 6HI \rightarrow 2AlI_3 + \underset{3x}{3H_2S}\uparrow,$$

$$\underset{y}{CaC_2} + 2HI \rightarrow CaI_2 + \underset{y}{C_2H_2}\uparrow.$$

Всего выделяется $(3x + y)$ моль газов. Средняя молярная масса газовой смеси составляет

$$M_{ср} = \frac{34 \cdot 3x + 26 \cdot y}{3x + y};$$

с другой стороны, из условия задачи

$$M_{ср} = 0.83 \cdot 40 = 33.2 \text{ г/моль};$$

получаем равенство

$$\frac{34 \cdot 3x + 26 \cdot y}{3x + y} = 33.2.$$

Упростив это выражение, имеем $x = 3y$. После подстановки этого соотношения в уравнение для массы исходной смеси имеем $x = 0.3$ моль, $y = 0.1$ моль.

*Ответ*: 0.3 моль $Al_2S_3$, 0.1 моль $CaC_2$.

**7.** Один из возможных вариантов решения:

1) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$;

2) $Fe_2O_3 + 3CO \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + 3CO_2\uparrow$;

3) $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$;

4) $FeCl_3 + 3AgNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 3AgCl\downarrow$;

5) $Fe + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

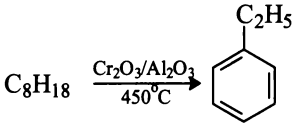
6) $Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$.

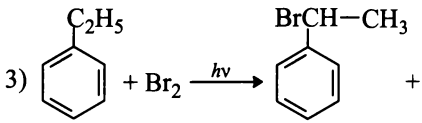
*Ответ*: **X** – $Fe_2O_3$; **Y** – $FeCl_3$.

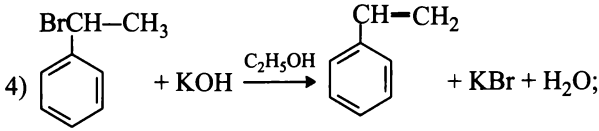
**8.** 1) Реакция Вюрца:

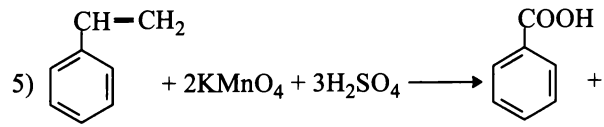
$$2CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2Br + 2Na \xrightarrow{\text{эфир}} C_8H_{18} + 2NaBr;$$

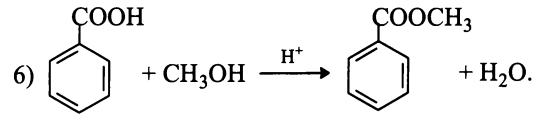
2) реакция дегидроциклизации *н*-октана:






6) $+ CH_3OH \xrightarrow{H^+}$ $+ H_2O$.

*Ответ*: **X** – $C_6H_5$–CHBr–$CH_3$; **Y** – $C_6H_5$–COOH.

**9.** Обозначим за $2x$ количество $Fe_3O_4$, тогда количества углерода и меди равны $5x$ и $3x$ соответственно.

Масса смеси

$$m(\text{смеси}) = 232 \cdot 2x + 12 \cdot 5x + 64 \cdot 3x = 14.32 \text{ г},$$

отсюда $x = 0.02$ моль. Следовательно, в смеси было 0.04 моль $Fe_3O_4$ (или $FeO \cdot Fe_2O_3$), 0.1 моль C и 0.06 моль Cu.

При растворении смеси в концентрированной серной кислоте протекают реакции:

$$\underset{0.04}{2FeO \cdot Fe_2O_3} + \underset{0.2}{10H_2SO_4} \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + \underset{0.02}{SO_2\uparrow} + 10H_2O;$$

$$\underset{0.1}{C} + \underset{0.2}{2H_2SO_4} \rightarrow \underset{0.1}{CO_2\uparrow} + \underset{0.2}{2SO_2\uparrow} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.06}{Cu} + \underset{0.12}{2H_2SO_4} \rightarrow CuSO_4 + \underset{0.06}{SO_2\uparrow} + 2H_2O.$$

Для полного растворения твердой смеси достаточно серной кислоты:

$$\nu(H_2SO_4) = 0.2 + 0.2 + 0.12 = 0.52 \text{ моль}$$

Масса 84%-ного раствора серной кислоты, содержащего 0.52 моль $H_2SO_4$, составляет:

$$m(\text{раствора}) = \frac{0.52 \cdot 98}{0.84} = 60.67 \text{ г}.$$

Всего при растворении твердой смеси выделяется газов

$$\nu = 0.02 + 0.1 + 0.2 + 0.06 = 0.38 \text{ моль}.$$

Объем газовой смеси составляет

$$V(\text{смеси}) = \nu \cdot 22.4 = 0.38 \cdot 22.4 = 8.512 \text{ л}.$$

*Ответ*: 60.67 г 84%-ного раствора $H_2SO_4$; 8.512 л газов.

**10.** Рассчитаем количества образовавшихся веществ:

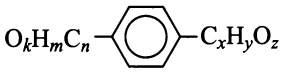
$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) = 2.42 / 242 = 0.01 \text{ моль};$$

$$\nu(K_2CO_3) = 2.76 / 138 = 0.02 \text{ моль};$$

$$\nu(MnO_2) = 5.22 / 87 = 0.06 \text{ моль}.$$

Если учесть, что в реакцию вступило 0.01 моль неизвестного органического соединения и среди продуктов присутствует такое же количество терефталата калия, логично предположить, что исходное соединение –

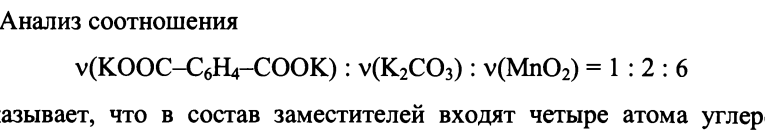
это производное бензола с двумя заместителями в *пара*-положении, имеющее следующую общую формулу:



Анализ соотношения

$$\nu(\text{KOOC–C}_6\text{H}_4\text{–COOK}) : \nu(\text{K}_2\text{CO}_3) : \nu(\text{MnO}_2) = 1 : 2 : 6$$

показывает, что в состав заместителей входят четыре атома углерода (т. е. $n + x = 4$, где $n$ и $x$ не равны нулю). Тогда уравнение реакции окисления можно записать в общем виде:



(число атомов углерода и марганца в левой и правой частях уравнения одинаково).

Подсчитаем число атомов H и O в обеих частях уравнения:

(H) $m + y = 2t$;

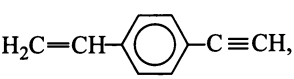
(O) $k + z + 24 = 4 + 6 + 12 + t$.

Домножив второе соотношение на 2 и вычтя его из первого, получим следующее уравнение

$$(m + y) - 2(k + z) = 4$$

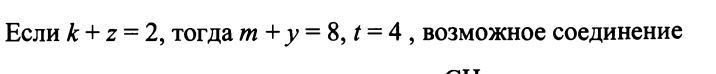
и проанализируем его.

а) Если $k + z = 0$, т.е. исходное соединение – углеводород, тогда $m + y = 4$, и возможное соединение

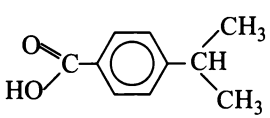


при этом в уравнении реакции окисления коэффициент перед водой $t = 2$.

б) Если $k + z = 1$, тогда $m + y = 6$, $t = 3$, и примеры возможных соединений



в) Если $k + z = 2$, тогда $m + y = 8$, $t = 4$ , возможное соединение



Все варианты значений $k + z \geq 3$ приводят к химически бессмысленным результатам.

Приведем уравнение реакции окисления последнего из рассмотренных соединений:

$$HOOC–C_6H_4–C_3H_7 + 6KMnO_4 \rightarrow KOOC–C_6H_4–COOK + 2K_2CO_3 + 6MnO_2\downarrow + 4H_2O.$$

## Вариант ЛБ-4

**1.** Рассчитаем массу и количество золота в данном образце:

$$m(Au) = \rho \cdot V = 19.32 \cdot 2.5 = 48.3 \text{ г};$$
$$\nu(Au) = 48.3 / 197 = 0.245 \text{ моль};$$

Количество и число наночастиц $Au_8$ в 0.245 моль Au:

$$\nu(Au_8) = \nu(Au) / 8 = 0.245 / 8 = 3.06 \cdot 10^{-2} \text{ моль};$$
$$n(Au_8) = \nu(Au_8) \cdot N_A = 3.06 \cdot 10^{-2} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.84 \cdot 10^{22}.$$

*Ответ*: $1.84 \cdot 10^{22}$ наночастиц состава $Au_8$.

**2.** Зависимость скорости реакции от температуры выражается правилом Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}.$$

По условию, $\gamma^{\frac{10}{10}} = 3.0$. Тогда при понижении температуры от 90 до 60 градусов скорость реакции понизится в

$$\frac{v_1}{v_2} = \gamma^{\frac{90-60}{10}} = 3.0^3 = 27 \text{ раз}.$$

*Ответ*: в 27 раз.

**3.** $Ca^{2+}$: 20 протонов и 18 электронов;

$H_2S$: 18 протонов и 18 электронов.

**4.** $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$;

$C_6H_5–COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_6 + Na_2CO_3$.

**5.** Запишем реакцию горения диборана:

$$B_2H_6 + 3O_2 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O + Q.$$

По условию задачи количество диборана

$$\nu(B_2H_6) = 84 / 28 = 3.0 \text{ моль},$$

значит, при сгорании 1 моль диборана выделится

$$Q = 6106.8 / 3.0 = 2035.6 \text{ кДж тепла}.$$

По закону Гесса:

$$2035.6 = 1273.5 + 3 \cdot 285.8 - x,$$

где $x$ – теплота образования диборана $B_2H_6$. Решив уравнение, получим $x = 95.3$ кДж/моль.

*Ответ*: 95.3 кДж/моль.

**6.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль $Mg_3P_2$ и $y$ моль $CaC_2$. Тогда масса смеси равна

$$m(\text{исх.смеси}) = 134x + 64y = 26.2 \text{ г}.$$

При растворении смеси в бромоводородной кислоте протекают реакции:

$$\underset{x}{Mg_3P_2} + 6HBr \rightarrow 3MgBr_2 + \underset{2x}{2PH_3}\uparrow,$$

$$\underset{y}{CaC_2} + 2HBr \rightarrow CaBr_2 + \underset{y}{C_2H_2}\uparrow .$$

Всего выделяется $(2x + y)$ моль газов.

Средняя молярная масса газовой смеси составляет

$$M_{ср} = \frac{34 \cdot 2x + 26 \cdot y}{2x + y};$$

с другой стороны, из условия задачи

$$M_{ср} = 1.5 \cdot 20 = 30.0 \text{ г/моль}.$$

Получаем равенство

$$\frac{34 \cdot 2x + 26 \cdot y}{2x + y} = 30.0,$$

из которого $2x = y$. После подстановки этого соотношения в уравнение для массы исходной смеси имеем $x = 0.1$ моль, $y = 0.2$ моль.

*Ответ*: 0.1 моль $Mg_3P_2$, 0.2 моль $CaC_2$.

**7.** Один из возможных вариантов:

1) $Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

3) $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$;

4) $CuCl_2(\text{р-р}) \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu + Cl_2\uparrow$;

5) $CuO + C \xrightarrow{t^\circ} Cu + CO\uparrow$;

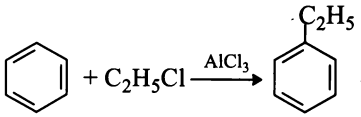
6) $CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow CuCl_2 + BaSO_4\downarrow$.

*Ответ*: **X** – $CuSO_4$; **Y** – $CuCl_2$.

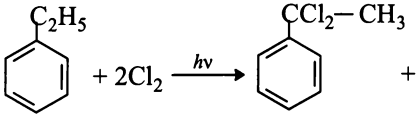
**8.** 1) $2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ C} C_2H_2 + 3H_2$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{600^\circ C,\ C_{акт}} C_6H_6$;

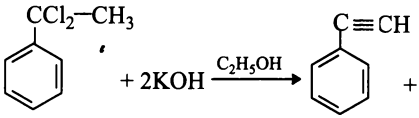
3) алкилирование бензола по Фриделю-Крафтсу:



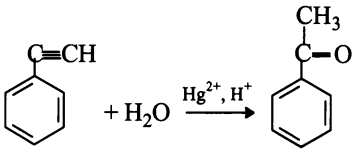
4)



5)



6) гидратация алкина по Кучерову:



*Ответ*: **X** – $C_2H_2$; **Y** – $C_6H_5$–$CCl_2$–$CH_3$.

**9.** Обозначим за $x$ количество $Fe_3O_4$, тогда количества углерода и меди равны $x$ и $2x$ соответственно.

Масса смеси равна

$$m(\text{смеси}) = 232x + 12x + 64\cdot 2x = 7.44 \text{ г};$$

отсюда $x = 0.02$. Следовательно, в смеси было 0.02 моль $Fe_3O_4$ (или $FeO\cdot Fe_2O_3$), 0.02 моль C и 0.04 моль Cu.

При растворении смеси в концентрированной азотной кислоте протекают реакции:

$$\underset{0.02}{FeO\cdot Fe_2O_3} + \underset{0.2}{10HNO_3} \rightarrow 3Fe(NO_3)_3 + \underset{0.02}{NO_2\uparrow} + 5H_2O;$$

$$\underset{0.02}{C} + \underset{0.08}{4HNO_3} \rightarrow \underset{0.02}{CO_2\uparrow} + \underset{0.08}{4NO_2\uparrow} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.04}{Cu} + \underset{0.16}{4HNO_3} \rightarrow Cu(NO_3)_2 + \underset{0.08}{2NO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

Для полного растворения твердой смеси достаточно азотной кислоты:

$$\nu(HNO_3) = 0.2 + 0.08 + 0.16 = 0.44 \text{ моль}.$$

Масса 83%-ного раствора $HNO_3$, содержащего 0.44 моль $HNO_3$, составляет:

$$m(\text{раствора}) = \frac{0.44 \cdot 63}{0.83} = 33.4 \text{ г 83\%-ного раствора.}$$

Всего при растворении твердой смеси выделяется газов:

$$\nu = 0.02 + 0.02 + 0.08 + 0.08 = 0.20 \text{ моль.}$$

Объем газовой смеси равен:

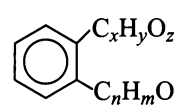
$$V = \nu \cdot 22.4 = 0.20 \cdot 22.4 = 4.48 \text{ л.}$$

*Ответ*: 33.4 г 83%-ного раствора $HNO_3$; 4.48 л газов.

**10.** Рассчитаем количества образовавшихся веществ:

$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) = 7.26 / 242 = 0.03 \text{ моль;}$$
$$\nu(K_2CO_3) = 4.14 / 138 = 0.03 \text{ моль;}$$
$$\nu(MnO_2) = 12.18 / 87 = 0.14 \text{ моль;}$$
$$\nu(KOH) = 1.12 / 56 = 0.02 \text{ моль.}$$

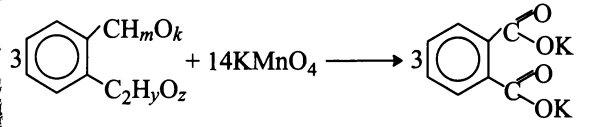
Если учесть, что в реакцию вступило 0.03 моль неизвестного органического соединения и среди продуктов присутствует такое же количество фталата калия, логично предположить, что исходное соединение – это производное бензола с двумя заместителями в *орто*-положении, имеющее следующую общую формулу:




Анализ соотношения

$$\nu(KOOC–C_6H_4–COOK) : \nu(K_2CO_3) : \nu(MnO_2) : \nu(KOH) = 3 : 3 : 14 : 2$$

показывает, что в состав заместителей входят три атома углерода (т.е. $n + x = 3$, где $n$ и $x$ не равны нулю, далее для определенности примем $n = 1$ и $x = 2$). Тогда уравнение реакции окисления можно записать в общем виде:




$$+ 3K_2CO_3 + 16MnO_2 + 4KOH + t\,H_2O$$

(число атомов углерода и марганца в левой и правой частях уравнения одинаково).

Подсчитаем число атомов H и O в обеих частях уравнения:

(H) $3m + 3y = 2 + 2t$;

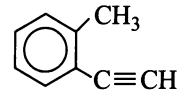
(O) $3k + 3z + 56 = 12 + 9 + 28 + 2 + t$.

Домножив второе соотношение на 2 и вычтя его из первого, получим следующее уравнение

$$(m + y) - 2(k + z) = 4$$

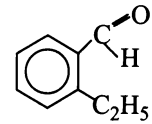
и проанализируем его.

а) Если $k + z = 0$, т.е. исходное соединение – углеводород, тогда $m + y = 4$ и возможное соединение

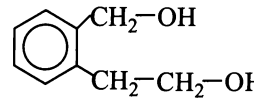


при этом в уравнении реакции окисления коэффициент перед водой $t = 5$.

б) Если $k + z = 1$, тогда $m + y = 6$, $t = 8$, и пример возможного соединения

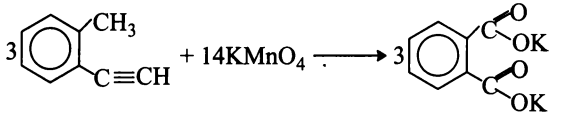


в) Если $k + z = 2$, тогда $m + y = 8$, $t = 11$, пример возможного соединения



Все варианты значений $k + z \geq 3$ приводят к химически бессмысленным результатам.

Приведем уравнение реакции окисления одного из рассмотренных соединений:



$$+ 3K_2CO_3 + 14MnO_2 + 2KOH + 5H_2O.$$

## Решения заданий олимпиады 2010

### Вариант 1

**1.** $K^+$: число протонов – 19, число электронов – 18.
$NO_2$: число протонов – 23, число электронов – 23.

**2.** LiCl – соль сильного основания и сильной кислоты, в воде не гидролизуется, раствор имеет нейтральную реакцию (pH = 7). KF – соль

сильного основания и слабой кислоты; раствор имеет щелочную реакцию (pH > 7) вследствие гидролиза по аниону.

*Ответ*: pH раствора KF выше.

**3.** Реакция бромэтана с водным раствором щелочи:

$$CH_3–CH_2Br + NaOH(водн) \rightarrow CH_3–CH_2OH + NaBr.$$

Реакция протекает по механизму нуклеофильного замещения ($S_N$).

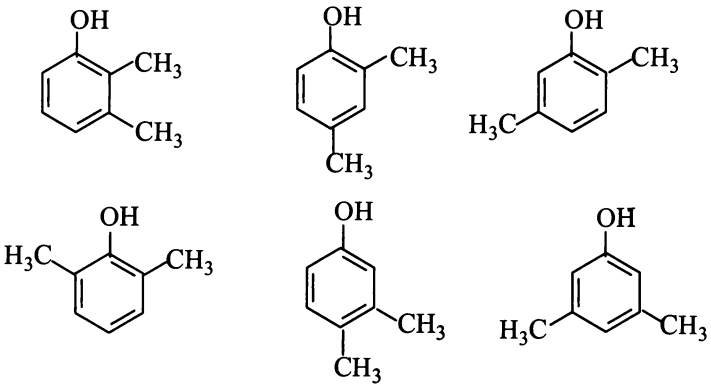
**4.** Пусть в реакции изомеризации **A** → **C** $x$ г вещества **A** превратилось в вещество **C**, тогда в равновесной смеси содержится $(15 - x)$ г **A** и $x$ г **C**. При равновесии скорости прямой и обратной реакции равны:

$$50 \cdot (15 - x) = 10x,$$

откуда $x = 12.5$ г. Состав равновесной смеси: 2.5 г **A**, 12.5 г **C**.

*Ответ*: 2.5 г **A**, 12.5 г **C**.

**5.** Существует шесть изомерных диметилфенолов; их структурные формулы:



*Ответ*: шесть изомеров.

**6.** Сульфид меди в воде не растворяется и гидролизу не подвергается. Сульфид алюминия гидролизуется полностью:

$$Al_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow.$$

Количество выделившегося $H_2S$ по условию равно:

$$\nu(H_2S) = 1.02 / 34 = 0.03 \text{ моль};$$

следовательно, $\nu(Al_2S_3) = 0.03 / 3 = 0.01$ моль, а его масса

$$m(Al_2S_3) = 0.01 \cdot 150 = 1.5 \text{ г}.$$

Отфильтрованный и высушенный осадок состоит из сульфида меди и гидроксида алюминия:

$$m(CuS) = 2.0 - 1.5 = 0.5 \text{ г},$$

$$m(Al(OH)_3) = 0.02 \cdot 78 = 1.56 \text{ г.}$$

Масса осадка составляет

$$m(CuS) + m(Al(OH)_3) = 0.5 + 1.56 = 2.06 \text{ г.}$$

*Ответ*: 2.06 г.

**7.** Один из возможных вариантов решения:

1) $Cr_2O_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 5H_2O$;

2) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2O$;

3) $3K_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O$;

4) $2Cr_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Cr_2O_3 + 6SO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$;

5) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$;

6) $3K_2SO_3 + 2K_2CrO_4 + 5H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 5K_2SO_4 + 5H_2O$.

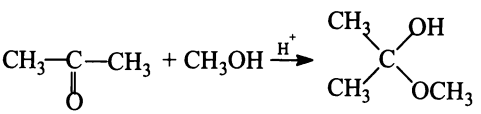
*Ответ*: **X** – $K_2CrO_4$; **Y** – $Cr_2(SO_4)_3$.

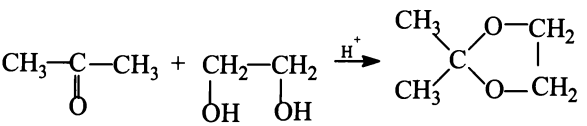
**8.** 1) $2(CH_3)_2CHBr + 2Na \rightarrow (CH_3)_2CH{-}CH(CH_3)_2 + 2NaBr$ (реакция Вюрца);

2) $(CH_3)_2CH{-}CH(CH_3)_2 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} (CH_3)_2CBr{-}CH(CH_3)_2 + HBr$;

3) $(CH_3)_2CBr{-}CH(CH_3)_2 + NaOH(\text{спирт. р-р}) \rightarrow (CH_3)_2C{=}C(CH_3)_2 + NaBr + H_2O$;

4) $5(CH_3)_2C{=}C(CH_3)_2 + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 10CH_3C(O)CH_3 + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 6H_2O$;

5) 

6) 

*Ответ*: вещество **X** – 2,3-диметилбутан.

**9.** Найдем молярную массу выделившегося газа:

$$M = \rho RT / p = 1.227 \cdot 8.31 \cdot 298 / 101.3 = 30 \text{ г/моль};$$

это газ NO.

Реакция протекает по уравнению:

$$FeS_2 + 8HNO_3 \rightarrow 2H_2SO_4 + 5NO\uparrow + Fe(NO_3)_3 + 2H_2O.$$

Рассчитаем количество выделившегося NO и его массу:

$$\nu(NO) = 101.3 \cdot 3.667 / (8.31 \cdot 298) = 0.15 \text{ моль},$$

$$m(NO) = 0.15 \cdot 30 = 4.5 \text{ г}.$$

Значит, в результате реакции образовалось 0.06 моль серной кислоты ($0.06 \cdot 98 = 5.88$ г), а вступило в реакцию 0.03 моль пирита ($0.03 \cdot 120 = 3.6$ г) и 0.24 моль $HNO_3$ ($0.24 \cdot 63 = 15.12$ г).

По условию задачи, в получившемся растворе содержится еще $5.88 \cdot 3 = 17.64$ г азотной кислоты, всего же в исходном растворе ее было $15.12 + 17.64 = 32.76$ г.

Найдем массу исходного раствора:

$$m = 49.1 - m(FeS_2) + m(NO) = 49.1 - 3.6 + 4.5 = 50 \text{ г}.$$

Таким образом, массовая доля азотной кислоты в исходном растворе:

$$\omega(HNO_3) = 32.76 / 50 = 0.655 \text{ (или } 65.5\%).$$

*Ответ*: 65.5%.

**10.** Для гидролиза 1 моль сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты требуется 1 моль щелочи, сложного эфира двухосновной кислоты – 2 моль щелочи, сложного эфира фенола – 2 моль щелочи.

По условию задачи,

$$\nu(NaOH) = 100 \cdot 0.1 / 40 = 0.25 \text{ моль}.$$

Если исходное соединение – эфир одноосновной кислоты, то $\nu$(эфира) = 0.25 моль, и тогда его молярная масса составляет:

$$M(\text{эфира}) = 18 / 0.25 = 72 \text{ г/моль},$$

если же это эфир двухосновной кислоты, то $\nu$(эфира) = 0.125 моль, и

$$M(\text{эфира}) = 18 / 0.125 = 144 \text{ г/моль}.$$

При окислении продуктов гидролиза сложного эфира образуется углекислый газ. Следовательно, в процессе окисления разрушается углеродный скелет. До углекислого газа в условиях реакции может окисляться метанол.

Из условия задачи, количество выделившегося углекислого газа:

$$\nu(CO_2) = 16.8 / 22.4 = 0.75 \text{ моль}.$$

Количество углекислого газа равно количеству атомов углерода в эфире: $\nu(CO_2) = \nu$(атомов C).

Для эфира с молярной массой 72 г/моль отношение

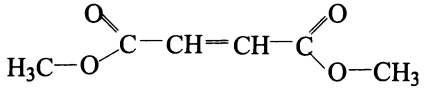
$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.25 : 0.75 = 1 : 3.$$

Этот сложный эфир должен содержать три атома углерода и два атома кислорода, тогда на водород остается четыре атома. Соединение $CHCOOCH_3$ не существует. Формула $HCOOCH{=}CH_2$ не удовлетворяет условию задачи, т. к. окисление одного моля винилформиата перманганатом натрия дает только один моль $CO_2$.

Для эфира двухосновной кислоты с $M = 144$ г/моль отношение

$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.125 : 0.75 = 1 : 6.$$

Этот сложный эфир должен содержать шесть атомов углерода и четыре атома кислорода, тогда на водород остается восемь атомов. Формула



отвечает условию задачи.

Уравнения реакций:

$$CH_3OOC–CH=CH–COOCH_3 + 2NaOH \rightarrow NaOOC–CH=CH–COONa + 2CH_3OH;$$

$$5CH_3OH + 6NaMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2\uparrow + 3Na_2SO_4 + 6MnSO_4 + 19H_2O;$$

$$5NaOOC–CH=CH–COONa + 12NaMnO_4 + 23H_2SO_4 \rightarrow 20CO_2\uparrow + 11Na_2SO_4 + 12MnSO_4 + 28H_2O.$$

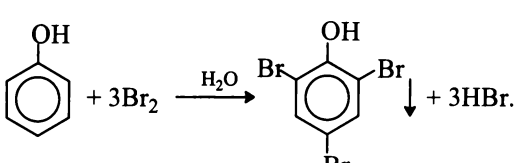
## Вариант 2

**1.** $Mg^{2+}$: число протонов – 12, число электронов – 10.
$NH_3$: число протонов – 10, число электронов – 10.

**2.** NaCl – соль сильного основания и сильной кислоты, в воде не гидролизуется, раствор имеет нейтральную реакцию (pH = 7). $(NH_4)_2SO_4$ – соль слабого основания и сильной кислоты; раствор имеет кислую реакцию (pH < 7) вследствие гидролиза по катиону.

*Ответ*: pH раствора NaCl выше.

**3.** Реакция фенола с бромной водой:



Реакция протекает по механизму электрофильного замещения ($S_E$).

**4.** Пусть в вещество **Y** превратилось $x$ г вещества **X**, тогда в равновесной смеси содержится $(125 - x)$ г **X** и $x$ г **Y**. При равновесии скорость прямой реакции равна скорости обратной реакции:

$$110 \cdot (125 - x) = 44x,$$

откуда $x = 89.3$.

Состав равновесной смеси: 35.7 г **X**, 89.3 г **Y**.

*Ответ*: 35.7 г **X**, 89.3 г **Y**.

**5.** Структурные изомеры дихлорпроизводных *н*-бутана:

1) $Cl_2CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$; 2) $CH_3{-}CCl_2{-}CH_2{-}CH_3$; 3) $ClCH_2{-}CHCl{-}CH_2{-}CH_3$;
4) $ClCH_2{-}CH_2{-}CHCl{-}CH_3$; 5) $ClCH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2Cl$; 6) $CH_3{-}CHCl{-}CHCl{-}CH_3$.

Существуют также пространственные (оптические) изомеры для 3), 4) и 6).

**6.** Сульфид меди в воде не растворяется и гидролизу не подвергается. Сульфид алюминия гидролизуется полностью:

$$Al_2S_3 + 6H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow.$$

По условию количество выделившегося $H_2S$ равно:

$$\nu(H_2S) = 1.02 / 34 = 0.03 \text{ моль};$$

следовательно, $\nu(Al_2S_3) = 0.03 / 3 = 0.01$ моль, а его масса

$$m(Al_2S_3) = 0.01 \cdot 150 = 1.5 \text{ г}.$$

Отфильтрованный и высушенный осадок состоит из сульфида меди и гидроксида алюминия:

$$m(CuS) = 2.0 - 1.5 = 0.5 \text{ г},$$
$$m(Al(OH)_3) = 0.02 \cdot 78 = 1.56 \text{ г}.$$

Масса осадка составляет

$$m(CuS) + m(Al(OH)_3) = 0.5 + 1.56 = 2.06 \text{ г}.$$

*Ответ*: 2.06 г.

**7.** Один из вариантов решения:

1) $2KCrO_2 + 3Cl_2 + 8KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 4H_2O$;

2) $2K_2CrO_4 + 3K_2SO_3 + 5H_2O \rightarrow 2K[Cr(OH)_4] + 3K_2SO_4 + 2KOH$;

3) $K[Cr(OH)_4] + SO_2 \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + KHSO_3$;

4) $Cr(OH)_3 + KOH \xrightarrow{t^\circ} KCrO_2 + 2H_2O$;

5) $KCrO_2 + 2H_2O \rightarrow K[Cr(OH)_4]$;

6) $2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$.

*Ответ*: **X** – $K_2CrO_4$, **Y** – $Cr(OH)_3$.

Другой вариант – в качестве вещества **X** можно выбрать $CrCl_3$. Тогда

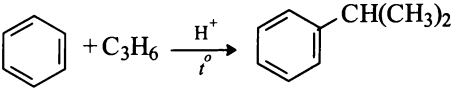
1) $KCrO_2 + 4HCl \rightarrow CrCl_3 + KCl + 2H_2O$;

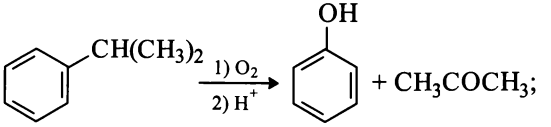
2) $CrCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4] + 3KCl$;

6) $Cr(OH)_3 + 3HCl \rightarrow CrCl_3 + 3H_2O$.

**8.**

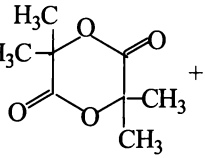
1) $3\,CH{\equiv}CH \xrightarrow{600^\circ,\ C_{акт}}$ 

2) 

3) 

4) $CH_3COCH_3 + HCN \xrightarrow{\text{осн}} (CH_3)_2C(OH)-CN;$

5) $(CH_3)_2C(OH)-CN + 2H_2O + HCl \longrightarrow (CH_3)_2C(OH)-COOH + NH_4Cl;$

6) $2\,(CH_3)_2C(OH)-COOH \xrightarrow{t^0}$  $+ 2H_2O.$

**9.** Найдем молярную массу выделившегося газа:

$$M = \rho RT / p = 1.176 \cdot 8.31 \cdot 290 / 101.3 = 28 \text{ г/моль};$$

это – газ $N_2$.

Реакция протекает по уравнению:

$$Cu_2S + 6HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + N_2\uparrow + 2Cu(NO_3)_2 + 2H_2O.$$

Рассчитаем количество выделившегося азота и его массу:

$$\nu(N_2) = 101.3 \cdot 2.38 / (8.31 \cdot 290) = 0.1 \text{ моль},$$

$$m(N_2) = 0.1 \cdot 28 = 2.8 \text{ г}.$$

В реакции образовалось также 0.1 моль серной кислоты ($0.1 \cdot 98 = 9.8$ г), а вступило в реакцию 0.1 моль сульфида меди ($0.1 \cdot 160 = 16$ г) и 0.6 моль $HNO_3$ ($0.6 \cdot 63 = 37.8$ г).

Согласно условию, в получившемся растворе содержится еще $9.8 \cdot 2 = 19.6$ г азотной кислоты, всего ее в исходном растворе было $19.6 + 37.8 = 57.4$ г.

Найдем массу исходного раствора:

$$m = 243.2 - m(Cu_2S) + m(N_2) = 243.2 - 16 + 2.8 = 230 \text{ г}.$$

Таким образом, массовая доля азотной кислоты в исходном растворе составила

$$\omega(HNO_3) = 57.4 / 230 = 0.25 \text{ (или 25\%)}.$$

*Ответ*: 25%.

**10.** Для гидролиза сложного эфира одноосновной карбоновой кислоты требуется 1 моль щелочи, сложного эфира двухосновной кислоты – 2 моль щелочи, сложного эфира фенола – 2 моль щелочи.

По условию задачи,

$$\nu(KOH) = 56 \cdot 0.25 / 56 = 0.25 \text{ моль}.$$

Если исходное соединение – эфир одноосновной кислоты, то $\nu$(эфира) = 0.25 моль, и тогда его молярная масса

$$M(\text{эфира}) = 14.75 / 0.25 = 59 \text{ г/моль}.$$

Если это эфир двухосновной кислоты, то $\nu$(эфира) = 0.125 моль, и его молярная масса

$$M(\text{эфира}) = 14{,}75 / 0.125 = 118 \text{ г/моль}.$$

При окислении продуктов гидролиза сложного эфира образуется углекислый газ. Следовательно, в процессе окисления разрушается углеродный скелет. До углекислого газа в условиях реакции может окисляться метанол.

Из условия задачи, количество выделившегося углекислого газа:

$$\nu(CO_2) = 11.2 / 22.4 = 0.5 \text{ моль}.$$

Количество углекислого газа равно количеству атомов углерода в эфире: $\nu(CO_2) = \nu$(атомов C).

Для эфира с $M$ = 59 г/моль отношение

$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.25 : 0.5 = 1 : 2.$$

Этот сложный эфир должен содержать два атома углерода и два атома кислорода, тогда на водород остается три атома. Соединение $COOCH_3$ не существует.

Для эфира двухосновной кислоты с $M$ = 118 г/моль отношение

$$\nu(\text{эфира}) : \nu(\text{атомов C}) = 0.125 : 0.5 = 1 : 4.$$

Этот сложный эфир должен содержать четыре атома углерода и четыре атома кислорода, тогда на водород остается шесть атомов. Формула $CH_3OOC–COOCH_3$ отвечает условию задачи.

Уравнения реакций:

$$CH_3OOC–COOCH_3 + 2KOH \rightarrow KOOC–COOK + 2CH_3OH;$$

$$5CH_3OH + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2\uparrow + 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 19H_2O;$$

$$5KOOC–COOK + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 10CO_2\uparrow + 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O.$$

# Часть III

# ПИСЬМЕННЫЙ ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН

## Традиционные вступительные испытания в Московском университете

Конкурсный отбор абитуриентов – особая область, находящаяся на стыке среднего и высшего образования и затрагивающая интересы очень широкого круга людей. Во-первых, это сами абитуриенты и их родители и близкие. Затем это школьные учителя, для которых очень важна такая «оценка» результатов их профессиональной деятельности, и, наконец, работники вузов, заинтересованные в том, чтобы к ним приходили учиться наиболее достойные и подготовленные абитуриенты.

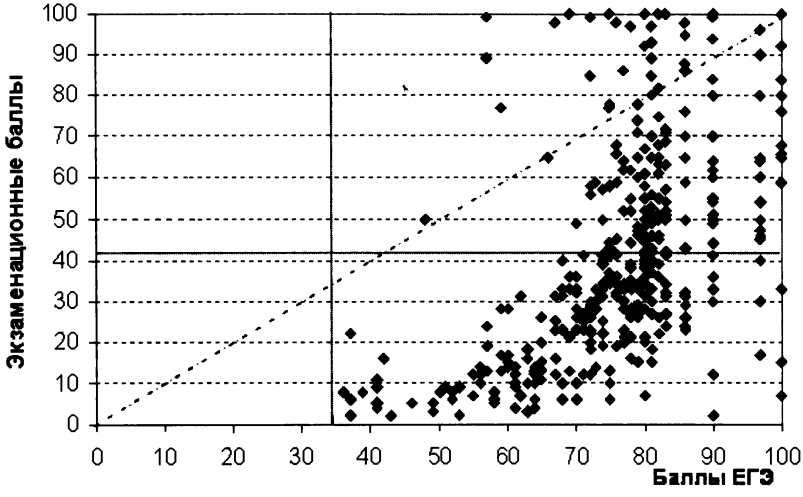
Все прошедшие годы набор дисциплин, необходимых для поступления на химический факультет МГУ, оставался неизменным, менялась только сама форма вступительных испытаний. Со времен СССР экзамены проводились по четырем дисциплинам: математике (этот предмет до недавнего времени был профилирующим на всех естественнонаучных факультетах МГУ), физике, русскому языку и литературе (в форме сочинения) и химии. Математика и сочинение сдавались письменно, физика – устно. Экзамен по химии до конца восьмидесятых годов принимался в устной форме, а в 1990 г. было принято решение о переходе на письменную форму вступительного испытания по химии[1].

Московский университет последовательно выступал против повсеместного внедрения ЕГЭ как безальтернативного инструмента отбора в вузы, и до середины первого десятилетия XXI века ему удавалось сохра-

[1] До введения ЕГЭ практически во всех ведущих вузах страны принимались именно письменные вступительные экзамены по химии, задания которых содержали значительную долю расчетных задач.

нить традиционную систему конкурсного отбора, которая существовала в нашей стране десятилетиями и доказала свою эффективность. Однако с 2007 года и в МГУ постепенно начался переход на прием некоторых предметов по результатам ЕГЭ, а уже в 2009 г. впервые абитуриенты должны были представить только сертификаты ЕГЭ и лишь на трех факультетах МГУ проводились дополнительные письменные испытания. На химическом факультете вступительное испытание по химии вообще не было предусмотрено. Письменный экзамен по химии состоялся только на лечебном отделении факультета фундаментальной медицины (ФФМ).

Мы сопоставили результаты этого экзамена с результатами ЕГЭ по химии – см. рисунок ниже.



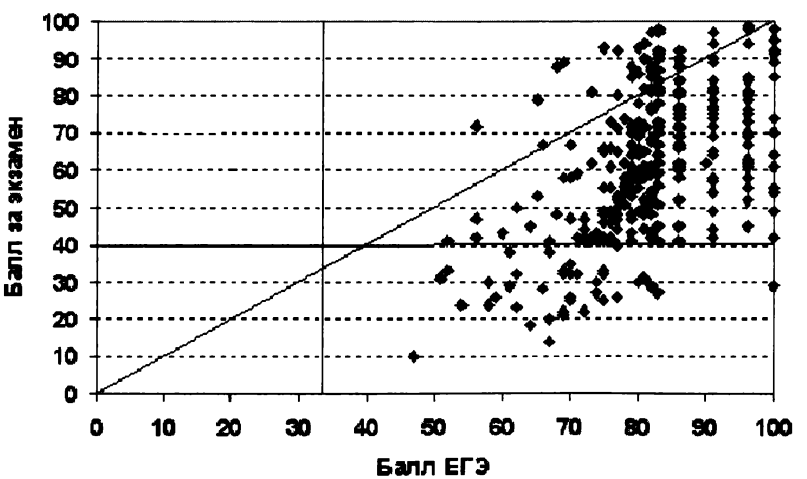

*Сопоставление результатов ЕГЭ и экзамена по химии абитуриентов факультета фундаментальной медицины в 2009 г.*

На ФФМ было подано 535 сертификатов ЕГЭ по химии (в 2009 г. минимальная положительная оценка ЕГЭ по химии составляла 33 балла). Примечательно, что из 535 абитуриентов 170 человек вообще не явились на письменное испытание, таким образом, в экзамене по химии участвовали 365 человек. Экзаменационные работы по химии, так же, как и ЕГЭ, оценивались по 100-балльной шкале, минимальная положительная оценка составляла 41 балл. Сравним результаты ЕГЭ с результатами экзамена. Во-первых, много (более 60%) абитуриентов получили неудовлетворительные оценки. Во-вторых, значительное число неудовлетворительных оценок было получено абитуриентами с высокими и очень высокими баллами ЕГЭ (от 70 до 100). В-третьих, и это следует из вышесказанного, как минимум половина из поступивших (из числа людей с очень высокими баллами за экзамен – на рисунке справа вверху у диагонали) не стали

бы студентами – их места заняли бы люди, имеющие от 80 до 100 баллов ЕГЭ и провалившиеся на экзамене. Другими словами, высокие баллы по химии в сертификатах ЕГЭ не всегда означают, что абитуриент владеет материалом в степени, достаточной для поступления и учебы в МГУ.

В 2010 г. Московский университет добился права провести одно дополнительное к ЕГЭ вступительное испытание по профильному предмету на каждом факультете, соответственно в июле состоялся письменный экзамен по химии для абитуриентов химического, физико-химического факультетов и факультета фундаментальной медицины.

Введение дополнительного вступительного экзамена по химии и предоставление льгот победителям и призерам олимпиад федерального уровня в сочетании с результатами ЕГЭ позволило привлечь в Московский университет выпускников средних школ с хорошей довузовской подготовкой. Иллюстрацией этому служат данные сравнительного анализа результатов дополнительного письменного вступительного экзамена и ЕГЭ по химии абитуриентов химического факультета МГУ 2010 года (см. рисунок ниже).




*Сопоставление результатов ЕГЭ и экзамена по химии абитуриентов химического факультета в 2010 г.*

Во-первых, число неудовлетворительных оценок незначительно, приблизительно 14%. Во-вторых, лишь незначительное количество неудовлетворительных оценок получили абитуриенты с высокими баллами ЕГЭ. Эти данные говорят сами за себя: принятый сценарий приемной кампании 2010 года полностью себя оправдал, в университет пришли доста-

точно хорошо подготовленные молодые люди[2] с высокой степенью мотивации поступления именно на химический факультет.

Практика показала, что сложившаяся в последние годы система конкурсного отбора абитуриентов, сочетающая три основных траектории (ЕГЭ, дополнительные конкурсные вступительные испытания и предметные олимпиады школьников), является достаточно продуктивной.

## Экзаменационные задания 2006

### Химический факультет

### Вариант СО-2006-1

**1.** Предложите способ устранения карбонатной жесткости воды. Приведите уравнение соответствующей реакции.

**2.** Нарисуйте структурную формулу одного из изомеров соединения состава $C_4H_7Br$, содержащего асимметрический атом углерода, и назовите его.

**3.** Колба, наполненная воздухом, на 0.54 г тяжелее такой же колбы, наполненной неоном, и на 0.9 г легче колбы, наполненной неизвестным газом при тех же условиях. Предложите три возможные формулы этого газа.

**4.** Для полного сгорания некоторого объема углеводорода потребовался объем кислорода в 1.5 раза меньший, чем объем кислорода, необходимый для полного сгорания такого же объема последующего члена гомологического ряда. Установите формулы углеводородов.

**5.** Предложите способ количественного определения состава смеси металлов: Cu, Al, Ca, Au. Опишите ход проведения процесса, напишите уравнения реакций.

**6.** Равновесие реакции синтеза аммиака, протекающей в закрытом сосуде при постоянной температуре, наступило, когда давление упало на 10%. Начальные концентрации азота и водорода равны 0.2 моль/л. Рассчитайте константу равновесия.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Cu(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CuSO_4.$$

---

[2] В отличие от прошлых лет, школьники заранее располагали информацией о том, что им придется сдавать дополнительный экзамен и готовились к нему. Подготовка к дополнительному экзамену, на наш взгляд, способствовала и более успешной сдаче ЕГЭ.

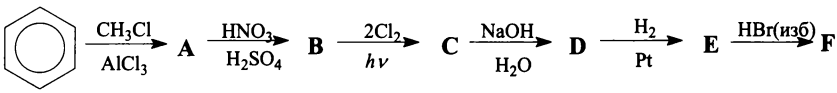
Рассмотрите три случая:

а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений, и установите структурные формулы неизвестных веществ:




**9.** К 786 мл водного раствора нитрата серебра (концентрация 0.70 моль/л) добавили 70.1 г смеси бромидов натрия и рубидия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили железную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 4.0 г. Рассчитайте массовые доли бромидов в исходной смеси.

**10.** Неизвестный альдегид массой 3.92 г нагрели со смесью, полученной при действии избытка щелочи на 33.84 г нитрата меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 150°C до постоянной массы, которая составила 13.28 г. Определите возможную структурную формулу альдегида и предложите формулы трех его изомеров. Атомную массу меди примите равной 64.

## Вариант СО-2006-2

**1.** Предложите способ устранения постоянной жесткости воды. Приведите уравнение соответствующей реакции.

**2.** Нарисуйте структурную формулу одного из изомеров соединения состава $C_4H_8O$, содержащего асимметрический атом углерода, и назовите его.

**3.** Колба, наполненная аргоном, на 1.4 г тяжелее такой же колбы, наполненной неоном, и на 0.84 г тяжелее колбы, наполненной неизвестным газом при тех же условиях. Предложите три возможные формулы этого газа.

**4.** Для полного сгорания некоторого объема углеводорода потребовался объем кислорода в 1.75 раза больший, чем объем кислорода, необходимый для полного сгорания такого же объема предыдущего члена гомологического ряда. Установите формулы углеводородов.

**5.** Предложите способ количественного определения состава смеси металлов: Fe, Al, Cu, Ag. Опишите ход проведения процесса, напишите уравнения реакций.

**6.** Равновесие реакции получения этаналя каталитическим окислением этилена кислородом, протекающей в закрытом сосуде при постоянной температуре, наступило, когда давление упало на 5%. Начальные

концентрации этилена и кислорода равны 0.1 и 0.3 моль/л соответственно. Рассчитайте константу равновесия.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$CuSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Cu(NO_3)_2.$$

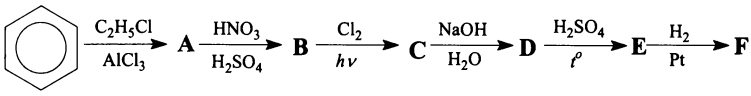
Рассмотрите три случая:

а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений, и установите структурные формулы неизвестных веществ:




**9.** К 861 мл водного раствора нитрата серебра (концентрация 0.65 моль/л) добавили 70.0 г смеси хлоридов цезия и рубидия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 4.56 г. Рассчитайте массовые доли хлоридов в исходной смеси.

**10.** Неизвестный альдегид массой 7.20 г нагрели со смесью, полученной при действии избытка щелочи на 35.84 г бромида меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 150°C до постоянной массы, которая составила 11.84 г. Определите возможную структурную формулу альдегида и предложите формулы трех его изомеров. Атомную массу меди примите равной 64.

## Вариант СО-2006-3

**1.** Почему при хранении азотной кислоты ее концентрация понижается? Ответ подтвердите уравнением реакции.

**2.** Нарисуйте структурную формулу одного из изомеров соединения состава $C_4H_9N$, содержащего асимметрический атом углерода, и назовите его.

**3.** Колба, наполненная пропаном, на 1.4 г тяжелее такой же колбы, наполненной метаном, и на 0.7 г тяжелее колбы, наполненной неизвестным газом при тех же условиях. Предложите три возможные формулы этого газа.

**4.** Объем кислорода, необходимый для полного сгорания некоторого объема углеводорода, равен 70% объема кислорода, необходимого для полного сгорания такого же объема последующего члена гомологического ряда. Установите формулы углеводородов.

**5.** Предложите способ количественного определения состава смеси металлов: Sr, Cr, Ag, Pt. Опишите ход проведения процесса, напишите уравнения реакций.

**6.** Равновесие реакции получения оксида серы (VI) каталитическим окислением оксида серы (IV) кислородом, протекающей в закрытом сосуде при постоянной температуре, наступило, когда давление упало на 15%. Начальные концентрации сернистого газа и кислорода равны 0.4 и 0.6 моль/л соответственно. Рассчитайте константу равновесия.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeSO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(NO_3)_3.$$

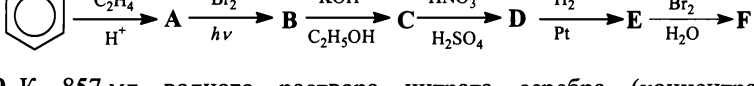
Рассмотрите три случая:

а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений, и установите структурные формулы неизвестных веществ:




**9.** К 857 мл водного раствора нитрата серебра (концентрация 0.70 моль/л) добавили 62.3 г смеси хлоридов натрия и цезия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили железную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 8.0 г. Рассчитайте массовые доли хлоридов в исходной смеси.

**10.** Неизвестный альдегид массой 6.36 г нагрели со смесью, полученной при действии избытка щелочи на 22.4 г сульфата меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 150°C до постоянной массы, которая составила 10.24 г. Определите возможную структурную формулу альдегида и предложите формулы трех его изомеров. Атомную массу меди примите равной 64.

## Вариант СО-2006-4

**1.** Почему концентрированная азотная кислота окрашена в бурый цвет? Ответ подтвердите уравнением реакции.

**2.** Нарисуйте структурную формулу одного из изомеров соединения состава $C_4H_7O_2N$, содержащего асимметрический атом углерода, и назовите его.

**3.** Колба, наполненная криптоном, на 2.64 г тяжелее такой же колбы, наполненной аргоном, и на 3.12 г тяжелее колбы, наполненной неизвест-

ным газом при тех же условиях. Предложите три возможные формулы этого газа.

**4.** Для полного сгорания некоторого объема углеводорода потребовался объем кислорода в 1.6 раза больший, чем объем кислорода, необходимый для полного сгорания такого же объема предыдущего члена гомологического ряда. Установите формулы углеводородов.

**5.** Предложите способ количественного определения состава смеси металлов: Mg, Au, Zn, Ag. Опишите ход проведения процесса, напишите уравнения реакций.

**6.** Равновесие каталитической реакции синтеза метанола из оксида углерода (II) и водорода, протекающей в закрытом сосуде при постоянной температуре, наступило, когда давление упало на 20%. Начальные концентрации оксида углерода (II) и водорода равны 0.3 и 0.4 моль/л соответственно. Рассчитайте константу равновесия.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeCl_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe_2O_3.$$

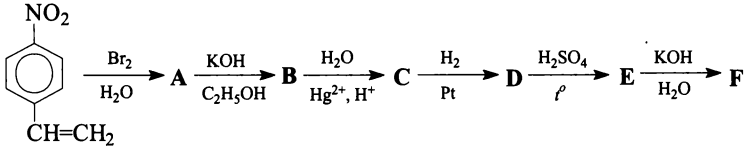
Рассмотрите три случая:

а) обе реакции — окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений, и установите структурные формулы неизвестных веществ:




**9.** К 840 мл водного раствора нитрата серебра (концентрация 0.50 моль/л) добавили 25.0 г смеси хлоридов калия и натрия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 1.52 г. Рассчитайте массовые доли хлоридов в исходной смеси.

**10.** Неизвестный альдегид массой 2.10 г нагрели со смесью, полученной при действии избытка щелочи на 10.80 г хлорида меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и выдержали при 150°C до постоянной массы, которая составила 5.92 г. Определите возможную структурную формулу альдегида и предложите формулы трех его изомеров. Атомную массу меди примите равной 64.

## Биологический факультет

## Вариант БА-2006-1

**1.** Напишите уравнение реакции, которая протекает при взаимодействии ионов $Cr_2O_7^{2-}$ и $S^{2-}$.

**2.** Приведите структурную формулу предельного вторичного амина, молекула которого содержит 34 электрона.

**3.** Напишите формулу рибонуклеотида, массовая доля азота в азотистом основании которого составляет 25%.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

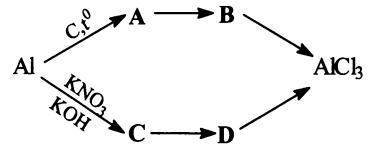
$$KNO_3 \xrightarrow{1} \mathbf{X} \xrightarrow{2} C_7H_5N_3O_6.$$

Укажите условия проведения обеих реакций и механизм реакции 2.

**5.** Навеску смеси карбида алюминия и сульфида алюминия растворили в избытке раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 6.72 л газа (н.у.). Через полученный раствор пропустили углекислый газ до прекращения выпадения осадка, масса которого составила 62.4 г. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

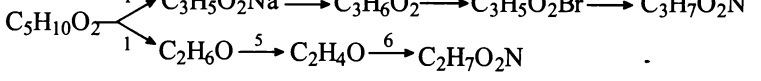
**6.** Определите pH 0.1%-ного раствора NaOH (плотность 1 г/мл). Рассчитайте молярную концентрацию раствора метиламина, имеющего такое же значение pH. Константа диссоциации $CH_3NH_3^+OH^-$ составляет $4.36 \cdot 10^{-4}$.

**7.** Напишите уравнения шести реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Определите неизвестные вещества **A** – **D** и укажите условия протекания реакций.

**8.** Дана схема превращений:




Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих реакций. Укажите условия проведения реакций.

**9.** На образец фосфора массой 15.5 г подействовали хлором, при этом выделилось 163 кДж теплоты и образовалась смесь хлоридов фосфора (III) и (V). К полученной жидкости добавили 800 г 17%-ного

раствора NaOH. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Теплоты образования хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) равны 290 и 380 кДж/моль соответственно.

**10.** Навеску органической соли, в состав которой входят атомы C, H, N и O, массой 5.3 г сожгли в 7.28 л кислорода (н.у.). Полученная смесь газов была пропущена последовательно через трубку с оксидом фосфора (V), склянку с известковой водой и раскаленную медную трубку. При этом масса первой трубки увеличилась на 4.5 г, в склянке образовался осадок массой 15 г, масса второй трубки увеличилась на 3.2 г, и на выходе остался непоглощенным газ с плотностью по водороду, равной 14. Установите структурную формулу исходной соли.

## Вариант БА-2006-2

**1.** Напишите уравнение реакции, которая протекает при взаимодействии ионов $NO_2^-$ и $MnO_4^-$.

**2.** Приведите структурную формулу предельного вторичного спирта, молекула которого содержит 34 электрона.

**3.** Напишите формулу дезоксирибонуклеотида, массовая доля азота в азотистом основании которого составляет 22.22%.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

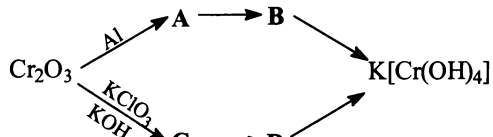
$$HCl \xrightarrow{1} \mathbf{X} \xrightarrow{2} C_8H_9Cl.$$

Укажите условия проведения обеих реакций и механизм реакции 2.

**5.** Навеску смеси карбида алюминия и хлорида хрома (III) растворили в избытке раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 13.44 л газа (н.у.). Через полученный раствор пропустили оксид серы (IV) до прекращения выпадения осадка, масса которого составила 83 г. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

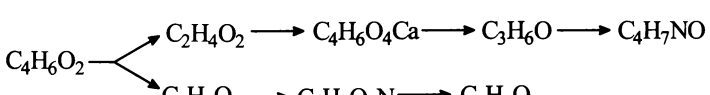
**6.** Определите pH 0.05%-ного раствора KOH (плотность 1 г/мл). Рассчитайте молярную концентрацию раствора этиламина, имеющего такое же значение pH. Константа диссоциации $C_2H_5NH_3^+OH^-$ составляет $4.68 \cdot 10^{-4}$.

**7.** Напишите уравнения шести реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Определите неизвестные вещества **A** – **D** и укажите условия протекания реакций.

**8.** Дана схема превращений:



Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих шести реакций. Укажите условия проведения реакций.

**9.** На образец фосфора массой 9.3 г подействовали бромом, при этом выделилось 58.2 кДж теплоты и образовалась смесь бромидов фосфора (III) и (V). К полученной жидкости добавили 500 г 16%-ного раствора NaOH. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Теплоты образования бромида фосфора (III) и бромида фосфора (V) равны 176 и 230 кДж/моль соответственно.

**10.** Навеску органической соли, в состав которой входят атомы C, H, N и O, массой 10.7 г сожгли в 11.2 л кислорода (н.у.). Полученная смесь газов была пропущена последовательно через трубку с безводным хлоридом кальция, склянку с гидроксидом бария и раскаленную железную трубку. При этом масса первой трубки увеличилась на 8.1 г, в склянке образовался осадок массой 59.1 г, масса второй трубки увеличилась на 4 г, и на выходе остался непоглощенным газ с плотностью 1.25 г/л (н.у.). Установите структурную формулу исходной соли.

## Вариант БА-2006-3

**1.** Напишите уравнение реакции, которая протекает при взаимодействии ионов $SO_3^{2-}$ и $Cr_2O_7^{2-}$.

**2.** Приведите структурную формулу предельного первичного амина, молекула которого содержит 26 электронов.

**3.** Напишите формулу рибонуклеотида, массовая доля азота в азотистом основании которого составляет 37.84%.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$KNO_3 \xrightarrow{1} \mathbf{X} \xrightarrow{2} C_7H_5NO_4 .$$

Укажите условия проведения обеих реакций и механизм реакции 2.

**5.** Навеску смеси карбида алюминия и сульфида хрома растворили в избытке раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 13.44 л газа (н.у.). Через полученный раствор пропустили углекислый газ до прекращения выпадения осадка, масса которого составила 103.6 г. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

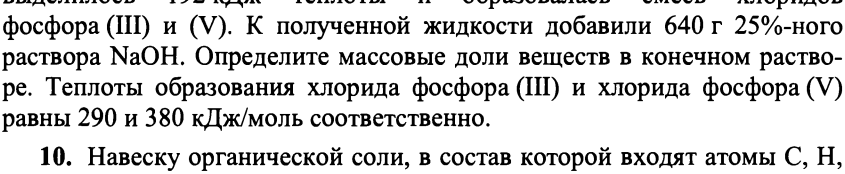
**6.** Определите pH 0.06%-ного раствора CsOH (плотность 1 г/мл). Рассчитайте молярную концентрацию раствора аммиака, имеющего такое же значение pH. Константа диссоциации $NH_4^+OH^-$ составляет $1.8 \cdot 10^{-5}$.

**7.** Напишите уравнения шести реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Определите неизвестные вещества **A** – **D**. Укажите условия протекания реакций.

**8.** Дана схема превращений:




Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих шести реакций. Укажите условия проведения реакций.

**9.** На образец фосфора массой 18.6 г подействовали хлором, при этом выделилось 192 кДж теплоты и образовалась смесь хлоридов фосфора (III) и (V). К полученной жидкости добавили 640 г 25%-ного раствора NaOH. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Теплоты образования хлорида фосфора (III) и хлорида фосфора (V) равны 290 и 380 кДж/моль соответственно.

**10.** Навеску органической соли, в состав которой входят атомы C, H, N и O, массой 9.2 г сожгли в 11.2 л кислорода (н.у.). Полученная смесь газов была пропущена последовательно через склянки с концентрированной серной кислотой и известковой водой и раскаленную медную трубку. При этом масса первой склянки увеличилась на 7.2 г, во второй склянке образовался осадок массой 20 г, масса трубки увеличилась на 6.4 г, и на выходе остался непоглощенным газ с плотностью по гелию, равной 7. Установите структурную формулу исходной соли.

## Вариант БА-2006-4

**1.** Напишите уравнение реакции, которая протекает при взаимодействии ионов $Cl^-$ и $MnO_4^-$.

**2.** Приведите структурную формулу предельного третичного амина, молекула которого содержит 40 электронов.

**3.** Напишите формулу дезоксирибонуклеотида, массовая доля азота в азотистом основании которого составляет 46.36%.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

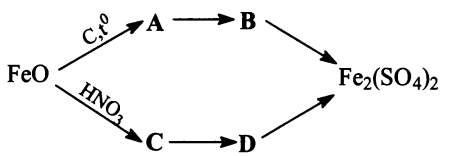
$$KBr \xrightarrow{1} X \xrightarrow{2} C_6H_3Br_3.$$

Укажите условия проведения реакций и механизм реакции 2.

**5.** Навеску смеси карбида алюминия и хлорида алюминия растворили в избытке раствора гидроксида натрия, при этом выделилось 20.16 л газа (н.у.). Через полученный раствор пропустили оксид серы (IV) до прекращения выпадения осадка, масса которого составила 117 г. Определите массовые доли веществ в исходной смеси.

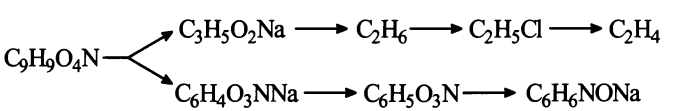
**6.** Определите pH 0.05%-ного раствора LiOH (плотность 1 г/мл). Рассчитайте молярную концентрацию раствора диметиламина, имеющего такое же значение pH. Константа диссоциации $(CH_3)_2NH_2^+OH^-$ составляет $5.89 \cdot 10^{-4}$.

**7.** Напишите уравнения шести реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Определите неизвестные вещества **A** – **D** и укажите условия протекания реакций.

**8.** Дана схема превращений:




Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих шести реакций. Укажите условия проведения реакций.

**9.** На образец фосфора массой 12.4 г подействовали бромом, при этом выделилось 75.8 кДж теплоты и образовалась смесь бромидов фосфора (III) и (V). К полученной жидкости добавили 520 г 20%-ного раствора NaOH. Определите массовые доли веществ в конечном растворе. Теплоты образования бромида фосфора (III) и бромида фосфора (V) равны 176 и 230 кДж/моль соответственно.

**10.** Навеску органической соли, в состав которой входят атомы C, H, N и O, массой 4.02 г сожгли в 8.96 л кислорода (н.у.). Полученная смесь газов была пропущена последовательно через трубку с безводным сульфатом меди, склянку с известковой водой и раскаленную железную трубку. При этом масса первой трубки увеличилась на 3.78 г, в склянке образовался осадок массой 15 г, масса второй трубки увеличилась на 5.6 г, и на выходе остался непоглощенным газ с плотностью 1.25 г/л (н.у.). Установите структурную формулу исходной соли.

## Факультет фундаментальной медицины

## Вариант ФМБ-2006-1

**1.** Сколько электронов и нейтронов содержит ион $[^{64}Zn(^{16}OH)_4]^{2-}$?

**2.** Определите общую формулу гомологического ряда монокарбоновых кислот, имеющих в молекуле одну тройную связь.

**3.** Как можно установить в сульфате бария наличие примеси: а) карбоната бария; б) сульфата аммония?

**4**. Приведите структурные формулы двух углеводов, содержащих 40% углерода по массе и имеющих разную молекулярную массу.

**5.** Рассчитайте концентрацию раствора $H_2SO_4$, полученного при осторожном добавлении 150 г 60%-ного олеума к 100 г воды.

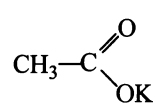
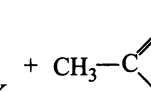
**6.** Смесь $SO_2$ и $O_2$ в мольном соотношении 1 : 3 при 400°С поместили в реактор для синтеза оксида серы (VI). Выход продукта реакции составил 30%. Рассчитайте объемные доли газов в полученной смеси и определите, в каком мольном соотношении надо ввести в реактор $SO_2$ и $O_2$ при той же температуре для того, чтобы выход реакции составил 35%.

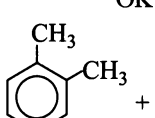
**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

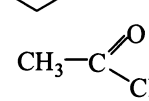
$$CuCl \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_3H_3Cu \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CuO \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CuCl.$$

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**; укажите условия протекания реакций.

**8.** Какие вещества вступили в реакцию, если при этом образовались следующие соединения (все продукты реакции приведены без коэффициентов):

а) ... $\longrightarrow$  +  ;

б) ... $\longrightarrow$  + $H_2$ ;

в) ... $\longrightarrow$  + $POCl_3$ + HCl ?

Приведите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

**9.** Добавление некоторой массы оксида хрома (VI) к 300 г 19.4%-ного раствора хромата калия понизило его содержание в растворе до 12.5%. Раствор выпарили, остаток прокалили. Определите массовые доли веществ в твердом остатке после прокаливания.

**10.** При окислении 0.6 моль неизвестного органического соединения водным раствором перманганата калия образовалось 40.0 г $KHCO_3$, 4.48 л $CO_2$ (н.у.), 34.8 г $MnO_2$ и вода. Определите, какое соединение подверглось окислению. Приведите уравнение взаимодействия этого вещества с водным раствором хлората калия.

## Вариант ФМБ-2006-2

**1.** Сколько электронов и нейтронов содержит ион $[^{107}Ag(^{14}NH_3)_2]^+$?

**2.** Определите общую формулу гомологического ряда углеводородов, имеющих в молекуле одну тройную связь и два цикла.

**3.** Как можно установить в карбонате кальция наличие примеси: а) хлорида кальция; б) карбоната аммония?

**4.** Приведите структурные формулы двух углеводов, содержащих 53.33% кислорода по массе и имеющих разную молекулярную массу.

**5.** Рассчитайте массу воды, к которой надо осторожно прибавить 300 г 40%-ного олеума, чтобы получить 70%-ный водный раствор серной кислоты.

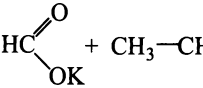
**6.** Смесь CO и $H_2$ в мольном соотношении 1 : 3 при 500°C поместили в реактор для синтеза метанола. Выход продукта реакции составил 25%. Рассчитайте объемные доли газов в полученной смеси и определите, в каком мольном соотношении надо ввести в реактор CO и $H_2$ при той же температуре для того, чтобы выход реакции составил 35%.

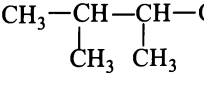
**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

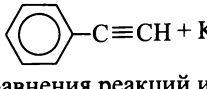
$$Ag \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow [Ag(NH_3)_2]_2SO_4 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_3H_3Ag \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Ag.$$

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**; укажите условия протекания реакций.

**8.** Какие вещества вступили в реакцию, если при этом образовались следующие соединения (все продукты реакции приведены без коэффициентов):

а) ... $\longrightarrow$  ;

б) ... $\longrightarrow$  ;

в) ... $\longrightarrow$  ?

Приведите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

**9.** При взаимодействии фосфора с избытком раствора гидроксида калия выделилось 5.74 л газа с плотностью 1.184 г/л (измерено при давле-

нии 1 атм и температуре 77°C) и образовался новый раствор массой 257.4 г, в котором массовые доли щелочи и соли равны. Рассчитайте массовую долю щелочи в исходном растворе.

**10.** При окислении 0.45 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата калия образовалось 30.0 г $KHCO_3$, 20.7 г $K_2CO_3$, 52.2 г $MnO_2$ и вода. Определите, какое вещество подверглось окислению. Напишите уравнение взаимодействия этого вещества с бромной водой.

## Вариант ФМБ-2006-3

**1.** Сколько электронов и нейтронов содержит ион $[^{27}Al(^{16}OH)_4]^-$?

**2.** Определите общую формулу гомологического ряда одноатомных спиртов, имеющих в молекуле одну двойную связь и один цикл.

**3.** Как можно установить в карбонате магния наличие примеси: а) сульфата магния; б) карбоната аммония?

**4.** Приведите структурные формулы двух углеводов, содержащих 6.67% водорода по массе и имеющих разную молекулярную массу.

**5.** Рассчитайте массу порции 50%-ного олеума, после осторожного добавления которой к 100 г воды был получен 70%-ный водный раствор серной кислоты.

**6.** Смесь $SO_2$ и $O_2$ в мольном соотношении 1 : 1 при 450°C поместили в реактор для синтеза оксида серы (VI). Выход продукта реакции составил 20%. Рассчитайте, во сколько раз изменилось давление в реакторе, и определите, в каком мольном соотношении надо ввести в реактор $SO_2$ и $O_2$ при той же температуре для того, чтобы выход реакции составил 40%.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$P \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow PH_3 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow P.$$

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**; укажите условия протекания реакций.

**8.** Какие вещества вступили в реакцию, если при этом образовались следующие соединения (все продукты реакции приведены без коэффициентов):

а) ... $\longrightarrow$ $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$ ;

б) ... $\longrightarrow$ $CH_3-C\equiv C-CH_3 + KBr + H_2O$ ;

в) ... $\longrightarrow$ $CH_2(NH_2)-C(=O)-ONa + CH_3-CH(NH_2)-C(=O)-ONa + H_2O$ ?

Приведите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

**9.** В 450 г 19.6%-ного раствора дихромата калия растворили 9.4 г оксида калия. Сухой остаток, полученный после выпаривания этого раствора, прокалили. Определите массовые доли веществ в твердом остатке после прокаливания.

**10.** При окислении 0.3 моль неизвестного органического соединения водным раствором перманганата калия образовалось 69.6 г $MnO_2$, 40.0 г $KHCO_3$, 27.6 г $K_2CO_3$ и вода. Определите, какое соединение подверглось окислению. Напишите уравнение окисления этого соединения кислым раствором дихромата калия.

## Вариант ФМБ-2006-4

**1.** Сколько электронов и нейтронов содержит ион $[^{63}Cu(^{14}NH_3)_2]^+$?

**2.** Определите общую формулу гомологического ряда альдегидов, имеющих в молекуле одну двойную связь.

**3.** Как можно установить в сульфате кальция наличие примеси: а) сульфата аммония, б) хлорида кальция?

**4.** Напишите возможную формулу дисахарида, содержащего 50.45% кислорода по массе.

**5.** После осторожного добавления 100 г олеума к 80 г воды был получен 60%-ный водный раствор серной кислоты. Определите состав олеума (масс. %).

**6.** Смесь CO и $H_2$ в мольном соотношении 5 : 1 при 450°C поместили в реактор для синтеза метанола. Выход продукта реакции составил 20%. Рассчитайте, во сколько раз изменилось давление в реакторе, и определите, в каком мольном соотношении надо ввести в реактор CO и $H_2$ при той же температуре для того, чтобы выход реакции составил 30%.

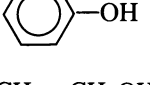
**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$N_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow NO \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow HNO_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow N_2.$$

Определите неизвестные вещества **X**, **Y** и **Z**; укажите условия протекания реакций.

**8.** Какие вещества вступили в реакцию, если при этом образовались следующие соединения (все продукты реакции приведены без коэффициентов):

а) ... $\longrightarrow CH_3{-}CH_2OH + N_2 + H_2O$ ;

б) ... $\longrightarrow$  ;

в) ... $\longrightarrow CH_3{-}CH_2OH + CO_2$ ?

Приведите уравнения реакций и укажите условия их протекания.

**9.** При взаимодействии фосфора с избытком раствора азотной кислоты выделилось 12.43 л газа с плотностью 1.21 г/л (измерено при давлении 1 атм и температуре 30°C) и образовался раствор массой 147.1 г, в котором массовые доли азотной и фосфорной кислот равны. Рассчитайте массовую долю азотной кислоты в исходном растворе.

**10.** При окислении 0.2 моль неизвестного органического вещества водным раствором перманганата натрия образовалось 21.2 г $Na_2CO_3$, 34.8 г $MnO_2$ и вода. Определите, какое вещество подверглось окислению. Напишите уравнение взаимодействия этого вещества с кислым раствором дихромата калия.

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант ББВ-2006-1

**1.** Какие вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (все продукты реакций указаны без коэффициентов):

а) $\ldots\rightarrow H_3PO_4 + HCl$;

б) $\ldots\rightarrow CH_3{-}C{\equiv}CH + CuBr$?

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**2.** Газовая смесь состоит из 60 л водорода и 40 л сероводорода. Сколько атомов водорода приходится на один атом серы?

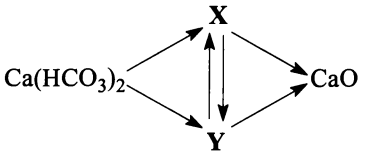
**3.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что при полном сгорании 8.6 г этого соединения образовалось 26.4 г оксида углерода (IV).

**4.** Приведите примеры четырех органических соединений разных классов, способных реагировать с хлороводородом. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При действии электрического разряда на кислород получена смесь кислорода и озона, содержащая 14% озона по объему. Рассчитайте выход реакции озонирования.

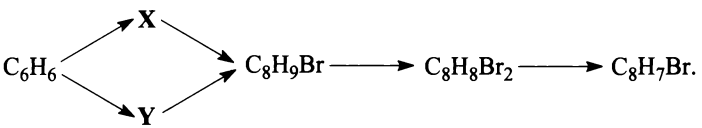
**6.** При полном сгорании 134.4 л (н. у.) смеси метана и пропана, содержащей 75% метана по объему, выделилось 7336 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования пропана, если теплоты образования $CH_4$, $CO_2$ и $H_2O$ равны 74.81, 393.5 и 285.8 кДж·моль$^{-1}$ соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смешали по 3 моль веществ **A**, **B** и **C**. После установления равновесия

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightleftarrows 2\mathbf{C}$$

в системе обнаружили 5 моль вещества **C**. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении веществ **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 3 : 2 : 1 при той же температуре.

**10.** Смесь паров пропина и изомерных монохлоралкенов, имеющая плотность по воздуху 2.218, при 115°C и давлении 98.0 кПа занимает объем 19.75 л и при сжигании в избытке кислорода образует 21.6 г воды. Установите все возможные структурные формулы монохлоралкенов и объемные доли веществ в исходной смеси.

## Вариант БББ-2006-2

**1.** Какие вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (все продукты реакций указаны без коэффициентов):

а) … → $H_3PO_3 + HF$;

б) … → $CH_3–C{\equiv}CH + NaI$?

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**2.** Газовая смесь состоит из 80 л азота и 20 л аммиака. Сколько атомов азота приходится на один атом водорода?

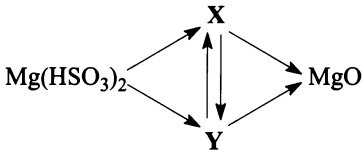
**3.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что при его полном сгорании образовалось 19.8 г оксида углерода (IV) и 9.0 г воды.

**4.** Приведите примеры четырех органических соединений разных классов, способных реагировать с бромом. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При действии электрического разряда на кислород получена смесь кислорода и озона, содержащая 12% озона по объему. Рассчитайте выход реакции озонирования.

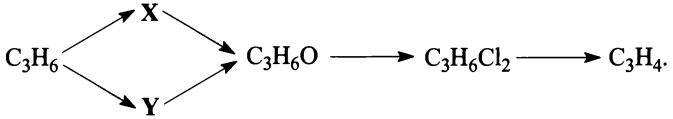
**6.** При полном сгорании 156.8 л (н.у.) смеси метана и этана, содержащей 50% метана по объему, выделилось 8575 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования этана, если теплоты образования $CH_4$, $CO_2$ и $H_2O$ равны 74.81, 393.5 и 285.8 кДж·моль$^{-1}$ соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смешали по 3 моль веществ **A**, **B** и **C**. После установления равновесия

$$2\mathbf{A} \rightleftarrows \mathbf{B} + \mathbf{C}$$

в системе обнаружили 4 моль вещества **C**. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении веществ **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 4 : 3 : 1 при той же температуре.

**10.** Смесь паров пропина и изомерных монохлоралкенов, имеющая плотность по воздуху 2.166, при 125°C и давлении 91.3 кПа занимает объем 29.0 л и при сжигании в избытке кислорода образует 28.8 г воды. Установите все возможные структурные формулы монохлоралкенов и объемные доли веществ в исходной смеси.

## Вариант ББББ-2006-3

**1.** Какие вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (все продукты реакций указаны без коэффициентов):

а) $\ldots \rightarrow Na_2CO_3 + O_2$;

б) $\ldots \rightarrow HCOONa$?

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**2.** Газовая смесь состоит из 60 л водорода и 40 л аммиака. Сколько атомов водорода приходится на один атом азота?

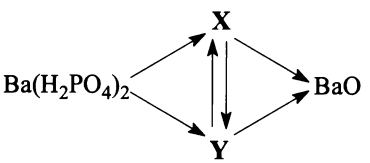
**3.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что при полном сгорании 10.0 г этого соединения образовалось 14.4 г воды.

**4.** Приведите примеры четырех органических соединений разных классов, способных реагировать с гидроксидом натрия. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При действии электрического разряда на кислород получена смесь кислорода и озона, содержащая 9.0% озона по объему. Рассчитайте выход реакции озонирования.

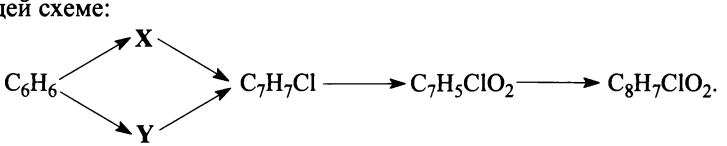
**6.** При полном сгорании 100.8 л (н. у.) смеси метана и бутана, содержащей 70% метана по объему, выделилось 6688 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования бутана, если теплоты образования $CH_4$, $CO_2$ и $H_2O$ равны 74.81, 393.5 и 285.8 Дж·моль$^{-1}$ соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смешали по 3 моль веществ **A**, **B** и **C**. После установления равновесия

$$\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightleftarrows 2\mathbf{C}$$

в системе обнаружили 4.5 моль вещества **C**. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении веществ **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 2 : 3 : 1 при той же температуре.

**10.** Смесь паров пропина и изомерных монохлоралкенов, имеющая плотность по воздуху 1.829, при 135°C и давлении 95.0 кПа занимает

объем 25.0 л и при сжигании в избытке кислорода образует 25.2 г воды. Установите все возможные структурные формулы монохлоралкенов и объемные доли веществ в исходной смеси.

## Вариант БББ-2006-4

**1.** Какие вещества вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (все продукты реакций указаны без коэффициентов):

а) … $\rightarrow NaOH + NH_3$;

б) …$\rightarrow (CH_3COO)_2Ca$?

Напишите уравнения соответствующих реакций.

**2.** Газовая смесь состоит из 75 л кислорода и 25 л углекислого газа. Сколько атомов кислорода приходится на один атом углерода?

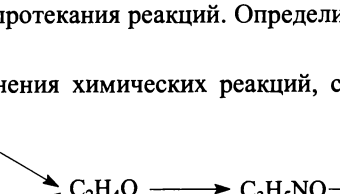
**3.** Определите молекулярную формулу алкана, если известно, что для полного сгорания 5.8 г этого соединения потребовалось 20.8 г кислорода.

**4.** Приведите примеры четырех органических соединений разных классов, способных реагировать с водой. Напишите уравнения реакций, укажите условия их протекания.

**5.** При действии электрического разряда на кислород получена смесь кислорода и озона, содержащая 7.0% озона по объему. Рассчитайте выход реакции озонирования.

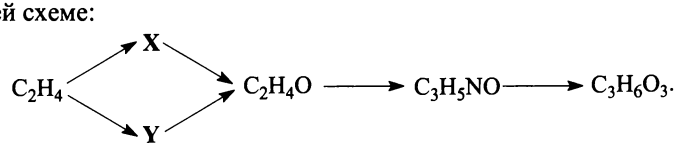
**6.** При полном сгорании 112.0 л (н. у.) смеси метана и изобутана, содержащей 65% метана по объему, выделилось 7913 кДж теплоты. Рассчитайте теплоту образования изобутана, если теплоты образования $CH_4$, $CO_2$ и $H_2O$ равны 74.81, 393.5 и 285.8 кДж·моль$^{-1}$ соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:




Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:



Укажите условия протекания реакций. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смешали по 3 моль веществ **A**, **B** и **C**. После установления равновесия

$$2\mathbf{A} \rightleftarrows \mathbf{B} + \mathbf{C}$$

в системе обнаружили 3.6 моль вещества **C**. Определите равновесный состав смеси (в мольных %), полученной при смешении веществ **A**, **B** и **C** в мольном соотношении 4 : 2 : 1 при той же температуре.

**10.** Смесь паров пропина и изомерных монохлоралкенов, имеющая плотность по воздуху 1.757, при 145°C и давлении 96.5 кПа занимает объем 18.0 л и при сжигании в избытке кислорода образует 18.0 г воды. Установите все возможные структурные формулы монохлоралкенов и объемные доли веществ в исходной смеси.

## Факультет почвоведения

## Вариант ПБ-2006-1

**1.** Напишите электронную конфигурацию ионов $P^{3-}$ и $P^{3+}$.

**2.** Напишите уравнение реакции брома с раствором гидроксида натрия.

**3.** В каком молярном соотношении должны прореагировать гидроксид калия и ортофосфорная кислота, чтобы в результате реакции образовалась смесь гидрофосфата и дигидрофосфата калия в молярном соотношении 1 : 2?

**4.** Определите формулу монобромалкана, если известно, что в нем содержится 27.27% углерода по молям.

**5.** Теплота сгорания магния равна 601.4 кДж/моль. Сколько тепла выделится при сгорании 312 г магния в 224 л (н.у.) кислорода?

**6.** Предложите способ получения анилина (аминобензола) с использованием только неорганических соединений. Напишите уравнения химических реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow FeI_2 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe \rightarrow Fe_2(SO_4)_3$.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_3H_8 \xrightarrow[h\nu]{Br_2} \mathbf{X_1} \xrightarrow[H_2O]{NaOH} \mathbf{X_2} \xrightarrow[t^o]{H_2SO_4} \mathbf{X_3} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{X_4} \xrightarrow{PCl_5} \mathbf{X_5} \xrightarrow{C_2H_5OH} \mathbf{X_6}.$$

Определите неизвестные вещества $\mathbf{X_1} - \mathbf{X_6}$.

**9.** После растворения смеси нитрата серебра и бромида калия в воде масса образовавшегося осадка оказалась в 1.2 раза больше массы солей в

полученном растворе. Определите массовые доли солей в исходной смеси, если известно, что в полученном растворе отсутствуют ионы серебра.

**10.** Органическое вещество, полученное при нагревании 138 г толуола с хлорметаном в присутствии $AlCl_3$, окислено раствором перманганата калия в разбавленном растворе серной кислоты. В результате было получено 149.4 г двухосновной ароматической кислоты. Окисление прошло со 100%-ным выходом. Напишите уравнения всех реакций. Определите выход продукта алкилирования.

## Вариант ПБ-2006-2

**1.** Напишите электронную конфигурацию ионов $S^{2-}$ и $S^{6+}$.

**2.** Напишите уравнение реакции хлора с раствором гидроксида натрия.

**3.** В каком молярном соотношении должны прореагировать гидроксид калия и ортофосфорная кислота, чтобы в результате реакции образовалась смесь гидрофосфата и дигидрофосфата калия в молярном соотношении 2 : 1?

**4.** Определите формулу монобромалкана, если известно, что в нем содержится 20.00% брома по молям.

**5.** Теплота сгорания серы равна 296.9 кДж/моль. Сколько тепла выделится при сгорании 40 г серы в 11.2 л (н. у.) кислорода?

**6.** Предложите способ получения стирола (винилбензола) с использованием только этилена и неорганических соединений. Напишите уравнения химических реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow FeS \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$(CH_3)_2CHCOOK \xrightarrow[\text{сплавл}]{KOH} \mathbf{X_1} \xrightarrow{Br_2} \mathbf{X_2} \xrightarrow{KOH} \mathbf{X_3} \xrightarrow{H_2SO_4} \mathbf{X_4} \xrightarrow{KMnO_4} \mathbf{X_5} \xrightarrow{CH_3COOH} \mathbf{X_6}.$$

Определите неизвестные вещества $\mathbf{X_1} - \mathbf{X_6}$.

**9.** После растворения смеси нитрата серебра и хлорида натрия в воде масса образовавшегося осадка оказалась в два раза меньше массы солей в полученном растворе. Определите массовые доли солей в исходной смеси, если известно, что в полученном растворе отсутствуют хлорид-ионы.

**10.** Органическое вещество, полученное при нагревании 128.8 г толуола с хлорметаном в присутствии $AlCl_3$, окислено водным раствором перманганата калия. В результате было получено 169.4 г средней соли двухосновной ароматической кислоты. Окисление прошло со 100%-ным выходом. Напишите уравнения всех реакций. Определите выход продукта алкилирования.

## Вариант ПБ-2006-3

**1.** Напишите электронную конфигурацию ионов $N^{5+}$ и $N^{3-}$.

**2.** Напишите уравнение реакции кремния с раствором гидроксида натрия.

**3.** В каком молярном соотношении должны прореагировать гидроксид калия и ортофосфорная кислота, чтобы в результате реакции образовалась эквимолярная смесь кислых солей?

**4.** Определите формулу монобромалкана, если известно, что в нем содержится 62.50% водорода по молям.

**5.** Теплота сгорания магния равна 601.4 кДж/моль. Сколько тепла выделится при сгорании 336 г магния в 112 л (н.у.) кислорода?

**6.** Предложите способ получения изопропилового эфира пропановой кислоты с использованием только первичного пропилового спирта и неорганических соединений. Напишите уравнения химических реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$FeCl_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow FeSO_4 \rightarrow FeS \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCl_3.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$C_6H_6 \xrightarrow[H^+]{C_2H_4} \mathbf{X_1} \xrightarrow[h\nu]{Br_2} \mathbf{X_2} \xrightarrow[\text{спирт}]{KOH} \mathbf{X_3} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{X_4} \xrightarrow[H_2SO_4]{HNO_3} \mathbf{X_5} \xrightarrow[NaOH]{Al} \mathbf{X_6}.$$

Определите неизвестные вещества $\mathbf{X_1} - \mathbf{X_6}$.

**9.** После растворения смеси нитрата серебра и бромида калия в воде масса образовавшегося осадка оказалась в 1.2 раза больше массы солей в полученном растворе. Определите массовые доли солей в исходной смеси, если известно, что в полученном растворе отсутствуют бромид-ионы.

**10.** Органическое вещество, полученное при нагревании 18.4 г толуола с бромметаном в присутствии $AlBr_3$, окислено водным раствором перманганата калия. В результате было получено 43.5 г осадка и средняя соль двухосновной ароматической кислоты. Окисление прошло со 100%-ным выходом. Напишите уравнения всех реакций. Определите выход продукта алкилирования.

## Вариант ПБ-2006-4

**1.** Напишите электронную конфигурацию ионов $Si^{4-}$ и $Si^{4+}$.

**2.** Напишите уравнение химической реакции цинка с раствором гидроксида натрия.

**3.** В каком молярном соотношении должны прореагировать гидроксид калия и ортофосфорная кислота, чтобы в результате реакции образовалась эквимолярная смесь кислой и средней соли?

**4.** Определите формулу монобромалкана, если известно, что в нем содержится 28.57% углерода по молям.

**5.** Теплота сгорания серы равна 296.9 кДж/моль. Сколько тепла выделится при сгорании 80 г серы в 78.4 л (н.у.) кислорода?

**6.** Предложите способ получения фенола, используя только неорганические соединения. Напишите уравнения химических реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Fe(OH)_3 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCl_3 \rightarrow Fe(CH_3COO)_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме.

$$CaC_2 \xrightarrow{H_2O} \mathbf{X_1} \xrightarrow[600^oC]{C} \mathbf{X_2} \xrightarrow[H^+]{C_3H_6} \mathbf{X_3} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{X_4} \xrightarrow{PCl_5} \mathbf{X_5} \xrightarrow{CH_3OH} \mathbf{X_6}.$$

Определите неизвестные вещества $\mathbf{X_1} - \mathbf{X_6}$.

**9.** После растворения смеси нитрата серебра и хлорида натрия в воде масса образовавшегося осадка оказалась в 2 раза меньше массы солей в полученном растворе. Определите массовые доли солей в исходной смеси, если известно, что в полученном растворе отсутствуют ионы серебра.

**10.** Органическое вещество, полученное при нагревании 115 г толуола с хлорметаном в присутствии $AlCl_3$, окислено раствором дихромата калия в разбавленном растворе серной кислоты. В результате было получено 83 г двухосновной ароматической кислоты. Окисление прошло со 100%-ным выходом. Напишите уравнения всех реакций. Определите выход продукта алкилирования.

## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМВ-2006-1

**1.** Приведите пример смешанной средней соли.

**2.** Приведите графическую формулу пирофосфата калия.

**3.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$K_2CrO_4 \rightarrow CrO_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow KHCO_3.$$

**4.** Напишите уравнения реакций, которые позволят осуществить следующие превращения:

$$C_3H_6 \xrightarrow[H_2O]{KMnO_4} \mathbf{A} \xrightarrow{PCl_5} \mathbf{B} \xrightarrow[CH_3OH]{KOH} \mathbf{C} \xrightarrow[H_2SO_4, H_2O]{HgSO_4} \mathbf{D}.$$

**5.** Рассчитайте растворимость сульфида свинца (в моль/л и г/л), если произведение растворимости PbS составляет $1.1 \cdot 10^{-29}$.

**6.** К 40 л смеси, состоящей из азота и аммиака, добавили 20 л хлороводорода, после чего плотность газовой смеси по воздуху стала равна 0.871. Вычислите объемные и массовые доли газов в исходной смеси.

**7.** К 861 мл водного раствора нитрата серебра (концентрация 0.65 моль/л) добавили 70 г смеси хлоридов цезия и рубидия. Осадок отфильтровали, а в раствор опустили медную пластинку. После окончания реакции масса пластинки изменилась на 4.56 г. Рассчитайте массовые доли хлоридов в исходной смеси.

**8.** Запишите левую часть уравнений и расставьте коэффициенты:

1)… $\rightarrow MnO_2 + NO_2\uparrow$;

2)… $\rightarrow PH_3\uparrow + NaH_2PO_2$;

3)… $\rightarrow CO\uparrow + H_2O$.

**9.** При обработке избытком известковой воды продуктов гидролиза 3.63 г рибонуклеотида, содержащего 19.28% азота по массе, выпало 1.55 г осадка. Установите неизвестный рибонуклеотид, приведите его структурную формулу и напишите уравнения реакций.

**10.** К 235 г 20%-ного раствора нитрата меди прилили 150 г 20.8%-ного раствора хлорида бария, полученный раствор подвергли электролизу с инертными электродами. Электролиз закончили, когда массовая доля нитрат-ионов в растворе стала равной 9.2%. Рассчитайте массы продуктов, выделившихся на электродах. Какое количество тимина может быть окислено кислородом, полученным при полном термическом разложении исходной соли?

## Геологический факультет

## Вариант ГА-2006-1

**1.** Приведите структурную формулу молекулы толуола.

**2.** Для минерала малахита состава $Cu_2(OH)_2CO_3$ укажите степень окисления меди и приведите графическую формулу.

**3.** Имеется 20%-ный раствор серной кислоты (плотность 1.2 г/мл). Какова молярная концентрация этого раствора?

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Ag + HNO_3(конц) \rightarrow$…

$Al(OH)_3 + KOH \rightarrow$…

**5.** Определите объем газа, образовавшегося при разложении 45 г карбоната кальция при 850°C и давлении 1 атм.

**6.** Приведите не менее трех химических реакций разных типов, в результате которых может быть получен нитрат меди (II). Укажите необхо-

димые условия проведения реакций (агрегатное состояние веществ, растворитель, температура).

**7.** Напишите уравнения реакций, которые позволяют осуществить следующие превращения:

$$C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t^o} \mathbf{A} \xrightarrow[AlCl_3]{CH_3Cl} \mathbf{B} \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} \mathbf{C}.$$

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$NaCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow O_2,$$

где **X** – вещество, содержащее хлор.

**9.** Концентрация насыщенного раствора $NH_4Cl$ в воде при 30°C составляет 29.5%. Рассчитайте растворимость этой соли в граммах на 100 г воды.

**10.** Некоторый углеводород **A** при действии избытка бромной воды образует тетрабромпроизводное, содержащее 75.8% брома по массе, а при кипячении с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образует только одну одноосновную карбоновую кислоту. Установите молекулярную и структурную формулы углеводорода **A**. Напишите уравнения проведенных реакций, а также уравнение реакции гидратации этого углеводорода.

## Вариант ГА-2006-2

**1.** Приведите структурную формулу молекулы анилина.

**2.** Для минерала родохризота состава $MnCO_3$ укажите степень окисления марганца и приведите графическую формулу.

**3.** Имеется 20%-ный раствор азотной кислоты (плотность 1.1 г/мл). Какова молярная концентрация этого раствора?

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Cu + HNO_3(конц) \rightarrow \ldots$

$Cr(OH)_3 + KOH \rightarrow \ldots$

**5.** Определите объем газа, образовавшегося при разложении 9.85 г карбоната бария при 800°C и давлении 1 атм.

**6.** Приведите не менее трех химических реакций разных типов, в результате которых может быть получен нитрат цинка. Укажите необходимые условия проведения реакций (агрегатное состояние веществ, растворитель, температура).

**7.** Напишите уравнения реакций, которые позволяют осуществить следующие превращения:

$$C_3H_8 \xrightarrow[h\nu]{Cl_2} \mathbf{A} \xrightarrow{KOH,\ спирт} \mathbf{B} \xrightarrow{KMnO_4,\ H_2O,\ t^o} \mathbf{C}.$$

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$HCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow KIO_3,$$

где **X** – вещество, содержащее иод.

**9.** Концентрация насыщенного раствора $KNO_3$ в воде при 20°C составляет 24.1%. Рассчитайте растворимость этой соли в граммах на 100 г воды.

**10.** Некоторый углеводород **A** при действии избытка бромной воды образует дибромпроизводное, содержащее 57.5% брома по массе, а при кипячении с раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты образует две одноосновные карбоновые кислоты. Установите молекулярную и структурную формулы углеводорода **A**. Напишите уравнения проведенных реакций, а также уравнение реакции гидратации этого углеводорода.

## Подготовительное отделение

## Вариант ПО-2006-1

**1.** Приведите пример уравнения реакции кислой соли с основанием.

**2.** Какой атом имеет следующую электронную конфигурацию: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$? С каким элементом второго периода он проявляет наибольшее сходство?

**3.** Нарисуйте структурную формулу толуола (метилбензола). Приведите уравнения реакции его получения и двух реакций, характеризующих его химические свойства.

**4.** Запишите выражение для константы равновесия следующей реакции:

$$CH_{4(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftarrows CO_{(г)} + 3H_{2(г)} - 206.2\ кДж.$$

Как на основании принципа Ле-Шателье можно сместить равновесие этой реакции вправо?

**5.** Исходя из этаналя, с помощью неорганических реагентов получите этиловый эфир уксусной кислоты. Напишите уравнения реакций.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме, укажите условия их проведения. В реакциях должны участвовать следующие реагенты: Zn, Al, $O_2$, HCl, $KMnO_4$ и $Ca(OH)_2$.

$$S^0 \longrightarrow S^{-2} \longrightarrow S^{-2} \longrightarrow S^{+4} \longrightarrow S^{+6} \longrightarrow S^{+4} \longrightarrow S^{+4}.$$

**7.** Какую массу CaO можно получить термическим разложением известняка $CaCO_3$, если для разложения использовать теплоту, которая выделится при сжигании 60 г угля? Теплоты образования $CO_2$, CaO и $CaCO_3$ составляют 393.5, 635.5 и 1206.9 кДж/моль соответственно.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме превращений:

$CH_3CH_2CH_2Br \rightarrow$ спирт $\rightarrow$ алкен $\rightarrow$ дибромалкан $\rightarrow$ алкин $\rightarrow$ кетон $\rightarrow$ спирт.

В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия проведения реакций.

**9.** К 28.9 г смеси Fe, Cu и Al прилили избыток соляной кислоты, при этом выделилось 14.56 л газа. Если к такому же количеству смеси добавить раствор NaOH, то выделится 10.08 л газа. Определите массовые доли металлов в смеси. Какой объем газа выделится, если на исходную смесь подействовать холодной концентрированной азотной кислотой?

**10.** Газовую смесь $H_2$ и $Cl_2$ объемом 8.96 л (н. у.) облучили ультрафиолетовым светом. По окончании реакции в реакционный сосуд влили 1 л воды. При этом объем смеси уменьшился в 5 раз, а оставшийся газ не реагировал с раствором KOH. Определите плотность исходной газовой смеси по аргону и pH полученного раствора.

# Экзаменационные задания 2007

## Химический факультет

## Вариант СО-2007-1

**1.** Почему нельзя тушить горящий магний углекислотным огнетушителем? Ответ подтвердите уравнением реакции.

**2.** В результате каталитической дегидроциклизации некоторого алкена был получен 1,4-диметилбензол. Приведите возможную структурную формулу и название исходного углеводорода.

**3.** В соединении $NY_3X$ массовая доля азота составляет 8.24%, а в соединении $NY_2X$ – 9.09%. Установите формулы этих веществ.

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства молочной (2-гидроксипропановой) кислоты.

**5.** Образец, полученный после полимеризации 26 г стирола, содержит $1.018 \cdot 10^{21}$ макромолекул. Стирол, не вступивший в реакцию, способен обесцветить 160 г 3%-ного водного раствора брома. Вычислите среднюю молярную массу полистирола.

**6.** Реакция выражается уравнением $2NO + Cl_2 \rightarrow 2NOCl$. В замкнутом сосуде смешали 0.1 моль NO и 0.2 моль $Cl_2$. Считая реакцию элементарной, определите, как и во сколько раз изменится скорость реакции к моменту времени, когда прореагирует 20% хлора.

**7.** Смесь перманганата калия и нитрата алюминия прокалили. Газообразные продукты пропустили через 250 г 4%-ной азотной кислоты. Не поглотилось 672 мл газов (н.у.), а массовая доля азотной кислоты увеличилась до 6.85%, причем азотистой кислоты в растворе обнаружено не было. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**8.** Смесь фенола и неизвестного амина массой 15.95 г может прореагировать с 1568 мл (н.у.) хлороводорода или с 24 г 15%-ного раствора гидроксида натрия. Предложите структурные формулы трех изомеров этого амина.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (первой указана степень окисления атома в одном из реагентов, далее – в одном из продуктов, который, в свою очередь, является реагентом для последующей стадии):

$$Si^{+4} \rightarrow P^0 \rightarrow Br^{-1} \rightarrow P^{+3} \rightarrow Mn^{+2} \rightarrow Na^+ \rightarrow S^{-2}.$$

**10.** Напишите структурные формулы веществ, удовлетворяющих следующей последовательности превращений, назовите эти вещества и приведите уравнения реакций:




## Вариант СО-2007-2

**1.** Почему натрий хранят в керосине? Ответ подтвердите уравнением реакции.

**2.** В результате каталитической дегидроциклизации некоторого алкена был получен 1,2,3-триметилбензол. Приведите возможную структурную формулу и название исходного углеводорода.

**3.** В соединении $PYX_3$ массовая доля фосфора составляет 30.39%, а в соединении $PY_3X_4$ – 18.90%. Установите формулы веществ.

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства винной кислоты (1,2-дигидроксиэтандикарбоновая-1,2 или 2,3-дигидроксибутандиовая кислота).

**5.** Образец, полученный полимеризацией 10.5 г пропена, содержит $8.827 \cdot 10^{20}$ макромолекул. Пропен, не вступивший в реакцию, способен обесцветить 79 г 6%-ного водного раствора перманганата калия. Вычислите среднюю молярную массу полипропилена.

**6.** Реакция выражается уравнением $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$. В замкнутом сосуде смешали 0.4 моль NO и 0.4 моль $O_2$. Считая реакцию элементарной, определите, как и во сколько раз изменится скорость реакции к моменту времени, когда прореагирует 25% кислорода.

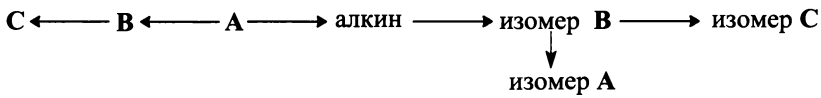
**7.** Смесь дихромата калия и нитрата железа (II) прокалили. Газообразные продукты пропустили через 250 г 4%-ной азотной кислоты. Все газы поглотились, а массовая доля азотной кислоты увеличилась до 5.44%, при этом азотистой кислоты в растворе обнаружено не было. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**8.** Смесь *п*-крезола (4-метилфенола) и неизвестного амина массой 16.52 г может прореагировать с 1792 мл (н.у.) хлороводорода или с 50.4 г 10%-ного раствора гидроксида калия. Предложите структурные формулы трех изомеров этого амина.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (первой указана степень окисления атома в одном из реагентов, далее – в одном из продуктов, который, в свою очередь, является реагентом для последующей стадии):

$$Ba^{+2} \rightarrow C^{+2} \rightarrow Cu^{0} \rightarrow Cl^{-1} \rightarrow H^{+1} \rightarrow N^{-3} \rightarrow S^{+6}.$$

**10.** Напишите структурные формулы веществ, удовлетворяющих следующей последовательности превращений, назовите эти вещества и приведите уравнения реакций:




## Вариант СО-2007-3

**1.** Почему нельзя сушить сероводород пропусканием через концентрированную серную кислоту? Напишите уравнение реакции.

**2.** В результате каталитической дегидроциклизации некоторого алкена был получен 1,2,4-триметилбензол. Приведите возможную структурную формулу и название исходного углеводорода.

**3.** В соединении $Cl_2\mathbf{Y}_2\mathbf{X}$ массовая доля хлора составляет 52.59%, а в соединении $Cl_2\mathbf{YX}$ – 59.66%. Установите формулы этих веществ.

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства салициловой (*орто*-гидроксибензойной) кислоты.

**5.** Образец, полученный после полимеризации 12.5 г винилхлорида, содержит $7.743 \cdot 10^{20}$ макромолекул. Мономер, не вступивший в реакцию, способен обесцветить 100 г 3.2%-ного водного раствора брома. Вычислить среднюю молярную массу поливинилхлорида.

**6.** Реакция выражается уравнением $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2$. В замкнутом сосуде смешали 0.5 моль CO и 0.4 моль $O_2$. Считая реакцию элементарной, определите, как и во сколько раз изменится скорость реакции к моменту времени, когда прореагирует 40% кислорода.

**7.** Смесь нитрата железа (III) и перманганата калия прокалили. Газообразные продукты пропустили через 150 г 4%-ной азотной кислоты. Не поглотилось 784 мл газов (н.у.), а массовая доля азотной кислоты увеличилась до 9.77%. Азотистой кислоты в растворе обнаружено не было. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**8.** Смесь *м*-крезола (3-метилфенола) и неизвестного амина массой 15.06 г может прореагировать с 1344 мл (н.у.) хлороводорода или с 40 г 8%-ного раствора гидроксида натрия. Предложите структурные формулы трех изомеров этого амина.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (первой указана степень окисления атома в одном из реагентов, далее – в одном из продуктов, который, в свою очередь, является реагентом для последующей стадии):

$$Mg^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow H^{+1} \rightarrow N^{-3} \rightarrow C^{+4} \rightarrow Mg^{2+} \rightarrow N^{+5}.$$

**10.** Напишите структурные формулы веществ, удовлетворяющих следующей последовательности превращений, назовите эти вещества и приведите уравнения реакций:

**B** ← **A** → алкен → **C** → **D** → изомер **B** → изомер **A**

## Вариант СО-2007-4

**1.** Почему в водном растворе ацетата калия лакмус приобретает синюю окраску?

**2.** В результате каталитической дегидроциклизации некоторого алкена был получен 1,3,5-триметилбензол. Приведите возможную структурную формулу и название исходного углеводорода.

**3.** В соединении $PY_3X_3$ массовая доля фосфора составляет 37.8%, а в соединении $PY_3X_2$ – 47%. Установите формулы этих веществ.

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства глутаминовой (2-аминопентандиовой) кислоты.

**5.** Образец, полученный после полимеризации 5.6 г этена, содержит $7.227 \cdot 10^{20}$ макромолекул. Этен, не вступивший в реакцию, способен обесцветить 100 г 3.16%-ного водного раствора перманганата калия. Вычислите среднюю молярную массу полиэтилена.

**6.** Реакция выражается уравнением $2SO_2 + O_2 \rightarrow 2SO_3$. В замкнутом сосуде смешали 2 моль $SO_2$ и 3 моль $O_2$. Считая реакцию элементарной, определите, как и во сколько раз изменится скорость реакции к моменту времени, когда прореагирует 30% кислорода.

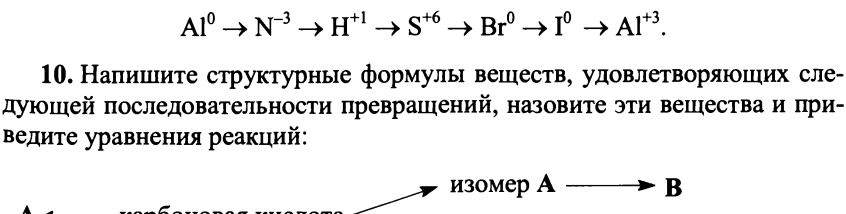
**7.** Смесь дихромата калия и нитрата хрома (II) прокалили. Газообразные продукты пропустили через 150 г 4%-ной азотной кислоты. Все газы поглотились, а массовая доля азотной кислоты увеличилась до 6.38%, причем азотистой кислоты в растворе обнаружено не было. Определите массовые доли солей в исходной смеси.

**8.** Смесь *п*-крезола (4-метилфенола) с неизвестным амином массой 23.16 г может прореагировать с 2688 мл (н.у.) хлороводорода или с 32 г 15%-ного раствора гидроксида натрия. Предложите структурные формулы трех изомеров этого амина.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (первой указана степень окисления атома в одном из реагентов, далее – в одном из продуктов, который, в свою очередь, является реагентом для последующей стадии):

$$Al^0 \rightarrow N^{-3} \rightarrow H^{+1} \rightarrow S^{+6} \rightarrow Br^0 \rightarrow I^0 \rightarrow Al^{+3}.$$

**10.** Напишите структурные формулы веществ, удовлетворяющих следующей последовательности превращений, назовите эти вещества и приведите уравнения реакций:

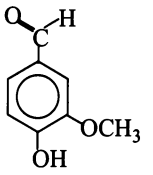


## Биологический факультет

## Вариант БА-2007-1

**1.** Приведите уравнение реакции электролиза раствора соли, при проведении которого на катоде и аноде выделяются газы.

**2.** Ванилин, содержащийся в эфирных маслах многих растений, имеет следующее строение



Приведите два уравнения реакций, характеризующих различные химические свойства этого вещества.

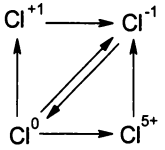
**3.** Смесь силана, кислорода и азота в объемном соотношении 1:3:1 подожгли и охладили до 20°С. Определите среднюю молярную массу конечной газовой смеси.

**4.** Установите возможную структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода на одиннадцать меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его хлорирование приводит только к одному монохлорпроизводному.

**5.** Рассчитайте количество теплоты, которое потребуется для разложения дихромата калия, если в результате реакции образовалось 48 г кислорода. Теплоты образования $K_2Cr_2O_7$, $K_2CrO_4$ и $Cr_2O_3$ равны 2063, 1398 и 1141 кДж/моль соответственно.

**6.** К 200 мл раствора, содержащего смесь двух хлоридов железа, добавили раствор карбоната натрия до прекращения выпадения осадка. Полученный осадок, масса которого составила 22.3 г, отфильтровали и обработали избытком раствора соляной кислоты, при этом выделилось 2.44 л газа (нормальное давление, 25°С). Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**7.** Расшифруйте схему превращений:




Напишите уравнения соответствующих реакций, укажите условия их протекания:

**8.** Дана схема превращений:

$$C_8H_8 \rightarrow C_8H_{10}O_2 \rightarrow C_8H_8Br_2 \rightarrow C_8H_6 \rightarrow C_8H_5Na \rightarrow C_8H_6 \rightarrow C_8H_8O.$$

Напишите структурные формулы указанных веществ и уравнения соответствующих реакций.

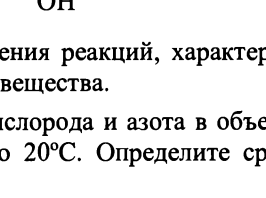
**9.** Смесь гидрида лития и фосфида алюминия прореагировала с 212 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 74 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 25.5%. Определите количества веществ гидрида и фосфида в исходной смеси.

**10.** Для полного гидролиза навески дипептида, состоящего из природных аминокислот, требуется 20 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 2.0 моль/л или 24 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массу навески и возможную формулу дипептида, если известно, что в нем массовая доля углерода в 1.2 раза больше массовой доли кислорода, а массовая доля азота в два раза больше массовой доли водорода.

## Вариант БА-2007-2

**1.** Приведите уравнение реакции электролиза раствора соли, при проведении которого образуется четыре вещества.

**2.** Цингиберен, содержащийся в имбире, имеет следующее строение:




Приведите два уравнения реакций, характеризующих различные химические свойства этого вещества.

**3.** Смесь водорода, кислорода и азота в объемном соотношении 1:1:1 подожгли и охладили до 20°С. Определите среднюю молярную массу конечной газовой смеси.

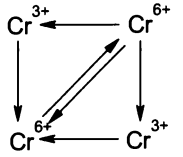
**4.** Установите возможную структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода в четыре раза меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его хлорирование приводит к двум монохлорпроизводным.

**5.** Рассчитайте количество теплоты, которое выделится при разложении хлората калия, если в результате реакции образовалось 9.6 г кислорода. Теплоты образования $KClO_3$ и KCl равны 391 и 437 кДж/моль соответственно.

**6.** К 200 мл раствора, содержащего смесь хлорида железа (II) и хлорида алюминия, добавили раствор сульфида натрия до прекращения выпадения осадка. Полученный осадок, масса которого составила 12.2 г, от-

фильтровали и обработали избытком раствора бромоводородной кислоты, при этом выделилось 1.22 л газа (нормальное давление, 25°С). Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**7.** Расшифруйте схему превращений, запишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания:




**8.** Дана схема превращений:

$$C_3H_6 \rightarrow C_3H_8O_2 \rightarrow C_3H_6Cl_2 \rightarrow C_3H_6 \rightarrow C_3H_7Br \rightarrow C_5H_{10}O_2 \rightarrow C_2H_3O_2Na + C_3H_8O$$

Приведите структурные формулы указанных веществ, запишите уравнения соответствующих реакций.

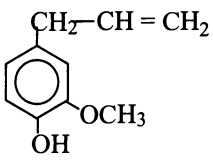
**9.** Смесь гидрида калия и фосфида цинка прореагировала с 379 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 87.5 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 42.2%. Определите количества веществ гидрида и фосфида в исходной смеси.

**10.** Для полного гидролиза навески дипептида, состоящего из природных аминокислот, требуется 20 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 3.0 моль/л или 33.6 г 15%-ного раствора гидроксида калия. Определите массу навески и возможную формулу дипептида, если известно, что в нем массовая доля углерода равна массовой доле кислорода, а массовая доля азота в два раза больше массовой доли водорода.

## Вариант БА-2007-3

**1.** Приведите уравнение реакции электролиза раствора соли, при проведении которого концентрация соли увеличивается.

**2.** Эвгенол, содержащийся в гвоздичном масле, имеет следующее строение




Приведите два уравнения реакций, характеризующих различные химические свойства этого вещества.

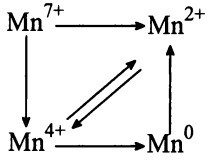
**3.** Смесь фосфина, кислорода и азота в объемном соотношении 1:3:1 подожгли и охладили до 20°С. Определите среднюю молярную массу конечной газовой смеси.

**4.** Установите возможную структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода в три раза меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его хлорирование приводит только к одному монохлорпроизводному.

**5.** Рассчитайте количество теплоты, которое выделится при разложении дихромата аммония, если в результате реакции образовалось 5.6 г азота. Теплоты образования $(NH_4)_2Cr_2O_7$, $Cr_2O_3$ и $H_2O$ равны 1808, 1141 и 286 кДж/моль соответственно.

**6.** К 200 мл раствора, содержащего смесь сульфата железа (II) и сульфата алюминия, добавили раствор сульфита натрия до прекращения выпадения осадка. Полученный осадок, масса которого составила 16.92 г, отфильтровали и обработали избытком раствора соляной кислоты, при этом выделилось 2.2 л газа (нормальное давление, 25°С). Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**7.** Расшифруйте схему превращений. Напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания:




**8.** Дана схема превращений:

$$C_3H_6Cl_2 \rightarrow C_3H_4 \rightarrow C_3H_6O \rightarrow C_4H_7ON \rightarrow C_4H_8O_3 \rightarrow C_4H_7O_2Br \rightarrow C_4H_5O_2K$$

Напишите структурные формулы указанных веществ и уравнения соответствующих реакций.

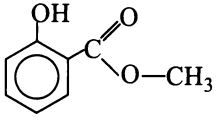
**9.** Смесь гидрида цезия и фосфида хрома прореагировала с 236.5 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 86.5 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 42.17%. Определите количества веществ гидрида и фосфида в исходной смеси.

**10.** Для полного гидролиза навески дипептида, состоящего из природных аминокислот, требуется 15 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 2.0 моль/л или 18 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Определите массу навески и возможную формулу дипептида, если известно, что в нем массовая доля углерода в 3 раза больше массовой доли азота и в 7 раз больше массовой доли водорода.

## Вариант БА-2007-4

**1.** Приведите уравнение реакции электролиза раствора соли, при проведении которого на аноде выделяется газ, а на катоде – металл.

**2.** Метилсалицилат, содержащийся в коре березы, имеет следующее строение:



Приведите два уравнения реакций, характеризующих различные химические свойства этого вещества.

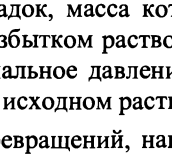
**3.** Смесь аммиака, кислорода и азота в объемном соотношении 1:1:1 подожгли и охладили до 20°С. Определите среднюю молярную массу конечной газовой смеси.

**4.** Установите возможную структурную формулу алкана, если известно, что в нем число связей между атомами углерода в шесть раз меньше, чем число связей между атомами углерода и водорода, а его хлорирование приводит только к одному монохлорпроизводному.

**5.** Рассчитайте количество теплоты, которое выделится при разложении перманганата калия, если в результате реакции образовалось 64 г кислорода. Теплоты образования $KMnO_4$, $K_2MnO_4$ и $MnO_2$ равны 829, 1184 и 521 кДж/моль соответственно.

**6.** К 200 мл раствора, содержащего смесь нитрата железа (II) и нитрата хрома (III), добавили раствор карбоната натрия до прекращения выпадения осадка. Полученный осадок, масса которого составила 30.15 г, отфильтровали и обработали избытком раствора серной кислоты, при этом выделилось 4.4 л газа (нормальное давление, 25°С). Определите молярные концентрации веществ в исходном растворе.

**7.** Расшифруйте схему превращений, напишите уравнения соответствующих реакций и укажите условия их протекания:




**8.** Дана схема превращений:

$$C_7H_6Cl_2 \rightarrow C_7H_6O \rightarrow C_7H_9NO_2 \rightarrow C_7H_6O_2 \rightarrow C_7H_5NO_4 \rightarrow C_7H_8NO_2Cl \rightarrow C_7H_6NO_2Na$$

Напишите структурные формулы указанных веществ и уравнения соответствующих реакций.

**9.** Смесь гидрида натрия и карбида алюминия прореагировала с 211.6 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 28.4 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 5.9%. Определите количества веществ гидрида и карбида в исходной смеси.

**10.** Для полного гидролиза навески дипептида, состоящего из природных аминокислот, требуется 20 мл раствора соляной кислоты с молярной концентрацией 2.5 моль/л или 28 г 15%-ного раствора гидроксида калия. Определите массу навески и возможную формулу дипептида, если известно, что в нем массовая доля водорода в 9 раз меньше массовой доли углерода и в 1.75 раз меньше массовой доли азота.

## Факультет фундаментальной медицины

## Вариант ФФМБ-2007-1

**1.** Приведите уравнение реакции, в ходе которой из двух жидких при комнатной температуре веществ получается кислота.

**2.** Запишите уравнение реакции, протекающей в водном растворе между гидросульфитом бария и гидроксидом бария.

**3.** Изобразите структуру элементарного звена поливинилхлорида. Рассчитайте среднюю степень полимеризации для образца этого полимера, относительная молекулярная масса которого составляет 300000.

**4.** Запишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$SiO_2 \xrightarrow[t^\circ]{Mg} \mathbf{X} \xrightarrow[t^\circ]{Cl_2} \mathbf{Y} \xrightarrow{H_2O} \mathbf{Z} \xrightarrow[t^\circ]{C} Si.$$

Укажите условия протекания всех реакций.

**5.** Природное душистое вещество 2-гексил-3-фенилпропеналь является одним из компонентов аромата жасмина. Приведите структурную формулу этого соединения и рассчитайте его элементный состав (в масс.%).

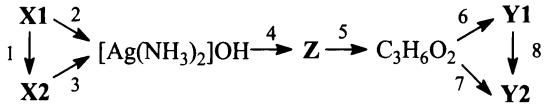
**6.** После пропускания 8.96 л (н.у.) смеси этана и ацетилена в избыток аммиачного раствора оксида серебра было получено 72 г осадка. Рассчитайте массовые доли газов в исходной смеси.

**7.** Элементарная реакция между веществами **A** и **B** описывается уравнением $2\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{C}$. Начальные концентрации веществ **A** и **B** составляли 0.3 и 0.5 моль/л соответственно. Константа скорости этой реакции при 25°C равна 0.8 $л^2/(моль^2 \cdot мин)$. Рассчитайте начальную скорость реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **A** уменьшится на 0.1 моль/л.

**8.** Получите в несколько стадий не менее шести натриевых солей различных органических кислот, используя в качестве исходного вещества глюкозу и любые неорганические реагенты. Приведите уравнения реакций и условия их протекания.

**9.** Смесь массой 3.23 г, состоящую из нитрита щелочного металла и оксида меди (I) в равных мольных долях, обработали избытком концентрированной азотной кислоты, в результате чего выделился газ – оксид азота (IV) объемом 0.896 л (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном твердом продукте.

**10.** На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:




Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания

## Вариант ФФМБ-2007-2

**1.** Приведите уравнение реакции, в ходе которой из твердого и жидкого при комнатной температуре веществ получается кислота.

**2.** Запишите уравнение реакции, протекающей в водном растворе между сульфитом натрия и оксидом серы (IV).

**3.** Изобразите структуру элементарного звена политетрафторэтилена. Рассчитайте относительную молекулярную массу для образца полимера, средняя степень полимеризации которого составляет 5000.

**4.** Запишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$CO \xrightarrow[t^\circ, p]{KOH} \mathbf{X} \xrightarrow{HCl(p\text{-}p)} \mathbf{Y} \xrightarrow[H_2SO_4]{KMnO_4} \mathbf{Z} \xrightarrow[t^\circ]{Mg} CO.$$

Укажите условия протекания всех реакций.

**5.** Природное душистое вещество 4-(*пара*-гидроксифенил)бутанон-2 является основным компонентом аромата малины. Приведите структурную формулу этого соединения и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

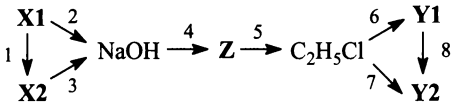
**6.** После пропускания 6.72 л (н.у.) смеси пропена и бутадиена-1,3 в бромную воду максимальная масса прореагировавшего брома составила 64 г. Рассчитайте массовые доли газов в исходной смеси.

**7.** Элементарная реакция между веществами **A** и **B** описывается уравнением $2\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{C}$. Начальные концентрации веществ **A** и **B** составляли 0.3 и 0.5 моль/л соответственно, а скорость в начальный момент времени равнялась 0.036 моль/(л·мин). Рассчитайте константу скорости реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **B** уменьшится на 0.1 моль/л.

**8.** Получите в несколько стадий не менее шести различных спиртов, используя в качестве исходного вещества этилен и любые неорганические реагенты. Приведите уравнения реакций и условия их протекания.

**9.** Смесь массой 6.22 г, состоящую из нитрита щелочного металла и нитрата железа (II) в равных мольных долях, обработали избытком концентрированной азотной кислоты, в результате чего выделился газ – оксид азота (IV) объемом 1.344 л (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном твердом продукте.

**10.** На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:




Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

## Вариант ФФМБ-2007-3

**1.** Приведите уравнение реакции, в ходе которой из двух газообразных при комнатной температуре веществ получается неорганическая соль.

**2.** Запишите уравнение реакции, протекающей в водном растворе между гидросульфитом калия и гидроксидом калия.

**3.** Изобразите структуру элементарного звена полистирола. Рассчитайте среднюю степень полимеризации для образца этого полимера, относительная молекулярная масса которого составляет 300000.

**4.** Запишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$\mathrm{C} \xrightarrow[t^\circ]{\mathrm{SiO_2}} \mathbf{X} \xrightarrow[t^\circ,\,p]{\mathrm{NaOH}} \mathbf{Y} \xrightarrow{\mathrm{HCl(p\text{-}p)}} \mathbf{Z} \xrightarrow[t^\circ]{\mathrm{H_2SO_4\ (конц)}} \mathrm{CO}.$$

Укажите условия протекания всех реакций.

**5.** Природное душистое вещество 4-метоксибензиловый спирт является одним из компонентов аромата аниса. Приведите структурную формулу этого соединения и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

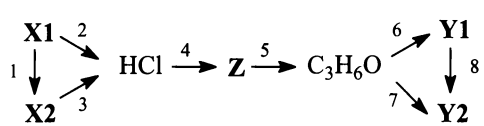
**6.** После пропускания 13.44 л (н.у.) смеси пропана и пропина в избыток аммиачного раствора хлорида меди (I) было получено 30.9 г осадка. Рассчитайте массовые доли газов в исходной смеси.

**7.** Элементарная реакция между веществами **A** и **B** описывается уравнением **A** + **B** → **C**. Начальные концентрации веществ **A** и **B** составляли 0.3 и 0.5 моль/л соответственно. Константа скорости этой реакции при 25°C равна 0.8 л/(моль·мин). Рассчитайте начальную скорость реакции и определите, чему равнялись концентрации реагентов, когда скорость реакции стала равна 0.002 моль/(л·мин).

**8.** Получите в несколько стадий не менее шести различных органических сложных эфиров, используя в качестве исходного вещества глюкозу и любые неорганические реагенты. Приведите уравнения реакций и условия их протекания.

**9.** Смесь массой 7.71 г, состоящую из нитрита щелочного металла и карбоната меди (I) в равных мольных долях, обработали избытком концентрированной азотной кислоты, в результате чего выделилось 3.36 л газовой смеси, состоящей из оксида азота (IV) и оксида углерода (IV) (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном твердом продукте.

**10.** На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:




Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

## Вариант ФФМБ-2007-4

**1.** Приведите уравнение реакции, в ходе которой из двух твердых при комнатной температуре веществ получается неорганическая соль.

**2.** Запишите уравнение реакции, протекающей в водном растворе между гидрофосфатом натрия и гидроксидом натрия.

**3.** Изобразите структуру элементарного звена полипропилена. Рассчитайте величину относительной молекулярной массы для образца полимера, средняя степень полимеризации которого составляет 5000.

**4.** Запишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C \xrightarrow[t^\circ]{CaO} \mathbf{X} \xrightarrow[\text{кат}, t^\circ]{H_2} \mathbf{Y} \xrightarrow[H^+]{KMnO_4} \mathbf{Z} \xrightarrow[t^\circ]{C} CO.$$

Укажите условия протекания всех реакций.

**5.** Природное душистое вещество 3-фенилпропеналь является одним из компонентов аромата корицы. Приведите структурную формулу этого соединения и рассчитайте его элементный состав (в масс. %).

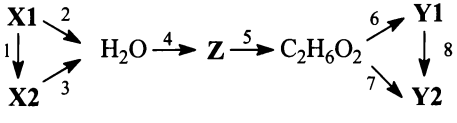
**6.** После пропускания 10.5 г смеси пропана и ацетилена в бромную воду максимальная масса прореагировавшего брома составила 48 г. Рассчитайте массовые доли газов в исходной смеси.

**7.** Элементарная реакция между веществами **A** и **B** описывается уравнением $\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightarrow 2\mathbf{C}$. Начальные концентрации веществ **A**, **B** и **C** составляли 0.3, 0.5 и 0 моль/л соответственно, а скорость в начальный момент времени равнялась 0.036 моль/(л·мин). Рассчитайте константу скорости реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **C** достигнет 0.1 моль/л.

**8.** Получите в несколько стадий не менее шести различных спиртов, используя в качестве исходного вещества пропен и любые неорганические реагенты. Приведите уравнения реакций и условия их протекания.

**9.** Смесь массой 9.51 г, состоящую из нитрита щелочного металла и оксида железа (II, III) в равных мольных долях, обработали избытком концентрированной азотной кислоты, в результате чего выделился газ – оксид азота (IV) объемом 2.016 л (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте массовые доли веществ в конечном твердом продукте.

**10.** На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:




Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант БЗКБ-2007-1

**1.** Напишите графические формулы соединений $Ca(HCO_3)_2$ и $HClO_3$.

**2.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$ ;

$C_6H_5CH_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$ .

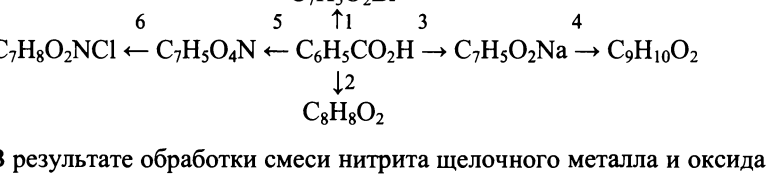
**3.** Даны четыре твердых вещества в пробирках без надписей: $CaCO_3$, $Na_2SO_4$, KCl и $NaNO_3$. При помощи каких реагентов можно их различить, используя минимальное число реакций? Напишите соответствующие уравнения.

**4.** Константа диссоциации муравьиной кислоты составляет $2.05 \cdot 10^{-4}$. Вычислите степень ее диссоциации, если концентрация раствора равна: а) 0.2 М; б) 0.4 М.

**5.** Смесь карбида и нитрида кальция растворили в воде, при этом выделился газ в 9.4 раза тяжелее водорода. Определите массовую долю карбида в исходной смеси.

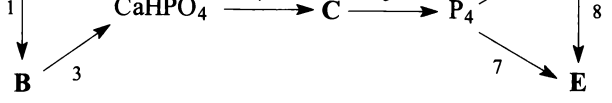
**6.** Газовую смесь массой 24.0 г и объемом 14.76 л (27°С, 1 атм), состоящую из этана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 25%, пропустили через водный раствор перманганата калия. Определите массу выпавшего осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




**8.** В результате обработки смеси нитрита щелочного металла и оксида меди (I) массой 6.46 г с равными мольными долями избытком раствора концентрированной азотной кислоты выделилось 1.792 л оксида азота (IV) (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте объемные доли газов, выделившихся в процессе прокаливания.

**9.** В левом треугольнике представленной ниже схемы все реакции протекают без изменения степеней окисления элементов, в правом треугольнике все реакции окислительно-восстановительные:




Определите неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

**10.** Смесь изомерных спиртов массой 43.2 г нагрели с избытком уксусной кислоты в присутствии следов серной кислоты. В результате реакции получено 52.02 г смеси сложных эфиров. Установите строение спиртов, если известно, что выход одного из эфиров составил 75%, второго – 50%, а масса первого спирта больше массы другого в пять раз.

## Вариант БЗКБ-2007-2

**1.** Напишите графические формулы соединений $H_3PO_4$ и $NaHSO_3$.

**2.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Cl_2 + SO_2 + H_2O \rightarrow \ldots$ ;

$H_2C{=}CH_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \ldots$ .

**3.** Даны четыре твердых вещества в пробирках без надписей: $NaHSO_3$, $NH_4NO_3$, $CaCl_2$ и $K_2SO_4$. При помощи каких реагентов можно их различить, используя минимальное число реакций? Напишите соответствующие уравнения.

**4.** Константа диссоциации уксусной кислоты составляет $1.86 \cdot 10^{-5}$. Вычислите степень ее диссоциации, если концентрация раствора равна: а) 0.1 М; б) 0.6 М.

**5.** Смесь карбида и гидрида кальция растворили в воде, при этом выделился газ в 4.7 раза легче кислорода. Определите массовую долю гидрида кальция в исходной смеси.

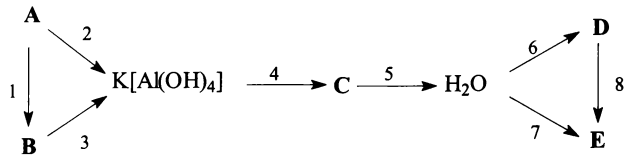
**6.** Газовую смесь массой 10.24 г и объемом 4.92 л (27°С, 1 атм), состоящую из пропана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 60%, пропустили через водный раствор перманганата калия. Определите массу выпавшего осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & & & C_8H_9Br & & \\ & & 6 & & 5 & & \uparrow 1 & 3 & 4 \\ C_8H_{10}O & \leftarrow & C_8H_8 & \leftarrow & C_6H_5CH_2CH_2OH & & & \rightarrow C_8H_8O & \rightarrow C_8H_{11}O_2N. \\ & & & & & & \downarrow 2 & & \\ & & & & & & C_8H_8O_2 & & \end{array}$$

**8.** В результате обработки смеси нитрита щелочного металла и оксида железа (II) массой 4.06 г с равными мольными долями избытком раствора концентрированной азотной кислоты выделилось 1.344 л (н.у.) оксида азота (IV). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте объемные доли газов, выделившихся в процессе прокаливания.

**9.** В левом треугольнике представленной ниже схемы все реакции протекают без изменения степеней окисления элементов, в правом треугольнике все реакции окислительно-восстановительные:




Определите неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

**10.** Смесь изомерных карбоновых кислот массой 21.12 г нагрели с избытком метанола в присутствии следов серной кислоты. В результате реакции получено 18.36 г смеси сложных эфиров. Установите строение карбоновых кислот, если известно, что выход одного из эфиров составил 80%, второго – 50%, а масса первого эфира больше массы другого в восемь раз.

## Вариант БЗКБ-2007-3

**1.** Напишите графические формулы соединений $Mg(HCO_3)_2$ и $HClO_4$.

**2.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \ldots$ ;

$CH_3–HC=CH_2 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$ .

**3.** Дано четыре твердых вещества в пробирках без надписей: $NH_4Cl$, $Ba(NO_3)_2$, $NaHCO_3$, $NaCl$. При помощи каких реагентов можно их различить, используя минимальное число реакций? Напишите соответствующие уравнения.

**4.** Константа диссоциации бензойной кислоты равна $6.6\cdot10^{-5}$. Вычислите степень ее диссоциации, если концентрация раствора равна: а) 0.3 М; б) 0.7 М.

**5.** Смесь нитрида и гидрида кальция растворили в воде, при этом выделился газ в 2.9 раза тяжелее гелия. Определите массовую долю нитрида кальция в исходной смеси.

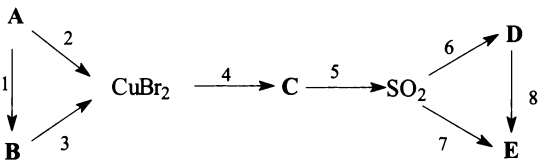
**6.** Газовую смесь массой 7.1 г и объемом 4.89 л (25°С, 1 атм), состоящую из метана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 75%, пропустили через водный раствор перманганата калия. Определите массу выпавшего осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$\begin{array}{ccccccccc} & & & & & & C_3H_4O_2 & & \\ & & & & & & \uparrow 1 & & \\ C_3H_8O_2 & \xleftarrow{6} & C_3H_6O_2 & \xleftarrow{5} & CH_2=CH–CHO & \xrightarrow{3} & C_3H_7O_2N & \xrightarrow{4} & C_3H_5O_2Cl. \\ & & & & & & \downarrow 2 & & \\ & & & & & & C_3H_5OBr & & \end{array}$$

**8.** В результате обработки избытком раствора концентрированной азотной кислоты 20.8 г смеси оксида меди (I) и нитрита, содержащего однозарядный катион (вещества взяты в одинаковых количествах), выделилось 8.96 л оксида азота (IV) (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте объемные доли газов, выделившихся в процессе прокаливания.

**9.** В левом треугольнике представленной ниже схемы все реакции протекают без изменения степени окисления элементов, в правом треугольнике все реакции окислительно-восстановительные:




Определите неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

**10.** Смесь изомерных карбоновых кислот массой 52.8 г нагрели с избытком метанола в присутствии следов серной кислоты. В результате реакции получено 45.9 г смеси сложных эфиров. Установите строение карбоновых кислот, если известно, что выход одного из эфиров составил 80%, второго – 50%, а масса первой кислоты больше массы другой в пять раз.

## Вариант БЗКБ-2007-4

**1.** Напишите графические формулы соединений $(NH_4)_2HPO_4$ и $H_2SO_4$.

**2.** Напишите уравнения следующих реакций:

$H_2O_2 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$ ;

$C_6H_5NO_2 + Al + NaOH \rightarrow \ldots$ .

**3.** Дано четыре твердых вещества в пробирках без надписей: $(NH_4)_2SO_4$, $Na_2SO_4$, $CaSO_3$, $KNO_3$. При помощи каких реагентов можно их различить, используя минимальное число реакций? Напишите соответствующие уравнения.

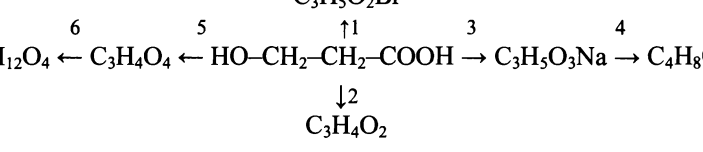
**4.** Константа диссоциации азотистой кислоты составляет $4.5 \cdot 10^{-4}$. Вычислите степень ее диссоциации, если концентрация раствора равна: а) 0.2 М; б) 0.4 М.

**5.** Смесь карбидов алюминия и кальция растворили в воде, при этом выделился газ в 1.6 раза легче кислорода. Определите массовую долю карбида алюминия в исходной смеси.

**6.** Газовую смесь массой 12.0 г и объемом 7.26 л (22°С, 1 атм), состоящую из бутана и неизвестного газа, объемная доля которого состав-

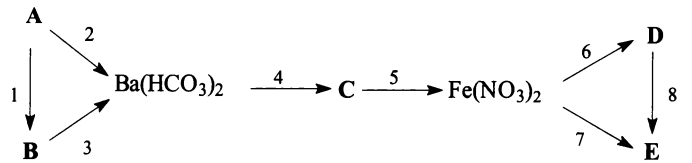
ляет 60%, пропустили через водный раствор перманганата калия. Определите массу выпавшего осадка.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



**8.** В результате обработки 15.85 г смеси нитрита щелочного металла и оксида железа (II,III) с равными мольными долями избытком раствора концентрированной азотной кислоты выделилось 3.36 л оксида азота (IV) (н.у.). Полученный раствор выпарили, сухой остаток прокалили до постоянной массы. Рассчитайте объемные доли газов, выделившихся в процессе прокаливания.

**9.** В левом треугольнике представленной ниже схемы все реакции протекают без изменения степеней окисления элементов, в правом треугольнике все реакции окислительно-восстановительные:



Определите неизвестные вещества и напишите уравнения соответствующих химических реакций.

**10.** Смесь изомерных спиртов массой 18.0 г нагрели с избытком пропионовой кислоты в присутствии следов серной кислоты. В результате реакции получено 25.056 г смеси сложных эфиров. Установите строение спиртов, если известно, что выход одного из эфиров составил 75%, второго – 60%, а масса первого из эфиров больше массы другого в пять раз.

## Факультет почвоведения

## Вариант ПВ–2007–1

**1.** Напишите структурные формулы двух межклассовых изомеров, соответствующих формуле $C_2H_5O_2N$.

**2.** Приведите один атом и один катион с электронной конфигурацией $1s^22s^22p^63s^23p^6$.

**3.** Приведите четыре уравнения химических реакций азотной кислоты с неорганическими веществами различных классов.

**4.** На полное сгорание 6 л неизвестного газа расходуется 21 л кислорода и образуется 12 л оксида углерода (IV) и 18 л водяных паров (все объемы измерены при одинаковых условиях). Установите формулу газа.

**5.** При сливании 80 мл 2 М раствора HI и 6.47 мл 10%-ного раствора KOH (плотность 1.082 г/см$^3$) выделилось 0.7 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции нейтрализации (в кДж/моль).

**6.** В замкнутый сосуд поместили 0.05 моль $H_2$ и 0.025 моль $I_2$. При некоторой температуре установилось равновесие $I_2$(газ) + $H_2$(газ) $\rightleftarrows$ $\rightleftarrows$ 2HI(газ), причем к этому моменту прореагировало 20% водорода. Вычислите значение константы равновесия реакции.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$Cr \xrightarrow{HCl} \mathbf{A} \xrightarrow{KOH} \mathbf{B} \xrightarrow{H_2O_2} C \xrightarrow{Br_2,\,KOH} \mathbf{D} \xrightarrow{H_2SO_4} \mathbf{E} \xrightarrow{H_2SO_4,\,K_2SO_3} \mathbf{F}$$

Определите неизвестные вещества **A** – **F**, если известно, что все они содержат хром.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_3H_5O_2Na \xrightarrow{1} C_2H_6 \xrightarrow{2} C_2H_5Cl \xrightarrow{3} C_2H_4 \underset{5}{\overset{4}{\rightleftharpoons}} C_2H_6O \xrightarrow{6} C_4H_{10}O$$

**9.** Металл массой 26 г растворили в разбавленной серной кислоте и получили 2 л 0.2 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с концентрированной серной кислотой.

**10.** Газ, полученный при растворении 48 г магниевых опилок в растворе соляной кислоты, смешали с 11.2 л бутадиена и 14 л этилена (н.у.) и пропустили над нагретым платиновым катализатором (реакция протекает количественно). Рассчитайте объемные доли газов в полученной после реакции смеси и ее среднюю молярную массу.

## Вариант ПВ–2007–2

**1.** Напишите структурные формулы двух межклассовых изомеров, соответствующих формуле $C_5H_{10}$.

**2.** Приведите один атом и один анион с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6$.

**3.** Приведите четыре уравнения химических реакций гидроксида бария с неорганическими веществами различных классов.

**4.** На полное сгорание 1.5 л неизвестного газа расходуется 4.5 л кислорода и образуется 3 л оксида углерода (IV) и 4.5 л водяных паров (все объемы измерены при одинаковых условиях). Установите формулу газа.

**5.** При сливании 50 мл 0.6 М раствора KOH и 32.39 мл 6%-ного раствора HBr (плотность 1.042 г/см$^3$) выделилось 1.4 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции нейтрализации (в кДж/моль).

**6.** В замкнутый сосуд поместили 0.25 моль $H_2$ и 0.05 моль $I_2$. При некоторой температуре установилось равновесие $I_2$(газ) + $H_2$(газ) $\rightleftarrows$ $\rightleftarrows$ 2HI(газ), причем константа равновесия $K_p = 4$. Определите равновесные количества веществ.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$CuSO_4 \xrightarrow{NaOH} \mathbf{A} \xrightarrow{HCl} \mathbf{B} \xrightarrow{AgNO_3} \mathbf{C} \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{D} \xrightarrow{NH_3,\,t^\circ} \mathbf{E} \xrightarrow{\mathbf{B}} \mathbf{F}.$$

Определите неизвестные вещества **A** – **F**, если известно, что все они содержат медь.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_2H_5Cl \xleftarrow{1} C_2H_6 \xrightarrow{2} C_2H_4 \xrightarrow{3} C_3H_6O \xrightarrow{4} C_4H_8O_2 \xrightarrow{5} C_2H_4O_2 \xrightarrow{6} C_2H_3O_2Na$$

**9.** Металл массой 0.7 г растворили в разбавленной серной кислоте, при этом получили 250 мл 0.05 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с разбавленной азотной кислотой.

**10.** Газ, полученный при растворении 65 г цинковых опилок в избытке раствора щелочи, смешали с 2 л пропена и 5.2 л ацетилена (н.у.) и пропустили над нагретым платиновым катализатором (реакция протекает количественно). Рассчитайте объемные доли газов в полученной после реакции смеси и ее среднюю молярную массу.

## Вариант ПВ–2007–3

**1.** Напишите структурные формулы двух межклассовых изомеров, соответствующих формуле $C_4H_8O_2$.

**2.** Приведите один атом и один анион с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

**3.** Приведите четыре уравнения химических реакций бромоводородной кислоты с неорганическими веществами различных классов.

**4.** На полное сгорание 6 л неизвестного газа расходуется 15 л кислорода, при этом образуется 12 л оксида углерода (IV) и 6 л водяных паров (все объемы измерены при одинаковых условиях). Установите формулу газа.

**5.** При сливании 25 мл 2 М раствора HCl и 136.7 мл 4.2%-ного раствора NaOH (плотность 1.045 г/см$^3$) выделилось 2.8 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции нейтрализации (в кДж/моль).

**6.** В замкнутый сосуд поместили $H_2$ и $I_2$. При некоторой температуре установилось равновесие $I_2$(газ) + $H_2$(газ) $\rightleftarrows$ 2HI(газ), причем в равновесной смеси содержалось 0.4 моль $H_2$, 0.5 моль $I_2$ и 0.9 моль HI. Рассчитай-

те значение константы равновесия реакции и определите количества исходных веществ.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$NaOH \xrightarrow{CO_2} \mathbf{A} \xrightarrow{CO_2,\,H_2O} \mathbf{B} \xrightarrow{H_2SO_4} \mathbf{C} \xrightarrow{BaCl_2} \mathbf{D} \xrightarrow{AgNO_3} \mathbf{E} \xrightarrow{t^o} \mathbf{F}.$$

Определите неизвестные вещества **A** – **F**, если известно, что все они содержат натрий.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_3H_6O_2 \xleftarrow{3} C_2H_4O_2 \xleftarrow{2} C_2H_4O \xleftarrow{1} C_2H_2 \xrightarrow{4} C_2H_6 \xrightarrow{5} C_6H_5O_2N \xrightarrow{6} C_6H_7N$$

**9.** Металл массой 9.6 г растворили в концентрированной азотной кислоте, при этом вся кислота восстановилась до оксида азота (IV) и было получено 150 мл 1 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с концентрированной серной кислотой.

**10.** Газ, полученный при растворении 16 г гидрида лития в воде, смешали с 1.4 л бутадиена и 11.2 л пропина (н.у.) и пропустили над нагретым платиновым катализатором (реакция протекает количественно). Рассчитайте объемные доли газов в полученной после реакции смеси и ее среднюю молярную массу.

## Вариант ПВ–2007–4

**1.** Напишите структурные формулы двух межклассовых изомеров, соответствующих формуле $C_2H_6O$.

**2.** Приведите один атом и один катион с электронной конфигурацией $1s^2 2s^2 2p^6$.

**3.** Приведите четыре уравнения химических реакций гидроксида калия с неорганическими веществами различных классов.

**4.** На полное сгорание 10 л неизвестного газа расходуется 30 л кислорода и образуется по 20 л оксида углерода (IV) и водяных паров (все объемы измерены при одинаковых условиях). Установите формулу газа.

**5.** При сливании 20 мл 1.75 М раствора $HNO_3$ и 9.2 мл 8%-ного раствора NaOH (плотность 1.087 г/см$^3$) выделилось 1.12 кДж теплоты. Рассчитайте тепловой эффект реакции нейтрализации (в кДж/моль).

**6.** В замкнутый сосуд поместили 0.01 моль $H_2$ и 0.005 моль $I_2$. При некоторой температуре установилось равновесие $I_2$(газ) + $H_2$(газ) $\rightleftarrows$ $\rightleftarrows$ 2HI(газ), причем к этому моменту в сосуде было обнаружено 0.004 моль HI. Вычислите константу равновесия реакции.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$H_2 + N_2 \xrightarrow{t^\circ, P} \mathbf{A} \xrightarrow{O_2,\ кат.} \mathbf{B} \xrightarrow{O_2} \mathbf{C} \xrightarrow{O_2+H_2O} \mathbf{D} \xrightarrow{A} \mathbf{E} \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{F}$$

Определите неизвестные вещества **A** – **F**, если известно, что все они содержат азот.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_2H_4 \xrightarrow{1} C_2H_4Cl_2 \xrightarrow{2} C_2H_2 \xrightarrow{3} C_2H_6 \xrightarrow{4} C_7H_8 \xrightarrow{5} C_7H_6O_2 \xrightarrow{6} C_7H_5O_2Na$$

**9.** Металл массой 4.32 г растворили в соляной кислоте и получили 800 мл 0.2 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с разбавленной азотной кислотой.

**10.** Газ, полученный при растворении 14 г лития в воде, смешали с 5.6 л пропина и 2.8 л этилена (н.у.) и пропустили над нагретым платиновым катализатором (реакция протекает количественно). Рассчитайте объемные доли газов в полученной после реакции смеси и ее среднюю молярную массу.

## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМБ-2007-1

**1.** Определите массу в граммах наночастицы серебра, состоящей из 700 атомов.

**2.** Приведите пример реакции, с помощью которой можно обнаружить этиленгликоль в присутствии этанола.

**3.** В результате серии последовательных радиоактивных распадов нуклид $^{238}U$ превращается в нуклид $^{206}Pb$. Сколько α- и β-распадов включает эта серия ядерных превращений?

**4.** Как из 3-метил-1-хлорбутана, не используя других органических реагентов, получить 2-метил-2-хлорбутан? Напишите уравнения реакций с указанием условий их проведения.

**5.** Среди перечисленных веществ выберите по два окислителя и восстановителя: $H_2O_2$, $H_2S$, $K_2Cr_2O_7$, $I_2$. Напишите уравнения двух окислительно-восстановительных реакций с участием выбранных вами веществ, протекающих в водном растворе, причём вещества не должны повторяться.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме, укажите условия их проведения:

$$? \xleftarrow{KOH,\ H_2O,\ t^0} P(белый) \rightarrow PCl_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow K_2HPO_4 \rightarrow K_4P_2O_7.$$

**7.** В водном растворе метиламина $CH_3NH_2$ количество ионов $OH^-$ в $10^4$ раз превышает количество ионов $H^+$. Определите pH раствора мети-

ламина и молярную концентрацию этого раствора, если константа диссоциации $CH_3NH_3OH$ составляет $1.4 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

**8.** Дана схема превращений:

$$CH_4 \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow CH_3CHO \xrightarrow{H_2, t^\circ, (Ni)} \mathbf{B} \rightarrow CH_3COOH \xrightarrow{P_2O_5} \mathbf{C} \xrightarrow{B} ?$$

Напишите структурные формулы веществ и уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения.

**9.** Уксусную кислоту массой 5.40 г поместили в сосуд объемом 5.40 л и нагрели до температуры 200°С. Давление паров при этом составило 43.7 кПа. Определите число молекул димера уксусной кислоты в газовой фазе и константу равновесия реакции димеризации уксусной кислоты.

**10.** Электрохимическое фрезерование сплава (анодную обработку) проводят методом электролиза в водном растворе электролита. Рассчитайте время, необходимое для образования бороздки длиной 10 см, шириной 2 см и глубиной 0.2 см в латуни при токе 100 А и выходе реакции 50%. Состав латуни: 57% меди и 43% цинка (по молям); плотность латуни 8.16 г/см$^3$.

## Геологический факультет

## Вариант ГБ-2007-1

**1.** Для минерала *буртита* состава $CaSn(OH)_6$ укажите степень окисления олова.

**2.** Среди следующих веществ: KBr, $NH_4Cl$, $H_2O$, $KMnO_4$ выберите соединение, обладающее только окислительными свойствами, и подтвердите свой выбор уравнением реакции.

**3.** Определите массовую долю NaOH в 1.3 М растворе щелочи с плотностью 1.20 г/мл.

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$KMnO_{4(тв)} + HCl(конц) \rightarrow \ldots..$

$AlBr_3 + K_2CO_3 + H_2O \rightarrow \ldots..$

**5.** Приведите пример соли, из водного раствора которой выпадают осадки при добавлении как раствора щелочи, так и раствора $BaCl_2$. Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Скорость некоторой реакции увеличивается в 3.5 раза при повышении температуры реакционной смеси на 10 градусов. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 30 до 85°С?

**7.** Напишите уравнения реакций, которые позволяют осуществить следующие превращения:

$$C_2H_6 \xrightarrow{Cl_2, h\nu} \mathbf{A} \xrightarrow{Na} \mathbf{B} \xrightarrow{Br_2, h\nu} \mathbf{C}.$$

Определите неизвестные вещества.

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$MnO_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow KCl \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow KClO_3.$$

**9.** Приведите не менее трех способов получения бутанола-2. Укажите необходимые условия проведения синтеза (агрегатное состояние веществ, растворитель, катализатор, температура, давление).

**10.** На смесь, состоящую из карбида кальция и карбоната кальция, подействовали избытком соляной кислоты, в результате чего были получены смесь газов с плотностью по воздуху 1.27 и раствор, при выпаривании которого образовался твердый остаток массой 55.5 г. Определите массу исходной смеси и массовые доли веществ в ней.

## Вариант ГБ-2007-2

**1.** В состав минерала тарбуттита входит основной фосфат цинка. Приведите его графическую формулу и укажите степень окисления фосфора.

**2.** Среди следующих веществ: KI, $Cl_2$, $H_2O$, $KMnO_4$ выберите соединение, обладающее только восстановительными свойствами, и подтвердите свой выбор уравнением реакции.

**3.** Определите массовую долю HCl в 0.1 М растворе соляной кислоты с плотностью 1.05 г/мл.

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Zn + HNO_3(разб) \rightarrow \ldots;$

$CrCl_3 + KOH \rightarrow \ldots.$

**5.** Приведите пример соли, из водного раствора которой при добавлении как раствора щелочи, так и раствора $AgNO_3$ выпадает осадок. Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Скорость некоторой реакции увеличивается в 2.5 раза при повышении температуры реакционной смеси на 10°. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры от 25 до 55°С?

**7.** Напишите уравнения реакций, которые позволяют осуществить следующие превращения:

$$C_3H_8 \xrightarrow{Cl_2,\,h\nu} \mathbf{A} \xrightarrow{Na} \mathbf{B} \xrightarrow{Br_2,\,h\nu} \mathbf{C}.$$

Определите неизвестные вещества.

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

$$ZnCO_3 \xrightarrow{t^0} \mathbf{X_1} \xrightarrow{C,\,t^0} \mathbf{X_2} \longrightarrow ZnCl_2 \xrightarrow{NaOH\ изб} \mathbf{X_3},$$

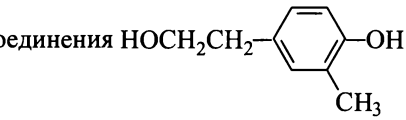
где $\mathbf{X_1}$, $\mathbf{X_2}$ и $\mathbf{X_3}$ – вещества, содержащие цинк.

**9.** Приведите не менее трех способов получения уксусной кислоты. Укажите необходимые условия проведения синтеза (агрегатное состояние веществ, растворитель, катализатор, температура, давление).

**10.** На смесь, состоящую из карбида алюминия и карбоната бария, подействовали избытком азотной кислоты, в результате чего были получены смесь газов с плотностью по неону 0.94 и раствор, при выпаривании которого образовался твердый остаток массой 281.7 г. Определите массу исходной смеси и массовые доли веществ в ней.

## Физико-химический факультет

## Вариант ФХБ-2007-1

**1.** Напишите уравнения реакций соединения  с бромистым водородом и с гидроксидом натрия.

**2.** Предложите четыре реакции, в которые вступает сульфит натрия; две из которых – реакции обмена, а две – окислительно-восстановительные.

**3.** В системе установилось равновесие $H_2 + Cl_2 \rightleftarrows 2HCl$. Изменится ли состояние системы а) при увеличении объема, б) при введении дополнительного количества хлора? Ответ поясните.

**4.** Какие вещества и при каких условиях вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

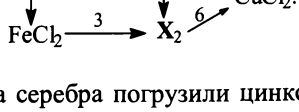
1) $\ldots\rightarrow H_3PO_4 + HI$;

2) $\ldots\rightarrow N_2 + Cu + H_2O$;

3) $\ldots\rightarrow MnBr_2 + H_2O$.

**5.** Определите формулу соединения, содержащего 29.167% азота, 8.33% водорода, 12.5% углерода и 50% кислорода по массе. Назовите это соединение.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:




**7.** В раствор нитрата серебра погрузили цинковую пластинку массой 120 г. Через некоторое время масса пластинки увеличилась на 5.7% и

далее не изменялась. Определите массу нитрата серебра в исходном растворе.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

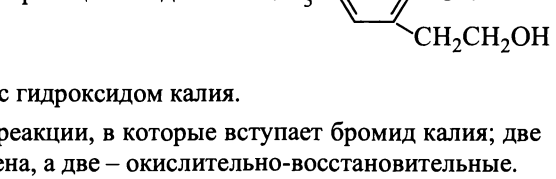
$$\mathbf{X_1} \xrightarrow{1} \mathbf{X_2} \xrightarrow{2} C_7H_8 \xrightarrow{3} \mathbf{X_3} \xrightarrow{4} \mathbf{X_4} \xrightarrow{5} \mathbf{X_5} \xrightarrow{6} C_6H_{10}N_2Cl_2.$$

Укажите условия протекания реакций и назовите неизвестные вещества.

**9.** К 17 г натриевой соли одноосновной карбоновой кислоты добавили избыток концентрированной серной кислоты. Объем выделившегося газа, измеренный при 0.97 атм и 20°C, составил 6.2 л (пл. 1.13 г/л). Осадок, образовавшийся в результате взаимодействия такого же количества соли с избытком аммиачного раствора оксида серебра, выделили и высушили. Определите исходную соль, молярную массу газа и массу образовавшегося осадка. Напишите уравнения всех протекающих в этих процессах реакций.

**10.** Фосфор, полученный из 46.5 г фосфата кальция, сожгли в избытке кислорода и к полученному продукту сгорания добавили 295.5 мл 8%-ного раствора гидроксида натрия с плотностью 1.1 г/мл. Определите состав полученного раствора в массовых долях.

## Вариант ФХБ-2007-2

**1.** Напишите уравнения реакций соединения 

с хлористым водородом и с гидроксидом калия.

**2.** Предложите четыре реакции, в которые вступает бромид калия; две из которых – реакции обмена, а две – окислительно-восстановительные.

**3.** В системе установилось равновесие $2SO_2 + O_2 \rightleftarrows 2SO_3$. Изменится ли состояние системы а) при увеличении давления, б) при введении катализатора? Ответ поясните.

**4.** Какие вещества и при каких условиях вступили в реакцию, если в результате их взаимодействия образовались следующие соединения (указаны все продукты реакции без стехиометрических коэффициентов):

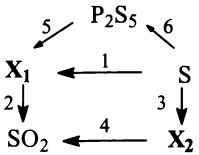
1) $\ldots\rightarrow CO_2 + NO_2 + H_2O$;

2) $\ldots\rightarrow H_2SO_4 + HBr$;

3) $\ldots\rightarrow KNO_3 + H_2O$.

**5.** Определите формулу соединения, содержащего 28.05% натрия, 3.66% водорода, 29.27% углерода и 39.02% кислорода по массе. Изобразите графическую формулу этого соединения.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:




**7.** В раствор ацетата серебра погрузили медную пластинку массой 55 г. Через некоторое время масса пластинки увеличилась на 6.9% и далее не изменялась. Определите массу ацетата серебра в исходном растворе.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:

$$\mathbf{X_1} \xrightarrow{1} C_7H_8 \xrightarrow{2} \mathbf{X_2} \xrightarrow{3} \mathbf{X_3} \xrightarrow{4} \mathbf{X_4} \xrightarrow{5} \mathbf{X_5} \xrightarrow{6} C_6H_6$$

Укажите условия протекания реакций и назовите неизвестные вещества.

**9.** К 21.84 г калиевой соли одноосновной карбоновой кислоты добавили избыток концентрированной серной кислоты. Выделившийся газ объемом 6.2 л (1 атм, 17°С, пл. 1.1742 г/л) пропустили через нагретую трубку с пероксидом натрия. Определите исходную соль, изменение массы трубки, напишите уравнения всех протекающих реакций.

**10.** Фосфор, полученный из 63.4 г фосфата кальция, содержащего 12% примесей, сожгли в избытке кислорода. Полученный продукт сгорания добавили к 105 мл 15% раствора гидроксида натрия с плотностью 1.15 г/мл. Определите состав полученного раствора в массовых долях.

# Экзаменационные задания 2008

## Химический факультет

## Вариант СО-2008-1

**1.** Алюминий растворяется в концентрированном растворе карбоната натрия. Напишите уравнение реакции.

**2.** Изобразите структурные формулы спиртов, дегидратацией которых можно получить 2-метилбутен-2.

**3.** Какой объем раствора NaOH с концентрацией 0.1 М нужно прилить к 200 мл 0.15 М раствора HCl для того, чтобы значение pH составило 12?

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства глюкозы.

**5.** Предложите способ получения пропанола-1 из пропана с использованием только неорганических веществ. Напишите уравнения реакций и укажите условия проведения процессов.

**6.** Электролиз 18.8%-ного водного раствора нитрата меди продолжали до тех пор, пока объемы газов, выделившихся на электродах, не стали равны. Рассчитайте массовую долю растворенного вещества в образовавшемся растворе.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow MnS \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Mn;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений. Определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

$$C_2H_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow CH_3COONH_4 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_3Cl.$$

**9.** При действии раствора гидроксида натрия на 5.67 г сплава, содержащего медь, алюминий, цинк и магний, выделилось 1.232 л газа (н. у.) и остался нерастворившийся остаток массой 2.8 г. При действии раствора соляной кислоты на образец сплава такой же массы выделилось 1.456 л газа (н. у.) и также остался нерастворившийся остаток. Определите состав сплава в процентах по массе.

**10.** При обработке алкена подкисленным водным раствором перманганата калия образовалось только одно органическое вещество, причем массовые доли углерода в алкене и продукте различаются на 37.06%.

Предложите структурные формулы двух алкенов, удовлетворяющих условию задачи.

## Вариант СО-2008-2

**1.** Алюминий растворяется в концентрированном растворе хлорида аммония. Напишите уравнение реакции.

**2.** Изобразите структурные формулы бромпроизводных углеводородов, из которых в одну стадию можно получить гексин-1.

**3.** Какой объем раствора HBr с концентрацией 0.1 М нужно прилить к 100 мл 0.12 М раствора KOH для того, чтобы значение pH составило 2?

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства целлюлозы.

**5.** Предложите способ получения пропановой кислоты из хлорметана с использованием только неорганических веществ. Напишите уравнения реакций и укажите условия проведения процессов.

**6.** Электролиз 16%-ного водного раствора сульфата меди продолжали до тех пор, пока объемы газов, выделившихся на электродах, не стали равны. Рассчитайте массовую долю растворенного вещества в образовавшемся растворе.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu_2O \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow CuS \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Cu;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений. Определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

$$н\text{-}C_4H_{10} \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_4H_8 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow ClCH_2COOH \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow HOOC\text{–}CH_2\text{–}COOH.$$

**9.** При действии раствора соляной кислоты на 12.6 г сплава, содержащего алюминий, цинк, кремний и серебро, выделилось 5.6 л газа (н. у.) и остался нерастворившийся остаток массой 3.4 г. При действии раствора гидроксида натрия на образец сплава такой же массы выделилось 6.72 л газа (н. у.) и также остался нерастворившийся остаток. Определите состав сплава в процентах по массе.

**10.** При обработке алкена подкисленным водным раствором перманганата калия образовалось только одно органическое вещество, причем массовые доли углерода в алкене и продукте различаются на 19.04%. Предложите структурные формулы двух продуктов, удовлетворяющих условию задачи и принадлежащих к разным классам органических соединений.

## Вариант СО-2008-3

**1.** Основной карбонат меди (малахит) растворяется при кипячении в концентрированном растворе хлорида аммония. Напишите уравнение реакции.

**2.** Изобразите структурные формулы монобромпроизводных углеводородов, из которых в одну стадию можно получить 2,4-диметилпентен-2.

**3.** Какой объем раствора KOH с концентрацией 0.1 М нужно прилить к 100 мл 0.2 М раствора HBr для того, чтобы значение pH составило 12?

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства мальтозы.

**5.** Предложите способ получения пропанола-2 из бутана с использованием только неорганических веществ. Напишите уравнения реакций и укажите условия проведения процессов.

**6.** Электролиз 17%-ного водного раствора нитрата серебра продолжали до тех пор, пока объемы газов, выделившихся на электродах, не стали равны. Рассчитайте массовую долю растворенного вещества в образовавшемся растворе.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$FeO \rightarrow Fe_3O_4 \rightarrow Fe(NO_3)_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow KFe[Fe(CN)_6];$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$CH_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_6 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_2H_5NH_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow CH_3CHO;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

**9.** При действии раствора гидроксида натрия на 13.8 г сплава, содержащего серебро, алюминий, бериллий и магний, выделилось 11.2 л газа (н. у.) и остался нерастворившийся остаток массой 6.6 г. При действии раствора соляной кислоты на образец сплава такой же массы выделилось 12.32 л газа (н. у.) и также остался нерастворившийся остаток. Определите состав сплава в процентах по массе.

**10.** При обработке алкена подкисленным водным раствором перманганата калия образовалось только одно органическое вещество, причем массовые доли углерода в алкене и продукте различаются на 45.71%. Предложите структурные формулы двух алкенов, удовлетворяющих условию задачи.

## Вариант СО-2008-4

**1.** Карбид алюминия растворяется в концентрированном растворе щелочи. Напишите уравнение реакции.

**2.** Изобразите структурные формулы хлорпроизводных углеводородов, из которых в одну стадию можно получить 3-метилпентен-1.

**3.** Какой объем раствора HBr с концентрацией 0.1 М нужно прилить к 200 мл 0.15 М раствора NaOH для того, чтобы значение pH составило 3?

**4.** Напишите четыре уравнения реакций, характеризующих химические свойства рибозы.

**5.** Предложите способ получения ацетилена из бутана с использованием только неорганических веществ. Напишите уравнения реакций и укажите условия проведения процессов.

**6.** Электролиз 9.4%-ного водного раствора нитрата меди продолжали до тех пор, пока объем газа, выделившегося на катоде, не превысил в 1.5 раза объем газа, выделившегося на аноде. Рассчитайте массовую долю растворенного вещества в образовавшемся растворе.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$Cr \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 \rightarrow K[Cr(OH)_4] \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow NaCrO_2;$$

определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений. Определите неизвестные вещества, укажите условия проведения реакций.

$$C_2H_6 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_6H_5C_2H_5 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_6H_5COCH_3.$$

**9.** При действии раствора соляной кислоты на 5.53 г сплава, содержащего медь, бериллий, цинк и кремний, выделилось 1.12 л газа (н. у.) и остался нерастворившийся остаток массой 2.84 г. При действии раствора гидроксида натрия на образец сплава такой же массы выделилось 1.568 л газа (н. у.) и также остался нерастворившийся остаток. Определите состав сплава в процентах по массе.

**10.** При обработке алкена подкисленным водным раствором перманганата калия образовалось только одно органическое вещество, причем массовые доли углерода в алкене и продукте различаются на 23.64%. Предложите структурные формулы двух продуктов, удовлетворяющих условию задачи и принадлежащих к разным классам органических соединений.

## Биологический факультет

## Вариант БА-2008-1

**1.** Приведите уравнения обменной и окислительно-восстановительной реакций с участием $HNO_3$.

**2.** Имеются осушители: $H_2SO_4$(конц)$_,$ $KOH_{(тв)}$, $CuSO_{4\,(тв)}$ и $P_2O_5$. Какие из них можно использовать для высушивания $SO_2$? Ответ поясните уравнениями реакций.

**3.** Определите равновесный состав газовой смеси в мольных долях для реакции

$$FeO + CO \rightleftarrows Fe + CO_2,$$

если константа равновесия при 1300°C равна 0.42.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

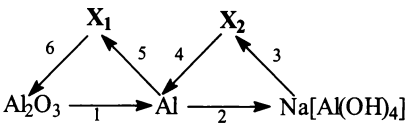
$$Cl_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_7H_6O_2 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow NaOH;$$

определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**5.** В 5.6 л (н. у.) смеси оксидов углерода (II) и углерода (IV) содержится 4.7 моль электронов. Во сколько раз уменьшится объём газовой смеси при пропускании её через раствор гидроксида натрия?

**6.** К 500 мл $2\cdot10^{-3}$ М раствора RbOH добавили 0.06 г неизвестной щёлочи; pH полученного раствора равен 11.7. Считая, что процесс смешения происходит без изменения объёма, установите формулу щёлочи.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества:

$$C_7H_{14}O_2 \leftarrow \mathbf{B} \xleftarrow{PCl_5} \mathbf{A} \leftarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_4H_6 \rightarrow \text{полимер};$$

в уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

**9.** 23.67 г смеси карбоната бария, бромида калия и фосфида неизвестного металла (степень окисления +2), взятых в эквимолярных соотношениях, растворили в избытке бромоводородной кислоты. Выделившуюся газовую смесь пропустили через 686 г 8%-ного раствора дихромата ка-

лия, подкисленного серной кислотой; в результате массовые доли солей хрома сравнялись. Установите формулу фосфида.

**10.** При сплавлении 3.64 г соли карбоновой кислоты с избытком щёлочи выделилось 1.792 л (н. у.) газа, который оказался в 11.75 раза тяжелее водорода. После пропускания газа через соляную кислоту его объём уменьшился в два раза, а плотность по гелию составила 4. Определите строение и количество исходной соли.

## Вариант БА-2008-2

**1.** Приведите уравнения обменной и окислительно-восстановительной реакций с участием HI.

**2.** Имеются осушители: $H_2SO_4$(конц), $NaOH_{(тв)}$, $CaCl_{2(тв)}$ и $P_2O_5$. Какие из них можно использовать для высушивания $CO_2$? Ответ поясните уравнениями реакций.

**3.** Определите равновесный состав газовой смеси в мольных долях для реакции

$$Fe_3O_4 + 4CO \rightleftarrows 3Fe + 4CO_2,$$

если константа равновесия при 900°C равна 4.42.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

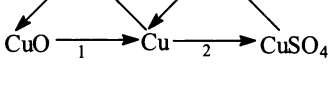
$$Cu \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_7H_6O \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow AgNO_3;$$

определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**5.** В 6.72 л (н. у.) смеси оксида азота (IV) и азота содержится 6.0 моль протонов. Во сколько раз уменьшится объём газовой смеси при пропускании её через раствор гидроксида калия?

**6.** К 500 мл $2\cdot10^{-3}$ М раствора NaOH добавили $1.2\cdot10^{-2}$ г неизвестной щёлочи; pH полученного раствора равен 11.48. Считая, что процесс смешения происходит без изменения объёма, установите формулу щёлочи.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества:

$$C_3H_7Cl \leftarrow \mathbf{B} \xleftarrow[t^\circ]{NaOH} \mathbf{A} \leftarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_3H_4O_2 \rightarrow \text{полимер};$$

в уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

**9.** 20.8 г смеси карбоната калия, сульфата калия и сульфита неизвестного металла (степень окисления +2), взятых в эквимолярных соотношениях, растворили в избытке соляной кислоты. Выделившуюся газовую смесь пропустили через 206 г 3%-ного водного раствора перманганата калия; в результате массовые доли солей марганца сравнялись. Установите формулу сульфита.

**10.** При сплавлении 5.25 г соли карбоновой кислоты с избытком щёлочи выделилось 2.24 л (н. у.) газа, который оказался в 15.25 раза тяжелее водорода. После пропускания газа через соляную кислоту его объём уменьшился в два раза, а плотность по неону составила 1.5. Определите строение и количество исходной соли.

## Вариант БА-2008-3

**1.** Приведите уравнения обменной и окислительно-восстановительной реакций с участием $H_2SO_4$.

**2.** Имеются осушители: $H_2SO_4$(конц), $KOH_{(тв)}$, $MgSO_{4(тв)}$ и $P_2O_5$. Какие из них можно использовать для высушивания $H_2S$? Ответ поясните уравнениями реакций.

**3.** Определите равновесный состав газовой смеси в мольных долях для реакции

$$C + O_2 \rightleftarrows CO_2,$$

если константа равновесия при 1300 °C равна 0.3.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

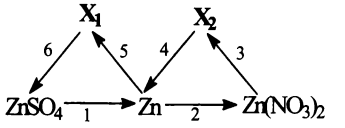
$$Cl_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_8H_{10} \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Mn;$$

определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**5.** В 4.48 л (н. у.) смеси оксида углерода (IV) и метана содержится 3.2 моль электронов. Во сколько раз уменьшится объём газовой смеси при пропускании её через раствор гидроксида натрия?

**6.** К 250 мл $1\cdot10^{-3}$ М раствора CsOH добавили $2.1\cdot10^{-2}$ г неизвестной щёлочи; pH полученного раствора равен 11.4. Считая, что процесс смешения происходит без изменения объёма, установите формулу щёлочи.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:



**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества:

$$C_4H_9O_2N \leftarrow \mathbf{B} \xleftarrow{Cl_2} \mathbf{A} \leftarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_2H_4 \rightarrow \text{полимер};$$

в уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

**9.** 11.55 г смеси карбоната натрия, сульфата калия и фосфида неизвестного металла (степень окисления +2), взятых в эквимолярных соотношениях, растворили в избытке соляной кислоты. Выделившуюся газовую смесь пропустили через 618 г 4%-ного водного раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой; в результате массовые доли солей марганца сравнялись. Установите формулу фосфида.

**10.** При сплавлении 2.31 г соли карбоновой кислоты с избытком щёлочи выделилось 1.344 л (н. у.) газа, который оказался в 8.25 раза тяжелее водорода. После пропускания газа через соляную кислоту его объём уменьшился в два раза, а плотность по водороду составила 8. Определите строение и количество исходной соли.

## Вариант БА-2008-4

**1.** Приведите уравнения обменной и окислительно-восстановительной реакций с участием HCl.

**2.** Имеются осушители: $H_2SO_4$(конц), KOH(тв), $Na_2SO_4$(тв) и $P_2O_5$. Какие из них можно использовать для высушивания $NH_3$? Ответ поясните уравнениями реакций.

**3.** Определите равновесный состав газовой смеси в мольных долях для реакции

$$3Fe + 4H_2O\ (\text{пар}) \rightleftarrows Fe_3O_4 + 4H_2,$$

если константа равновесия при 900 °C равна 5.06.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

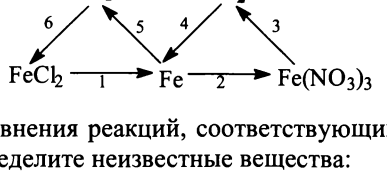
$$H_3PO_4 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_6H_6O \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Br_2;$$

определите неизвестные вещества и укажите условия протекания реакций.

**5.** В 8.96 л (н. у.) смеси оксида серы (IV) и оксида углерода (II) содержится 8.3 моль протонов. Во сколько раз уменьшится объём газовой смеси при пропускании её через раствор гидроксида калия?

**6.** К 750 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М раствора KOH добавили $3 \cdot 10^{-2}$ г неизвестной щёлочи; pH полученного раствора равен 11.3. Считая, что процесс смешения происходит без изменения объёма, установите формулу щёлочи.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества:

$$C_6H_{12}O_3 \leftarrow \mathbf{B} \xleftarrow{NaOH} \mathbf{A} \leftarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_2H_4O \xrightarrow{C_6H_5OH} \text{полимер};$$

в уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия протекания реакций.

**9.** 27.54 г смеси карбоната кальция, сульфата натрия и сульфита неизвестного металла (степень окисления +2), взятых в эквимолярных соотношениях, растворили в избытке бромоводородной кислоты. Выделившуюся газовую смесь пропустили через 171.5 г 8%-ного раствора дихромата калия, подкисленного серной кислотой; в результате массовые доли солей хрома сравнялись. Установите формулу сульфита.

**10.** При сплавлении 4.55 г соли карбоновой кислоты с избытком щёлочи выделилось 2.24 л (н. у.) газа, который оказался в 11.75 раза тяжелее водорода. После пропускания газа через соляную кислоту его объём уменьшился в два раза, а плотность по аргону составила 0.75. Определите строение и количество исходной соли.

## Факультет фундаментальной медицины

## Вариант МБ-2008-1

**1.** Приведите пример реакции замещения.

**2.** Расположите соли $LiClO_4$, $Na_2S$, $Al(NO_3)_3$ в порядке уменьшения pH их растворов с одинаковой молярной концентрацией.

**3.** При температуре 60°C первая реакция идет в 3 раза быстрее второй. Найдите отношение скоростей реакций при температуре 30°C, если температурные коэффициенты первой и второй реакций составляют 3 и 2 соответственно.

**4.** Напишите уравнения реакций хлора с водным раствором гидроксида калия при комнатной температуре и при 80°C.

**5.** Приведите пример двух органических оснований. Укажите, какое из них является более сильным, кратко обоснуйте свой выбор.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме:

$$NH_4NO_3 \rightarrow NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2;$$

укажите условия их проведения.

**7.** Какой объем (в мл) воды необходимо добавить к 20 мл раствора хлорноватистой кислоты, характеризующейся константой диссоциации $K_д = 2.8 \cdot 10^{-8}$, чтобы значение pH раствора изменилось с 4 до 4.5?

**8.** Дана схема превращений:

$$C_7H_{16} \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow C_6H_5COOK \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow C_7H_5NO_4 \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_7H_4NO_4K.$$

Напишите структурные формулы всех веществ и уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смесь аммиака с кислородом объемом 32.48 л (н. у.) нагрели и после окончания реакции пропустили последовательно через 200 г 14.7%-ного раствора серной кислоты и через трубку с раскаленным углем. Объем газа при пропускании над углем не изменился и оказался равным 6.72 л (н. у.). Вычислите объемные доли газов в исходной смеси, укажите, какие соли образовались в растворе, напишите уравнения упомянутых реакций.

**10.** Вещество содержит 63.16% углерода по массе, 5.26% водорода и кислород. Установите возможное строение этого вещества, если известно, что его образец массой 7.6 г может прореагировать с 25 мл 2 М раствора гидрокарбоната натрия или с 470.6 г 1.7%-ного раствора бромной воды.

## Вариант МБ-2008-2

**1.** Приведите пример реакции обмена.

**2.** Расположите соли $CH_3COOK$, $NaNO_3$, $ZnSO_4$ в порядке увеличения pH их растворов с одинаковой молярной концентрацией.

**3.** При температуре 20°C первая реакция идет в 2 раза медленнее второй. Найдите отношение скоростей реакций при температуре 40°C, если температурные коэффициенты первой и второй реакций составляют 3 и 2 соответственно.

**4.** Напишите уравнения реакций магния с концентрированной и с сильно разбавленной азотной кислотой.

**5.** Приведите пример двух неорганических кислот. Укажите, какая из них является более сильной, кратко обоснуйте свой выбор.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме:

$$Cr \rightarrow CrCl_2 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow Cr_2O_3 \rightarrow Cr;$$

укажите условия их проведения.

**7.** Во сколько раз необходимо разбавить раствор хлорноватистой кислоты, характеризующейся константой диссоциации $K_д = 2.8 \cdot 10^{-8}$, чтобы значение pH раствора изменилось с 4 до 5?

**8.** Дана схема превращений:

$$C_3H_8O \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow C_3H_9NO_2 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow CH_3CHBrCOOH \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_3H_8O_2NBr.$$

Напишите структурные формулы всех веществ и уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смесь аммиака с кислородом объемом 29.12 л (н. у.) нагрели и после окончания реакции пропустили последовательно через 100 г 39.2%-ного раствора фосфорной кислоты и через трубку с раскаленной медью. Объем газа при пропускании над медью не изменился и оказался равным 4.48 л (н. у.). Вычислите объемные доли газов в исходной смеси, укажите, какие соли образовались в растворе, напишите уравнения реакций.

**10.** Вещество содержит 67.74% углерода по массе, 6.45% водорода и кислород. Установите возможное строение этого вещества, если известно, что его образец массой 3.1 г может прореагировать со 100 мл 0.5 М раствора гидроксида натрия или с 800 г 1.5%-ного раствора бромной воды.

## Вариант МБ-2008-3

**1.** Приведите пример реакции соединения.

**2.** Расположите соли $CaCl_2$, $NaNO_2$, $Fe_2(SO_4)_3$ в порядке уменьшения pH их растворов с одинаковой молярной концентрацией.

**3.** При температуре 25°C первая реакция идет в 3 раза быстрее второй. Найдите отношение скоростей этих реакций при температуре 5°C, если температурные коэффициенты первой и второй реакций составляют 3.5 и 2 соответственно.

**4.** Напишите уравнения реакций железа с разбавленной и концентрированной серной кислотой.

**5.** Приведите пример двух неорганических оснований. Укажите, какое из них является более сильным, кратко обоснуйте свой выбор.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме:

$$P \rightarrow PCl_5 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow CaHPO_4 \rightarrow P \rightarrow KH_2PO_2;$$

укажите условия их проведения.

**7.** Какой объем воды необходимо добавить к 10 мл раствора бромноватистой кислоты, характеризующейся константой диссоциации $K_д = 2.1 \cdot 10^{-9}$, чтобы значение pH раствора изменилось с 4.5 до 5.5?

**8.** Дана схема превращений:

$$C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow C_3H_3O_2K \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow NH_2{-}CH_2CH_2COOH \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_3H_6NO_2K.$$

Напишите структурные формулы всех веществ и уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смесь аммиака с кислородом объемом 13.44 л (н. у.) нагрели и после окончания реакции пропустили последовательно через 100 г 19.6%-ного раствора серной кислоты и через трубку с раскаленным углем. Объем газа при пропускании над углем не изменился и оказался равным 2.24 л (н. у.). Вычислите объемные доли газов в исходной смеси, укажите, какие соли образовались в растворе, напишите уравнения упомянутых реакций.

**10.** Вещество содержит 60.87% углерода по массе, 4.35% водорода и кислород. Установите возможное строение этого вещества, если известно, что его образец массой 2.76 г может прореагировать с 40 мл 0.5 М раствора гидрокарбоната натрия или с 320 г 2%-ного раствора бромной воды.

## Вариант МБ-2008-4

**1.** Приведите пример реакции разложения.

**2.** Расставьте соли $K_2SiO_3$, NaI, $CuCl_2$ в порядке увеличения pH их растворов с одинаковой молярной концентрацией.

**3.** При температуре 125°C первая реакция идет в 1.6 раза быстрее второй. Найдите отношение скоростей этих реакций при температуре 145°C, если температурные коэффициенты первой и второй реакций составляют 2.5 и 4 соответственно.

**4.** Напишите уравнения реакций меди с концентрированной и разбавленной азотной кислотой.

**5.** Приведите пример двух органических кислот. Укажите, какая из них проявляет более сильные кислотные свойства, кратко обоснуйте ваш выбор.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной схеме:

$$Mn \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 \rightarrow K_2MnO_4 \rightarrow KMnO_4 \rightarrow MnO_2 \rightarrow Mn;$$

укажите условия их проведения.

**7.** Во сколько раз необходимо разбавить раствор бромноватистой кислоты, характеризующейся константой диссоциации $K_д = 2.1 \cdot 10^{-9}$, чтобы значение pH раствора изменилось с 5 до 5.5?

**8.** Дана схема превращений:

$$C_4H_7Br \rightarrow \mathbf{A} \rightarrow CH_3CH_2C{\equiv}CH \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow C_4H_{10}O \rightarrow \mathbf{C} \rightarrow C_2H_4O_2.$$

Напишите структурные формулы всех веществ и уравнения соответствующих реакций с указанием условий их проведения. Определите неизвестные вещества.

**9.** Смесь аммиака с кислородом объемом 4.93 л (н. у.) нагрели и после окончания реакции пропустили последовательно через 20 г 24.5%-ного раствора фосфорной кислоты и через трубку с раскаленной медью. Объем газа при пропускании над медью не изменился и оказался равным 896 мл (н. у.). Вычислите объемные доли газов в исходной смеси, укажите, какие соли образовались в растворе, напишите уравнения упомянутых реакций.

**10.** Вещество содержит 69.56% углерода по массе, 7.25% водорода и кислород. Установите возможное строение этого вещества, если известно, что его образец массой 3.45 г может прореагировать с 12.5 мл 2 М раствора NaOH или 600 г 2%-ного раствора бромной воды.

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант ББЗК-08-01

**1.** Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в молекуле воды $H_2{}^{16}O$?

**2.** Смешали 328.7 мл 8%-ного раствора сульфата натрия (плотность 1.08 г/мл) и 151 мл 13%-ного раствора хлорида бария (плотность 1.06 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

**3.** Произведение растворимости $Ag_2SO_3$ при 25°C составляет $1.5\cdot10^{-14}$ моль$^3$/л$^3$. Рассчитайте молярную концентрацию соли в насыщенном водном растворе.

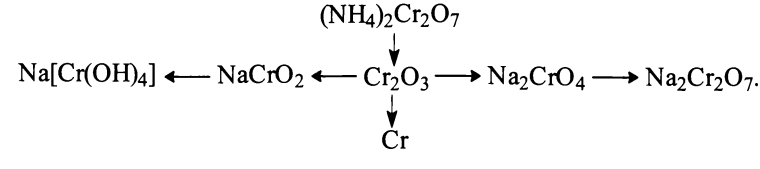
**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$H_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_2H_4O \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow NH_3;$$

определите неизвестные вещества.

**5.** При нагревании природного дипептида с водным раствором гидроксида натрия была получена только одна соль с массовой долей натрия 12.29%. Установите строение дипептида и напишите уравнение его гидролиза.

**6.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Укажите условия проведения реакций.




**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_4H_8Br_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_3H_3O_2Na \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow C_5H_9O_2Br;$$

определите неизвестные вещества.

**8.** Константа равновесия реакции $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$ при 500°C равна 50. В каком молярном соотношении необходимо смешать водород и иод, чтобы 90% иода превратилось в иодоводород?

**9.** Органическое соединение состава $C_{10}H_{14}O$ массой 7.5 г ввели в реакцию с избытком перманганата калия в присутствии серной кислоты. При этом выделилось 2.486 л газа (измерено при 22°C и 740 мм рт. ст.). Предложите возможную структурную формулу неизвестного органического соединения. Ответ обоснуйте.

**10.** Кристаллическое вещество массой 4.155 г, содержащее 28.16% калия, 25.63% хлора и 46.21% кислорода по массе, прокалили с 5.4 г порошкообразного алюминия. Полученную смесь нагревали с 70 мл 40%-ного раствора KOH (плотность 1.2 г/мл) до прекращения выделения газа. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

## Вариант ББЗК-08-02

**1.** Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в молекуле сероводорода $H_2{}^{32}S$?

**2.** Смешали 314 мл 15%-ного раствора сульфита натрия (плотность 1.07 г/мл) и 52.9 мл 12%-ного раствора соляной кислоты (плотность 1.15 г/мл). Раствор прокипятили. Определите массовые доли веществ в полученном растворе (потерями паров воды пренебречь).

**3.** Произведение растворимости $PbI_2$ при 25°C составляет $1.1 \cdot 10^{-9}$ моль$^3$/л$^3$. Рассчитайте молярную концентрацию соли в насыщенном водном растворе.

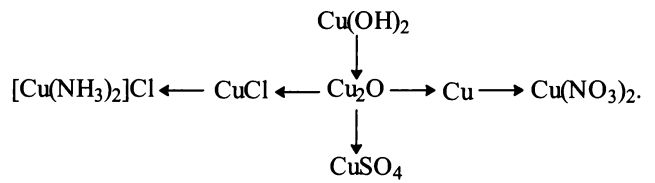
**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$CO_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_3H_5O_2K \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Cl_2.;$$

определите неизвестные вещества:

**5.** При нагревании природного дипептида с водным раствором соляной кислоты была получена только одна соль с массовой долей хлора 17.62%. Установите строение дипептида и приведите уравнение его гидролиза.

**6.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Укажите условия проведения реакций.




**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества.

$$C_4H_8Br_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_4H_7Br \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_4H_{10}O \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow C_5H_9NO.$$

**8.** Константа равновесия реакции $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$ при 400°C равна 70. В каком молярном отношении необходимо смешать водород и иод, чтобы 95% иода превратилось в иодоводород?

**9.** Органическое соединение $C_{10}H_{12}O$ массой 14.8 г ввели в реакцию с избытком перманганата калия в присутствии серной кислоты. При этом выделилось 5.176 л газа (измерено при 28°C и 725 мм рт. ст.). Предложите возможную структурную формулу неизвестного органического соединения. Ответ обоснуйте.

**10.** Кристаллическое вещество массой 3.195 г, содержащее 6.58% лития, 33.33% хлора и 60.09% кислорода по массе, прокалили с 13.0 г порошкообразного цинка. Полученную смесь нагревали с 52.03 мл 30%-ного раствора LiOH (плотность 1.23 г/мл) до прекращения выделения газа. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

## Вариант ББЗК-08-03

**1.** Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в молекуле аммиака $^{14}NH_3$?

**2.** Смешали 267 мл 8%-ного раствора хлорида кальция (плотность 1.04 г/мл) и 85 мл 12%-ного раствора карбоната натрия (плотность 1.04 г/мл). Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

**3.** Произведение растворимости $Ag_2CO_3$ при 25°C составляет $1.2 \cdot 10^{-12}$ моль$^3$/л$^3$. Рассчитайте молярную концентрацию соли в насыщенном водном растворе.

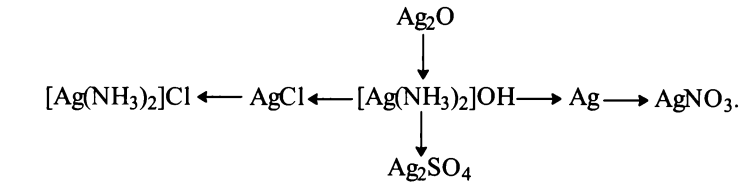
**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$O_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_3H_6O_2 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow Br_2;$$

определите неизвестные вещества.

**5.** При нагревании природного дипептида с водным раствором гидроксида натрия была получена только одна соль с массовой долей натрия 20.72%. Установите строение дипептида и напишите уравнение его гидролиза.

**6.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Укажите условия проведения реакций.




**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений и определите неизвестные вещества.

$$C_3H_8 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_3H_6 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_9H_{11}NO_2 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow C_6H_5NO_2.$$

**8.** Константа равновесия реакции $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$ при 600°C равна 40. В каком молярном отношении необходимо смешать водород и иод, чтобы 99% иода превратилось в иодоводород?

**9.** Органическое соединение состава $C_{10}H_{10}O$ массой 7.3 г ввели в реакцию с избытком перманганата калия в присутствии серной кислоты. При этом выделилось 2.477 л газа (измерено при 25°C и 750 мм рт. ст.). Предложите возможную структурную формулу неизвестного органического соединения. Ответ обоснуйте.

**10.** Кристаллическое вещество массой 4.900 г, содержащее 31.84% калия, 28.98% хлора и 39.18% кислорода по массе, прокалили с 6.75 г порошкообразного алюминия. Полученную смесь нагревали с 88.9 мл 35%-ного раствора KOH (плотность 1.35 г/мл) до прекращения выделения газа. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

## Вариант ББЗК-08-04

**1.** Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в молекуле углекислого газа $^{12}C^{16}O_2$?

**2.** Смешали 84.4 мл 15%-ного раствора карбоната калия (плотность 1.09 г/мл) и 66 мл 23%-ного раствора серной кислоты (плотность 1.29 г/мл). Раствор прокипятили. Определите массовые доли веществ в полученном растворе (потерями паров воды пренебречь).

**3.** Произведение растворимости $PbCl_2$ при 25°C составляет $1.6 \cdot 10^{-5}$ моль$^3$/л$^3$. Рассчитайте молярную концентрацию соли в насыщенном водном растворе.

**4.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

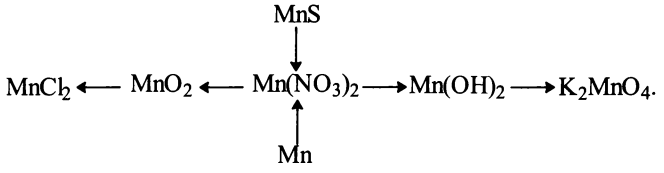
$$Cl_2 \leftarrow \mathbf{A} \leftarrow C_7H_8 \rightarrow \mathbf{B} \rightarrow KCr(OH)_4;$$

определите неизвестные вещества:

**5.** При нагревании природного дипептида с водным раствором соляной кислоты была получена только одна соль с массовой долей хлора

28.28%. Установите строение дипептида и напишите уравнение его гидролиза.

**6.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Укажите условия проведения реакции.




**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений, и определите неизвестные вещества.

$$C_2H_4 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_4H_6 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_4H_8O_2 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow C_4H_6O_4.$$

**8.** Константа равновесия реакции $H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI$ при 450°C равна 60. В каком молярном отношении необходимо смешать водород и иод, чтобы 90% иода превратилось в иодоводород?

**9.** Органическое соединение состава $C_{10}H_{10}O_2$ массой 8.1 г ввели в реакцию с избытком перманганата калия в присутствии серной кислоты. При этом выделилось 2.510 л газа (измерено при 27°C и 745 мм рт. ст.). Предложите возможную структурную формулу неизвестного органического соединения. Ответ обоснуйте.

**10.** Кристаллическое вещество массой 3.62 г, содержащее 7.73% лития, 39.23% хлора и 53.04% кислорода, прокалили с 15.6 г порошкообразного цинка. Полученную смесь нагревали с 47.7 мл 35%-ного раствора LiOH (плотность 1.15 г/мл) до прекращения выделения газа. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

## Факультет почвоведения

## Вариант ПВ-2008-1

**1.** Напишите уравнение реакции между кислотным оксидом и щелочью.

**2.** Напишите структурную формулу двухатомного спирта состава $C_3H_8O_2$.

**3.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{X} + \ldots$

$\mathbf{X} + KOH \rightarrow \ldots$

**4.** В воде растворили 30 г уксусной кислоты. В полученном растворе обнаружили 0.04 моль ионов. Определите степень диссоциации кислоты.

**5.** При нагревании бутана в присутствии катализатора 75% углеводорода превратилось в его изомер – изобутан. Рассчитайте константу изомеризации бутана.

**6.** Вещество **X** реагирует с фенолом, но не реагирует с пропанолом-2. Вещество **Y** реагирует с пропанолом-2, но не реагирует с фенолом. Вещество **Z** реагирует и с фенолом, и с пропанолом-2. Определите вещества **X**, **Y** и **Z**. Напишите уравнения реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих превращениям:

$$PH_3 \rightarrow H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 \rightarrow P \rightarrow PCl_5 \rightarrow HCl \rightarrow Cl_2.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_6H_5O_2N \rightarrow C_6H_7N \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_6H_8N_2O_3;$$

определите неизвестные вещества **X** и **Y**; во всех уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

**9.** При пропускании сухого хлороводорода в смесь анилина, бензола и фенола выделился осадок массой 5.18 г. После отделения осадка на нейтрализацию фильтрата было затрачено 8.00 г 10%-ного раствора гидроксида натрия. Газ, выделяющийся при сжигании такого же количества смеси, образует при пропускании через известковую воду осадок массой 90 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

**10.** При полном термическом разложении 39.4 г соли неизвестного металла образовалось два вещества: газообразное объемом 4.88 л (измерено при 25°C и нормальном давлении) и твердое массой 30.6 г. Установите формулу соли и предложите два способа ее получения.

## Вариант ПВ-2008-2

**1.** Напишите уравнение реакции между основным оксидом и кислотой.

**2.** Напишите структурную формулу карбоновой кислоты состава $C_3H_4O_2$.

**3.** Напишите уравнения следующих реакций:

$$Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{X} + \ldots$$

$$\mathbf{X} + HNO_3 \rightarrow \ldots$$

**4.** В воде растворили 18.4 г муравьиной кислоты. В полученном растворе обнаружили 0.02 моль ионов. Определите степень диссоциации кислоты.

**5.** При нагревании паров пропанола-1 в присутствии катализатора 60% спирта превратилось в его изомер – пропанол-2. Рассчитайте константу равновесия реакции изомеризации.

**6.** Вещество **X** реагирует с фенолом, но не реагирует с уксусной кислотой. Вещество **Y** реагирует с уксусной кислотой, но не реагирует с фенолом. Вещество **Z** реагирует и с фенолом, и с уксусной кислотой. Определите вещества **X**, **Y** и **Z**. Напишите уравнения реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих превращениям:

$KMnO_4 \rightarrow MnO_2 \rightarrow MnCl_2 \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow Mn(OH)_2 \rightarrow MnO \rightarrow Mn.$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow C_2H_3O_2Na \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_2H_2.$$

Определите неизвестные вещества **X** и **Y**; во всех уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

**9.** На нейтрализацию смеси массой 50 г, состоящей из бензола, фенола и анилина, пошло 49.7 мл 17%-ной соляной кислоты (плотность 1.08 г/мл). При взаимодействии такого же количества смеси с избытком бромной воды образовался осадок массой 99.1 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

**10.** При полном термическом разложении 25.0 г соли неизвестного металла образовалось два вещества: газообразное объемом 6.32 л (измерено при 35°C и нормальном давлении) и твердое массой 14.0 г. Установите формулу соли и предложите два способа ее получения.

## Вариант ПВ-2008-3

**1.** Напишите уравнение реакции между амфотерным оксидом и щелочью.

**2.** Напишите структурную формулу альдегида состава $C_4H_8O$.

**3.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{X} + \ldots$

$\mathbf{X} + HCl \rightarrow \ldots$

**4.** В воде растворили 11.2 л (н. у.) фтороводорода. В полученном растворе обнаружили 0.06 моль ионов. Определите степень диссоциации фтороводородной кислоты.

**5.** При нагревании паров пропилбензола в присутствии катализатора 80% углеводорода превратилось в его изомер – изопропилбензол. Рассчитайте константу равновесия реакции изомеризации.

**6.** Вещество **X** реагирует с анилином, но не реагирует с фенолом. Вещество **Y** реагирует с фенолом, но не реагирует с анилином. Вещество **Z** реагирует и с фенолом, и с анилином. Определите вещества **X**, **Y** и **Z**. Напишите уравнения реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих превращениям:

$$K \rightarrow KO_2 \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 \rightarrow CaCl_2.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow C_6H_{12}O_6 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_4O \rightarrow C_2H_6O \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_4H_{10}.$$

Определите неизвестные вещества **X** и **Y**; во всех уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

**9.** Через 10 г смеси бензола, фенола и анилина пропустили ток сухого хлороводорода, при этом выпало 2.59 г осадка. Его отфильтровали, а фильтрат обработали водным раствором гидроксида натрия. Верхний органический слой отделили, его масса уменьшилась на 4.7 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

**10.** При полном термическом разложении 44.4 г соли неизвестного металла образовалось два вещества: газообразное объемом 7.26 л (измерено при 22°C и нормальном давлении) и твердое массой 31.2 г. Установите формулу соли и предложите два способа ее получения.

## Вариант ПВ-2008-4

**1.** Напишите уравнение реакции между амфотерным оксидом и кислотой.

**2.** Напишите структурную формулу кетона состава $C_6H_{12}O$.

**3.** Напишите уравнения следующих реакций:

$$Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} \mathbf{X} + \ldots$$

$$\mathbf{X} + NaOH \rightarrow \ldots$$

**4.** В воде растворили 12 г уксусной кислоты. В полученном растворе обнаружили 0.006 моль ионов. Определите степень диссоциации кислоты.

**5.** При нагревании паров бутанола-1 в присутствии катализатора 64% спирта превратилось в его изомер – бутанол-2. Рассчитайте константу равновесия реакции изомеризации.

**6.** Вещество **X** реагирует с анилином, но не реагирует с уксусной кислотой. Вещество **Y** реагирует с уксусной кислотой, но не реагирует с анилином. Вещество **Z** реагирует и с уксусной кислотой, и с анилином. Определите вещества **X**, **Y** и **Z**. Напишите уравнения реакций.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих превращениям:

$$KOH \rightarrow H_2 \rightarrow NaH \rightarrow NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 \rightarrow SiO_2 \rightarrow SiF_4.$$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_6H_{12}Cl_2 \rightarrow C_6H_{12} \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_7H_8 \rightarrow C_7H_7O_2N \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_7H_{10}NCl.$$

Определите неизвестные вещества **X** и **Y**; во всех уравнениях укажите структурные формулы реагентов и продуктов реакций.

**9.** В смесь массой 150 г, состоящую из бензола, фенола и анилина, пропустили избыток сухого хлороводорода, при этом выпало 38.85 г осадка, который отфильтровали. Фильтрат обработали избытком бромной воды, при этом образовался осадок массой 29.79 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

**10.** При полном термическом разложении 15.0 г соли неизвестного металла образовалось два вещества: газообразное объемом 3.61 л (измерено при 20°C и нормальном давлении) и твердое массой 8.4 г. Установите формулу соли и предложите два способа ее получения.

## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМБ–2008–1

**1.** Приведите формулу аниона, образованного пятью атомами двух элементов, находящихся в одной группе Периодической системы. Числа электронов и протонов в этом анионе различаются на 2.

**2.** Напишите уравнение реакции гидроксида натрия с ортофосфорной кислотой в мольном соотношении 3 : 1.

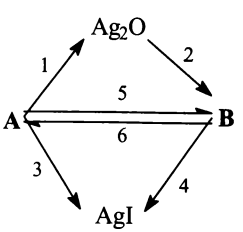
**3.** Вычислите степень и константу диссоциации циановодородной кислоты, если pH 0.01M раствора HCN равен 5.60.

**4.** Вычислите массовые доли веществ в растворе, полученном при сливании 172.9 мл 20%-ного раствора хлорида бария плотностью 1.203 г/мл и 142 г 10%-ного раствора сульфата натрия.

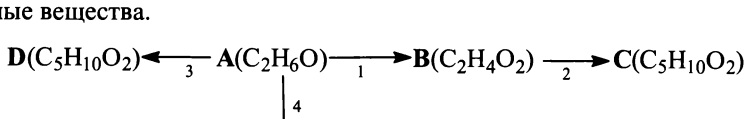
**5.** Как изменятся (увеличатся или уменьшатся) скорости прямой и обратной реакций $2Cl_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} \rightleftarrows 4HCl_{(г)} + O_{2(г)}$ при увеличении температуры? В какую сторону при этом будет смещено равновесие? Теплоты образования веществ составляют: $Q(H_2O_{(г)}) = 241.8$ кДж/моль; $Q(HCl_{(г)}) = 92.1$ кДж/моль.

**6.** Рассчитайте необходимую массу перманганата калия, чтобы в выделившемся при его термическом разложении кислороде сгорело 7.9 г пиридина.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений; определите вещества **A** и **B**:



**8.** Используя структурные формулы веществ, напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Определите неизвестные вещества **A** – **G**, учтите, что разными буквами обозначены разные вещества.




**9.** Газ, образующийся при прокаливании смеси 49 г ацетата калия с большим избытком гидроксида калия, смешали с парами брома. Объем газовой смеси равен 60 л при 27°C и давлении 104 кПа. После освещения смеси образовался тетрабромметан в количестве 0.1 моль. Определите выход тетрабромметана в реакции бромирования.

**10.** К 200 г 2.7500%-ного раствора сульфида $\mathbf{X}_2\mathbf{S}$ прибавили 200 мл раствора бромида $\mathbf{YBr}_2$ с молярной концентрацией 0.25 моль/л и плотностью 1.0303 г/мл. По окончании реакции в растворе осталась одна соль с массовой долей 2.9660%. Определите неизвестные металлы **X** и **Y** и запишите уравнение реакции сульфида **YS** с концентрированной азотной кислотой.

## Вариант ФНМБ–2008–2

**1.** Приведите формулу аниона, образованного четырьмя атомами двух элементов, находящихся в одном периоде Периодической системы. Числа электронов и протонов в этом анионе различаются на 1.

**2.** Напишите уравнение реакции гидроксида бария с серной кислотой в мольном соотношении 1 : 2.

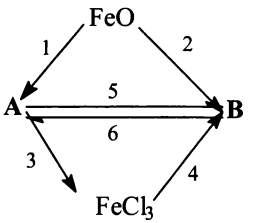
**3.** Вычислите степень и константу диссоциации хлорноватистой кислоты, если pH 0.001M раствора HClO равен 5.15.

**4.** Вычислите массовые доли веществ в растворе, полученном при сливании 198.8 мл 8%-ного раствора нитрата серебра плотностью 1.069 г/мл и 332 г 10%-ного раствора иодида калия.

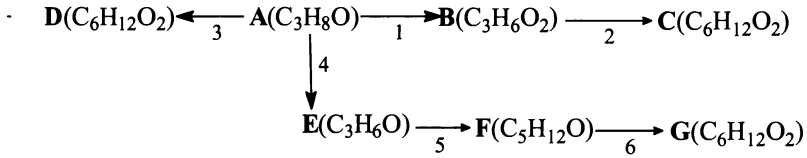
**5.** Как изменятся (увеличатся или уменьшатся) скорости прямой и обратной реакций $4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)} \rightleftarrows 4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)}$ при увеличении температуры? В какую сторону при этом будет смещено равновесие? Теплоты образования веществ составляют: $Q(NO_{(г)}) = -90.2$ кДж/моль; $Q(H_2O_{(г)}) = 241.8$ кДж/моль; $Q(NH_{3(г)}) = 46.2$ кДж/моль.

**6.** Рассчитайте необходимую массу нитрата серебра, чтобы в выделившемся при его термическом разложении кислороде сгорело 7.5 г глицина.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества **A** и **B**:




**8.** Используя структурные формулы веществ, напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Определите неизвестные вещества **A – G**, учтите, что разными буквами обозначены разные вещества.




**9.** Газ, образующийся при прокаливании смеси 20.5 г ацетата натрия с большим избытком гидроксида натрия, смешали с хлором. Объем газовой смеси равен 22.4 л при 25°C и давлении 111 кПа. После освещения смеси образовался трихлорметан (хлороформ) в количестве 0.1 моль. Определите выход трихлорметана в реакции хлорирования.

**10.** К 50 г 7.8000%-ного раствора сульфида $\mathbf{X}_2\mathbf{S}$ прибавили 100 мл раствора хлорида $\mathbf{YCl}_2$ с молярной концентрацией 0.5 моль/л и плотностью 1.0100 г/мл. По окончании реакции в растворе осталась одна соль с массовой долей 4.0680%. Определите неизвестные металлы **X** и **Y** и запишите уравнение реакции сульфида **YS** с концентрированной азотной кислотой.

## Вариант ФНМБ–2008–3

**1.** Приведите формулу аниона, образованного четырьмя атомами двух элементов, находящихся в одной группе Периодической системы. Числа электронов и протонов в этом анионе различаются на 2.

**2.** Напишите уравнение реакции ортофосфорной кислоты с гидроксидом натрия в мольном соотношении 1 : 1.

**3.** Вычислите степень и константу диссоциации уксусной кислоты, если pH 0.01 M раствора $CH_3COOH$ равен 3.37.

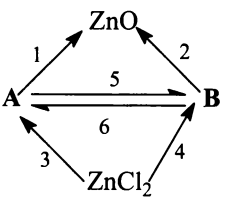
**4.** Вычислите массовые доли веществ в растворе, полученном при сливании 481 мл 10%-ного раствора карбоната натрия плотностью 1.102 г/мл и 1387.36 г 2%-ного раствора хлорида кальция.

**5.** Как изменятся (увеличатся или уменьшатся) скорости прямой и обратной реакций $Fe_3O_{4(к)} + 4H_{2(г)} \rightleftarrows 3Fe_{(к)} + 4H_2O_{(г)}$ при увеличении темпе-

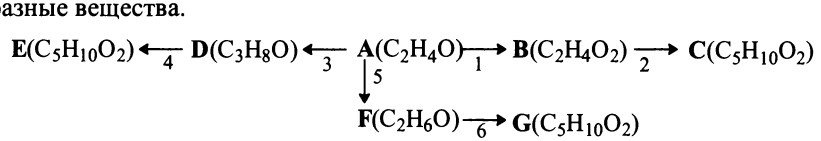
ратуры? В какую сторону при этом будет смещено равновесие? Теплоты образования веществ составляют $Q(H_2O_{(г)})$ = 241.8 кДж/моль и $Q(Fe_3O_{4(к)})$ = 1117.1 кДж/моль.

**6.** Рассчитайте массу нитрата железа (II), которую необходимо взять, чтобы в выделившемся при его термическом разложении кислороде сгорело 6.7 г пиррола.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества **A** и **B**:




**8.** Используя структурные формулы веществ, напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Определите неизвестные вещества **A** – **G**, учтите, что разными буквами обозначены разные вещества.




**9.** Газ, образовавшийся при прокаливании смеси 41 г ацетата натрия с большим избытком гидроксида натрия, смешали с хлором. Объем газовой смеси равен 60 л при 27°C и давлении 104 кПа. После освещения смеси образовался тетрахлорметан в количестве 0.1 моль. Определите выход тетрахлорметана в реакции хлорирования.

**10.** К 200 г 5.0700%-ного раствора сульфида $\mathbf{X}_2\mathbf{S}$ прибавили 200 мл раствора бромида $\mathbf{YBr}_2$ с молярной концентрацией 0.25 моль/л и плотностью 1.0295 г/мл. По окончании реакции в растворе осталась одна соль с массовой долей 4.1220%. Определите неизвестные металлы **X** и **Y** и запишите уравнение реакции сульфида **YS** с концентрированной азотной кислотой.

## Вариант ФНМБ–2008–4

**1.** Приведите формулу аниона, образованного четырьмя атомами двух элементов, находящихся в одном периоде Периодической системы. Числа электронов и протонов в этом анионе различаются на 2.

**2.** Напишите уравнение реакции отрофосфорной кислоты с гидроксидом калия в мольном соотношении 1 : 2.

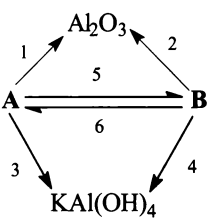
**3.** Вычислите степень и константу диссоциации бензойной кислоты, если pH 0.01 M раствора $C_6H_5COOH$ равен 3.09.

**4.** Вычислите массовые доли веществ в растворе, полученном при сливании 356.36 мл 4%-ного раствора хлорида натрия плотностью 1.026 г/мл и 850 г 10%-ного раствора нитрата серебра.

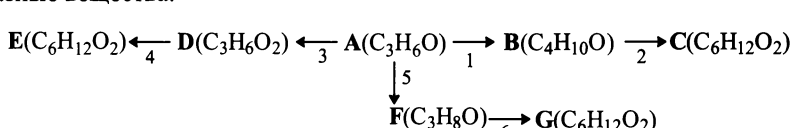
**5.** Как изменятся (увеличатся или уменьшатся) скорости прямой и обратной реакций $CO_{2(г)} + 4H_{2\ (г)} \rightleftarrows CH_{4(г)} + 2H_2O_{(ж)}$ при увеличении температуры? В какую сторону при этом будет смещено равновесие? Теплоты образования веществ составляют $Q(H_2O_{(ж)}) = 285.8$ кДж/моль; $Q(CH_{4(г)}) = 74.8$ кДж/моль; $Q(CO_{2(г)}) = 393.5$ кДж/моль.

**6.** Рассчитайте необходимую массу дихромата калия, чтобы в выделившемся при его термическом разложении кислороде сгорело 8.9 г аланина.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, определите неизвестные вещества **A** и **B**:




**8.** Используя структурные формулы веществ, напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений. Определите неизвестные вещества **A** – **G**, учтите, что разными буквами обозначены разные вещества.




**9.** Газ, образующийся при прокаливании смеси 24.5 г ацетата калия с большим избытком гидроксида калия, смешали с парами брома. Объем газовой смеси равен 60 л при 27°C и давлении 104 кПа. После освещения смеси образовался трибромметан в количестве 0.1 моль. Определите выход трибромметана в реакции бромирования.

**10.** К 50 г 29.800%-ного раствора сульфида $X_2S$ прибавили 100 мл раствора хлорида $YCl_2$ с молярной концентрацией 0.5 моль/л и плотностью 1.0310 г/мл. По окончании реакции в растворе осталась одна соль с массовой долей 11.328%. Определите неизвестные металлы **X** и **Y** и запишите уравнение реакции сульфида **YS** с концентрированной азотной кислотой.

## Физико-химический факультет

## Вариант ФХФ-2008-1

**1.** Расположите в ряд по увеличению восстановительной способности следующие молекулы и ионы: $S^{-2}$, $O^{-2}$, $SO_2$ и S.

**2.** Напишите уравнение гидролиза дипептида сериллизина в кислой среде.

**3.** Приведите четыре реакции, характеризующие свойства пропанола-2.

**4.** Газы, выделившиеся при прокаливании смеси карбоната и гидрокарбоната аммония, охладили до комнатной температуры. После пропускания через избыток раствора соляной кислоты объем этой газовой смеси уменьшился в два с половиной раза. Определите массовую долю карбоната аммония в исходной смеси.

**5.** Степени диссоциации уксусной и монохлоруксусной кислот в растворах с концентрацией 0.1 моль/л составляют 1.3% и 11.1% соответственно. Вычислите концентрацию ионов водорода в каждом из растворов. Найдите отношение констант диссоциации этих кислот.

**6.** Определите вещества **A** – **D** и напишите уравнения приведенных ниже реакций с учетом того, что **C** – газ, содержащий элемент, общий для **A** и **B**, а **D** – простое вещество.

а) **A** + **B** → **C** + .....;

б) **C** + KOH $\xrightarrow{t^\circ}$ **A** + ....;

в) **D** + **C** → **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$Ca(NO_3)_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow NH_3 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow CuCl_2;$$

назовите вещества $\mathbf{X_1}$ и $\mathbf{X_2}$.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_7H_8 \rightarrow C_7H_5Cl_3 \rightarrow C_{14}H_{10}BaO_4 \rightarrow C_{13}H_{10}O \rightarrow C_{13}H_8Br_2O \rightarrow C_{13}H_{10}Br_2O \rightarrow C_{13}H_9Br_3$$

**9.** Уксусную кислоту ввели в реакцию с бромом в присутствии красного фосфора. Полученное соединение **A** последовательно обработали избытком аммиака и разбавленным раствором щелочи. Воду и легколетучие продукты отогнали, а остаток нагрели с твердым KOH. Какое соединение **B** при этом образуется? Что получится, если вместо аммиака использовать метиламин? Какое соединение **C** образуется в этом случае? Приведите уравнения реакций **B** и **C** с водным раствором азотистой кислоты.

**10.** Взяли два одинаковых по массе образца железа. Один растворили в 320.3 мл 30%-ного раствора азотной кислоты (пл. 1.18 г/мл), при этом выделился газ объемом 9.62 л (пл. 1.247 г/л, 1 атм, 20°C). Другой образец растворили в 105.3 мл 30.14%-ного раствора соляной кислоты (пл. 1.15 г/мл) в инертной атмосфере. К полученным растворам добавили по 322.9 г раствора гидроксида натрия с концентрацией 5.16 моль/л (пл. 1.19 г/мл). Определите массовые доли веществ в конечных растворах и массы исходных образцов железа; напишите уравнения всех реакций.

## Вариант ФХФ-2008-2

**1.** Расположите в ряд по увеличению восстановительной способности следующие соединения: $NH_3$, NO, $N_2O$ и $N_2$.

**2.** Напишите уравнение гидролиза дипептида тирозилцистеина в щелочной среде.

**3.** Приведите четыре реакции, характеризующие свойства 2-бромпропана.

**4.** Газы, выделившиеся при прокаливании смеси карбоната и нитрита аммония, охладили до комнатной температуры. После пропускания через избыток раствора гидроксида калия объем этой газовой смеси уменьшился в 1.25 раза. Определите массовую долю карбоната аммония в исходной смеси.

**5.** Степени диссоциации монохлоруксусной и дихлоруксусной кислот в растворах с концентрацией 0.2 моль/л составляют 8% и 40.7% соответственно. Вычислите концентрацию ионов водорода в каждом из растворов. Найдите отношение констант диссоциации этих кислот.

**6.** Определите вещества **A** – **D** и напишите уравнения приведенных ниже реакций с учетом того, что **C** – жидкость, содержащая элемент, общий для **A** и **B**, а **D** – простое вещество.

а) **A** + **B** → **C** + …..;

б) **C** + KOH $\xrightarrow{t^\circ}$ **A** + ….;

в) **D** + **C** → **B**.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$AgNO_3 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow AgNO_3 \rightarrow AgCl \rightarrow \mathbf{X_2};$$

назовите вещества $\mathbf{X_1}$ и $\mathbf{X_2}$.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_7H_8 \rightarrow C_7H_6Cl_2 \rightarrow C_7H_6O \rightarrow C_7H_9NO_2 \rightarrow C_7H_5NaO_2 \rightarrow C_{12}H_{10} \rightarrow C_{12}H_8Br_2$$

**9.** Пропионовую кислоту ввели в реакцию с бромом в присутствии красного фосфора. Полученное соединение **A** последовательно обработа-

ли избытком аммиака и разбавленным раствором щелочи. Воду и легколетучие продукты отогнали, а остаток нагрели с твердым KOH. Какое соединение **B** при этом образуется? Что получится, если вместо аммиака использовать этиламин? Какое соединение **C** образуется в этом случае? Приведите уравнения реакций **B** и **C** с водным раствором азотистой кислоты.

**10.** Взяли два одинаковых по массе образца хрома. Один растворили в 79.69 мл 32.94%-ного раствора азотной кислоты (пл. 1.2 г/мл), при этом выделился газ объемом 2.45 л (пл. 1.225 г/л, 1 атм, 25 °C). Другой образец растворили в 78.32 мл 32.14%-ного раствора соляной кислоты (пл. 1.16 г/мл) в инертной атмосфере. К полученным растворам добавили по 138.4 г раствора гидроксида натрия с концентрацией 5.16 моль/л (пл. 1.19 г/мл). Определите массовые доли веществ в конечных растворах и массы исходных образцов хрома, напишите уравнения всех реакций.

## Филиал химического факультета МГУ в Баку

## Вариант Баку-2008-1

**1.** Вычислите массовую долю кремния в силикате циркония $ZrSiO_4$.

**2.** Приведите не менее четырех химических реакций, в результате которых можно получить гидроксид натрия.

**3.** К раствору, содержащему 12.75 г нитрата серебра, прилили раствор, содержащий 3.9 г сульфида натрия. Определите массу выпавшего осадка.

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Fe + Cl_2 \rightarrow \ldots$

$NaCl + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots.$

**5.** Две реакции протекали в одинаковых условиях с такой скоростью, что за единицу времени в первой реакции образовалось 2 г диоксида углерода, а во второй – 1.8 г хлороводорода. Какая реакция протекала с большей скоростью?

**6.** Как повлияет повышение давления на положение равновесия в реакциях:

а) $2NO_{2(г)} \rightleftarrows N_2O_{4(г)}$;

б) $2NO_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftarrows 2NO_{2(г)}$;

в) $WO_{3(тв)} + 3H_{2(г)} \rightleftarrows W_{(тв)} + 3H_2O_{(г)}$?

**7.** Напишите уравнения реакций, которые позволяют осуществить следующие превращения:

$$NaBr \rightarrow NaCl \rightarrow Cl_2 \rightarrow KClO_3 \rightarrow KCl \rightarrow KNO_3 \rightarrow NH_3.$$

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$C_2H_4 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_4H_{10}O;$$

укажите условия протекания реакций; назовите вещества **X** и **Y**.

**9.** Окислением пропанола-1 массой 7.2 г получили пропионовую кислоту, на нейтрализацию которой затратили 16.4 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1.22 г/мл). Определите выход кислоты.

**10.** При нагревании 32.4 г соли образовались оксид двухвалентного металла, содержащий 28.57% кислорода, 3.6 г воды и выделился газ (плотность газа по гелию равна 11), который при пропускании через раствор гидроксида бария образует белый осадок. При растворении образовавшегося оксида в воде получился гидроксид. Определите объем 15%-ного раствора $H_2SO_4$ с плотностью 1.1 г/мл, необходимого для нейтрализации полученного гидроксида, и формулу исходной соли.

## Вариант Баку-2008-2

**1.** Вычислите массовую долю железа в феррате бария $BaFeO_4$.

**2.** Определите плотность иодоводорода по неону.

**3.** К раствору, содержащему 13.60 г нитрата серебра, прилили раствор, содержащий 5.85 г сульфида натрия. Определите массу выпавшего осадка.

**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$Cr + Cl_2 \rightarrow \ldots$

$HCl + KMnO_4 \rightarrow \ldots.$

**5.** Две реакции протекали в одинаковых условиях с такой скоростью, что за единицу времени в первой реакции образовалось 1.0 г монооксида углерода, а во второй – 1.8 г сероводорода. Какая реакция протекала с большей скоростью?

**6.** Как повлияет повышение давления на положение равновесия в реакциях:

а) $2NO_{2(г)} \rightleftarrows N_2O_{4(г)}$;

б) $2NO_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftarrows 2NO_{2(г)}$;

в) $WO_{3(тв)} + 3H_{2(г)} \rightleftarrows W_{(тв)} + 3H_2O_{(г)}$.

**7.** Напишите уравнения реакций, позволяющих осуществить следующие превращения:

$$Fe \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow Fe;$$

назовите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений для любого выбранного вами значения *n*:

$$C_nH_{2n} \rightarrow C_nH_{2n+2}O \rightarrow C_nH_{2n}O \rightarrow C_nH_{2n}O_2.$$

**9.** При электролизе раствора, содержащего 2.895 г смеси $FeCl_2$ и $FeCl_3$, на катоде выделилось 1.12 г металла. Вычислите массовую долю каждого из компонентов, если электролиз проводили до полного осаждения железа.

**10.** На нейтрализацию смеси массой 50 г, состоящей из бензола, фенола и анилина, пошло 49.7 мл 17%-ной соляной кислоты (пл. 1.08 г/мл). При взаимодействии такого же количества смеси с избытком бромной воды образовался осадок массой 99.1 г. Вычислите массовые доли веществ в исходной смеси.

## Подготовительное отделение

## Вариант МП-2008-1

**1.** Приведите пример реакции радикального замещения.

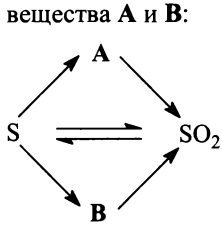
**2.** Растворимость сульфата магния в воде при некоторой температуре составляет 35.5 г. Чему равна массовая доля соли в насыщенном растворе?

**3.** Из следующего ряда соединений: LiCl, $Ba(OH)_2$, $Zn(OH)_2$, $H_2O$ и $(NH_4)_2CO_3$ выберите вещества, которые могут реагировать как с основаниями, так и с кислотами. Назовите эти вещества и запишите уравнения реакций.

**4.** При нормальных условиях газ объемом 100 мл имеет массу 0.361 г. Какой это газ? Рассчитайте его плотность по водороду.

**5.** Как превратить бутен-1 в бутен-2? Запишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме, определите вещества **A** и **B**:




**7.** Напишите схемы реакций, соответствующие следующей последовательности превращений:

$$\mathbf{C} \xrightarrow{Ca,\,t^\circ} \mathbf{A} \xrightarrow{H_2O} \mathbf{B} \xrightarrow[H_2O,\,H^+]{Hg^{2+}} \mathbf{D} \xrightarrow{[O]} \mathbf{L} \xrightarrow{Na} H_2 + ?$$

**8.** Определите количества уксусного ангидрида и воды, необходимые для приготовления 500 г 54%-ного раствора уксусной кислоты.

**9.** К водному раствору фенола прибавили избыток бромной воды, при этом выпало 6.52 г осадка. Сколько фенола содержалось в исходном растворе?

**10.** Через 100 мл 12.33%-ного раствора хлорида железа (II) (плотность 1.03 г/мл) пропускали хлор до тех пор, пока масса хлорида железа (III) в растворе не стала равной массе хлорида железа (II). Определите объем поглощенного хлора при нормальных условиях.

# Экзаменационные задания 2009

## Факультет фундаментальной медицины (лечебное отделение)

## Вариант МБ-2009-1

**1.** Ионы, образованные разными элементами, имеют каждый по 10 электронов. В одном из ионов содержится 8 протонов, число протонов в другом ионе отличается на 3. Приведите формулу вещества, образованного этими ионами.

**2.** В 3 л смеси метана и этилена масса углерода в четыре раза больше массы водорода. Определите объем этилена в газовой смеси.

**3.** Приведите возможную структурную формулу нуклеозида, в молекуле которого число атомов кислорода и азота одинаково, и назовите приведенный нуклеозид.

**4.** При электролизе водного раствора ацетата натрия при 20°С на катоде выделилось 2 л газа. Сколько литров газа выделилось за это же время на аноде?

**5.** Определите произведение растворимости и pH насыщенного раствора гидроксида стронция, если его растворимость при 25°С составляет 0.86 г на 100 мл воды (изменением объема при растворении пренебречь).

**6.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с HBr: $K_2Cr_2O_7$, KCl, $C_3H_4$, $SiO_2$, $CH_3NH_2$, $H_2SO_4$? Напишите не менее пяти уравнений реакций и укажите условия их протекания.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$ZnS \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow K_2SO_4.$$

Рассмотрите три случая:

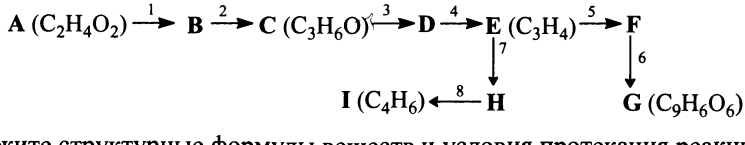
а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Масса продуктов гидролиза лактозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) на 0.72 г больше массы исходного дисахарида. К продуктам гидролиза добавили 51 г уксусного ангидрида. Какой объем 10%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.11 г/мл) необходим для нейтрализации полученного раствора? Напишите уравнения протекающих реакций.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**10.** Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по метану 3.25. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей азотной кислоты 0.126. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

## Вариант МБ-2009-2

**1.** Ионы, образованные разными элементами, имеют каждый по 18 электронов. В одном из ионов содержится 17 протонов, число протонов в другом ионе отличается на 3. Приведите формулу вещества, образованного этими ионами.

**2.** В 5 л смеси оксида углерода (II) и оксида углерода (IV) масса углерода в 2 раза меньше массы кислорода. Определите объем оксида углерода (II) в газовой смеси.

**3.** Приведите возможную структурную формулу нуклеозида, в молекуле которого на один атом азота приходится пять атомов углерода, и назовите приведенный нуклеозид.

**4.** При электролизе водного раствора пропионата калия при 25°С на аноде выделилось 3 л газа. Сколько литров газа выделилось за это же время на катоде?

**5.** Определите произведение растворимости и pH насыщенного раствора гидроксида кальция, если его растворимость при 25°С составляет 0.082 г на 100 мл воды (изменением объема при растворении пренебречь).

**6.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с HBr: $NH_3$, $Cl_2$, KCl, $C_3H_6$, $C_2H_5OH$, $CH_3COOH$? Напишите не менее пяти уравнений реакций и укажите условия их протекания.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$P_2O_3 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow H_3PO_4$$

Рассмотрите три случая:

а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

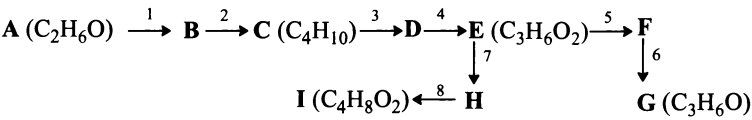
б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Масса продуктов гидролиза сахарозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) на 0.45 г больше массы исходного дисахарида. К продуктам гидролиза добавили 39 г пропионового ангидрида. Какой объем 5%-ного раствора гидроксида натрия

(плотность 1.05 г/мл) необходим для нейтрализации полученного раствора? Напишите уравнения протекающих реакций.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**10.** Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по углекислому газу 1.25. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей серной кислоты 0.0392. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

## Вариант МБ-2009-3

**1.** Ионы, образованные разными элементами, имеют каждый по 10 электронов. В одном из ионов содержится 12 протонов, число протонов в другом ионе отличается на 3. Приведите формулу вещества, образованного этими ионами.

**2.** В 8 л смеси оксида азота (II) и оксида азота (IV) масса азота в 2 раза меньше массы кислорода. Определите объем оксида азота (II) в газовой смеси.

**3.** Приведите возможную структурную формулу нуклеозида, в молекуле которого на один атом азота приходится три атома кислорода, и назовите приведенный нуклеозид.

**4.** При электролизе водного раствора ацетата калия при 18°С на аноде выделилось 12 л газа. Сколько литров газа выделилось за это же время на катоде?

**5.** Определите произведение растворимости и pH насыщенного раствора гидроксида магния, если его растворимость при 25°С составляет 0.0008 г на 100 мл воды (изменением объема при растворении пренебречь).

**6.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с HCl: $MnO_2$, $KClO_3$, Cu, $C_4H_6$, $C_6H_5OH$, $C_6H_5NH_2$? Напишите не менее пяти уравнений реакций и укажите условия их протекания.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$SO_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow K_2SO_4$$

Рассмотрите три случая:

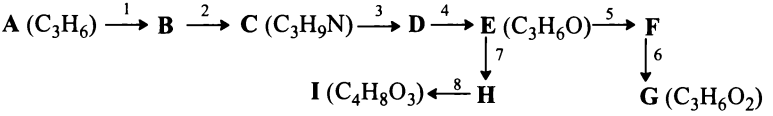
а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Масса продуктов гидролиза целлобиозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) на 0.63 г больше массы исходного дисахарида. К продуктам гидролиза добавили 40.8 г уксусного ангидрида. Какой объем 10%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1.09 г/мл) необходим для нейтрализации полученного раствора? Напишите уравнения протекающих реакций.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**10.** Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по неону 2.9. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей нитрата калия 0.0404. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

## Вариант МБ-2009-4

**1.** Ионы, образованные разными элементами, имеют каждый по 18 электронов. В одном из ионов содержится 19 протонов, число протонов в другом ионе отличается на 3. Приведите формулу вещества, образованного этими ионами.

**2.** В 7 литрах смеси оксида азота (II) и оксида азота (I) масса азота равна массе кислорода. Определите объем оксида азота (II) в газовой смеси.

**3.** Приведите возможную структурную формулу нуклеозида, в молекуле которого на один атом азота приходится три атома углерода, и назовите приведенный нуклеозид.

**4.** При электролизе водного раствора пропионата натрия при 20°С на катоде выделилось 6 л газа. Сколько литров газа выделилось за это же время на аноде?

**5.** Определите произведение растворимости и pH насыщенного раствора гидроксида бария, если его растворимость при 25°С составляет 1,85 г на 100 мл воды (изменением объема при растворении пренебречь).

**6.** Какие из перечисленных ниже веществ реагируют с HCl: $K_2SO_3$, Fe, $CO_2$, $KMnO_4$, $C_6H_6$, $C_2H_2$? Напишите не менее пяти уравнений реакций и укажите условия их протекания.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$K_2Cr_2O_7 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow K[Cr(OH)_4]$$

Рассмотрите три случая:

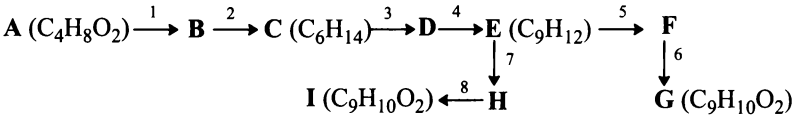
а) обе реакции – окислительно-восстановительные;

б) окислительно-восстановительной является только первая реакция;

в) окислительно-восстановительной является только вторая реакция.

**8.** Масса продуктов гидролиза мальтозы ($C_{12}H_{22}O_{11}$) на 0.54 г больше массы исходного дисахарида. К продуктам гидролиза добавили 45.5 г пропионового ангидрида. Какой объем 5%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1.05 г/мл) необходим для нейтрализации полученного раствора? Напишите уравнения протекающих реакций.

**9.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений:




Укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**10.** Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы (IV), имеет плотность по аргону 1.33. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей сульфата калия 0.0696. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

## Филиал химического факультета МГУ в Баку

## Вариант Баку-2009-1

**1.** Напишите электронную конфигурацию атома хлора. Как изменяются радиусы ионов в ряду $F^- \rightarrow Cl^- \rightarrow Br^-$?

**2.** Приведите уравнения реакции обмена и реакции соединения с участием HCl.

**3.** Напишите структурные формулы двух органических оснований. Укажите, какое из них является более сильным. Ответ обоснуйте.

**4.** В каком случае выделится больший объем кислорода: при прокаливании 10 г нитрата натрия или 20 г перманганата калия (при одинаковой температуре)? Напишите уравнения реакций.

**5.** Константа скорости реакции **A** → **B** при 25°C составила 2.5 мин$^{-1}$, а при 40°C – 4.5 мин$^{-1}$. Рассчитайте значение константы скорости реакции при 30°C.

**6.** Напишите уравнения электролиза водного раствора и расплава $CaCl_2$. Укажите процессы, которые протекают на каждом из электродов.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$S \rightarrow FeS \rightarrow H_2S \rightarrow SO_2 \rightarrow K_2SO_3 \rightarrow K_2SO_4 \rightarrow KHSO_4;$$

укажите условия протекания реакций.

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH_3 \rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COOCH_3 \rightarrow CH_3OH \rightarrow (CH_3)_2O;$$

укажите условия протекания реакций.

**9.** Растворимость соли $NH_4Cl$ в воде при 30°С составляет 29.5%. Рассчитайте растворимость этой соли в граммах на 100 г воды и молярную концентрацию насыщенного раствора при этой температуре (плотность раствора равна 1.1 г/мл).

**10.** При сгорании смеси метиламина и этилена образовалось 9.9 г воды и 1.12 л газа (н.у.), нерастворимого в растворе щелочи. Вычислите массовую долю этилена в исходной смеси.

## Вариант Баку-2009-2

**1.** Напишите электронную конфигурацию атома кислорода. Как изменяются радиусы ионов в ряду $O^{2-} \rightarrow S^{2-} \rightarrow Se^{2-}$?

**2.** Приведите уравнения окислительно-восстановительной реакции и реакции соединения с участием CO.

**3.** Напишите структурные формулы двух органических кислот. Укажите, какая из них является более сильной. Ответ обоснуйте.

**4.** В каком случае выделится больший объем кислорода: при прокаливании 12 г хлората калия или 14 г пероксида бария (при одинаковой температуре)? Напишите уравнения реакций.

**5.** Константа скорости реакции **A** → **B** при 18°С составила 2.0 $мин^{-1}$, а при 38°С – 3.5 $мин^{-1}$. Рассчитайте значение константы скорости реакции при 33°С.

**6.** Напишите уравнения электролиза водного раствора и расплава KCl. Укажите процессы, которые протекают на каждом из электродов.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Cr_2S_3 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr(OH)_3 \rightarrow K_2CrO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 \rightarrow CrCl_3 \rightarrow Cr;$$

укажите условия проведения реакций.

**8.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$C_6H_6 \rightarrow C_6H_5CH(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5CBr(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5C(CH_3)=CH_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow C_6H_5COOH \rightarrow C_6H_5COOC_2H_5 \rightarrow C_2H_5OH;$$

укажите условия протекания реакций.

**9.** Растворимость соли $KHCO_3$ в воде составляет 22.7%. Рассчитайте растворимость этой соли в граммах на 100 г воды и молярную концен-

трацию насыщенного раствора при этой температуре (плотность раствора равна 1.2 г/мл)

**10.** При сгорании смеси метиламина и ацетилена образовалось 10.35 г воды и 1.68 л газа (н.у.), нерастворимого в растворе щелочи. Вычислите массовую долю ацетилена в исходной смеси.

## Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)

## Вариант X1-2009

**1.** Приведите по два примера соединений разных классов, в которых атом серы имеет минимальную и максимальную степень окисления.

**2.** При щелочном гидролизе сложного эфира состава $C_{10}H_{12}O_2$ образовалась соль $C_3H_5O_2Na$. Определите молекулярную формулу второго продукта гидролиза, если известно, что его молекула состоит из атомов трех элементов.

**3.** Смесь водорода и аммиака имеет плотность по водороду 3.5. К 80 л этой смеси добавили 120 л аммиака. Рассчитайте плотность по водороду конечной смеси.

**4.** Предложите способ получения уксусной кислоты, используя только метан и неорганические соединения. Напишите уравнения реакций.

**5.** Рассчитайте степень диссоциации уксусной кислоты в 1 М растворе $CH_3COOH$, если константа диссоциации $CH_3COOH$ равна $1.8 \cdot 10^{-5}$.

**6.** Углекислый газ объемом 7.84 л (н. у.) поглотили 154 г 20%-ного раствора гидроксида калия. Определите, какие вещества содержатся в полученном растворе, и рассчитайте их массы.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$Ag \rightarrow Ag_2SO_4 \rightarrow AgNO_3 \rightarrow Ag_2O \rightarrow AgF \rightarrow CH_3COOAg \rightarrow Ag;$$

укажите условия протекания реакций.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_8H_8 \rightarrow C_8H_9Br \rightarrow C_8H_{10}O \rightarrow C_7H_6O_2 \rightarrow C_{14}H_{10}O_4Ba \rightarrow C_7H_9O_2N \rightarrow C_7H_5O_2Na.$$

В уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Три идентичных сосуда (равного объема и равной массы) содержат газы, находящиеся при одинаковых условиях. Первый сосуд, заполненный кислородом, имеет массу 33.45 г. Масса второго, заполненного гелием, составляет 27.85 г. Третий сосуд содержит смесь 20% (по объему) гелия и неизвестного газа и имеет массу 27.53 г. Определите неизвестный газ.

**10.** Альдегид массой 14.4 г нагрели с 49.0 г свежеосажденного гидроксида меди (II). Образовавшийся осадок отделили и нагревали до постоянной массы, которая составила 36.8 г. Определите возможную структурную формулу неизвестного альдегида.

## Вариант X2-2009

**1.** Приведите по два примера соединений разных классов, в которых атом фосфора имеет минимальную и максимальную степень окисления.

**2.** При щелочном гидролизе сложного эфира состава $C_9H_{10}O_2$ образовалась соль $C_2H_3O_2K$. Определите молекулярную формулу второго продукта гидролиза, если известно, что его молекула состоит из атомов трех элементов.

**3.** Смесь азота и углекислого газа имеет плотность по водороду 16. К 30 л этой смеси добавили 60 л углекислого газа. Рассчитайте плотность по водороду конечной смеси.

**4.** Предложите способ получения этаналя, используя только метан и неорганические соединения. Напишите уравнения реакций.

**5.** Рассчитайте степень диссоциации хлорноватистой кислоты в ее 0.1 М растворе, если константа диссоциации HClO равна $2.8 \cdot 10^{-8}$.

**6.** Сернистый газ объемом 19.04 л (н.у.) поглотили 250 г 17.6%-ного раствора гидроксида натрия. Определите, какие вещества содержатся в полученном растворе, и рассчитайте их массы.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$Cu_2O \rightarrow CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow Cu_2O \rightarrow [Cu(NH_3)_2]OH \rightarrow C_3H_3Cu. \rightarrow CuCl;$

укажите условия протекания реакций.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме превращений:

$$C_8H_{18} \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_6H_4(COOH)_2 \rightarrow \mathbf{Y} \rightarrow C_6H_4(COOK)_2 \rightarrow \mathbf{Z} \rightarrow C_6H_{12};$$

в уравнениях укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь порошка цинка и карбоната бария (масса смеси 45.9 г) сплавили в открытом тигле в атмосфере кислорода. Определите массовые доли веществ в полученной после сплавления смеси, если ее масса стала равна 38.7 г.

**10.** Альдегид массой 23.2 г нагрели с 88.2 г свежеосажденного гидроксида меди (II). Образовавшийся осадок отделили и нагревали до постоянной массы, которая составила 65.6 г. Определите возможную структурную формулу неизвестного альдегида.

# Экзаменационные задания 2010

## Дополнительный письменный экзамен

## Вариант 1

**1.** Напишите электронные конфигурации ионов, из которых состоит фторид кальция.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н. у. газовой смеси, состоящей из 30% $N_2O$ и 70% $N_2$ по объему.

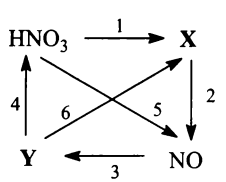
**3.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_4H_8O$.

**4.** В закрытой стеклянной колбе объемом 50 л находится при нормальных условиях смесь водорода и хлора, имеющая плотность 1.32 г/л. Сколько теплоты выделится при освещении колбы синим светом? Теплота образования HCl составляет 92 кДж/моль.

**5.** Как с помощью одного реактива различить следующие вещества: толуол, уксусная кислота, гексен-1, соляная кислота? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Элементарная реакция между веществами **X** и **Y** описывается уравнением $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$. Начальные концентрации веществ **X** и **Y** составляли 0.3 и 0.5 моль/л соответственно, а скорость в начальный момент времени равнялась 0.036 моль/(л·мин). Рассчитайте константу скорости реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **Y** уменьшится на 0.1 моль/л.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_7N \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_4O \rightarrow C_3H_5NO \rightarrow C_3H_6O_3 \rightarrow C_6H_8O_4;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь гидрида неизвестного щелочного металла и фосфида хрома массой 34.8 г прореагировала с 199.8 мл воды. Масса полученного при

этом растворе оказалась на 34.6 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 12.7%. Установите формулу гидрида и рассчитайте его количество в исходной смеси.

**10.** Смесь изомерных сложных эфиров массой 17.6 г нагрели с 210 г 20%-ного водного раствора гидроксида калия, затем раствор упарили, твердый остаток прокалили. При прокаливании выделилось 4.48 л (н. у.) газа с плотностью по водороду 8.875. Установите качественный и количественный состав исходной смеси и твердого остатка после прокаливания.

## Вариант 2

**1.** Напишите электронные конфигурации ионов, из которых состоит оксид натрия.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н. у. газовой смеси, состоящей из 30% $CO_2$ и 70% $NH_3$ по объему.

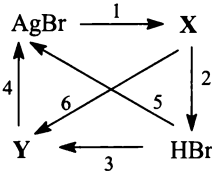
**3.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_3H_6O_2$.

**4.** В закрытой стеклянной колбе объемом 30 л находится при нормальных условиях смесь водорода и хлора, имеющая плотность 1.21 г/л. Сколько теплоты выделится при освещении колбы синим светом? Теплота образования HCl составляет 92 кДж/моль.

**5.** Как с помощью одного реактива различить следующие вещества: уксусная кислота, рибоза, бутандиол-2,3, бутанол-2? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Элементарная реакция между веществами **X** и **Y** описывается уравнением **X** + **Y** → **Z**. Начальные концентрации веществ **X** и **Y** составляли 0.2 и 0.6 моль/л соответственно. Константа скорости этой реакции при 25°C равна 0.9 л/(моль·мин) Рассчитайте начальную скорость реакции и определите, чему равнялись концентрации реагентов, когда скорость реакции стала равна 0.003 моль/(л·мин).

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$C_2H_6O \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_7NO_2 \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow C_2H_3ClO_2 \rightarrow C_2H_5NO_2 \rightarrow C_4H_6N_2O_2$;

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь гидрида неизвестного щелочного металла и карбида алюминия массой 16.8 г прореагировала с 111.6 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 28.4 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 11.8%. Установите формулу гидрида и рассчитайте его количество в исходной смеси.

**10.** Смесь изомерных сложных эфиров массой 11 г нагрели с 140 г 20%-ного водного раствора гидроксида калия, затем раствор упарили, твердый остаток прокалили. При прокаливании выделилось 2.8 л (н. у.) газа с плотностью по гелию 5.4. Установите качественный и количественный состав исходной смеси и твердого остатка после прокаливания.

## Вариант 3

**1.** Напишите электронные конфигурации ионов, из которых состоит оксид калия.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н. у. газовой смеси, состоящей из 79% $N_2$ и 21% $O_2$ по объему.

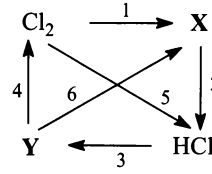
**3.2.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_4H_{11}N$.

**4.** В закрытой стеклянной колбе объемом 30 л находится при нормальных условиях смесь водорода и хлора, имеющая плотность 1.01 г/л. Сколько теплоты выделится при освещении колбы синим светом? Теплота образования HCl составляет 92 кДж/моль.

**5.** Как с помощью одного реактива различить следующие вещества: стирол, анилин, бромоводородная кислота, иодоводородная кислота? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Элементарная реакция между веществами **X** и **Y** описывается уравнением $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$. Начальные концентрации веществ **X** и **Y** составляли 0.2 и 0.6 моль/л соответственно, а скорость в начальный момент времени равнялась 0.022 моль/(л·мин). Рассчитайте константу скорости реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **X** уменьшится на 0.1 моль/л.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:



**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_3H_6O_2 \rightarrow C_3H_5ClO_2 \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_3H_5ClO_2 \rightarrow C_4H_5NO_2 \rightarrow C_4H_6O_4 \rightarrow C_6H_{10}O_4;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь гидрида неизвестного щелочного металла и фосфида цинка массой 208.5 г прореагировала с 406.5 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 87.5 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 40.0%. Установите формулу гидрида и рассчитайте его количество в исходной смеси.

**10.** Смесь изомерных сложных эфиров массой 19.8 г нагрели с 100 г 20%-ного водного раствора гидроксида натрия, затем раствор упарили, твердый остаток прокалили. При прокаливании выделилось 5.04 л (н. у.) газа с плотностью по гелию 6.8. Установите качественный и количественный состав исходной смеси и твердого остатка после прокаливания.

## Вариант 4

**1.** Напишите электронные конфигурации ионов, из которых состоит хлорид натрия.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н. у. газовой смеси, состоящей из 30% $CO_2$ и 70% $N_2$ по объему.

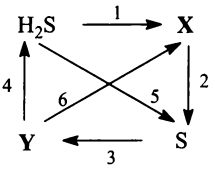
**3.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_3H_9N$.

**4.** В закрытой стеклянной колбе объемом 40 л находится при нормальных условиях смесь водорода и хлора, имеющая плотность 1.48 г/л. Сколько теплоты выделится при освещении колбы синим светом? Теплота образования HCl составляет 92 кДж/моль.

**5.** Как с помощью одного реактива различить следующие вещества: анилин, циклогексен, хлорид натрия, иодид натрия? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Элементарная реакция между веществами **X** и **Y** описывается уравнением $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$. Начальные концентрации веществ **X** и **Y** составляли 0.2 и 0.6 моль/л соответственно. Константа скорости этой реакции при 25°C равна 0.9 $л^2/(моль^2 \cdot мин)$. Рассчитайте начальную скорость реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **Y** уменьшится на 0.1 моль/л.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_3H_8 \rightarrow C_3H_7Br \rightarrow C_6H_{14} \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_6H_{12} \rightarrow C_3H_6O \rightarrow C_6H_{12}O_2;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь гидрида неизвестного щелочного металла и фосфида цинка массой 42.9 г прореагировала с 134.1 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 27 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 20.2%. Установите формулу гидрида и рассчитайте его количество в исходной смеси.

**10.** Смесь изомерных сложных эфиров массой 39.6 г нагрели с 200 г 20%-ного водного раствора гидроксида натрия, затем раствор упарили, твердый остаток прокалили. При прокаливании выделилось 10.08 л (н. у.) газа с плотностью по неону 0.87. Установите качественный и количественный состав исходной смеси и твердого остатка после прокаливания.

## Вариант 5 (резервный)

**1.** Напишите электронные конфигурации ионов, из которых состоит оксид кальция.

**2.** Найдите плотность (г/л) при н. у. газовой смеси, состоящей из 20% $N_2$ и 80% Ar по объему.

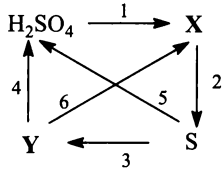
**3.** Напишите структурные формулы двух соединений, имеющих формулу $C_3H_6O$.

**4.** В закрытой стеклянной колбе объемом 60 л находится при нормальных условиях смесь водорода и хлора, имеющая плотность 1.01 г/л. Сколько теплоты выделится при освещении колбы синим светом? Теплота образования HCl составляет 92 кДж/моль.

**5.** Как с помощью одного реактива различить четыре газа: формальдегид. иодоводород, пропан, ацетилен? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** Элементарная реакция между веществами **X** и **Y** описывается уравнением $\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow 2\mathbf{Z}$. Начальные концентрации веществ **X**, **Y** и **Z** составляли 0.2, 0.6 и 0 моль/л соответственно, а скорость в начальный момент времени равнялась 0.022 моль/(л · мин). Рассчитайте константу скорости реакции и скорость в момент времени, когда концентрация вещества **Z** достигнет 0.2 моль/л.

**7.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_6 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow \mathbf{X} \rightarrow C_2H_4Cl_2 \rightarrow C_4H_4N_2 \rightarrow C_4H_6O_4 \rightarrow C_4H_4O_3;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Смесь гидрида цезия и карбида алюминия прореагировала с 200.8 мл воды. Масса полученного при этом раствора оказалась на 56.8 г меньше суммы масс исходных твердых веществ и воды, а массовая доля образовавшейся соли составила 22.8%. Рассчитайте количества веществ в исходной смеси.

**10.** Смесь изомерных сложных эфиров массой 22 г нагрели с 150 г 20%-ного водного раствора гидроксида натрия, затем раствор упарили, твердый остаток прокалили. При прокаливании выделилось 5.6 л (н. у.) газа с плотностью по гелию 4.7. Установите качественный и количественный состав исходной смеси и твердого остатка после прокаливания.

## Филиал химического факультета МГУ в Баку

### Вариант Баку-2010-1

**1.** Плотность некоторого газа по неону равна 2.2. Определите плотность этого газа по кислороду.

**2.** Определите степень окисления и массовую долю хрома в дихромате калия $K_2Cr_2O_7$.

**3.** Имеется 16%-ный водный раствор уксусной кислоты с плотностью 1.02 г/мл. Чему равна молярная концентрация кислоты в этом растворе?

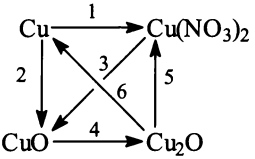
**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$AgNO_3 + NaOH \rightarrow \ldots$

$FeSO_4 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$

**5.** Масса 15 л газа при 25°C и давлении 121 кПа равна 30.8 г. Определите молярную массу этого газа и напишите его возможную структурную формулу.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей схеме превращений, укажите условия их протекания:




**7.** Как повлияет повышение давления на равновесие в следующих реакциях:

а) $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3 + Q$;

б) $2SO_3 \rightleftarrows 2SO_2 + O_2 - Q$;

в) $Cl_2 + H_2 \rightleftarrows 2HCl + Q$?

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:

$$Al \xrightarrow{1} Al_4C_3 \xrightarrow{2} CH_4 \xrightarrow{3} C_2H_2 \xrightarrow{4} C_2H_4O \xrightarrow{5} C_2H_6O \xrightarrow{6} C_3H_6O_2.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Известно, что 0.336 л (н. у.) смеси пропена с бутином-1 могут легко прореагировать в темноте с 1.28 мл брома (плотность 3.14 г/мл). Во сколько раз уменьшится объем исходной газовой смеси после пропускания ее через аммиачный раствор оксида меди (I)?

**10.** Металл массой 32.4 г растворили в концентрированной азотной кислоте, при этом вся кислота восстановилась до оксида азота (IV) и было получено 200 мл 1.5 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с концентрированной серной кислотой.

## Вариант Баку-2010-2

**1.** Плотность некоторого газа по фтору равна 1.21. Определите плотность этого газа по азоту.

**2.** Определите степень окисления и массовую долю марганца в перманганате калия $KMnO_4$.

**3.** Имеется 18%-ный водный раствор муравьиной кислоты с плотностью 1.042 г/мл. Чему равна молярная концентрация кислоты в этом растворе?

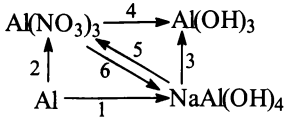
**4.** Напишите уравнения следующих реакций:

$CuCl + NH_3 + H_2O \rightarrow \ldots$

$Cr(OH)_3 + Cl_2 + NaOH \rightarrow \ldots$

**5.** Масса 24 л газа при 20°С и давлении 112 кПа равна 59.6 г. Определите молярную массу этого газа и напишите его возможную структурную формулу.

**6.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений, укажите условия их протекания:




**7.** Как повлияет повышение давления на равновесие в следующих реакциях:

а) $C_2H_6 \rightleftarrows C_2H_4 + H_2 - Q$;

б) $2CO + O_2 \rightleftarrows 2CO_2 + Q$;

в) $I_2(г) + H_2(г) \rightleftarrows 2HI(г) - Q$?

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих схеме превращений:

$$CaCO_3 \xrightarrow{1} CaO \xrightarrow{2} CaC_2 \xrightarrow{3} C_2H_2 \xrightarrow{4} C_2H_4O \xrightarrow{5} C_2H_4O_2 \xrightarrow{6} C_3H_6O_2.$$

В уравнениях приведите структурные формулы веществ и укажите условия проведения реакций.

**9.** Известно, что 3.36 л (н. у.) смеси этилена с пропином могут легко прореагировать в темноте с 10.2 мл брома (плотность 3.14 г/мл). Во сколько раз уменьшится объем исходной газовой смеси после пропускания ее через аммиачный раствор оксида серебра?

**10.** Металл массой 12.8 г растворили в концентрированной азотной кислоте, при этом вся кислота восстановилась до оксида азота (IV) и было получено 200 мл 1 М раствора соли. Определите неизвестный металл и напишите уравнение его реакции с концентрированной серной кислотой.

## Подготовительное отделение 2010

## Вариант ПО-2010-1

**1.** Напишите уравнение реакции между оксидом элемента II группы и оксидом элемента третьего периода.

**2.** Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций:

а) $Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2SO_4 \rightarrow \ldots$

б) $S + HNO_3(конц) \rightarrow \ldots$

**3.** Сколько граммов кристаллогидрата $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ необходимо добавить к 100 мл 5%-ного раствора сульфата магния с плотностью 1.03 г/мл, чтобы получить 10%-ный раствор?

**4.** Расшифруйте схему превращений, запишите соответствующие уравнения реакций:

$$CuO \xrightarrow{C,\,t^\circ} \mathbf{X_1} \xrightarrow{H_2SO_4\ конц} \mathbf{X_2} \xrightarrow{NaOH} \mathbf{X_3} \xrightarrow{CH_3CHO} \mathbf{X_4} + \mathbf{X_5}.$$

**5.** Расшифруйте схему превращений, запишите соответствующие уравнения реакций, определите неизвестные вещества:

$$CaC_2 \xrightarrow{H_2O} \mathbf{A} \xrightarrow{C,\,t^\circ} \mathbf{B} \xrightarrow{HNO_3,\,H_2SO_4} \mathbf{C} \xrightarrow{Zn\,/\,HCl} \mathbf{D}.$$

**6.** Продукты полного сгорания 3.36 л сероводорода (н. у.) в избытке кислорода поглощены 50.4 мл 23%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1.21 г/мл). Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе и массу осадка, который образуется при обработке этого раствора избытком гидроксида кальция.

**7.** При сгорании смеси метиламина и этанола образовалось 18 г воды и 2.24 л газа (н. у.), не растворимого в растворе щелочи. Вычислите массовую долю метиламина в исходной смеси.

## Вариант ПО-2010-2

**1.** Напишите уравнение реакции между оксидом элемента I группы и оксидом элемента второго периода.

**2.** Напишите уравнения окислительно-восстановительных реакций:

а) $Na_2SO_3 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \ldots$

б) $P + HNO_3(конц) \rightarrow \ldots$

**3.** Сколько граммов кристаллогидрата $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ необходимо добавить к 100 мл 5%-ного раствора сульфата натрия с плотностью 1.07 г/мл, чтобы получить 16%-ный раствор?

**4.** Расшифруйте схему превращений, запишите соответствующие уравнения реакций:

$$Ag \xrightarrow{HNO_3,\,конц} \mathbf{X_1} \xrightarrow{NaOH} \mathbf{X_2} \xrightarrow{NH_3,H_2O} \underset{(осадок)}{\mathbf{X_3}} \xrightarrow{C_2H_5CHO} \mathbf{X_4} + \mathbf{X_5}$$

**5.** Расшифруйте схему превращений, запишите соответствующие уравнения реакций:

$$C_2H_2 \xrightarrow{H_2O,\,Hg^{2+},\,H^+} \mathbf{A} \xrightarrow{H_2,Ni} \mathbf{B} \xrightarrow{HBr} \mathbf{C} \xrightarrow{Na} \mathbf{D}$$

**6.** Продукты полного сгорания 4.48 л сероводорода (н. у.) в избытке кислорода поглощены 57.4 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность 1.22 г/мл). Вычислите массовые доли веществ в полученном растворе и массу осадка, который образуется при обработке этого раствора избытком гидроксида кальция.

**7.** При сгорании смеси анилина и бензола образовалось 11.7 г воды и 1.12 л газа (н. у.), не растворимого в растворе щелочи. Вычислите массовую долю анилина в исходной смеси.

## Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)

## Вариант Хим-1

**1.** Каковы валентности и степени окисления атомов элементов в молекулах $O_2$ и $NaClO_4$?

**2.** Напишите уравнение реакции кислотного гидролиза метилпропионата.

**3.** Какие вещества выделятся на инертных электродах при электролизе водного раствора нитрата меди (II)? Напишите уравнение реакции электролиза.

**4.** В предельной одноосновной карбоновой кислоте массовая доля кислорода равна 53.33%. Определите формулу кислоты.

**5.** Даны вещества: оксид лития, оксид серы (VI), сульфат меди (II), хлорид бария. Какую среду будут иметь растворы, полученные добавлением этих веществ к воде? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**6.** В результате некоторой реакции в единице объема в единицу времени образовалось 12.15 г бромоводорода, в результате другой реакции при тех же условиях образовалось 12.8 г иодоводорода. Какая из реакций идет с большей скоростью? Ответ мотивируйте.

**7.** Напишите уравнения следующих реакций:

а) $CrCl_3 + KOH \rightarrow \ldots$

б) $FeS + O_2 \rightarrow \ldots$

в) $C + HNO_3(\text{конц}) \rightarrow \ldots$

г) $Fe_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow \ldots$

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_3H_7Br \rightarrow C_3H_8O \rightarrow C_3H_6O \rightarrow C_3H_6O_2 \rightarrow C_3H_5ClO_2 \rightarrow C_3H_7NO_2 \rightarrow C_4H_9NO_2;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций.

**9.** Раствор, содержащий хлориды меди (II) и алюминия, разделили на две равные части объемом 100 мл каждая. К первой части добавили избыток щелочи, осадок отделили и прокалили; масса сухого остатка составила 1.60 г. Ко второй части добавили избыток раствора аммиака, осадок отделили и прокалили; масса сухого остатка составила 2.55 г. Определите молярные концентрации солей в исходном растворе.

**10.** Через 10 г смеси бензола, фенола и анилина пропустили ток сухого хлороводорода, при этом выпало 2.59 г осадка. Осадок отфильтровали, а фильтрат обработали водным раствором гидроксида натрия. Верхний органический слой отделили, его масса уменьшилась на 4.7 г. Рассчитайте массовые доли веществ в исходной смеси.

## Экзамен по химии для выпускников ЦМО МГУ (вместо ЕГЭ)

### Вариант ИН-21

**1.** Напишите электронную конфигурацию атома кислорода.

**2.** Приведите графическую формулу карбоната натрия.

**3.** Какой объем при нормальных условиях занимают 4 г метана?

**4.** Напишите уравнение реакции между цинком и соляной кислотой.

**5.** Какая масса хлорида бария содержится в 100 мл его 10%-ного раствора с плотностью 1.04 г/мл?

**6.** Какие факторы способствуют смещению равновесия в реакции

$$N_{2(г)} + 3H_{2(г)} \rightleftarrows 2NH_{3(г)} + 92 \text{ кДж}$$

в сторону образования аммиака? Ответ мотивируйте.

**7.** Приведите не менее двух химических реакций, в результате которых может быть получен гидроксид натрия.

**8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_5OH \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5Cl \rightarrow C_2H_5OH;$$

укажите условия протекания реакций.

**9.** Приведите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующую цепочку превращений:

$$KCl \rightarrow KOH \rightarrow K_2CO_3 \rightarrow KCl.$$

**10.** К 12 г 10%-ного раствора сульфата магния прилили 40 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л. Определите массу выпавшего осадка.

## Выпускной экзамен по химии СУНЦ МГУ

### Вариант СУНЦ-1-2010

**1.** Приведите формулу соли, в анионе которой одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму.

**2.** Напишите структурную формулу простейшей карбоновой кислоты, которая может существовать в виде двух оптических изомеров. Назовите это соединение.

**3.** Рассчитайте количество воды, в котором нужно растворить 14.1 г оксида цезия для получения 6.5%-ного раствора гидроксида цезия.

**4.** Какой углеводород находится в смеси с азотом, если при нормальном атмосферном давлении и температуре 60°С плотность смеси составляет 0.824 г/л?

**5.** При полном разложении нитрата металла (степень окисления +2) масса твердого остатка составила 44.4% от массы исходного нитрата. Установите формулу нитрата и напишите уравнение его разложения.

**6.** При сжигании паров ацетона в кислороде выделилось 506.5 кДж теплоты и осталось 12.1 л кислорода (измерено при давлении 103.8 кПа и температуре 29°С). Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси. Теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров ацетона равны 393.5, 241.8 и 217.6 кДж/моль соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:

$$HNO_3 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow NO_2 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow N_2 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow NH_4Cl;$$

укажите условия протекания реакций; определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_4H_6 \rightarrow C_4H_8O \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_5H_{12}O \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_5H_{10} \rightarrow C_3H_6O;$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций; определите неизвестные вещества.

**9.** Газовую смесь массой 6.18 г и объемом 3.63 л (22°С, 1 атм), состоящую из пропана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 20%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**10.** В закрытый реактор для проведения каталитической реакции

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$$

ввели 2 моль азота и 3 моль водорода. После установления равновесия было обнаружено 0.8 моль аммиака. Как и во сколько раз нужно изменить объем реактора, чтобы после введения в него 3 моль азота и 4 моль водорода степень превращения азота осталась прежней?

## Вариант СУНЦ-2-2010

**1.** Приведите формулу какой-либо соли, в катионе которой одна из связей образована по донорно-акцепторному механизму.

**2.** Напишите структурную формулу простейшего алкена, который может существовать в виде двух оптических изомеров. Назовите это соединение.

**3.** Рассчитайте количество воды, в котором нужно растворить 9.4 г оксида калия для получения 5.6%-ного раствора гидроксида калия.

**4.** Какой галоген находится в смеси с аргоном, если при нормальном атмосферном давлении и температуре 75°C плотность смеси составляет 1.37 г/л?

**5.** При полном разложении нитрата металла (степень окисления +1) масса твердого остатка составила 63.5% от массы исходного нитрата. Установите формулу нитрата и напишите уравнение его разложения.

**6.** При сжигании паров диметилового эфира в кислороде выделилось 398.5 кДж теплоты и осталось 13.7 л кислорода (измерено при давлении 100.1 кПа и температуре 27°C). Рассчитайте массовые доли компонентов в исходной смеси. Теплоты образования оксида углерода (IV), паров воды и паров диметилового эфира равны 393.5, 241.8 и 184.1 кДж/моль соответственно.

**7.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей схеме:

$$Na_2S \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow SO_2 \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow \mathbf{X_3} \rightarrow S;$$

укажите условия протекания реакций; определите неизвестные вещества.

**8.** Напишите уравнения химических реакций, соответствующих следующей последовательности превращений:

$$C_2H_6O \rightarrow C_2H_4O_2 \rightarrow \mathbf{X_1} \rightarrow C_3H_6O \rightarrow \mathbf{X_2} \rightarrow C_5H_{12}O \rightarrow C_5H_{10};$$

укажите структурные формулы веществ и условия протекания реакций; определите неизвестные вещества.

**9.** Газовую смесь массой 7.2 г и объемом 9.78 л (25°C, 1 атм), состоящую из метана и неизвестного газа, объемная доля которого составляет 20%, пропустили через аммиачный раствор оксида серебра. Определите массу выпавшего осадка.

**10.** В закрытый реактор для проведения каталитической реакции

$$CO + 2H_2 \rightleftarrows CH_3OH(\text{газ})$$

ввели 1 моль CO и 3 моль водорода. После установления равновесия было обнаружено 0.4 моль спирта. Как и во сколько раз нужно изменить объем реактора, чтобы после введения в него 2 моль CO и 5 моль водорода степень превращения оксида углерода (II) осталась прежней?

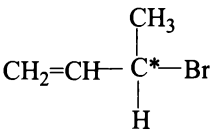
# Решения экзаменационных заданий 2006

## Химический факультет

## Вариант СО-2006-1

**1.** $Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O$ (кипячение).

**2.**



*Ответ*: 3-бромбутен-1.

**3.** Колбы и условия одинаковы, поэтому количества газов в колбах равны. Разница масс колб равна разнице масс газов, поэтому:

$$m(\text{возд.}) - m(\text{Ne}) = 29\nu - 20\nu = 0.54 \text{ г},$$

отсюда количество газов в каждой колбе составляет $\nu = 0.06$ моль.

Сравнивая массы одинаковых количеств неизвестного газа **X** и воздуха, получаем:

$$m(\mathbf{X}) - m(\text{возд.}) = 0.06M(\mathbf{X}) - 0.06\cdot 29 = 0.9 \text{ г}.$$

откуда $M(\mathbf{X}) = 44$ г/моль.

*Ответ*: $M = 44$ г/моль; газы $N_2O$, $CO_2$, $C_3H_8$.

**4.** Уравнение реакции сгорания исходного углеводорода:

$$C_xH_y + \frac{2x+0.5y}{2}O_2 \rightarrow xCO_2 + 0.5yH_2O,$$

а для следующего члена гомологического ряда:

$$C_{x+1}H_{y+2} + \frac{2(x+1)+0.5y+1}{2}O_2 \rightarrow (x+1)CO_2 + (0.5y+1)H_2O,$$

По условию задачи

$$\frac{2(x+1)+0.5y+1}{2} : \frac{2x+0.5y}{2} = 1.5,$$

или

$$\frac{x+0.25y+1.5}{x+0.25y} = 1.5.$$

Упростив это выражение, получаем

$$4x + y = 12,$$

откуда методом подбора находим $x = 2$, $y = 4$. Значит, искомый углеводород – это этилен $C_2H_4$, следующий гомолог – пропен $C_3H_6$.

*Ответ*: $C_2H_4$, $C_3H_6$.

**5.** Растворяем смесь металлов в соляной кислоте, уменьшение массы смеси – это сумма масс алюминия и кальция:

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow.$$

$$Ca + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2\uparrow.$$

Твердый остаток растворяем в концентрированной азотной кислоте, уменьшение массы остатка – масса меди:

$$Cu + 4HNO_3 \xrightarrow{t^\circ} Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O.$$

Нерастворившийся остаток – золото.

К фильтрату добавляем избыток раствора аммиака, выпавший осадок – гидроксид алюминия:

$$AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl.$$

Осадок отфильтровываем, прокаливаем до постоянной массы и взвешиваем. Это – $Al_2O_3$:

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O.$$

Массу кальция определяем по разности массы всей смеси и масс трех металлов.

**6.** Уравнение обратимой реакции:

$$N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3.$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$ для каждого из газов можно записать в виде

$$p = cRT,$$

где $c = \nu / V$ – концентрация данного газа, моль/л.

Начальное давление реакционной смеси

$$p_{нач} = (0.2 + 0.2)RT = 0.4RT.$$

Пусть прореагировало $x$ моль/л азота. Тогда равновесные концентрации веществ составят: азота – $(0.2 - x)$; водорода – $(0.2 - 3x)$; аммиака – $2x$, моль/л.

Давление газов при равновесии (конечное давление)

$$p_{конечн} = ((0.2 - x) + (0.2 - 3x) + 2x)RT = (0.4 - 2x)RT.$$

По условию задачи это давление составляет 90% от первоначального ($p_{конечн} = 0.9p_{нач}$), или

$$(0.4 - 2x)RT = 0.9 \cdot 0.4RT,$$

откуда $x = 0.02$ моль/л.

Концентрации газов в равновесии:

$$[N_2] = 0.2 - 0.02 = 0.18 \text{ моль/л},$$
$$[H_2] = 0.2 - 0.02 \cdot 3 = 0.14 \text{ моль/л},$$
$$[NH_3] = 0.02 \cdot 2 = 0.04 \text{ моль/л}.$$

Константа равновесия, выраженная через концентрации

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\cdot[H_2]^3} = \frac{0.04^2}{0.18 \cdot 0.14^3} = 3.24 .$$

*Ответ*: $K_c = 3.24$ л$^2$/моль$^2$.

7. а) $Cu(NO_3)_2 + Fe \rightarrow Fe(NO_3)_2 + Cu$;

$Cu + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

б) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

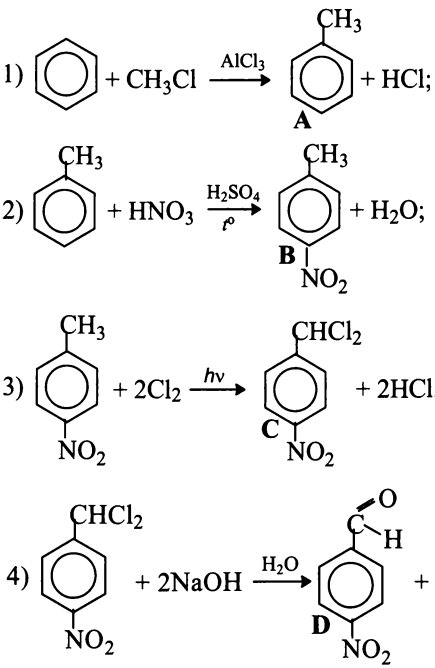
$CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$;

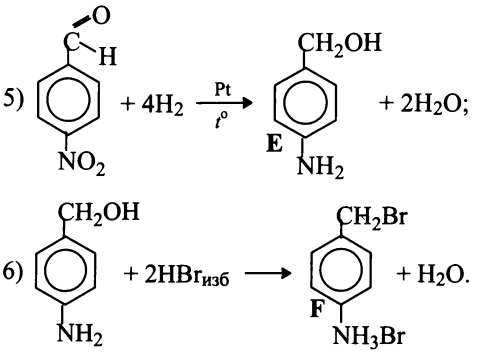
в) $Cu(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2NaNO_3$;

$CuS + 4H_2SO_4(конц) \rightarrow CuSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$.

*Ответ*: а) **X** – Cu; б) **X** – CuO; в) **X** – CuS.

**8.**






*Примечание*: при нитровании этилбензола возможно замещение в *орто*-положение.

**9.** При приливании раствора нитрата серебра к раствору смеси бромидов происходят следующие реакции:

$$NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr\downarrow + NaNO_3;$$
$$RbBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr\downarrow + RbNO_3.$$

Чтобы происходила реакция с железной пластинкой, в растворе должен остаться в избытке нитрат серебра:

$$Fe + 2AgNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_2 + 2Ag.$$

Изменение массы пластинки равно разности масс выделившегося на ней серебра и перешедшего в раствор железа. Если прореагировало $a$ моль $AgNO_3$, то в соответствии с уравнением реакции будем иметь:

$$\Delta m = m(Ag) - m(Fe) = a \cdot 108 - 0.5a \cdot 56 = 4.0 \text{ г},$$

откуда $a = 0.05$ моль.

По условию задачи исходное количество нитрата серебра

$$\nu(AgNO_3) = V \cdot c = 0.786 \cdot 0.70 = 0.55 \text{ моль},$$

а масса нитрата серебра, прореагировавшего с бромидами

$$m(AgNO_3) = 0.55 - 0.05 = 0.50 \text{ моль}.$$

Пусть всего было $x$ моль NaBr и $y$ моль RbBr; составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.5; \\ 103x + 165y = 70.1. \end{cases}$$

Решение системы дает: $x = 0.2$ моль, $y = 0.3$ моль; тогда массы солей:

$$m(NaBr) = 0.2 \cdot 103 = 20.6 \text{ г},$$
$$m(RbBr) = 0.3 \cdot 165 = 49.5 \text{ г}.$$

Массовые доли солей:

$$\omega(NaBr) = 20.6 / 70.1 = 0.294 \text{ (или } 29.4\%);$$
$$\omega(RbBr) = 49.5 / 70.1 = 0.706 \text{ (или } 70.6\%).$$

*Ответ*: 29.4% NaBr, 70.6% RbBr.

**10.** Одной из качественных реакций альдегидов является образование оранжевого (морковно-красного) осадка при нагревании со свежеосажденным гидроксидом меди (II):

$$Cu(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3\,, \qquad (1)$$

$$R\text{–}CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} R\text{–}COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O. \qquad (2)$$

По условию задачи количество $Cu(NO_3)_2$

$$\nu(Cu(NO_3)_2) = m / M = 33.84 / 188 = 0.18 \text{ моль};$$

количество $Cu(OH)_2$ из уравнения (1) также равно 0.18 моль.

Если предположить, что остаток после прокаливания состоит только из $Cu_2O$, то

$$\nu(Cu_2O) = 13.28 / 144 = 0.092 \text{ моль},$$

чего быть не может, поскольку по уравнению (2) должно образоваться $0.18 / 2 = 0.09$ моль $Cu_2O$.

Следовательно, гидроксид меди (II) был взят в избытке и при выдерживании осадка при 150°C образовался еще и оксид меди (II):

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CuO + H_2O. \qquad (3)$$

Пусть неизвестного альдегида было $x$ моль, тогда по реакции (2) прореагировало $2x$ моль $Cu(OH)_2$, образовалось $x$ моль $Cu_2O$ и осталось еще $(0.18 - 2x)$ моль непрореагировавшего гидроксида меди, который дает при нагревании по реакции (3) столько же молей оксида.

Отсюда можно составить уравнение:

$$144x + (0.18 - 2x) \cdot 80 = 13.28,$$

решением которого является $x = 0.07$ моль.

Таким образом, молярная масса неизвестного альдегида:

$$M = 3.92 / 0.07 = 56 \text{ г/моль}.$$

Молярная масса радикала R, входящего в состав альдегида, равна

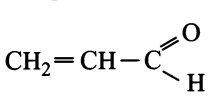
$$M(R) = 56 - 29 = 27 \text{ г/моль}.$$

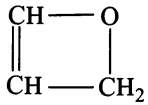
Обозначив радикал $C_xH_y$, получаем уравнение:

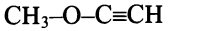
$$12x + y = 27.$$

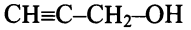
Поскольку $x$ и $y$ – целые числа, решением уравнения является $x = 2$, $y = 3$. Следовательно, радикал имеет состав $C_2H_3$, а альдегид – $C_2H_3CHO$.

Возможные изомеры:







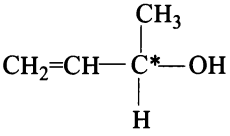


*Ответ*: $C_2H_3CHO$.

## Вариант СО-2006-2

**1.** $CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaCl$.

**2.**



*Ответ*: 3-гидроксибутен-1.

**3.** Колбы и условия одинаковы, поэтому количества газов в колбах равны. Разница масс колб равна разнице масс газов:

$$m(\text{Ar}) - m(\text{Ne}) = \nu \cdot 40 - \nu \cdot 20 = 1.4 \text{ г},$$

отсюда количество газов в каждой колбе составляет $\nu = 0.07$ моль.

Сравнивая массы одинаковых количеств аргона и неизвестного газа **X**, получаем:

$$m(\text{Ar}) - m(\mathbf{X}) = 0.07 \cdot 40 - 0.07 \cdot M(\mathbf{X}) = 0.84 \text{ г},$$

откуда $M(\mathbf{X}) = 28$ г/моль.

*Ответ*: $M = 28$ г/моль; газы $N_2$, CO, $C_2H_4$.

**4.** Уравнение реакции сгорания исходного углеводорода:

$$C_xH_y + \frac{2x+0.5y}{2}O_2 \rightarrow xCO_2 + 0.5yH_2O,$$

а для предыдущего члена гомологического ряда:

$$C_{x-1}H_{y-2} + \frac{2(x-1)+0.5y-1}{2}O_2 \rightarrow (x-1)CO_2 + (0.5y-1)H_2O.$$

По условию задачи

$$\frac{2x+0.5y}{2} : \frac{2(x-1)+0.5y-1}{2} = 1.75,$$

или

$$\frac{x+0.25y}{x+0.25y-1.5} = 1.75.$$

Упростив это выражение, получаем

$$4x + y = 14,$$

откуда методом подбора находим $x = 2$, $y = 6$. Таким образом, искомый углеводород – это этан $C_2H_6$, а его предыдущий гомолог – метан $CH_4$.

*Ответ*: $C_2H_6$, $CH_4$.

**5.** Растворяем смесь в избытке щелочи, уменьшение массы – это масса алюминия:

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow.$$

Действуем на оставшуюся смесь соляной кислотой, уменьшение массы – масса железа:

$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow.$$

Смесь оставшихся двух металлов взвешиваем и последовательно обрабатываем избытком раствора азотной кислоты:

$$3Cu + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 4H_2O,$$
$$Ag + 2HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$$

и избытком раствора хлорида натрия:

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3.$$

По массе выпавшего осадка AgCl рассчитываем массу серебра, медь определяем по разности.

**6.** Уравнение обратимой реакции образования этаналя:

$$2C_2H_4 + O_2 \rightleftarrows 2CH_3{-}CHO.$$

Уравнение Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$ для каждого из газов можно записать в виде

$$p = cRT,$$

где $c = \nu / V$ – концентрация данного газа, моль/л.

Начальное давление реакционной смеси:

$$p_{нач} = (0.1 + 0.3)RT = 0.4RT.$$

Пусть прореагировало $x$ моль/л кислорода. Тогда равновесные концентрации веществ составят: этилена – $(0.1 - 2x)$; кислорода – $(0.3 - x)$; этаналя – $2x$, г/моль.

Давление газов при равновесии (конечное давление):

$$p_{конечн} = (0.1 - 2x + 0.3 - x + 2x)RT = (0.4 - x)RT.$$

По условию задачи это давление составляет 95% от первоначального ($p_{конечн} = 0.95p_{нач}$), или

$$(0.4 - x)RT = 0.95 \cdot 0.4RT,$$

откуда $x = 0.02$ моль/л.

Концентрации газов в равновесии:

$$[C_2H_4] = 0.1 - 0.02 \cdot 2 = 0.06 \text{ моль/л},$$
$$[O_2] = 0.3 - 0.02 = 0.28 \text{ моль/л},$$
$$[C_2H_4O] = 0.02 \cdot 2 = 0.04 \text{ моль/л}.$$

Константа равновесия, выраженная через концентрации:

$$K_c = \frac{[CH_3CHO]^2}{[CH_2CH_2]^2 \cdot [O_2]} = \frac{0.04^2}{0.06^2 \cdot 0.28} = 1.59.$$

*Ответ*: $K_c = 1.59$ л$^2$/моль$^2$.

**7.** а) $CuSO_4 + Fe \rightarrow FeSO_4 + Cu$;

$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

б) $2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

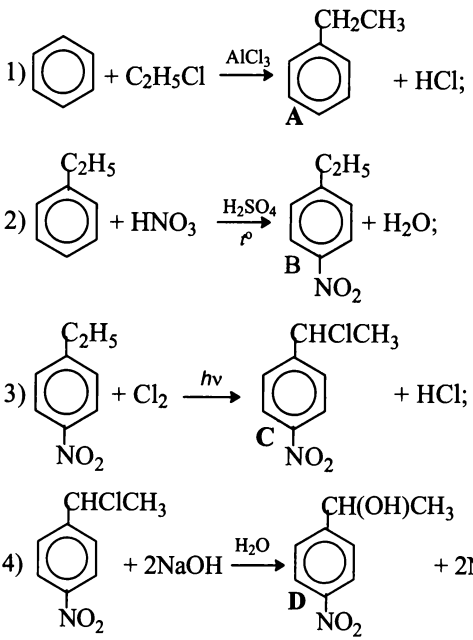
$CuO + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$;

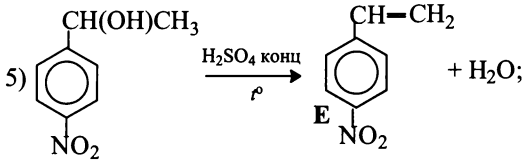
в) $CuSO_4 + K_2S \rightarrow CuS\downarrow + K_2SO_4$;

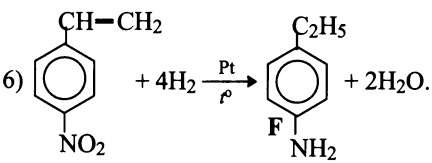
$3CuS + 8HNO_3 \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 3S\downarrow + 4H_2O$.

*Ответ*: а) **X** – Cu; б) **X** – CuO; в) **X** – CuS.

**8.**






*Примечание*: при нитровании этилбензола возможно замещение в *орто*-положение.

**9.** При приливании раствора нитрата серебра к раствору смеси хлоридов происходят следующие реакции:

$$CsCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + CsNO_3;$$
$$RbCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + RbNO_3.$$

Чтобы происходила реакция с медной пластинкой, в растворе должен остаться в избытке нитрат серебра:

$$Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag.$$

Изменение массы пластинки равно разности масс выделившегося на ней серебра и перешедшей в раствор меди. Если прореагировало $a$ моль $AgNO_3$, то в соответствии с уравнением реакции:

$$\Delta m = m(Ag) - m(Cu) = a \cdot 108 - 0.5a \cdot 64 = 4.56 \text{ г},$$

откуда $a = 0.06$ моль.

Исходное количество нитрата серебра

$$\nu(AgNO_3) = V \cdot c = 0.861 \cdot 0.65 = 0.56 \text{ моль},$$

а с хлоридами прореагировало $0.56 - 0.06 = 0.50$ моль.

Пусть всего было $x$ моль CsCl и $y$ моль RbCl; составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.5; \\ 168.5x + 120.5y = 70.0. \end{cases}$$

Решение системы дает $x = 0.203$ моль, $y = 0.297$ моль. Тогда массы солей составляют:

$$m(CsCl) = 0.203 \cdot 168.5 = 34.21 \text{ г},$$
$$m(RbCl) = 0.297 \cdot 120.5 = 35.79 \text{ г}.$$

Массовые доли солей:

$$\omega(CsCl) = 34.21 / 70.0 = 0.489 \text{ (или } 48.9\%);$$

$$\omega(RbCl) = 35.79 / 70.0 = 0.511 \text{ (или } 51.1\%).$$

*Ответ*: 48.9% CsCl, 51.1% RbCl.

**10.** Одной из качественных реакций альдегидов является образование оранжевого (морковно-красного) осадка при нагревании со свежеосажденным гидроксидом меди (II):

$$CuBr_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaBr; \quad (1)$$

$$R\text{–}CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} R\text{–}COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O. \quad (2)$$

По условию задачи количество $CuBr_2$

$$\nu(CuBr_2) = m / M = 35.84 / 224 = 0.16 \text{ моль};$$

количество $Cu(OH)_2$ по уравнению (1) также равно 0.16 моль.

Если предположить, что остаток после прокаливания состоит только из $Cu_2O$, то

$$\nu(Cu_2O) = 11.84 / 144 = 0.082 \text{ моль},$$

чего быть не может, поскольку по уравнению (2) должно образоваться $0.16 / 2 = 0.08$ моль $Cu_2O$.

Следовательно, гидроксид меди (II) был взят в избытке и при выдерживании осадка при 150°C образовался еще и оксид меди (II):

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CuO + H_2O. \quad (3)$$

Пусть неизвестного альдегида было $x$ моль, тогда по реакции (2) прореагировало $2x$ моль $Cu(OH)_2$, образовалось $x$ моль $Cu_2O$ и осталось еще $(0.16 - 2x)$ моль непрореагировавшего гидроксида, который дает при нагревании по реакции (3) столько же молей оксида.

Отсюда можно составить уравнение

$$144x + (0.16 - 2x) \cdot 80 = 11.84,$$

решением которого является $x = 0.06$ моль.

Таким образом, молярная масса неизвестного альдегида

$$M = 7.2 / 0.06 = 120 \text{ г/моль}.$$

Молярная масса радикала R, входящего в состав альдегида, равна

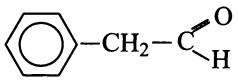
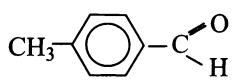
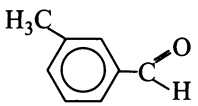
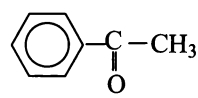
$$M(R) = 120 - 29 = 91 \text{ г/моль}.$$

Обозначив радикал $C_xH_y$, получаем уравнение:

$$12x + y = 91.$$

Поскольку $x$ и $y$ – целые числа, решением уравнения является $x = 7$, $y = 7$. Следовательно, радикал имеет состав $C_7H_7$, а альдегид – это $C_7H_7CHO$.

Возможные изомеры:

*Ответ*: $C_7H_7CHO$.

## Вариант СО-2006-3

**1.** Концентрация азотной кислоты при хранении уменьшается вследствие протекания реакции:

$$4HNO_3 \rightarrow 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O.$$

**2.** Бут-3-ен-2-амин (бутен-3-амин-2).

**3.** $M$(газа) = 30 г/моль, газы NO, $CH_2O$, $C_2H_6$.

**4.** $C_2H_6$, $C_3H_8$.

**5.** Растворяем смесь в избытке раствора соляной кислоты, уменьшение массы смеси – сумма масс стронция и хрома:

$$2Cr + 6HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 3H_2\uparrow.$$

$$Sr + 2HCl \rightarrow SrCl_2 + H_2\uparrow.$$

Твердый остаток растворяем в концентрированной азотной кислоте, уменьшение массы остатка – масса серебра:

$$Ag + 2HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O.$$

Нерастворившийся остаток – платина.

К фильтрату добавляем избыток раствора аммиака, выпавший осадок – гидроксид хрома:

$$CrCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl.$$

Осадок отфильтровываем, прокаливаем до постоянной массы и взвешиваем. Это – $Cr_2O_3$.

$$2Cr(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Cr_2O_3 + 3H_2O.$$

Массу стронция определяем по разности массы всей смеси и масс трех металлов.

**6.** $K_c = 20$ л$^2$/моль$^2$.

**7.** а) $FeSO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + Fe$;

$Fe + 6HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 3NO_2\uparrow + 3H_2O$;

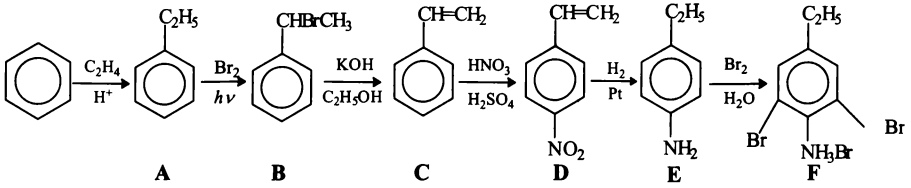
б) $4FeSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

$Fe_2O_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$;

в) $FeSO_4 + Na_2S \rightarrow Na_2SO_4 + FeS\downarrow$;

$FeS + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + S\downarrow + 2H_2O$.

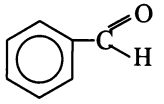
**8.** Схема превращений:




**A** **B** **C** **D** **E** **F**

**9.** $\omega(NaCl) = 0.187$; $\omega(CsCl) = 0.813$.

**10.** Бензальдегид $C_6H_5$–CHO.




Возможные изомеры:

HC≡C–$CH_2$–CO–$CH_2$–C≡CH;

$CH_3$–C≡C–$CH_2$–C≡C–CHO;

HC≡C–$CH_2$–C≡C–$CH_2$–CHO.

## Вариант СО-2006-4

**1.** Азотная кислота на свету разлагается:

$$4HNO_3 \rightarrow 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O;$$

диоксид азота – газ бурого цвета.

**2.** 3-нитробутен-1.

**3.** $M$(газа) = 32 г/моль; газы $O_2$, $SiH_4$, $C_2H_4D_2$.

**4.** $C_3H_4$, $C_2H_2$.

**5.** Действуем избытком щелочи, уменьшение массы смеси – масса цинка:

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow.$$

Растворяем в избытке соляной кислоты, уменьшение массы смеси – масса магния:

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow.$$

Действуем избытком азотной кислоты, уменьшение массы смеси – масса серебра:

$$Ag + 2HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O.$$

Масса золота определяется по разности.

**6.** $K_c = 4.5$ л$^2$/моль$^2$.

**7.** а) $3FeCl_2 + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + 2FeCl_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$;

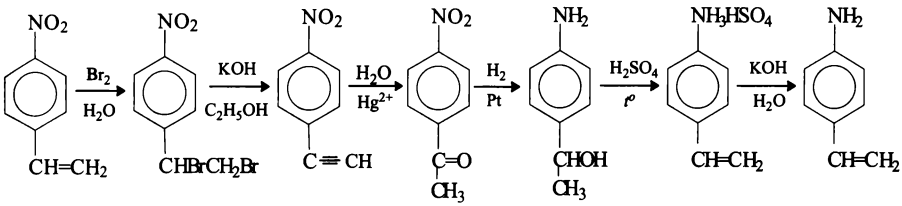
б) $2FeCl_2 + Cl_2 + 6NaOH \rightarrow 2Fe(OH)_3 + 6NaCl$;

$2Fe(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Fe_2O_3 + 3H_2O$;

в) $FeCl_2 + Na_2S \xrightarrow{t^\circ} 2NaCl + FeS\downarrow$;

$4FeS + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2$.

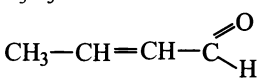
**8.** Схема превращений:




**A** **B** **C** **D** **E** **F**

**9.** $\omega(NaCl) = 0.702$, $\omega(KCl) = 0.298$.

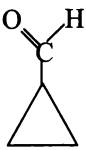
**10.** $C_3H_5$–CHO.



*кротоновый ангидрид*

Возможные изомеры:

$H_2C{=}CH{-}CO{-}CH_3$; $HC{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_2OH$;



## Биологический факультет

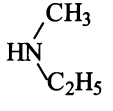
## Вариант БА-2006-1

**1.** $K_2Cr_2O_7 + 3K_2S + 7H_2SO_4 \rightarrow 3S\downarrow + Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 7H_2O$.

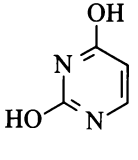
**2.** Общая формула предельных аминов $C_nH_{2n+3}N$, поэтому можно выразить число электронов как

$$34 = 6n + 2n + 3 + 7,$$

что дает $n = 3$. Искомый вторичный амин – $C_3H_9N$, его структурная формула:



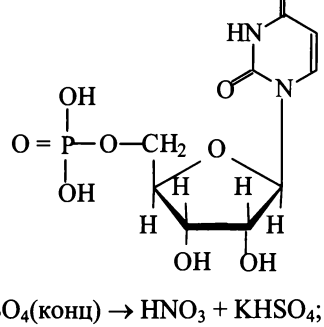
**3.** Искомое азотистое основание – урацил:



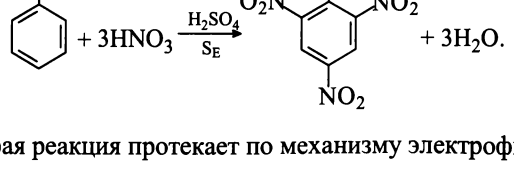
Массовая доля азота в нем

$$\omega(\mathrm{N}) = \frac{2 \cdot 14}{M(\mathrm{C_4H_4N_2O_2})} = \frac{28}{112} = 0.25 \ \ (25\%).$$

Рибонуклеотид – уридинфосфат:



**4.** 1) $KNO_{3(тв)} + H_2SO_4(конц) \rightarrow HNO_3 + KHSO_4$;

2)  $+ 3H_2O$.

Вторая реакция протекает по механизму электрофильного замещения.

*Ответ*: **X** – $HNO_3$; механизм $S_E$.

**5.** Пусть в исходной смеси было $x$ моль $Al_4C_3$ и $y$ моль $Al_2S_3$. Уравнения реакций растворения компонентов исходной смеси веществ в избытке щелочи:

$$\underset{x}{Al_4C_3} + 4NaOH + 12H_2O \rightarrow \underset{4x}{4NaAl(OH)_4} + \underset{3x}{3CH_4}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Al_2S_3} + 8NaOH \rightarrow \underset{2y}{2NaAl(OH)_4} + 3Na_2S.$$

При пропускании через раствор $CO_2$ протекает реакция:

$$\underset{4x+2y}{4NaAl(OH)_4} + CO_2 \rightarrow \underset{4x+2y}{Al(OH)_3\downarrow} + NaHCO_3.$$

Рассчитаем количества веществ метана и гидроксида алюминия:

$$\nu(CH_4) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль};$$
$$\nu(Al(OH)_3) = 62.4 / 78 = 0.8 \text{ моль}.$$

В соответствии с условиями задачи можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 3x = 0.3; \\ 4x + 2y = 0.8, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 0.1$ моль, $y = 0.2$ моль.

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(Al_4C_3) = \frac{0.1 \cdot 144}{0.1 \cdot 144 + 0.2 \cdot 150} = 0.3243 \text{ (или 32.43\%)};$$

$$\omega(Al_2S_3) = \frac{0.2 \cdot 150}{0.1 \cdot 144 + 0.2 \cdot 150} = 0.6757 \text{ (или 67.57\%)}.$$

*Ответ:* 32.43% $Al_4C_3$, 67.57% $Al_2S_3$.

**6.** Для определения pH раствора необходимо перейти от процентной концентрации к молярной. Пусть у нас имеется 1 л раствора NaOH. В нем

$$c(NaOH) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{100 \cdot M} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0.1}{100 \cdot 40} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л},$$

тогда

$$pH = 14 - pOH = 14 + \lg[OH^-] = 14 + \lg(2.5 \cdot 10^{-2}) = 12.4.$$

В случае раствора слабого электролита (например, $CH_3NH_3^+OH^-$) необходимо учитывать константу диссоциации

$$CH_3NH_3^+OH^- \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + OH^-$$

$$K_д = \frac{[CH_3NH_3^+] \cdot [OH^-]}{[CH_3NH_3^+OH^-]} = \frac{[OH^-]}{c - [OH^-]} = \frac{(2.5 \cdot 10^{-2})^2}{c - 2.5 \cdot 10^{-2}} = 4.36 \cdot 10^{-4},$$

откуда $c = 1.46$ моль/л.

*Ответ*: pH = 12.4; 1.46 М.

**7.** 1) $4Al + 3C \xrightarrow{t^\circ} Al_4C_3$;

2) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 3CH_4\uparrow + 4Al(OH)_3\downarrow$;

3) $Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$;

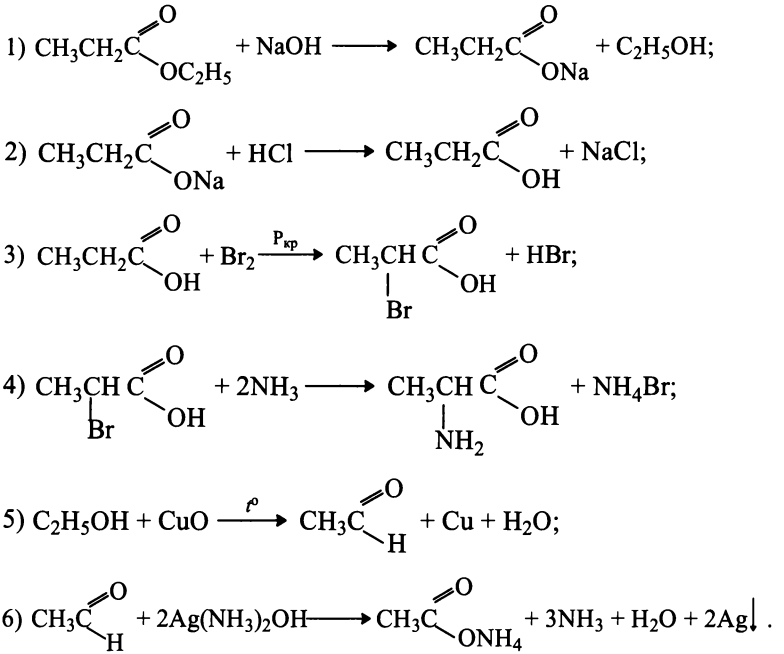
4) $8Al + 3KNO_3 + 5KOH + 18H_2O \rightarrow 8K[Al(OH)_4] + 3NH_3\uparrow$;

5) $K[Al(OH)_4] \xrightarrow{t^\circ} KAlO_2 + 2H_2O\uparrow$;

6) $KAlO_2 + 4HCl \rightarrow AlCl_3 + KCl + 2H_2O$.

*Ответ*: **A** – $Al_4C_3$; **B** – $Al(OH)_3$; **C** – $K[Al(OH)_4]$; **D** – $KAlO_2$.

**8.**



**9.** По условию задачи количество вещества фосфора

$$\nu(P) = 15.5 / 31 = 0.5 \text{ моль}.$$

При взаимодействии фосфора с хлором протекают реакции:

$$P + 1.5Cl_2 \rightarrow PCl_3 + 290 \text{ кДж/моль};$$
$$P + 2.5Cl_2 \rightarrow PCl_5 + 380 \text{ кДж/моль}.$$

Пусть в первую реакцию вступило $x$ моль фосфора, во вторую – $y$ моль. Тогда, исходя из условия задачи, можно составить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.5; \\ 290x + 380y = 163, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.3$, $y = 0.2$.

Рассчитаем количество гидроксида натрия в 800 г раствора:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{800 \cdot 0.17}{40} = 3.4 \text{ моль}$$

При добавлении избытка раствора NaOH, галогениды фосфора полностью гидролизуются с образованием средних солей соответствующих кислот:

$$\underset{0.3}{PCl_3} + \underset{1.5}{5NaOH} \rightarrow \underset{0.3}{Na_2HPO_3} + \underset{0.9}{3NaCl} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.2}{PCl_5} + \underset{1.6}{8NaOH} \rightarrow \underset{0.2}{Na_3PO_4} + \underset{1.0}{5NaCl} + 4H_2O;$$

После окончания реакций в растворе содержатся соли: 0.2 моль $Na_3PO_4$ ($m = 0.2 \cdot 164 = 32.8$ г), 0.3 моль $Na_2HPO_3$ ($m = 0.3 \cdot 126 = 37.8$ г), 1.9 моль NaCl ($m = 1.9 \cdot 58.5 = 111.15$ г), а также $3.4 - 1.5 - 1.6 = 0.3$ моль NaOH ($m = 0.3 \cdot 40 = 12$ г).

Масса раствора:

$$m = m(\text{P}) + m(Cl_2) + m(\text{р-ра NaOH}) =$$

$$15.5 + (0.3 \cdot 1.5 + 0.2 \cdot 2.5) \cdot 71 + 800 = 882.95 \text{ г}.$$

Рассчитаем массовые доли веществ в растворе:

$$\omega(Na_3PO_4) = 32.8 / 882.95 = 0.0371 \text{ (или 3.71\%)};$$

$$\omega(Na_2HPO_3) = 37.8 / 882.95 = 0.0428 \text{ (или 4.28\%)};$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 111.15 / 882.95 = 0.1259 \text{ (или 12.59\%)};$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 12 / 882.95 = 0.0136 \text{ (или 1.36\%)}.$$

*Ответ*: 3.71% $Na_3PO_4$, 4.28% $Na_2HPO_3$, 12.59% NaCl, 1.36% NaOH.

**10**. На выходе остается непоглощенным газ $N_2$, т.к.

$$M(\text{газа}) = D_{H2} \cdot 2 = 14 \cdot 2 = 28 \text{ г/моль}.$$

Исходное вещество – соль состава $C_xH_yO_zN_k$. Реакция ее сгорания выражается уравнением:

$$C_xH_yO_zN_k + (x + 0.25y - 0.5z)O_2 \rightarrow xCO_2 + 0.5yH_2O + 0.5kN_2.$$

В трубке с оксидом фосфора (V) происходит поглощение образовавшейся воды, количество которой

$$\nu(H_2O) = 4.5 / 18 = 0.25 \text{ моль}.$$

Если количество исходного вещества $C_xH_yO_zN_k$ принять за $\nu$ моль, то

$$\nu \cdot 0.5y = 0.25 \text{ моль},$$

откуда

$$\nu \cdot y = 0.5 \text{ моль}.$$

В склянке с известковой водой протекает реакция:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O,$$

в результате которой карбоната кальция образовалось

$$\nu(CaCO_3) = m / M = 15 / 100 = 0.15 \text{ моль},$$

следовательно, $CO_2$ прореагировало также 0.15 моль, т.е.

$$\nu \cdot x = 0.15 \text{ моль}.$$

Рассчитаем исходное количество кислорода и количество кислорода в медной трубке после завершения реакции:

$$\nu(O_2)_{\text{исх}} = 7.28 / 22.4 = 0.325 \text{ моль};$$

$$\nu(O_2)_{\text{конечн}} = 3.2 / 32 = 0.1 \text{ моль}$$

Значит, на реакцию горения исходного вещества кислорода было израсходовано

$$\nu(O_2) = 0.325 - 0.1 = 0.225 \text{ моль, т.е.}$$

$$\nu \cdot \left( x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} \right) = 0.225 \text{ моль},$$

откуда

$$\nu \cdot z = 0.1 \text{ моль}.$$

Из уравнения материального баланса (по массам исходных и конечных веществ) находим массу азота и его количество:

$$m(N_2) = m(C_xH_yO_zN_k) + m(O_2) - m(CO_2) - m(H_2O) =$$
$$= 5.3 + 0.225 \cdot 32 - 0.15 \cdot 44 - 4.5 = 1.4 \text{ г};$$

$$\nu(N_2) = 1.4 / 28 = 0.05 \text{ моль};$$

тогда $\nu \cdot 0.5k = 0.05$ моль и

$$\nu \cdot k = 0.1 \text{ моль}.$$

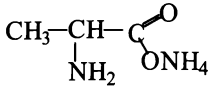
Таким образом, мы имеем следующие соотношения:

$$\nu x = 0.15,\ \nu y = 0.5,\ \nu z = 0.1 \text{ и } \nu k = 0.1,$$

из которых получаем:

$$x : y : z : k = 0.15 : 0.5 : 0.1 : 0.1 = 3 : 10 : 2 : 2.$$

Формула соли $C_3H_{10}O_2N_2$. Это, например, аммонийная соль аланина:



## Вариант БА-2006-2

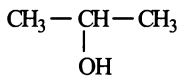
**1.** $5NaNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5NaNO_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$.

**2.** Общая формула предельных одноатомных спиртов $C_nH_{2n+2}O$, поэтому число электронов можно выразить как

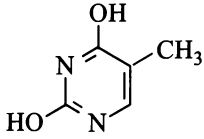
$$34 = 6n + 2n + 2 + 8,$$

отсюда $n = 3$.

Формула искомого вторичного спирта $C_3H_8O$, его структура:



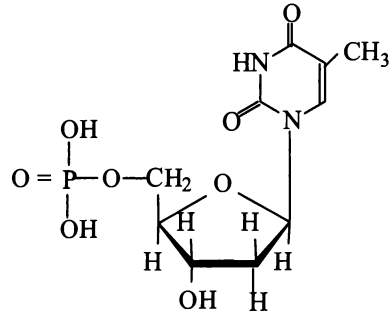
**3.** Искомое азотистое основание – тимин:



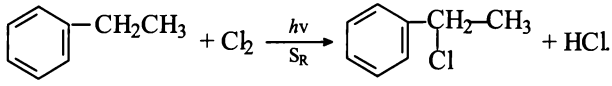
Массовая доля азота

$$\omega(\mathrm{N}) = \frac{2 \cdot 14}{M(C_5H_6N_2O_2)} = \frac{28}{126} = 0.2222 \text{ (или 22.22\%)}.$$

Дезоксирибонуклеотид – тимидинфосфат:



**4.** 1) $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2 + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$;

2) 

Вторая реакция протекает по механизму радикального замещения ($S_R$).

*Ответ*: **X** – $Cl_2$, механизм $S_R$.

**5.** Пусть в исходной смеси было $x$ моль $Al_4C_3$ и $y$ моль $CrCl_3$. Реакции растворения компонентов исходной смеси в избытке щелочи протекают по уравнениям:

$$\underset{x}{Al_4C_3} + 4NaOH + 12H_2O \rightarrow \underset{4x}{4NaAl(OH)_4} + \underset{3x}{3CH_4}\uparrow;$$

$$\underset{y}{CrCl_3} + 4NaOH \rightarrow \underset{y}{NaCr(OH)_4} + 3NaCl.$$

По условию задачи количество выделившегося метана

$$\nu(CH_4) = 13.44 / 22.4 = 0.6 \text{ моль}.$$

При пропускании через раствор $SO_2$ протекают реакции:

$$\underset{4x}{4NaAl(OH)_4} + SO_2 \rightarrow \underset{4x}{Al(OH)_3}\downarrow + NaHSO_3.$$

$$\underset{y}{NaCr(OH)_4} + SO_2 \rightarrow \underset{y}{Cr(OH)_3}\downarrow + NaHSO_3.$$

В соответствии с условием задачи можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 3x = 0.6, \\ 4x \cdot 78 + y \cdot 103 = 83, \end{cases}$$

решение которой: $x = 0.2$ моль, $y = 0.2$ моль.

Рассчитаем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(Al_4C_3) = \frac{m(Al_4C_3)}{m(Al_4C_3) + m(CrCl_3)} = \frac{0.2 \cdot 144}{0.2 \cdot 144 + 0.2 \cdot 158.5} = 0.476 \ (47.6\%);$$

$$\omega(CrCl_3) = \frac{m(CrCl_3)}{m(Al_4C_3) + m(CrCl_3)} = \frac{0.2 \cdot 158.5}{0.2 \cdot 144 + 0.2 \cdot 158.5} = 0.524 \ (52.4\%).$$

*Ответ*: 47.6% $Al_4C_3$, 52.4% $CrCl_3$.

**6.** Для определения pH раствора необходимо перейти от процентной концентрации к молярной. Пусть у нас был 1 л раствора KOH.

$$c(KOH) = \frac{V \cdot \rho \cdot \omega}{100 \cdot M} = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0.05}{100 \cdot 56} = 8.928 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л},$$

$$pH = 14 - pOH = 14 + \lg[OH^-] = 14 + \lg(8.928 \cdot 10^{-3}) = 11.95.$$

В случае слабого электролита (такого, как $C_2H_5NH_3^+OH^-$) необходимо учитывать константу диссоциации

$$C_2H_5NH_3^+OH^- \rightleftarrows C_2H_5NH_3^+ + OH^-$$

$$K_д = \frac{[C_2H_5NH_3^+] \cdot [OH^-]}{[C_2H_5NH_3^+OH^-]} = \frac{[OH^-]^2}{c - [OH^-]} = \frac{(8.928 \cdot 10^{-3})^2}{c - 8.928 \cdot 10^{-3}} = 4.68 \cdot 10^{-4},$$

откуда $c = 0.179$ моль/л.

*Ответ*: pH = 11.95, 0.179 М.

**7.** 1) $Cr_2O_3 + 2Al \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 2Cr$;

2) $2Cr + 6H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} Cr_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$;

3) $Cr_2(SO_4)_3 + 8KOH \rightarrow 2K[Cr(OH)_4] + 3K_2SO_4$;

4) $Cr_2O_3 + KClO_3 + 4KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + KCl + 2H_2O$;

5) $2K_2CrO_4 + 16HCl(\text{конц}) \rightarrow 3Cl_2\uparrow + 2CrCl_3 + 4KCl + 8H_2O$;

6) $CrCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4] + 3KCl$.

*Ответ*: **A** – Cr; **B** – $Cr_2(SO_4)_3$; **C** – $K_2CrO_4$; **D** – $CrCl_3$.

**8.**

1) $CH_3-C(=O)-OCH=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3-C(=O)-OH + CH_3-C(=O)-H$

2) $2CH_3COOH + CaO \longrightarrow (CH_3COO)_2Ca + H_2O$:

3) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t^o} CH_3-C(=O)-CH_3 + CaCO_3\downarrow$;

4) $CH_3-C(=O)-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-C(CH_3)(OH)-C\equiv N$;

5) $CH_3C(=O)H + 2Ag(NH_3)_2OH \longrightarrow CH_3C(=O)ONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$.

6) $CH_3C(=O)ONH_4 + HCl \xrightarrow{t^o} CH_3C(=O)OH + NH_4Cl$.

**9.** По условию задачи количество вещества фосфора

$$\nu(P) = 9.3 / 31 = 0.3 \text{ моль}.$$

При взаимодействии фосфора с бромом протекают реакции:

$$P + 1.5Br_2 \rightarrow PBr_3 + 176 \text{ кДж/моль};$$
$$P + 2.5Br_2 \rightarrow PBr_5 + 230 \text{ кДж/моль}.$$

Пусть в первую реакцию вступило $x$ моль фосфора, во вторую – $y$ моль. Тогда, исходя из условия задачи, можно составить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.3; \\ 176x + 230y = 58.2, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.2$ моль, $y = 0.1$ моль.

Рассчитаем количество гидроксида натрия в 500 г раствора:

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{500 \cdot 0.16}{40} = 2.0 \text{ моль}.$$

При добавлении избытка раствора NaOH, галогениды фосфора полностью гидролизуются с образованием средних солей соответствующих кислот:

$$\underset{0.2}{PBr_3} + \underset{1.0}{5NaOH} \rightarrow \underset{0.2}{Na_2HPO_3} + \underset{0.6}{3NaBr} + 2H_2O;$$

$$\underset{0.1}{PBr_5} + \underset{0.8}{8NaOH} \rightarrow \underset{0.1}{Na_3PO_4} + \underset{0.5}{5NaBr} + 4H_2O;$$

В полученном растворе содержатся следующие соли: 0.1 моль $Na_3PO_4$ ($m = 0.1 \cdot 164 = 16.4$ г), 0.2 моль $Na_2HPO_3$ ($m = 0.2 \cdot 126 = 25.2$ г), 1.1 моль NaBr ($m = 1.1 \cdot 103 = 113.3$ г), а также $2.0 - 1.8 = 0.2$ моль NaOH ($m = 0.2 \cdot 40 = 8$ г).

Масса раствора:

$$m = m(\text{P}) + m(\text{Br}_2) + m(\text{р-ра NaOH}) =$$
$$= 9.3 + (0.2 \cdot 1.5 + 0.1 \cdot 2.5) \cdot 160 + 500 = 597.3 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в растворе:

$$\omega(Na_3PO_4) = 16.4 / 597.3 = 0.0275 \text{ (или 2.75\%)};$$
$$\omega(Na_2HPO_3) = 25.2 / 597.3 = 0.0422 \text{ (или 4.22\%)};$$
$$\omega(NaBr) = 113.3 / 597.3 = 0.1897 \text{ (или 18.97\%)};$$
$$\omega(NaOH) = 8 / 597.3 = 0.0134 \text{ (или 1.34\%)}.$$

*Ответ*: 2.75% $Na_3PO_4$, 4.22% $Na_2HPO_3$, 18.97% NaBr, 1.34% NaOH.

**10.** На выходе остается непоглощенным газ $N_2$, т.к.

$$M(\text{газа}) = \rho \cdot 22.4 = 1.25 \cdot 22.4 = 28 \text{ г/моль}.$$

Исходное вещество – соль состава $C_xH_yO_zN_k$. Реакция ее сгорания выражается уравнением:

$$C_xH_yO_zN_k + (x + 0.25y - 0.5z)O_2 \rightarrow xCO_2 + 0.5yH_2O + 0.5kN_2.$$

В трубке с безводным хлоридом кальция происходит поглощение образовавшейся воды, количество которой

$$\nu(H_2O) = 8.1 / 18 = 0.45 \text{ моль}.$$

Если количество исходного вещества $C_xH_yO_zN_k$ принять за $\nu$ моль, то

$$\nu \cdot 0.5y = 0.45 \text{ моль},$$

откуда

$$\nu \cdot y = 0.9 \text{ моль}.$$

В склянке с гидроксидом бария протекает реакция:

$$Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + H_2O,$$

в результате которой карбоната бария образовалось:

$$\nu(BaCO_3) = m / M = 59.1 / 197 = 0.3 \text{ моль},$$

следовательно, $CO_2$ прореагировало также 0.3 моль и

$$\nu \cdot x = 0.3 \text{ моль.}$$

Рассчитаем исходное количество кислорода и количество кислорода в железной трубке после завершения реакции

$$\nu(O_2)_{исх} = 11.2 / 22.4 = 0.5 \text{ моль;}$$
$$\nu(O_2)_{конечн} = 4.0 / 32 = 0.125 \text{ моль}$$

Значит, на реакцию горения исходного вещества кислорода было израсходовано

$$\nu(O_2) = 0.5 - 0.125 = 0.375 \text{ моль, т.е.}$$
$$\nu \cdot \left( x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} \right) = 0.375 \text{ моль.}$$

откуда

$$\nu \cdot z = 0.3 \text{ моль.}$$

Из уравнения материального баланса (по массам исходных и конечных веществ) находим массу азота и его количество:

$$m(N_2) = m(C_xH_yO_zN_k) + m(O_2) - m(CO_2) - m(H_2O) =$$
$$= 10.7 + 0.375 \cdot 32 - 0.3 \cdot 44 - 8.1 = 1.4 \text{ г;}$$
$$\nu(N_2) = 1.4 / 28 = 0.05 \text{ моль,}$$

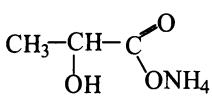
тогда $\nu \cdot 0.5k = 0.05$ моль и

$$\nu \cdot k = 0.1 \text{ моль.}$$

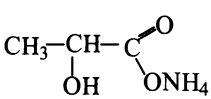
Таким образом, мы имеем следующие соотношения: $\nu x = 0.3$, $\nu y = 0.9$, $\nu z = 0.3$ и $\nu k = 0.1$, из которых получаем:

$$x : y : z : k = 0.3 : 0.9 : 0.3 : 0.1 = 3 : 9 : 3 : 1.$$

Следовательно, формула соли $C_3H_9O_3N$. Это, например, аммонийная соль молочной кислоты:



*Ответ:* лактат аммония

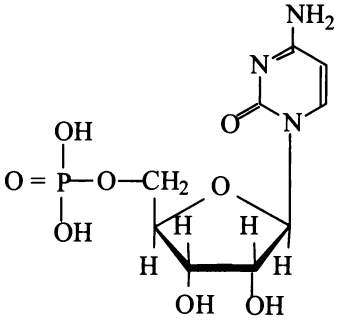


## Вариант БА-2006-3

**1.** $3Na_2SO_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow 3Na_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O$.

**2.** $CH_3–CH_2–NH_2$.

**3.** Цитидинфосфат



**4.** **X** – $HNO_3$.

**5.** 41.86% $Al_4C_3$, 58.14% $Cr_2S_3$.

**6.** pH =11.6; 0.893 М.

**7.** **A** – Mn; **B** – $MnSO_4$; **C** – $K_2MnO_4$; **D** – $MnCl_2$.

1) $MnO_2 + 2C \xrightarrow{t^\circ} Mn + 2CO$;

2) $Mn + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + H_2\uparrow$;

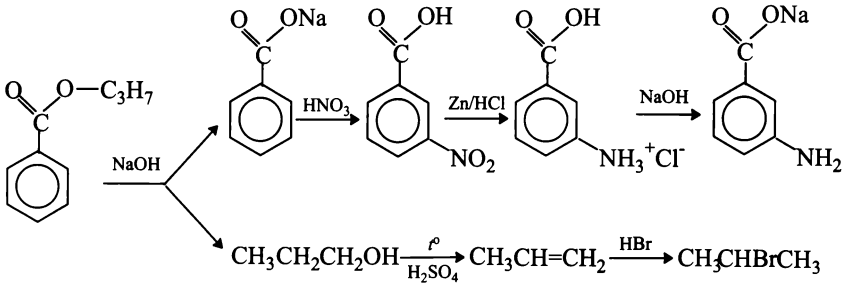
3) $MnSO_4 + Ca(NO_3)_2 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + CaSO_4\downarrow$;

4) $3MnO_2 + KClO_3 + 6KOH \rightarrow 3K_2MnO_4 + KCl + 3H_2O$;

5) $K_2MnO_4 + 8HCl(конц) \rightarrow MnCl_2 + 2Cl_2\uparrow + 2KCl + 4H_2O$;

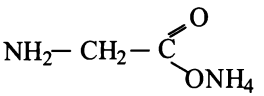
6) $MnCl_2 + AgNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + AgCl\downarrow$.

**8.** Схема превращений:




**9.** 4.45% $Na_3PO_4$, 6.84% $Na_2HPO_3$, 17.47% NaCl, 2.17% NaOH.

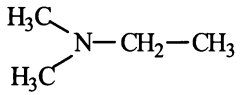
**10.** $C_2H_8O_2N_2$;



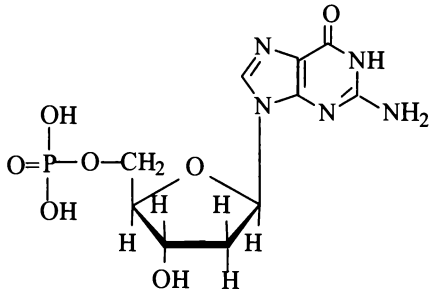
## Вариант БА-2006-4

**1.** $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$.

**2.** $C_4H_{11}N$,



**3.** Дезоксигуанозинфосфат



**4.** **X** – $Br_2$.

**5.** 51.89% $Al_4C_3$, 48.11% $AlCl_3$.

**6.** pH = 12.32; 0.757 М.

**7.** **A** – Fe; **B** – $FeSO_4$; **C** – $Fe(NO_3)_3$; **D** – $Fe_2O_3$.

1) $FeO + C \xrightarrow{t^\circ} Fe + CO$;

2) $Fe + H_2SO_4(разб.) \rightarrow FeSO_4 + H_2\uparrow$;

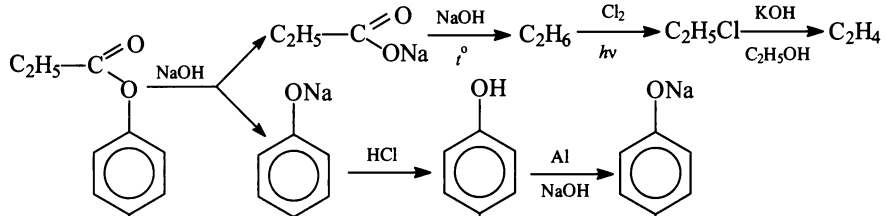
3) $6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

4) $3FeO + 10HNO_3 \rightarrow 3Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 5H_2O$

5) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$;

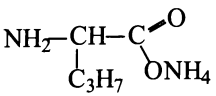
6) $Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$.

**8.** Схема превращений:




**9.** 2.54% $Na_3PO_4$, 5.86% $Na_2HPO_3$, 22.38% NaBr, 1.86% NaOH.

**10.** $C_5H_{14}O_2N_2$;



## Факультет фундаментальной медицины

### Вариант ФМБ-2006-1

**1.** Число электронов в ионе $[^{64}Zn(^{16}OH)_4]^{2-}$

$$N(e) = 30 + 4 \cdot (8 + 1) + 2 = 68.$$

Для расчета числа нейтронов воспользуемся формулой

$$A = Z + N.$$

Число нейтронов

$$N(n) = (64 - 30) + 4 \cdot (16 - 8) = 66.$$

*Ответ*: 68 электронов, 66 нейтронов.

**2.** Общая формула гомологического ряда насыщенных монокарбоновых кислот $C_nH_{2n}O_2$. Появление в молекуле тройной связи соответствует уменьшению числа атомов водорода на четыре. Искомая формула гомологического ряда $C_nH_{2n-4}O_2$.

*Ответ*: $C_nH_{2n-4}O_2$.

**3.** а) Обработать вещество соляной кислотой. При наличии примеси карбоната бария будет наблюдаться выделение пузырьков газа:

$$BaCO_3 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O.$$

б) Обработать вещество раствором щелочи при нагревании. При наличии примеси сульфата аммония будет происходить выделение пузырьков газа с резким запахом:

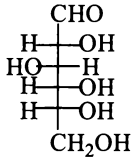
$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2SO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

**4.** Проанализируем моносахариды состава $C_n(H_2O)_n$. Массовая доля углерода в них составляет

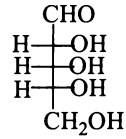
$$\omega(C) = 12n / (12n + 18n) = 0.4.$$

Это означает, что любой углевод, соответствующий вышеуказанной формуле, содержит 40% углерода по массе.

*Ответ*: например, глюкоза $C_6H_{12}O_6$ и рибоза $C_5H_{10}O_5$:




*глюкоза*




*рибоза*

**5.** Рассчитаем массу и количество $SO_3$ в составе исходного олеума:

$$m(SO_3) = m \cdot \omega = 150 \cdot 0.6 = 90 \text{ г};$$
$$\nu(SO_3) = 90 / 80 = 1.125 \text{ моль}.$$

Реакция ангидрида с водой протекает по уравнению:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4,$$

следовательно, при добавлении олеума к воде образуется 1.125 моль серной кислоты, масса которой

$$m(H_2SO_4) = 98 \cdot 1.125 = 110.25 \text{ г}.$$

Масса полученного раствора серной кислоты

$$m(\text{р-ра}) = 150 + 100 = 250 \text{ г}.$$

Суммарная масса серной кислоты в нем

$$m(H_2SO_4) = 60 + 110.25 = 170.25 \text{ г}.$$

Рассчитаем концентрацию (мольную долю) серной кислоты

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = 170.25 / 250 = 0.681 \text{ (или 68.1\%)}.$$

*Ответ*: 68.1%.

**6.** Примем, что в реактор ввели 1 моль диоксида серы и 3 моль кислорода и к моменту установления равновесия прореагировало $x$ моль диоксида серы. Тогда равновесные концентрации составят:

$$\underset{1-x}{2SO_2} + \underset{3-0.5x}{O_2} \rightleftarrows \underset{x}{2SO_3}.$$

По условию задачи в равновесной смеси будет 0.3 моль $SO_3$ ($x = 0.3$), 0.7 моль $SO_2$ и 2.85 моль $O_2$. Суммарное количество газов – 3.85 моль.

Состав равновесной смеси газов:

$$\varphi(SO_2) = 0.7 / 3.85 = 0.1818 \text{ (или 18.18\%)};$$
$$\varphi(O_2) = 2.85 / 3.85 = 0.7403 \text{ (или 74.03\%)};$$
$$\varphi(SO_3) = 0.3 / 3.85 = 0.0779 \text{ (или 7.79\%)}.$$

Чтобы решить вторую часть задачи, необходимо рассчитать константу равновесия:

$$K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{0.3^2}{0.7^2 \cdot 2.85} = 0.064.$$

Предположим, что для достижения 35%-ного выхода продукта реакции необходимо взять смесь исходных веществ в соотношении 1 : $a$ и к моменту равновесия прореагировало $y$ моль диоксида серы. Тогда равновесные концентрации составят:

$$\underset{1-y}{2SO_2} + \underset{a-0.5y}{O_2} \rightleftarrows \underset{y}{2SO_3},$$

По условию задачи в равновесной смеси будет 0.35 моль $SO_3$, следовательно, $y = 0.35$. Подставим количества газов в выражение для константы:

$$0.064 = \frac{0.35^2}{0.65^2 \cdot (a - 0.175)} = \frac{0.29}{(a - 0.175)};$$

решив это уравнение, получим $a = 4.7$.

*Ответ*: 18.18% $SO_2$; 74.03% $O_2$; 7.79% $SO_3$. Газы $SO_2$ и $O_2$ необходимо ввести в реакцию в соотношении 1 : 4.7.

**7.** 1) $CuCl + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Cu(NH_3)_2]OH + NH_4Cl$;

2) $[Cu(NH_3)_2]OH + CH_3{-}C{\equiv}CH \rightarrow C_3H_3Cu\downarrow + 2NH_3\uparrow + H_2O$;

3) $2C_3H_3Cu + H_2SO_4(\text{разб}) \rightarrow CuSO_4 + Cu + 2CH_3{-}C{\equiv}CH\uparrow$;

4) $2CuSO_4 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

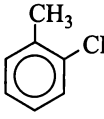
5) $CuO + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + H_2O$;

6) $CuCl_2 + Cu \xrightarrow{HCl} 2CuCl$.

*Ответ:* **X** – $[Cu(NH_3)_2]OH$; **Y** – $CuSO_4$; **Z** – $CuCl_2$.

**8.**

а) $CH_3{-}C(=O){-}O{-}CH{=}CH_2 + KOH \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}OK + CH_3{-}C(=O){-}H$;

б) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow[t^\circ]{Pt}$  $+ 4H_2$;

в) $CH_3{-}C(=O){-}OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3{-}C(=O){-}Cl + POCl_3 + HCl$.

**9.** Реакция протекает по уравнению:

$$K_2CrO_4 + CrO_3 \rightarrow K_2Cr_2O_7$$

Количество хромата калия в исходном растворе

$$\nu(K_2CrO_4) = \frac{300 \cdot 0.194}{194} = 0.3 \text{ моль}.$$

Обозначим количество $\nu(CrO_3)$ за $x$. После протекания реакции в растворе будут находиться $(0.3 - x)$ моль $K_2CrO_4$ и $x$ моль $K_2Cr_2O_7$.

Масса образовавшегося раствора составляет

$$m(\text{р-ра}) = 300 + 100x \text{ г},$$

масса хромата в нем

$$m(K_2CrO_4) = (0.3 - x) \cdot 194 \text{ г}.$$

По условию задачи

$$\omega(K_2CrO_4) = \frac{(0.3 - x) \cdot 194}{300 + 100x} = 0.125.$$

Отсюда $x = 0.1$ моль и, следовательно, в растворе находятся 0.2 моль хромата и 0.1 моль дихромата.

При прокаливании разлагается только дихромат калия:

$$4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow.$$

Твердый остаток после прокаливания состоит из двух веществ: $K_2CrO_4$ и $Cr_2O_3$. Рассчитаем их количества и массы:

$$\nu(K_2CrO_4) = 0.2 + 0.1 = 0.3 \text{ моль},$$
$$\nu(Cr_2O_3) = 0.05 \text{ моль},$$
$$m(K_2CrO_4) = 0.3 \cdot 194 = 58.2 \text{ г};$$
$$m(Cr_2O_3) = 0.05 \cdot 152 = 7.6 \text{ г}.$$

Масса твердого остатка

$$m = 58.2 + 7.6 = 65.8 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ:

$$\omega(K_2CrO_4) = 58.2 / 65.8 = 0.884 \text{ (или 88.4\%)};$$
$$\omega(Cr_2O_3) = 7.6 / 65.8 = 0.116 \text{ (или 11.6\%)}.$$

*Ответ*: 88.4% $K_2CrO_4$, 11.6% $Cr_2O_3$.

**10**. Рассчитаем количества веществ, образовавшихся при реакции органического вещества с раствором перманганата калия:

$$\nu(KHCO_3) = 40 / 100 = 0.4 \text{ моль};$$
$$\nu(CO_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль};$$
$$\nu(MnO_2) = 34.8 / 87 = 0.4 \text{ моль}.$$

По условию задачи количество неизвестного вещества **X** составляло 0.6 моль. Исходя из этого, можно найти:

$$\nu(\mathbf{X}) : \nu(KHCO_3) : \nu(CO_2) : \nu(MnO_2) = 0.6 : 0.4 : 0.2 : 0.4 = 3 : 2 : 1 : 2,$$

что соответствует схеме превращения

$$3\mathbf{X} + 2KMnO_4 \rightarrow 2KHCO_3 + CO_2\uparrow + 2MnO_2\downarrow + zH_2O.$$

Из этой схемы видно, что молекула неизвестного вещества **X** содержит только один атом углерода. Пусть формула вещества – $CH_xO_y$. Подсчитаем число атомов кислорода и водорода в обеих частях уравнения реакции:

$$3y + 8 = 6 + 2 + 4 + z \text{ (баланс по кислороду);}$$

$$3x = 2 + 2z \text{ (баланс по водороду).}$$

Если выразить $z$ из второго уравнения и подставить в первое, получим следующее соотношение между $x$ и $y$:

$$2y - x = 2.$$

Поскольку $x$ и $y$ – положительные целые числа, попробуем подобрать их значения. Единственное химически верное решение получается при

$$x = y = 2,$$

следовательно, вещество **X** – $CH_2O_2$ – это муравьиная кислота HCOOH.

$$3HCOOH + KClO_3 \rightarrow 3CO_2\uparrow + KCl + 3H_2O.$$

*Ответ*: муравьиная кислота HCOOH.

## Вариант ФМБ-2006-2

**1.** Число электронов в ионе $[^{108}Ag(^{14}NH_3)_2]^+$:

$$N(e) = 47 + 2 \cdot (7 + 3) - 1 = 66.$$

Для расчета числа нейтронов воспользуемся формулой

$$A = Z + N;$$

число нейтронов:

$$N(n) = (108 - 47) + 2 \cdot (14 - 7) = 75.$$

*Ответ*: 66 электронов, 75 нейтронов.

**2.** Общая формула гомологического ряда алканов – $C_nH_{2n+2}$. Появление в молекуле тройной связи эквивалентно уменьшению числа атомов водорода на четыре, введение двух циклов уменьшает число атомов водорода еще на четыре. Искомая общая формула – $C_nH_{2n-6}$.

*Ответ*: $C_nH_{2n-6}$.

**3.** а) Поместить вещество в воду. Примесь $CaCl_2$ должна раствориться. Отфильтровать раствор и к фильтрату добавить нитрат серебра. В случае наличия примеси образуется творожистый белый осадок:

$$CaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow.$$

б) Обработать раствором щелочи при нагревании. При наличии примеси карбоната аммония будет происходить выделение пузырьков газа с резким запахом:

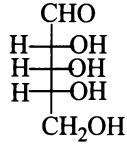
$$(NH_4)_2CO_3 + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

**4.** Проанализируем моносахариды состава $C_n(H_2O)_n$. Массовая доля кислорода в них составляет

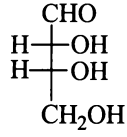
$$\omega(O) = 16n / (12n + 18n) = 0.5333.$$

Это означает, что любой углевод, соответствующий вышеуказанной формуле, содержит 53.33% кислорода по массе.

*Ответ*: например, пентоза $C_5H_{10}O_5$ и тетроза $C_4H_8O_4$:




*рибоза*




*эритроза*

**5.** Рассчитаем массу и количество $SO_3$ в составе исходного олеума ($SO_3 + H_2SO_4$):

$$m(SO_3) = m \cdot \omega = 300 \cdot 0.4 = 120 \text{ г};$$

$$\nu(SO_3) = 120 / 80 = 1.5 \text{ моль},$$

следовательно, серной кислоты в олеуме содержится 180 г.

При добавлении олеума к воде протекает реакция:

$$SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4,$$

в результате которой образуется 1.5 моль серной кислоты с массой

$$m(H_2SO_4) = 98 \cdot 1.5 = 147 \text{ г}.$$

Суммарная масса полученной серной кислоты:

$$m(H_2SO_4) = 180 + 147 = 327 \text{ г}.$$

Пусть масса прибавленной воды составляла $x$ г. Тогда суммарная масса полученного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 300 + x \text{ г}.$$

Концентрация (мольная доля) серной кислоты в этом растворе:

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = 327 / (300 + x) = 0.7.$$

Решив это уравнение, получим $x = 167.14$ г.

*Ответ*: 167.14 г.

**6.** Примем, что в реактор ввели 1 моль оксида углерода и 3 моль водорода, и к моменту установления равновесия прореагировало $x$ моль оксида углерода. Тогда равновесные концентрации составят:

$$\begin{array}{ccccc} CO & + & 2H_2 & \rightleftarrows & CH_3OH. \\ 1-x & & 3-2x & & x \end{array}$$

По условию задачи в равновесной смеси будет 0.25 моль метанола ($x = 0.25$), 0.75 моль CO и 2.5 моль $H_2$. Суммарное количество газов – 3.5 моль.

Состав равновесной смеси газов:

$$\varphi(CO) = 0.75 / 3.5 = 0.214 \text{ (или 21.4\%)};$$
$$\varphi(H_2) = 2.5 / 3.5 = 0.715 \text{ (или 71.5\%)};$$
$$\varphi(CH_3OH) = 0.25 / 3.5 = 0.071 \text{ (или 7.1\%)}.$$

Чтобы решить вторую часть задачи, необходимо рассчитать константу равновесия:

$$K = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} = \frac{0.25}{0.75 \cdot 2.5^2} = 0.0533.$$

Предположим, что для достижения 35%-ного выхода продукта реакции необходимо взять смесь исходных веществ в соотношении 1 : $a$, и к моменту равновесия прореагировало $y$ моль оксида углерода. Тогда равновесные концентрации составят:

$$\begin{array}{ccccc} CO & + & 2H_2 & \rightleftarrows & CH_3OH \\ 1-y & & a-2y & & y \end{array}$$

По условию задачи в равновесной смеси будет 0.35 моль $CH_3OH$, следовательно, $y = 0.35$. Подставим количества газов в выражение для константы равновесия:

$$0.0533 = \frac{0.35}{0.65 \cdot (a - 0.7)^2} = \frac{0.538}{(a - 0.175)^2}.$$

Решив это уравнение, получим $a = 3.35$.

*Ответ*: 21.4% CO; 71.5% $H_2$; 7.1% $CH_3OH$. Газы CO и $H_2$ необходимо ввести в реакцию в соотношении 1 : 3.35.

**7.** 1) $2Ag + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow Ag_2SO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $Ag_2SO_4 + 4NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]_2SO_4$;

3) $[Ag(NH_3)_2]_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH + BaSO_4\downarrow$;

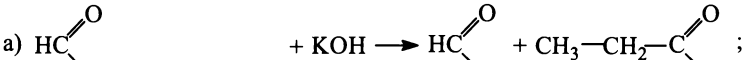
4) $[Ag(NH_3)_2]OH + CH_3{-}C{\equiv}CH \rightarrow C_3H_3Ag\downarrow + 2NH_3 + H_2O$;

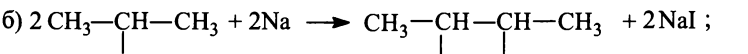
5) $C_3H_3Ag + HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + C_3H_4\uparrow$;

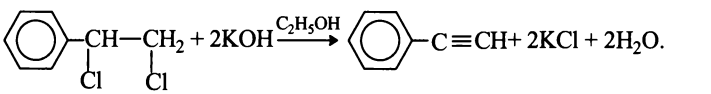
6) $2AgNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Ag + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $Ag_2SO_4$; **Y** – $[Ag(NH_3)_2]OH$; **Z** – $AgNO_3$.

**8.**

а) 

б) 

в) 

**9.** При взаимодействии фосфора с раствором гидроксида калия выделяется фосфин:

$$4P + 3KOH + 3H_2O \rightarrow 3KH_2PO_2 + PH_3\uparrow.$$

Рассчитаем молярную массу выделяющегося газа

$$M = \rho RT / p = 1.184 \cdot 8.31 \cdot 350 / 101.3 = 34 \text{ г/моль},$$

что действительно соответствует фосфину.

Количество выделившегося фосфина составляет

$$\nu(PH_3) = pV / RT = \frac{101.3 \cdot 5.74}{8.31 \cdot 350} = 0.2 \text{ моль}.$$

Примем количество КОН в исходном растворе за $x$ моль. По условию задачи массовые доли гипофосфита и щелочи в конечном растворе равны:

$$(x - 0.6) \cdot 56 = 0.6 \cdot 104,$$

откуда $x = 1.71$ моль. Рассчитаем теперь массу исходного раствора $m_{\text{исх}}$, которая связана с массой конечного раствора следующим образом:

$$m_{\text{исх}} + 0.8 \cdot 31 - 0.2 \cdot 34 = 257.4 \text{ г},$$

откуда $m_{\text{исх}} = 239.4$ г.

Массовая доля щелочи в исходном растворе

$$\omega(KOH) = 1.71 \cdot 56 / 239.4 = 0.4 \text{ (или 40\%)}.$$

*Ответ*: 40% КОН.

**10.** Рассчитаем количества веществ, образовавшихся при реакции органического вещества с раствором перманганата калия:

$$\nu(KHCO_3) = 30 / 100 = 0.3 \text{ моль};$$
$$\nu(K_2CO_3) = 20.7 / 138 = 0.15 \text{ моль};$$
$$\nu(MnO_2) = 52.2 / 87 = 0.6 \text{ моль}.$$

По условию задачи количество неизвестного вещества **X** составляло 0.45 моль. Исходя из этого, можно найти:

$$\nu(\mathbf{X}) : \nu(KHCO_3) : \nu(K_2CO_3) : \nu(MnO_2) = 0.45 : 0.3 : 0.15 : 0.6 = 3 : 2 : 1 : 4,$$

что соответствует схеме превращения

$$3\mathbf{X} + 4KMnO_4 \rightarrow 2KHCO_3 + K_2CO_3 + 4MnO_2\downarrow + zH_2O.$$

Из этой схемы видно, что молекула неизвестного вещества **X** содержит один атом углерода. Пусть его формула $CH_xO_y$. Подсчитаем число атомов кислорода и водорода в обеих частях уравнения реакции:

$$3y + 16 = 6 + 3 + 8 + z \quad \text{(баланс по кислороду);}$$

$$3x = 2 + 2z \quad \text{(баланс по водороду).}$$

Если выразить $z$ из второго уравнения и подставить в первое, получим следующее соотношение между $x$ и $y$: $x = 2y$. Поскольку $x$ и $y$ – положительные целые числа, единственное химически верное решение получается при $x = 2$ и $y = 1$.

Вещество **X** – формальдегид $CH_2O$.

$$CH_2O + 2Br_2 + H_2O \rightarrow CO_2\uparrow + 4HBr.$$

*Ответ*: формальдегид $CH_2O$.

## Вариант ФМБ-2006-3

**1.** 50 электронов, 46 нейтронов.

**2.** $C_nH_{2n-2}O$.

**3.** а) Поместить вещество в воду. Если в нем была примесь $MgSO_4$, то она растворится ($MgCO_3$ не растворяется). Профильтровать раствор, к фильтрату добавить хлорид бария. Образование белого осадка подтвердит наличие примеси:

$$MgSO_4 + BaCl_2 \rightarrow MgCl_2 + BaSO_4\downarrow.$$

б) Обработать раствором щелочи при нагревании. При наличии примеси карбоната аммония будет происходить выделение пузырьков газа с резким запахом:

$$(NH_4)_2CO_3 + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

**4.** Например, гексоза $C_6H_{12}O_6$ и тетроза $C_4H_8O_4$.

**5.** 169.7 г олеума.

**6.** Давление уменьшилось в 1.053 раза. Газы $SO_2$ и $O_2$ необходимо ввести в реакцию в соотношении 1 : 6.6.

**7.** **X** – $Ca_3P_2$, **Y** – $P_2O_5$ и **Z** – $CaHPO_4$.

1) $2P + 3Ca \xrightarrow{t^\circ} Ca_3P_2$;

2) $Ca_3P_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2PH_3\uparrow$;

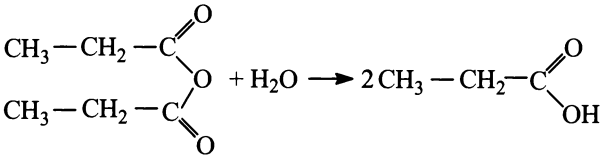
3) $2PH_3 + 4O_2 \rightarrow P_2O_5 + 3H_2O$;

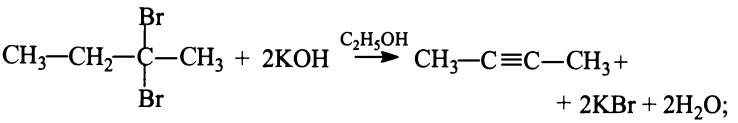
4) $P_2O_5 + 3CaO \xrightarrow{t^\circ} Ca_3(PO_4)_2$;

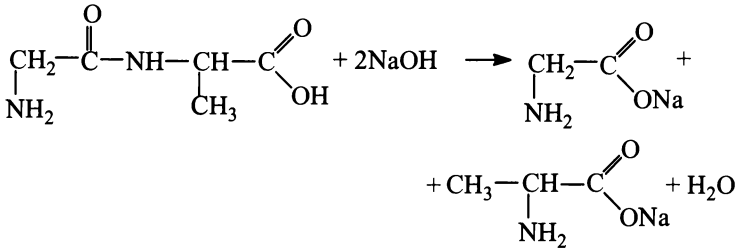
5) $Ca_3(PO_4)_2 + H_3PO_4 \rightarrow 3CaHPO_4$;

6) $2CaHPO_4 + 5C + 2SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} 2P + 5CO + 2CaSiO_3 + H_2O$.

**8.**

а) 

б) 

в) 

**9.** В твердом остатке после прокаливания 83.6% $K_2CrO_4$ и 16.4% $Cr_2O_3$.

**10.** Метилформиат $HCOOCH_3$;

$$3HCOOCH_3 + 4K_2Cr_2O_7 + 16H_2SO_4 \rightarrow 6CO_2\uparrow + 4Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 22H_2O.$$

## Вариант ФМБ-2006-4

**1.** 48 электронов, 48 нейтронов.

**2.** $C_nH_{2n-2}O$.

**3.** а) Обработать раствором щелочи при нагревании. При наличии примеси сульфата аммония будет происходить выделение пузырьков газа с резким запахом:

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2SO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

б) Поместить вещество в воду. Примесь $CaCl_2$ должна раствориться. Отфильтровать раствор и к фильтрату добавить нитрат серебра. В случае наличия примеси образуется творожистый белый осадок:

$$CaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow.$$

**4.** Дисахарид $C_8H_{14}O_7$.

**5.** 35.6%.

**6.** Давление уменьшилось в 1.034 раза. Газы CO и $H_2$ необходимо ввести в реакцию в соотношении 1 : 4.267.

**7.** **X** – $NH_3$, **Y** – $NO_2$ и **Z** – $HNO_3$.

1) $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$;

2) $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{кат}} 4NO + 6H_2O$

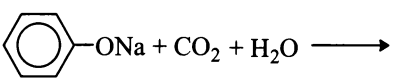
3) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

4) $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$;

5) $HNO_2 + Cl_2 + H_2O \rightarrow HNO_3 + 2HCl$;

6) $12HNO_3(\text{разб}) + 5Mg \rightarrow 5Mg(NO_3)_2 + N_2\uparrow + 6H_2O$.

**8.** а) $CH_3{-}CH_2{-}NH_2 + HNO_3 \longrightarrow CH_3{-}CH_2OH + N_2 + H_2O$;

б)  ;

в) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2\,CH_3{-}CH_2OH + 2CO_2$.
*глюкоза*

**9.** 40% $HNO_3$.

**10.** Метанол $CH_3OH$;

$$CH_3OH + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow CO_2\uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 6H_2O.$$

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант ББВ-2006-1

**1.** а) $PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$;

б) $CH_3C{\equiv}CCu + HBr \rightarrow CH_3C{\equiv}CH\uparrow + CuBr$.

**2.** По условию задачи количества вещества водорода и сероводорода относятся как

$$\nu(H_2) / \nu(H_2S) = 60 / 40 = 3 / 2,$$

тогда количества атомов водорода и сера будут относиться:

$$\nu(H) / \nu(S) = (3 \cdot 2 + 2 \cdot 2) / 2 = 5 / 1.$$

**3.** Уравнение реакции сгорания неизвестного алкана:

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)\,H_2O$$

По условию задачи количество оксида углерода

$$\nu(CO_2) = 26.4 / 44 = 0.6 \text{ моль}.$$

Выразим количество вещества алкана:

$$\nu(C_nH_{2n+2}) = 8.6 / (14n + 2) \text{ моль}.$$

Исходя из этого, можно записать:

$$n = \nu(CO_2) / \nu(C_nH_{2n+2}) = 0.6 \cdot (14n + 2) / 8.6 ,$$

откуда $n = 6$.

*Ответ*: $C_6H_{14}$.

**4.** Алкены: $CH_2{=}CH_2 + HCl \rightarrow CH_3{-}CHCl$;

алкины: $CH{\equiv}CH + HCl \xrightarrow{AlCl_3} CH_2{=}CHCl$;

амины: $CH_3{-}NH_2 + HCl \rightarrow CH_3{-}NH_3^+Cl^-$;

спирты: $C_2H_5OH + HCl(\text{сухой}) \xrightarrow{t^\circ} C_2H_5Cl + H_2O$.

**5.** Реакция протекает по уравнению:

$$3O_2 \rightleftarrows 2O_3$$

Пусть исходное количество кислорода равно 1 моль, и к моменту равновесия прореагировало $x$ моль $O_2$. Тогда в равновесной системе имеем $(1 - x)$ моль $O_2$ и $2x/3$ моль $O_3$.

Общее количество газов в системе:

$$\nu_{общ} = 1 - x + 2x/3 = (3 - x) /3 \text{ моль}.$$

По условию задачи

$$\varphi(O_3) = \frac{\nu(O_3)}{\nu_{общ}} = \frac{2x/3}{(3-x)/3} = 0.14,$$

откуда $x = 0.196$.

Выход реакции

$$\eta = x / x_{исх} = 0.196 / 1 = 0.196 \text{ (или } 19.6\%).$$

*Ответ*: 19.6%.

**6.** Уравнения реакций сгорания компонентов смеси:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Q_1.$$
$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O + Q_2.$$

По закону Гесса тепловые эффекты реакций составляют:

$$Q_1 = Q_{обр}(CO_2) + 2Q_{обр}(H_2O) - Q_{обр}(CH_4) = 890.29 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}.$$
$$Q_2 = 3Q_{обр}(CO_2) + 4Q_{обр}(H_2O) - Q_{обр}(C_3H_8) =$$
$$= 2323.7 - Q_{обр}(C_3H_8) \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}.$$

Из условия задачи рассчитаем количество метана и пропана:

$$\nu(CH_4) = 0.75 \cdot 134.4 / 22.4 = 4.50 \text{ моль},$$

$$\nu(C_3H_8) = 0.25 \cdot 134.4 / 22.4 = 1.50 \text{ моль}.$$

Выразим количество теплоты, выделившейся при сгорании смеси газов:

$$\nu(CH_4) \cdot Q_1 + \nu(C_3H_8) \cdot Q_2 = 7336 \text{ кДж}.$$

Подставив найденные значения, получим

$$4.5 \cdot 890.29 + 1.5 \cdot (2323.7 - Q_{обр}(C_3H_8)) = 7336,$$

откуда $Q_{обр}(C_3H_8) = 103.9$ кДж·моль$^{-1}$.

*Ответ*: 103.9 кДж·моль$^{-1}$.

**7.** 1) $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$;

2) $CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2\uparrow$;

3) $Ca(NO_3)_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaNO_3$;

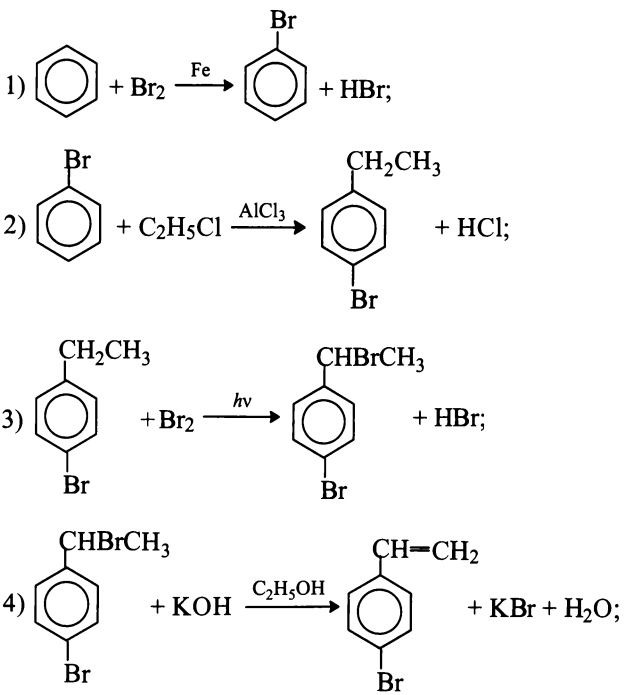
4) $CaCO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2\uparrow + H_2O$;

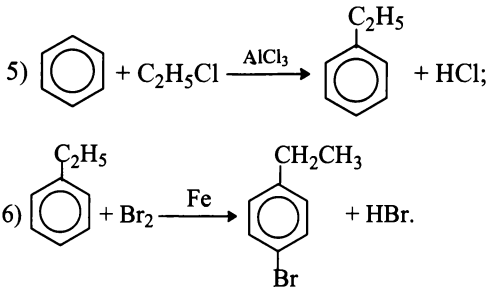
5) $Ca(HCO_3)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2CO_2\uparrow + 2H_2O$;

6) $2Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CaO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $CaCO_3$, **Y** – $Ca(NO_3)_2$.

**8.**






*Ответ*: **X** – $C_6H_5Br$, **Y** – $C_6H_5C_2H_5$.

**9.** Из условия задачи (первый случай) константа равновесия обратимой реакции **A** + **B** ⇄ 2**C** равна:

$$K = \frac{[\mathbf{C}]^2}{[\mathbf{A}]\cdot[\mathbf{B}]} = \frac{(3+2)^2}{(3-1)\cdot(3-1)} = 6.25.$$

Выразим константу равновесия для второго случая, приняв за $x$ изменение количества вещества **A**:

$$K = 6.25 = \frac{[\mathbf{C}]^2}{[\mathbf{A}]\cdot[\mathbf{B}]} = \frac{(1+2x)^2}{(3-x)\cdot(2-x)},$$

откуда $x = 1.11$ моль.

Зная величину $x$, можем рассчитать равновесный состав смеси:

$$\varphi(\mathbf{A}) = (3 - 1.11) / 6 = 0.315 \text{ (или 31.5\%)};$$
$$\varphi(\mathbf{B}) = (2 - 1.11) / 6 = 0.148 \text{ (или 14.8\%)};$$
$$\varphi(\mathbf{C}) = (1 + 2 \cdot 1.11) / 6 = 0.537 \text{ (или 53.7\%)};$$

*Ответ*: 31.5% **A**, 14.8% **B** и 53.7% **C**.

**10.** Уравнения реакций сгорания компонентов смеси:

$$C_3H_4 + 4O_2 \rightarrow 3CO_2 + 2H_2O;$$
$$C_nH_{2n-1}Cl + (1.5n - 0.5)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n - 1)H_2O + HCl.$$

По условию задачи суммарное количество веществ в смеси:

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{98.0\cdot 19.75}{8.31\cdot 388} = 0.6 \text{ моль}.$$

Молярная масса смеси:

$$M(\text{смеси}) = D_{\text{возд}} \cdot 29 = 2.218 \cdot 29 = 64.32 \text{ г/моль}.$$

Количество образовавшейся воды:

$$\nu(H_2O) = 21.6 / 18 = 1.2 \text{ моль}.$$

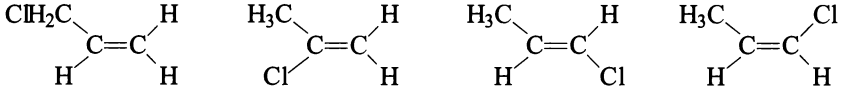
Пусть в смеси было $x$ моль $C_3H_4$ ($M_1 = 40$) и $y$ моль $C_nH_{2n-1}Cl$ ($M_2 = 14n + 34.5$).

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.6; \\ \dfrac{40x + (14n + 34.5)y}{0.6} = 64.32; \\ 2x + (n-1)y = 1.2. \end{cases}$$

Решение этой системы дает $x = 0.20$, $y = 0.40$, $n = 3$.

Таким образом, общая формула монохлоралкенов – $C_3H_5Cl$. Этой формуле соответствуют четыре изомера:



Объемные доли компонентов исходной смеси:

$$\varphi(C_3H_4) = 0.2 / 0.6 = 33.3\%,$$
$$\varphi(C_3H_5Cl) = 0.4 / 0.6 = 66.7\%.$$

*Ответ*: 4 изомерных монохлоралкена $C_3H_5Cl$; 33.3% $C_3H_4$, 66.7% $C_3H_5Cl$.

## Вариант БББ-2006-2

**1.** а) $PF_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HF$;

б) $CH_3C{\equiv}CNa + HI \rightarrow CH_3C{\equiv}CH\uparrow + NaI$.

**2.** По условию задачи

$$\nu(N_2) / \nu(NH_3) = 80 / 20 = 4 / 1,$$

тогда

$$\nu(N) / \nu(H) = (4 \cdot 2 + 1 \cdot 1) / 3 = 3 / 1.$$

**3.** Уравнение реакции сгорания неизвестного алкана:

$$C_nH_{2n+2} + \frac{3n+1}{2} O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O.$$

По условию задачи количество оксида углерода

$$\nu(CO_2) = 19.8 / 44 = 0.45 \text{ моль};$$

количество воды

$$\nu(H_2O) = 9.0 / 18 = 0.50 \text{ моль}.$$

Исходя из этого, можно записать:

$$n / (n+1) = \nu(CO_2) / \nu(H_2O) = 0.45 / 0.5,$$

откуда $n = 9$.

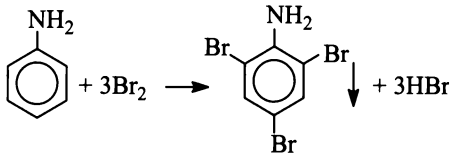
*Ответ*: $C_9H_{20}$.

**4.** Алкены: $CH_2{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br$;

алкины: $CH{\equiv}CH + 2Br_2 \rightarrow CHBr_2{-}CHBr_2$;

арены: $C_6H_6 + Br_2 \rightarrow C_6H_5Br + HBr$;

анилин:




**5.** Реакция протекает по уравнению:

$$3O_2 \rightleftarrows 2O_3$$

Пусть исходное количество кислорода равно 1 моль, и к моменту равновесия прореагировало $x$ моль $O_2$. Тогда в равновесной системе имеем $(1 - x)$ моль $O_2$ и $2x/3$ моль $O_3$.

Общее количество газов в системе:

$$\nu_{общ} = 1 - x + 2x/3 = (3 - x)/3 \text{ моль}.$$

По условию задачи

$$\varphi(O_3) = \frac{\nu(O_3)}{\nu_{общ}} = \frac{2x/3}{(3-x)/3} = 0.12,$$

откуда $x = 0.170$.

Выход реакции

$$\eta = x / x_{исх} = 0.170 / 1 = 0.170 \text{ (или } 17.0\%).$$

*Ответ*: 17.0%.

**6.** Уравнения реакций сгорания компонентов смеси:

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + Q_1.$$
$$C_2H_6 + 3.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + Q_2.$$

По закону Гесса тепловые эффекты реакций составляют:

$$Q_1 = Q_{обр}(CO_2) + 2Q_{обр}(H_2O) - Q_{обр}(CH_4) = 890.29 \text{ кДж·моль}^{-1}.$$
$$Q_2 = 2Q_{обр}(CO_2) + 3Q_{обр}(H_2O) - Q_{обр}(C_2H_6) =$$
$$= 1644.4 - Q_{обр}(C_2H_6) \text{ кДж·моль}^{-1}.$$

По условию задачи количества метана и этана:

$$\nu(CH_4) = 0.5 \cdot 156.8/22.4 = 3.5 \text{ моль},$$
$$\nu(C_2H_6) = 0.5 \cdot 156.8/22.4 = 3.5 \text{ моль},$$

а количество теплоты, выделившейся при сгорании смеси газов

$$\nu(CH_4)\cdot Q_1 + \nu(C_2H_6)\cdot Q_2 = 8575 \text{ кДж}.$$

Подставив найденные значения, получаем

$$3.5\cdot 890.29 + 3.5\cdot(1644.4 - Q_{обр}(C_2H_6)) = 8575 \text{ кДж},$$

откуда $Q_{обр}(C_2H_6) = 84.69$ кДж·моль$^{-1}$.

*Ответ*: 84.69 кДж·моль$^{-1}$.

**7.** 1) $Mg(HSO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow MgSO_3\downarrow + Na_2SO_3 + 2H_2O$;

2) $MgSO_3 \xrightarrow{t^\circ} MgO + SO_2\uparrow$;

3) $Mg(NO_3)_2 + Na_2SO_3 \rightarrow MgSO_3\downarrow + 2NaNO_3$;

4) $MgSO_3 + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + SO_2\uparrow + H_2O$;

5) $Mg(HSO_3)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Mg(NO_3)_2 + 2SO_2\uparrow + 2H_2O$;

6) $2Mg(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2MgO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $MgSO_3$, **Y** – $Mg(NO_3)_2$.

**8.**

1) $CH_3-CH=CH_2 + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$;

2) $CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3-\underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle ||}{C}}-CH_3 + Cu + H_2O$;

3) $CH_3-\underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle ||}{C}}-CH_3 + PCl_5 \longrightarrow CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 + POCl_3$;

4) $CH_3-\underset{\displaystyle Cl}{\overset{\displaystyle Cl}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-CH_3 + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3-C\equiv CH + 2KCl + 2H_2O$;

5) $CH_3-CH=CH_2 \xrightarrow[t^\circ]{Pt} CH_3-C\equiv CH + H_2$;

6) $CH_3-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\,H^+} CH_3-\underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle ||}{C}}-CH_3$.

**9.** Константа равновесия обратимой реакции

$$2\mathbf{A} \rightleftarrows \mathbf{B} + \mathbf{C}$$

в первом случае равна:

$$K = \frac{[\mathbf{B}][\mathbf{C}]}{[\mathbf{A}]^2} = \frac{(3+1)\cdot(3+1)}{(3-2)^2} = 16.0,$$

во втором случае:

$$K = \frac{[\mathbf{B}][\mathbf{C}]}{[\mathbf{A}]^2} = \frac{(3+x)\cdot(1+x)}{(4-2x)^2} = 16.0,$$

откуда $x = 1.57$.

Найдем объемные доли газов в равновесной смеси:

$$\varphi(\mathbf{A}) = (4 - 2x) / 8 = (4 - 2 \cdot 1.57) / 8 = 0.108 \text{ (или } 10.8\%);$$

$$\varphi(\mathbf{B}) = (3 + x) / 8 = (3 + 1.57) / 8 = 0.571 \text{ (или } 57.1\%);$$

$$\varphi(\mathbf{C}) = (1 + x) / 8 = (1 + 1.57) / 8 = 0.321 \text{ (или } 32.1\%);$$

*Ответ*: 10.8% **A**, 57.1% **B** и 32.1% **C**.

**10.** Уравнения реакций сгорания компонентов смеси:

$$C_3H_4 + 4O_2 \rightarrow 3CO_2 + 2H_2O$$

$$C_nH_{2n-1}Cl + (1.5n - 0.5)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n - 1)H_2O + HCl$$

Суммарное количество веществ в смеси

$$\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{91.3 \cdot 29.0}{8.31 \cdot 398} = 0.8 \text{ моль}.$$

Средняя молярная масса смеси

$$M = D_{\text{возд}} \cdot 29 = 2.166 \cdot 29 = 62.81 \text{ г/моль}.$$

Количество образовавшейся воды

$$\nu(H_2O) = \frac{28.8}{18} = 1.6 \text{ моль}.$$

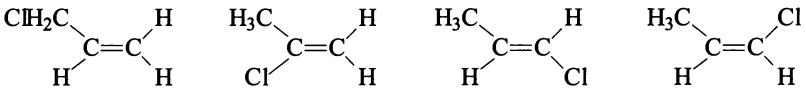
Пусть в смеси было $x$ моль $C_3H_4$ ($M_1 = 40$) и $y$ моль $C_nH_{2n-1}Cl$ ($M_2 = 14n + 34.5$).

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.8; \\ \dfrac{40x + (14n + 34.5)y}{0.8} = 62.81; \\ 2x + (n-1)y = 1.6. \end{cases}$$

Решение системы дает: $x = 0.30$, $y = 0.50$, $n = 3$.

Таким образом, общая формула монохлоралкенов $C_3H_5Cl$. Этой формуле соответствуют четыре изомера:



Объемные доли газов в исходной смеси:

$$\varphi(C_3H_4) = 0.3/0.8 = 0.375 \text{ (или } 37.5\%),$$
$$\varphi(C_3H_5Cl) = 0.5/0.8 = 0.625 \text{ (или } 62.5\%).$$

*Ответ*: 4 изомерных монохлоралкена $C_3H_5Cl$; 37.5% $C_3H_4$, 62.5% $C_3H_5Cl$.

## Вариант ББВ-2006-3

**1.** а) $4NaO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2Na_2CO_3 + 3O_2$;

б) $CO + NaOH \xrightarrow{t^\circ} HCOONa$.

**2.** $\nu(H) : \nu(N) = 6 : 1$.

**3.** $C_7H_{16}$.

**4.** Кислоты: $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$;

сложные эфиры: $CH_3COOCH_3 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + CH_3OH$;

галогеналканы: $C_2H_5{-}Cl + NaOH \rightarrow C_2H_5{-}OH + NaCl$;

фенолы: $C_6H_5{-}OH + NaOH \rightarrow C_6H_5{-}ONa + H_2O$.

**5.** 12.9%.

**6.** 126.3 кДж·моль$^{-1}$.

**7.** **X** – $Ba_3(PO_4)_2$, **Y** – $Ba(NO_3)_2$.

1) $Ba(H_2PO_4)_2 + 2Ba(OH)_2 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 4H_2O$.

2) $Ba_3(PO_4)_2 + 5C \xrightarrow{t^\circ} 3BaO + 2P + 5CO\uparrow$.

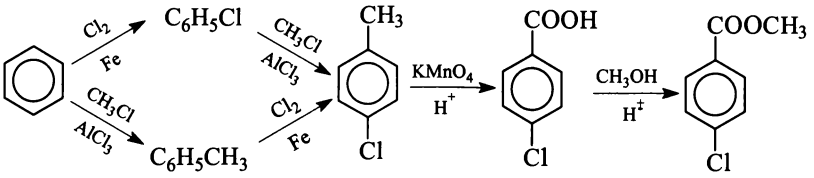
3) $3Ba(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$.

4) $Ba_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 \rightarrow 3Ba(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$.

5) $Ba(H_2PO_4)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$.

6) $2Ba(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2BaO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

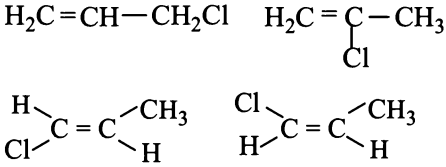
**8.** Схема превращений:



**9.** 17.4% **A**, 34.0% **B** и 48.6% **C**.

**10.** Монохлоралкен $C_3H_5Cl$; 64.3% $C_3H_4$, 35.7% $C_3H_5Cl$.

Изомеры:



## Вариант БББ-2006-4

**1.** а) $Na_3N + 3H_2O \rightarrow 3NaOH + NH_3\uparrow$;

б) $(CH_3CO)_2O + CaO \rightarrow (CH_3COO)_2Ca$.

**2.** $\nu(O) : \nu(C) = 8 : 1$.

**3.** Формула алкана $C_4H_{10}$.

**4.** Алкены: $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH_2{-}OH$;

алкины: $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\ H^+} CH_3{-}CHO$;

ангидриды кислот: $(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2CH_3COOH$;

сложные эфиры: $CH_3COOCH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3COOH + CH_3OH$.

**5.** 10.1%.

**6.** 134.7 кДж·моль$^{-1}$.

**7.** **X** – $Ca_3(PO_4)_2$, **Y** – $Ca(NO_3)_2$.

1) $2CaHPO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 2H_2O$.

2) $Ca_3(PO_4)_2 + 5C \xrightarrow{t^\circ} 3CaO + 2P + 5CO$.

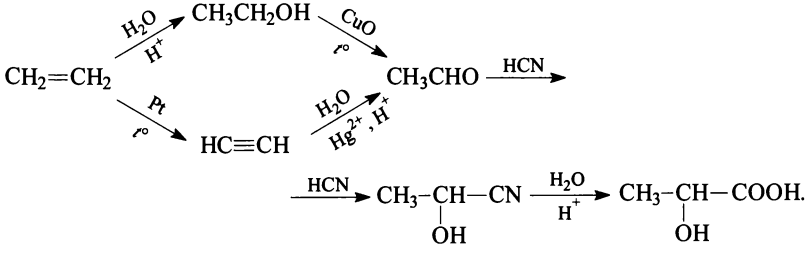
3) $3Ca(NO_3)_2 + 2Na_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6NaNO_3$.

4) $Ca_3(PO_4)_2 + 6HNO_3 \rightarrow 3Ca(NO_3)_2 + 2H_3PO_4$.

5) $CaHPO_4 + 2HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_3PO_4$.

6) $2Ca(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CaO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

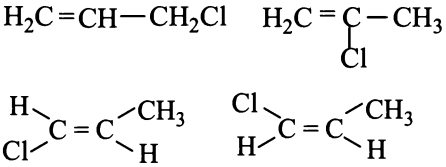
**8.** Схема превращений:



**9.** 19.7% **A**, 47.3% **B** и 33.0% **C**.

**10.** Монохлоралкен $C_3H_5Cl$; 70.0% $C_3H_4$, 30.0% $C_3H_5Cl$.

Изомеры:



## Факультет почвоведения

### Вариант ПБ-2006-1

**1.** $P^{3-}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;

$P^{3+}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$.

**2.** $2NaOH + Br_2 \rightarrow NaBr + NaBrO + H_2O$ или

$6NaOH + 3Br_2 \xrightarrow{t^\circ} 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$.

**3.** $4KOH + 3H_3PO_4 \rightarrow K_2HPO_4 + 2KH_2PO_4 + 4H_2O$.

*Ответ:* 4 : 3.

**4.** Общая формула монобромалканов – $C_nH_{2n+1}Br$.

Исходя из условия задачи, составим уравнение:

$$n / (3n + 2) = 0.2727,$$

откуда $n = 3$. Искомая формула монобромалкана – $C_3H_7Br$.

*Ответ:* $C_3H_7Br$.

**5.** Реакция сгорания магния выражается уравнением:

$$Mg + 0.5O_2 \rightarrow MgO + Q_{\text{сгор.}}$$

Количества веществ магния и кислорода:

$$\nu(Mg) = 312 / 24 = 13 \text{ моль},$$
$$\nu(O_2) = 224 / 22.4 = 10 \text{ моль},$$

следовательно, магний – в недостатке.

Составим пропорцию:

1 моль Mg — 601.4 кДж

13 моль Mg — $Q$ кДж,

отсюда $Q = 13 \cdot 601.4 / 1 = 7818.2$ кДж.

*Ответ:* 7818.2 кДж.

**6.** 1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2\uparrow + Ca(OH)_2$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t^\circ} C_6H_6$;

3) $C_6H_6 + HNO_3(\text{конц}) \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5NO_2 + H_2O$;

4) $C_6H_5NO_2 + 3Zn + 7HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl + 3ZnCl_2 + 2H_2O$;

5) $C_6H_5NH_3Cl + NaOH \rightarrow C_6H_5NH_2 + NaCl + H_2O$.

**7.** 1) $Fe_2(SO_4)_3 + 3BaI_2 \rightarrow 2FeI_2 + I_2\downarrow + 3BaSO_4\downarrow$;

2) $FeI_2 + 2NaOH \rightarrow Fe(OH)_2\downarrow + 2NaI$;

3) $2Fe(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_3$;

4) $2Fe(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Fe_2O_3 + 3H_2O$;

5) $Fe_2O_3 + 2Al \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + Al_2O_3$;

6) $2Fe + 6H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$.

**8.** 1) $CH_3{-}CH_2{-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CHBr{-}CH_3 + HBr$;

2) $CH_3{-}CHBr{-}CH_3 + NaOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow CH_3{-}CH(OH){-}CH_3 + NaBr$;

3) $CH_3{-}CH(OH){-}CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4(\text{конц}),\ t^\circ} CH_2{=}CH{-}CH_3 + H_2O$;

4) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O$;

5) $CH_3COOH + PCl_5 \rightarrow CH_3COCl + POCl_3 + HCl$;

6) $CH_3COCl + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + HCl$.

*Ответ:* $\mathbf{X_1}$ – $CH_3CHBrCH_3$, $\mathbf{X_2}$ – $CH_3CH(OH)CH_3$, $\mathbf{X_3}$ – $CH_2{=}CHCH_3$, $\mathbf{X_4}$ – $CH_3COOH$, $\mathbf{X_5}$ – $CH_3COCl$, $\mathbf{X_6}$ – $CH_3COOC_2H_5$.

**9.** Реакция в воде протекает по уравнению:

$$AgNO_3 + KBr \rightarrow KNO_3 + AgBr\downarrow.$$

Пусть в исходной смеси было $x$ моль $AgNO_3$ и $y$ моль KBr. В полученном растворе содержится $(y - x)$ моль KBr и $x$ моль $KNO_3$, в осадок выпало $x$ моль AgBr.

Молярные массы солей составляют: $M(AgNO_3) = 170$ г/моль, $M(KBr) = 119$ г/моль, $M(KNO_3) = 101$ г/моль, $M(AgBr) = 188$ г/моль.

По условию задачи

$$\frac{m(AgBr)}{m(KBr) + m(KNO_3)} = 1.2,$$

или

$$\frac{188x}{119(y - x) + 101x} = 1.2,$$

откуда

$$y = 1.47x.$$

Рассчитаем массу исходной смеси:

$$m = x \cdot M(AgNO_3) + y \cdot M(KBr) = 170x + 1.47x \cdot 119 = 344.9x.$$

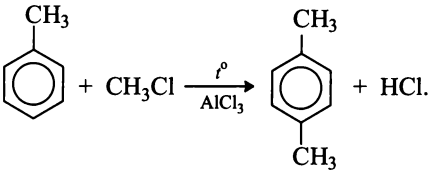
Массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(AgNO_3) = 170x / 344.9x = 0.493 \text{ (или 49.3\%)};$$

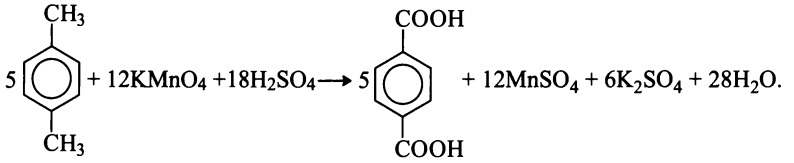
$$\omega(KBr) = 119 \cdot 1.47x = 174.9x / 344.9x = 0.507 \text{ (или 50.7\%)}.$$

*Ответ:* 49.3% $AgNO_3$, 50.7% KBr.

**10.** Реакция алкилирования толуола:



Поскольку при окислении продукта реакции алкилирования образовалась двухосновная кислота, окислению подвергался *пара-* или *орто*-ксилол:



По условию задачи количества веществ толуола и двухосновной кислоты составляют:

$$\nu(\text{толуола}) = 138 / 92 = 1.5 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{двухосн. кислоты}) = 149.4 / 166 = 0.9 \text{ моль},$$

следовательно, количество ксилола в реакции окисления также равно 0.9 моль.

Выход продукта алкилирования:

$$\eta = 0.9 / 1.5 = 0.6 \text{ (или 60\%)}.$$

*Ответ:* 60%.

## Вариант ПБ-2006-2

**1.** $S^{2-}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;

$S^{6+}$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** $2NaOH + Cl_2 \rightarrow NaCl + NaClO + H_2O$ или

$6NaOH + 3Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$.

**3.** $5KOH + 3H_3PO_4 \rightarrow 2K_2HPO_4 + KH_2PO_4 + 5H_2O$.

*Ответ:* 5 : 3.

**4.** Общая формула монобромалканов – $C_nH_{2n+1}Br$. Исходя из условия задачи, составим уравнение:

$$1 / (3n + 2) = 0.2,$$

откуда $n = 1$. Искомая формула монобромалкана – $CH_3Br$.

*Ответ:* $CH_3Br$.

**5.** Уравнение реакции сгорания серы:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 + Q_{сгор}$$

Количества веществ серы и кислорода:

$$\nu(S) = 40 / 32 = 1.25 \text{ моль},$$
$$\nu(O_2) = 11.2 / 22.4 = 0.5 \text{ моль},$$

следовательно, кислород – в недостатке.

Составим пропорцию

$$1 \text{ моль S} — 296.9 \text{ кДж}$$
$$0.5 \text{ моль S} — \quad Q \text{ кДж},$$

откуда $Q = 0.5 \cdot 296.9 / 1 = 148.45$ кДж.

*Ответ:* 148.45 кДж.

**6.** 1) $C_2H_4 \xrightarrow{Pt,\ t^\circ} C_2H_2 + H_2$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{C,\ t^\circ} C_6H_6$;

3) $C_2H_4 + C_6H_6 \xrightarrow{H^+} C_6H_5–C_2H_5$;

4) $C_6H_5CH_2CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5CHBrCH_3 + HBr$;

5) $C_6H_5CHBrCH_3 + KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} C_6H_5–CH=CH_2 + KBr + H_2O$.

**7.** 1) $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$;

2) $Fe_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$;

3) $Fe_2(SO_4)_3 + 3BaCl_2 \rightarrow 2FeCl_3 + 3BaSO_4\downarrow$;

4) $2FeCl_3 + 3Na_2S \rightarrow 2FeS\downarrow + S\downarrow + 6NaCl$;

5) $4FeS + 7O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4SO_2\uparrow$;

6) $Fe_2O_3 + 2Al \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + Al_2O_3$.

**8.** 1) $(CH_3)_2CHCOOK + KOH \xrightarrow{\text{сплавление}} CH_3CH_2CH_3 + K_2CO_3$;

2) $CH_3CH_2CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3–CHBr–CH_3 + HBr$;

3) $CH_3–CHBr–CH_3 + KOH(\text{водн}) \rightarrow CH_3–CH(OH)–CH_3 + KBr$;

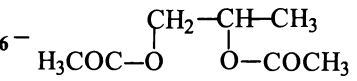
4) $CH_3–CH(OH)–CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4(\text{конц}),\ t^\circ} CH_2=CH–CH_3 + H_2O$;

5) $3CH_2=CH–CH_3 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_2(OH)–CH(OH)–CH_3 + 2MnO_2 + 2KOH$;

6) $CH_2OH–CH(OH)–CH_3 + 2CH_3COOH \xrightarrow{H^+} CH_2(OCOCH_3)–CH(OCOCH_3)–CH_3 + 2H_2O$

*Ответ:* $\mathbf{X_1}$ – $CH_3CH_2CH_3$, $\mathbf{X_2}$ – $CH_3CHBrCH_3$, $\mathbf{X_3}$ – $CH_3CH(OH)CH_3$,

$\mathbf{X_4}$ – $CH_2{=}CH{-}CH_3$, $\mathbf{X_5}$ – $CH_2(OH){-}CH(OH){-}CH_3$,

$\mathbf{X_6}$ – 

**9.** Реакция протекает по уравнению:

$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow.$$

Пусть в исходной смеси было $x$ моль $AgNO_3$ и $y$ моль NaCl. В полученном растворе содержится $(y - x)$ моль $AgNO_3$ и $y$ моль $NaNO_3$, в осадок выпало $y$ моль AgCl.

Молярные массы солей составляют: $M(AgNO_3) = 170$ г/моль, $M(NaCl) = 58{,}5$ г/моль, $M(NaNO_3) = 85$ г/моль, $M(AgCl) = 143.5$ г/моль.

По условию задачи

$$m(AgCl) = \frac{m(AgNO_3) + m(NaNO_3)}{2},$$

или

$$143.5y = \frac{170(x - y) + 85y}{2},$$

откуда $y = 0.46x$.

Рассчитаем массу исходной смеси

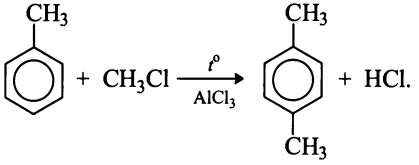
$$m(\text{смеси}) = x \cdot M(AgNO_3) + y \cdot M(NaCl) = 170x + 0.46x \cdot 58{,}5 = 196.9x.$$

Массовые доли солей в исходной смеси:

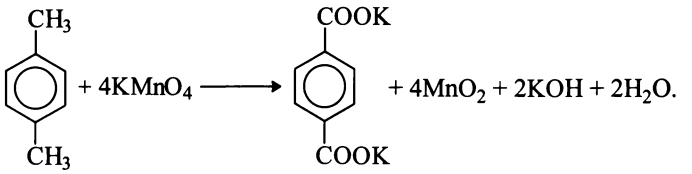
$$\omega(AgNO_3) = 170x / 196.9x = 0.863 \text{ (или } 86.3\%);$$
$$\omega(NaCl) = 26.9x / 196.9x = 0.137 \text{ (или } 13.7\%).$$

*Ответ:* 86.3% $AgNO_3$, 13.7% NaCl.

**10.** Реакция алкилирования толуола:



Поскольку при окислении продукта реакции алкилирования толуола получается соль двухосновной кислоты, окислению подвергается *пара*- или *орто*-ксилол:



По условию задачи количества веществ толуола и соли двухосновной ароматической кислоты составляют:

$$\nu(\text{толуола}) = 128 / 92 = 1.4 \text{ моль};$$
$$\nu(\text{соли}) = 169.4 / 242 = 0.7 \text{ моль},$$

следовательно, количество ксилола в реакции окисления также равно 0.7 моль.

Выход продукта алкилирования

$$\eta = 0.7 / 1.4 = 0.5 \text{ (или 50\%)}.$$

*Ответ:* 50%.

## Вариант ПБ-2006-3

**1.** $N^{5+}$: $1s^2$,
$N^{3-}$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** $Si + 2NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + 2H_2\uparrow$.

**3.** 3 : 2.

**4.** $C_2H_5Br$.

**5.** 6014 кДж.

**6.** 1) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4\,(конц)} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$;

2) $CH_3CH{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} (CH_3)_2CHOH$;

3) $5C_3H_7OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5C_2H_5COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

4) $C_2H_5COOH + (CH_3)_2CHOH \xrightarrow{H^+,\ t^\circ} C_2H_5COOCH(CH_3)_2 + H_2O$;

**7.** 1) $FeCl_3 + 3NaOH \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3\,NaCl$;

2) $2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$;

3) $Fe_2(SO_4)_3 + Fe \rightarrow 3FeSO_4$;

4) $FeSO_4 + Na_2S \rightarrow FeS\downarrow + Na_2SO_4$;

5) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$;

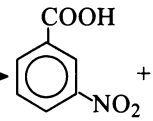
6) $2FeCl_2 + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2FeCl_3$.

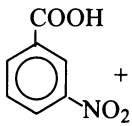
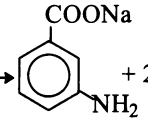
**8.** 1) $C_6H_6 + C_2H_4 \xrightarrow{H^+} C_6H_5{-}C_2H_5$;

2) $C_6H_5{-}C_2H_5 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5{-}CHBr{-}CH_3 + HBr$;

3) $C_6H_5{-}CHBr{-}CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} C_6H_5{-}CH{=}CH_2 + KBr + H_2O$;

4) $C_6H_5{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5{-}COOH + CO_2\uparrow + MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O$;

5) $C_6H_5COOH + HNO_3(конц) \xrightarrow{H_2SO_4(конц)}$  $+ H_2O$;

6)  $+ 2Al + 3NaOH + 3H_2O \longrightarrow$  $+ 2Na[Al(OH)_4]$.

**9.** 65.6% $AgNO_3$, 34.4% KBr.

**10.** 62.5%.

## Вариант ПБ-2006-4

**1.** $Si^{4-}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$,
$Si^{4+}$: $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** $Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$.

**3.** 5 : 2.

**4.** $C_4H_9Br$.

**5.** 742.25 кДж.

**6.** 1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{C,\,t^\circ} C_6H_6$;

3) $Br_2 + C_6H_6 \xrightarrow{FeBr_3} C_6H_5Br + HBr$;

4) $C_6H_5Br + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_5ONa + NaBr + H_2O$;

5) $C_6H_5ONa + HCl \rightarrow C_6H_5OH + NaCl$.

**7.** 1) $2Fe(OH)_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 6H_2O$;

2) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$;

3) $2FeCl_2 + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2FeCl_3$;

4) $FeCl_3 + 3CH_3COOAg \rightarrow Fe(CH_3COO)_3 + 3AgCl\downarrow$;

5) $2Fe(CH_3COO)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 6CH_3COOH$;

6) $Fe_2(SO_4)_3 + 6NaOH \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 3Na_2SO_4$.

**8.** 1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{C,\ 600^\circ C} C_6H_6$;

3) $C_6H_6 + CH_3{-}CH{=}CH_2 \xrightarrow{H^+} C_6H_5{-}CH(CH_3)_2$;

4) $5C_6H_5{-}CH(CH_3)_2 + 18KMnO_4 + 27H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH + 18MnSO_4 + 9K_2SO_4 + 10CO_2 + 42H_2O$;

5) $C_6H_5COOH + PCl_5 \rightarrow C_6H_5COCl + POCl_3 + HCl$;

6) $C_6H_5COCl + CH_3OH \rightarrow C_6H_5COOCH_3 + HCl$.

**9.** 39.5% $AgNO_3$, 60.5% NaCl.

**10.** 40%.

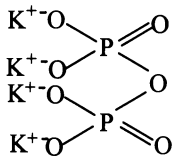
## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМВ-2006-1

**1.** Смешанная соль – это соль, образованная разными кислотами. Например, хлорная известь (хлорид-гипохлорит кальция) отвечает данному определению:

Cl–Ca–OCl.

**2.** Пирофосфат калия $K_4P_2O_7$, его графическая формула:



**3.** 1) $K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow CrO_3 + K_2SO_4 + H_2O$,

2) $4CrO_3 + 6H_2SO_4 + C_2H_5OH \rightarrow 2CO_2\uparrow + 2Cr_2(SO_4)_3 + 9H_2O$,

3) $CO_2 + KOH \rightarrow KHCO_3$.

*Ответ*: **X** – $CO_2$.

**4.**

1) $3CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3CH_3{-}\underset{OH}{CH}{-}\underset{OH}{CH_2} + 2KOH + 2MnO_2$;

2) $CH_3{-}\underset{OH}{CH}{-}\underset{OH}{CH_2} + 2PCl_5 \longrightarrow CH_3{-}\underset{Cl}{CH}{-}\underset{Cl}{CH_2} + 2POCl_3 + 2HCl$;

3) $CH_3{-}\underset{Cl}{CH}{-}\underset{Cl}{CH_2} + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3{-}C{\equiv}CH + 2KCl + 2H_2O$.

4) $CH_3{-}C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} CH_3{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}{-}CH_3$.

**5.** Процесс растворения труднорастворимой соли PbS описывается уравнением:

$$PbS \rightleftarrows Pb^{2+} + S^{2-}.$$

$$ПР(PbS) = [Pb^{2+}][S^{2-}] = 1.1\cdot10^{-29}.$$

Поскольку количества ионов свинца и сульфид-ионов в полученном насыщенном растворе равны, то можно рассчитать:

$$[Pb^{2+}] = [S^{2-}] = \sqrt{1.1 \cdot 10^{-29}} = 0.333 \cdot 10^{-14} \text{ моль/л},$$

значит, растворимость сульфида свинца составляет $0.333 \cdot 10^{-14}$ моль/л или $239 \cdot 0.333 \cdot 10^{-14} = 79.6 \cdot 10^{-14}$ г/л.

*Ответ*: $0.333 \cdot 10^{-14}$ моль/л; $79.6 \cdot 10^{-14}$ г/л.

**6.** При добавлении хлороводорода к газовой смеси происходит реакция с образованием твердого $NH_4Cl$:

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl\downarrow.$$

Конечная газовая смесь имеет среднюю молярную массу

$$M_{ср} = 0.871 \cdot 29 = = 25.259 \text{ г/моль},$$

и это означает, что конечная смесь также состоит из $NH_3$ ($M = 17$ г/моль) и $N_2$ ($M = 28$ г/моль). Аммиак в исходной смеси находился в избытке, и добавленный HCl полностью прореагировал с $NH_3$ (если бы в избытке был HCl, то в конечной смеси вместо $NH_3$ был бы HCl, и средняя молярная масса превышала 28 г/моль).

Пусть в исходной смеси было $x$ л $NH_3$ и $y$ л $N_2$, тогда в конечной газовой смеси содержатся $(x - 20)$ л $NH_3$ и $y$ л $N_2$. Можно записать следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 40, \\ \dfrac{17(x-20) + 28y}{x - 20 + y} = 25.259, \end{cases}$$

решением которой является $x = 25$, $y = 15$.

Объемные доли газов:

$$\varphi(NH_3) = 25 / 40 = 0.625 \text{ (или 62.5\%)},$$
$$\varphi(N_2) = 15 / 40 = 0.375 \text{ (или 37.5\%)}.$$

*Ответ*: 62.5% $NH_3$, 37.5% $N_2$.

**7.** Пусть в смеси содержалось $x$ моль хлорида цезия и $y$ моль хлорида рубидия. Масса смеси тогда может быть записана в следующем виде:

$$m(\text{смеси}) = 121x + 168.5y = 70 \text{ г}.$$

Из условия задачи следует, что при добавлении нитрата серебра хлориды прореагировали полностью:

$$CsCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + CsNO_3,$$
$$RbCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + RbNO_3,$$

а медная пластинка, опущенная в полученный раствор, могла реагировать только с избыточным количеством $AgNO_3$:

$$Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag.$$

Пусть избыточное количество нитрата серебра равно $z$ моль, тогда изменение массы пластинки будет определяться разницей между массой осевшего на ней серебра и массой меди, перешедшей с пластинки в раствор

$$\Delta m = 108z - 64 \cdot 0.5z = 4.56,$$

отсюда $z = 0.06$.

Из условия задачи исходное количество нитрата серебра

$$\nu(AgNO_3) = V \cdot c = 0.861 \cdot 0.65 = 0.56 \text{ моль}.$$

Это значит, что количество нитрата серебра, вступившего в реакции с хлоридами цезия и рубидия, составляет

$$\nu(AgNO_3) = 0.56 - 006 = 0.50 \text{ моль}$$

Отсюда можно записать систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.50, \\ 120.5x + 168.5y = 70, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 0.297$ моль, $y = 0.203$ моль.

Тогда массовые доли хлоридов в исходной смеси:

$$\omega(RbCl) = 0.297 \cdot 120.5 / 70 = 0.511 \text{ (или 51.1\%)},$$
$$\omega(CsCl) = 0.203 \cdot 168.5 / 70 = 0.489 \text{ (или 48.9\%)}.$$

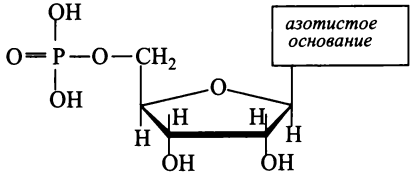
*Ответ*: 51.1% RbCl, 48.9% CsCl.

**8.** 1) $Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO_2 + 2NO_2\uparrow$,

2) $4P + 3NaOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} PH_3\uparrow + 3NaH_2PO_2$,

3) $HCOOH \xrightarrow{t,\ H_2SO_4\ конц} CO + H_2O$.

**9.** Общая формула рибонуклеотидов:




Полный гидролиз этого вещества протекает по схеме:

*Рибонуклеотид* + $2H_2O \rightarrow H_3PO_4 + C_5H_{10}O_5$ + *азотистое основание*.

Образующаяся ортофосфорная кислота реагирует с известковой водой с образованием осадка:

$$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6H_2O.$$

По условию задачи количество $Ca_3(PO_4)_2$

$$\nu(Ca_3(PO_4)_2) = 1.55 / 310 = 0.005 \text{ моль},$$

отсюда фосфорной кислоты прореагировало 0.01 моль; столько же прореагировало и рибонуклеотида.

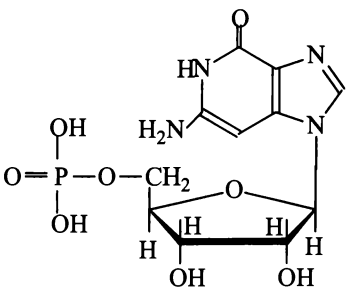
Молярная масса рибонуклеотида

$$M(\text{рибонуклеотида}) = m / \nu = 3.63 / 0.01 = 363 \text{ г/моль}.$$

В одном моле рибонуклеотида содержится азота:

$$\nu(N) = \frac{363 \cdot 0.1928}{14} = 5 \text{ моль}.$$

Это означает, что в состав азотистого основания входят пять атомов азота. Таких оснований в составе нуклеотидов может быть два: аденин и гуанин. Молярной массе нуклеотида 363 г/моль соответствует гуанин, следовательно, искомый рибонуклеотид – это гуанозинфосфат:



*Ответ*: гуанозинфосфат.

**10.** Из условия задачи рассчитаем количество нитрата меди и хлорида бария в исходных растворах:

$$\nu(Cu(NO_3)_2) = 235 \cdot 0.2 / 188 = 0.25 \text{ моль};$$
$$\nu(BaCl_2) = 150 \cdot 0.28 / 208 = 0.15 \text{ моль}.$$

Суммарная масса полученного раствора

$$m(\text{раствора}) = 235 + 150 = 385 \text{ г}.$$

Масса раствора после окончания электролиза

$$m(\text{раствора}) = m(NO_3^-) / \omega(NO_3^-) = 62 \cdot 0.5 / 0.092 = 337.0 \text{ г},$$

т.е. за счет электролиза масса раствора уменьшилась на

$$\Delta m(\text{раствора}) = 385 - 337 = 48 \text{ г}.$$

При электролизе с инертными электродами на катоде в первую очередь разряжаются ионы меди, на аноде – ионы хлора:

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu,$$
$$2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2.$$

Суммарное уравнение этих процессов выражается уравнением:

$$\underset{0.15}{Cu^{2+}} + \underset{0.3}{2Cl^-} \rightarrow \underset{0.15}{Cu} + \underset{0.15}{Cl_2}, \qquad (1)$$

В результате масса раствора уменьшилась на

$$\Delta m_1 = m(Cu) + m(Cl_2) = 0.15 \cdot 64 + 0.15 \cdot 71 = 20.25 \text{ г}.$$

Во вторую очередь на катоде также разряжаются ионы меди, на аноде – ионы $OH^-$ из воды:

$$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu,$$
$$2OH^- - 2e \rightarrow 0.5O_2\uparrow + H_2O,$$

Суммарное уравнение электродных реакций:

$$\underset{0.1}{Cu^{2+}} + \underset{0.2}{2OH^-} \rightarrow \underset{}{Cu^0} + \underset{0.05}{0.5O_2\uparrow} + H_2O; \qquad (2)$$

вследствие этих реакций масса раствора уменьшилась еще на

$$\Delta m_2(\text{раствора}) = m(Cu) + m(O_2) = 0.1 \cdot 64 + 0.05 \cdot 32 = 8.0 \text{ г}.$$

Суммарное уменьшение массы раствора теперь составляет

$$\Delta m(\text{раствора}) = \Delta m_1 + \Delta m_2 = 20.25 + 8.0 = 28.25 \text{ г}.$$

Следующим этапом электролиза является разложение воды, масса и количество которой составляют:

$$m(H_2O) = 48 - 28.25 = 19.75 \text{ г},$$
$$\nu(H_2O) = 19.75 / 18 = 1.1 \text{ моль}.$$

На катоде разряжаются ионы водорода:

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow;$$

на аноде – ионы гидроксила:

$$2OH^- - 2e \rightarrow 0.5O_2\uparrow + H_2O,$$

Суммарный процесс:

$$\underset{1.1}{H_2O} \rightarrow \underset{1.1}{H_2\uparrow} + \underset{0.55}{0.5O_2\uparrow}. \qquad (3)$$

Итак, на катоде выделились медь (реакции 1, 2) и водород (реакция 3), на аноде – хлор (реакция 1) и кислород (реакции 2, 3). Рассчитаем их массы:

$$m(Cu) = 64 \cdot (0.15 + 0.1) = 16 \text{ г};$$
$$m(H_2) = 2 \cdot 1.1 = 2.2 \text{ г};$$
$$m(Cl_2) = 71 \cdot 0.15 = 10.65 \text{ г};$$
$$m(O_2) = 32 \cdot (0.05 + 0.55) = 19.2 \text{ г}.$$

При нагревании нитрат меди разлагается:

$$2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

Реакция окисления тимина $C_5N_2H_6O_2$ (2,4-дигидрокси-5-метилпиримидин) протекает по уравнению:

$$2C_5N_2H_6O_2 + 11O_2 \rightarrow 10CO_2 + 2N_2 + 6H_2O.$$

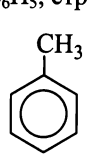
По условию задачи было взято 0.25 моль соли, которая образует 0.125 моль кислорода. Из уравнения окисления тимина следует, что 0.125 моль кислорода окислят 0.023 моль тимина.

*Ответ*: на катоде – 16 г Cu и 2.2 г $H_2$, на аноде – 10.65 г $Cl_2$ и 19.2 г $O_2$; 0.023 моль тимина.

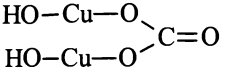
## Геологический факультет

### Вариант ГА-2006-1

**1.** Молекула толуола – $CH_3$–$C_6H_5$, структурная формула



**2.** Степень окисления меди в малахите равна +2, графическая формула



**3.** Возьмем 1 л раствора, тогда масса этого раствора

$$m = V \cdot \rho = 1000 \cdot 1.2 = 1200 \text{ г}.$$

Масса и количество серной кислоты в растворе составляют:

$$m_1 = 1200 \cdot 0.2 = 240 \text{ г},$$
$$\nu = m_1 / M = 240 / 98 = 2.45 \text{ моль}.$$

Поскольку $c = \nu / V$, следовательно, $c = 2.45$ моль/л.

*Ответ*: 2.45 М.

**4.** $Ag + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$,

$Al(OH)_3 + KOH \rightarrow K[Al(OH)_4]$.

**5.** Реакция протекает по уравнению:

$$CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2\uparrow.$$

По условию задачи количество вещества $CaCO_3$

$$\nu(CaCO_3) = m/M = 45 / 100 = 0.45 \text{ моль},$$

значит, углекислого газа выделилось также 0.45 моль.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона $pV = \nu RT$ имеем:

$$\nu = pV / RT = 101.3 \cdot V / (8.31 \cdot 1123) = 0.45 \text{ моль},$$

откуда $V = 41.46$ л.

*Ответ*: 41.46 л.

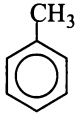
**6.** 1) $3Cu + 8HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

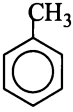
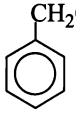
2) $Cu + 2AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag\downarrow$;

3) $CuSO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + BaSO_4\downarrow$.

**7.**

1) $3C_2H_2 \xrightarrow[t^\circ]{C}$ 

2)  $+ CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3}$ 

3)  $+ Cl_2 \xrightarrow{h\nu}$  $+ HCl$.

*Ответ*: **A** – $C_6H_6$; **B** – $C_6H_5CH_3$; **C** – $C_6H_5CH_2Cl$.

**8.** 1) $2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$;

2) $6KOH + 3Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$;

3) $2KClO_3 \xrightarrow{MnO_2, t^\circ} 2KCl + O_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $KClO_3$.

**9.** Из условия концентрация насыщенного водного раствора $NH_4Cl$ составляет 29.5%, т.е. 29.5 г $NH_4Cl$ растворено в 70.5 г воды. Для расчета растворимости этой соли в граммах на 100 г воды составим пропорцию:

$$29.5 \text{ г } NH_4Cl \cdots\cdots 70.5 \text{ г } H_2O,$$
$$x \text{ г } NH_4Cl \cdots\cdots 100 \text{ г } H_2O,$$

откуда $x = 29.5 \cdot 100 / 70.5 = 41.8$ г.

*Ответ*: 41.8 г $NH_4Cl$.

**10.** Пусть неизвестный углеводород **А** – $C_xH_y$. Реакция бромирования:

$$C_xH_y + 2Br_2 \rightarrow C_xH_yBr_4.$$

Массовая доля брома в образовавшемся соединении равна 75.8%, следовательно,

$$M(C_xH_yBr_4) = 4 \cdot 80 / 0.758 = 422 \text{ г/моль},$$
$$M(C_xH_y) = 422 - 320 = 102 \text{ г/моль}.$$

Данной молярной массе соответствует единственная молекулярная формула $C_8H_6$. Судя по тому, что данный углеводород может прореагировать максимально с двумя молекулами брома, в его состав могут входить одна тройная или же две двойные связи. Реально осуществляется только первый вариант.

Ароматический углеводород с тройной связью – это $C_6H_5–C{\equiv}CH$.

Уравнения реакций:

$$C_6H_5–C{\equiv}CH + 2Br_2 \rightarrow C_6H_5–CBr_2–CHBr_2,$$

$$5C_6H_5–C{\equiv}CH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH + 5CO_2 + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O,$$

$$C_6H_5–C{\equiv}CH + H_2O \rightarrow C_6H_5–CO–CH_3 \text{ (реакция Кучерова)}.$$

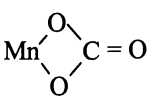
*Ответ*: $C_6H_5–C{\equiv}CH$.

## Вариант ГА–2006–2

**1.** Молекула анилина – $NH_2C_6H_5$, структурная формула:



**2.** $Mn^{+2}$, графическая формула $MnCO_3$:



**3.** 3.49 М.

**4.** 1) $Cu + 4HNO_3(\text{конц}) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $Cr(OH)_3 + KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4]$.

**5.** 44.03 л.

**6.** 1) $4Zn + 10HNO_3(\text{оч.разб}) \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$;

2) $ZnCl_2 + AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Zn(NO_3)_2$;

3) $Cu(NO_3)_2 + Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Cu\downarrow$.

**7.** **А** – $CH_3–CHCl–CH_3$, **В** – $CH_3–CH{=}CH_2$, **С** – $CH_3–CH(OH)–CH_2OH$.

1) $C_3H_8 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3–CHCl–CH_3 + HCl$;

2) $CH_3–CHCl–CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3–CH=CH_2 + KCl + H_2O$;

3) $3CH_3–CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \xrightarrow{t^\circ} 3CH_3–CH(OH)–CH_2OH + 2KOH + 2MnO_2$.

**8.** **X** – $I_2$.

1) $4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $Cl_2 + 2HI \rightarrow I_2 + 2HCl$;

3) $3I_2 + KOH \xrightarrow{t^\circ} 5KI + KIO_3 + 3H_2O$.

**9.** 31.75 г $KNO_3$.

**10.** $C_6H_5–CH=CH–CH_3$.

$C_6H_5–CH=CH–CH_3 + Br_2 \rightarrow C_6H_5–CHBr–CHBr–CH_3$;

$5C_6H_5–CH=CH–CH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5COOH + 5CH_3COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O$;

$C_6H_5–CH=CH–CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_5–CHOH–CH_2–CH_3$.

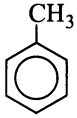
## Подготовительное отделение

## Вариант ПО–2006–1

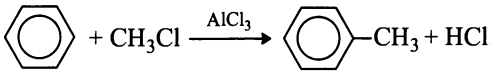
**1.** $NaHSO_4 + NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$.

**2.** Указанная электронная конфигурация соответствует мышьяку $_{33}As$. Об этом свидетельствует суммарное количество электронов (33), равное порядковому номеру элемента. Этот *p*-элемент, имеющий 5 валентных электронов, располагается в V главной подгруппе 4-ого периода Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Следовательно, по своим химическим свойствам он похож на элемент второго периода азот, который также располагается в Va подгруппе и имеет сходное строение внешнего электронного уровня.

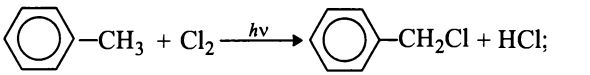
**3.** Структурная формула толуола:

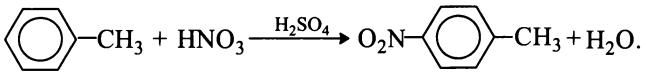


Получение толуола:



Примеры реакций, характеризующих химические свойства толуола:





**4.** Выражение для константы равновесия реакции

$$CH_{4(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftarrows CO_{(г)} + 3H_{2(г)} - 206.2 \text{ кДж}$$

имеет вид:

$$K_p = \frac{[CO]\cdot[H_2]^3}{[CH_4]\cdot[H_2O]}.$$

По принципу Ле-Шателье к смещению равновесия вправо приведет понижение давления и увеличение объема (так как количество продуктов превышает количество исходных веществ), повышение температуры (реакция эндотермическая), повышение концентрации исходных веществ и уменьшение концентрации продуктов реакции.

**5.** 1) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$;

2) $CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t^\circ} CH_3CH_2OH$;

3) $CH_3COONH_4 + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$;

4) $CH_3COOH + CH_3CH_2OH \xrightarrow{H^+} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$.

**6.** 1) $3S + 2Al \xrightarrow{t^\circ} Al_2S_3$;

2) $Al_2S_3 + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2S\uparrow$;

3) $2H_2S + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2SO_2 + 2H_2O$;

4) $5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \xrightarrow{H^+} K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$;

5) $2H_2SO_4(конц) + Cu \xrightarrow{t^\circ} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

6) $SO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + H_2O$.

**7.** Сжигание угля протекает по уравнению:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + Q_1.$$

Тепловой эффект этой реакции:

$$Q_1 = Q_{обр}(CO_2) = 393.5 \text{ кДж/моль}.$$

Количество угля

$$\nu(C) = m / M = 60 / 12 = 5 \text{ моль}.$$

При сгорании данного количества угля выделяется теплота:

$$Q = Q_1 \cdot \nu(C) = 393.5 \cdot 5 = 1967.5 \text{ кДж}.$$

Реакция разложения известняка:

$$CaCO_3 \rightarrow CO_2 + CaO + Q_2.$$

По закону Гесса при образовании 1 моль CaO поглощается следующее количество тепла:

$$Q_2 = Q_{обр}(CO_2) + Q_{обр}(CaO) - Q_{обр}(CaCO_3) = 393.5 + 635.5 - 1206.9 = \\ = -177.9 \text{ кДж/моль},$$

отсюда теплота образования оксида кальция и его масса составят:

$$\nu(CaO) = Q / Q_2 = 1967.5 / 177.9 = 11.06 \text{ моль}.$$
$$m(CaO) = \nu \cdot M = 11.06 \cdot 56 = 619.4 \text{ г}.$$

*Ответ*: 619.4 г CaO.

**8.** 1) $CH_3CH_2CH_2Br + KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow CH_3CH_2CH_2OH + KBr$;

2) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$;

3) $CH_3CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_3CHBrCH_2Br$;

4) $CH_3CHBrCH_2Br + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3C{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$;

5) $CH_3C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\ H^+} CH_3C(O)CH_3$;

6) $CH_3C(O)CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t^\circ} CH_3CH(OH)CH_3$.

**9.** При приливании раствора NaOH к смеси металлов реагирует только алюминий:

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow.$$

Количество выделившегося водорода составляет

$$\nu(H_2) = V(H_2) / V_m = 10.08 / 22.4 = 0.45 \text{ моль},$$

тогда количество алюминия

$$\nu(Al) = 2\nu(H_2) / 3 = 0.3 \text{ моль}.$$

При приливании к исходной смеси соляной кислоты протекают две реакции:

$$Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow,$$
$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow.$$

Пусть в исходной смеси содержится $x$ моль Fe. Тогда в ходе первой реакции выделяется $x$ моль $H_2$, а во второй

$$\nu(H_2) = 1.5\nu(Al) = 1.5 \cdot 0.3 = 0.45 \text{ моль}.$$

По условию задачи всего выделилось 14.56 л водорода, или

$$\nu(H_2) = 14.56 / 22.4 = 0.65 \text{ моль}.$$

Составим уравнение:

$$x + 0.45 = 0.65,$$

решив которое, получим $x = 0.2$ моль – количество Fe в исходной смеси.

Рассчитаем массы алюминия и железа, и зная общую массу исходной смеси, по разности найдем массу меди:

$$m(\text{Al}) = 0.3 \cdot 27 = 8.1 \text{ г},$$
$$m(\text{Fe}) = 0.2 \cdot 56 = 11.2 \text{ г},$$
$$m(\text{Cu}) = m(\text{смеси}) - m(\text{Al}) - m(\text{Fe}) = 28.9 - 8.1 - 11.2 = 9.6 \text{ г}.$$

Массовые доли металлов в смеси составляют:

$$\omega(\text{Al}) = m(\text{Al}) / m(\text{смеси}) = 8.1 / 28.9 = 0.28 \text{ (или 28.0\%)},$$
$$\omega(\text{Fe}) = m(\text{Fe}) / m(\text{смеси}) = 11.2 / 28.9 = 0.388 \text{ (или 38.8\%)},$$
$$\omega(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) / m(\text{смеси}) = 9.6 / 28.9 = 0.332 \text{ (или 33.2\%)}.$$

С концентрированной азотной кислотой на холоду будет реагировать только медь, а алюминий и железо в этих условиях пассивируются:

$$\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}.$$

Рассчитаем объем выделившегося диоксида азота, предварительно рассчитав количество меди:

$$\nu(\text{Cu}) = 9.6 / 64 = 0.15 \text{ моль},$$
$$V(\text{NO}_2) = 2\nu(\text{Cu}) \cdot V_m = 2 \cdot 0.15 \cdot 22.4 = 6.72 \text{ л}.$$

*Примечание.* Следует отметить, что из-за пассивации в холодной концентрированной азотной кислоте реакции вытеснения ионов меди из раствора более активными металлами (Al и Fe) практически не идут.

*Ответ*: 28.0% Al, 38.8% Fe и 33.2% Cu; 6.72 л $NO_2$.

**10.** При облучении смеси газов водорода и хлора протекает реакция:

$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} 2\text{HCl}.$$

Образовавшийся хлороводород полностью растворился в прилитой воде. Газ, оставшийся после окончания реакции и добавления воды – это водород, так как именно он, в отличие от хлора, не реагирует с раствором щелочи. Учитывая, что объем смеси в ходе реакции не изменился, а после добавления воды уменьшился в 5 раз, можно рассчитать объем непрореагировавшего (остаточного) водорода:

$$V(\text{H}_2 \text{ ост}) = V(\text{см.}) / 5 = 8.96 / 5 = 1.792 \text{ л},$$

количество которого составляет

$$\nu(\text{H}_2 \text{ ост}) = V / 22.4 = 1.792 / 22.4 = 0.08 \text{ моль}.$$

По условию задачи количество газовой смеси

$$\nu(\text{см}) = 8.96 / 22.4 = 0.4 \text{ моль}.$$

Пусть в исходной смеси имелось по $x$ моль $H_2$ и $Cl_2$. Тогда суммарное количество водорода составит

$$\nu(H_2) = x + \nu(H_2\ \text{ост}) = x + 0.08\ \text{моль}.$$

Составим уравнение

$$\nu(\text{газ.см.}) = \nu(H_2) + \nu(Cl_2) = x + 0.08 + x = 0.4\ \text{моль},$$

решение которого дает $x = 0.16$ моль.

Количества газов в исходной смеси:

$$\nu(Cl_2) = 0.16\ \text{моль},$$
$$\nu(H_2) = x + 0.08 = 0.24\ \text{моль}.$$

Количество образовавшегося хлороводорода

$$\nu(HCl) = 2x = 0.16 \cdot 2 = 0.32\ \text{моль}.$$

Найдем молярную массу исходной смеси

$$M = (m(H_2) + m(Cl_2)) / \nu(\text{см.}) = (\nu(H_2) \cdot M(H_2) + \nu(Cl_2) \cdot M(Cl_2)) / \nu(\text{см.}) =$$
$$= (0.24 \cdot 2 + 0.16 \cdot 71) / 0.4 = 29.6\ \text{г/моль}.$$

Тогда плотность смеси по аргону

$$D_{Ar} = M(\text{смеси}) / M(Ar) = 29.6 / 40 = 0.74.$$

По условию в 1 л $H_2O$ растворилось 0.32 моль HCl. Так как раствор разбавленный, принимаем, что плотность его равна плотности воды (1 г/мл), следовательно,

$$c(HCl) = \nu(HCl) / V(\text{р-ра}) = 0.32\ \text{моль/л}.$$

Так как соляная кислота – сильная, то в растворе она диссоциирует полностью:

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-.$$

Отсюда

$$[H^+] = c(HCl) = 0.32\ \text{моль/л};$$
$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(0.32) = 0.49.$$

*Ответ*: $D_{Ar} = 0.74$; pH = 0.49.

# Решения экзаменационных заданий 2007

## Химический факультет

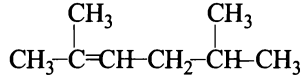
## Вариант СО-2007-1

**1.** При попытке тушения происходит реакция:

$2Mg + CO_2 \xrightarrow{t^\circ} 2MgO + C,$

или $Mg + CO_2 \xrightarrow{t^\circ} MgO + CO.$

**2.** Исходное вещество – 2,5-диметилгексен-2:



**3.** Чтобы определить неизвестные элементы, выразим массовые доли азота в двух соединениях:

а) в веществе $NY_3X$

$$\omega(N) = 0.0824 = \frac{14}{M(X) + 3M(Y) + 14},$$

б) в веществе $NY_2X$:

$$\omega(N) = 0.0909 = \frac{14}{M(X) + 2M(Y) + 14}.$$

Решая эти два уравнения, получаем $M(X)$ = 108 г/моль (**X** – серебро), $M(Y)$ = 16 г/моль (**Y** – кислород).

*Ответ*: $AgNO_3$ и $AgNO_2$.

**4.** Молочная кислота $CH_3–CH(OH)–COOH$; уравнения реакций:

1) $CH_3–CH(OH)–COOH + NaOH \rightarrow CH_3–CH(OH)–COONa + H_2O;$

2) $CH_3–CH(OH)–COOH + 2Na \rightarrow CH_3–CH(ONa)–COONa + H_2\uparrow;$

3) $CH_3–CH(OH)–COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4\,(конц)} \rightarrow CH_3–CH(OH)–COOC_2H_5 + H_2O;$

4) $CH_3–CH(OH)–COOH + 3O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O.$

**5.** Схема получения полистирола:

$$nC_6H_5–CH=CH_2 \rightarrow [–(C_6H_5)CH–CH_2–]_n.$$

Исходное количество стирола:

$$\nu(C_8H_8) = 26 / 104 = 0.25 \text{ моль}.$$

С бромной водой реагирует не вступивший в полимеризацию мономер (присоединение по двойной связи):

$$C_6H_5–CH=CH_2 + Br_2 \rightarrow C_6H_5–CHBr–CH_2Br.$$

Исходное количество брома:

$$\nu(Br_2) = \frac{160 \cdot 0.03}{160} = 0.03 \text{ моль}.$$

Значит, в образовании полимера участвовало 0.25 – 0.03 = 0.22 моль стирола или $0.22 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.324 \cdot 10^{23}$ молекул стирола.

Средняя степень полимеризации стирола

$$n = \frac{1.324 \cdot 10^{23}}{1.018 \cdot 10^{21}} = 130,$$

отсюда средняя молярная масса полистирола

$$M_{ср} = 130 \cdot 104 = 13520 \text{ г/моль}.$$

*Ответ*: 13520 г/моль.

**6.** Скорость данной элементарной реакции $w = k[NO]^2[Cl_2]$. Считая объем системы равным $V$, выразим начальную скорость реакции:

$$w_0 = k\left(\frac{0.1}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.2}{V}.$$

Прореагировало $0.2 \cdot 0.2 = 0.04$ моль $Cl_2$, следовательно, в соответствии с уравнением реакции прореагировало 0.08 моль NO. Осталось 0.2 – 0.04 = 0.16 моль $Cl_2$ и 0.1 – 0.08 = 0.02 моль NO.

Скорость реакции к этому моменту времени составит:

$$w = k\left(\frac{0.02}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.16}{V},$$

следовательно, она уменьшилась в

$$\frac{w_0}{w} = \frac{0.1^2 \cdot 0.2}{0.02^2 \cdot 0.16} = 31.25 \text{ раз}.$$

*Ответ*: скорость уменьшилась в 31.25 раза.

**7.** Пусть в исходной смеси было $x$ моль $KMnO_4$ и $y$ моль $Al(NO_3)_3$. При прокаливании протекают реакции:

$$\underset{x}{2KMnO_4} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.5x}{K_2MnO_4} + MnO_2 + \underset{0.5x}{O_2\uparrow};$$

$$\underset{y}{4Al(NO_3)_3} \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + \underset{3y}{12NO_2\uparrow} + \underset{0.75y}{O_2\uparrow}.$$

При пропускании полученной газовой смеси через воду образуется азотная кислота:

$$\underset{3y}{4NO_2} + \underset{0.75y}{O_2} + 2H_2O \rightarrow \underset{3y}{4HNO_3}.$$

Непоглощенный газ – это кислород. Соотношение количеств $NO_2$ и $O_2$, необходимое для образования азотной кислоты, соответствует соотношению количеств газов, выделяющихся при разложении нитрата алюминия, поэтому 672 мл – это объем кислорода, выделившийся за счет разложения перманганата:

$$\nu(O_2) = 0.5x = \frac{0.672}{22.4} = 0.03 \text{ моль},$$

откуда $x = 0.06$ моль.

Исходный раствор содержал $250 \cdot 0.04 = 10$ г азотной кислоты. Массовая доля азотной кислоты после пропускания газов:

$$\omega(HNO_3) = \frac{10 + 63 \cdot 3y}{250 + 46 \cdot 3y + 32 \cdot 0.75y} = 0.0685,$$

отсюда $y = 0.04$ моль.

Массы перманганата калия, нитрата алюминия и смеси составляют:

$$m(KMnO_4) = 0.06 \cdot 158 = 9.48 \text{ г};$$
$$m(Al(NO_3)_3) = 0.04 \cdot 213 = 8.52 \text{ г};$$
$$m(\text{смеси}) = 9.48 + 8.52 = 18.0 \text{ г}.$$

Массовые доли солей равны:

$$\omega(KMnO_4) = 9.48 / 18.0 = 0.527 \text{ (или 52.7\%)};$$
$$\omega(Al(NO_3)_3) = 8.52 / 18.0 = 0.473 \text{ (или 47.3\%)}.$$

*Ответ*: 52.7% $KMnO_4$, 47.3% $Al(NO_3)_3$.

**8.** С гидроксидом натрия реагирует только фенол:

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O,$$

количество которого равно количеству гидроксида натрия и составляет

$$\nu(C_6H_5OH) = \nu(NaOH) = m \cdot \omega / M = 24 \cdot 0.15 / 40 = 0.09 \text{ моль},$$

а масса

$$m(C_6H_5OH) = 0.09 \cdot 94 = 8.46 \text{ г}.$$

С хлороводородом реагирует только неизвестный амин:

$$RNH_2 + HCl \rightarrow RNH_3^+Cl^-.$$

Количество прореагировавшего амина и его масса равны:

$$\nu(\text{амина}) = \nu(HCl) = 1.568 / 22.4 = 0.07 \text{ моль};$$

$m$(амина) = 15.95 – 8.46 = 7.49 г.

Молярная масса амина:

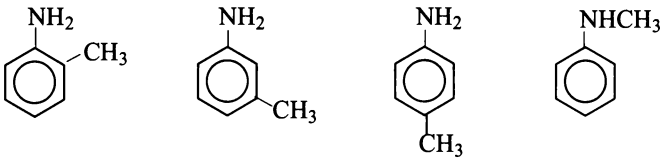
$$M(\text{амина}) = 7.49 / 0.07 = 107 \text{ г/моль}.$$

Выразим формулу амина – $C_xH_yN$ и составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 12x + y + 14 = 107, \\ 12x + y = 93. \end{cases}$$

Единственное возможное решение: $x = 7$, $y = 9$, тогда простейшая формула амина $C_7H_9N$.

Возможные структурные формулы первичных и вторичного аминов:



**9.** 1) $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C \xrightarrow{t^\circ} 3CaSiO_3 + 5CO + 2P$;

2) $2P + 3Br_2 \rightarrow 2PBr_3$;

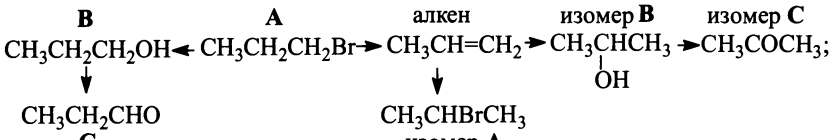
3) $PBr_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_3 + 3HBr\uparrow$;

4) $5H_3PO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 5H_3PO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$;

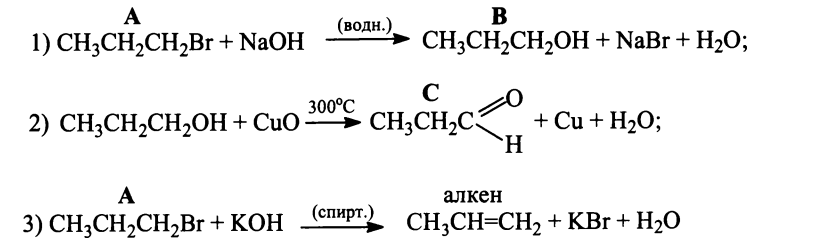
5) $MnSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$;

6) $Na_2SO_4 + BaS \rightarrow BaSO_4\downarrow + Na_2S$.

**10.** Схема превращений:




Уравнения реакций:



4) $CH_3CH{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+}$ изомер **B** $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3$;

5) $CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3 + CuO \xrightarrow{300^0C}$ изомер **C** $CH_3\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}CH_3 + Cu + H_2O$;

6) $CH_3CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow$ изомер **A** $CH_3CHBrCH_3$.

*Ответ*: **A** – 1-бромпропан; **B** – пропанол-1; **C** – пропаналь; изомер **A** – 2-бромпропан; изомер **B** – пропанол-2; изомер **C** – ацетон.

## Вариант СО-2007-2

**1.** На воздухе натрий реагирует с кислородом:

$$2Na + O_2 \rightarrow Na_2O_2.$$

**2.** Исходное вещество – 2,3,4-триметилгексен-2:

$$CH_3-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}=\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}-\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}H-CH_2-CH_3.$$

**3.** Чтобы определить неизвестные элементы, выразим массовые доли фосфора в двух соединениях:

а) в веществе $PYX_3$

$$\omega(P) = 0.3039 = \frac{31}{3M(\mathbf{X}) + M(\mathbf{Y}) + 31},$$

б) в веществе $PY_3X_4$

$$\omega(P) = 0.1890 = \frac{31}{4M(\mathbf{X}) + 3M(\mathbf{Y}) + 31}.$$

Решая эти два уравнения, получаем $M(\mathbf{X})$ = 16 г/моль (**X** – кислород), $M(\mathbf{Y})$ = 23 г/моль (**Y** – натрий).

*Ответ*: $NaPO_3$ и $Na_3PO_4$.

**4.** Винная кислота – HOOC–CH(OH)–CH(OH)–COOH; уравнения реакций:

1) HOOC–CH(OH)–CH(OH)–COOH + 2NaOH →
→ NaOOC–CH(OH)–CH(OH)–COONa + $2H_2O$;

2) HOOC–CH(OH)–CH(OH)–COOH + 4Na →
→ NaOOC–CH(ONa)–CH(ONa)–COONa + $2H_2\uparrow$;

3) $HOOC–CH(OH)–CH(OH)–COOH + 2C_2H_5OH \rightarrow$

$\rightarrow H_5C_2OOC–CH(OH)–CH(OH)–COOC_2H_5 + 2H_2O$;

4) $2HOOC–CH(OH)–CH(OH)–COOH + 5O_2 \rightarrow 8CO_2 + 6H_2O$.

**5.** Схема получения полипропилена:

$$n\ CH_3–CH=CH_2 \rightarrow [–CH(CH_3)–CH_2–]_n.$$

Исходное количество пропена:

$$\nu = 10.5 / 42 = 0.25 \text{ моль}.$$

С раствором перманганата калия реагирует не вступивший в полимеризацию мономер:

$$3CH_3–CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3–CH(OH)–CH_2(OH) + 2MnO_2\downarrow + 2KOH.$$

Исходное количество перманганата:

$$\nu(KMnO_4) = \frac{79 \cdot 0.06}{158} = 0.03 \text{ моль};$$

с ним прореагировало 0.045 моль пропена. Значит, в образовании полимера участвовало $0.25 – 0.045 = 0.205$ моль или $0.205 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.234 \cdot 10^{23}$ молекул мономера.

Средняя степень полимеризации пропена

$$n = \frac{1.234 \cdot 10^{23}}{0.8827 \cdot 10^{21}} = 140,$$

отсюда средняя молярная масса полипропилена:

$$M = 140 \cdot 42 = 5880 \text{ г/моль}.$$

*Ответ*: 5880 г/моль.

**6.** Скорость данной элементарной реакции: $w = k[NO]^2[O_2]$. Считая объем системы равным $V$, можем выразить начальную скорость реакции:

$$w_0 = k\left(\frac{0.4}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.4}{V}.$$

Прореагировало $0.25 \cdot 0.4 = 0.1$ моль $O_2$, следовательно, по уравнению реакции прореагировало 0.2 моль NO. Осталось $0.4 – 0.1 = 0.3$ моль $O_2$ и $0.4 – 0.2 = 0.2$ моль NO. Скорость реакции к этому моменту времени составила:

$$w = k\left(\frac{0.2}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.3}{V}.$$

Следовательно, скорость уменьшилась в

$$\frac{w_0}{w} = \frac{0.4^2 \cdot 0.4}{0.2^2 \cdot 0.3} = 5.33 \text{ раза.}$$

*Ответ*: скорость уменьшилась в 5.33 раза.

**7.** Пусть в исходной смеси было $x$ моль $K_2Cr_2O_7$ и $y$ моль $Fe(NO_3)_2$. В результате прокаливания протекают реакции:

$$\underset{x}{4K_2Cr_2O_7} \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + \underset{0.75x}{3O_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{4Fe(NO_3)_2} \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + \underset{2y}{8NO_2}\uparrow + \underset{0.25y}{O_2}\uparrow.$$

В результате пропускания полученной газовой смеси через воду образуется азотная кислота:

$$\underset{2y}{4NO_2} + \underset{0.5y}{O_2} + 2H_2O \rightarrow \underset{2y}{4HNO_3}.$$

Поскольку все газы поглотились,

$$0.5y = 0.75x + 0.25y.$$

Исходный раствор содержал $250 \cdot 0.04 = 10$ г азотной кислоты. Массовую долю азотной кислоты можно выразить как

$$\omega(HNO_3) = \frac{10 + 63 \cdot 2y}{250 + 46 \cdot 2y + 32 \cdot (0.75x + 0.25y)} = 0.0544.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{10 + 63 \cdot 2y}{250 + 46 \cdot 2y + 32 \cdot (0.75x + 0.25y)} = 0.0544; \\ 0.5y = 0.75x + 0.25y. \end{cases}$$

Решением этой системы являются: $x = 0.01$ моль, $y = 0.03$ моль.

Рассчитаем массы солей и исходной смеси:

$$m(K_2Cr_2O_7) = 0.01 \cdot 294 = 2.94 \text{ г},$$

$$m(Fe(NO_3)_2 = 0.03 \cdot 180 = 5.4 \text{ г},$$

$$m(\text{смеси}) = 2.94 + 5.4 = 8.34 \text{ г}.$$

Отсюда массовые доли солей в исходной смеси:

$$\omega(K_2Cr_2O_7) = 2.94 / 8.34 = 0.353 \text{ (или } 35.3\%);$$

$$\omega(Fe(NO_3)_2 = 5.4 / 8.34 = 0.647 \text{ (или } 64.7\%).$$

*Быстрый вариант решения.* На самом деле для решения задачи достаточно знать, что все выделившиеся газы поглотились, и поэтому $y = 3x$. Для определения массовых долей общее количество газовой смеси не имеет значения:

$$\omega(K_2Cr_2O_7) = \frac{294x}{294x + 180y} = \frac{294}{294 + 180 \cdot 3} = 0.353,$$

$$\omega(Fe(NO_3)_2) = \frac{180y}{294x + 180y} = \frac{180 \cdot 3}{294 + 180 \cdot 3} = 0.647.$$

*Ответ*: 35.3% $K_2Cr_2O_7$, 64.7% $Fe(NO_3)_2$.

**8.** С гидроксидом калия реагирует только крезол:

$$CH_3–C_6H_4–OH + KOH \rightarrow CH_3–C_6H_4–OK + H_2O,$$

его количество равно количеству гидроксида калия и составляет:

$$\nu(C_7H_7OH) = \nu(KOH) = 50.4 \cdot 0.1 / 56 = 0.09 \text{ моль}.$$

Масса крезола:

$$m(C_7H_7OH) = 0.09 \cdot 108 = 9.72 \text{ г}.$$

С хлороводородом реагирует амин:

$$RNH_2 + HCl \rightarrow RNH_3Cl.$$

Количество прореагировавшего амина и его масса:

$$\nu(RNH_2) = \nu(HCl) = 1.792 / 22.4 = 0.08 \text{ моль},$$
$$m(RNH_2) = 16.52 - 9.72 = 6.8 \text{ г}.$$

Молярная масса амина

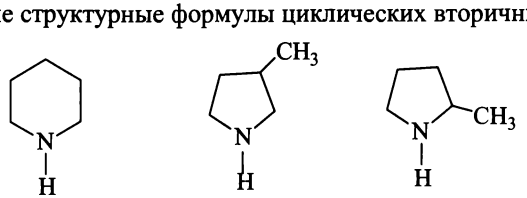
$$M(RNH_2) = 6.8 / 0.08 = 85 \text{ г/моль}.$$

Формула амина $C_xH_yN$. Составим систему из двух уравнений:

$$\begin{cases} 12x + y + 14 = 85, \\ 12x + y = 71. \end{cases}$$

Единственное решение $x = 5$, $y = 11$, следовательно, простейшая формула – $C_5H_{11}N$.

Возможные структурные формулы циклических вторичных аминов:



**9.** 1) $BaO + 3C \xrightarrow{t^\circ} BaC_2 + CO$;

2) $CuO + CO \xrightarrow{t^\circ} Cu + CO_2$;

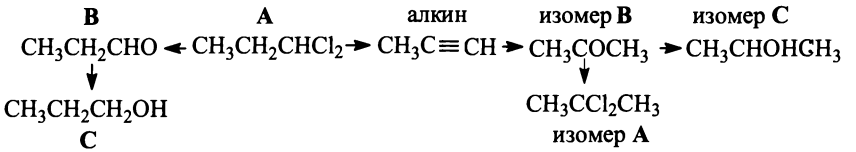
3) $Cu + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$;

4) $CuCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$;

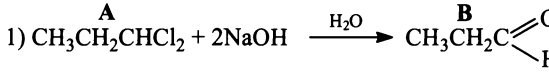
5) $Cu(OH)_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4](OH)_2$;

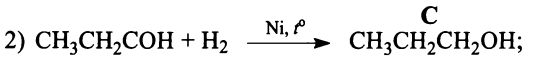
6) $[Cu(NH_3)_4](OH)_2 + 3H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + 2(NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$.

**10.** Схема превращений:



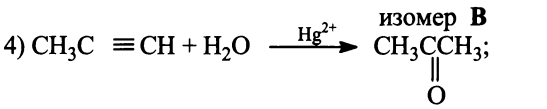

Уравнения реакций:

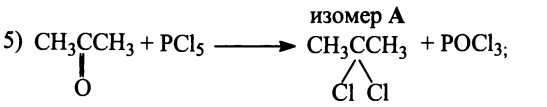


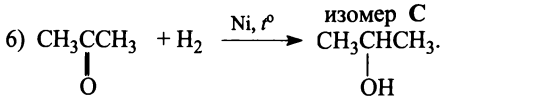









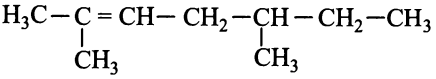




*Ответ*: **A** – 1,1-дихлорпропан, **B** – пропаналь, **C** – пропанол-1, изомер **A** 2,2-дихлорпропан, изомер **B** – пропанон, изомер **C** – пропанол-2, алкин пропин.

## Вариант СО-2007-3

**1.** $H_2S + H_2SO_4 \rightarrow S\downarrow + SO_2 + 2H_2O$.

**2.** 2,5-диметилгептен-2:



**3.** $SO_2Cl_2$ и $SOCl_2$.

**4.** Салициловая кислота HO–$C_6H_4$–COOH.

1) HO–$C_6H_4$–COOH + 2NaOH → NaO–$C_6H_4$–COONa + $2H_2O$;

2) HO–$C_6H_4$–COOH + 2Na → NaO–$C_6H_4$–COONa + $H_2\uparrow$;

3) HO–$C_6H_4$–COOH + $C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4\,(конц)}$ → HO–$C_6H_4$–$COOC_2H_5$ + $H_2O$;

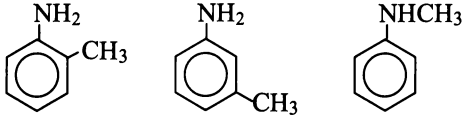
4) HO–$C_6H_4$–COOH + $7O_2 \rightarrow 7CO_2 + 3H_2O$.

**5.** 8750 г/моль.

**6.** Скорость реакции уменьшилась в 12.86 раза.

**7.** 47.7% $KMnO_4$; 52.3% $Fe(NO_3)_3$.

**8.** $C_7H_9N$, возможные структуры:



**9.** Схема превращений:

$Mg \rightarrow Mg_3N_2 \rightarrow NH_3 \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow MgO \rightarrow Mg(NO_3)_2$.

**10.** Схема превращений:

$$\underset{\textbf{B}}{CH_3CH_2CHO} \xleftarrow{1} \underset{\textbf{A}}{CH_3CH_2CH_2OH} \xrightarrow{2} CH_3CH{=}CH_2 \xrightarrow{3} \underset{\textbf{C}}{CH_3COOH} \xrightarrow{4}$$

$$\xrightarrow{} \underset{\textbf{D}}{(CH_3COO)_2Ca} \xrightarrow{5} \underset{\text{изомер }\textbf{B}}{CH_3COCH_3} \xrightarrow{6} \underset{\text{изомер }\textbf{A}}{CH_3\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}HCH_3}.$$

1) $CH_3CH_2CH_2OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2CHO + Cu + H_2O$;

2) $CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow[t^\circ]{H_2SO_4\,(к)} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$;

3) $CH_3CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 4H_2O$;

4) $2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$;

5) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3 + CH_3COCH_3$;

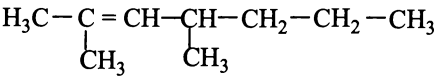
6) $CH_3COCH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH(OH)CH_3$.

*Ответ*: **A** – пропанол-1; **B** – пропаналь; алкен – пропен; **C** – уксусная кислота; **D** – ацетат кальция; изомер **B** – ацетон; изомер **A** – пропанол-2.

## Вариант СО-2007-4

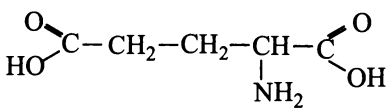
**1.** $CH_3COOK + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + KOH$ (гидролиз с образованием щелочной среды).

**2.** 2,4-диметилгептен-2; структурная формула:

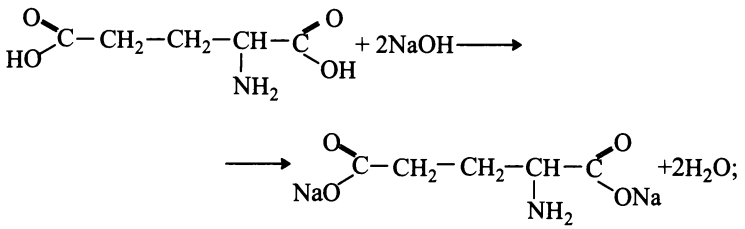


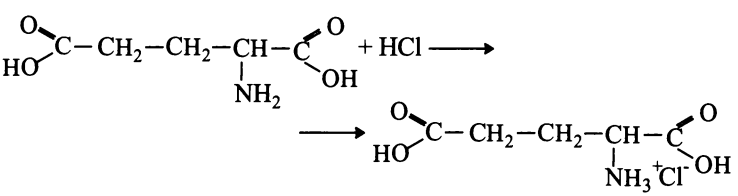
**3.** $H_3PO_3$ и $H_3PO_2$.

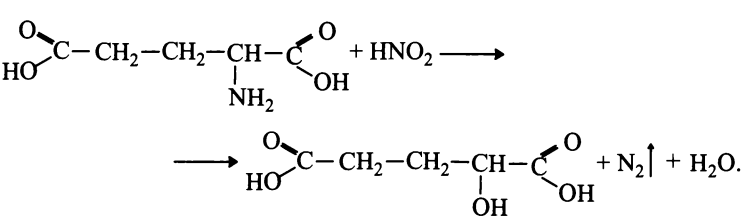
**4.** Глутаминовая кислота $C_5H_9NO_4$; структурная формула;



1) $4C_5H_9NO_4 + 21O_2 \rightarrow 20CO_2 + 18H_2O + 2N_2$;

2) 

3) 

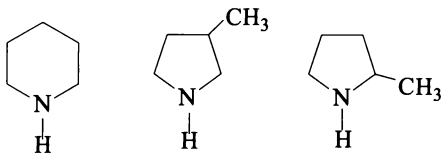
4) 

**5.** 3976 г/моль.

**6.** Скорость реакции уменьшилась в 142 раза.

**7.** 35.8% $K_2Cr_2O_7$, 64.2% $Cr(NO_3)_2$.

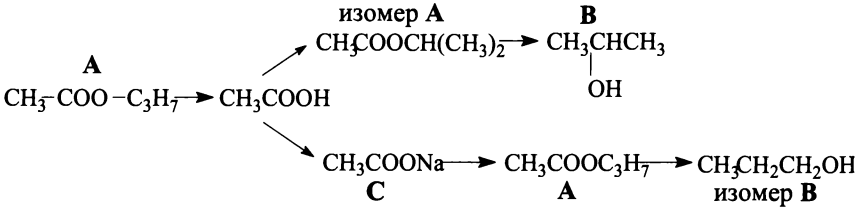
**8.** $C_5H_{11}N$, возможные структуры:



**9.** Схема превращений:

$$Al^0 \rightarrow NH_3 \rightarrow H_2O \rightarrow H_2SO_4 \rightarrow Br_2 \rightarrow I_2 \rightarrow AlI_3.$$

**10.** Схема превращений:




1) $CH_3COOC_3H_7 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH$;

2) $CH_3COOH + CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4\,(к)} CH_3-C(=O)-O-CH(CH_3)_2 + H_2O$;

3) $CH_3-C(=O)-O-CH(CH_3)_2 + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + CH_3CH(OH)CH_3$;

4) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$;

5) $CH_3COONa + C_3H_7Cl \rightarrow CH_3COOC_3H_7 + NaCl$;

6) $CH_3COOC_3H_7 + NaOH \rightarrow CH_3COONa + CH_3CH_2CH_2OH$.

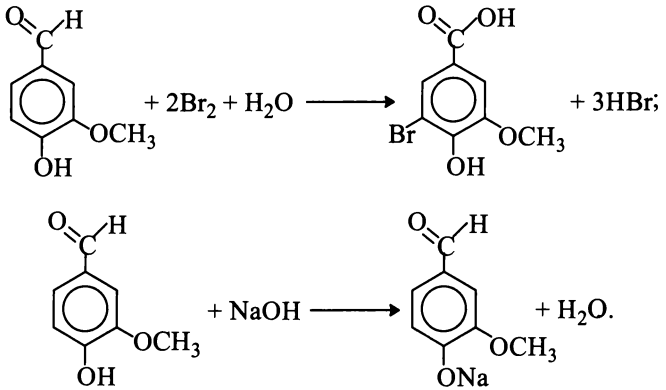
*Ответ*: **A** – пропилацетат; уксусная кислота; изомер **A** – изопропилацетат; **B** – пропанол-2; **C** – ацетат натрия; изомер **B** – пропанол-1.

## Биологический факультет

## Вариант БА-2007-1

**1.** $2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\textit{катод}}{H_2\uparrow} + 2NaOH + \underset{\textit{анод}}{Cl_2\uparrow}$

**2.** Примеры реакций:



**3.** При поджигании смеси $SiH_4$, $O_2$ и $N_2$ протекает реакция:

$$SiH_4 + 2O_2 \rightarrow SiO_2\downarrow + 2H_2O.$$

При сгорании 1 моль $SiH_4$ расходуется 2 моль $O_2$. В результате по окончании процесса в смеси находится 1 моль $O_2$ и 1 моль $N_2$. Отсюда

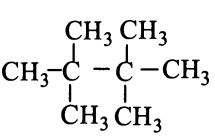
$$M_{ср} = \frac{32 \cdot 1 + 28 \cdot 1}{2} = 30 \text{ г/моль}.$$

*Ответ*: 30 г/моль.

**4.** Общая формула гомологического ряда алканов $C_nH_{2n+2}$. Число С–С связей в любом нециклическом алкане равно $n - 1$, а число С–Н связей всегда равно числу атомов водорода $(2n + 2)$. Тогда по условию

$$(2n + 2) - (n - 1) = 11,$$

отсюда $n = 8$. Условию задачи отвечает алкан следующего строения:



*Ответ*: 2,2,3,3-тетраметилбутан.

**5.** Уравнение реакции термического разложения:

$$4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow + Q.$$

По закону Гесса:

$$Q = 4Q_{обр}(K_2CrO_4) + 2Q_{обр}(Cr_2O_3) - 4Q_{обр}(K_2Cr_2O_7) =$$
$$= 4 \cdot 1398 + 2 \cdot 1141 - 4 \cdot 2063 = -378 \text{ кДж}.$$

При выделении 3 моль $O_2$ поглотилось 378 кДж, а при выделении 48 / 32 = 1.5 моль $O_2$ должно поглотиться в два раза меньше теплоты. Отсюда

$$Q = 378 / 2 = 189 \text{ кДж}.$$

*Ответ*: 189 кДж.

**6.** При прибавлении раствора карбоната натрия к раствору смеси хлоридов железа происходят реакции:

$$FeCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaCl + FeCO_3\downarrow;$$

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \rightarrow 6NaCl + 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow,$$

а при обработке осадка раствором соляной кислоты:

$$FeCO_3 + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O;$$

$$Fe(OH)_3 + 3HCl \rightarrow FeCl_3 + 3H_2O.$$

Рассчитаем количество выделившегося углекислого газа:

$$\nu(CO_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 2.44}{8.31 \cdot 298} = 0.1 \text{ моль}.$$

Исходя из уравнений реакций,

$$\nu(CO_2) = \nu(FeCO_3) = \nu(FeCl_2) = 0.1 \text{ моль}.$$

Из следующего равенства:

$$m(\text{осадка}) = \nu(FeCO_3) \cdot M(FeCO_3) + \nu(Fe(OH)_3) \cdot M(Fe(OH)_3)$$

найдем количество $Fe(OH)_3$:

$$\nu(Fe(OH_3)) = \frac{22.3 - 0.1 \cdot 116}{107} = 0.1 \text{ моль};$$

следовательно, в реакцию вступило 0.1 моль $FeCl_3$.

Отсюда молярные концентрации хлоридов:

$$c(FeCl_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5 \text{ М};$$

$$c(FeCl_3) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5 \text{ М}.$$

*Ответ*: $c(FeCl_2) = 0.5$ М, $c(FeCl_3) = 0.5$ М.

**7.** 1) $Cl_2 + 2K \rightarrow 2KCl$;

2) $2KCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + 2KOH + Cl_2\uparrow$;

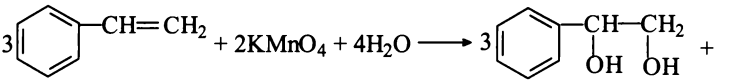
3) $Cl_2 + 2KOH \rightarrow KCl + KClO + H_2O$;

4) $KClO + H_2O_2 \rightarrow KCl + O_2\uparrow + H_2O$;

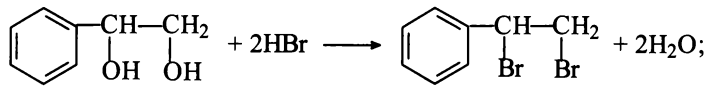
5) $3Cl_2 + 6\,KOH \xrightarrow{t^\circ} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$;

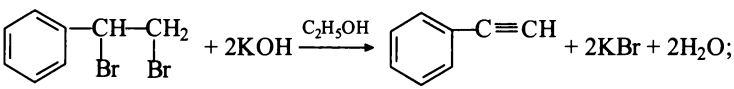
6) $KClO_3 + 6HCl \rightarrow KCl + 3Cl_2\uparrow + 3H_2O$.

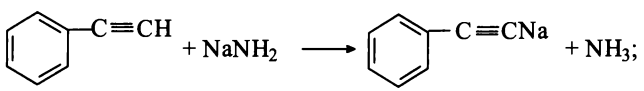
**8.**

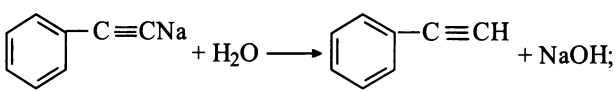
1) 

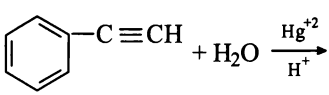
$$+ 2MnO_2 + 2KOH;$$

2) 

3) 

4) 

5) 

6) 

**9.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль LiH и $y$ моль AlP. Тогда:

$$\underset{x}{LiH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{LiOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{AlP} + 3H_2O \rightarrow \underset{y}{Al(OH)_3} + \underset{y}{PH_3}\uparrow.$$

Образующийся амфотерный гидроксид алюминия взаимодействует с LiOH, образуя комплексную соль (тетрагидроксиалюминат лития):

$$\underset{x}{LiOH} + \underset{x}{Al(OH)_3} \rightarrow \underset{x}{Li[Al(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора на 74 г по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделения газов и осаждения $Al(OH)_3$ (в случае его избытка):

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 34y + (y - x) \cdot 78 = 74 \text{ г}.$$

Масса образовавшегося раствора составляет

$$m(\text{раствора}) = 8x + 58y + 212 - 74 = 138 + 8x + 58y \text{ г},$$

отсюда массовую долю $Li[Al(OH)_4]$ можно записать так:

$$\omega = \frac{102x}{138 + 8x + 58y} = 0.255.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 34y + 78 \cdot (y - x) = 74; \\ \dfrac{102x}{138 + 8x + 58y} = 0.255. \end{cases}$$

Решением системы являются: $x = 0.5$, $y = 1.0$.

*Ответ*: 0.5 моль LiH, 1.0 моль AlP.

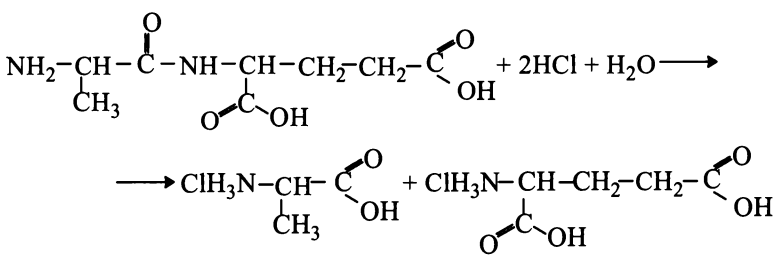
**10.** По условию задачи количества HCl, израсходованной на кислотный гидролиз дипептида, и NaOH – на щелочной гидролиз – составляют:

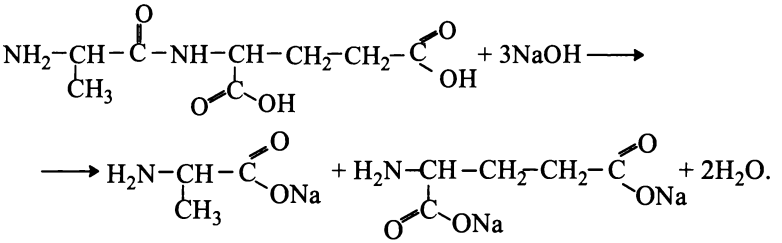
$$\nu(\text{HCl}) = 2 \cdot 0.02 = 0.04 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{NaOH}) = \frac{24 \cdot 0.1}{40} = 0.06 \text{ моль}.$$

Так как ν(NaOH) больше ν(HCl) в 1.5 раза, дипептид содержит либо лишнюю карбоксильную группу, либо фенольный гидроксил.

Пусть формула дипептида $C_xH_yN_zO_k$. По условию $\dfrac{\omega(C)}{\omega(O)} = \dfrac{12x}{16k} = 1.2$, отсюда $x = 1.6k$; $\dfrac{\omega(N)}{\omega(H)} = \dfrac{14z}{y} = 2$, тогда $y = 7z$. В молекуле дипептида минимальное количество атомов азота – два, тогда имеем формулу $C_{1.6k}H_{14}N_2O_k$. При $k = 5$ получаем $C_8H_{14}N_2O_5$. Искомый дипептид – это Ala-Glu или Glu-Ala.





Так как $\nu(NaOH) = 0.06$ моль, $\nu$(дипептида) = 0.02 моль.
Масса дипептида равна:

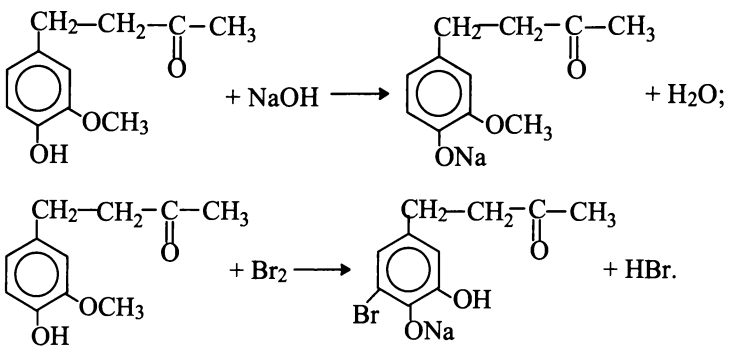
$$m(\text{дипептида}) = 0.02 \cdot 218 = 4.36 \text{ г.}$$

*Ответ*: Ala-Glu или Glu-Ala, 4.36 г.

## Вариант БА-2007-2

**1.** $ZnSO_4 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\text{катод}}{Zn} + H_2\uparrow + H_2SO_4 + \underset{\text{анод}}{O_2\uparrow}$

**2.**



**3.** При поджигании смеси газов $H_2$, $O_2$ и $N_2$ протекает реакция

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O.$$

При взаимодействии 1 моль $H_2$ расходуется 0.5 моль $O_2$. В результате по окончании процесса в конечной смеси находится 0.5 моль $O_2$ и 1 моль $N_2$. Отсюда средняя молярная масса конечной смеси:

$$M_{ср} = \frac{32 \cdot 0.5 + 28 \cdot 1}{1.5} = 29.33 \text{ г/моль}$$

*Ответ*: 29.33 г/моль.

**4.** Общая формула гомологического ряда алканов $C_nH_{2n+2}$. Число С–С связей равно $n-1$, а число С–Н связей составляет $2n+2$. Тогда $\frac{2n+2}{n-1}=4$, отсюда $n=3$. Условию задачи отвечает пропан $C_3H_8$.

*Ответ*: пропан $CH_3–CH_2–CH_3$.

**5.** Уравнение реакции разложения хлората калия:

$$2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2\uparrow + Q.$$

По закону Гесса тепловой эффек реакции

$$Q = 2Q_{обр}(KCl) - 2Q_{обр}(KClO_3) = 2 \cdot 437 - 2 \cdot 391 = 92 \text{ кДж},$$

т. е. при образовании 3 моль $O_2$ выделилось 92 кДж.

По условию задачи в результате реакции образовалось 9.6 г $O_2$, или 9.6 / 32 = 0.3 моль $O_2$, следовательно, количество выделившейся теплоты также равно 9.2 кДж.

*Ответ*: 9.2 кДж.

**6.** При прибавлении раствора сульфида натрия к раствору смеси хлоридов железа (II) и алюминия происходят следующие реакции:

$$FeCl_2 + Na_2S \rightarrow 2NaCl + FeS\downarrow,$$

$$2AlCl_3 + 3Na_2S + 3H_2O \rightarrow 6NaCl + 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow,$$

а при обработке осадка раствором бромоводородной кислоты:

$$FeS + 2HBr \rightarrow FeBr_2 + H_2S\uparrow,$$

$$Al(OH)_3 + 3HBr \rightarrow AlBr_3 + 3H_2O.$$

Рассчитаем количество выделившегося сероводорода:

$$\nu(H_2S) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 1.22}{8.31 \cdot 298} = 0.05 \text{ моль},$$

Исходя из уравнений реакций, $\nu(H_2S) = \nu(FeS) = \nu(FeCl_2) = 0.05$ моль.

Из равенства

$$m(\text{осадка}) = \nu(FeS) \cdot M(FeS) + \nu(Al(OH)_3) \cdot M(Al(OH)_3)$$

найдем количество $Al(OH)_3$:

$$\nu(Al(OH_3)) = \frac{12.2 - 0.05 \cdot 88}{78} = 0.1 \text{ моль}$$

следовательно, в реакцию вступило 0.05 моль $FeCl_2$ и 0.1 моль $AlCl_3$.

Отсюда молярные концентрации хлоридов:

$$c(FeCl_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.05}{0.2} = 0.25 \text{ М};$$

$$c(AlCl_3) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.1}{0.2} = 0.5\ \text{М}.$$

*Ответ*: $c(FeCl_2) = 0.25$ М, $c(AlCl_3) = 0.5$ М.

**7.** 1) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

2) $K_2Cr_2O_7 + 2KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + H_2O$;

3) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$;

4) $Cr_2O_3 + KClO_3 + 4KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + KCl + 2H_2O$;

5) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 2KCl + 3Cl_2\uparrow + 7H_2O$;

6) $2CrCl_3 + 3H_2O_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$.

**8.**

1) $3CH_3{-}CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \longrightarrow 3CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}} + 2MnO_2 + 2KOH$;

2) $CH_3{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH_2}} + 2HCl \longrightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH_2}} + 2H_2O$;

3) $CH_3{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH}}{-}\underset{\displaystyle Cl}{\underset{|}{CH_2}} + Mg \longrightarrow CH_3{-}CH{=}CH_2 + MgCl_2$;

4) $CH_3{-}CH{=}CH_2 + HBr \longrightarrow CH_3{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3$;

5) $CH_3{-}\underset{\displaystyle Br}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + CH_3{-}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}{-}ONa \longrightarrow CH_3{-}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}{-}O{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + NaBr$;

6) $CH_3{-}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}{-}O{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_3 + NaOH \longrightarrow CH_3{-}\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}{-}ONa + CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle OH}{\overset{|}{CH}}}}$.

**9.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль KH и $y$ моль $Zn_3P_2$. Тогда:

$$\underset{x}{KH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{KOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Zn_3P_2} + 6H_2O \rightarrow \underset{3y}{3Zn(OH)_2} + \underset{2y}{2PH_3}\uparrow.$$

Образующийся амфотерный гидроксид цинка взаимодействует с KOH, образуя комплексную соль (тетрагидроксоцинкат калия)

$$\underset{x}{2KOH} + \underset{0.5x}{Zn(OH)_2} \rightarrow \underset{0.5x}{K_2[Zn(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора на 87.5 г по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделения газов и оставшегося в осадке $Zn(OH)_2$ (в случае его избытка):

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 34 \cdot 2y + (3y - 0.5x) \cdot 99 = 87.5 \text{ г}.$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 40x + 257y + 379 - 87.5 = 291.5 + 40x + 257y \text{ г},$$

поэтому массовую долю $K_2[Zn(OH)_4]$ можно записать так:

$$\omega = \frac{211 \cdot 0.5x}{291.5 + 40x + 257y} = 0.422.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 68y + 99 \cdot (3y - 0.5x) = 87.5; \\ \dfrac{211 \cdot 0.5x}{291.5 + 40x + 257y} = 0.422, \end{cases}$$

решением системы являются: $x = 2$, $y = 0.5$.

*Ответ*: 2.0 моль KH, 0.5 моль $Zn_3P_2$.

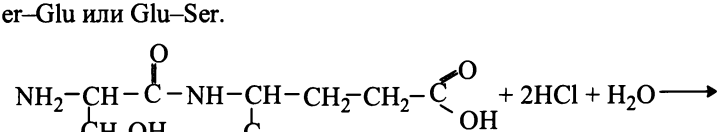
**10.** По условию задачи количества HCl, израсходованной на кислотный гидролиз дипептида, и KOH – на щелочной гидролиз – составляют:

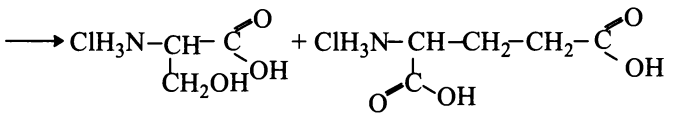
$$\nu(HCl) = 3 \cdot 0.02 = 0.06 \text{ моль},$$

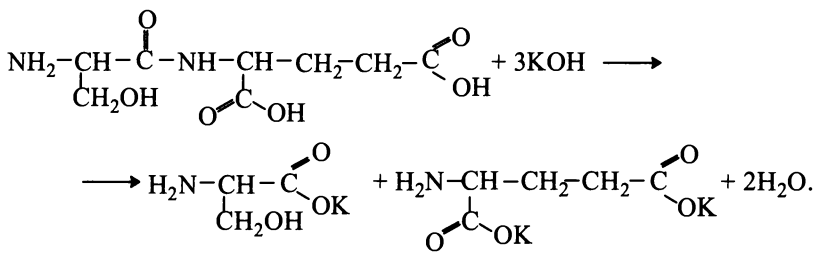
$$\nu(KOH) = \frac{33.6 \cdot 0.15}{56} = 0.09 \text{ моль}.$$

Так как $\nu(KOH)$ в 1.5 раза больше $\nu(HCl)$, дипептид содержит либо лишнюю карбоксильную группу, либо фенольный гидроксил.

Пусть формула дипептида $C_xH_yN_zO_k$. По условию $\omega(C) = \omega(O)$, т. е. $x = 1.33k$, $\dfrac{\omega(N)}{\omega(H)} = \dfrac{14z}{y} = 2$, тогда $y = 7z$. В молекуле дипептида минимальное количество атомов азота – два, в этом случае получаем формулу $C_{1.33k}H_{14}N_2O_k$. При $k = 6$ получаем $C_8H_{14}N_2O_6$. Искомый дипептид – это Ser–Glu или Glu–Ser.







Так как ν(KOH) = 0.09 моль, ν(дипептида) = 0.03 моль.
Масса дипептида:

$$m(\text{дипептида}) = 0.03 \cdot 234 = 7.02 \text{ г.}$$

*Ответ*: исходный дипептид Ser–Glu или Glu–Ser; 7.02 г.

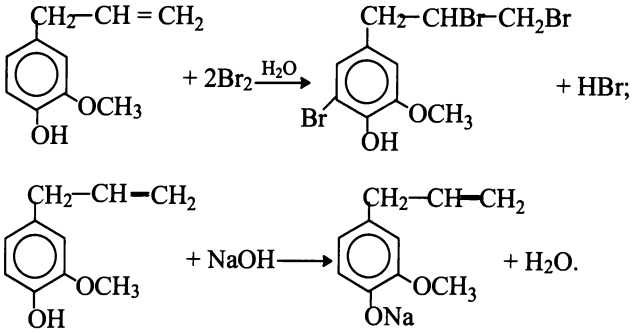
## Вариант БА-2007-3

**1.** При электролизе раствора $Na_2SO_4$ происходит разложение воды:

$$2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\textit{катод}}{2H_2\uparrow} + \underset{\textit{анод}}{O_2\uparrow},$$

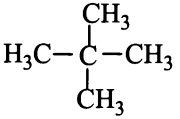
в результате чего концентрация соли увеличивается.

**2.**



**3.** 30 г/моль.

**4.** 2,2-диметилпропан; структурная формула:



**5.** 95.4 кДж.

**6.** $c(FeSO_4) = 0.45M$, $c(Al_2(SO_4)_3) = 0.15$ М.

**7.** 1) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $MnCl_2 + O_3 + H_2O \rightarrow MnO_2\downarrow + 2HCl + O_2\uparrow$;

3) $MnO_2 + 2C \xrightarrow{t^\circ} Mn + 2CO\uparrow$;

4) $Mn + 2HCl \rightarrow MnCl_2 + H_2\uparrow$;

5) $2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2MnCl_2 + 2KCl + 5Cl_2\uparrow + 8H_2O$;

6) $2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$.

**8.**

1) $CH_2(Cl)-CH(Cl)-CH_2 + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3-C\equiv CH + 2KCl + 2H_2O$;

2) $CH_3-C\equiv CH + H_2O \xrightarrow[H^+]{Hg^{2+}} CH_3-C(=O)-CH_3$;

3) $CH_3-C(=O)-CH_3 + HCN \longrightarrow CH_3-C(CN)(OH)-CH_3$;

4) $CH_3-C(CH_3)(OH)-C\equiv N + 2H_2O + HCl \xrightarrow{t^\circ} CH_3-C(CH_3)(OH)-C(=O)-OH + NH_4Cl$;

5) $CH_3-C(CH_3)(OH)-C(=O)-OH + HBr \longrightarrow CH_3-C(CH_3)(Br)-C(=O)-OH + H_2O$;

6) $CH_3-C(CH_3)(Br)-C(=O)-OH + 2KOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_2=C(CH_3)-C(=O)-OK + KBr + H_2O$.

**9.** 0.5 моль CsH, 1.0 моль CrP.

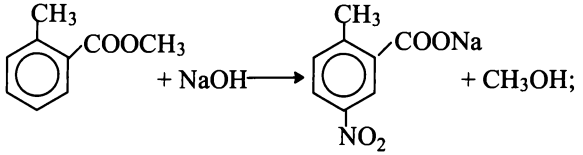
**10.** Исходный дипептид Gly–Glu или Glu–Gly, 3.06 г.

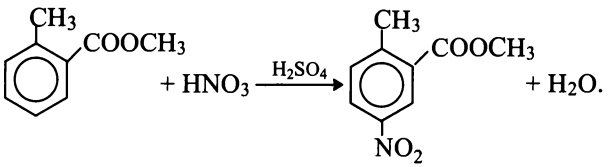
## Вариант БА-2007-4

**1.** $CuCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Cu + Cl_2\uparrow$.

*катод анод*

**2.**





**3.** 28.57 г/моль.

**4.** Этан $CH_3–CH_3$.

**5.** 94 кДж.

**6.** $c(Fe(NO_3)_2) = 0.9$M, $c(Cr(NO_3)_3) = 0.45$ M.

**7.** 1) $SO_2 + H_2O_2 \rightarrow H_2SO_4$;

2) $2H_2SO_4(конц) + Cu \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$;

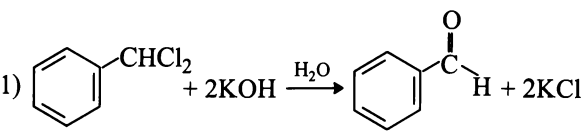
3) $4H_2SO_4(конц) + 6KI \rightarrow 3I_2\downarrow + S\downarrow + 3K_2SO_4 + 4H_2O$;

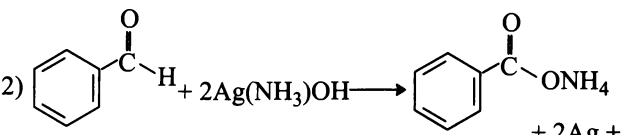
4) $S + O_2 \rightarrow SO_2$;

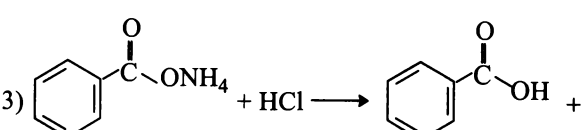
4) $3H_2SO_4 + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 3H_2O$;

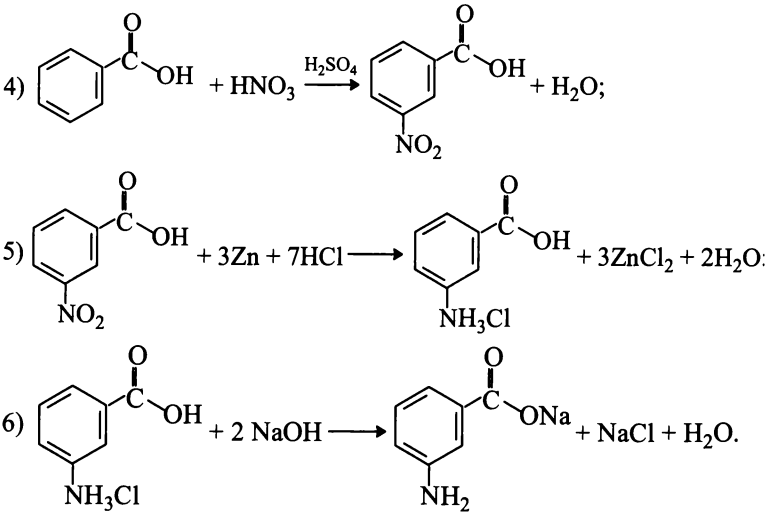
6) $2Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 6SO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

**8.**










**9.** 0.1 моль NaH, 0.1 моль $Al_4C_3$.

**10.** Исходный дипептид Ala–Tyr или Tyr–Ala, 6.3 г.

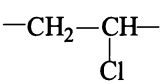
## Факультет фундаментальной медицины

## Вариант ФФМБ-2007-1

**1.** $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$.

**2.** $Ba(HSO_3)_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow 2BaSO_3 + 2H_2O$.

**3.** Элементарное звено поливинилхлорида:



Относительная молекулярная масса звена $M_r(C_2H_3Cl) = 62.5$; отсюда средняя степень полимеризации для данного образца полимера:

$$n = M_r / M_r(C_2H_3Cl) = 300000 / 62.5 = 4800.$$

*Ответ*: 4800.

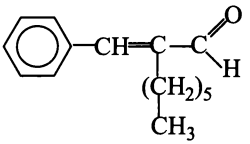
**4.** 1) $SiO_2 + 2Mg \xrightarrow{t^\circ} Si + 2MgO$;

2) $Si + 2Cl_2 \rightarrow 2SiCl_4$;

3) $SiCl_4 + 2H_2O \rightarrow SiO_2\downarrow + 4HCl$;

4) $SiO_2 + 2C \xrightarrow{t^\circ} Si + 2CO\uparrow$.

**5.** Душистое вещество 2-гексил-3-фенилпропеналь:



Брутто-формула $C_{15}H_{20}O$, молярная масса 216 г/моль. Элементный состав:

$$\omega(C) = 12 \cdot 15 / 216 = 0.8333 \text{ (или } 83.33\%);$$
$$\omega(H) = 20 / 216 = 0.0926 \text{ (или } 9.26\%);$$
$$\omega(O) = 16 / 216 = 0.0741 \text{ (или } 7.41\%).$$

*Ответ*: ω(C) = 83.33%; ω(H) = 9.26%; ω(O) = 7.41%.

**6.** Рассчитаем количество реагирующей газовой смеси:

$$\nu(\text{смеси}) = 8.96 / 22.4 = 0.4 \text{ моль}.$$

Пусть газовая смесь состоит из $x$ моль этана $C_2H_6$ и $y$ моль ацетилена $C_2H_2$. С аммиачным раствором оксида серебра реагирует только ацетилен:

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow Ag{-}C \equiv C{-}Ag\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O.$$

Тогда

$$\nu(C_2Ag_2) = \nu(C_2H_2) = y = 72 / 240 = 0.3 \text{ моль};$$
$$\nu(C_2H_6) = x = 0.4 - 0.3 = 0.1 \text{ моль}.$$

Масса исходной смеси

$$m(\text{смеси}) = 0.1 \cdot 30 + 0.3 \cdot 26 = 10.8 \text{ г}.$$

Массовые доли газов в исходной смеси:

$$\omega(C_2H_6) = 3 / 10.8 = 0.2778 \text{ (или } 27.78\%;$$
$$\omega(C_2H_2) = 7.8 / 10.8 = 0.7222 \text{ (или } 72.22\%).$$

*Ответ*: 27.78% $C_2H_6$; 72.22% $C_2H_2$.

**7.** Скорость элементарной реакции $2\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{C}$ описывается уравнением: $w = k\,[A]^2[B]$. Подставив в него начальные концентрации реагентов и константу скорости реакции, можно рассчитать величину начальной скорости реакции:

$$w_0 = 0.8 \cdot 0.3^2 \cdot 0.5 = 0.036 \text{ моль/(л·мин)}.$$

Когда концентрация вещества **A** уменьшилась на 0.1 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составили:

$$[\mathbf{A}] = 0.3 - 0.1 = 0.2 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{B}] = 0.5 - 0.1/2 = 0.45 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась

$$w = 0.8 \cdot 0.2^2 \cdot 0.45 = 0.0144 \text{ моль/(л·мин)}.$$

*Ответ*: $w_0 = 0.036$ моль/(л·мин), $w = 0.0144$ моль/(л·мин).

**8.** Запишем уравнения реакций спиртового, маслянокислого и молочнокислого брожения глюкозы:

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow,$$
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} C_3H_7COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow,$$
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2CH_3\text{–}CHOH\text{–}COOH.$$

Запишем уравнения реакций окисления этанола до уксусной кислоты, а глюкозы – до глюконовой кислоты:

$$5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O;$$

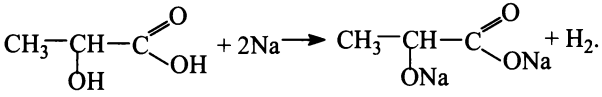


*глюконовая кислота*

Четыре натриевые соли вышеперечисленных кислот легко получить реакцией с NaOH, например:

$$C_3H_7COOH + NaOH \rightarrow C_3H_7COONa + H_2O.$$

Взаимодействие молочной кислоты с натрием приведет к образованию еще одной соли:



Возможны различные варианты получения других кислот и их солей. Например, взаимодействием молочной кислоты с $H_2SO_4$(конц) можно получить акриловую кислоту и затем ее натриевую соль, из уксусной кислоты в несколько стадий синтезировать соль глицина. Можно непосредственно получить органическую соль из неорганических реагентов:

$$NaOH + CO \xrightarrow{t^\circ, p} HCOONa.$$

**9.** Пусть в исходной смеси содержится по $x$ моль $MeNO_2$ (Me – искомый щелочной металл с молярной массой $M$) и $Cu_2O$. Концентрированная азотная кислота окисляет оба вещества:

$$\underset{x}{MeNO_2} + 2HNO_3 \rightarrow \underset{x}{MeNO_3} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + H_2O;$$

$$\underset{x}{Cu_2O} + 6HNO_3 \rightarrow \underset{2x}{2Cu(NO_3)_2} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

В соответствии с условием задачи масса смеси

$$m(\text{смеси}) = (M + 46)x + 144x = 3.23 \text{ г}.$$

Количество выделившегося диоксида азота составляет

$$\nu(NO_2) = 0.896 / 22.4 = 0.04 \text{ моль}.$$

Тогда $2x + 2x = 4x = 0.04$ моль, откуда $x = 0.01$ моль. Подставим это значение в выражение для массы смеси и получим $M = 133$ г/моль. Ме – это цезий.

После прокаливания полученных нитратов

$$\underset{0.01}{2CsNO_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.01}{2CsNO_2} + O_2\uparrow,$$

$$\underset{0.02}{2Cu(NO_3)_2} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.02}{2CuO} + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

сухой остаток содержит:

$$m(CsNO_2) = 0.01 \cdot 179 = 1.79 \text{ г},$$

$$m(CuO) = 0.02 \cdot 80 = 1.6 \text{ г}.$$

Масса остатка

$$m = 1.79 + 1.6 = 3.39 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в остатке:

$$\omega(CsNO_2) = 1.79 / 3.39 = 0.528 \text{ (или } 52.8\%),$$

$$\omega(CuO) = 1.6 / 3.39 = 0.472 \text{ (или } 47.2\%).$$

*Ответ*: $\omega(CsNO_2) = 52.8\%$, $\omega(CuO) = 47.2\%$.

**10.** 1) $2AgNO_3 + 2KOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2KNO_3 + H_2O$;

2) $AgNO_3 + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH + NH_4NO_3$;

3) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$.

В качестве **X1** можно выбрать и оксид серебра, и тогда **X2** – $AgNO_3$. Формуле $C_3H_6O_2$ соответствует пропановая кислота, которую можно получить из ее аммонийной соли:

4) $CH_3CH_2CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3CH_2COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$;

5) $CH_3CH_2COONH_4 + HCl \rightarrow CH_3CH_2COOH + NH_4Cl$.

6) $2CH_3CH_2COOH + Zn \rightarrow (CH_3CH_2COO)_2Zn + H_2$;

7) $2CH_3CH_2COOH + 7O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$;

8) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

*Ответ*: **X1** – $AgNO_3$; **X2** – $Ag_2O$; **Y1** – $H_2$; **Y2** – $H_2O$; **Z** – $CH_3CH_2COONH_4$.

## Вариант ФФМБ-2007-2

**1.** $P_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HPO_3$

или $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$ (при избытке воды).

**2.** $Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow 2NaHSO_3$.

**3.** Элементарное звено политетрафторэтилена

$$—CF_2—CF_2—$$

Относительная молекулярная масса звена $M_r(C_2F_4) = 100$; отсюда относительная молекулярная масса полимера

$$M_r = 100 \cdot 5000 = 500000.$$

*Ответ*: 500000.

**4.** 1) $CO + KOH \xrightarrow{t^\circ, p} HCOOK$;

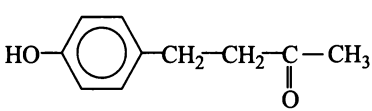
2) $HCOOK + HCl \rightarrow HCOOH + KCl$;

3) $5HCOOH + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2\uparrow + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$;

4) $CO_2 + Mg \xrightarrow{t^\circ} CO + MgO$.

*Ответ*: **X** – HCOOK; **Y** – HCOOH; **Z** – $CO_2$.

**5.** Душистое вещество 4-(*пара*-гидроксифенил)бутанон-2:



Брутто-формула $C_{10}H_{12}O_2$, молярная масса 164 г/моль. Элементный состав:

$$\omega(C) = 12 \cdot 10 / 164 = 0.7317 \text{ (или } 73.17\%);$$
$$\omega(H) = 12 / 164 = 0.0732 \text{ (или } 7.32\%);$$
$$\omega(O) = 32 / 164 = 0.1951 \text{ (или } 19.51\%).$$

*Ответ*: ω(C) 73.17%; ω(H) 7.32%; ω(O) 19.51%.

**6.** Пусть газовая смесь состояла из $x$ моль бутадиена $C_4H_6$ и $y$ моль пропена $C_3H_6$. Количество и масса смеси составляют:

$$\nu(\text{смеси}) = 6.72 / 22.4 = 0.3 = x + y \text{ моль};$$
$$m(\text{смеси}) = 54x + 42y = 13.8 \text{ г}.$$

С бромом реагируют и бутадиен, и пропен:

$$C_4H_6 + 2Br_2 \rightarrow C_4H_6Br_4,$$

$$C_3H_6 + Br_2 \rightarrow C_3H_6Br_2.$$

Количество прореагировавшего брома:

$$\nu(Br_2) = 64 / 160 = 0.4 = 2x + y.$$

Решив систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + y = 0.4, \\ x + y = 0.3, \end{cases}$$

получаем: $x = 0.1$, $y = 0.2$. Отсюда масса смеси и массовые доли газов в ней равны:

$$m(\text{смеси}) = 54 \cdot 0.1 + 42 \cdot 0.2 = 5.4 + 8.4 = 13.8 \text{ г}.$$
$$\omega(C_4H_6) = 5.4 / 13.8 = 0.3913 \text{ (или 39.13\%)};$$
$$\omega(C_3H_6) = 8.4 / 13.8 = 0.6087 \text{ (или 60.87\%)}.$$

*Ответ*: 39.13% $C_4H_6$; 60.87% $C_3H_6$.

**7.** Скорость элементарной реакции $2\mathbf{A} + \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{C}$ описывается уравнением $w = k[\mathbf{A}]^2[\mathbf{B}]$. Отсюда выражение для константы скорости:

$$k = \frac{w}{[\mathbf{A}]^2[\mathbf{B}]}.$$

Подставив в него начальные концентрации реагентов и скорость реакции, можно рассчитать величину константы скорости реакции:

$$k = 0.036 / (0.3^2 \cdot 0.5) = 0.8 \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{мин}).$$

Когда концентрация вещества **B** уменьшилась на 0.1 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составили:

$$[\mathbf{A}] = 0.3 - 2 \cdot 0.1 = 0.1 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{B}] = 0.5 - 0.1 = 0.4 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась

$$w = 0.8 \cdot 0.1^2 \cdot 0.4 = 0.0032 \text{ моль/(л·мин)}.$$

*Ответ*: $k = 0.8$ л$^2$/(моль$^2$·мин), $w = 0.0032$ моль/(л·мин).

**8.** Прежде всего, получим из этилена этанол и этандиол:

$$C_2H_4 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_2H_5OH,$$
$$3C_2H_4 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3HO{-}CH_2{-}CH_2{-}OH + 2MnO_2\downarrow + 2KOH.$$

Синтезируем бутан по реакции Вюрца, для этого:

$$C_2H_4 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl,$$
$$2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaCl.$$

Далее хлорированием бутана можно получить 2-хлорбутан, его щелочной гидролиз позволит получить бутанол-2. Кроме того, из 2-хлорбутана по реакции элиминирования получим бутен-2, из которого можно синтезировать бутандиол-2,3:

$$3C_4H_8 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3{-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_3 + \\ + 2MnO_2\downarrow + 2KOH.$$

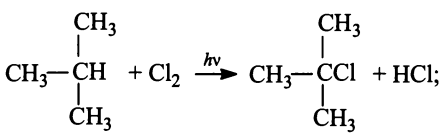
Из этанола по реакции Лебедева можно получить бутадиен:

$$2C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ, p, \text{кат}} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2,$$

окисление которого водным раствором перманганата даст четырехатомный спирт:

$$3CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 4KMnO_4 + 8H_2O \rightarrow \\ \rightarrow 3CH_2(OH){-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_2(OH) + 4MnO_2\downarrow + 4KOH.$$

Имеющийся *н*-бутан можно подвергнуть каталитической изомеризации и получить изобутан, хлорирование на свету которого позволит получить следующее хлорпроизводное:



гидролиз его водным раствором щелочи приводит к получению третбутанола. Кроме того, действуя на $(CH_3)_3CCl$ спиртовым раствором щелочи, получим метилпропен $(CH_3)_2C{=}CH_2$, окисление которого водным раствором $KMnO_4$ даст соответствующий двухатомный спирт $(CH_3)_2CH(OH){-}CH_2OH$.

**9.** Пусть в исходной смеси содержится по $x$ моль $MeNO_2$ (Me – искомый щелочной металл с атомной массой $M$) и $Fe(NO_3)_2$. Концентрированная азотная кислота окисляет оба вещества:

$$\underset{x}{MeNO_2} + 2HNO_3 \rightarrow \underset{x}{MeNO_3} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + H_2O;$$

$$\underset{x}{Fe(NO_3)_2} + 2HNO_3 \rightarrow \underset{x}{Fe(NO_3)_3} + \underset{x}{NO_2\uparrow} + H_2O.$$

В соответствии с условием задачи масса смеси

$$m(\text{смеси}) = (M + 46)x + 180x = 6.22 \text{ г}.$$

Количество выделившегося оксида азота составляет

$$\nu(NO_2) = 1.344/22.4 = 0.06 \text{ моль}.$$

Тогда $2x + x = 3x = 0.06$ моль, отсюда $x = 0.02$ моль. Подставим это значение в выражение для массы смеси и получим $M = 85$ г/моль. Me – это рубидий.

После прокаливания полученных нитратов

$$\underset{0.02}{2RbNO_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.02}{2RbNO_2} + O_2\uparrow,$$

$$\underset{0.02}{4Fe(NO_3)_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.01}{2Fe_2O_3} + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$$

сухой остаток содержит:

$$m(RbNO_2) = 0.02 \cdot 131 = 2.62 \text{ г},$$
$$m(Fe_2O_3) = 0.01 \cdot 160 = 1.6 \text{ г}.$$

Масса остатка

$$m = 2.62 + 1.6 = 4.22 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в остатке составляют:

$$\omega(RbNO_2) = 2.62/\ 4.22 = 0.621 \text{ (или } 62.1\%),$$
$$\omega(Fe_2O_3) = 1.6\ /\ 4.22 = 0.379 \text{ (или } 37.9\%).$$

*Ответ*: $\omega(RbNO_2) = 62.1\%$, $\omega(Fe_2O_3) = 37.9\%$.

**10.** 1) $Na_2O + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$;

2) $Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$;

3) $Na_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaOH$.

Хлорэтан $C_2H_5Cl$ можно получить из этана, этанола, или этилена. Выберем вариант с этиленом. Тогда реакция получения этилена:

4) $C_2H_5Br + NaOH(\text{спирт}) \rightarrow CH_2{=}CH_2 + NaBr + H_2O$;

5) $CH_2{=}CH_2 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl$.

6) $2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaBr$ (реакция Вюрца);

7) $C_2H_5Cl + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O + HCl$;

8) $2C_4H_{10} + 13O_2 \rightarrow 8CO_2 + 10H_2O$.

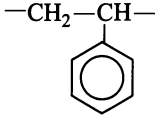
*Ответ*: **X1** – $Na_2O$; **X2** – $Na_2SO_4$; **Y1** – $C_4H_{10}$; **Y2** – $H_2O$; **Z** – $CH_2{=}CH_2$.

## Вариант ФФМБ-2007-3

**1.** $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$.

**2.** $KHSO_3 + KOH \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$.

**3.** 2900;



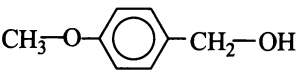
**4.** 1) $2C + SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} Si + 2CO\uparrow$;

2) $CO + NaOH \xrightarrow{t^\circ, p} HCOONa$;

3) $HCOONa + HCl \rightarrow HCOOH + NaCl$;

4) $HCOOH \xrightarrow{t^\circ, H_2SO_4(конц)} CO\uparrow + H_2O$.

**5.** ω(C) = 69.57%; ω(H) = 7.25%; ω(O) = 23.18%.



**6.** 52.38% $C_3H_8$ и 47.62% $C_3H_4$.

**7.** 0.12 моль/(л·мин); [**A**] = 0.012 моль/л, [**B**] = 0.212 моль/л.

**8.** Запишем уравнения реакций спиртового, маслянокислого и молочнокислого брожения глюкозы:

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{фермент} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$,

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{фермент} C_3H_7COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow$,

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{фермент} 2CH_3–CHOH–COOH$.

Запишем уравнение реакции окисления этанола до уксусной кислоты:

$$5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O.$$

Синтезируем три сложных эфира из этанола и кислот:

1) $CH_3COOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + H_2O$;
*этилацетат*

2) $C_3H_7COOH + C_2H_5OH \rightarrow C_3H_7COOC_2H_5 + H_2O$;
*этилбутират*

3) $CH_3CHOHCOOH + C_2H_5OH \rightarrow CH_3CH(OH)COOC_2H_5 + H_2O$.
*этиллактат*

Получим пропан из бутановой кислоты и затем пропанол-2:

$C_3H_7COOH + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2CH_3 + Na_2CO_3 + H_2O$;

$CH_3CH_2CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CHClCH_3 + HCl$;

$CH_3CHClCH_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CH(OH)CH_3$.

Три сложных эфира синтезируем из пропанола-2 и кислот:

1) $CH_3COOH + CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{H^+} CH_3COOCH(CH_3)_2 + H_2O$;

2) $C_3H_7COOH + CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{H^+} C_3H_7COOCH(CH_3)_2 + H_2O$;

3) $CH_3CH(OH)COOH + CH_3CH(OH)CH_3 \xrightarrow{H^+}$

$\xrightarrow{H^+} CH_3CH(OH)COOCH(CH_3)_2 + H_2O$.

**9.** 30.1% $NaNO_2$, 69.9% CuO.

**10. X1** – $CuCl_2$; **X2** – NaCl; **Y1** – $CH_3–CHOH–CH_3$; **Y2** – $H_2O$; **Z** – $CH_3–CCl_2–CH_3$.

1) $CuCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$;

2) $CuCl_2 + H_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2HCl$;

3) $NaCl + H_2SO_4(конц) \xrightarrow{t^\circ} HCl + NaHSO_4$;

4) $2HCl + CH_3{-}C{\equiv}CH \rightarrow CH_3{-}CCl_2{-}CH_3$;

5) $CH_3{-}CCl_2{-}CH_3 + 2KOH \rightarrow CH_3{-}CO{-}CH_3 + 2KCl + H_2O$;

6) $CH_3{-}CO{-}CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3{-}CHOH{-}CH_3$;

7) $CH_3{-}CO{-}CH_3 + 4O_2 \rightarrow 3H_2O + 3CO_2$;

8) $CH_3{-}CHOH{-}CH_3 \xrightarrow{t^\circ} H_2O + CH_3{-}CH{=}CH_2$.

## Вариант ФФМБ-2007-4

**1.** $3CaO + 2P_2O_5 \xrightarrow{t^\circ} Ca_3(PO_4)_2$.

**2.** $Na_2HPO_4 + NaOH \rightarrow Na_3PO_4 + H_2O$.

**3.** 210000;



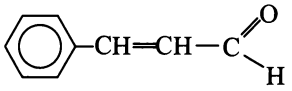
**4.** 1) $3C + CaO \xrightarrow{t^\circ} CaC_2 + CO\uparrow$;

2) $CO + 2H_2 \xrightarrow{t^\circ,кат} CH_3OH$;

3) $5CH_3OH + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow 5CO_2 + 6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 19H_2O$;

4) $CO_2 + C \xrightarrow{t^\circ} 2CO$.

**5.** $\omega(C) = 81.82\%$; $\omega(H) = 6.06\%$; $\omega(O) = 12.12\%$.



**6.** 62.86% $C_3H_8$; 37.14% $C_2H_2$.

**7.** $k = 0.24$ моль/(л·мин), $w = 0.027$ моль/(л·мин).

**8.** Прежде всего, получим из пропена пропанол-2 и пропандиол-1,2:

$C_3H_6 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3CH(OH)CH_3$,

$3C_3H_6 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3CH(OH)CH_2OH + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$.

Окислив пропен кислым раствором перманганата калия, получим уксусную кислоту, из которой затем получим этанол:

1) $CH_3{-}CH = CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 4H_2O$;

2) $CH_3COOH + 2H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2OH + H_2O$.

Из этанола по реакции Лебедева можно получить бутадиен:

$$2C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ, p, \text{кат}} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2,$$

окисление которого водным раствором перманганата даст четырехатомный спирт:

$$3CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 4KMnO_4 + 8H_2O \rightarrow$$
$$\rightarrow 3CH_2(OH){-}CH(OH){-}CH(OH){-}CH_2(OH) + 4MnO_2\downarrow + 4KOH.$$

**9.** 26.15% $KNO_2$, 73.85% $Fe_2O_3$.

**10. X1** – $Ca(OH)_2$; **X2** – $Ca(HCO_3)_2$; **Y1** – $H_2$; **Y2** – $H_2O$; **Z** – NaOH.

1) $Ca(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$;

2) $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$;

3) $Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O$;

4) $2H_2O + 2Na \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$;

5) $2NaOH + CH_2Cl{-}CH_2Cl \rightarrow CH_2OH{-}CH_2OH + 2NaCl$;

6) $CH_2OH{-}CH_2OH + 2Na \rightarrow H_2\uparrow + CH_2ONa{-}CH_2ONa$;

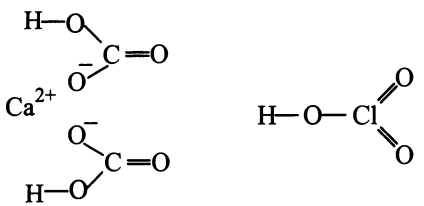
7) $2CH_2OH{-}CH_2OH + 5O_2 \rightarrow 4CO_2\uparrow + 6H_2O$;

8) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант БЗКБ-07-1

**1.** Графические формулы соединений $Ca(HCO_3)_2$ и $HClO_3$:



**2.** $5Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5Na_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$;

$C_6H_5CH_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5{-}COOH + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$.

**3.** Последовательность распознавания веществ:

1) $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$ (выделение газа лишь в одном случае);

2) $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2NaCl + BaSO_4\downarrow$ (белый осадок лишь с одним из трех оставшихся веществ);

3) $KCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + KNO_3$ (творожистый белый осадок с одним из двух оставшихся веществ);

4) оставшееся вещество – $NaNO_3$.

**4.** $HCOOH \rightleftarrows HCOO^- + H^+$.

По закону разведения Оствальда константа диссоциации

$$K = \alpha^2 \cdot c.$$

Степень диссоциации:

а) $\alpha = (K / c)^{1/2} = (2.05 \cdot 10^{-4} / 0.2)^{1/2} = 0.032$;

б) $\alpha = (2.05 \cdot 10^{-4} / 0.4)^{1/2} = 0.021$.

**5.** При растворении карбида и нитрида кальция в воде протекают реакции:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow;$$
$$Ca_3N_2 + 6H_2O \rightarrow 3Ca(OH)_2 + 2NH_3\uparrow.$$

Пусть выделилось $x$ моль $C_2H_2$ и $(1 - x)$ моль $NH_3$. По условию задачи средняя молярная масса смеси газов составляет:

$$M_{ср} = 9.4 \cdot 2 = 18.8 \text{ г/моль},$$

тогда масса газовой смеси

$$m(\text{газ.смеси}) = 26x + 17 \cdot (1 - x) = 18.8 \text{ г};$$

отсюда $x = 0.2$. Значит, в газовой смеси было 0.2 моль $C_2H_2$ и 0.8 моль $NH_3$.

Рассчитаем массы карбида, нитрида и исходной смеси:

$$m(CaC_2) = 0.2 \cdot 64 = 12.8 \text{ г},$$
$$m(Ca_3N_2) = 0.4 \cdot 148 = 59.2 \text{ г},$$
$$m(\text{смеси}) = 12.8 + 59.2 = 72 \text{ г}.$$

Массовая доля карбида кальция:

$$\omega(CaC_2) = 12.8 / 72 \cdot 100\% = 17.8\%.$$

*Ответ*: 17.8% $CaC_2$.

**6.** По условию задачи количество газовой смеси:

$$\nu(\text{смеси}) = pV / RT = (101.3 \cdot 14.76) / (8.31 \cdot 300) = 0.6 \text{ моль}.$$

Так как объемная доля $C_2H_6$ равна 75%, его количество составляет:

$$\nu(C_2H_6) = 0.6 \cdot 0.75 = 0.45 \text{ моль},$$

а масса

$$m(C_2H_6) = 0.45 \cdot 30 = 13.5 \text{ г}.$$

Количество и масса неизвестного газа:

$$\nu(\text{газа}) = 0.25 \cdot 0.6 = 0.15 \text{ моль},$$

$$m(\text{газа}) = 24.00 - 13.5 = 10.5 \text{ г}.$$

Отсюда молярная масса неизвестного газа:

$$M(\text{газа}) = 10.5 / 0.15 = 70 \text{ г/моль}.$$

Если предположить, что неизвестный газ – углеводород, то простой подбор ($12x + y = 70$) дает формулу $C_5H_{10}$ – это или алкен (например, пентен), или циклоалкан. При пропускании через водный раствор перманганата калия именно алкенов происходит образование осадка диоксида марганца:

$$3C_5H_{10} + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_5H_{10}(OH)_2 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH.$$

Исходя из уравнения реакции и условия задачи, количество $MnO_2$

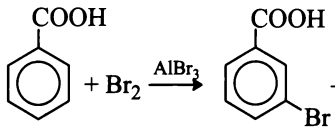
$$\nu(MnO_2) = 0.15 \cdot 2 / 3 = 0.1 \text{ моль},$$

а его масса

$$m(MnO_2) = 0.1 \cdot 87 = 8.7 \text{ г}.$$

*Ответ*: 8.7 г.

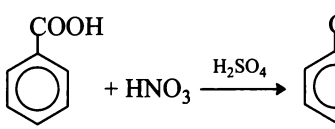
**7.**

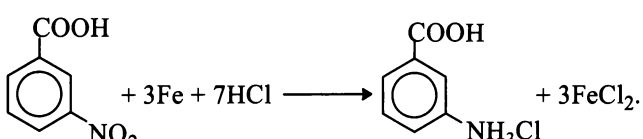



2) $C_6H_5–COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} C_6H_5–COOCH_3 + H_2O$;

3) $2C_6H_5–COOH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5–COONa + H_2\uparrow$;

4) $C_6H_5–COONa + CH_3CH_2Br \rightarrow C_6H_5–COOC_2H_5 + NaBr$;




**8.** Пусть в исходной смеси содержится по $x$ моль $MeNO_2$ (Me – искомый щелочной металл) и $Cu_2O$; азотная кислота окисляет оба эти вещества:

$$\underset{x}{MeNO_2} + 2HNO_3 \rightarrow \underset{x}{MeNO_3} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + H_2O;$$

$$\underset{x}{Cu_2O} + 6HNO_3 \rightarrow \underset{2x}{2Cu(NO_3)_2} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + 3H_2O.$$

Количество выделившегося диоксида азота составляет:

$$\nu(NO_2) = 4x = 1.792 / 22.4 = 0.08 \text{ моль},$$

откуда $x = 0.02$ моль.

Масса оксида меди:

$$m(Cu_2O) = 0.02 \cdot 144 = 2.88 \text{ г}.$$

Масса нитрита металла:

$$m(MeNO_2) = 6.46 - 2.88 = 3.58 \text{ г},$$

а его молярная масса:

$$M(MeNO_2) = 3.58 / 0.02 = 179 \text{ г/моль}.$$

Отсюда молярная масса искомого металла:

$$M(Me) = 179 - 46 = 133 \text{ г/моль};$$

это – цезий Cs.

При прокаливании полученных нитратов протекают реакции:

$$\underset{0.02}{2CsNO_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.01}{2CsNO_2} + O_2\uparrow;$$

$$\underset{0.04}{2Cu(NO_3)_2} \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + \underset{0.08}{4NO_2\uparrow} + \underset{0.02}{O_2\uparrow}.$$

Выделилось 0.08 моль $NO_2$ и 0.03 моль $O_2$, в сумме 0.11 моль; их мольные (объемные) доли составляют:

$$\varphi(NO_2) = 0.08 / 0.11 = 0.72 \text{ (или 72\%)};$$
$$\varphi(O_2) = 0.03 / 0.11 = 0.28 \text{ (или 28\%)}.$$

*Ответ*: 72% $NO_2$; 28% $O_2$.

**9.** 1) $Ca(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CaO + H_2O$;

2) $Ca(OH)_2 + H_3PO_4 \rightarrow CaHPO_4 + 2H_2O$;

3) $CaO + H_3PO_4 \rightarrow CaHPO_4 + H_2O$;

4) $2CaHPO_4 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2O$;

5) $2Ca_3(PO_4)_2 + 10C + 6SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} 6CaSiO_3 + P_4 + 10CO\uparrow$;

6) $P_4 + 3O_2 \rightarrow 2P_2O_3$;

7) $P_4 + 5O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2P_2O_5$;

8) $P_2O_3 + O_2 \xrightarrow{t^\circ} P_2O_5$.

*Ответ*: **A** – $Ca(OH)_2$; **B** – $CaO$; **C** – $Ca_3(PO_4)_2$; **D** – $P_2O_3$; **E** – $P_2O_5$.

**10.** Обозначим неизвестные спирты как ROH и $R_1OH$ (молярные массы изомерных радикалов R и $R_1$ равны между собой). Уравнения реакций этерификации:

$$ROH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COOR + H_2O,$$
$$R_1OH + CH_3COOH \rightarrow CH_3COOR_1 + H_2O.$$

Поскольку по условию задачи массы исходных спиртов относятся как 5 : 1, примем количество ROH за $5x$ моль, а количество $R_1OH$ за $x$ моль. Тогда массу смеси спиртов можно выразить как

$$m(\text{смеси спиртов}) = 5x(R + 17) + x(R + 17) = 43.2 \text{ г},$$

откуда $x = 7.2 / (R + 17)$.

С учетом процента выхода реакций этерификации было получено $3.75x$ моль эфира $CH_3COOR$ и $0.5x$ моль эфира $CH_3COOR_1$; их сумму выразим как

$$m(\text{смеси эфиров}) = 3.75x(R + 59) + 0.5x(R + 59) = 52.02,$$

откуда $x = 12.24 / (R + 59)$.

Приравнивая значения $x$ друг к другу, получаем:

$$7.2 / (R + 17) = 12.24 / (R + 59),$$

откуда R = 43.

Поскольку радикал R – это алкил $C_nH_{2n+1}$, можно составить уравнение

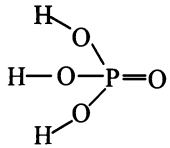
$$12n + 2n + 1 = 43,$$

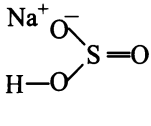
из которого $n = 3$. Следовательно, неизвестные спирты – это пропанол-1 и пропанол-2.

*Ответ*: пропанол-1 $CH_3–CH_2–CH_2OH$ и пропанол-2 $CH_3–CH(OH)–CH_3$.

## Вариант БЗКБ-07-2

**1.** Графические формулы соединений:





**2.** $Cl_2 + SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$;

$3CH_2=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_2(OH)–CH_2(OH) + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$.

**3.** Последовательность распознавания веществ:

1) $NaHSO_3 + HCl \rightarrow NaCl + SO_2\uparrow + H_2O$ (выделение газа только в одном случае);

2) $K_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2KCl + BaSO_4\downarrow$ (образование белого осадка только с одним веществом из трех оставшихся);

3) $NH_4NO_3 + NaOH \rightarrow NaNO_3 + NH_3\uparrow + H_2O$ (выделение газа только в одном случае из двух);

4) $CaCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Ca(NO_3)_2$ (образование белого творожистого осадка подтверждает, что оставшееся вещество – это нитрат серебра).

**4.** $CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$.

По закону разведения Оствальда константа диссоциации

$$K = \alpha^2 \cdot c.$$

Степень диссоциации:

а) $\alpha = (K / c)^{1/2} = (1.86 \cdot 10^{-5} / 0.1)^{1/2} = 1.36 \cdot 10^{-2}$;

б) $\alpha = (1.86 \cdot 10^{-5} / 0.6)^{1/2} = 5.57 \cdot 10^{-2}$.

**5.** При растворении карбида и гидрида кальция в воде протекают реакции:

$$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow;$$
$$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2\uparrow.$$

Пусть выделилось $x$ моль $C_2H_2$ и $(1 - x)$ моль $H_2$. По условию средняя молярная масса смеси газов составляет

$$M_{ср} = 32 / 4.7 = 6.8 \text{ г/моль},$$

тогда масса газовой смеси.

$$m(\text{газ.смеси}) = 26x + 2(1 - x) = 6.8 \text{ г};$$

отсюда $x = 0.2$ моль. Значит, в газовой смеси было 0.2 моль $C_2H_2$ и 0.8 моль $H_2$.

Рассчитаем массы карбида, гидрида и исходной смеси:

$$m(CaC_2) = 0.2 \cdot 64 = 12.8 \text{ г},$$
$$m(CaH_2) = 0.4 \cdot 42 = 16.8 \text{ г},$$
$$m(\text{смеси}) = 12.8 + 16.8 = 29.6 \text{ г}.$$

Массовая доля гидрида кальция:

$$\omega(CaH_2) = 16.8 / 29.6 = 0.5676 \text{ (или } 56.76\%).$$

*Ответ*: 56.76% $CaH_2$.

**6.** По условию задачи количество газовой смеси:

$$\nu(\text{смеси}) = pV / RT = (101.3 \cdot 4.92) / (8.31 \cdot 300) = 0.2 \text{ моль};$$

Так как объемная доля $C_3H_8$ равна 40%, его количество составляет:

$$\nu(C_3H_8) = 0.2 \cdot 0.4 = 0.08 \text{ моль},$$

а масса

$$m(C_3H_8) = 0.08 \cdot 44 = 3.52 \text{ г}.$$

Количество и масса неизвестного газа:

$$\nu(\text{газа}) = 0.2 \cdot 0.6 = 0.12 \text{ моль};$$
$$m(\text{газа}) = 10.24 - 3.52 = 6.72 \text{ г},$$

Отсюда молярная масса неизвестного газа:

$$M(\text{газа}) = 6.72 / 0.12 = 56 \text{ г/моль}.$$

Если предположить, что неизвестный газ – углеводород, тогда простым подбором ($12x + y = 56$) найдем формулу $C_4H_8$ – это или алкен (например, бутен), или циклоалкан. При пропускании через раствор перманганата калия именно алкены вызывают образование осадка диоксида марганца:

$$3C_4H_8 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3C_4H_8(OH)_2 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH.$$

Исходя из уравнения реакции и условия задачи, количество $MnO_2$:

$$\nu(MnO_2) = 0.12 \cdot 2 / 3 = 0.08 \text{ моль};$$

масса $MnO_2$:

$$m(MnO_2) = 0.08 \cdot 87 = 6.96 \text{ г}.$$

*Ответ*: 6.96 г.

**7.** 1) $C_6H_5CH_2CH_2OH + HBr \rightarrow C_6H_5CH_2CH_2Br + H_2O$;

2) $C_6H_5CH_2CH_2OH + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2\uparrow + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 5H_2O$;

3) $C_6H_5CH_2CH_2OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} C_6H_5CH_2CHO + Cu + H_2O$;

4) $C_6H_5CH_2CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow C_6H_5CH_2COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O$;

5) $C_6H_5CH_2CH_2OH \xrightarrow{t^\circ,\ H_2SO_4} C_6H_5CH{=}CH_2 + H_2O$;

6) $C_6H_5CH{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_6H_5CH(OH)CH_3$.

**8.** Пусть в исходной смеси содержится по $x$ моль $MeNO_2$ (Me – искомый щелочной металл) и FeO; концентрированная азотная кислота окисляет оба эти вещества:

$$\underset{x}{MeNO_2} + 2HNO_3 \rightarrow \underset{x}{MeNO_3} + \underset{2x}{2NO_2\uparrow} + H_2O;$$

$$\underset{x}{FeO} + 4HNO_3 \rightarrow \underset{x}{Fe(NO_3)_3} + \underset{x}{NO_2\uparrow} + 2H_2O.$$

Количество выделившегося диоксида азота составляет:

$$\nu(NO_2) = 3x = 1.344 / 22.4 = 0.06 \text{ моль};$$

откуда $x = 0.02$ моль.

Масса оксида железа:

$$m(FeO) = 0.02 \cdot 72 = 1.44 \text{ г}.$$

Масса нитрита металла:

$$m(MeNO_2) = 4.06 - 1.44 = 2.62 \text{ г},$$

а его молярная масса:

$$M(MeNO_2) = 2.62 / 0.02 = 131 \text{ г/моль}.$$

Отсюда молярная масса металла:

$$M(Me) = 131 - 46 = 85 \text{ г/моль};$$

это – рубидий Rb.

При прокаливании смеси полученных нитратов протекают реакции:

$$\underset{0.02}{2RbNO_3} \xrightarrow{t^\circ} 2RbNO_2 + \underset{0.01}{O_2}\uparrow;$$

$$\underset{0.02}{4Fe(NO_3)_3} \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + \underset{0.06}{12NO_2}\uparrow + \underset{0.015}{3O_2}\uparrow.$$

Выделилось 0.06 моль $NO_2$ и 0.025 моль $O_2$ (в сумме 0.085 моль); их мольные (объемные) доли составляют:

$$\varphi(NO_2) = 0.06 / 0.085 = 0.7 \text{ (или 70\%)};$$
$$\varphi(O_2) = 0.025 / 0.085 = 0.3 \text{ (или 30\%)}.$$

*Ответ*: 70% $NO_2$; 30% $O_2$.

**9.** 1) $2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O$;

2) $Al(OH)_3 + KOH \rightarrow K[Al(OH)_4]$;

3) $Al_2O_3 + 2KOH + 3H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4]$;

4) $K[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow Al(OH)_3 + KHCO_3$;

5) $2KHCO_3 \xrightarrow{t^\circ} K_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$;

6) $2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$;

7) $6Fe(OH)_2 + O_3 + 3H_2O \rightarrow 6Fe(OH)_3$, или
$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$;

8) $4Fe + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$.

*Ответ*: **A** – $Al(OH)_3$; **B** – $Al_2O_3$; **C** – $KHCO_3$; **D** – $O_2$; **E** – $Fe(OH)_3$.

**10.** Обозначим неизвестные изомерные кислоты как RCOOH и $R_1COOH$ (молярные массы изомерных радикалов R и $R_1$ равны между собой). Уравнения реакций этерификации:

$$CH_3OH + RCOOH \rightarrow RCOOCH_3 + H_2O;$$
$$CH_3OH + R_1COOH \rightarrow R_1COOCH_3 + H_2O.$$

Поскольку по условию задачи массы полученных эфиров относятся как 8 : 1, примем количества $RCOOCH_3$ и $R_1COOCH_3$ за $8x$ и $x$ моль соответственно. Тогда массу смеси эфиров можно выразить как

$$m(\text{смеси эфиров}) = 8x(R + 59) + x(R + 59) = 18.36,$$

откуда $x = 2.04 / (R + 59)$.

С учетом процента выхода реакций этерификации исходные количества кислот составляли $10x$ моль RCOOH и $2x$ моль $R_1COOH$; их масса равна:

$$m(\text{смеси эфиров}) = 10x(R + 45) + 2x(R + 45) = 21.12 \text{ г},$$

отсюда $x = 1.76 / (R + 45)$.

Приравнивая значения $x$ друг к другу, получаем:

$$2.04 / (R + 59) = 1.76 / (R + 45),$$

откуда $R = 43$.

Поскольку радикал R – это алкил $C_nH_{2n+1}$, можно составить уравнение

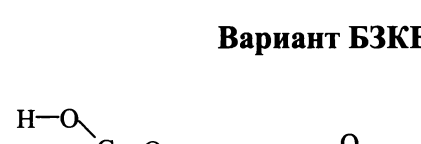
$$12n + 2n + 1 = 43,$$

из которого $n = 3$. Следовательно, неизвестные кислоты – это бутановая и метилпропановая.

*Ответ*: бутановая $CH_3–CH_2–CH_2–COOH$ и метилпропановая $CH_3–CH(CH_3)–COOH$ кислоты.

## Вариант БЗКБ-07-3

**1.**



**2.** $3Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH;$

$3CH_3–CH=CH_2 + 5K_2Cr_2O_7 + 20H_2SO_4 \rightarrow 3CH_3–COOH + 3CO_2 +$
$+ 5Cr_2(SO_4)_3 + 5K_2SO_4 + 23H_2O.$

**3.** 1) $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + CO_2\uparrow + H_2O;$

2) $Ba(NO_3)_2 + Na_2SO_4 \rightarrow 2NaNO_3 + BaSO_4\downarrow;$

3) $NH_4Cl + NaOH \rightarrow NaCl + NH_3\uparrow + H_2O;$

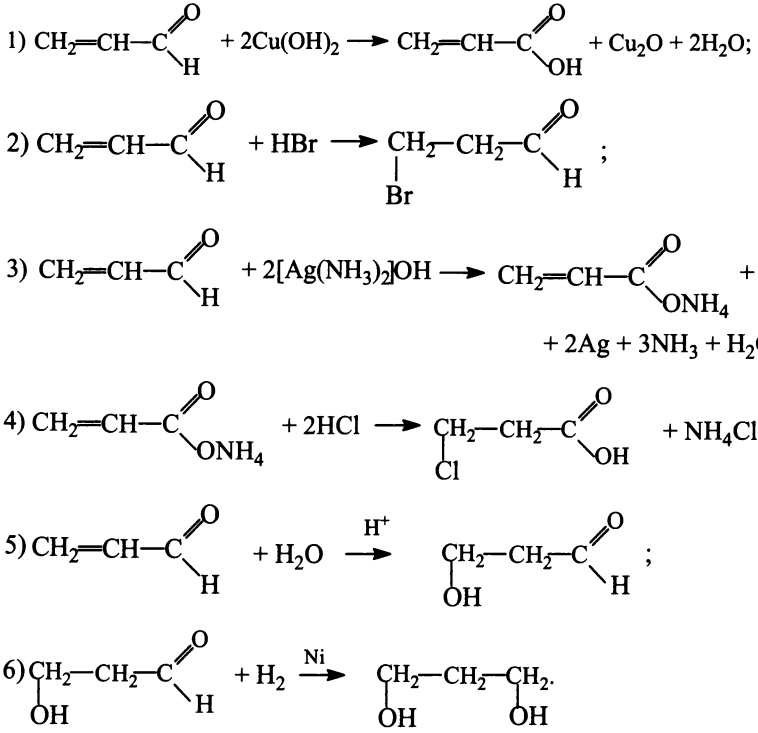
4) оставшееся вещество – NaCl.

**4.** а) $14.83 \cdot 10^{-2}$; б) $9.71 \cdot 10^{-2}$.

**5.** 86.23% $Ca_3N_2$.

**6.** 8.7 г.

**7.**



**8.** 16.67% $N_2O$; 66.67% $NO_2$; 16.67% $O_2$.

**9.** **A** – $Cu(OH)_2$; **B**– CuO; **C** – CuS; **D** – S; **E** – $H_2SO_4$.

1) $Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CuO + H_2O$;

2) $Cu(OH)_2 + 2HBr \rightarrow CuBr_2 + 2H_2O$;

3) $CuO + 2HBr \rightarrow CuBr_2 + H_2O$;

4) $CuBr_2 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2NaBr$;

5) $2CuS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2$;

6) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

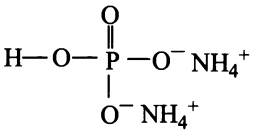
7) $SO_2 + Cl_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2HCl$;

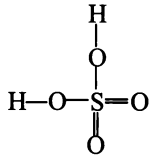
8) $3S + 6HNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 3H_2SO_4 + 6NO\uparrow$.

**10.** Бутановая $CH_3–CH_2–CH_2–COOH$ и метилпропановая $CH_3–CH(CH_3)–COOH$ кислоты.

## Вариант БЗКБ-07-4

**1.**





**2.** $5H_2O_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$;

$C_6H_5NO_2 + 2Al + 2NaOH + 4H_2O \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2NaAl(OH)_4$.

**3.** 1) $CaSO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + SO_2\uparrow + H_2O$;

2) $(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$;

3) $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2NaNO_3 + BaSO_4\downarrow$;

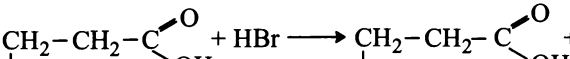
4) оставшееся вещество – $KNO_3$.

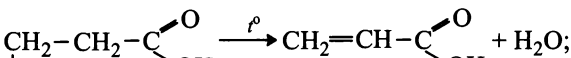
**4.** а) $4.74 \cdot 10^{-2}$; б) $3.35 \cdot 10^{-2}$.

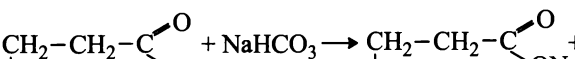
**5.** 52.94% $Al_4C_3$.

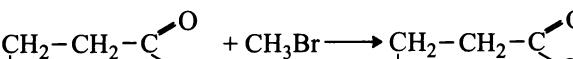
**6.** 10.44 г.

**7.**

1) 

2) 

3) 

4) 

5) $5HO\text{–}CH_2CH_2\text{–}COOH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_2(COOH)_2 + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

6) $CH_2(COOH)_2 + 2C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} CH_2(COOC_2H_5)_2 + 2H_2O$.

**8.** 76.596% $NO_2$; 23.404% $O_2$.

**9.** **A** – $Ba(OH)_2$; **B** – $BaO$; **C** – $Ba(NO_3)_2$; **D** – $Fe_2O_3$; **E** – Fe.

1) $Ba(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} BaO + H_2O$;

2) $Ba(OH)_2 + 2CO_2 \rightarrow Ba(HCO_3)_2$;

3) $BaO + 2CO_2 + H_2O \rightarrow Ba(HCO_3)_2$;

4) $Ba(HCO_3)_2 + 2HNO_3 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2CO_2\uparrow + 2H_2O$;

5) $Ba(NO_3)_2 + FeSO_4 \rightarrow Fe(NO_3)_2 + BaSO_4\downarrow$;

6) $4Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 8NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

7) $Fe(NO_3)_2 + Zn \rightarrow Zn(NO_3)_2 + Fe$;

8.) $Fe_2O_3 + 3H_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + 3H_2O$.

**10.** Пропанол-1 $CH_3–CH_2–CH_2OH$ и пропанол-2 $CH_3–CH(OH)–CH_3$.

## Факультет почвоведения

## Вариант ПВ–2007–1

**1.** $CH_3–CH_2–NO_2$ — *нитроэтан*; $NH_2–CH_2–COOH$ — *глицин (аминоуксусная кислота)*

**2.** Ar и $K^+$.

**3.** 1) $HNO_3 + NaOH \rightarrow NaNO_3 + H_2O$;

2) $2HNO_3 + Na_2SiO_3 \rightarrow H_2SiO_3\downarrow + 2NaNO_3$;

3) $4HNO_3 + Cu \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

4) $2HNO_3(конц) + S \rightarrow H_2SO_4 + 2NO\uparrow$.

**4.** Поскольку продуктами горения газа являются только $CO_2$ и $H_2O$, газ состоит из углерода, водорода и, возможно, кислорода. Искомая брутто-формула – $C_xH_yO_z$. Запишем уравнение горения, учтя при этом, что объемы газов, измеренные при одинаковых условиях, пропорциональны количеству веществ газов. Отсюда следует, что данные объемы газов можно использовать в качестве коэффициентов в уравнении реакции. В этой задаче разделим для удобства каждый коэффициент (объем) на 3:

$$2C_xH_yO_z + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O,$$

отсюда $x = 4 / 2 = 2$; $y = 12 / 2 = 6$; $z = 6 + 8 – 14 = 0$. Следовательно, искомое вещество – это этан $C_2H_6$.

*Ответ:* $C_2H_6$.

**5.** Протекает реакция нейтрализации:

$$HI + KOH \rightarrow KI + H_2O + Q.$$

Рассчитаем количества исходных веществ в растворах:

$$\nu(HI) = \frac{2 \cdot 80}{1000} = 0.16 \text{ моль};$$

$$\nu(KOH) = \frac{6.47 \cdot 1.082 \cdot 0.1}{56} = 0.0125 \text{ моль};$$

следовательно, в недостатке находится щелочь. Теплоту нейтрализации рассчитываем по щелочи:

$$Q = \frac{0.7}{0.0125} = 56 \text{ кДж/моль.}$$

*Ответ:* 56 кДж/моль.

**6.** Поскольку реакция протекает в замкнутом (постоянном) объеме, в расчетах можно вместо концентраций использовать количества веществ. Количества прореагировавших $H_2$ и $I_2$ равны $0.05 \cdot 0.2 = 0.01$ моль, а количество образовавшегося к моменту установления равновесия HI в два раза больше – 0.02 моль:

| | $I_2(г)$ | $+ H_2(г)$ | $\rightleftarrows 2HI(г)$ |
|---|---|---|---|
| Исходные количества | 0.025 | 0.05 | 0 |
| Прореагировало | 0.01 | 0.01 | |
| Равновесные количества | 0.015 | 0.04 | 0.02 |

Отсюда константа равновесия:

$$K_p = \frac{0.02^2}{0.04 \cdot 0.015} = 0.67.$$

*Ответ:* $K_p = 0.67$.

**7.** 1) $Cr + 2HCl \rightarrow H_2\uparrow + CrCl_2$;

2) $CrCl_2 + 2KOH \rightarrow 2KCl + Cr(OH)_2\downarrow$;

3) $2Cr(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow 2Cr(OH)_3\downarrow$;

4) $2Cr(OH)_3 + 3Br_2 + 10KOH \rightarrow 6KBr + K_2CrO_4 + 8H_2O$;

5) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + K_2Cr_2O_7 + H_2O$;

6) $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + K_2SO_3 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 4H_2O$.

*Ответ:* **A** – $CrCl_2$, **B** – $Cr(OH)_2$, **C** – $Cr(OH)_3$, **D** – $K_2CrO_4$, **E** – $K_2Cr_2O_7$, **F** – $Cr_2(SO_4)_3$.

**8.** 1) $CH_3–CH_2–COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3–CH_3\uparrow + Na_2CO_3$;

2) $CH_3–CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{свет}} CH_3–CH_2Cl + HCl$;

3) $CH_3–CH_2Cl + NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_2=CH_2 + NaCl + H_2O$;

4) $CH_2=CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3–CH_2–OH$;

5) $CH_3–CH_2–OH \xrightarrow[> 150^\circ C]{H_2SO_4\ \text{конц}} CH_2=CH_2 + H_2O$;

6) $CH_3–CH_2–OH \xrightarrow[< 150^\circ C]{H_2SO_4\ \text{конц}} CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3 + H_2O$.

**9.** Рассчитаем количество соли в полученном растворе:

$$\nu(\text{соли}) = 0.2 \cdot 2000 / 1000 = 0.4 \text{ моль.}$$

Рассмотрим случай одновалентного металла:

$$2Me + H_2SO_4 \rightarrow Me_2SO_4 + H_2\uparrow.$$

Исходя из уравнения реакции, $\nu(Me) = 0.8$ моль, а его молярная масса

$$M(Me) = 26 / 0.8 = 32.5 \text{ г/моль};$$

металла с такой молярной массой нет.

Теперь рассмотрим случай двухвалентного металла:

$$Me + H_2SO_4 \rightarrow MeSO_4 + H_2\uparrow,$$

Количество металла $\nu(Me) = 0.4$ моль; его молярная масса

$$M(Me) = 26 / 0.4 = 65 \text{ г/моль};$$

это – цинк Zn.

С концентрированной серной кислотой цинк реагирует по уравнению:

$$Zn + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow ZnSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O.$$

*Ответ:* цинк.

**10.** При растворении магниевых опилок в растворе соляной кислоты протекает реакция:

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow.$$

Количество выделившегося водорода

$$\nu(H_2) = \nu(Mg) = 48 / 24 = 2 \text{ моль},$$

его объем $V(H_2) = 44.8$ л.

Уравнения реакций, происходящих при пропускании смеси газов над катализатором:

$$H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2 \xrightarrow{Pt,\, t^\circ} C_4H_{10};$$

$$H_2C{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt,\, t^\circ} C_2H_6.$$

Поскольку $V(C_4H_{10}) = 11.2$ л; $V(C_2H_6) = 14$ л, объем непрореагировавшего водорода:

$$V(H_2) = 44.8 - 2 \cdot 11.2 - 14 = 8.4 \text{ л};$$

общий объем газов после реакции

$$V = 11.2 + 14 + 8.4 = 33.6 \text{ л}.$$

Объемные доли газов составляют:

$$\varphi(C_4H_{10}) = 11.2 / 33.6 = 0.3333 \text{ (или } 33.33\%);$$
$$\varphi(C_2H_6) = 14 / 33.6 = 0.4167 \text{ (или } 41.67\%);$$
$$\varphi(H_2) = 8.4 / 33.6 = 0.25 \text{ (или } 25.0\%).$$

Средняя молярная масса смеси:

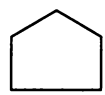
$M$(смеси) = (14 · 30 + 11.2 · 58 + 8.4 · 2) / 33.6 = 32.33 г/моль.

*Ответ:* 33.33% $C_4H_{10}$; 41.67% $C_2H_6$; 25.0% $H_2$; 32.33 г/моль.

## Вариант ПВ–2007–2

**1.** Пример межклассовой изомерии:

$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$
*пентен-1*


*циклопентан*

**2.** Ne и $F^-$.

**3.** 1) $Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow Ba(HCO_3)_2$;

2) $Ba(OH)_2 + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$;

3) $Ba(OH)_2 + CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2BaCl_2$;

4) $Ba(OH)_2 + 2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Ba(AlO_2)_2 + 4H_2O$

или $Ba(OH)_2 + Al_2O_3 \xrightarrow{t^\circ} Ba(AlO_2)_2$.

**4.** Поскольку продуктами горения газа являются только $CO_2$ и $H_2O$, неизвестный газ состоит из углерода, водорода и, возможно, кислорода. Искомая брутто-формула – $C_xH_yO_z$. Запишем уравнение горения, учтя при этом, что объемы газов, измеренные при одинаковых условиях, пропорциональны количеству веществ газов. Отсюда следует, что данные объемы газов можно использовать в качестве коэффициентов в уравнении реакции. Для удобства разделим каждый коэффициент (объем) на 1.5:

$$C_xH_yO_z + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O,$$

отсюда $x = 2$; $y = 6$; $z = 4 + 3 - 6 = 1$. Следовательно, искомое вещество – $C_2H_6O$.

*Ответ:* $C_2H_6O$.

**5.** Протекает реакция нейтрализации:

$$HBr + KOH \rightarrow KBr + H_2O + Q.$$

Рассчитаем количества исходных веществ:

$$\nu(KOH) = \frac{0.6 \cdot 50}{1000} = 0.03 \text{ моль};$$

$$\nu(HBr) = \frac{32.39 \cdot 1.042 \cdot 0.06}{81} = 0.025 \text{ моль};$$

следовательно, в недостатке находится кислота. Теплоту нейтрализации рассчитываем по кислоте:

$$Q = 1.4 / 0.025 = 56 \text{ кДж/моль}.$$

*Ответ:* 56 кДж/моль.

**6.** Поскольку реакция протекает в замкнутом (постоянном) объеме, в расчетах можно вместо концентраций использовать количества веществ.

Пусть к моменту достижения равновесия прореагировало $x$ моль водорода. Тогда:

| | $H_2(г)$ | + $I_2(г)$ | ⇄ $2HI(г)$ |
|---|---|---|---|
| Исходные количества | 0.25 | 0.05 | 0 |
| Прореагировало | $x$ | $x$ | |
| Равновесные количества | $0.25-x$ | $0.05-x$ | $2x$ |

Отсюда константа равновесия

$$K_p = \frac{4x^2}{(0.25-x)\cdot(0.05-x)} = 4,$$

откуда $x = 0.0417$.

Равновесные количества веществ:

$$\nu(H_2) = 0.25 - 0.0417 = 0.2083 \text{ моль};$$
$$\nu(I_2) = 0.05 - 0.0417 = 0.0083 \text{ моль};$$
$$\nu(HI) = 0.0834 \text{ моль}.$$

*Ответ:* $\nu(H_2) = 0.2083$ моль; $\nu(I_2) = 0.0083$ моль; $\nu(HI) = 0.0834$ моль; $K_p = 4$.

**7.** 1) $CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$;

2) $Cu(OH)_2 + 2HCl \rightarrow CuCl_2 + 2H_2O$;

3) $CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Cu(NO_3)_2$;

4) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

5) $3CuO + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} 3Cu + N_2\uparrow + 3H_2O$;

6) $Cu + CuCl_2 \rightarrow 2CuCl$.

*Ответ:* **A** – $Cu(OH)_2$, **B** – $CuCl_2$, **C** – $Cu(NO_3)_2$, **D** – $CuO$, **E** – $Cu$, **F** – $CuCl$.

**8.** 1) $CH_3{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{свет} CH_3{-}CH_2Cl + HCl$;

2) $CH_3{-}CH_3 \xrightarrow{Ni,\ t^\circ} H_2C{=}CH_2 + H_2$;

3) $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH_2{-}OH$;

4) $C_2H_5OH + CH_3COOH \xrightarrow{H_2SO_4\ конц} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$;

5) $CH_3COOC_2H_5 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH_2{-}OH + CH_3COOH$;

6) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$.

**9.** Рассчитаем количество соли в полученном растворе:

$$\nu(\text{соли}) = 0.05 \cdot 250 / 1000 = 0.0125 \text{ моль}.$$

Рассмотрим случай одновалентного металла:

$$2Me + H_2SO_4 \rightarrow Me_2SO_4 + H_2\uparrow.$$

Исходя из уравнения реакции, $\nu(Me) = 0.025$ моль, а его молярная масса

$$M(Me) = 0.7 / 0.025 = 28 \text{ г/моль};$$

металла с такой молярной массой нет.

Теперь рассмотрим случай двухвалентного металла:

$$Me + H_2SO_4 \rightarrow MeSO_4 + H_2\uparrow,$$

Количество металла $\nu(Me) = 0.0125$ моль; его молярная масса

$$M(Me) = 0.7 / 0.0125 = 56 \text{ г/моль};$$

это – железо Fe.

В зависимости от условий (концентрация кислоты, температура) возможны следующие реакции:

$$Fe + 4HNO_3(\text{разб}) \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O;$$

$$8Fe + 30HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 8Fe(NO_3)_3 + 3N_2O\uparrow + 15H_2O;$$

$$10Fe + 36HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 10Fe(NO_3)_3 + 3N_2\uparrow + 18H_2O;$$

$$8Fe + 30HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 8Fe(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O.$$

*Ответ:* железо.

**10.** При растворении цинковых опилок в избытке раствора щелочи протекает реакция:

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow;$$

Количество выделившегося водорода

$$\nu(H_2) = \nu(Zn) = 65/65 = 1 \text{ моль};$$

его объем $V(H_2) = 22.4$ л.

Уравнения реакций, происходящих при пропускании смеси газов над катализатором:

$$CH_3{-}CH{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Pt,\, t^\circ} C_3H_8;$$

$$CH{\equiv}CH + 2H_2 \xrightarrow{Pt,\, t^\circ} C_2H_6.$$

Рассчитаем объем непрореагировавшего водорода:

$$V(H_2) = 22.4 - 2 - 5.2 \cdot 2 = 10 \text{ л}.$$

Общий объем газов после реакции

$$V = 2 + 5.2 + 10 = 17.2 \text{ л}.$$

Объемные доли газов составляют:

$\varphi(C_3H_8) = 2 / 17.2 = 0.1163$ (или 11.63%);

$\varphi(C_2H_6) = 5.2 / 17.2 = 0.3023$ (или 30.23%);

$\varphi(H_2) = 10 / 17.2 = 0.5814$ (или 58.14%).

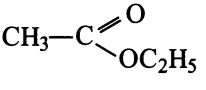
Средняя молярная масса смеси:

$M$(смеси) $= (2 \cdot 44 + 5.2 \cdot 30 + 10 \cdot 2) / 17.2 = 15.35$ г/моль.

*Ответ*: 11.63% $C_3H_8$; 30.23% $C_2H_6$; 58.14% $H_2$; 15.35 г/моль.

## Вариант ПВ–2007–3

**1.** Например,



$CH_3–CH_2–CH_2–COOH$

*бутановая кислота*

*этилформиат*

**2.** Ar и $Cl^-$.

**3.** 1) $HBr + NaOH \rightarrow NaBr + H_2O$;

2) $HBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr\downarrow + HNO_3$;

3) $2HBr + CaO \rightarrow CaBr_2 + H_2O$;

4) $2HBr + Mg \rightarrow MgBr_2 + H_2\uparrow$.

**4.** $C_2H_2$.

**5.** 56 кДж/моль.

**6.** $\nu(H_2)_{исх.} = 0.85$ моль; $\nu(I_2)_{исх} = 0.95$ моль; $K_p = 4.05$.

**7.** **A** – $Na_2CO_3$, **B** – $NaHCO_3$, **C** – $Na_2SO_4$, **D** – NaCl, **E** – $NaNO_3$, **F** – $NaNO_2$.

1) $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$;

2) $Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow 2NaHCO_3$;

3) $NaHCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$;

4) $Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaCl$;

5) $NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$;

6) $2NaNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NaNO_2 + O_2\uparrow$.

**8.** 1) $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\,H^+} CH_3CH{=}O$;

2) $5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2MnSO_4 + 3H_2O + K_2SO_4$;

3) $CH_3COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} CH_3–COOCH_3 + H_2O$;

4) $3CH{\equiv}CH \xrightarrow{\text{уголь, } 600^\circ C} C_6H_6$;

5) $C_6H_6 + HNO_3(\text{конц}) \xrightarrow{H_2SO_4\ \text{конц}} C_6H_5–NO_2 + H_2O$;

6) $C_6H_5{-}NO_2 + 2Al + 2KOH + 4H_2O \rightarrow C_6H_5{-}NH_2 + 2K[Al(OH)_4]$.

**9.** Медь.

$$Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O.$$

**10.** 4.35% $C_4H_{10}$; 34.78% $C_3H_8$; 60.87% $H_2$; 19.0 г/моль.

## Вариант ПВ–2007–4

**1.** $CH_3{-}CH_2{-}OH$ — *этанол*; $CH_3{-}O{-}CH_3$ — *диметиловый эфир*

**2.** Ne и $Na^+$.

**3.** 1) $KOH + CO_2 \rightarrow KHCO_3$;

2) $KOH + HCl \rightarrow KCl + H_2O$;

3) $2KOH + CuCl_2 \rightarrow Cu(OH)_2 + 2KCl$;

4) $KOH + Cl_2 \rightarrow KCl + KClO$.

**4.** $C_2H_4$.

**5.** 56 кДж/моль.

**6.** $K_p = 0.67$.

**7.** **A** – $NH_3$, **B** – NO, **C** – $NO_2$, **D** – $HNO_3$, **E** – $NH_4NO_3$, **F** – $N_2O$.

1) $3H_2 + N_2 \xrightarrow{t^\circ, p} 2NH_3$;

2) $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{кат}} 4NO + 6H_2O$;

3) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

4) $4NO_2 + O_2 + H_2O \rightarrow 4HNO_3$;

5) $HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4NO_3$;

6) $NH_4NO_3 \xrightarrow{t^\circ} N_2O + 2H_2O$.

**8.** 1) $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl{-}CH_2Cl$;

2) $CH_2Cl{-}CH_2Cl + 2NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} C_2H_2 + 2NaCl + 2H_2O$;

3) $3C_2H_2 \xrightarrow{\text{уголь, } 600^\circ C} C_6H_6$;

4) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{FeCl_3} C_6H_5{-}CH_3 + HCl$;

5) $5C_6H_5{-}CH_3 + 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_5{-}COOH + 6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 14H_2O$;

6) $C_6H_5{-}COOH + NaOH \rightarrow C_6H_5{-}COONa + H_2O$.

**9.** Алюминий. Возможные реакции:

$Al + 4HNO_3(\text{разб}) \rightarrow Al(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

$8Al + 30HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3N_2O\uparrow + 15H_2O$;

$10Al + 36HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 10Al(NO_3)_3 + 3N_2\uparrow + 18H_2O$;

$8Al + 30HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$.

**10.** 33.33% $C_3H_8$; 16.67% $C_2H_6$; 50.0% $H_2$. $M_{ср}$ = 20.67 г/моль.

## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМБ-2007-1

**1**. Количество моль атомов серебра в наночастице серебра:

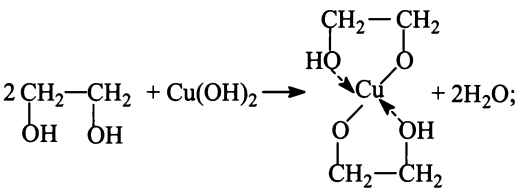
$$\nu(Ag) = N / N_A = 700 / 6.02\cdot10^{23} = 1.16\cdot10^{-21} \text{ моль};$$

отсюда масса наночастицы:

$$m(Ag) = \nu \cdot M = 1.16\cdot10^{-21} \cdot 108 = 1.25\cdot10^{-19} \text{ г}.$$

*Ответ*: $1.25\cdot10^{-19}$ г.

**2.** Растворение голубого осадка $Cu(OH)_2$ в присутствии этиленгликоля с образованием темно-синего раствора:



для этанола такая реакция не характерна.

**3.** Суммарное уравнение радиоактивного распада можно записать следующим образом:

$$^{238}_{92}U = ^{206}_{82}Pb + n\,^4_2\alpha + m\,^0_{-1}\beta$$

С учетом того, что как сумма зарядов, так и сумма массовых чисел всех частиц в правой и левой частях уравнения должны совпадать (баланс зарядов и материальный баланс), составляем систему уравнений:

$$\begin{cases} 238 = 206 + 4n; \\ 92 = 82 + 2n - m. \end{cases}$$

Решение этой системы дает $n = 8$, $m = 6$.

*Ответ*: 8 α-распадов, 6 β-распадов.

**4.** 1) $CH_2Cl–CH_2–CH(CH_3)–CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} \rightarrow CH_2=CH–CH(CH_3)–CH_3 + H_2O + KCl$;

2) $CH_2=CH–CH(CH_3)–CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3–CHCl–CH(CH_3)–CH_3$;

3) $CH_3–CHCl–CH(CH_3)–CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3–CH=C(CH_3)–CH_3 + H_2O + KCl$;

4) $CH_3–CH=C(CH_3)–CH_3 + HCl \longrightarrow CH_3–CH_2–CCl(CH_3)–CH_3$.

**5.** 1) $H_2S + I_2 \rightarrow S + 2HI$ ($H_2S$ – восстановитель, $I_2$ – окислитель);

2) $3H_2O_2 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 3O_2\uparrow + 7H_2O$ ($H_2O_2$ – восстановитель, $K_2Cr_2O_7$ – окислитель).

**6.** 1) $4P_{(белый)} + 3KOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} PH_3 + 3KH_2PO_2$;

2) $2P_{(белый)} + 3Cl_2(недост.) \xrightarrow{t^\circ} 2PCl_3$;

3) $PCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2PCl_5$;

4) $PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$;

5) $H_3PO_4 + K_2CO_3 \rightarrow K_2HPO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$;

6) $2K_2HPO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_4P_2O_7 + H_2O$.

**7.** Пусть концентрация анионов $[OH^-]$ в водном растворе метиламина составляет $x$ моль/л, тогда $[H^+] = 10^{-4}\,x$ моль/л. Ионное произведение воды:

$$K_W = [OH^-][H^+] = 10^{-4}x^2 = 10^{-14},$$

отсюда $x = [OH^-] = 10^{-5}$ моль/л, $[H^+] = 10^{-4}\,x = 10^{-9}$ моль/л, соответственно $pH = -\lg[H^+] = 9$.

В водном растворе метиламина устанавливается равновесие:

$$CH_3NH_3OH \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + OH^-$$

(или $CH_3NH_2 + H_2O \rightleftarrows CH_3NH_3^+ + OH^-$, форма записи не влияет на результат расчета).

$$K_{дис.} = \frac{[OH^-][CH_3NH_3^+]}{[CH_3NH_3OH]} = \frac{x^2}{(c_0 - x)},$$

отсюда

$$c_0 = x^2 / K_{дис.} + x = 10^{-10} / 1.4\cdot10^{-4} + 10^{-5} = 1.07\cdot10^{-5} \text{ моль/л}.$$

*Ответ*: pH = 9; $1.07\cdot10^{-5}$ моль/л.

**8.** 1) $2CH_4 \xrightarrow{1200^\circ C} C_2H_2 + 3H_2$;

2) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\,H^+} CH_3CH{=}O$;

3) $CH_3CH{=}O + H_2 \xrightarrow{t^\circ,\,Ni} CH_3CH_2OH$;

4) $5CH_3CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

5) $2CH_3COOH + P_2O_5 \rightarrow (CH_3CO)_2O + 2HPO_3$;

6) $(CH_3CO)_2O + CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3COOC_2H_5 + CH_3COOH$.

**9.** По условию задачи количество уксусной кислоты было

$$\nu_0 = m / M = 5.40 / 60 = 0.09 \text{ моль}.$$

В газовой фазе устанавливается равновесие:

$$2CH_3COOH \rightleftarrows (CH_3COOH)_2.$$

Найдём суммарное количество вещества мономера (M) и димера (D) в газовой фазе:

$$\nu_{общ} = pV / RT = (43.7 \cdot 5.40) / (8.31 \cdot 473) = 0.06 \text{ моль}.$$

Пусть образовалось $x$ моль димера, тогда мономера в газовой фазе имеется $(0.09 - 2x)$ моль. Тогда

$$x + (0.09 - 2x) = 0.06 \text{ мол};$$

отсюда $x = 0.03$. Следовательно, димера имеется 0.03 моль, мономера – $0.09 - 2x = 0.03$ моль.

Рассчитаем число молекул димера в газовой фазе:

$$N(\text{D}) = \nu(\text{D}) \cdot N_A = 0.03 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.81 \cdot 10^{22} \text{ молекул}.$$

Константа равновесия димеризации уксусной кислоты

$$K_{дим} = [\text{D}] / [\text{M}]^2 = \nu(\text{D}) \cdot V / \nu(\text{M})^2 = 0.03 \cdot 5.40 / 0.03^2 = 180.$$

*Ответ*: $1.81 \cdot 10^{22}$; 180.

**10**. Рассчитаем объем вытравленной в латуни бороздки и ее массу:

$$V = l \cdot h \cdot d = 10 \cdot 2 \cdot 0.2 = 4 \text{ см}^3;$$
$$m = \text{V} \cdot \rho = 4 \cdot 8.16 = 32.64 \text{ г}.$$

Средняя молярная масса латуни составит:

$$M_{ср} = M(\text{Cu}) \cdot \chi(\text{Cu}) + M(\text{Zn}) \cdot \chi(\text{Zn}) = 64 \cdot 0.57 + 65 \cdot 0.43 = 64.43 \text{ г/моль};$$

отсюда суммарное количество вещества металлов в растворившейся порции латуни:

$$\nu(\text{металлов}) = m / M_{ср} = 32.64 / 64.43 = 0.507 \text{ моль}.$$

При электролизе на аноде протекают процессы:

$$\text{Zn} - 2\text{e} \rightarrow \text{Zn}^{2+};$$
$$\text{Cu} - 2\text{e} \rightarrow \text{Cu}^{2+}.$$

Количество электронов, пошедшее на окисление латуни:

$$\nu(e) = 2\nu(\text{металлов}) = 0.507 \cdot 2 = 1.014 \text{ моль}$$

Общее количество электронов, прошедшее через электролизёр:

$$\nu(e)_{общ} = \nu(e) / \eta = 1.014 / 0.5 = 2.028 \text{ моль}.$$

По закону Фарадея

$$Q = \nu\,(e)_{общ} \cdot \text{F} = I \cdot t,$$

отсюда время, необходимое для образования бороздки:

$$t = \nu(e)_{общ} \cdot F / I = 2.028 \cdot 96500 / 100 = 1957 \text{ с} = 0.54 \text{ ч}.$$

*Ответ*: 0.54 ч.

## Геологический факультет

## Вариант ГБ-2007-1

**1.** $Sn^{+4}$; $Ca[Sn(OH)_6]$.

**2.** $KMnO_4$;

$2KMnO_4 + 10KCl + 8H_2SO_4 \rightarrow 5Cl_2 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 6K_2SO_4$.

**3.** Массовая доля щелочи в растворе составляет:

$$\omega(NaOH) = 1.3 \cdot 40 / (1000 \cdot 1.2) = 0.0433 \text{ (или } 4.33\%).$$

**4.** $2KMnO_{4(тв)} + 16HCl(конц) \rightarrow 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2\uparrow + 8H_2O$;

$2AlBr_3 + 3K_2CO_3 + 3H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3\downarrow + 6KBr + 3CO_2\uparrow$.

**5.** $CuSO_4$;

$CuSO_4 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$;

$CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + CuCl_2$.

**6.** По правилу Вант-Гоффа скорость реакции возрастает с температурой следующим образом:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{T_1 - T_2}{10}}.$$

В нашем случае температурный коэффициент $\gamma = 3.5$, а $\Delta T / 10 = (85 - 30) / 10 = 5.5$; значит, скорость реакции возрастет в $3.5^{5.5} \approx \approx 983$ раза.

*Ответ*: скорость возрастет в 983 раза.

**7.** 1) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$;

2) $2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_4H_{10} + 2NaCl$ (реакция Вюрца);

3) $C_4H_{10} + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CH_2{-}CH(Br){-}CH_3 + HBr$.

*Ответ*: **A** – $C_2H_5Cl$; **B** – $C_4H_{10}$; **C** – $CH_3{-}CH_2{-}CH(Br){-}CH_3$.

**8.** 1) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$;

3) $2KCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + Cl_2\uparrow + 2KOH$;

4) $3Cl_2 + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$.

*Ответ*: **X** – $Cl_2$.

**9.** 1) $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3{-}CH(OH){-}CH_2{-}CH_3$;

2) $CH_3–CH(Br)–CH_2–CH_3 + NaOH(водн.р\text{-}р) \rightarrow$

$\rightarrow CH_3–CH(OH)–CH_2–CH_3 + NaBr;$

3) $CH_3–C(O)–CH_2–CH_3 + H_2 \xrightarrow{кат} CH_3–CH(OH)–CH_2–CH_3.$

**10.** При действии соляной кислоты на исходную смесь протекают реакции:

$$CaC_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + C_2H_2\uparrow;$$
$$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O.$$

Пусть в смеси было $x$ моль $CaC_2$ и $y$ моль $CaCO_3$. Полученная газовая смесь ($x$ моль $C_2H_2$ и $y$ моль $CO_2$) имеет плотность по воздуху 1.27, т.е. ее средняя молярная масса

$$M_{ср} = 1.27 \cdot 29 = 36.83 = \frac{26x + 44y}{x + y}.$$

В полученном при выпаривании раствора остатке содержится $(x + y)$ моль $CaCl_2$ массой

$$m(\text{остатка}) = 111(x + y) = 55.5 \text{ г}.$$

Составим систему их двух уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{26x + 44y}{x + y} = 36.83; \\ 111(x + y) = 55.5. \end{cases}$$

Решение этой системы дает $x = 0.2$ моль, $y = 0.3$ моль. Тогда масса исходной смеси составляла

$$m(\text{исх.смеси}) = 0.2 \cdot 64 + 0.3 \cdot 100 = 42.8 \text{ г};$$

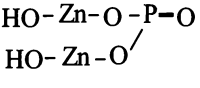
а массовая доля карбида кальция в смеси:

$$\omega(CaC_2) = 0.2 \cdot 64 / 42.8 = 0.2991 \text{ (или } 29.91\%).$$

*Ответ*: 42.8 г; 29.91% $CaC_2$.

## Вариант ГБ-2007-2

**1.** $P^{+5}$, $[Zn(OH)]_3PO_4$.



**2.** KI.

$6KI + 4H_2SO_4 \rightarrow 3I_2 + S + 3K_2SO_4 + 4H_2O.$

**3.** 0.35%.

**4.** $4Zn + 10HNO_3(разб) \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O;$

$CrCl_3 + 6KOH \rightarrow K_3[Cr(OH)_6] + 3KCl$.

**5.** $CuCl_2$.

$CuCl_2 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2KCl$;

$CuCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgCl\downarrow + Cu(NO_3)_2$.

**6.** Скорость реакции увеличится в 15.6 раза.

**7.** **A** – 2-хлорпропан; **B** – 2,3-диметилбутан; **C** – 2-бром-2,3-диметилбутан.

1) $C_3H_8 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CHClCH_3 + HCl$;

2) $2CH_3CHClCH_3 + 2Na \rightarrow CH_3{-}CH(CH_3){-}CH(CH_3){-}CH_3 + 2NaCl$;

3) $CH_3{-}CH(CH_3){-}CH(CH_3){-}CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu}$

$\xrightarrow{h\nu} CH_3{-}CBr(CH_3){-}CH(CH_3){-}CH_3 + HBr$.

**8.** $\mathbf{X_1}$ – ZnO; $\mathbf{X_2}$ – Zn; $\mathbf{X_3}$ – $Na_2[Zn(OH)_4]$.

1) $ZnCO_3 \xrightarrow{t^\circ} ZnO + CO_2$;

2) $ZnO + C \xrightarrow{t^\circ} Zn + CO$;

3) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$;

4) $ZnCl_2 + 4NaOH$ (изб) $\rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + 2NaCl$.

**9.** 1) $CH_3CH_2CH_2CH_3 + 2.5O_2 \xrightarrow{\text{кат}, t^\circ} 2CH_3COOH + H_2O$;

2) $(CH_3COO)_2Ca + 2HCl \rightarrow 2CH_3COOH + CaCl_2$;

3) $5CH_3CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2K_2SO_4 +$

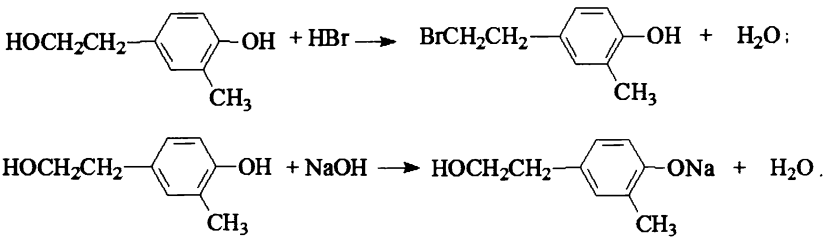
$+ 4MnSO_4 + 11H_2O$.

**10.** 62.9 г; 31.3% $BaCO_3$.

## Физико-химический факультет

## Вариант ФХБ-2007-1

**1.**



**2.** 1) $Na_2SO_3 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_3\downarrow + 2NaCl$;

2) $Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$;

3) $Na_2SO_3 + Cl_2 + 2NaOH(конц.) \rightarrow Na_2SO_4 + 2NaCl + H_2O$;

4) $4Na_2SO_3 \xrightarrow{t^\circ} 3Na_2SO_4 + Na_2S$.

**3.** По принципу Ле-Шателье: а) при увеличении объема положение равновесия в этой системе не изменится, б) увеличение концентрации одного из исходных веществ увеличивает выход конечного продукта.

**4.** 1) $6P + 5HIO_3 + 9H_2O \rightarrow 6H_3PO_4 + 5HI$;

2) $3CuO + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} 3Cu + N_2 + 3H_2O$;

3) $2HBr + Mn(OH)_2 \rightarrow MnBr_2 + 2H_2O$.

**5.** Обозначим неизвестное соединение как $C_xH_yO_zN_k$. Тогда можно выразить соотношение:

$$x : y : z : k = \frac{12.5}{12} : \frac{8.33}{1} : \frac{50.0}{16} : \frac{29.167}{14} =$$

$$= 1.042 : 8.33 : 3.125 : 2.083 = 1 : 8 : 3 : 2.$$

Отсюда формула соединения $CH_8O_3N_2$, или $(NH_4)_2CO_3$ – карбонат аммония.

*Ответ*: $(NH_4)_2CO_3$.

**6.** 1) $Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl$;

2) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$;

3) $2FeCl_2 + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} 2FeCl_3$;

4) $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$;

5) $Cl_2 + Cu \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$;

6) $2FeCl_3 + Cu \rightarrow 2FeCl_2 + CuCl_2$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – HCl, $\mathbf{X_2}$ – $FeCl_3$.

**7.** Обозначим за $x$ количество вещества цинка, вступившего в реакцию:

$$\underset{}{2AgNO_3} + \underset{x}{Zn} \rightarrow Zn(NO_3)_2 + \underset{2x}{2Ag}\downarrow,$$

тогда изменение массы пластинки можно выразить как

$$\Delta m = 120 \cdot 0.057 = 6.84 \text{ г};$$

с другой стороны,

$$\Delta m = (108 \cdot 2 - 65)x = 151x \text{ г};$$

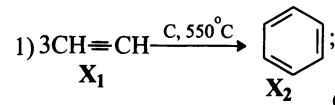
отсюда $x = 6.84 / 151 = 0.045$ моль.

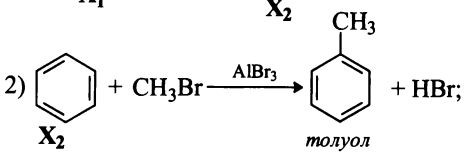
Исходная масса нитрата серебра равнялась

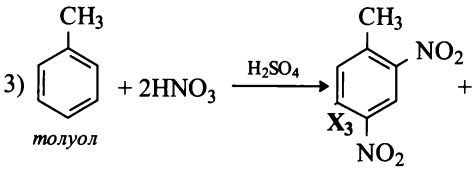
$$m(AgNO_3) = 170 \cdot 0.045 \cdot 2 = 15.3 \text{ г}.$$

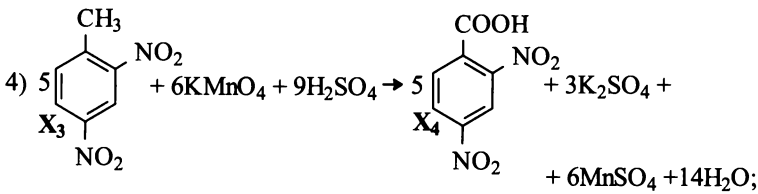
*Ответ*: 15.3 г.

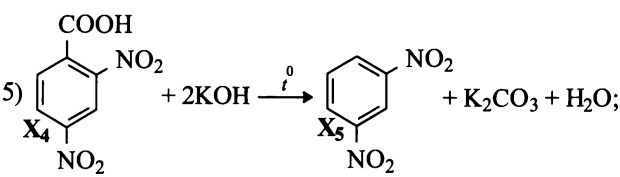
**8.**

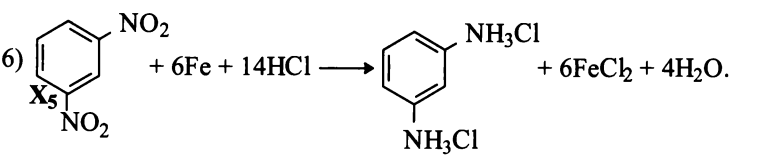



*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – этин; $\mathbf{X_2}$ – бензол; $\mathbf{X_3}$ – 2,4-динитротолуол; $\mathbf{X_4}$ – 2,4-динитробензойная кислота; $\mathbf{X_5}$ – 1,3-динитробензол.

**9.** Рассчитаем количество выделившегося газа и его молярную массу:

$$\nu(\text{газа}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.97 \cdot 6.2}{8.314 \cdot 293} = 0.25 \text{ моль};$$

$$M(\text{газа}) = \frac{V\rho}{\nu} = \frac{6.2 \cdot 1.13}{0.25} = 28 \text{ г/моль},$$

следовательно, газ – это CO. Отсюда молярная масса исходной соли

$$M(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{\nu(\text{соли})} = \frac{17}{0.25} = 68 \text{ г/моль}.$$

Обозначим исходную соль как $C_xH_yCOONa$. Тогда

$$M(C_xH_yCOONa) = 12x + y + 67 = 68;$$

отсюда $12x + y = 1$.

Единственное решение, имеющее смысл: $x = 0$; $y = 1$. Следовательно, соль – формиат натрия HCOONa. Действительно, CO можно получить из муравьиной кислоты или формиатов:

$$\underset{0.25}{2HCOONa} + H_2SO_4(\text{конц.}) \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.25}{2CO\uparrow} + Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

Реакция взаимодействия исходной соли с избытком аммиачного раствора оксида серебра – это реакция серебряного зеркала:

$$\underset{0.25}{2HCOONa} + 4[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.5}{4Ag\downarrow} + Na_2CO_3 + (NH_4)_2CO_3 + 6NH_3\uparrow + 2H_2O.$$

Осадок – это серебро, его масса:

$$m(Ag) = M \cdot \nu = 108 \cdot 0.5 = 54 \text{ г}.$$

*Ответ*: HCOONa; CO; 54 г серебра.

**10.** Рассчитаем количество вещества фосфата кальция:

$$\nu(Ca_3(PO_4)_2) = m / M = 46.5 / 310 = 0.15 \text{ моль}.$$

Количество вещества NaOH в растворе:

$$\nu(NaOH) = V \cdot \rho \cdot \omega / M(NaOH) = 295.5 \cdot 1.1 \cdot 0.08 / 40 = 0.65 \text{ моль}.$$

Уравнение реакции получения фосфора:

$$\underset{0.15}{Ca_3(PO_4)_2} + 5C + 3SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} 3CaSiO_3 + \underset{0.3}{2P} + 5CO.$$

Уравнения реакций сжигания фосфора и растворения полученного оксида:

$$\underset{0.3}{4P} + 5O_2 \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.15}{2P_2O_5}$$

$$\underset{0.15}{P_2O_5} + 3H_2O \rightarrow \underset{0.3}{2H_3PO_4}$$

Масса конечного раствора:

$m = m(\text{р-ра NaOH}) + m(P_2O_5) = 295.5 \cdot 1.1 + 142 \cdot 0.15 = 346.35$ г.

В результате реакции фосфорной кислоты со щелочью получим смесь солей:

$$\underset{0.3}{H_3PO_4} + \underset{0.6}{2NaOH} \rightarrow \underset{0.3}{Na_2HPO_4} + 2H_2O.$$

Оставшаяся щелочь в количестве

$$\nu(NaOH) = 0.65 - 0.6 = 0.05 \text{ моль}$$

реагирует с $Na_2HPO_4$ по уравнению:

$$\underset{0.05}{Na_2HPO_4} + \underset{0.05}{NaOH} \rightarrow \underset{0.05}{Na_3PO_4} + H_2O;$$

в результате этого количество $Na_2HPO_4$ становится равным

$$\nu(Na_2HPO_4) = 0.3 - 0.05 = 0.25 \text{ моль}.$$

Итак, раствор после завершения реакций содержит соли: 0.05 моль $Na_3PO_4$ и 0.25 моль $Na_2HPO_4$. Рассчитаем массовые доли солей в растворе:

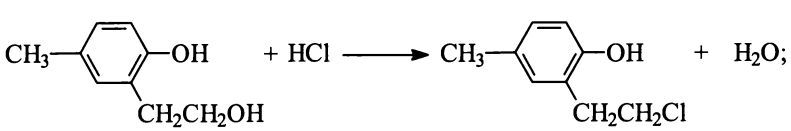
$$\omega(Na_3PO_4) = m(\text{соли}) / m(\text{р-ра}) = M \cdot \nu / m(\text{р-ра}) =$$
$$= 164 \cdot 0.05 / 346.35 = 0.0237 \text{ (или 2.37\%)};$$

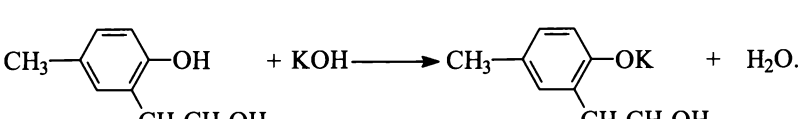
$$\omega(Na_2HPO_4) = m(\text{соли}) / m(\text{р-ра}) = M \cdot \nu / m(\text{р-ра}) =$$
$$142 \cdot 0.25 / 346.35 = 0.1025 \text{ (или 10.25)\%}.$$

*Ответ*: 2.37% $Na_3PO_4$; 10.25% $Na_2HPO_4$.

## Вариант ФХБ-2007-2

**1.**




**2.** 1) $KBr + AgNO_3 \rightarrow KNO_3 + AgBr\downarrow$;

2) $2KBr + Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2KNO_3 + PbBr_2\downarrow$;

3) $2KBr + Cl_2 \rightarrow 2KCl + Br_2$;

4) $2KBr + MnO_2 + 2H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} Br_2 + K_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$.

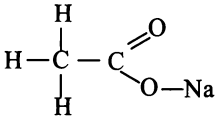
**3.** а) Равновесие сместится в сторону конечных продуктов, б) внесение катализатора не влияет на равновесие в системе.

**4.** 1) $CO + 2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + CO_2 + H_2O$;

2) $H_2SO_3 + Br_2 + H_2O \rightarrow 2HBr + H_2SO_4$;

3) $4NO_2 + 4KOH + O_2 \rightarrow KNO_3 + 2H_2O$.

**5.** $CH_3COONa$, ацетат натрия.



**6.** $\mathbf{X_1}$ – $H_2S$; $\mathbf{X_2}$ – $Na_2SO_4$.

1) $S + H_2 \rightleftarrows H_2S$;

2) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$;

3) $3S + 6NaOH \xrightarrow{t^\circ} 2Na_2S + Na_2SO_3 + 3H_2O$;

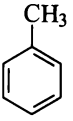
4) $Na_2SO_3 + 2HCl \rightarrow SO_2\uparrow + 2NaCl + H_2O$;

5) $P_2S_5 + 8H_2O \rightarrow 2H_3PO_4 + 5H_2S$;

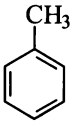
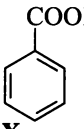
6) $2P + 5S \xrightarrow{t^\circ} P_2S_5$.

**7.** 8.34 г.

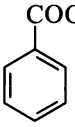
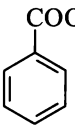
**8.**

1) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow[t^\circ]{Cr_2O_3}$  $+ 4H_2$;

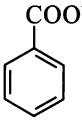
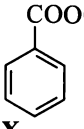
$\mathbf{X_1}$

2) 5  $+ 6KMnO_4 + 9H_2SO_4 \rightarrow$  $+ 3K_2SO_4 +$

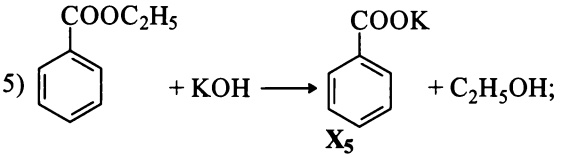
$\mathbf{X_2}$ $+ 6MnSO_4 + 14H_2O$;

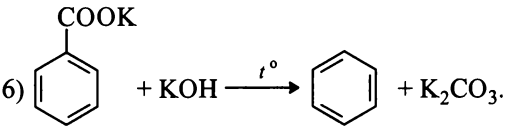
3)  $+ NaOH \rightarrow$  $+ H_2O$;

$\mathbf{X_3}$

4)  $+ C_2H_5I \rightarrow$  $+ NaI$;

$\mathbf{X_4}$




**9.** HCOOK; CO; $\Delta m$(трубки) = 7.28 г.

$2HCOOK + H_2SO_4(конц) \xrightarrow{t^\circ} 2CO\uparrow + K_2SO_4 + 2H_2O.$

$CO + Na_2O_2 \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3.$

**10.** 9.0% $Na_2HPO_4$; 21.89% $NaH_2PO_4$.

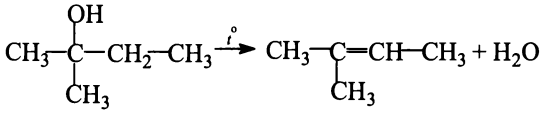
# Решения экзаменационных заданий 2008 г.

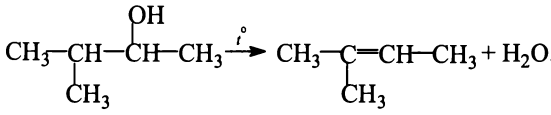
## Химический факультет

## Вариант СО-2008-1

**1.** $2Al + 2Na_2CO_3 + 8H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 2NaHCO_3 + 3H_2\uparrow$.

**2.**





**3.** При сливании растворов протекает реакция нейтрализации:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O.$$

Чтобы раствор стал щелочным, NaOH должен быть в избытке. В исходном растворе соляной кислоты содержится

$$\nu(HCl) = 0.2 \cdot 0.15 = 0.03 \text{ моль}.$$

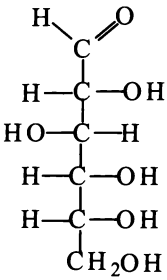
Пусть надо прилить $x$ л раствора щелочи, в котором $\nu(NaOH) = 0.1x$ моль. После реакции объем раствора станет равным $(0.2 + x)$ л, и в нем будет содержаться $(0.1x - 0.03)$ моль NaOH. По условию, в конечном растворе $[H^+] = 10^{-12}$, значит, с учетом того, что ионное произведение воды равно $10^{-14}$, $[OH^-] = 10^{-2}$. Поэтому

$$10^{-2} = \frac{0.1x - 0.03}{0.2 + x},$$

откуда получаем $x = 0.356$ л.

*Ответ*: 356 мл.

**4.** Глюкоза $C_6H_{12}O_6$ одновременно обладает свойствами альдегида и многоатомного спирта:



$C_6H_{12}O_6 + 2Ag[(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} HO{-}CH_2{-}(CHOH)_4{-}COONH_4 +$
$+ 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O;$

$C_6H_{12}O_6 + H_2 \xrightarrow{\text{кат}} HO{-}CH_2{-}(CHOH)_4{-}CH_2{-}OH$ (шестиатомный спирт сорбит);

$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение глюкозы);

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ (горение).

**5.** $CH_3CH_2CH_3 \xrightarrow{Ni,\,t^\circ} CH_3CH{=}CH_2 + H_2;$

$CH_3CH{=}CH_2 + Cl_2 \xrightarrow{500^\circ} CH_2Cl{-}CH{=}CH_2 + HCl;$

$CH_2Cl{-}CH{=}CH_2 + H_2 \xrightarrow{Ni,\,t^\circ} CH_2Cl{-}CH_2CH_3;$

$CH_2Cl{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+} HOCH_2{-}CH_2{-}CH_3 + HCl.$

**6.** Пусть масса исходного раствора равна $x$ г, тогда масса $Cu(NO_3)_2$ равна $0.188x$ г. Количество $Cu(NO_3)_2$ составляет

$$\nu(Cu(NO_3)_2) = \frac{0.188x}{188} = 0.001x \text{ моль},$$

Электролиз раствора нитрата меди выражается уравнением:

$$\underset{0.001x}{2Cu(NO_3)_2} + \underset{0.001x}{2H_2O} \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{0.001x}{2Cu} + \underset{0.0005x}{O_2\uparrow} + \underset{0.002x}{4HNO_3},$$

из которого следует, что растворенным веществом является азотная кислота в количестве $0.002x$ моль и массой $63 \cdot 0.002x = 0.126x$.

По окончании выделения меди, на катоде выделяется водород из азотной кислоты:

$$4HNO_3 + 2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow + 4HNO_3,$$
$$\text{или } 2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

Как видно из уравнения, количество азотной кислоты не изменяется и, следовательно, остается равным $0.002x$ моль. На этом, втором, этапе электролиз сводится к разложению воды.

Пусть электролизу подверглось $y$ моль воды. Тогда на катоде выделилось $y$ моль водорода, а на аноде $0.5y$ моль кислорода:

$$\underset{y}{2H_2O} \rightarrow \underset{y}{2H_2\uparrow} + \underset{0.5y}{O_2\uparrow}.$$

Объемы газов, выделившихся на аноде и катоде, станут равными при

$$y = 0.0005x + 0.5y,$$

откуда $y = 0.001x$. Следовательно, на втором этапе разложилось $0.001x$ моль воды массой $0.018x$ г.

Рассчитаем массовую долю азотной кислоты в растворе:

$$\omega(HNO_3) = \frac{m(HNO_3)}{m(\text{исх.р-ра}) - m(Cu) - m(O_2) - m(H_2O)} =$$

$$= \frac{0.126x}{x - 0.001x \cdot 64 - 0.016x - 0.018x} = \frac{0.126x}{0.902x} = 0.1397 \text{ (или } 13.97\%).$$

*Ответ*: 13.97%.

**7.** 1) $2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$;

2) $K_2MnO_4 + 8HCl \rightarrow MnCl_2 + 2KCl + 2Cl_2\uparrow + 4H_2O$;

3) $MnCl_2 + Na_2S \rightarrow MnS\downarrow + 2NaCl$;

4) $3MnS + 8HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 3Mn(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 3S\downarrow + 4H_2O$;

5) $Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO_2 + 2NO_2\uparrow$;

6) $3MnO_2 + 4Al \xrightarrow{t^\circ} 3Mn + 2Al_2O_3$.

*Ответ*: **X** – $MnCl_2$, **Y** – $MnO_2$.

**8.** 1) $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$;

2) $C_2H_4Cl_2 + 2KOH(\text{спирт}) \rightarrow C_2H_2 + 2KCl + H_2O$;

3) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}, H^+, t^\circ} CH_3CHO$;

4) $CH_3CHO + 2Ag[(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O$;

5) $CH_3COONH_4 + 2NaOH(\text{тв}) \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + NH_3\uparrow + CH_4\uparrow + H_2O$;

6) $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_6$ или $C_2H_4Cl_2$, **Y** – $CH_3CHO$, **Z** – $CH_4$.

**9.** Пусть сплав содержал $x$ моль меди, $y$ моль алюминия, $z$ моль цинка и $k$ моль магния. Тогда масса сплава:

$$m(\text{сплава}) = 64x + 27y + 65z + 24k = 5.67 \text{ г}. \qquad (1)$$

При действии раствора гидроксида натрия растворяются алюминий и цинк:

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow;$$

$$Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow.$$

Общее количество выделившегося газа равно 1.232 / 22.4 = = 0.055 моль. Поэтому, исходя из уравнений реакций, можно записать:

$$1.5y + z = 0.055 \text{ моль}. \quad (2)$$

Нерастворившийся остаток – смесь меди и магния, по условию его масса

$$m(Cu + Mg) = 64x + 24k = 2.8 \text{ г}. \quad (3)$$

При действии соляной кислоты происходят следующие реакции:

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow;$$

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow;$$

$$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2\uparrow.$$

Количество выделившегося газа равно 1.456 / 22.4 = 0.065 моль, следовательно,

$$1.5y + z + k = 0.065 \text{ моль}. \quad (4)$$

Из (2) и (4) имеем $k = 0.01$ моль. Подставляя значение $k$ в (3), получаем $x = 0.04$ моль.

Зная массу сплава и массу меди и магния, рассчитаем массу алюминия и цинка:

$$m(Al + Zn) = 5.67 - 2.8 = 2.87 \text{ г},$$

$$\text{или } 27y + 65z = 2.87 \text{ г}. \quad (5)$$

Составим из (2) и (5) систему с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 1.5y + z = 0.055, \\ 27y + 65z = 2.87, \end{cases}$$

решение которой дает: $y = 0.01$ моль, $z = 0.04$ моль.

Массовые доли металлов в сплаве:

$$\omega(Cu) = \frac{0.04 \cdot 64}{5.67} \cdot 100\% = 45.1\%,$$

$$\omega(Al) = \frac{0.01 \cdot 27}{5.67} \cdot 100\% = 4.76\%,$$

$$\omega(Zn) = \frac{0.04 \cdot 65}{5.67} \cdot 100\% = 45.9\%,$$

$$\omega(Mg) = \frac{0.01 \cdot 24}{5.67} \cdot 100\% = 4.23\%.$$

*Ответ*: 45.1% Cu, 4.76% Al, 45.9% Zn, 4.23% Mg.

**10.** Если при обработке алкена $C_nH_{2n}$ подкисленным водным раствором перманганата калия и разрыве двойной связи образовалось только одно органическое вещество, то возможны следующие случаи:

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} 2C_{0.5n}H_nO_2$ (карбоновая кислота, если алкен был симметричный и двойной связью были связаны вторичные атомы углерода);

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} C_{n-1}H_{2n-2}O_2 + CO_2$ (карбоновая кислота и $CO_2$, если двойная связь в молекуле алкена была на конце цепи);

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} 2C_{0.5n}H_nO$ (кетон, если двойная связь в симметричном алкене располагалась между третичными атомами углерода).

Массовая доля углерода в алкене $C_nH_{2n}$ равна

$$\omega(C) = \frac{12n}{14n} \cdot 100\% = 85.71\%,$$

следовательно, массовая доля углерода в образовавшемся соединении составляет

$$85.71\% - 37.06\% = 48.65\%.$$

В двух первых случаях образуется предельная монокарбоновая кислота, формулу которой можно представить в виде $C_mH_{2m}O_2$. Тогда

$$\omega(C) = \frac{12m}{14m + 32} = 0.4865,$$

откуда $m = 3$, т. е. образовалась пропановая кислота $C_2H_5COOH$ (исходным алкеном мог быть либо гексен-3, либо бутен-1). В третьем случае формулу образовавшегося кетона обозначим как $C_kH_{2k}O$, в нем

$$\omega(C) = \frac{12k}{14k + 16} = 0.4865,$$

откуда $k = 1.5$ (очевидно, третий случай не имеет смысла).

*Ответ*: гексен-3, бутен-1.

## Вариант СО-2008-2

**1.** $2Al + 6NH_4Cl \rightarrow 2AlCl_3 + 6NH_3\uparrow + 3H_2\uparrow$.

**2.**

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle Br}{\overset{\displaystyle Br}{\overset{|}{\underset{|}{CH}}}} + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} C_4H_9{-}C{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O;$$

$$CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}\underset{\displaystyle Br}{CH}{=}CH + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} C_4H_9{-}C{\equiv}CH + KBr + H_2O.$$

**3.** При сливании растворов протекает реакция нейтрализации:

$$HBr + KOH \rightarrow KBr + H_2O.$$

Чтобы раствор стал кислотным, KOH должен быть взят в недостатке. В исходном растворе гидроксида калия содержалось

$$\nu(KOH) = 0.1 \cdot 0.12 = 0.012 \text{ моль}.$$

Пусть надо прилить $x$ л раствора кислоты, в котором $\nu(HBr) = 0.1x$ моль. После реакции объем раствора станет равным $(0.1 + x)$ л, и в нем будет содержаться $(0.1x - 0.012)$ моль HBr. По условию, в конечном растворе $[H^+] = 10^{-2}$, поэтому:

$$10^{-2} = \frac{0.1x - 0.012}{0.1 + x},$$

откуда $x = 0.144$ л.

*Ответ*: 144 мл.

**4.** Целлюлоза – природный полисахарид $(C_6H_{10}O_5)_n$.

$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{t^\circ} nC_6H_{12}O_6$ (гидролиз целлюлозы с образованием глюкозы);

$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nHNO_3 \rightarrow [C_6H_7O_2(ONO_2)_3]_n + 3nH_2O$;

$[C_6H_7O_2(OH)_3]_n + 3nCH_3COOH \rightarrow [C_6H_7O_2(CH_3COO)_3]_n + 3nH_2O$;

$(C_6H_{10}O_5)_n + 6nO_2 \rightarrow 6nCO_2 + 5nH_2O$ (горение).

**5.** $2CH_3Cl + 2Na \xrightarrow{t^\circ} C_2H_6 + 2NaCl$;

$C_2H_6 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Br + HBr$;

$C_2H_5Br + KCN \rightarrow CH_3CH_2C{\equiv}N + KBr$ (образование нитрила);

$CH_3CH_2C{\equiv}N + 2H_2O + HCl \rightarrow CH_3CH_2COOH + NH_4Cl$.

**6.** Пусть масса исходного раствора равна $x$ г, тогда масса $CuSO_4$ равна $0.16x$ г.

Количество $CuSO_4$ составляет

$$\nu(CuSO_4) = \frac{0.16x}{160} = 0.001x \text{ моль}.$$

Электролиз раствора сульфата меди выражается уравнением:

$$\underset{0.001x}{2CuSO_4} + \underset{0.001x}{2H_2O} \xrightarrow{\lightning} \underset{0.001x}{2Cu} + \underset{0.0005x}{O_2\uparrow} + \underset{0.001x}{2H_2SO_4},$$

из которого следует, что растворенным веществом является серная кислота в количестве $0.001x$ моль.

По окончании осаждения меди на катоде выделяется водород из серной кислоты:

$$2H_2SO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2SO_4,$$

$$\text{или } 2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

Как видно из уравнения, количество серной кислоты не изменяется и, следовательно, остается равным $0.001x$ моль. Электролиз на этом этапе сводится к разложению воды.

Пусть электролизу подверглось $y$ моль воды. Тогда на катоде выделилось $y$ моль водорода, а на аноде – $0.5y$ моль кислорода. Объемы всех выделившихся газов на аноде и катоде станут равными при:

$$y = 0.0005x + 0.5y,$$

откуда $y = 0.001x$. Следовательно, воды разложилось $0.001x$ моль массой 0.018 г.

Рассчитаем массовую долю серной кислоты в растворе:

$$\omega(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{m(\text{исх.р-ра}) - m(Cu) - m(O_2) - m(H_2O)} =$$

$$= \frac{0.001x \cdot 98}{x - 0.001x \cdot 64 - 0.016x - 0.018x} = \frac{0.098x}{0.902x} = 0.1086 \text{ (или } 10.86\%).$$

*Ответ*: 10.86% $H_2SO_4$.

**7.** 1) $CuCl_2 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2NaCl$;

2) $2Cu(OH)_2 + CH_3CHO \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

3) $Cu_2O + 8HNO_3(\text{конц}) \rightarrow 2Cu(NO_3)_2 + 4NO_2\uparrow + 4H_2O$;

4) $Cu(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow CuS\downarrow + 2NaNO_3$;

5) $2CuS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 2SO_2$;

6) $CuO + H_2 \xrightarrow{t^\circ} Cu + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $Cu(NO_3)_2$, **Y** – $CuO$.

**8.** 1) $CH_3CH_2CH_2CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CHBrCH_2CH_3 + HBr$;

2) $CH_3CHBrCH_2CH_3 + KOH(\text{спирт}) \rightarrow CH_3CH{=}CHCH_3 + KBr + H_2O$;

3) $5CH_3CH{=}CHCH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 10CH_3COOH + 4K_2SO_4 + 8MnSO_4 + 12H_2O$;

4) $CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{кр}} ClCH_2COOH + HCl$;

5) $ClCH_2COOH + KCN \rightarrow N{\equiv}C{-}CH_2{-}COOH + KCl$;

6) $N{\equiv}C{-}CH_2COOH + 2H_2O + HCl \rightarrow HOOCCH_2COOH + NH_4Cl$.

*Ответ*: **X** – $CH_3CHBrCH_2CH_3$; **Y** – $CH_3COOH$, **Z** – $N{\equiv}CCH_2COOH$.

**9.** Пусть в сплаве было $x$ моль алюминия, $y$ моль цинка, $z$ моль кремния и $k$ моль серебра. Тогда массу сплава можно выразить как:

$$m(\text{сплава}) = 12.627x + 65y + 28z + 108k = 12.6 \text{ г.} \quad (1)$$

При действии соляной кислоты происходят реакции:

$$2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow;$$
$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow.$$

Количество выделившегося газа равно 5.6 / 22.4 = 0.25 моль. Поэтому, исходя из уравнений реакций,

$$1.5x + y = 0.25 \text{ моль.} \quad (2)$$

Нерастворившийся остаток – смесь кремния и серебра, по условию его масса:

$$m(Si + Ag) = 28z + 108k = 3.4 \text{ г.} \quad (3)$$

При действии раствора гидроксида натрия растворяются алюминий, цинк и кремний:

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow;$$
$$Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow;$$
$$Si + 2NaOH + H_2O \rightarrow Na_2SiO_3 + 2H_2\uparrow.$$

Общее количество выделившегося газа равно 6.72 / 22.4 = 0.3 моль, поэтому

$$1.5x + y + 2z = 0.3 \text{ моль.} \quad (4)$$

Из (2) и (4) $z$ = 0.025 моль. Подставляя значение $z$ в (3), получаем $k$ = 0.025 моль.

Зная массу сплава и массу кремния и серебра, из (1) и (3) рассчитаем массу алюминия и цинка:

$$m(Al + Zn) = 12.6 - 3.4 = 9.2 \text{ г,}$$
$$\text{или } 27x + 65y = 9.2 \text{ г.} \quad (5)$$

Решая систему из (2) и (5) с двумя неизвестными

$$\begin{cases} 1.5x + y = 0.25, \\ 27x + 65y = 9.2, \end{cases}$$

получаем $x$ = 0.1 моль, $y$ = 0.1 моль.

Массовые доли в исходной смеси:

$$\omega(Al) = \frac{0.1 \cdot 27}{12.6} \cdot 100\% = 21.4\%,$$

$$\omega(Zn) = \frac{0.1 \cdot 65}{12.6} \cdot 100\% = 51.6\%,$$

$$\omega(Si) = \frac{0.025 \cdot 28}{12.6} \cdot 100\% = 5.56\%,$$

$$\omega(\mathrm{Ag}) = \frac{0.025 \cdot 108}{12.6} \cdot 100\% = 21.4\%.$$

*Ответ*: 24.1% Al, 51.6% Zn, 5.56% Si, 21.4% Ag.

**10.** Если при обработке алкена $C_nH_{2n}$ подкисленным водным раствором перманганата калия и разрыве двойной связи образовалось только одно органическое вещество, то возможны следующие случаи:

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} 2C_{0.5n}H_nO_2$ (карбоновая кислота, если алкен был симметричный и двойной связью были связаны вторичные атомы углерода);

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} C_{n-1}H_{2n-2}O_2 + CO_2$ (карбоновая кислота и $CO_2$, если двойная связь в алкане была на конце цепи);

$C_nH_{2n} + [O] \xrightarrow{H^+} 2C_{0.5n}H_nO$ (кетон, если двойная связь в симметричном алкене была между третичными атомами углерода).

Массовая доля углерода в алкене $C_nH_{2n}$ равна

$$\omega(\mathrm{C}) = \frac{12n}{14n} \cdot 100\% = 85.71\%,$$

следовательно, массовая доля углерода в образовавшемся соединении будет равна

$$85.71\% - 19.04\% = 66.67\%.$$

В первых двух случаях образуется предельная монокарбоновая кислота, формулу которой можно обозначить как $C_mH_{2m}O_2$.

$$\omega(\mathrm{C}) = \frac{12m}{14m + 32} = 0.6667,$$

откуда $m = 8$, т. е. образовалась октановая кислота $C_7H_{15}COOH$ (исходным алкеном был либо $C_7H_{15}CH{=}CHC_7H_{15}$, либо нонен-1).

В третьем случае формулу образующего кетона обозначим как $C_kH_{2k}O$:

$$\omega(\mathrm{C}) = \frac{12k}{14k + 16} = 0.6667,$$

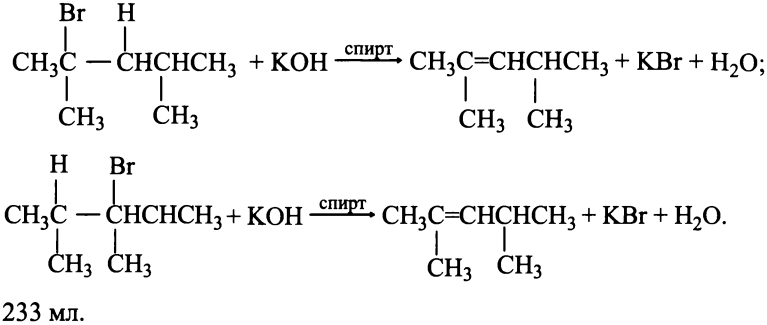
откуда $k = 4$, что соответствует бутанону.

*Ответ*: октановая кислота и бутанон.

## Вариант СО-2008-3

**1.** $(CuOH)_2CO_3 + 4NH_4Cl \rightarrow 2CuCl_2 + 4NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + 3H_2O.$

**2.**



**3.** 233 мл.

**4.** $C_{12}H_{22}O_{11} + 2Ag[(NH_3)_2]OH \rightarrow C_{11}H_{21}COONH_4 + 2Ag + 3NH_3 + H_2O;$

$C_{12}H_{22}O_{11} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} C_{12}H_{22}O_{12} + Cu_2O\downarrow + 2H_2O;$

$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{H^+, t^\circ} 2C_6H_{12}O_6$ (глюкоза);

$C_{12}H_{22}O_{11} + 12O_2 \rightarrow 12CO_2 + 11H_2O.$

**5.** $CH_3CH_2CH_2CH_3 \xrightarrow{AlCl_3, t^\circ} CH_3CH(CH_3)CH_3;$

$CH_3CH(CH_3)CH_3 \xrightarrow{Ni, t^\circ} (CH_3)_2C{=}CH_2 + H_2;$

$5(CH_3)_2C{=}CH_2 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow 5(CH_3)_2C{=}O + 5CO_2 + 4K_2SO_4 + MnSO_4 + 17H_2O;$

$(CH_3)_2C{=}O + H_2 \xrightarrow{Ni, t^\circ} (CH_3)_2CH{-}OH.$

**6.** 7.20%.

**7.** **X** – $Fe(NO_3)_2$, **Y** – $FeSO_4$.

1) $6FeO + O_2$(недост) $\rightarrow 2Fe_3O_4;$
2) $Fe_3O_4 + 10HNO_3$(конц) $\rightarrow 3Fe(NO_3)_3 + NO_2\uparrow + 5H_2O;$
3) $2Fe(NO_3)_3 + Fe \rightarrow 3Fe(NO_3)_2;$
4) $Fe(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Fe(OH)_2 + 2NaNO_3;$
5) $Fe(OH)_2 + H_2SO_4$(разб) $\rightarrow FeSO_4 + 2H_2O;$
6) $FeSO_4 + K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow KFe[Fe(CN)_6] + K_2SO_4.$

**8.** **X** – $CH_3Cl$, **Y** – $C_2H_5Cl$, **Z** – $C_2H_5OH$.

1) $CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl;$
2) $2CH_3Cl + 2Na \xrightarrow{эфир} C_2H_6 + 2NaCl;$
3) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl;$
4) $C_2H_5Cl + 2NH_3 \rightarrow C_2H_5NH_2 + NH_4Cl;$
5) $C_2H_5NH_2 + NaNO_2 + HCl \rightarrow C_2H_5OH + N_2\uparrow + NaCl + H_2O;$
6) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O.$

**9.** 39.1% Ag, 39.1% Al, 13.0% Be, 8.7% Mg.

**10.** Например, бутен-2, пропен.

## Вариант СО-2008-4

**1.** $Al_4C_3 + 4NaOH + 12H_2O \rightarrow 4Na[Al(OH)_4] + 3CH_4\uparrow$.

**2.**

$$CH_2ClCH_2\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_2{=}CH\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + KCl + H_2O;$$

$$CH_2ClCHCl\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + Zn \longrightarrow CH_2{=}CH\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}HCH_2CH_3 + ZnCl_2.$$

**3.** 305 мл.

**4.** $HOCH_2(CHOH)_3CH{=}O + 2Ag[(NH_3)_2]OH \rightarrow$

$$\rightarrow HOCH_2(CHOH)_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O;$$

$$HOCH_2(CHOH)_3CH{=}O + H_2 \xrightarrow{Ni} HOCH_2(CHOH)_3CH_2OH;$$

$2C_5H_{10}O_5 + Cu(OH)_2 \rightarrow C_5H_9O_5CuC_5H_9O_5 + H_2O$ (синее окрашивание);

$C_5H_{10}O_5 + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + 5H_2O$.

**5.** $2CH_3CH_2CH_2CH_3 + 5O_2 \xrightarrow{\text{кат, } t^\circ} 4CH_3COOH + 2H_2O$;

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$;

$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$;

$2CH_4 \xrightarrow{1500^\circ} CH{\equiv}CH + 2H_2$ (пиролиз метана).

**6.** 6.75% $HNO_3$.

**7. X** – $K_2CrO_4$, **Y** – $Cr_2O_3$.

1) $2Cr + 6H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} Cr_2(SO_4)_3 + 3SO_2\uparrow + 6H_2O$;

2) $Cr_2(SO_4)_3 + 8KOH \rightarrow 2K[Cr(OH)_4] + 3K_2SO_4$;

3) $2K[Cr(OH)_4] + 3Cl_2 + 8KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$;

4) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

5) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2$;

6) $Cr_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NaCrO_2 + CO_2$.

**8. X** – $C_2H_4Cl_2$, **Y** – $C_6H_6$, **Z** – $C_6H_5CBr_2CH_3$.

1) $C_2H_6 + 2Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_4Cl_2 + 2HCl$;

2) $C_2H_4Cl_2 + 2NaOH(\text{спирт.р-р}) \rightarrow C_2H_2 + 2NaCl + 2H_2O$;

3) $3C_2H_2 \xrightarrow{C_{\text{акт}}, t^\circ} C_6H_6$;

4) $C_6H_6 + C_2H_5Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5{-}C_2H_5 + HCl$;

5) $C_6H_5{-}C_2H_5 + 2Br_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5{-}CBr_2CH_3 + 2HBr$;

6) $C_6H_5{-}CBr_2CH_3 + 2NaOH(\text{водн}) \rightarrow C_6H_5{-}COCH_3 + 2NaBr + H_2O$.

9. 46.3% Cu, 1.63% Be, 47.0% Zn, 5.06% Si.

**10.** Гексановая кислота и ацетон.

## Биологический факультет

## Вариант БА-2008-1

**1.** $HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O$;

$Ag + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$.

**2.** Для осушения можно использовать вещества, не реагирующие с $SO_2$: концентрированную $H_2SO_4$, твердый $CuSO_4$ и $P_2O_5$. KOH использовать в качестве осушителя нельзя, т. к. будет протекать реакция:

$$2KOH + SO_2 \rightarrow K_2SO_3 + H_2O.$$

**3.** Пусть 1 моль равновесной смеси

$$FeO + CO \rightleftarrows Fe + CO_2$$

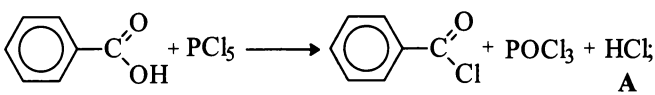
содержит $x$ моль $CO_2$ и $(1 - x)$ моль CO. Тогда из выражения константы равновесия

$$K = \frac{[CO_2]}{[CO]} = \frac{x}{1-x} = 0.42$$

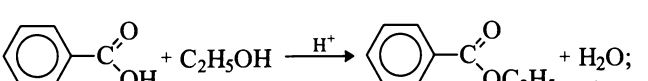
имеем $x = 0.3$ моль.

*Ответ*: 0.3 моль $CO_2$, 0.7 моль CO.

**4.**

1) 


2) $16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$;

3) 


4) $2H_2O + 2Na \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$.

*Ответ*: **A** – HCl, **B** – $H_2O$.

**5.** Пусть газовая смесь состоит из $x$ моль $CO_2$ и $y$ моль CO. Общее количество газов в смеси равно $5.6 / 22.4 = 0.25$ моль. Молекула $CO_2$ содер-

жит 22 электрона, молекула CO – 14 электронов. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.25; \\ 22x + 14y = 4.7; \end{cases}$$

ее решение: $x = 0.15, y = 0.1$ моль.

С гидроксидом натрия реагирует только $CO_2$:

$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

Следовательно, объём газовой смеси уменьшится в

$$\frac{\nu(CO_2) + \nu(CO)}{\nu(CO)} = \frac{0.25}{0.1} = 2.5 \text{ раза.}$$

*Ответ*: объём газовой смеси уменьшится в 2.5 раза.

**6.** Рассчитаем pOH полученного раствора:

$$pOH = 14 - pH = 2.3,$$

следовательно, концентрация ионов $OH^-$ в нем составляет

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2.3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л;}$$

эта концентрация складывается из [RbOH] и [MeOH]:

$$[OH^-] = [RbOH] + [MeOH], \text{ или}$$

$$5 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} + \frac{0.06}{M \cdot 0.5},$$

откуда $M = 40$ г/моль. Искомая щёлочь – NaOH.

*Ответ*: NaOH.

**7.** 1) $Al_2O_3 + 3C \xrightarrow{t^\circ} 2Al + 3CO\uparrow$;

2) $2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$;

3) $Na[Al(OH)_4] + 4HCl \rightarrow AlCl_3 + NaCl + 4H_2O$;

4) $2AlCl_3 + 3Mg \rightarrow 3MgCl_2 + 2Al$;

5) $8Al + 30HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 8Al(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$;

6) $4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $Al(NO_3)_3$, $\mathbf{X_2}$ – $AlCl_3$.

**8.** 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} C_3H_7COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow$ (маслянокислое брожение глюкозы);

2) $C_3H_7COOH + PCl_5 \rightarrow C_3H_7COCl + POCl_3 + HCl$;

3) $C_3H_7COCl + C_3H_7ONa \rightarrow C_3H_7COOC_3H_7 + NaCl$;

4) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение);

5) $2C_2H_5OH \xrightarrow[300^\circ]{Al_2O_3, Cr_2O_3} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + H_2 + 2H_2O$ (синтез Лебедева);

6) $nC_4H_6 \xrightarrow{p,\,t^\circ} (-CH_2-CH{=}CH-CH_2-)_n$.

*Ответ*: **A** – $C_3H_7COOH$, **B** – $C_3H_7COCl$, **C** – $C_2H_5OH$, полимер – полибутадиен.

**9.** С бромоводородной кислотой реагируют карбонат бария и фосфид неизвестного металла:

$$BaCO_3 + 2HBr \rightarrow BaBr_2 + CO_2\uparrow + H_2O;$$
$$Me_3P_2 + 6HBr \rightarrow 2PH_3\uparrow + 3MeBr_2.$$

Из образующихся газов ($CO_2$ и $PH_3$) с дихроматом калия в растворе реагирует только фосфин:

$$3PH_3 + 4K_2Cr_2O_7 + 16H_2SO_4 \rightarrow 3H_3PO_4 + 4Cr_2(SO_4)_3 + 4K_2SO_4 + 16H_2O.$$

Пусть прореагировало $x$ моль $K_2Cr_2O_7$, тогда образовалось $x$ моль $Cr_2(SO_4)_3$. Согласно условию задачи, массовые доли солей хрома сравнялись, следовательно,

$$686 \cdot 0.08 - 294x = 392x,$$

откуда $x = 0.08$ моль.

Из уравнения взаимодействия фосфина с дихроматом $\nu(PH_3) = 0.75x = 0.06$ моль, поэтому $\nu(Me_3P_2) = 0.5\nu(PH_3) = 0.03$ моль.

По условию задачи, масса исходной смеси солей равнялась 23.67 г. Следовательно,

$$23.67 = 0.03 \cdot (3M + 62 + 197 + 119),$$

откуда $M = 137$ г/моль. Металл – барий, формула фосфида – $Ba_3P_2$.

*Ответ*: $Ba_3P_2$.

**10.** Исходная соль может быть образована взаимодействием либо аммиака, либо амина $R'NH_2$ с карбоновой кислотой RCOOH, так как только в этом случае при сплавлении со щёлочью может выделяться аммиак

$$RCOONH_4 + KOH \xrightarrow{t^\circ} RCOOK + NH_3\uparrow + H_2O$$

или газообразный амин

$$[RCOOH]\,NH_2R' + KOH \xrightarrow{t^\circ} RCOOK + R'NH_2\uparrow + H_2O,$$

которые способны реагировать с соляной кислотой. Кроме того, при сплавлении с избытком щёлочи, как следует из условия задачи, выделяется соответствующий газообразный углеводород (не прореагировавший с HCl)

$$RCOOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} RH\uparrow + K_2CO_3$$

с молярной массой $M = 4 \cdot 4 = 16$ г/моль. Это – метан $CH_4$, а исходная соль представляет собой ацетат, в которой R – метил $CH_3$.

В соответствии с условием задачи при сплавлении со щелочью суммарно выделилось $1.792 / 22.4 = 0.08$ моль газов, т. е. по 0.04 моль метана $CH_4$ и аммиака (или амина $R'NH_2$).

Поскольку средняя молярная масса смеси газов составляет $11.75 \cdot 2 = 23.5$ г/моль, то в соответствии с формулой $\nu = m / M$ можно записать ($x$ – молярная масса $NH_3$ или $R'NH_2$):

$$0.08 \cdot 23.5 = 0.04 \cdot x + 0.04 \cdot 16,$$

$$47 = x + 16,$$

откуда $x = 31$ г/моль; это – молярная масса амина $R'NH_2$, ($M(NH_3) = 17$ г/моль), $M(R') = 31 - 16 = 15$ г/моль (это радикал $CH_3$).

Таким образом, в исходном образце содержалось 0.04 моль ацетата метиламмония.

Для проверки рассчитаем количество ацетата метиламмония из массы исходной соли:

$$\nu = m / M = 3.64 / 91 = 0.04 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 0.04 моль ацетата метиламмония $CH_3COO^- \; NH_3^+–CH_3$.

## Вариант БА-2008-2

**1.** $HI + AgNO_3 \rightarrow AgI\downarrow + HNO_3$;

$2HI + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow 2FeSO_4 + I_2\downarrow + H_2SO_4$.

**2.** Можно использовать концентрированную $H_2SO_4$, твердый $CaCl_2$ и $P_2O_5$. Гидроксид натрия использовать нельзя, т. к. будет протекать реакция:

$$2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O.$$

**3.** Пусть в 1 моль равновесной смеси

$$Fe_3O_4 + 4CO \rightleftarrows 3Fe + 4CO_2$$

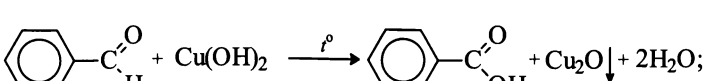
содержится $x$ моль $CO_2$ и $1 - x$ моль CO. Тогда

$$K = \frac{[CO_2]^4}{[CO]^4} = \frac{x^4}{(1-x)^4} = 4.42,$$

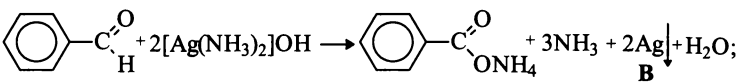
откуда $x = 0.59$ моль.

*Ответ*: 0.59 моль $CO_2$, 0.41 моль CO.

**4.**

1)  ;

2) $Cu_2O + C \xrightarrow{t^\circ} 2Cu + CO$;

3) 

4) $3Ag + 4HNO_3 \rightarrow 3AgNO_3 + NO\uparrow + 2H_2O$.

*Ответ*: **A** – $Cu_2O$, **B** – Ag.

**5.** Пусть газовая смесь состоит из $x$ моль $NO_2$ и $y$ моль $N_2$. Общее количество газов в смеси равно $6.72/22.4 = 0.3$ моль. Молекула $NO_2$ содержит 23 протона, молекула $N_2$ – 14 протонов. Получаем систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0.3; \\ 23x + 14y = 6; \end{cases}$$

ее решение: $x = 0.2$; $y = 0.1$

С гидроксидом калия реагирует только $NO_2$:

$$2NO_2 + 2KOH \rightarrow KNO_3 + KNO_2 + H_2O,$$

следовательно, объём газовой смеси уменьшится в

$$\frac{\nu(NO_2) + \nu(N_2)}{\nu(N_2)} = \frac{0.3}{0.1} = 3 \text{ раза.}$$

*Ответ*: объём газовой смеси уменьшится в 3 раза.

**6.** Рассчитаем pOH полученного раствора:

$$pOH = 14 - pH = 2.52,$$

следовательно, концентрация ионов $OH^-$ в нем составляет

$$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-2.52} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л;}$$

эта концентрация складывается из [RbOH] и [MeOH]:

$$[OH^-] = [RbOH] + [MeOH], \text{ или}$$

$$3 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-3} + \frac{1.2 \cdot 10^{-2}}{M \cdot 0.5},$$

откуда $M = 24$ г/моль. Искомая щёлочь – LiOH.

*Ответ*: LiOH.

**7.** 1) $CuO + C \xrightarrow{t^\circ} Cu + CO$;

2) $Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

3) $CuSO_4 + BaCl_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + CuCl_2$;

4) $CuCl_2 + Zn \rightarrow ZnCl_2 + Cu$;

5) $3Cu + 8HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

6) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $Cu(NO_3)_2$, $\mathbf{X_2}$ – $CuCl_2$.

**8.** 1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} C_3H_7COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow$ (маслянокислое брожение);

2) $C_3H_7COOH + 2NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_3H_8\uparrow + Na_2CO_3 + H_2O$;

3) $CH_3CH_2CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CHClCH_3 + HCl$;

4) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2CH_3CH(OH)COOH$ (молочнокислое брожение глюкозы);

5) $CH_3CH(OH)COOH \xrightarrow[t^\circ > 150^\circ C]{H_2SO_4,\ \text{конц.}} CH_2{=}CH{-}COOH + H_2O$;

6) $n CH_2{=}CH{-}COOH \xrightarrow{p,\ t^\circ} (-CH_2{-}CH(COOH){-})_n$.

*Ответ*: **A** – $C_3H_7COOH$, **B** – $C_3H_8$, **C** – $CH_3CH(OH)COOH$, полимер – полиакриловая кислота.

**9.** С соляной кислотой реагируют карбонат калия и сульфит неизвестного металла:

$$K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + CO_2\uparrow + H_2O;$$
$$MeSO_3 + 2HCl \rightarrow SO_2\uparrow + MeCl_2 + H_2O.$$

Из образующихся газов ($CO_2$ и $SO_2$) с раствором перманганата реагирует только $SO_2$:

$$5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4.$$

Пусть прореагировало $x$ моль $KMnO_4$, тогда образовалось $x$ моль $MnSO_4$. Согласно условию задачи, массовые доли солей марганца сравнялись, следовательно,

$$206 \cdot 0.03 - 158x = 151x,$$

откуда $x = 0.02$ моль.

Из уравнения взаимодействия диоксида серы с перманганатом $\nu(SO_2) = 2.5x = 0.05$ моль, поэтому $\nu(MeSO_3) = \nu(SO_2) = 0.05$ моль.

По условию задачи, масса исходной смеси солей равнялась 20.8 г. Следовательно,

$$20.8 = 0.05\ (M + 80 + 174 + 138),$$

откуда $M = 24$. Металл – магний, формула сульфита – $MgSO_3$.

*Ответ*: $MgSO_3$.

**10.** Исходная соль может быть образована взаимодействием либо аммиака, либо амина $R'NH_2$ с карбоновой кислотой RCOOH, так как только в этом случае при сплавлении со щёлочью могут выделяться аммиак

$$RCOONH_4 + KOH \xrightarrow{t^\circ} RCOOK + NH_3\uparrow + H_2O$$

или газообразный амин

$$[RCOOH]\ NH_2R' + KOH \xrightarrow{t^\circ} RCOOK + R'NH_2\uparrow + H_2O,$$

которые способны реагировать с соляной кислотой.

Кроме того, при сплавлении с избытком щёлочи, как следует из условия задачи, выделяется соответствующий газообразный углеводород (не прореагировавший с HCl)

$$RCOOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} RH\uparrow + K_2CO_3$$

с молярной массой $M = 1.5 \cdot 20 = 30$ г/моль. Это – этан $C_2H_6$, а исходная соль представляет собой пропионат (R – этил $C_2H_5$).

По условию задачи при сплавлении со щелочью суммарно выделилось $2.24 / 22.4 = 0.1$ моль газов, т. е. по 0.05 моль этана $C_2H_6$ и аммиака (или амина $R'NH_2$).

Поскольку средняя молярная масса смеси газов составляет $15.25 \cdot 2 = 30.5$ г/моль, то в соответствии с формулой $\nu = m / M$ можно записать ($x$ – молярная масса $NH_3$ или $R'NH_2$):

$$0.1 \cdot 30.5 = 0.05 \cdot x + 0.05 \cdot 30,$$

$$61 = x + 30,$$

откуда $x = 31$ г/моль; это – молярная масса амина $R'NH_2$, так как $M(NH_3) = 17$ г/моль, $M(R') = 31 - 16 = 15$ г/моль (это радикал $CH_3$).

Таким образом, в исходном образце содержалось 0.05 моль пропионата метиламмония.

Для проверки рассчитаем количество пропионата метиламмония из массы исходной соли:

$$\nu = m / M = 5.25 / 105 = 0.05 \text{ моль}.$$

*Ответ*: 0.05 моль пропионата метиламмония $CH_3CH_2COO^-\ NH_3^+CH_3$.

## Вариант БА-2008-3

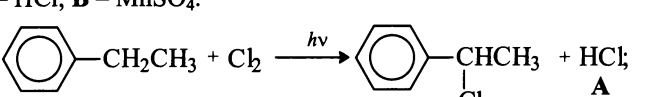
**1.** $H_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2H_2O$;

$2H_2SO_4(конц) + 2Ag \rightarrow Ag_2SO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$.

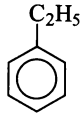
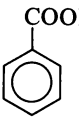
**2.** Можно использовать твердый $MgSO_4$ и $P_2O_5$. KOH использовать нельзя, т. к. будет протекать реакция: $2KOH + H_2S \rightarrow K_2S + 2H_2O$.

**3.** 0.23 моль $CO_2$; 0.77 моль $O_2$.

**4.** **A** – HCl, **B** – $MnSO_4$.

1) 


2) $4HCl + MnO_2 \rightarrow Cl_2\uparrow + MnCl_2 + 2H_2O$;

3) $5\,C_6H_5C_2H_5 + 12KMnO_4 + 18H_2SO_4 \longrightarrow 5\,C_6H_5COOH + 5CO_2 + 12MnSO_4 +$ **B**
$+ 6K_2SO_4 + 28H_2O$;

4) $MnSO_4 + Mg \rightarrow Mn + MgSO_4$.

**5.** Объём газовой смеси уменьшится в 2 раза.

**6.** KOH.

**7.** $\mathbf{X_1}$ – $Na_2[Zn(OH)_4]$, $\mathbf{X_2}$ – ZnO.

1) $ZnSO_4 + Mg \rightarrow MgSO_4 + Zn$;

2) $4Zn + 10HNO_3(разб) \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$;

3) $2Zn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

4) $ZnO + C \xrightarrow{t^\circ} Zn + CO$;

5) $Zn + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4] + H_2\uparrow$;

6) $Na_2[Zn(OH)_4] + 2H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Na_2SO_4 + 4H_2O$.

**8.** **A** – $C_3H_7COOH$, **B** – $CH_3CH_2CH(Cl)COOH$, **C** – $C_2H_5OH$, полимер – полиэтилен.

1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{ферменты} C_3H_7COOH + 2CO_2\uparrow + 2H_2\uparrow$ (маслянокислое брожение);

2) $C_3H_7COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{кр.}} CH_3CH_2CH(Cl)COOH + HCl$;

3) $CH_3CH_2CH(Cl)COOH + 2NH_3 \rightarrow CH_3CH_2CH(NH_2)COOH + NH_4Cl$;

4) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{ферменты} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение глюкозы);

5) $C_2H_5OH \xrightarrow[t^\circ > 150^\circ C]{H_2SO_4\ конц} CH_2{=}CH_2 + H_2O$;

6) $n CH_2{=}CH_2 \xrightarrow{p,\ t^\circ} (-CH_2{-}CH_2-)_n$.

**9.** $Ca_3P_2$.

**10.** 0.03 моль ацетата аммония $CH_3COONH_4$.

## Вариант БА-2008-4

**1.** $HCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + HNO_3$;

$14HCl + K_2Cr_2O_7 \rightarrow 3Cl_2\uparrow + 2CrCl_3 + 2KCl + 7H_2O$.

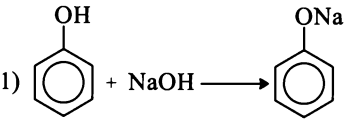
**2.** Можно использовать твердые KOH и $Na_2SO_4$; $H_2SO_4$ и $P_2O_5$ использовать в качестве осушителя нельзя, т. к. будут протекать реакции:

$H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$;

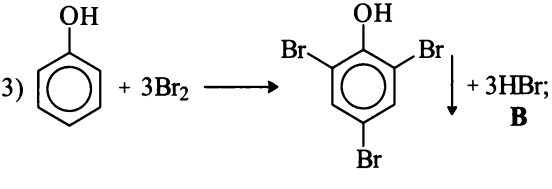
$P_2O_5 + 2NH_3 + H_2O \rightarrow 2NH_4PO_3$.

**3.** 0.6 моль $H_2$, 0.4 моль $H_2O$(пар).

**4.** **A** – $H_2O$, **B** – HBr.




2) $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$;




4) $16HBr + 2KMnO_4 \rightarrow 5Br_2 + 2MnBr_2 + 2KBr + 8H_2O$.

**5.** Объём газовой смеси уменьшится в 1.6 раза.

**6.** NaOH.

**7.** $\mathbf{X_1}$ – $FeCl_3$, $\mathbf{X_2}$ – $Fe_2O_3$.

1) $FeCl_2 + Mg \rightarrow Fe + MgCl_2$;

2) $Fe + 4HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

3) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$;

4) $Fe_2O_3 + 3C \xrightarrow{t^\circ} 2Fe + 3CO\uparrow$;

5) $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$;

6) $2FeCl_3 + Fe \rightarrow 3FeCl_2$.

**8.** **A** – $CH_3CH(OH)COOH$, **B** – $CH_3CH(OH)COONa$, **C** – $C_2H_5OH$, полимер – фенол-ацетальдегидная смола.

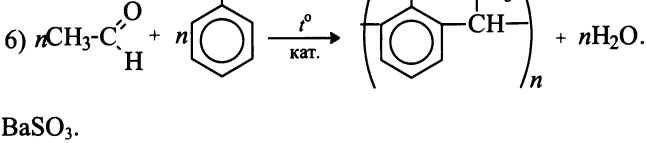
1) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2CH_3CH(OH)COOH$ (молочнокислое брожение);

2) $CH_3CH(OH)COOH + NaOH \rightarrow CH_3CH(OH)COONa + H_2O$;

3) $CH_3CH(OH)COONa + C_3H_7Cl \rightarrow CH_3CH(OH)COOC_3H_7 + NaCl$;

4) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{ферменты}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$ (спиртовое брожение);

5) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

6) 


**9.** $BaSO_3$.

**10.** 0.05 моль пропионата аммония $CH_3CH_2COONH_4$.

## Факультет фундаментальной медицины

## Вариант МБ-2008-1

**1.** $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl.$

**2.** $Na_2S$ – соль, образованная анионом слабой кислоты и катионом сильного основания, она подвергается гидролизу по аниону:

$$Na_2S + 2H_2O \rightleftarrows NaHS + NaOH, \quad pH > 7.$$

$Al(NO_3)_3$ – соль, образованная катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, подвергается гидролизу по катиону:

$$Al(NO_3)_3 + H_2O \rightleftarrows Al(OH)(NO_3)_2 + HNO_3, \quad pH < 7.$$

$LiClO_4$ – соль, образованная сильной кислотой и сильным основанием, гидролизу не подвергается. Значение pH такого раствора будет равно pH дистиллированной воды, т. е. 7. Следовательно, в порядке уменьшения pH указанные соли надо расположить следующим образом: $Na_2S > LiClO_4 > Al(NO_3)_3$.

**3.** Согласно условию, при $T_1 = 60°C$ отношение скоростей составляет $\frac{v_1}{u_1} = 3$ (буквами $v$ и $u$ обозначены скорости первой и второй реакций соответственно). Для расчета скоростей реакций при температуре $T_2 = 30°C$ применим уравнение Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma_1^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \gamma_1^{\frac{30-60}{10}} = \gamma_1^{-3},$$

где $\gamma_1$ – температурный коэффициент первой реакции. Для второй реакции уравнение Вант-Гоффа запишется аналогично. Тогда

$$v_2 = \gamma_1^{-3} \cdot v_1,$$
$$u_2 = \gamma_2^{-3} \cdot u_1,$$

их отношение

$$\frac{v_2}{u_2} = \frac{v_1}{u_1}\frac{\gamma_2^3}{\gamma_1^3} = \frac{3 \cdot 2^3}{1 \cdot 3^3} = \frac{24}{27} = 0.889.$$

*Ответ*: при температуре 30°C отношение скоростей реакций составляет 0.889.

**4.** $2KOH + Cl_2 \xrightarrow{20°C} KCl + KClO + H_2O;$

$6KOH + 3Cl_2 \xrightarrow{80°C} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O.$

**5.** Амины – типичные органические основания. Их основные свойства определяются наличием неподеленной электронной пары у атома азота,

за счет которой амины проявляют донорные свойства. При сопоставлении основных свойств аминов нужно учитывать, каким образом индуктивные и мезомерные эффекты заместителей влияют на электронную плотность атома азота.

Например, метиламин $CH_3NH_2$ – более сильное основание, чем анилин $C_6H_5NH_2$ из-за –М-эффекта радикала $C_6H_5$ по отношению к $NH_2$-группе, что снижает донорную активность атома азота. В отличие от фенильного, метильный радикал метиламина проявляет только +I-эффект по отношению к атому азота, повышая его донорную активность.

**6.** 1) $NH_4NO_3 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} NH_3\uparrow + NaNO_3$;

2) $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{Pt,\,t^\circ} 4NO + 6H_2O$;

3) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

4) $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$;

5) $10HNO_3(\text{разб}) + 4Zn \rightarrow 4Zn(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O$;

6) $2N_2O + C \xrightarrow{t^\circ} 2N_2 + CO_2$.

**7.** Так как хлорноватистая кислота очень слабая ($K_д = 2.8\cdot10^{-8}$), равновесие диссоциации

$$HClO \rightleftarrows ClO^- + H^+$$

практически полностью смещено влево. Поэтому можно считать, что равновесная концентрация HClO совпадает с ее исходной концентрацией $c_{o1}$:

$$[HClO] = c_{o1} - c_{дис.} \approx c_{o1}.$$

Тогда выражение для константы диссоциации можно упростить:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[ClO^-]}{[HClO]} = \frac{[H^+]^2}{[HClO]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_o},$$

откуда получаем $c_o = \dfrac{[H^+]^2}{K_д}$.

Так как $pH = -\lg[H^+]$, то $[H^+] = 10^{-pH}$. Тогда при pH = 4

$$c_{o1} = 10^{-8} / K_д = 0.357 \text{ М},$$

при pH = 4.5

$$c_{o2} = 10^{-9} / K_д = 0.0357 \text{ М}.$$

Так как $c_{o1} = \nu / V_1$ и $c_{o2} = \nu / V_2$, где $V_1$ и $V_2$ – объемы раствора до и после разбавления, а количество молей кислоты неизменно, получаем следующие соотношения:

$$V_2 / V_1 = c_{o1} / c_{o2} = 10,$$

$$V_2 = 10V_1 = 10 \cdot 20 = 200 \text{ мл},$$

значит, необходимо добавить

$$V_2 - V_1 = 200 - 20 = 180 \text{ мл воды.}$$

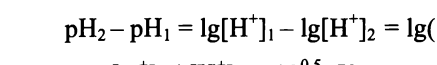
*Примечание*: Отношение концентраций кислоты до и после разбавления можно найти, не прибегая к расчету самой концентрации кислоты:

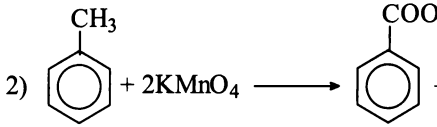
$$pH_2 - pH_1 = \lg[H^+]_1 - \lg[H^+]_2 = \lg([H^+]_1 / [H^+]_2) = 0.5,$$

следовательно, $[H^+]_1 / [H^+]_2 = 10^{0.5}$. Константа диссоциации $K_д = [H^+]^2/c_o$, отсюда $c_o = [H^+]^2 / K_д$ и $c_{o1} / c_{o2} = ([H^+]_1 / [H^+]_2)^2 = (10^{0.5})^2 = 10$.

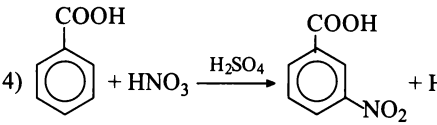
*Ответ*: 180 мл.

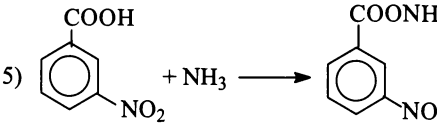
**8.**

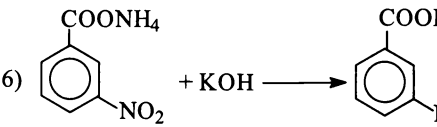



3) $C_6H_5COOK + HCl \longrightarrow C_6H_5COOH + KCl$;




*Ответ*: **A** – $C_6H_5CH_3$; **B** – $C_6H_5COOH$; **C** – *м*-$NO_2$–$C_6H_4$–$COONH_4$.

**9.** Так как при пропускании прореагировавшей смеси газов через трубку с раскаленным углем объем газов не изменился, в конечной смеси не было $O_2$, который реагировал бы с углем с образованием CO, что привело бы к изменению объема газов. Это означает, что $NH_3$ был взят в избытке. При пропускании через раствор $H_2SO_4$ он полностью поглощается вместе с парами воды. Следовательно, оставшийся газ – это азот в количестве

$$\nu(N_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль}.$$

Зная количество образовавшегося азота, легко рассчитать количества $NH_3$ и $O_2$, вступивших в реакцию, а также количество образовавшейся воды:

$$\underset{0.6 \text{ моль}}{2NH_3} + \underset{0.45 \text{ моль}}{1.5O_2} \rightarrow \underset{0.3 \text{ моль}}{N_2} + \underset{0.9 \text{ моль}}{3H_2O}. \quad (1)$$

Из условия задачи

$$\nu(\text{смеси газов}) = 32.48 / 22.4 = 1.45 \text{ моль}.$$

Так как весь $O_2$ вступил в реакцию, в исходной смеси его было $\nu(O_2)_{\text{исх}} = 0.45$ моль. Следовательно, исходное количество $NH_3$

$$\nu(NH_3) = 1.45 - 0.45 = 1.0 \text{ моль}.$$

Тогда объемные доли кислорода и аммиака составляют

$$\varphi(O_2)_{\text{исх}} = \nu(O_2)_{\text{исх}} / \nu(\text{смеси газов}) = 0.45/1.45 = 0.31;$$
$$\varphi(NH_3)_{\text{исх}} = 1 / 1.45 = 0.69.$$

После завершения реакции (1) в газовой смеси наряду с $N_2$ присутствуют вода и аммиак:

$$\nu(NH_3) = 1 - 0.6 = 0.4 \text{ моль};$$

эти газы будут поглощены раствором.

В исходном растворе содержалось серной кислоты:

$$m(H_2SO_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 200 \cdot 0.147 = 29.4 \text{ г},$$
$$\nu(H_2SO_4) = 29.4 / 98 = 0.3 \text{ моль}.$$

При пропускании смеси газов через раствор серной кислоты протекает реакция:

$$\underset{0.4 \text{ моль}}{NH_3} + \underset{0.3 \text{ моль}}{H_2SO_4} \rightarrow \underset{0.3 \text{ моль}}{NH_4HSO_4}. \quad (2)$$

Из соотношения реагентов следует, что $H_2SO_4$ в недостатке и в реакцию (2) вступит полностью. Следовательно, после реакции (2) в растворе находятся 0.1 моль $NH_3$ и 0.3 моль $NH_4HSO_4$:

$$\underset{0.1 \text{ моль}}{NH_3} + \underset{0.3 \text{ моль}}{NH_4HSO_4} \rightarrow \underset{0.1 \text{ моль}}{(NH_4)_2SO_4}. \quad (3)$$

По окончании реакции (3) в растворе содержатся $NH_4HSO_4$ и $(NH_4)_2SO_4$.

*Ответ*: $\varphi(O_2) = 0.31$; $\varphi(NH_3) = 0.69$. Присутствуют $NH_4HSO_4$ и $(NH_4)_2SO_4$.

**10.** Рассчитаем простейшую формулу вещества. В 100 г вещества $C_nH_mO_l$ содержится 63.16 г C (5.263 моль), 5.26 г H (5.26 моль) и кислород O, масса которого:

$$m(O) = 100 - m(C) - m(H) = 31.58 \text{ г},$$

что составляет 1.974 моль. Соотношение атомов:

$$n : m : l = \nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 5.263 : 5.26 : 1.974 = 8 : 8 : 3.$$

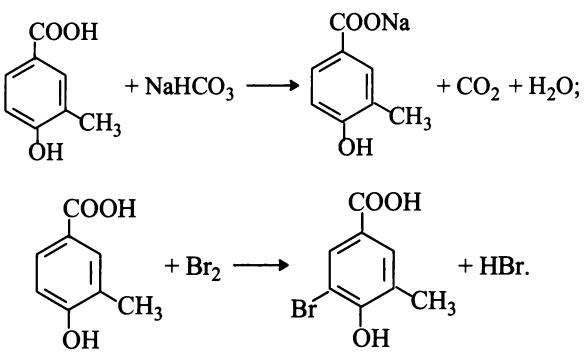
Простейшая формула вещества $C_8H_8O_3$ ($M$ = 152 г/моль); предположим, что она совпадает с истинной. Из условия задачи

$$\nu(\text{вещества}) = 7.6 / 152 = 0.05 \text{ моль}.$$

Количества гидрокарбоната и брома:

$$\nu(NaHCO_3) = (2 / 1000) \cdot 25 = 0.05 \text{ моль},$$
$$\nu(Br_2) = (470.6 \cdot 0.017) / 160 = 0.05 \text{ моль}.$$

Это означает, что в реакцию с $NaHCO_3$ и в реакцию с бромом вещество вступает в соотношении 1 : 1. Одно из возможных веществ, подходящих по составу и указанным химическим свойствам, это 3-метил-4-гидроксибензойная кислота:




*Ответ*: например, 4-гидрокси-3-метилбензойная кислота.

## Вариант МБ-2008-2

**1.** $AgNO_3 + NaCl \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$.

**2.** $ZnSO_4$ – соль, образованная катионом слабого основания и анионом сильной кислоты, подвергается гидролизу по катиону:

$$2ZnSO_4 + 2H_2O \rightleftarrows (ZnOH)_2SO_4 + H_2SO_4, \qquad pH < 7.$$

$CH_3COOK$ – соль, образованная слабой кислотой и сильным основанием, подвергается гидролизу по аниону:

$$CH_3COOK + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + KOH, \qquad pH > 7.$$

$NaNO_3$ – соль, образованная сильной кислотой и сильным основанием, гидролизу не подвергается. Значение pH такого раствора будет совпадать с pH дистиллированной воды. Следовательно, в порядке увеличения pH указанные соли надо расположить следующим образом:

$ZnSO_4 < NaNO_3 < CH_3COOK$.

**3.** Согласно условию задачи, при $T_1 = 20°C$ отношение скоростей $\frac{v_1}{u_1} = \frac{1}{2}$ (буквами $v$ и $u$ обозначены скорости первой и второй реакций соответственно). Для расчета скоростей реакций при температуре $T_2 = 40°C$ применим уравнение Вант-Гоффа:

$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma_1^{\frac{T_2 - T_1}{10}} = \gamma_1^{\frac{40-20}{10}} = \gamma_1^2,$$

где $\gamma_1$ – температурный коэффициент первой реакции. Для второй реакции уравнение Вант-Гоффа запишется аналогично. Тогда

$$v_2 = \gamma_1^2 \cdot v_1,$$
$$u_2 = \gamma_2^2 \cdot u_1,$$

и отношение скоростей

$$\frac{v_2}{u_2} = \frac{v_1}{u_1}\frac{\gamma_1^2}{\gamma_2^2} = \frac{1 \cdot 3^2}{2 \cdot 2^2} = \frac{9}{8} = 1.125.$$

*Ответ*: первая реакция при температуре 40°C идет быстрее второй в 1.125 раза.

**4.** $4Mg + 10HNO_3(\text{оч. разб}) \rightarrow 4Mg(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$;

$3Mg + 8HNO_3(\text{конц}) \rightarrow 3Mg(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$.

**5.** Как известно, сила кислоты определяется ее способностью диссоциировать на анион и катион $H^+$. Легкость кислотной диссоциации зависит, прежде всего, от полярности связи H–O в случае кислородсодержащих кислот и от прочности связи H–Э, что играет решающее значение для бескислородных кислот. Приведем несколько примеров.

Кислота $HClO_3$ более сильная, чем $HIO_3$, так как атом Cl более электроотрицателен, чем I. Кислота $HNO_3$ более сильная, чем $HNO_2$, так как в $HNO_3$ два концевых атома O, а в $HNO_2$ – один. Кислота HCl более сильная, чем HF, так как связь H–Cl менее прочная, чем связь H–F.

**6.** 1) $Cr + 2HCl \rightarrow CrCl_2 + H_2\uparrow$;

2) $2CrCl_2 + Cl_2 \rightarrow 3CrCl_3$;

3) $2CrCl_3 + 3Cl_2 + 16KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 12KCl + 8H_2O$;

4) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

5) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$;

6) $Cr_2O_3 + 2Al \xrightarrow{t^\circ} 2Cr + Al_2O_3$.

**7.** Так как хлорноватистая кислота очень слабая ($K_д = 2.8 \cdot 10^{-8}$), равновесие

$$HClO \rightleftarrows ClO^- + H^+$$

практически полностью смещено влево. Поэтому можно считать, что ее равновесная концентрация совпадает с исходной:

$$[HClO] = c_{o1} - c_{дисс} \approx c_{o1}.$$

Тогда выражение для константы диссоциации можно упростить:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[ClO^-]}{[HClO]} = \frac{[H^+]^2}{[HClO]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_o},$$

откуда $c_o = \dfrac{[H^+]^2}{K_д}$.

Так как pH = –lg[$H^+$], то [$H^+$] = $10^{-pH}$. Тогда при pH = 4

$$c_{o1} = 10^{-8} / K_д = 0.357 \text{ М},$$

при pH = 5

$$c_{o2} = 10^{-10} / K_д = 0.00357 \text{ М}.$$

Так как $c_{o1} = \nu / V_1$, $c_{o2} = \nu / V_2$, где $V_1$ и $V_2$ – объемы раствора до и после разбавления, количество моль кислоты постоянно, то раствор необходимо разбавить в

$$V_2 / V_1 = c_{o1} / c_{o2} = 100 \text{ раз}.$$

*Ответ*: в 100 раз.

**8.** **A** – $CH_3CH_2CHO$; **B** – $CH_3CH_2COOH$; **C** – $CH_3CHNH_2COOH$.

1) $CH_3CH_2CH_2OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2CHO + Cu + H_2O$;

2) $CH_3CH_2CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O$;

3) $CH_3CH_2COONH_4 + HCl \longrightarrow CH_3CH_2COOH + NH_4Cl$;

4) $CH_3CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P_{кр}} CH_3CHBrCOOH + HBr$;

5) $CH_3CHBrCOOH + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} CH_3\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}HC\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{\diagdown}}\underset{\displaystyle OH}{\diagup} + NH_4Br$;

6) $CH_3\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}HC\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{\diagdown}}\underset{\displaystyle OH}{\diagup} + HBr \longrightarrow CH_3\underset{\displaystyle NH_3^+\,Br^-}{\underset{|}{C}}HCOOH$

**9.** Так как при пропускании смеси газов после реакции через трубку с раскаленной медью объем газов не изменился, в конечной смеси не было $O_2$, который реагировал бы с медью с образованием CuO. Значит, $NH_3$ был взят в избытке, и при пропускании через раствор $H_3PO_4$ он полностью поглощается вместе с парами воды. Следовательно, оставшийся газ – это азот, его количество равно

$$\nu(N_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль}.$$

Зная количество образовавшегося азота, легко рассчитать количества вступивших в реакцию $NH_3$ и $O_2$, а также количество образовавшейся $H_2O$:

$$\underset{0.4\text{ моль}}{2NH_3} + \underset{0.3\text{ моль}}{1.5O_2} \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{N_2} + \underset{0.6\text{ моль}}{3H_2O}; \quad (1)$$

Из условия задачи

$$\nu(\text{смеси газов}) = 29.12 / 22.4 = 1.3 \text{ моль}.$$

Так как весь $O_2$ вступил в реакцию (1), его количество в исходной смеси $\nu(O_2)_{\text{исх}} = 0.3$ моль. Следовательно, исходное количество $NH_3$ составляло

$$\nu(NH_3)_{\text{исх}} = 1.3 - 0.3 = 1.0 \text{ моль}.$$

Тогда объемные доли газов

$$\varphi(O_2)_{\text{исх}} = \nu(O_2)_{\text{исх}} / \nu(\text{смеси газов}) = 0.3 / 1.3 = 0.231 \text{ или } 23.1\%;$$
$$\varphi(NH_3)_{\text{исх}} = 1 / 1.3 = 0.769 \text{ или } 76.9\%.$$

После завершения реакции (1) в газовой смеси наряду с $N_2$ присутствуют аммиак и вода. Их количества и массы составляют:

$$\nu(NH_3) = 1.0 - 0.4 = 0.6 \text{ моль}, \ m(NH_3) = 10.2 \text{ г},$$
$$\nu(H_2O) = 0.6 \text{ моль}, \ m(H_2O) = 10.8 \text{ г}.$$

Эти газы поглощаются раствором. В исходном растворе:

$$m(H_3PO_4) = m(\text{р-ра}) \cdot \omega = 100 \cdot 0.392 = 39.2 \text{ г},$$
$$\nu(H_3PO_4) = 39.2 / 98 = 0.4 \text{ моль}.$$

При пропускании смеси газов через раствор фосфорной кислоты протекает реакция:

$$\underset{0.6\text{ моль}}{NH_3} + \underset{0.4\text{ моль}}{H_3PO_4} \rightarrow \underset{0.4\text{ моль}}{NH_4H_2PO_4}. \quad (2)$$

Из соотношения количеств реагентов видно, что $H_3PO_4$ находится в недостатке и в реакцию (2) вступит полностью, следовательно, после реакции (2) в растворе имеется 0.2 моль $NH_3$ и 0.4 моль $NH_4H_2PO_4$.

$$\underset{0.2\text{ моль}}{NH_3} + \underset{0.4\text{ моль}}{NH_4H_2PO_4} \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{(NH_4)_2HPO_4}. \quad (3)$$

Значит, по окончании реакции (3) в растворе содержатся $(NH_4)_2HPO_4$ и $(NH_4)_2HPO_4$.

*Ответ*: $\varphi(O_2) = 23.1\%$; $\varphi(NH_3) = 76.9\%$; $(NH_4)_2HPO_4$ и $(NH_4)_2HPO_4$

**10.** В 100 г вещества $C_nH_mO_l$ содержится 67.74 г C (5.645 моль), 6.45 г H (6.45 моль) и кислород

$$m(O) = 100 - m(C) - m(H) = 25.81 \text{ г},$$

что составляет 1.613 моль. Соотношение атомов:

$$n : m : l = \nu(C) : \nu(H) : \nu(O) = 5.645 : 6.45 : 1.613 = 7 : 8 : 2.$$

Простейшая формула $C_7H_8O_2$ ($M$ = 124 г/моль), она, возможно, совпадает с истинной. Тогда

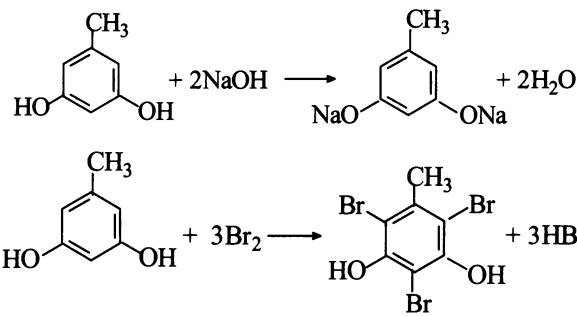
$$\nu(\text{вещества}) = 3.1 / 124 = 0.025 \text{ моль}.$$

Из условия задачи

$$\nu(NaOH) = 0.5 / 10 = 0.05 \text{ моль},$$

$$\nu(Br_2) = 800 \cdot 0.015 / 160 = 0.075 \text{ моль}.$$

В реакцию с NaOH вещество вступает в соотношении 1 : 2, а в реакцию с бромной водой – в соотношении 1 : 3. Эти данные позволяют предположить структурную формулу. Вариант вещества, подходящего по составу и указанным химическим свойствам – 1,3-дигидрокси-5-метилбензол (5-метилрезорцин).




*Ответ*: например, 1,3-дигидрокси-5-метилбензол (5-метилрезорцин).

## Вариант МБ-2008-3

**1.** $Fe + S \xrightarrow{t^\circ} FeS$.

**2.** pH убывает в ряду $NaNO_2 > CaCl_2 > Fe_2(SO_4)_3$.

**3.** При температуре 5°C отношение скоростей реакций равно 0.98.

**4.** $Fe + H_2SO_4(\text{разб}) \xrightarrow{20^\circ C} FeSO_4 + H_2\uparrow$;

$2Fe + 6H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t>100^\circ C} Fe_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$.

**5.** Один из вариантов ответа: NaOH более сильное основание, чем $Cu(OH)_2$, так как связь Na–OH более полярна и легче подвергается электролитической диссоциации.

**6.** 1) $2P + 5Cl_2(\text{изб}) \xrightarrow{t^\circ} 2PCl_5$;

2) $2PCl_5 + 8H_2O \rightarrow 2H_3PO_4 + 10HCl$;

3) $2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$;

4) $Ca_3(PO_4)_2 + 2CH_3COOH$ (по стехиометрии) $\rightarrow 2CaHPO_4 + Ca(CH_3COO)_2$;

5) $2CaHPO_4 + 2SiO_2 + 5C \xrightarrow{t^\circ} 2CaSiO_3 + 5CO + 2P$(белый) $+ H_2O$;

6) $4P$(белый) $+ 3KOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} 3KH_2PO_2 + PH_3\uparrow$.

**7.** 990 мл воды.

**8.** **A** – $CH_3CHBrCOOH$; **B** – $CH_2BrCH_2COOH$;
**C** – $Cl^-NH_3^+CH_2CH_2COOH$.

1) $CH_3CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P\,кр} CH_3CHBrCOOH + HBr$;

2) $CH_3CHBrCOOH + 2KOH$(спирт) $\rightarrow CH_2{=}CHCOOK + KBr + 2H_2O$;

3) $CH_2{=}CHCOOK + 2HBr \rightarrow CH_2BrCH_2COOH + KBr$;

4) $CH_2BrCH_2COOH + 2NH_3 \rightarrow NH_2CH_2CH_2COOH + NH_4Br$;

5) $NH_2CH_2CH_2COOH + HCl \rightarrow Cl^-NH_3^+CH_2CH_2COOH$;

6) $Cl^-NH_3^+CH_2CH_2COOH + 2KOH \rightarrow NH_2CH_2CH_2COOK + KCl + 2H_2O$.

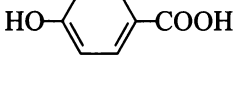
**9.** $\varphi(O_2) = 25\%$, $\varphi(NH_3) = 75\%$. В растворе присутствуют $NH_4HSO_4$ и $(NH_4)_2SO_4$.

$2NH_3 + 1.5O_2 \rightarrow N_2 + 3H_2O$;

$NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow NH_4HSO_4$.

$NH_3 + NH_4HSO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$.

**10.** Вариант ответа – *пара*-гидроксибензойная кислота:




## Вариант МБ-2008-4

**1.** $NH_4NO_3 \xrightarrow{t^\circ} N_2O + 2H_2O$.

**2.** pH возрастает в ряду $CuCl_2 < NaI < K_2SiO_3$.

**3.** При температуре 145°C отношение скоростей реакций равно 0.625.

**4.** $Cu + 4HNO_3$(конц) $\rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$;

$3Cu + 8HNO_3$(разб) $\rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$.

**5.** Один из возможных вариантов ответа: кислота $CH_2ClCOOH$ более сильная, чем $CH_3COOH$, так как из-за –I-эффекта атома Cl связь O–H становится более полярной.

**6.** 1) $4Mn + 10HNO_3$(разб) $\rightarrow 4Mn(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O$;

2) $Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO_2 + 2NO_2\uparrow$;

3) $MnO_2 + KNO_3 + 2KOH \rightarrow K_2MnO_4 + KNO_2 + H_2O$;

4) $3K_2MnO_4 + 2H_2SO_4 \rightarrow 2KMnO_4 + MnO_2 + 2K_2SO_4 + 2H_2O$;

5) $2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$;

6) $MnO_2 + 2C \xrightarrow{t^\circ} Mn + 2CO\uparrow$.

**7.** Раствор необходимо разбавить в 10 раз.

**8.** **A** – $CH_3CH_2CH_2CHBr_2$; **B** – $CH_3CH_2C(O)CH_3$; **C** – $CH_3CH{=}CHCH_3$.

1) $CH_3CH_2CH{=}CHBr + HBr \rightarrow CH_3CH_2CH_2CHBr_2$;

2) $CH_3CH_2CH_2CHBr_2 + 2KOH(\text{спирт}) \rightarrow CH_3CH_2C{\equiv}CH + 2KBr + 2H_2O$;

3) $CH_3CH_2C{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},\ H^+} CH_3CH_2\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3$;

4) $CH_3CH_2\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3 + H_2 \xrightarrow{Ni,\ t^\circ} CH_3CH_2CH(OH)CH_3$;

5) $CH_3CH_2CH(OH)CH_3 \xrightarrow{H_2SO_4\text{конц},\ t^\circ} CH_3CH{=}CHCH_3 + H_2O$;

6) $5CH_3CH{=}CHCH_3 + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \longrightarrow 10CH_3COOH + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 12H_2O$.

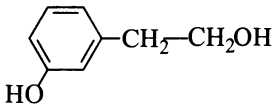
**9.** $\varphi(O_2) = 27.3\%$, $\varphi(NH_3) = 72.7\%$. В растворе содержатся $(NH_4)_2HPO_4$ и $NH_4H_2PO_4$.

$2NH_3 + 1.5O_2 \rightarrow N_2 + 3H_2O$;

$NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow NH_4H_2PO_4$;

$NH_3 + NH_4H_2PO_4 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$.

**10.** Вариант ответа:



*3-(2-гидроксиэтил)фенол*

## Факультет биоинженерии и биоинформатики

## Вариант ББЗК-08-01

**1.** В молекуле $H_2{}^{16}O$ содержится:

$N(p) = 1 + 1 + 8 = 10$;

$N(n) = 18 - 10 = 8$;

$N(e) = N(p) = 10$.

*Ответ*: 10 протонов, 8 нейтронов, 10 электронов.

**2.** Запишем уравнение реакции:

$$Na_2SO_4 + BaCl_2 \rightarrow 2NaCl + BaSO_4\downarrow.$$

Рассчитаем массы и количества моль сульфата натрия и хлорида бария:

$$m(Na_2SO_4) = 328.7 \cdot 1.08 \cdot 0.08 = 28.4 \text{ г};$$
$$\nu(Na_2SO_4) = 28.4 / 142 = 0.2 \text{ моль}.$$
$$m(BaCl_2) = 151 \cdot 1.06 \cdot 0.13 = 20.8 \text{ г};$$
$$\nu(BaCl_2) = 20.8 / 208 = 0.1 \text{ моль}.$$

Исходя из уравнения реакции, в осадок выпало 0.1 моль $BaSO_4$ массой

$$m(BaSO_4) = 0.1 \cdot 233 = 23.3 \text{ г}.$$

После реакции в растворе останется: $\nu(NaCl) = 0.2$ моль, $\nu(Na_2SO_4) = 0.1$ моль.

Масса полученного раствора

$$m(\text{раствора}) = 328.7 \cdot 1.08 + 151 \cdot 1.06 - 23.3 = 491.7 \text{ г}.$$

Массовые доли хлорида натрия и сульфата натрия в растворе:

$$\omega(NaCl) = 0.2 \cdot 58.5 / 491.7 = 0.0238 \text{ (или 2.38\%)},$$
$$\omega(Na_2SO_4) = 0.1 \cdot 142 / 491.7 = 0.0289 \text{ (или 2.89\%)}.$$

*Ответ*: 2.38% NaCl, 2.89% $Na_2SO_4$.

**3.** Пусть концентрация $Ag_2SO_3$ в насыщенном растворе составляет $x$ моль/л, тогда, в соответствии с уравнением реакции

$$Ag_2SO_3 \rightleftarrows 2Ag^+ + SO_3^{2-};$$

концентрация ионов $Ag^+$ равна $2x$ моль/л, а ионов $SO_3^{2-}$ – $x$ моль/л. Поскольку

$$ПР = [Ag^+]^2[SO_3^{2-}],$$

получаем

$$(2x)^2 \cdot x = 4x^3 = 1.5 \cdot 10^{-14},$$

откуда $x = 1.55 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

*Ответ*: $1.55 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

**4.** 1) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O;$

2) $2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2 + O_2;$

3) $CH_3COONH_4 + KOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOK + NH_3\uparrow + H_2O.$

*Ответ:* **A** – $H_2O$; **B** – $CH_3COONH_4$.

**5.** Натриевую соль неизвестной аминокислоты, полученную после щелочного гидролиза дипептида, можно схематично изобразить следующим образом:

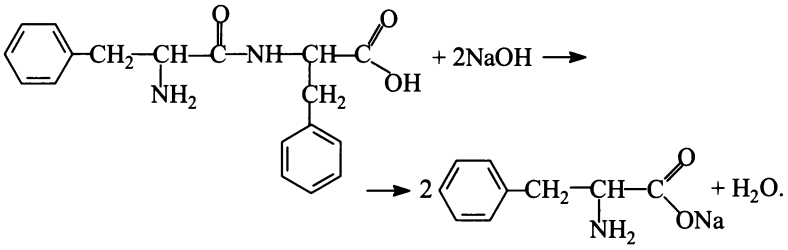
$$NH_2\text{–}CH(R)\text{–}COONa.$$

Запишем выражение для массовой доли натрия в этой соли:

$$\omega(\mathrm{Na}) = \frac{23}{96+R} = 0.1229,$$

откуда $R = 91$, что соответствует радикалу $-CH_2-C_6H_5$, это остаток фенилаланина.

Уравнение реакции щелочного гидролиза дипептида:



**6.** 1) $(NH_4)_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} Cr_2O_3 + N_2\uparrow + 4H_2O$;

2) $Cr_2O_3 + 3C \xrightarrow{t^\circ} 2Cr + 3CO\uparrow$;

3) $Cr_2O_3 + 10NaOH + 3Br_2 \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 6NaBr + 5H_2O$;

4) $2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O$;

5) $Cr_2O_3 + Na_2CO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NaCrO_2 + CO_2\uparrow$;

6) $NaCrO_2 + 2H_2O \rightarrow Na[Cr(OH)_4]$.

**7.** 1) $CH_3CH_2CH(Br)CH_2Br + Mg \rightarrow CH_3CH_2CH{=}CH_2 + MgBr_2$;

2) $CH_3CH_2CH{=}CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3CH_2COOH + CO_2\uparrow + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O$;

3) $CH_3CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P_{кр}} CH_3CH(Br)COOH + HBr$;

4) $CH_3CH(Br)COOH + 2NaOH(спирт) \rightarrow CH_2{=}CH{-}COONa + 2H_2O + NaBr$;

5) $CH_2{=}CH{-}COONa + 2HBr \rightarrow BrCH_2{-}CH_2{-}COOH + NaBr$;

6) $BrCH_2{-}CH_2{-}COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} BrCH_2CH_2COOC_2H_5 + H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $CH_3CH_2CH{=}CH_2$; $\mathbf{X_2}$ – $CH_3CH(Br)COOH$;
$\mathbf{X_3}$ – $BrCH_2CH_2COOH$.

**8.** Запишем уравнение реакции:

$$H_2 + I_2 \rightleftarrows 2HI.$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Исходные количества: | $x$ | $y$ | 0 |
| Вступило в реакцию: | $0.9y$ | $0.9y$ | |
| В равновесной смеси: | $x-0.9y$ | $0.1y$ | $1.8y$ |

Из выражения для константы равновесия

$$K_p = \frac{[HI]^2}{[H_2]\cdot[I_2]} = \frac{(1.8y)^2}{(x-0.9y)\cdot 0.1y} = 50$$

получаем соотношение $1.548y = x$, или $x : y = 1.548 : 1$.

*Ответ*: водород и иод должны быть взяты в мольном соотношении 1.548 : 1.

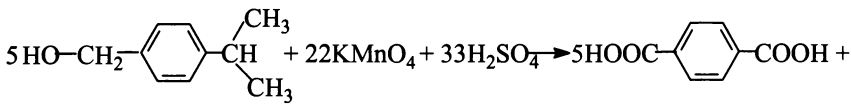
**9.** Количество исходного органического вещества:

$$\nu(C_{10}H_{14}O) = 7.5 / 150 = 0.05 \text{ моль}.$$

Количество углекислого газа:

$$\nu(CO_2) = pV / RT = 0.1 \text{ моль}.$$

Из расчета следует, что $CO_2$ выделилось в два раза больше, чем было взято исходного соединения, следовательно, один из вариантов исходного вещества:



$$+10CO_2 + 22MnSO_4 + 11K_2SO_4 + 53H_2O.$$

Возможны и другие варианты.

**10.** Найдем формулу исходной соли $K_xCl_yO_z$:

$$x : y : z = \frac{28.16}{39} : \frac{25.63}{35.5} : \frac{46.21}{16} = 1 : 1 : 4,$$

отсюда формула соли – $KClO_4$.

Рассчитаем количество веществ $KClO_4$, Al и KOH:

$$\nu(KClO_4) = 4.155 / 138.5 = 0.03 \text{ моль},$$
$$\nu(Al) = 5.4 / 27 = 0.2 \text{ моль},$$
$$\nu(KOH) = (70 \cdot 1.2 \cdot 0.4) / 56 = 0.6 \text{ моль}.$$

Запишем уравнения протекающих реакций:

$$\underset{0.03\text{ моль}}{3KClO_4} + \underset{0.08\text{ моль}}{8Al} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.03\text{ моль}}{3KCl} + \underset{0.04\text{ моль}}{4Al_2O_3},$$

(алюминия осталось 0.12 моль);

$$\underset{0.12\text{ моль}}{2Al} + \underset{0.12\text{ моль}}{2KOH} + 6H_2O \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.12\text{ моль}}{2K[Al(OH)_4]} + \underset{0.18\text{ моль}}{3H_2\uparrow},$$

(гидроксида калия осталось 0.48 моль);

$$\underset{0.04\text{ моль}}{Al_2O_3} + \underset{0.08\text{ моль}}{2KOH} + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.08\text{ моль}}{2K[Al(OH)_4]}.$$

(гидроксида калия осталось 0.4 моль).

После завершения всех реакций в растворе остаются KOH, KCl и $K[Al(OH)_4]$ в следующих количествах: $\nu(KOH) = 0.4$ моль, $\nu(KCl) = 0.03$ моль, $\nu(K[Al(OH)_4]) = 0.12 + 0.08 = 0.2$ моль.

Масса конечного раствора

$$m(\text{раствора}) = m(\text{вещества}) + m(Al) + m(\text{раствора KOH}) - m(H_2) =$$

$$= 4.155 + 5.4 + 70 \cdot 1.2 - 0.18 \cdot 2 = 93.195 \text{ г}.$$

Массовые доли растворенных веществ:

$$\omega(KOH) = 0.4 \cdot 56 / 93.195 = 0.02404 \text{ (или } 24.04\%),$$

$$\omega(KCl) = 0.03 \cdot 74.5 / 93.195 = 0.024 \text{ (или } 2.40\%),$$

$$\omega(K[Al(OH)_4]) = 0.2 \cdot 134 / 93.195 = 0.2876 \text{ (или } 28.76\%).$$

*Ответ*: 9.61% KOH, 2.40% KCl, 28.76% $K[Al(OH)_4]$.

## Вариант ББЗК-08-02

**1.** В молекуле $H_2{}^{32}S$ содержится:

$N(p) = 1 + 1 + 16 = 18$;

$N(n) = 34 - 18 = 16$;

$N(e) = N(p) = 18$.

*Ответ*: 18 протонов, 16 нейтронов, 18 электронов.

**2.** Запишем уравнение реакции:

$$2HCl + Na_2SO_3 \rightarrow 2NaCl + H_2O + SO_2\uparrow.$$

Рассчитаем массы и количества моль соляной кислоты и сульфита натрия:

$$m(HCl) = 52.9 \cdot 0.12 \cdot 1.15 = 7.3 \text{ г};$$

$$\nu(HCl) = 7.3 / 36.5 = 0.2 \text{ моль}.$$

$$m(Na_2SO_3) = 314 \cdot 0.15 \cdot 1.07 = 50.4 \text{ г};$$

$$\nu(Na_2SO_3) = 50.4 / 126 = 0.4 \text{ моль}.$$

После реакции в растворе останется: $\nu(NaCl) = 0.2$ моль, $\nu(Na_2SO_3) = 0.3$ моль.

Масса полученного раствора:

$$m(\text{раствора}) = 314 \cdot 1.07 + 52.9 \cdot 1.15 - 0.1 \cdot 64 = 390.42 \text{ г}.$$

Массовые доли хлорида натрия и сульфита натрия в растворе:

$$\omega(NaCl) = 58.5 \cdot 0.2 / 390.42 = 0.03 \text{ (или } 3.00\%),$$

$$\omega(Na_2SO_3) = 126 \cdot 0.3 / 390.42 = 0.0968 \text{ (или } 9.68\%).$$

*Ответ*: 3.00% NaCl, 9.68% $Na_2SO_3$.

**3.** Пусть концентрация $PbI_2$ в насыщенном растворе составляет $x$ моль/л, тогда в соответствии с уравнением реакции

$$PbI_2 \rightleftarrows Pb^{2+} + 2I^-$$

концентрация ионов $Pb^{2+}$ равна $x$ моль/л, а ионов $I^-$ – $2x$ моль/л.

Поскольку

$$ПР = [Pb^{2+}][I^-]^2,$$

получаем

$$x \cdot (2x)^2 = 4x^3 = 1.1 \cdot 10^{-9},$$

откуда $x = 6.5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

*Ответ*: $6.5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

**4.** 1) $CH_3CH_2COOK + HCl \rightarrow CH_3CH_2COOH + KCl$;

2) $2CH_3CH_2COOH + Na_2CO_3 \rightarrow 2CH_3CH_2COONa + CO_2\uparrow + H_2O$.

3) $2KCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2KOH + Cl_2\uparrow + H_2\uparrow$;

*Ответ*: **A** – $CH_3CH_2COOH$, **B** – KCl.

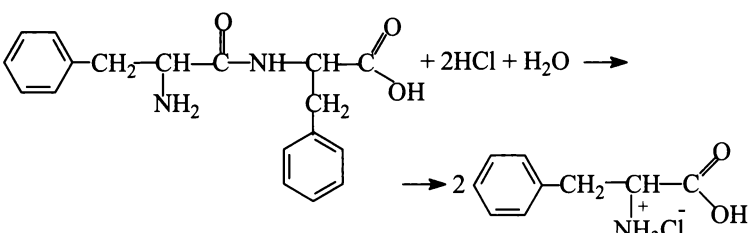
**5.** Кислотный гидролиз дипептида привел к образованию соли неизвестной аминокислоты, которую схематично можно изобразить в следующем виде: $Cl^-NH_3^+$–CH(R)–COOH.

Запишем выражение для массовой доли хлора в этой соли:

$$\omega(Cl) = \frac{35.5}{110.5 + R} = 0.1762,$$

отсюда $R = 91$, что соответствует радикалу $–CH_2–C_6H_5$, это остаток фенилаланина.

Уравнение реакции кислотного гидролиза дипептида:



**6.** 1) $2Cu(OH)_2 + CH_3CHO \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

2) $Cu_2O + 3H_2SO_4 \rightarrow 2CuSO_4 + SO_2\uparrow + 3H_2O$;

3) $Cu_2O + C \xrightarrow{t^\circ} 2Cu + CO\uparrow$;

4) $3Cu + 8HNO_3(разб) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

5) $Cu_2O + 2HCl \rightarrow 2CuCl + H_2O$;

6) $CuCl + 2NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_2]Cl$.

**7.** 1) $BrCH_2CH_2CH_2CH_2Br + 2NaOH(\text{спирт.р-р}) \rightarrow CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2NaBr + 2H_2O$;

2) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$;

3) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + NaOH(\text{водн}) \rightarrow CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2OH + NaBr$;

4) $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2OH + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$;

5) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH + CuO \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CHO + Cu + H_2O$;

6) $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CHO + HCN \xrightarrow{KCN} CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH(OH){-}CN$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$; $\mathbf{X_2}$ – $CH_3CH{=}CH{-}CH_2OH$; $\mathbf{X_3}$ – $CH_3CH_2CH_2CHO$.

**8.** Запишем уравнение реакции:

| | $H_2$ | + | $I_2$ | $\rightleftarrows$ | $2HI$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Исходные количества: | $x$ | | $y$ | | 0 |
| Вступило в реакцию: | $0.95y$ | | $0.95y$ | | |
| В равновесной смеси: | $x–0.95y$ | | $0.05y$ | | $1.9y$ |

Из выражения для константы равновесия

$$K_p = \frac{(1.9y)^2}{(x-0.95y)\cdot 0.05y} = 70$$

получаем соотношение $1.981y = x$, или $x : y = 1.981 : 1$.

*Ответ*: водород и иод должны быть взяты в мольном соотношении 1.981 : 1.

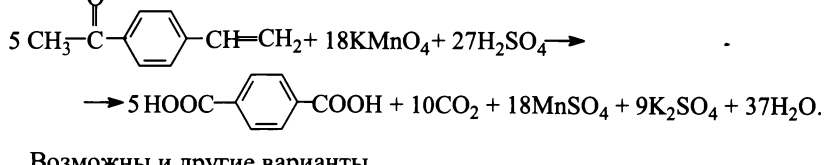
**9.** Количество исходного органического вещества

$$\nu(C_{10}H_{12}O) = 14.8 / 148 = 0.1 \text{ моль}.$$

Количество углекислого газа

$$\nu(CO_2) = pV / RT = 0.1 \text{ моль}.$$

Из этого расчета следует, что $CO_2$ выделилось в два раза больше, чем было взято исходного соединения, следовательно, один из вариантов решения:



Возможны и другие варианты.

**10.** Найдем формулу исходной соли $Li_xCl_yO_z$:

$$x : y : z = \frac{6.58}{7} : \frac{33.33}{35.5} : \frac{60.09}{16} = 1 : 1 : 4,$$

отсюда формула соли – $LiClO_4$.

Рассчитаем количество веществ $LiClO_4$, Zn и LiOH.

$$\nu(LiClO_4) = 3.195 / 106.5 = 0.03 \text{ моль},$$
$$\nu(Zn) = 13.0 / 65 = 0.20 \text{ моль},$$
$$\nu(LiOH) = 52.03 \cdot 1.23 \cdot 0.3 / 24 = 0.8 \text{ моль}.$$

Запишем уравнения протекающих реакций:

$$\underset{0.03\text{ моль}}{LiClO_4} + \underset{0.12\text{ моль}}{4Zn} \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.03\text{ моль}}{LiCl} + \underset{0.12\text{ моль}}{4ZnO}$$

(цинка осталось 0.08 моль);

$$\underset{0.08\text{ моль}}{Zn} + \underset{0.16\text{ моль}}{2LiOH} + 2H_2O \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.08\text{ моль}}{Li_2[Zn(OH)_4]} + \underset{0.08\text{ моль}}{H_2\uparrow}$$

(гидроксида лития осталось 0.64 моль);

$$\underset{0.12\text{ моль}}{ZnO} + \underset{0.24\text{ моль}}{2LiOH} + 2H_2O \xrightarrow{t^\circ} \underset{0.12\text{ моль}}{Li_2[Zn(OH)_4]}.$$

(гидроксида лития осталось 0.4 моль).

После завершения всех реакций в растворе остаются LiOH, LiCl и $Li_2[Zn(OH)_4]$ в следующих количествах: $\nu(LiOH) = 0.4$ моль, $\nu(LiCl) = 0.03$ моль, $\nu(Li_2[Zn(OH)_4]) = 0.08 + 0.12 = 0.2$ моль.

Масса конечного раствора

$$m(\text{р - ра}) = m(\text{в - ва}) + m(Zn) + m(\text{р - ра LiOH}) - m(H_2) =$$
$$= 3.195 + 13.0 + 52.03 \cdot 1.23 - 0.08 \cdot 2 = 80.03 \text{ г}$$

Массовые доли растворенных веществ:

$$\omega(LiOH) = 0.4 \cdot 24 / 80.03 = 0.12 \text{ (или 12.0\%)},$$
$$\omega(LiCl) = 0.03 \cdot 42.5 / 80.03 = 0.0159 \text{ (или 1.59\%)},$$
$$\omega(Li_2[Zn(OH)_4]) = 0.2 \cdot 147 / 80.03 = 0.3674 \text{ (или 36.74\%)}.$$

*Ответ*: 12.0% LiOH, 1.59% LiCl l, 36.73% $Li_2[Zn(OH)_4]$.

## Вариант ББЗК-08-03

**1.** 10 протонов, 7 нейтронов, 10 электронов.

**2.** 3.29% NaCl, 3.12% $CaCl_2$.

**3.** $6.7 \cdot 10^{-5}$ моль/л.

**4.** **A** – $H_2O$; **B** – HBr.

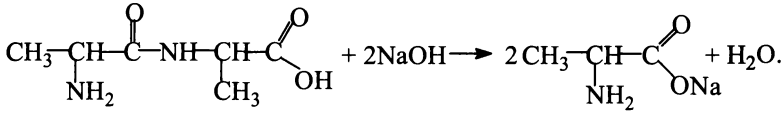
1) $CH_3CH_2COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} CH_3CH_2COOC_2H_5 + H_2O$;

2) $2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} 2H_2 + O_2$;

3) $CH_3CH_2COOH + Br_2 \rightarrow CH_3CHBrCOOH + HBr$;

4) $2KMnO_4 + 16HBr \rightarrow 5Br_2 + 2MnBr_2 + 2KBr + 8H_2O$;

**5.**



**6.** 1) $Ag_2O + H_2O + 4NH_3 \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$;

2) $[Ag(NH_3)_2]OH + 3HCl \rightarrow AgCl\downarrow + 2NH_4Cl + H_2O$;

3) $AgCl + 2NH_3 \rightarrow [Ag(NH_3)_2]Cl$;

4) $2[Ag(NH_3)_2]OH + CH_3CHO \rightarrow 2Ag\downarrow + CH_3COONH_4 + 3NH_3 + H_2O$;

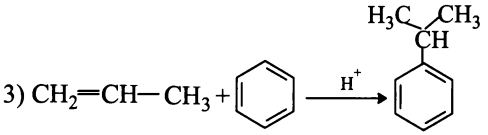
5) $Ag + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$;

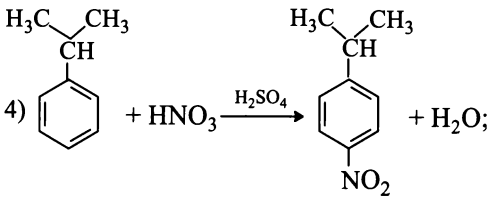
6) $2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4\downarrow + 2(NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$.

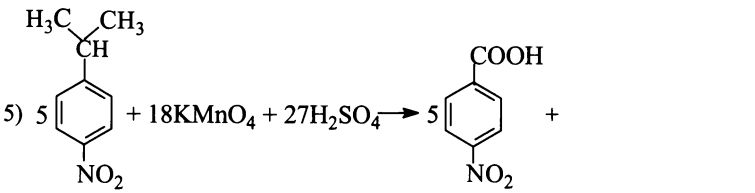
**7.** $\mathbf{X_1}$ – $CH_3–CHCl–CH_3$; $\mathbf{X_2}$ – $(CH_3)_2CH–C_6H_5$; $\mathbf{X_3}$ – $n$-$NO_2–C_6H_4–COOH$.

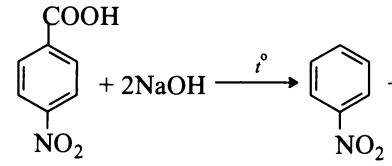
1) $CH_3–CH_2–CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3–CHCl–CH_3 + HCl$;

2) $CH_3–CHCl–CH_3 + KOH(\text{спирт.р-р}) \rightarrow CH_2=CH–CH_3 + KCl + H_2O$;

3) 

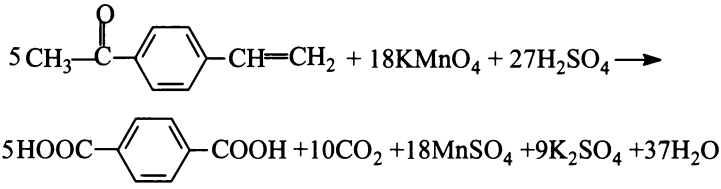
4) 

5) 

6) 

**8.** Водород и иод должны быть взяты в соотношении 10.79 : 1 по молям.

**9.** Один из вариантов:



**10.** 21.35% KOH, 2.27% KCl, 25.55% $K[Al(OH)_4]$.

## Вариант ББЗК-08-04

**1.** 22 протона, 22 нейтрона, 22 электрона.

**2.** 5.67% $H_2SO_4$, 10.07% $K_2SO_4$.

**3.** $1.59 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

**4.** **A** – HCl, **B** – $Cr_2(SO_4)_3$.

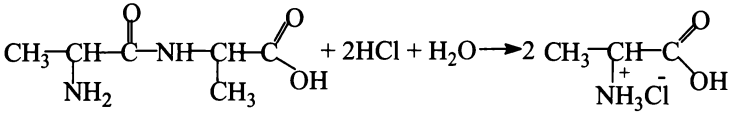
1) $C_6H_5{-}CH_3 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_6H_5{-}CH_2Cl + HCl$;

2) $4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

3) $C_6H_5{-}CH_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5{-}COOH + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 5H_2O$;

4) $Cr_2(SO_4)_3 + 8KOH \rightarrow 2K[Cr(OH)_4] + 3K_2SO_4$.

**5.**



**6.** 1) $3MnS + 14HNO_3 \rightarrow 3Mn(NO_3)_2 + 3H_2SO_4 + 8NO\uparrow + 4H_2O$;

2) $Mn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO_2 + 2NO_2\uparrow$;

3) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

4) $Mn(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$;

5) $Mn(OH)_2 + 2Cl_2 + 6KOH \rightarrow K_2MnO_4 + 4KCl + 4H_2O$;

6) $3Mn + 8HNO_3 \rightarrow 3Mn(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$.

**7.** $\mathbf{X_1}$ – $CH_3CH_2OH$; $\mathbf{X_2}$ – $BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$;

$\mathbf{X_3}$ – $HOCH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$.

1) $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} CH_3CH_2OH$;

2) $2CH_3CH_2OH \xrightarrow{кат} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2$;

3) $CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2 + Br_2 \rightarrow BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br$;

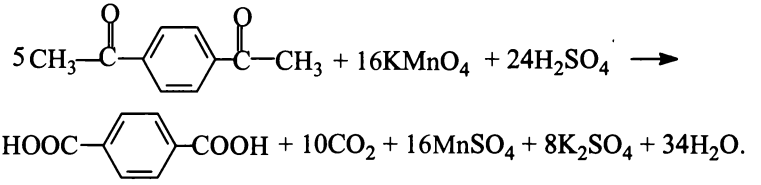
4) $BrCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2Br + 2KOH \xrightarrow{H_2O} HOCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2OH +$
$+ 2KBr + 2H_2O$;

5) $HOCH_2{-}CH{=}CH{-}CH_2OH + H_2 \xrightarrow{Pt} HOCH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$;

6) $5HOCH_2CH_2CH_2CH_2OH + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \rightarrow$
$5HOOC{-}CH_2CH_2{-}COOH + 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 22H_2O$.

**8.** Водород и иод должны быть взяты в соотношении 1.44 : 1.

**9.** Один из вариантов:



**10.** 10.4% LiOH, 2.3% LiCl, 47.78% $Li_2[Zn(OH)_4]$.

## Факультет почвоведения

### Вариант ПВ-2008-1

**1.** $CO_2 + 2KOH \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$.

**2.** Например, пропандиол-1,3 $HO{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}OH$.

**3.** $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

$2NO_2 + 2KOH \rightarrow KNO_3 + KNO_2 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $NO_2$.

**4.** Уравнение диссоциации уксусной кислоты:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+.$$

Количество каждого иона составляет

$$\nu(H^+) = \nu(CH_3COO^-) = 0.04 / 2 = 0.02 \text{ моль};$$

По условию задачи количество уксусной кислоты было

$$\nu(CH_3COOH) = 30 / 60 = 0.5 \text{ моль};$$

продиссоциировало 0.02 моль; отсюда степень диссоциации

$$\alpha = 0.02 / 0.5 = 0.04 \text{ (или 4\%)}.$$

*Ответ*: 4%.

**5.** При нагревании бутана устанавливается равновесие

$$\text{бутан} \rightleftarrows \text{изобутан},$$

константа которого

$$K_p = \frac{[\text{изобутан}]}{[\text{бутан}]} = \frac{\nu(\text{изобутан})}{\nu(\text{бутан})}.$$

Пусть исходно был 1 моль бутана, тогда в равновесной смеси содержится 0.75 моль изобутана и 0.25 моль бутана.

Константа равновесия

$$K_p = \frac{0.75}{0.25} = 3.$$

*Ответ*: 3.

**6.** $C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$;

$CH_3CH(OH)CH_3 + HCl \rightarrow CH_3CH(Cl)CH_3 + H_2O$;

$2C_6H_5OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5ONa + H_2\uparrow$;

$2CH_3CH(CH_3)OH + 2Na \rightarrow 2CH_3CH(CH_3)ONa + H_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – NaOH, **Y** – HCl, **Z** – Na.

**7.** 1) $PH_3 + 2O_2 \rightarrow H_3PO_4$;

2) $2H_3PO_4 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$;

3) $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 + 5C \xrightarrow{t^\circ} 3CaSiO_3 + 2P + 5CO$;

4) $2P + 5Cl_2 \rightarrow 2PCl_5$;

5) $PCl_5 + 4H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 5HCl$;

6) $4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$.

**8.** 1) $C_2H_4Cl_2 + 2KOH(\text{спирт}) \rightarrow C_2H_2 + 2KCl + 2H_2O$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{\text{Сакт, } t^\circ} C_6H_6$;

3) $C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$;

4) $C_6H_5NO_2 + 3H_2 \xrightarrow{Ni} C_6H_5NH_2 + 2H_2O$;

5) $C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl$;

6) $C_6H_5NH_3Cl + AgNO_3 \rightarrow C_6H_5NH_3NO_3 + AgCl\downarrow$.

*Ответ*: **X** – $C_6H_6$, **Y** – $C_6H_5NH_3Cl$.

**9.** При пропускании хлороводорода протекает реакция с анилином:

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl\downarrow.$$

Количество выделившегося осадка:

$$\nu(C_6H_5NH_3Cl) = 5.18 / 129.5 = 0.04 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $\nu(C_6H_5NH_2)$ также равно 0.04 моль.

Со щелочью реагирует фенол:

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O.$$

По условию задачи количество израсходованной щелочи:

$$\nu(NaOH) = 8.00 \cdot 0.1 / 40 = 0.02 \text{ моль},$$

отсюда количество фенола $\nu(C_6H_5OH)$ также равно 0.02 моль.

Количество диоксида углерода после сгорания всегда будет в шесть раз больше количества смеси ($C_6H_5R + [O] \rightarrow 6CO_2$).

Реакция между диоксидом углерода и известковой водой выражается уравнением:

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O.$$

По условию задачи количество выпавшего осадка равно

$$\nu(CaCO_3) = 90 / 100 = 0.9 \text{ моль},$$

отсюда $\nu(CO_2)$ также равно 0.9 моль, значит

$$\nu_{общ}(\text{смеси}) = 0.9 / 6 = 0.15 \text{ моль}.$$

Количество бензола в смеси:

$$\nu(C_6H_6) = 0.15 - 0.04 - 0.02 = 0.09 \text{ моль}.$$

Рассчитаем массу исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = m(\text{анилина}) + m(\text{фенола}) + m(\text{бензола}) =$$
$$= 0.04 \cdot 93 + 0.02 \cdot 94 + 0.09 \cdot 78 = 12.62 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 0.04 \cdot 93 / 12.62 = 0.295 \text{ (или 29.5\%)};$$
$$\omega(C_6H_5OH) = 0.02 \cdot 94 / 12.62 = 0.149 \text{ (или 14.9\%)};$$
$$\omega(C_6H_6) = 1 - 0.295 - 0.149 = 0.556 \text{ (или 55.6\%)}.$$

*Ответ*: 29.5% $C_6H_5NH_2$, 14.9% $C_6H_5OH$, 55.6% $C_6H_6$.

**10.** Из уравнения Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество выделившегося газа:

$$\nu(\text{газа}) = pV / RT = 101.3 \cdot 4.88 / (8.314 \cdot 298) = 0.2 \text{ моль}.$$

По условию задачи масса газа составляет

$$m(\text{газа}) = 39.4 - 30.6 = 8.8 \text{ г};$$

отсюда его молярная масса

$$M(\text{газа}) = 8.8 / 0.2 = 44 \text{ г/моль};$$

это $CO_2$.

Реакция термического разложения карбоната в случае двухвалентного металла протекает по уравнению:

$$MeCO_3 \xrightarrow{t^\circ} MeO + CO_2\uparrow;$$

Поскольку оксида металла также образуется 0.2 моль, его молярная масса

$$M(MeO) = 30.6 / 0.2 = 153 \text{ г/моль};$$

это BaO, соль – $BaCO_3$.

Карбонат бария можно получить:

$$Ba(OH)_2 + CO_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + H_2O;$$
$$BaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow BaCO_3\downarrow + 2NaCl.$$

*Ответ*: $BaCO_3$.

## Вариант ПВ-2008-2

**1.** $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$.

**2.** Акриловая кислота $CH_2$=CH–COOH.

**3.** $2Pb(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2PbO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow;$

$PbO + 2HNO_3 \rightarrow Pb(NO_3)_2 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – PbO.

**4.** Уравнение диссоциация муравьиной кислоты

$$HCOOH \rightleftarrows HCOO^- + H^+.$$

Количество каждого иона составляет:

$$\nu(H^+) = \nu(HCOO^-) = 0.02 / 2 = 0.01 \text{ моль}.$$

По условию задачи количество муравьиной кислоты

$$\nu(HCOOH) = 18.4 / 46 = 0.4 \text{ моль};$$

продиссоциировало 0.01 моль, отсюда степень диссоциации

$$\alpha = 0.01 / 0.4 = 0.025 = 0.025 \text{ (или 2.5\%)}.$$

*Ответ*: 2.5%.

**5.** При нагревании паров пропанола-1 устанавливается равновесие

$$\text{пропанол-1} \rightleftarrows \text{пропанол-2},$$

константа которого

$$K_p = \frac{[\text{пропанол-2}]}{[\text{пропанол-1}]} = \frac{\nu(\text{пропанол-2})}{\nu(\text{пропанол-1})}.$$

Пусть исходно был 1 моль пропанола-1, тогда в равновесной смеси содержится 0.6 моль пропанола-2 и 0.4 моль пропанола-1.

$$K_p = 0.6 / 0.4 = 1.5.$$

*Ответ*: 1.5.

**6.** $C_6H_5OH + 3Br_2(водн) \rightarrow C_6H_2Br_3OH\downarrow + 3HBr$;

$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + CO_2\uparrow + H_2O$;

$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$;

$CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $Br_2$(водн), **Y** – $NaHCO_3$, **Z** – NaOH.

**7.** 1) $2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$;

2) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

3) $MnCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Mn(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow$;

4) $Mn(NO_3)_2 + 2KOH \rightarrow Mn(OH)_2\downarrow + 2KNO_3$;

5) $Mn(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} MnO + H_2O$;

6) $2MnO + C \xrightarrow{t^\circ} Mn + CO_2\uparrow$.

**8.** 1) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (сахароза) $+ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$(глюкоза) $+ C_6H_{12}O_6$ (фруктоза);

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{фермент}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$ (спиртовое брожение);

3) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O$;

4) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O$;

5) $CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} CH_4\uparrow + Na_2CO_3$;

6) $2CH_4 \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 3H_2$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5OH$, **Y** – $CH_4$.

**9.** При действии на смесь соляной кислоты протекает реакция с анилином:

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl.$$

При этом соляной кислоты было израсходовано

$$\nu(HCl) = 49.7 \cdot 1.08 \cdot 0.17 / 36.5 = 0.25 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $\nu(C_6H_5NH_2)$ также равно 0.25 моль.

С бромной водой осадок образуют анилин и фенол:

$$C_6H_5NH_2 + 3Br_2(водн) \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2\downarrow + 3HBr;$$
$$C_6H_5OH + 3Br_2(водн) \rightarrow C_6H_2Br_3OH\downarrow + 3HBr;$$

Массы образовавшихся осадков составляют:

$$m(C_6H_2Br_3NH_2) = 0.25 \cdot 330 = 82.5 \text{ г};$$
$$m(C_6H_2Br_3OH) = 99.1 - 82.5 = 16.6 \text{ г}$$

Количество $C_6H_2Br_3OH$:

$$\nu(C_6H_2Br_3OH) = 16.6 / 331 = 0.05 \text{ моль}.$$

следовательно, количество фенола в смеси $\nu(C_6H_5OH)$ равно 0.05 моль.

Рассчитаем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 0.25 \cdot 93 / 50 = 0.465 \text{ (или 46.5\%)};$$
$$\omega(C_6H_5OH) = 0.05 \cdot 94 / 50 = 0.094 \text{ (или 9.4\%)};$$
$$\omega(C_6H_6) = 1 - 0.465 - 0.094 = 0.441 \text{ (или 44.1\%)}.$$

*Ответ*: 46.5% $C_6H_5NH_2$, 9.4% $C_6H_5OH$, 44.1% $C_6H_6$.

**10.** Из уравнения Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество выделившегося газа:

$$\nu(\text{газа}) = pV / RT = 101.3 \cdot 6.32 / (8.314 \cdot 308) = 0.25 \text{ моль}.$$

По условию задачи масса газа составляет

$$m(\text{газа}) = 25.0 - 14.0 = 11.0 \text{ г}.$$

отсюда его молярная масса

$$M(\text{газа}) = 11.0 / 0.25 = 44 \text{ г/моль};$$

это $CO_2$.

Реакция термического разложения карбоната в случае двухвалентного металла протекает по уравнению:

$$MeCO_3 \xrightarrow{t^\circ} MeO + CO_2\uparrow;$$

Поскольку оксида металла также образуется 0.25 моль, его молярная масса

$$M(\text{MeO}) = 14.0 / 0.25 = 56 \text{ г/моль};$$

это CaO, соль – $CaCO_3$.

Карбонат кальция можно получить:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O;$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaCl.$$

*Ответ*: $CaCO_3$.

## Вариант ПВ-2008-3

**1.** $Al_2O_3 + 2KOH \xrightarrow{t^\circ} 2KAlO_2 + H_2O$.

**2.** Например, бутаналь $CH_3–CH_2–CH_2–CHO$.

**3.** **X** – $Fe_2O_3$.

$$4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2;$$
$$Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O.$$

**4.** $\alpha = 6\%$.

**5.** $K_p = 4$.

**6.** **X** – HCl, **Y** – NaOH, **Z** – $Br_2$(водн).

$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl\downarrow$;

$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O$;

$C_6H_5OH + 3Br_2(водн) \rightarrow C_6H_2Br_3OH\downarrow + 3HBr$;

$C_6H_5NH_2 + 3Br_2(водн) \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2\downarrow + 3HBr$.

**7.** 1) $K + O_2 \rightarrow KO_2$;

2) $4KO_2 + 2CO_2 \rightarrow 2K_2CO_3 + 3O_2$;

3) $K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + CO_2 + H_2O$;

4) $2CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$;

5) $Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$;

6) $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$.

**8.** **X** – $C_2H_5OH$, **Y** – $C_2H_5Br$.

1) $C_{12}H_{22}O_{11}$ (сахароза) + $H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$(глюкоза) + $C_6H_{12}O_6$ (фруктоза);

2) $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{фермент} 2C_2H_5OH + 2CO_2$ (спиртовое брожение);

3) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O$;

4) $CH_3COOH + 2H_2 \xrightarrow{кат} C_2H_5OH + H_2O$;

5) $C_2H_5OH + HBr(газ) \rightarrow C_2H_5Br + H_2O$;

6) $2C_2H_5Br + 2Na \xrightarrow{эфир} C_4H_{10} + 2NaBr$ (реакция Вюрца).

**9.** 18.6% $C_6H_5NH_2$, 47.0% $C_6H_5OH$, 34.4% $C_6H_6$.

**10.** $SrCO_3$.

$Sr(OH)_2 + CO_2 \rightarrow SrCO_3\downarrow + H_2O$;

$SrCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow SrCO_3\downarrow + 2NaCl$.

## Вариант ПВ-2008-4

**1.** $ZnO + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2O$.

**2.** Например, гексанон-3: $CH_3–CH_2–C(O)–CH_2–CH_2–CH_3$.

**3.** **X** – $Al_2O_3$ или $NO_2$.

$4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$;

$Al_2O_3 + 2NaOH + 3H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4]$.

**4.** $\alpha = 1.5\%$.

**5.** $K_p = 1.8$.

**6.** **X** – HCl, **Y** – $NaHCO_3$, **Z** – $Br_2$.

$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3Cl$;

$CH_3COOH + NaHCO_3 \rightarrow CH_3COONa + CO_2 + H_2O$;

$CH_3COOH + Br_2 \rightarrow BrCH_2COOH + HBr$;

$C_6H_5NH_2 + 3Br_2(\text{водн}) \rightarrow C_6H_2Br_3NH_2\downarrow + 3HBr$.

**7.** 1) $2KOH + 2Al + 6H_2O \rightarrow 2K[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$;

2) $H_2 + 2Na \rightarrow 2NaH$;

3) $NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2$;

4) $2NaOH + SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} Na_2SiO_3 + H_2O$;

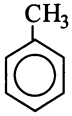
5) $Na_2SiO_3 + 2HCl \xrightarrow{t^\circ} 2NaCl + SiO_2 + H_2O$;

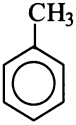
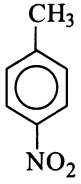
6) $SiO_2 + 4HF \rightarrow SiF_4 + 2H_2O$.

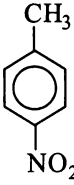
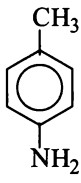
**8.** **X** – $C_6H_6$, **Y** – $CH_3C_6H_4NH_2$.

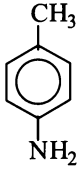
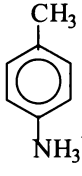
1) $CH_2Cl-(CH_2)_4-CH_2Cl + Mg \longrightarrow$  $+ MgCl_2$;

2)  $\xrightarrow{Pt}$  $+ 3H_2$;

3)  $+ CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3}$ ;

4)  $+ HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4}$  $+ H_2O$;

5)  $+ 3H_2 \xrightarrow{Ni}$  $+ 2H_2O$;

6)  $+ HCl \longrightarrow$ 

**9.** 18.6% $C_6H_5NH_2$, 5.64% $C_6H_5OH$, 75.76% $C_6H_6$.

**10.** $CaCO_3$.

$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$;

$CaCl_2 + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + 2NaCl$.

## Факультет наук о материалах

## Вариант ФНМБ-2008-1

**1.** Поскольку число электронов и протонов в анионе различается на 2, заряд аниона равен –2. Это может быть $SO_4^{2-}$ или $SeO_4^{2-}$.

**2.** $3NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3H_2O$.

**3.** Из условия задачи концентрация ионов водорода

$$[H^+] = 10^{-5.6} = 2.51\cdot10^{-6} \text{ моль/л};$$

степень диссоциации

$$\alpha = \frac{[H]^+}{c_0} = \frac{2.51\cdot10^{-6}}{0.01} = 2.51\cdot10^{-4}.$$

Так как циановодородная кислота слабая, то равновесие

$$HCN \rightleftarrows H^+ + CN^-$$

сильно смещено влево. Поэтому можно считать, что ее равновесная концентрация практически совпадает с исходной: $[HCN] \approx c_0$. Тогда выражение для константы диссоциации можно упростить:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[CN^-]}{[HCN]} = \frac{[H^+]^2}{[HCN]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_0},$$

и константа диссоциации

$$K_д = \frac{(2.51\cdot10^{-6})^2}{0.01} = 6.3\cdot10^{-10}.$$

*Ответ.* $\alpha = 2.51\cdot10^{-4}$; $K_д = 6.3\cdot10^{-10}$.

**4.** По условию задачи количества хлорида бария и сульфата натрия составляют:

$$\nu(BaCl_2) = 172.9 \cdot 1.203 \cdot 0.2 / 208 = 0.2 \text{ моль};$$

$$\nu(Na_2SO_4) = 142 \cdot 0.1 / 142 = 0.1 \text{ моль}.$$

Реакция протекает по уравнению:

| | $BaCl_2$ | + $Na_2SO_4$ | → $BaSO_4\downarrow$ | + 2NaCl. |
|---|---|---|---|---|
| Исходное количество: | 0.2 | 0.1 | | |
| Прореагировало: | 0.1 | 0.1 | | |
| Осталось: | 0.1 | 0 | 0.1 | 0.2 |

Масса конечного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 172.9 \cdot 1.203 + 142 - 0.1 \cdot 233 = 327 \text{ г}.$$

Массовые доли хлорида бария и сульфата натрия в конечном растворе:

$$\omega(BaCl_2) = \frac{0.1 \cdot 208 \cdot 100}{327} = 6.36\%;$$

$$\omega(NaCl) = \frac{0.2 \cdot 58.5 \cdot 100}{327} = 3.58\%.$$

*Ответ*: 6.36% $BaCl_2$, 3.58% NaCl.

**5.** При повышении температуры скорости как прямой, так и обратной реакций возрастают, однако равновесие должно сместиться в сторону эндотермической реакции. Для прямой реакции

$$2Cl_{2(г)} + 2H_2O_{(г)} \rightleftarrows 4HCl_{(г)} + O_{2(г)}$$

тепловой эффект равен:

$$Q_{пр} = 4 \cdot 92.1 - 2 \cdot 241.8 = -115.2 \text{ кДж}.$$

Прямая реакция является эндотермической, значит, равновесие сместится вправо.

*Ответ*: равновесие сместится вправо.

**6.** Пиридин – гетероциклическое соединение $C_5H_5N$, $M(C_5H_5N)$ = = 79 г/моль.

Из условия задачи количество пиридина

$$\nu(C_5H_5N) = 7.9 / 79 = 0.1 \text{ моль}.$$

Реакция горения пиридина выражается уравнением:

$$4C_5H_5N + 25O_2 \rightarrow 20CO_2 + 2N_2 + 10H_2O.$$

Для сжигания 0.1 моль пиридина требуется $0.1 \cdot 25 / 4 = 0.625$ моль кислорода, который образуется в результате реакции:

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow.$$

Необходимое количество кислорода образуется при разложении $0.625 \cdot 2 = 1.25$ моль $KMnO_4$.

Масса перманганата равна

$$m(KMnO_4) = 1.25 \cdot 158 = 197.5 \text{ г}.$$

*Ответ*: 197.5 г $KMnO_4$.

**7.** 1) $2AgNO_3 + 2KOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + H_2O + 2KNO_3$;

2) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$;

3) $AgNO_3 + KI \rightarrow AgI\downarrow + KNO_3$;

4) $[Ag(NH_3)_2]OH + 3HI \rightarrow AgI\downarrow + H_2O + 2NH_4I$;

5) $AgNO_3 + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH + NH_4NO_3$;

6) $[Ag(NH_3)_2]OH + 3HNO_3 \rightarrow AgNO_3 + H_2O + 2NH_4NO_3$.

*Ответ*: **A** – $AgNO_3$; **B** – $[Ag(NH_3)_2]OH$.

**8.** 1) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;

2) $CH_3-C(=O)-OH + CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{H^+} CH_3-C(=O)-O-CH_2CH_2CH_3 + H_2O$;

3) $C_2H_5OH + C_2H_5-C(=O)-OH \xrightarrow{H^+} C_2H_5-C(=O)-O-C_2H_5 + H_2O$;

4) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

5) $CH_3-C(=O)-H \xrightarrow[-MgOHBr]{1)\ C_2H_5MgBr;\ 2)\ H_2O,\ H^+} CH_3-CH(OH)-CH_3$;

6) $CH_3-CH(OH)-CH_3 + CH_3COOH \xrightarrow{H^+} CH_3C(=O)-O-CH(CH_3)_2 + H_2O$.

*Ответ*: **A** – $C_2H_5OH$, **B** – $CH_3COOH$, **C** – $CH_3COOCH_2CH_2CH_3$, **D** – $C_2H_5COOC_2H_5$, **E** – $CH_3CHO$, **F** – $CH_3CH(OH)CH_3$, **G** – $CH_3COOCH(CH_3)_2$.

**9.** В результате прокаливания смеси ацетата с избытком гидроксида калия

$$CH_3COOK + KOH_{(изб)} \xrightarrow{t^\circ} K_2CO_3 + CH_4\uparrow$$

выделяется метан в количестве

$$\nu(CH_4) = \nu(CH_3COOK) = 49 / 98 = 0.5 \text{ моль}.$$

По условию задачи количество газовой смеси, содержащей метан и пары брома, равно:

$$\nu(\text{газ.смеси}) = \frac{pV}{RT} = \frac{104 \cdot 60}{8.314 \cdot 300} = 2.5 \text{ моль},$$

значит,

$$\nu(Br_2) = 2.5 - 0.5 = 2 \text{ моль}.$$

При освещении газовой смеси образуется тетрабромметан:

$$CH_4 + 4Br_2 \xrightarrow{\text{свет}} CBr_4 + 4HBr$$

в количестве (по условию) 0.1 моль. Отсюда выход реакции

$$\eta = \nu(\text{практ}) / \nu(\text{теор}) = 0.1 / 0.5 = 0.2 \text{ или } 20\%.$$

*Ответ*: выход тетрабромметана 20%.

**10.** В растворе протекает реакция

$$\mathbf{X}_2S + \mathbf{Y}Br_2 \rightarrow \mathbf{Y}S\downarrow + 2\mathbf{X}Br.$$

Растворимый сульфид одновалентного металла – это сульфид щелочного металла. Так как в растворе осталась только одна соль (**X**Br – бромид щелочного металла), исходные вещества были взяты в стехиометрических количествах:

$$\nu(\mathbf{Y}Br_2) = \nu(\mathbf{X}_2S) = 0.2 \cdot 0.25 = 0.05 \text{ моль}.$$

Масса сульфида и его молярная масса составляют соответственно:

$$m(\mathbf{X}_2S) = 200 \cdot 0.0275 = 5.5 \text{ г},$$
$$M(\mathbf{X}_2S) = m / \nu = 5.5 / 0.05 = 110 \text{ г/моль},$$

следовательно, молярная масса металла **X**

$$M(\mathbf{X}) = (110 - 32) / 2 = 39 \text{ г/моль};$$

искомый металл **X** – калий.

Поскольку в ходе реакции образовался 0.1 моль KBr с массовой долей в растворе 0.02966, можно рассчитать массу раствора после окончания реакции:

$$m(\text{р-ра}) = m(KBr) / \omega(KBr) = 0.1 \cdot 119 / 0.02966 = 401.2137 \text{ г}.$$

Расчитаем массу осадка **Y**S и затем молярную массу **Y**S:

$$m(\mathbf{Y}S) = 200 + 200 \cdot 1.0303 - 401.2137 = 4.8463 \text{ г};$$
$$M(\mathbf{Y}S) = m / \nu = 4.8463 / 0.05 = 96.926 \text{ г/моль}.$$

Тогда молярная масса металла **Y**

$$M(\mathbf{Y}) = 96.926 - 32 = 64.926 \approx 65 \text{ г/моль},$$

металл **Y** – это цинк.

Реакция с концентрированной азотной кислотой:

$$ZnS + 8HNO_3(\text{конц}) \rightarrow Zn(NO_3)_2 + SO_2\uparrow + 6NO_2\uparrow + 4H_2O \text{ или}$$
$$ZnS + 8HNO_3(\text{конц}) \rightarrow ZnSO_4 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O.$$

*Ответ:* **X** – K, **Y** – Zn.

## Вариант ФНМБ-2008-2

**1.** Поскольку число электронов и протонов в анионе различается на единицу, заряд аниона равен –1. Это $NO_3^-$.

**2.** $Ba(OH)_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow Ba(HSO_4)_2 + 2H_2O$.

**3.** Из условия задачи концентрация ионов водорода

$$[H^+] = 10^{-5.15} = 7.08\cdot10^{-6} \text{ моль/л};$$

степень диссоциации

$$\alpha = \frac{[H]^+}{c_0} = \frac{7.08\cdot10^{-6}}{0.001} = 7.08\cdot10^{-3}.$$

Так как хлорноватистая кислота слабая, то равновесие

$$HClO \rightleftarrows ClO^- + H^+$$

сильно смещено влево. Поэтому можно считать, что ее равновесная концентрация практически совпадает с исходной: $[HClO] \approx c_0$. Тогда выражение для константы диссоциации можно упростить:

$$K_д = \frac{[H^+]\cdot[ClO^-]}{[HClO]} = \frac{[H^+]^2}{[HClO]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_0},$$

отсюда

$$K_д = \frac{(7.08\cdot10^{-6})^2}{0.001} = 5.01\cdot10^{-8}.$$

*Ответ.* $\alpha = 7.08\cdot10^{-3}$; $K_д = 5.01\cdot10^{-8}$.

**4.** По условию задачи количества нитрата серебра и иодида калия составляют:

$$\nu(AgNO_3) = 198.8 \cdot 1.069 \cdot 0.08 / 170 = 0.1 \text{ моль},$$
$$\nu(KI) = 332 \cdot 0.1 / 166 = 0.2 \text{ моль}.$$

Реакция протекает по уравнению:

| | $AgNO_3$ | + KI | $\rightarrow$ AgI↓ | + $KNO_3$. |
|---|---|---|---|---|
| Исходное количество: | 0.1 | 0.2 | | |
| Прореагировало: | 0.1 | 0.1 | | |
| Осталось: | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |

Масса раствора после реакции составляет:

$$m(\text{р-ра}) = 198.8 \cdot 1.069 + 332 - 0.1 \cdot 235 = 521.017 \text{ г}.$$

Массовые доли KI и $KNO_3$ равны:

$$\omega(KI) = \frac{0.1 \cdot 166 \cdot 100}{521.017} = 3.19\%,$$

$$\omega(KNO_3) = \frac{0.1 \cdot 101 \cdot 100}{521.017} = 1.94\%.$$

*Ответ*: 3.19% KI, 1.94% $KNO_3$.

**5.** При повышении температуры возрастает скорость как прямой, так и обратной реакции, однако равновесие смещается в сторону эндотермической реакции. Для прямой реакции

$$4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)} \rightleftarrows 4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)}$$

тепловой эффект равен:

$$Q_{пр} = 4 \cdot 46.2 - 4(-90.2) - 6 \cdot 241.8 = -905.2 \text{ кДж}.$$

Прямая реакция эндотермическая, следовательно, равновесие сместится вправо.

*Ответ*: равновесие сместится вправо.

**6.** Аминокислота глицин $NH_2CH_2COOH$, или $C_2H_5NO_2$; молярная масса $M(C_2H_5NO_2) = 75$ г/моль,

Из условия задачи количество глицина

$$\nu(C_2H_5NO_2) = 7.5 / 75 = 0.1 \text{ моль}.$$

Реакция сгорания глицина выражается уравнением:

$$4C_2H_5NO_2 + 9O_2 \rightarrow 8CO_2 + 2N_2 + 10H_2O.$$

Сжигание 0.1 моль глицина потребует $0.1 \cdot 9 / 4 = 0.225$ моль кислорода. Такое количество $O_2$ образуется в реакции

$$2AgNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Ag + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

при разложении $0.225 \cdot 2 = 0.45$ моль, или $0.45 \cdot 170 = 76.5$ г $AgNO_3$.

*Ответ*: 76.5 г $AgNO_3$

**7.** 1) $4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$;

2) $3FeO + 10HNO_3 \rightarrow 3Fe(NO_3)_3 + 5H_2O + NO\uparrow$ (возможно восстановление азотной кислоты до $NO_2$, $N_2$ или $N_2O$);

3) $Fe_2O_3 + 6HCl \rightarrow 2FeCl_3 + 3H_2O$;

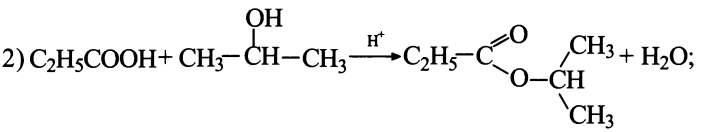
4) $FeCl_3 + 3AgNO_3 \rightarrow 3AgCl\downarrow + Fe(NO_3)_3$;

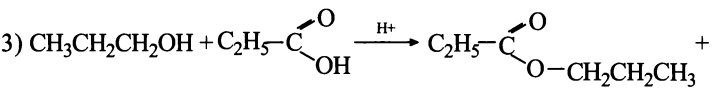
5) $Fe_2O_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$;

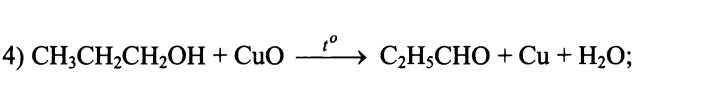
6) $4Fe(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 12NO_2\uparrow + 3O_2\uparrow$.

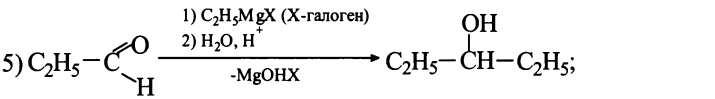
*Ответ*: **A** – $Fe_2O_3$, **B** – $Fe(NO_3)_3$.

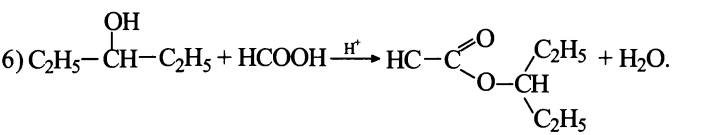
**8.** 1) $5CH_3CH_2CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5C_2H_5COOH + 4MnSO_4 + 2K_2SO_4 + 11H_2O$;











*Ответ*: **A** – $CH_3CH_2CH_2OH$, **B** – $C_2H_5COOH$, **C** – $C_2H_5COOCH(CH_3)_2$, **D** – $C_2H_5COOCH_2CH_2CH_3$, **E** – $C_2H_5CHO$, **F** – $C_2H_5CH(OH)C_2H_5$, **G** – $HCOOCH(C_2H_5)_2$.

**9.** В результате прокаливания смеси ацетата натрия с избытком гидроксида натрия

$$CH_3COONa + NaOH \xrightarrow{t^\circ} Na_2CO_3 + CH_4\uparrow$$

выделяется метан в количестве

$$\nu(CH_4) = \nu(CH_3COONa) = 20.5 / 82 = 0.25 \text{ моль}.$$

По условию количество газовой смеси, содержащей метан и хлор, составляет:

$$\nu(\text{газ.смеси}) = \frac{pV}{RT} = \frac{111 \cdot 22.4}{8.314 \cdot 298} = 1 \text{ моль},$$

значит,

$$\nu(Cl_2) = 1 - 0.25 = 0.75 \text{ моль (избыток)}.$$

При освещении газовой смеси образуется трихлорметан в количестве (по условию) 0.1 моль:

$$CH_4 + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{свет}} CHCl_3 + 3HCl.$$

Выход реакции хлорирования

$$\eta = \nu(\text{практ}) / \nu(\text{теор}) = 0.1 / 0.25 = 0.4 \text{ (или 40\%)}.$$

*Ответ*: выход трихлорметана равен 40%.

**10.** В растворе протекает реакция

$$\mathbf{X}_2\mathrm{S} + \mathbf{Y}\mathrm{Cl}_2 \rightarrow \mathbf{Y}\mathrm{S}\downarrow + 2\mathbf{X}\mathrm{Cl}.$$

Растворимый сульфид одновалентного металла – это сульфид щелочного металла. Так как в растворе осталась только одна соль (**X**Cl – хлорид щелочного металла), исходные вещества были взяты в стехиометрических количествах:

$$\nu(\mathbf{X}_2\mathrm{S}) = \nu(\mathbf{Y}\mathrm{Cl}_2) = 0.1 \cdot 0.5 = 0.05 \text{ моль}.$$

Масса сульфида и его молярная масса составляют соответственно:

$$m(\mathbf{X}_2\mathrm{S}) = 50 \cdot 0.078 = 3.9 \text{ г},$$
$$M(\mathbf{X}_2\mathrm{S}) = m / \nu = 3.9 / 0.05 = 78 \text{ г/моль},$$

следовательно, молярная масса металла **X**

$$M(\mathbf{X}) = (78 - 32) / 2 = 23 \text{ г/моль},$$

металл **X** – это натрий.

Поскольку в ходе реакции образовался 0.1 моль NaCl с массовой долей в растворе 0.04068, можно рассчитать массу раствора после окончания реакции:

$$m(\text{раствора}) = m(\mathrm{NaCl}) / \omega(\mathrm{NaCl}) = 5.85 / 0.04068 = 143.8053 \text{ г}.$$

Тогда масса осадка **Y**S равна

$$m(\mathbf{Y}\mathrm{S}) = 50 + 100 \cdot 1.01 - 143.8053 = 7.1947 \text{ г},$$

а молярная масса **Y**S составит

$$M(\mathbf{Y}\mathrm{S}) = m / \nu = 7.1947 / 0.05 = 143.8938 \text{ г/моль}.$$

Отсюда молярная масса металла **Y**

$$M(\mathbf{Y}) = 143.8938 - 32 = 111.8938 \approx 112 \text{ г/моль},$$

металл – кадмий.

Реакция с концентрированной азотной кислотой:

$$\mathrm{CdS} + 8\mathrm{HNO_3(конц)} \rightarrow \mathrm{Cd(NO_3)_2} + \mathrm{SO_2}\uparrow + 6\mathrm{NO_2}\uparrow + 4\mathrm{H_2O}, \text{ или}$$
$$\mathrm{CdS} + 8\mathrm{HNO_3(конц)} \rightarrow \mathrm{CdSO_4} + 8\mathrm{NO_2}\uparrow + 4\mathrm{H_2O}.$$

*Ответ*: **X** – Na, **Y** – Cd.

## Вариант ФНМБ–2008–3

**1.** $SO_3^{2-}$ или $SeO_3^{2-}$.

**2.** $\mathrm{NaOH} + \mathrm{H_3PO_4} \rightarrow \mathrm{NaH_2PO_4} + \mathrm{H_2O}$.

**3.** $\alpha = 4.26 \cdot 10^{-2}$, $K = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

**4.** 1.4% $Na_2CO_3$, 1.55% NaCl.

**5.** Равновесие сместится вправо.

**6.** 378 г $Fe(NO_3)_2$.

**7.** **A** – ZnS или $Zn(OH)_2$; **B** – $Zn(NO_3)_2$.

1) $2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + 2SO_2$;

2) $2Zn(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

3) $ZnCl_2 + Na_2S \rightarrow ZnS\downarrow + 2NaCl$;

4) $ZnCl_2 + 2AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2AgCl$;

5) $ZnS + 8HNO_3(конц) \rightarrow Zn(NO_3)_2 + SO_2\uparrow + 6NO_2\uparrow + 4H_2O$;

6) $Zn(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow ZnS\downarrow + 2NaNO_3$.

**8.** **A** – $CH_3CHO$, **B** – $CH_3COOH$, **C** – $CH_3COOCH_2CH_2CH_3$,
**D** – $CH_3CH(OH)CH_3$, **E** – $CH_3COOCH(CH_3)_2$, **F** – $C_2H_5OH$,
**G** – $C_2H_5COOC_2H_5$.

1) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

2) $CH_3COOH + CH_3CH_2CH_2OH \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2CH_2CH_3 + H_2O$;

3) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H \xrightarrow[-MgOHBr]{\substack{1)\ CH_3MgBr \\ 2)\ H_2O,\ H^+}} CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$;

4) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH + CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3 \xrightarrow{H^+} CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{CH}} + H_2O$;

5) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + H_2 \xrightarrow{кат} CH_3CH_2OH$;

6) $CH_3CH_2OH + CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{H^+} CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_2H_5 + H_2O$.

**9.** Выход тетрахлорметана равен 20%.

**10.** **X** – Rb, **Y** – Fe.

$FeS + 10HNO_3(конц) \rightarrow Fe(NO_3)_3 + SO_2\uparrow + 7NO_2\uparrow + 5H_2O$.

## Вариант ФНМБ–2008–4

**1.** $CO_3^{2-}$.

**2.** $H_3PO_4 + 2KOH \rightarrow K_2HPO_4 + 2H_2O$.

**3.** $\alpha = 8.13 \cdot 10^{-2}$, $K = 6.6 \cdot 10^{-5}$.

**4.** 1.8% $NaNO_3$, 3.6% $AgNO_3$.

**5.** Равновесие сместится влево.

**6.** 147 г $K_2Cr_2O_7$.

**7.** **A** – $Al(NO_3)_3$ или $Al_2(SO_4)_3$; **B** – $Al(OH)_3$.

1) $4Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Al_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$;

2) $2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O$;

3) $Al(NO_3)_3 + 4KOH(\text{изб}) \rightarrow K[Al(OH)_4] + 3KNO_3$;

4) $Al(OH)_3 + KOH \rightarrow K[Al(OH)_4]$;

5) $Al(NO_3)_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + 3NH_4NO_3$;

6) $Al(OH)_3 + 3HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3H_2O$.

**8.** **A** – $C_2H_5CHO$, **B** – $CH_3CH(OH)C_2H_5$, **C** – $CH_3COOCH(CH_3)C_2H_5$, **D** – $C_2H_5COOH$, **E** – $C_2H_5COOCH(CH_3)_2$, **F** – $CH_3CH_2CH_2OH$, **G** – $C_2H_5COOCH_2CH_2CH_3$.

1) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} \xrightarrow[-MgOHBr]{\begin{array}{l}1)\ CH_3MgBr\\ 2)\ H_2O,\ H^+\end{array}} CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$;

2) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 + CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} \xrightarrow{H^+}$

$\rightarrow CH_3-\underset{\displaystyle O-CH-CH_2-CH_3}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}}\quad \underset{\displaystyle CH_3}{|}$ $+ H_2O$;

3) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle H}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} +$

$+ Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

4) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}} + CH_3-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3 \xrightarrow{H^+} CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle O-CH}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}}\quad \underset{\displaystyle CH_3}{|}$ $+ H_2O$;

5) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H + H_2 \xrightarrow{кат} CH_3CH_2CH_2OH$;

6) $CH_3CH_2CH_2OH + CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH \xrightarrow{H^+}$

$\longrightarrow CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-C_3H_7 + H_2O.$

**9.** Выход трибромметана равен 40%.

**10.** **X** – Cs, **Y** – Mn.

$MnS + 8HNO_3(конц) \rightarrow Mn(NO_3)_2 + SO_2\uparrow + 6NO_2\uparrow + 4H_2O$, или

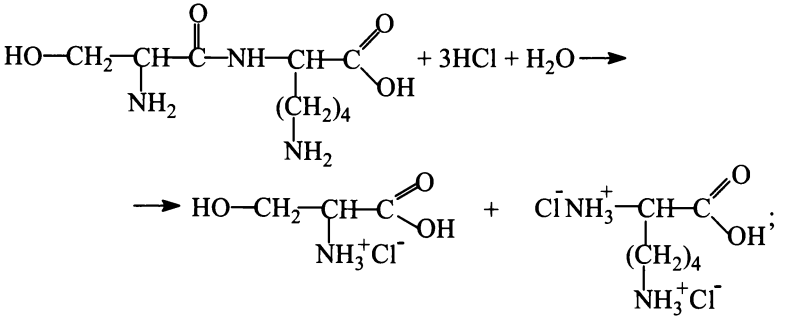
$MnS + 8HNO_3(конц) \rightarrow MnSO_4 + 8NO_2\uparrow + 4H_2O$.

## Физико-химический факультет

## Вариант ФХФ-2008-1

**1.** $O^{2-} < SO_2 < S < S^{2-}$.

**2.** Кислотный гидролиз сериллизина:



**3.**

1) $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3 + HBr \longrightarrow CH_3\underset{\underset{Br}{|}}{C}HCH_3 + H_2O$;

2) $2CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3 + 2Na \longrightarrow 2CH_3\underset{\underset{ONa}{|}}{C}HCH_3 + H_2$;

3) $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3 \xrightarrow{H_2SO_4,\ t^\circ} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O$;

4) $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3 + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3\overset{\overset{O}{\|}}{C}CH_3 + H_2O + Cu.$

**4.** Пусть исходная смесь солей содержала $x$ моль $(NH_4)_2CO_3$ и $y$ моль $NH_4HCO_3$. Ее прокаливание дает смесь газов:

$$\underset{x}{(NH_4)_2CO_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{2x}{2NH_3} + \underset{x}{CO_2} + H_2O;$$

$$\underset{y}{NH_4HCO_3} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{NH_3} + \underset{y}{CO_2} + H_2O.$$

Газовая смесь после охлаждения до комнатной температуры и конденсации паров воды состоит из $(2x + y)$ моль $NH_3$ и $(x + y)$ моль $CO_2$. При пропускании газов через соляную кислоту аммиак поглощается, а $CO_2$ – нет:

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl.$$

Диоксида углерода осталось:

$$\nu(CO_2) = x + y.$$

По условию, объем газа по сравнению с объемом исходной газовой смеси сократился в 2.5 раза:

$$\frac{V(NH_3, CO_2)}{V(CO_2)} = \frac{3x + 2y}{x + y} = 2.5,$$

откуда $x = y$.

Масса исходной смеси солей составляет:

$$m(\text{исх.смеси}) = 96x + 79y = 96x + 79x = 175x;$$

массовые доли карбоната и гидрокарбоната аммония:

$$\omega((NH_4)_2CO_3) = 96x / 175x = 0.5486 \text{ (или } 54.86\%);$$
$$\omega(NH_4HCO_3) = 0.4514 \text{ (или } 45.14\%).$$

*Ответ*: 54.86% $(NH_4)_2CO_3$; 45.14% $NH_4HCO_3$.

**5.** Уксусная кислота частично диссоциирует в растворе:

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+;$$

концентрация ионов $H^+$ составляет

$$[H^+] = \alpha \cdot c = 0.013 \cdot 0.1 = 0.0013 \text{ моль/л}.$$

Хлоруксусная кислота также диссоциирует

$$ClCH_2COOH \rightleftarrows ClCH_2COO^- + H^+;$$

концентрация ионов водорода составляет

$$[H^+] = \alpha \cdot c = 0.111 \cdot 0.1 = 0.0111 \text{ моль/л}.$$

В соответствии с законом разведения Оствальда, константа диссоциации одноосновной кислоты связана с ее концентрацией и степенью диссоциации следующим образом:

$$K = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha}.$$

Отношение констант диссоциации двух кислот составит:

$$\frac{K(ClCH_2COOH)}{K(CH_3COOH)} = \frac{0.111^2 \cdot (1-0.013)}{0.013^2 \cdot (1-0.111)} = 80.9.$$

*Ответ*: 0.0013 моль/л (в уксусной кислоте); 0.0111 моль/л (в хлоруксусной кислоте); 80.9.

**6.** а) $KClO_3 + 6HCl \rightarrow KCl + 3Cl_2\uparrow + 3H_2O$;

б) $3Cl_2 + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} KClO_3 + 5KCl + 3H_2O$;

в) $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$.

*Ответ*: **A** – $KClO_3$, **B** – HCl, **C** – $Cl_2$, **D** – $H_2$.

**7.** 1) $Ca(NO_3)_2 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + 2NaNO_3$;

2) $2NaNO_{3(тв)} + H_2SO_4(конц) \xrightarrow{t^\circ} Na_2SO_4 + 2HNO_3$ (удаляют при нагревании);

3) $Na_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaNO_3$;

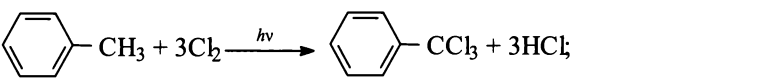
4) $8Al + 3NaNO_3 + 5NaOH + 18H_2O \rightarrow 3NH_3\uparrow + 8Na[Al(OH)_4]$;

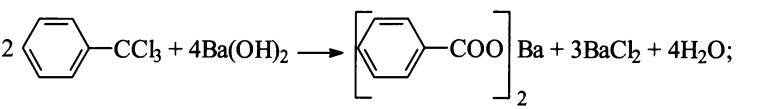
5) $3CuO + 2NH_3 \xrightarrow{t^\circ} 3Cu + N_2 + 3H_2O$;

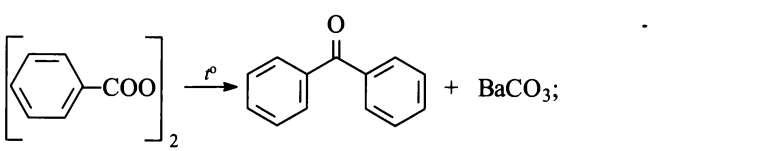
6) $Cu + Cl_2 \xrightarrow{t^\circ} CuCl_2$.

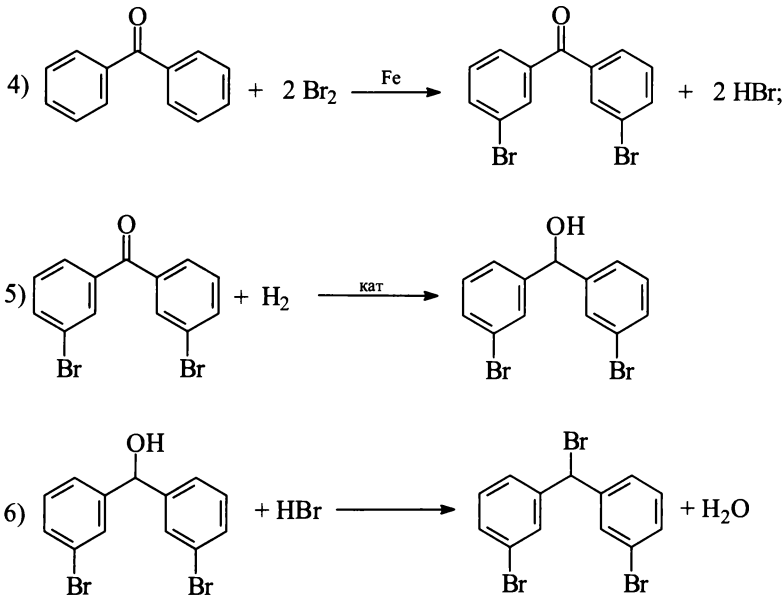
*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $NaNO_3$; $\mathbf{X_2}$ – Cu.

**8.**

1) 

2) 

3) 




**9.** $CH_3COOH + Br_2 \xrightarrow{P_{красный}} BrCH_2COOH + HBr;$

$BrCH_2COOH + 3NH_3 \rightarrow NH_2CH_2COONH_4 + NH_4Br;$

$NH_2CH_2COONH_4 + KOH \rightarrow NH_2CH_2COOK + NH_3\uparrow + H_2O;$

$NH_2CH_2COOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3NH_2\uparrow + K_2CO_3.$

Если вместо аммиака использовать $CH_3NH_2$, получим:

$BrCH_2COOH + 3CH_3NH_2 \rightarrow CH_3NHCH_2COONH_3CH_3 + CH_3NH_3Br;$

$CH_3NHCH_2COONH_3CH_3 + KOH \rightarrow CH_3NHCH_2COOK + CH_3NH_2\uparrow + H_2O;$

$CH_3NHCH_2COOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} (CH_3)_2NH + K_2CO_3.$

Реакции аминов с азотистой кислотой:

$CH_3NH_2 + HNO_2 \rightarrow CH_3OH + N_2\uparrow + H_2O;$

$(CH_3)_2NH + HNO_2 \rightarrow (CH_3)_2N\text{-}NO + H_2O.$

*Ответ:* **A** – $BrCH_2COOH$; **B** – $CH_3NH_2$; **C** – $(CH_3)_2NH$.

**10.** Рассмотрим превращения первого образца железа. По условию количество азотной кислоты и количество газа составляют соответственно:

$$\nu(HNO_3) = V \cdot \rho \cdot \omega / M = 320.3 \cdot 1.18 \cdot 0.3 / 63 = 1.8 \text{ моль};$$

$$\nu(\text{газа}) = pV / RT = 101.3 \cdot 9.62 / (8.314 \cdot 293) = 0.4 \text{ моль}.$$

Масса выделившегося газа

$$m(\text{газа}) = V \cdot \rho = 9.62 \cdot 1.247 = 12 \text{ г},$$

а его молярная масса составляет

$$M(\text{газа}) = m / \nu = 12 / 0.4 = 30 \text{ г/моль},$$

значит, это NO. Запишем уравнение реакции:

$$\underset{0.4\text{ моль}}{Fe} + \underset{1.6\text{ моль}}{4HNO_3} \rightarrow \underset{0.4\text{ моль}}{Fe(NO_3)_3} + \underset{0.4\text{ моль}}{NO\uparrow} + 2H_2O.$$

В соответствии с уравнением, поскольку выделилось 0.4 моль газа, то и вступило в реакцию 0.4 моль железа и 1.6 моль кислоты. Образовалось 0.4 моль нитрата железа (III), а избыток кислоты составил $1.8 - 1.6 = 0.2$ моль.

По условию объем раствора гидроксида натрия

$$V = m / \rho = 322.9 / 1.19 = 271.3 \text{ мл} = 0.2713 \text{ л}.$$

Количество гидроксида натрия

$$\nu = c \cdot V = 5.16 \cdot 0.2713 = 1.4 \text{ моль}.$$

При добавлении NaOH в растворе происходит реакция:

$$\underset{0.2\text{ моль}}{HNO_3} + \underset{0.2\text{ моль}}{NaOH} \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{NaNO_3} + H_2O;$$

после этой реакции избыток NaOH, составляющий $1.4 - 0.2 = 1.2$ моль, взаимодействует с нитратом железа:

$$\underset{0.4\text{ моль}}{Fe(NO_3)_3} + \underset{1.2\text{ моль}}{3NaOH} \rightarrow \underset{0.4\text{ моль}}{Fe(OH)_3\downarrow} + \underset{1.2\text{ моль}}{3NaNO_3}.$$

После завершения реакций масса конечного раствора составляет

$$m(\text{р-ра}) = m(Fe) + m(\text{р-ра } HNO_3) - m(NO) + m(\text{р-ра NaOH}) - m(Fe(OH)_3) =$$
$$= 56 \cdot 0.4 + 320.3 \cdot 1.18 - 30 \cdot 0.4 + 322.9 - 107 \cdot 0.4 = 668.45 \text{ г}.$$

В конечном растворе содержится единственное вещество $NaNO_3$ в количестве $0.2 + 1.2 = 1.4$ моль.

Массовая доля этой соли в растворе:

$$\omega(NaNO_3) = 85 \cdot 1.4 / 668.45 = 0.178 \text{ (или } 17.8\%).$$

Теперь рассмотрим реакции второго образца железа.

Количество HCl в растворе:

$$\nu(HCl) = V \cdot \rho \cdot \omega / M = 105.3 \cdot 1.15 \cdot 0.3014 / 36.5 = 1.0 \text{ моль}.$$

$$\underset{0.4\text{ моль}}{Fe} + \underset{0.8\text{ моль}}{2HCl} \rightarrow \underset{0.4\text{ моль}}{FeCl_2} + \underset{0.4\text{ моль}}{H_2\uparrow}.$$

В соответствии с уравнением реакции было израсходовано 0.8 моль HCl, осталось $1.0 - 0.8 = 0.2$ моль.

При добавлении гидроксида натрия происходит реакция:

$$\underset{0.2\text{ моль}}{HCl} + \underset{0.2\text{ моль}}{NaOH} \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{NaCl} + H_2O;$$

после этой реакции избыток NaOH, составляющий 1.4 – 0.2 = 1.2 моль, взаимодействует с хлоридом железа:

$$\underset{0.4\text{ моль}}{FeCl_2} + \underset{0.8\text{ моль}}{2NaOH} \rightarrow \underset{0.4\text{ моль}}{Fe(OH)_2\downarrow} + \underset{0.8\text{ моль}}{2NaCl}.$$

После завершения реакций масса конечного раствора равна

$$m(\text{р-ра}) = m(Fe) + m(\text{р-ра HCl}) - m(H_2) + m(\text{р-ра NaOH}) - m(Fe(OH)_2) =$$
$$= 56 \cdot 0.4 + 105.3 \cdot 1.15 - 2 \cdot 0.4 + 322.9 - 90 \cdot 0.4 = 429.6 \text{ г}.$$

В конечном растворе содержатся хлорид натрия (0.2 + 0.8 = 1.0 моль) и оставшийся неизрасходованным гидроксид натрия в количестве 1.2 – 0.8 = 0.4 моль. Их массовые доли в растворе:

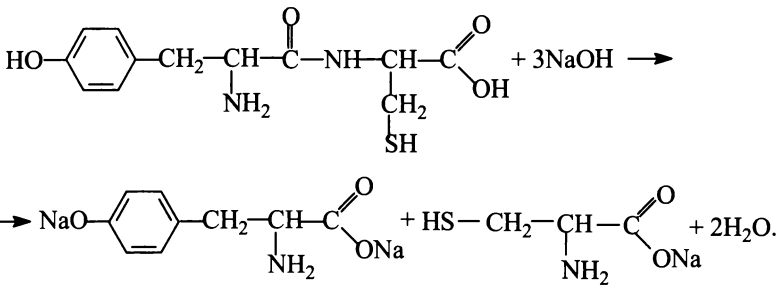
$$\omega(NaCl) = 58.5 \cdot 1 / 429.6 = 0.1362 \text{ (или } 13.62\%);$$
$$\omega(NaOH) = 40 \cdot 0.4 / 429.6 = 0.0372 \text{ (или } 3.72\%).$$

*Ответ*: первый раствор: 17.8% $NaNO_3$; второй раствор: 13.62% NaCl и 3.72% NaOH; $m(Fe)$ = 22.4 г.

## Вариант ФХФ-2008-2

**1.** $NH_3 > N_2 > N_2O > NO$.

**2.**



**3.**

1) $2\,CH_3CH(Br)CH_3 + 2Na \longrightarrow (CH_3)_2CHCH(CH_3)_2 + 2NaBr$;

2) $CH_3CH(Br)CH_3 + CH_3COONa \longrightarrow CH_3COOCH(CH_3)_2 + NaBr$;

3) $CH_3CH(Br)CH_3 + NaOH \xrightarrow{H_2O} CH_3CH(OH)CH_3 + NaBr$;

4) $CH_3\underset{\underset{Br}{|}}{C}HCH_3 + NaOH \xrightarrow{C_2H_5OH} CH_3CH{=}CH_2 + H_2O + NaBr.$

**4.** 42.86% $(NH_4)_2CO_3$; 57.14% $NH_4HCO_3$.

**5.** $ClCH_2COOH$: $[H^+] = 0.016$ моль/л; $Cl_2CHCOOH$: $[H^+] =$ $= 0.0814$ моль/л; 40.2.

**6.** **A** – $KBrO_3$; **B** – $HBr$; **C** – $Br_2$; **D** – $H_2$.

а) $KBrO_3 + 6HBr \rightarrow KBr + 3Br_2 + 3H_2O$;

б) $3Br_2 + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} KBrO_3 + 5KBr + 3H_2O$;

в) $H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$.

**7.** $\mathbf{X_1}$ – $Ag_2O$; $\mathbf{X_2}$ – Ag.

1) $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$;

2) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$ (растворение);

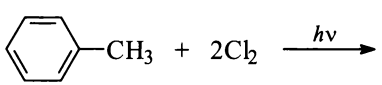
3) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3\uparrow + H_2O$;

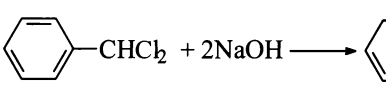
4) $Ag + 2HNO_3(конц) \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$;

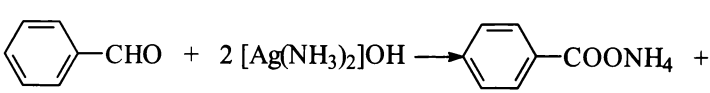
5) $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$;

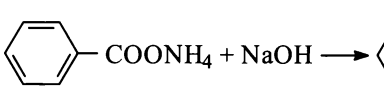
6) $2AgCl \xrightarrow{h\nu} 2Ag + Cl_2$.

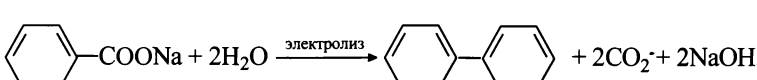
**8.**

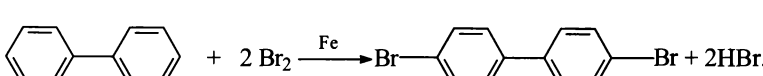
1) 

2) 

3) 

4) 

5) 

6) 

**9.** **A** – $CH_3CHBrCOOH$; **B** – $C_2H_5NH_2$; **C** – $(C_2H_5)_2NH$.

$CH_3CH_2COOH + Br_2 \xrightarrow{P\ красный} CH_3CHBrCOOH + HBr;$

$CH_3CHBrCOOH + 3NH_3 \rightarrow CH_3CH(NH_2)COONH_4 + NH_4Br;$

$CH_3CH(NH_2)COONH_4 + KOH(р\text{-}р) \rightarrow CH_3CH(NH_2)COOK + NH_3\uparrow + H_2O;$

$CH_3CH(NH_2)COOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} CH_3CH_2NH_2 + K_2CO_3.$

Если вместо аммиака использовать этиламин $C_2H_5NH_2$, получим:

$CH_3CHBrCOOH + C_2H_5NH_2 \rightarrow CH_3CH(NHC_2H_5)COONH_3C_2H_5 + C_2H_5NH_3Br;$

$CH_3CH(NHC_2H_5)COONH_3C_2H_5 + KOH \rightarrow CH_3CH(NHC_2H_5)COOK + C_2H_5NH_2\uparrow + H_2O;$

$CH_3CH(NHC_2H_5)COOK + KOH \xrightarrow{t^\circ} (C_2H_5)_2NH\uparrow + K_2CO_3 + H_2O;$

$CH_3CH_2NH_2 + HNO_2 \rightarrow CH_3CH_2OH + N_2\uparrow + H_2O;$

$CH_3CH_2)_2NH + HNO_2 \rightarrow (CH_3CH_2)_2N\text{-}NO + H_2O.$

**10.** Первый раствор: 15.05% $NaNO_3$ и 3.54% NaOH; второй раствор: 14.98% NaCl и 5.25% $CrCl_2$; $m(Cr) = 5.2$ г.

## Филиал МГУ в Баку

## Вариант Баку-2008-1

**1.** Формула для расчета массовой доли: $\omega(Si) = M(Si) / M(ZrSiO_4)$; $M(ZrSiO_4) = 183$ г/моль. Тогда

$$\omega(Si) = 28 / 183 = 0.153 \text{ (или } 15.3\%).$$

*Ответ*: 15.3% Si.

**2.** $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow;$

$NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow;$

$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH;$

$HC{\equiv}CNa + H_2O \rightarrow HC{\equiv}CH\uparrow + NaOH.$

**3.** Реакция протекает по уравнению:

$$2AgNO_3 + Na_2S \rightarrow 2NaNO_3 + Ag_2S\downarrow.$$

Найдем количества реагентов:

$$\nu(AgNO_3) = m(AgNO_3) / M(AgNO_3) = 12.75 / 170 = 0.075 \text{ моль};$$

$$\nu(Na_2S) = m(Na_2S) / M(Na_2S) = 3.9 / 78 = 0.05 \text{ моль}.$$

Таким образом, в избытке был взят сульфид натрия. Из 2 моль $AgNO_3$ образуется 1 моль $Ag_2S$. Следовательно, осадок содержит $0.075 / 2 = 0.0375$ моль $Ag_2S$. Молярная масса $Ag_2S$ равна 248 г/моль.

Масса осадка равна

$$m(\text{осадка}) = 248 \cdot 0.0375 = 9.3 \text{ г}.$$

*Ответ*: 9.3 г.

**4.** $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$;

$4NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow Cl_2\uparrow + MnCl_2 + 2Na_2SO_4 + 2H_2O$ или

$2NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow Cl_2\uparrow + MnSO_4 + Na_2SO_4 + 2H_2O$.

**5.** Скорость реакции равна изменению концентрации реагентов (продуктов) в единицу времени. Поскольку условия протекания обеих реакций одинаковые, вместо концентраций мы можем использовать количества образующихся соединений.

Рассчитаем количества $CO_2$ и HCl:

$$\nu(CO_2) = m(CO_2) / M(CO_2) = 2 / 44 = 0.0455 \text{ моль};$$
$$\nu(HCl) = m(HCl) / M(HCl) = 1.8 / 36.5 = 0.0493 \text{ моль}.$$

Следовательно, в единицу времени образуется большее число молей хлороводорода по сравнению с диоксидом углерода.

*Ответ*: вторая реакция протекала быстрее.

**6.** С повышением давления положение равновесия сдвигается в сторону образования меньшего количества газообразных продуктов. Тогда:

а) равновесие сдвинется вправо (образование 1 моль $N_2O_4$ из 2 моль $NO_2$);

б) равновесие сдвинется вправо (образование 2 моль $NO_2$ из 3 моль реагентов);

в) положение равновесия не изменится (число молей газообразных веществ в ходе реакции не меняется).

**7.** 1) $2NaBr + Cl_2 \rightarrow 2NaCl + Br_2$;

2) $4NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2Na_2SO_4 + 2H_2O$ (или электролиз расплава NaCl);

3) $3Cl_2 + 6KOH \xrightarrow{t^\circ} 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$;

4) $2KClO_3 \xrightarrow[MnO_2]{t^\circ} 2KCl + 3O_2$ (или $4KClO_3 \xrightarrow{t^\circ} KCl + 3KClO_4$);

5) $KCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow + KNO_3$;

6) $KNO_3 + 4Zn + 7KOH + 6H_2O \rightarrow NH_3\uparrow + 4K_2[Zn(OH)_4]$.

**8.** Один из возможных вариантов решения:

1) $C_2H_4 + HBr \rightarrow C_2H_5Br$;

2) $C_2H_5Br + NaOH \xrightarrow{H_2O} C_2H_5OH + NaBr$;

3) $2C_2H_5OH \xrightarrow{H^+,\ t^\circ} C_2H_5{-}O{-}C_2H_5 + H_2O$.

*Ответ*: **X** – $C_2H_5Br$; **Y** – $C_2H_5OH$.

**9.** По условию количество пропанола составляет

$$\nu(C_3H_7OH) = m(C_3H_7OH) / M(C_3H_7OH) = 7.2 / 60 = 0.12 \text{ моль}.$$

Уравнение реакции окисления пропанола:

$$5C_2H_5CH_2OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5C_2H_5COOH + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 11H_2O.$$

Уравнение реакции нейтрализации:

$$C_2H_5COOH + NaOH \rightarrow C_2H_5COONa + H_2O.$$

На нейтрализацию пошло $16.4 \cdot 1.22 \cdot 0.2 = 4.0$ г или 0.1 моль NaOH. Таким образом, из 0.12 моль спирта образовалось 0.1 моль кислоты.

Выход кислоты равен

$$\eta = 0.1 / 0.12 = 0.833 \text{ (или 83.3\%)}.$$

*Ответ*: 83.3%.

**10.** Рассчитаем молярную массу выделившегося газа. По условию $D_{He}$(газа) = 11, тогда $M$(газа) = 44 г/моль.

Определим неизвестный металл. Оксид двухвалентного металла имеет формулу MeO и содержит по условию 28.57% кислорода. Приняв за $x$ молярную массу металла, получим

$$\omega(O_2) = 0.2857 = 16 / (16 + x);$$

отсюда $x$ = 40 г/моль, это – молярная масса кальция.

Следовательно, оксид металла – CaO, а исходная соль могла быть кристаллогидратом карбоната кальция или гидрокарбонатом кальция. Допустим, это кристаллогидрат $CaCO_3 \cdot yH_2O$. Его молекулярная масса равна $(100 + 18y)$, а количество составляет

$$\nu(\text{кристаллогидрата}) = 32.4 / (100 + 18y) \text{ моль}.$$

Поскольку при нагревании выделилось 0.2 моль $H_2O$, столько же моль было кристаллогидрата; можно записать:

$$32.4 / (100 + 18y) = 0.2;$$

отсюда $y = 3.44(4)$. Тогда предполагаемая формула – $9CaCO_3 \cdot 31H_2O$. Такой вариант представляется маловероятным (и является неверным).

Рассмотрим вариант гидрокарбоната кальция: 32.4 г соли соответствуют 0.2 моль вещества, значит, молярная масса вещества равна 32.4 / 0.2 = 162 г/моль, что соответствует формуле $Ca(HCO_3)_2$.

Уравнения реакций:

$$Ca(HCO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} CaO + H_2O + 2CO_2;$$

$$CO_2 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCO_3\downarrow + H_2O;$$

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2;$$

$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4\downarrow + 2H_2O.$$

При нагревании образовалось 0.2 моль оксида кальция CaO, который превратился в 0.2 моль гидроксида $Ca(OH)_2$. Для его нейтрализации требуется 0.2 моль $H_2SO_4$, что соответствует 19.6 г.

Тогда масса раствора равна

$$m(\text{раствора}) = 19.6 / 0.15 = 130.7 \text{ г.}$$

Объем этого раствора

$$V = m / \rho = 130.7 / 1.1 = 118.8 \text{ мл.}$$

*Ответ*: 118.8 мл; исходная соль – $Ca(HCO_3)_2$.

## Вариант Баку-2008-2

**1.** 21.7%.

**2.** 6.34.

**3.** 9.92 г.

**4.** $2Cr + 3Cl_2 \rightarrow 2CrCl_3$;

$16HCl + 2KMnO_4 \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O$.

**5.** Быстрее протекала вторая реакция.

**6.** а) равновесие сдвинется вправо;

б) равновесие сдвинется вправо;

в) положение равновесия не изменится.

**7.** Один из возможных вариантов: **X** – $FeCl_3$; **Y** – $Na_3[Fe(OH)_6]$; **Z** – $FeBr_3$.

1) $2Fe + 3Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3$;

2) $FeCl_3 + 3NaHCO_3 \rightarrow Fe(OH)_3 + 3NaCl + 3CO_2\uparrow$;

3) $Fe(OH)_3 + 3NaOH \rightarrow Na_3[Fe(OH)_6]$;

4) $Na_3[Fe(OH)_6] + 3NH_4Cl \rightarrow Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl + 3NH_3\uparrow$;

5) $Fe(OH)_3 + 3HBr \rightarrow FeBr_3 + 3H_2O$;

6) $FeBr_3 + Al \rightarrow Fe + AlBr_3$.

**8.** Простейший вариант: $n = 2$.

1) $CH_2{=}CH_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} C_2H_5OH$;

2) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

3) $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$.

**9.** 43.87% $FeCl_2$ и 56.13% $FeCl_3$.

**10.** 44.1% бензола, 9.4% фенола, 46.5% анилина.

# Подготовительное отделение

## Вариант МП-2008-1

**1.** Примером реакции радикального замещения (механизм $S_R$) может служить реакция галогенирования алканов при ультрафиолетовом облучении реакционной смеси:

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3Cl + HCl.$$

**2.** Растворимость – это максимальная масса вещества, способная при данной температуре раствориться в 100 г растворителя, в нашем случае воды. Следовательно, массовая доля сульфата магния составит:

$$\omega(MgSO_4) = 35.5 / (100 + 35.5) = 0.262 \text{ (или } 26.2\%).$$

*Ответ*: 26.2%.

**3.** Амфотерный гидроксид $Zn(OH)_2$ реагирует как с кислотами, так и с основаниями, растворяясь в них:

$$Zn(OH)_2 + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + 2H_2O;$$
$$Zn(OH)_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2[Zn(OH)_4].$$

Карбонат аммония также будет реагировать и с кислотами, и с основаниями:

$$(NH_4)_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NH_4Cl + CO_2\uparrow + H_2O;$$
$$(NH_4)_2CO_3 + 2NaOH \rightarrow 2NH_3\uparrow + Na_2CO_3 + H_2O.$$

*Ответ*: $Zn(OH)_2$ и $(NH_4)_2CO_3$.

**4.** Один моль любого газа или газовой смеси занимает при нормальных условиях объем 22.4 л. Следовательно, можно составить пропорцию:

0.1 л газа имеет массу 0.361 г,

22.4 л газа ·····$x$ г.

$$x = 22.4 \cdot 0.361 / 0.1 = 81 \text{ г}.$$

Один моль неизвестного газа имеет массу 81 г. Газ с молярной массой 81 г/моль – это HBr.

Плотность бромоводорода по водороду:

$$D_{H_2}(HBr) = 81 / 2 = 40.5.$$

*Ответ*: HBr; 40.5.

**5.** 1) Присоединение к алкену по правилу Марковникова:

$$CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_2{-}CH_3;$$

2) $CH_3–CHBr–CH_2–CH_3 + NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_3–CH=CH–CH_3 + NaBr + H_2O.$

**6.** Один из возможных вариантов превращений:

1) $S + O_2 \rightarrow SO_2$;

2) $2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$;

3) $S + Ca \xrightarrow{t^\circ} CaS$;

4) $CaS + 1.5O_2 \xrightarrow{t^\circ} SO_2 + CaO$;

5) $S + 6HNO_3(\text{конц}) \rightarrow 6NO_2\uparrow + 2H_2O + H_2SO_4$;

6) $Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$.

*Ответ*: **A** – CaS; **B** – $H_2SO_4$.

**7.** 1) $Ca + 2C \xrightarrow{t^\circ} CaC_2$;

2) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$;

3) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} CH_3CHO$ (реакция Кучерова);

4) $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} Cu_2O\downarrow + CH_3COOH + 2H_2O$;

5) $2CH_3COOH + 2Na \rightarrow H_2\uparrow + 2CH_3COONa$.

**8.** При нагревании ангидриды быстро расщепляются водой с образованием кислот:

$$(CH_3CO)_2O + H_2O \rightarrow 2CH_3COOH.$$

Обозначим за $x$ необходимое количество уксусного ангидрида, тогда кислоты должно образоваться $2x$ моль. По условию задачи

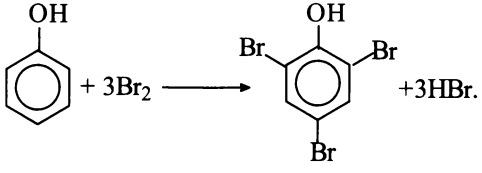
$$\omega(CH_3COOH) = m(CH_3COOH) / m(\text{раствора}) = 2x \cdot 60 / 500 = 0.54;$$

отсюда $x = 2.25$ моль.

$$m((CH_3CO)_2O) = 2.25 \cdot 102 = 229.5 \text{ г}.$$
$$m(H_2O) = 500 - 229.5 = 270.5 \text{ г}.$$

*Ответ*: 229.5 г $(CH_3CO)_2O$ и 270.5 г $H_2O$.

**9.** Уравнение реакции фенола с бромной водой:




В осадок выпал трибромфенол в количестве

$$\nu(C_6OH_3Br_3) = 6.52 / 331 = 0.02 \text{ моль}.$$

Значит, в исходном растворе было 0.02 моль фенола, масса которого

$$m(C_6H_5OH) = 0.02 \cdot 94 = 1.88 \text{ г}.$$

*Ответ*: 1.88 г.

**10.** При пропускании хлора через раствор хлорида железа (II) происходит реакция:

$$2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3.$$

Рассчитаем массу и количество $FeCl_2$ в исходном растворе:

$$m(FeCl_2) = 100 \cdot 1.03 \cdot 0.1233 = 12.7 \text{ г};$$
$$\nu(FeCl_2) = 12.7 / 127 = 0.1 \text{ моль}.$$

Предположим, что $x$ моль $FeCl_2$ вступило в реакцию, тогда в растворе останется $(0.1 - x)$ моль $FeCl_2$ и образуется $x$ моль $FeCl_3$. По условию задачи, масса $FeCl_2$ в растворе стала равна массе $FeCl_3$:

$$(0.1 - x) \cdot 127 = x \cdot 162.5,$$

отсюда $x = 0.044$ моль. По уравнению реакции, хлора прореагировало в два раза больше или 0.088 моль, что соответствует объему

$$V(Cl_2) = 0.088 \cdot 22.4 = 1.97 \text{ л при н. у.}$$

*Ответ*: 1.97 л.

# Решения экзаменационных заданий 2009 г.

## Факультет фундаментальной медицины (лечебное отделение)

## Вариант МБ-2009-1

**1.** По 10 электронов имеют ионы $O^{2-}$, $F^-$, $Na^+$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$. Из них 8 протонов содержит ион $O^{2-}$, а ион $Na^+$ имеет на 3 протона больше. Искомая формула – $Na_2O$.

*Ответ*: $Na_2O$.

**2.** Рассчитаем мольные (объемные) доли газов. Рассмотрим 1 моль смеси. Пусть $\nu(CH_4) = x$ моль, а $\nu(C_2H_4) = (1 - x)$ моль. Масса углерода и водорода в смеси:

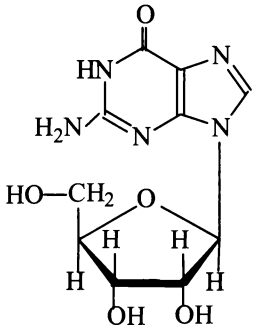
$$m(C) = 12x + 2 \cdot 12 \cdot (1 - x) = 24 - 12x;$$
$$m(H) = 4x + 4(1 - x) = 4.$$

По условию, отношение $m(C) / m(H) = 4$, откуда $x = 0.667$. Тогда мольная (и объемная) доля этилена в смеси равна 0.333, а его объем

$$V(C_2H_4) = V(\text{смеси}) \cdot \varphi(C_2H_4) = 3 \cdot 0.333 = 1 \text{ л}.$$

*Ответ*: 1 л.

**3.** Молекулы *нуклеозидов* состоят из остатка пуринового (аденин $C_5H_5N_5$, гуанин $C_5H_5N_5O$) или пиримидинового (урацил $C_4H_4N_2O$, тимин $C_5H_6N_2O_2$ или цитозин $C_4H_5N_3O$) основания, связанного с остатком моносахарида – рибозы $C_5H_{10}O_5$ или дезоксирибозы $C_5H_{10}O_4$. Условию задачи отвечает *гуанозин*:



*Ответ*: нуклеозид гуанозин $C_{10}H_{13}N_5O_5$.

**4.** При электролизе растворов солей органических кислот на *аноде* окисляются анионы $RCOO^-$:

$$2RCOO^- - 2e \rightarrow R{-}R + 2CO_2\uparrow,$$

а на *катоде* восстанавливаются ионы $H^+$:

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow.$$

Суммарно реакцию электролиза раствора ацетата натрия можно записать так:

$$2CH_3COONa + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underbrace{CH_3{-}CH_3\uparrow + 2CO_2\uparrow}_{\text{анод}} + \underbrace{2NaOH + H_2\uparrow}_{\text{катод}}.$$

По условию, на катоде выделилось 2 л газа, следовательно, на аноде за это время выделилось 2 л этана и 4 л $CO_2$, всего 6 л газов.

*Ответ*: 6 л.

**5.** Произведение растворимости ПР – это константа равновесия диссоциации труднорастворимого электролита в насыщенном растворе, представляющая собой произведение равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\underset{a}{Sr(OH)_2} \rightleftarrows \underset{a}{Sr^{2+}} + \underset{2a}{2OH^-}.$$

$$ПР(Sr(OH)_2) = [Sr^{2+}][OH^-]^2 = a \cdot (2a)^2.$$

В условии задачи дана равновесная концентрация $Sr(OH)_2$ в насыщенном водном растворе 0.86 г (0.86 / 122 = 0.007 моль) на 100 мл раствора, значит, молярная концентрация гидроксида стронция

$$c(Sr(OH)_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.007}{0.1} = 7.0\cdot10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Равновесные концентрации ионов $Sr^{2+}$ и $OH^-$ составляют $7.0\cdot10^{-2}$ и $1.4\cdot10^{-1}$ моль/л соответственно. Тогда произведение растворимости равно

$$ПР(Sr(OH)_2) = [Sr^{2+}][OH^-]^2 = 7.0\cdot10^{-2} \cdot (1.4\cdot10^{-1})^2 = 1.4\cdot10^{-3} \text{ моль}^3/\text{л}^3.$$

Зная молярную концентрацию гидроксид-ионов, через ионное произведение воды рассчитаем концентрацию ионов водорода и pH раствора:

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{1.4\cdot10^{-1}} = 7.1\cdot10^{-14};$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(7.1\cdot10^{-14}) = 13.15.$$

*Ответ*: $ПР(Sr(OH)_2) = 1.4\cdot10^{-3}$ моль$^3$/л$^3$; pH = 13.15.

**6.** 1) $K_2Cr_2O_7 + 14HBr \rightarrow 2KBr + 2CrBr_3 + 3Br_2 + 7H_2O$;

2) $CH{\equiv}C{-}CH_3 + 2HBr \rightarrow CH_3{-}CBr_2{-}CH_3$;

3) $CH_3NH_2 + HBr \rightarrow CH_3NH_3Br\downarrow$;

4) $2HBr + H_2SO_4(конц) \rightarrow Br_2 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

5) $CH{\equiv}C{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_2{=}CHBr{-}CH_3$.

**7.** а) $2ZnS + 3O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2ZnO + 2SO_2\uparrow$,

$5SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4$,

вещество **X** – $SO_2$;

б) $ZnS + 4H_2SO_4(конц) \xrightarrow{t^\circ} ZnSO_4 + 4SO_2\uparrow + 4H_2O$,

$2KOH + ZnSO_4 \rightarrow Zn(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$ или

$ZnSO_4 + K_2S \rightarrow ZnS\downarrow + K_2SO_4$,

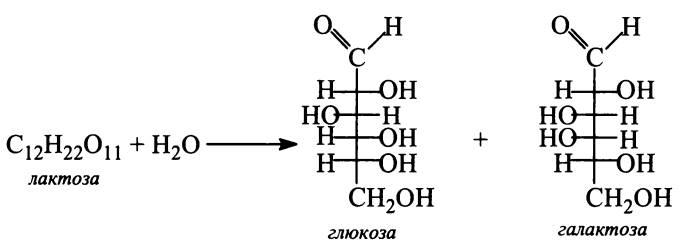
вещество **X** – $SO_2$;

в) $ZnS + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2S\uparrow$,

$5H_2S + 8KMnO_4 + 7H_2SO_4 \rightarrow 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 12H_2O$,

вещество **X** – $H_2S$.

**8.** Продукты гидролиза дисахарида *лактозы*, альдозы *глюкоза* и *галактоза* $C_6H_{12}O_6$, являющиеся диастереомерами, образуются в равных количествах:



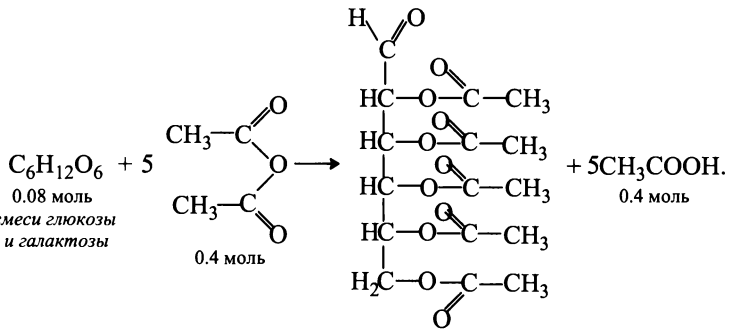

Из уравнения реакции видно, что увеличение массы продуктов по сравнению с исходным дисахаридом происходит за счет вступившей в реакцию воды. Определив количество воды, мы узнаем количества дисахарида и, соответственно, продуктов реакции:

$$\nu(H_2O) = 0.72 / 18 = 0.04 \text{ моль} = \nu(\text{глюкозы}) = \nu(\text{галактозы}).$$

Найдем количество введенного в реакцию уксусного ангидрида:

$$\nu((C_2H_3O)_2O) = 51 / 102 = 0.5 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение реакции продуктов гидролиза – глюкозы и галактозы – с уксусным ангидридом:




Поскольку и глюкоза, и галактоза содержат по 5 гидроксильных групп, на образование их сложных эфиров будет затрачено ангидрида

$$\nu(\text{ангидрида}) = (0.04 + 0.04) \cdot 5 = 0.4 \text{ моль},$$

и образуется 0.4 моль уксусной кислоты. Кроме того, избыток уксусного ангидрида составляет 0.5 – 0.4 == 0.1 моль.

Реакции нейтрализации:

$$\underset{0.4}{CH_3COOH} + \underset{0.4}{NaOH} \rightarrow CH_3COONa + H_2O;$$

$$\underset{0.1}{(CH_3CO)_2O} + \underset{0.2}{2NaOH} \rightarrow 2CH_3COONa + H_2O,$$

из которых видно, что всего необходимо 0.4 + 0.2 = 0.6 моль NaOH.

Рассчитаем массу и объем 10%-ного раствора NaOH, содержащего 0.6 моль NaOH:

$$m(\text{раствора}) = 0.6 \cdot 40 / 0.1 = 240 \text{ г};$$

$$V = m / \rho = 240 / 1.11 = 216.2 \text{ мл}.$$

*Ответ*: 216.2 мл.

**9.** 1) Нейтрализация уксусной кислоты гидроксидом кальция:

$$\underset{\mathbf{A}}{2CH_3COOH} + Ca(OH)_2 \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{(CH_3COO)_2Ca} + 2H_2O.$$

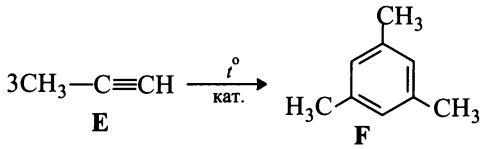
2) Прокаливание ацетата кальция:

$$\underset{\mathbf{B}}{(CH_3COO)_2Ca} \xrightarrow{t^\circ} CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + CaCO_3.$$
$$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad \mathbf{C}$$

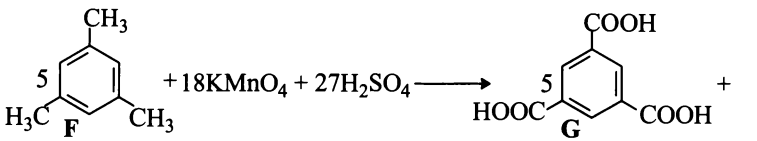
3) $\underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}C(O){-}CH_3} + PCl_5 \xrightarrow{t^\circ} \underset{\mathbf{D}}{CH_3{-}CCl_2{-}CH_3} + POCl_3.$

4) $\underset{\mathbf{D}}{CH_3{-}CCl_2{-}CH_3} + 2NaOH(\text{спирт. р-р}) \rightarrow \underset{\mathbf{E}}{CH_3{-}C{\equiv}CH} +$
$\qquad + 2NaCl + 2H_2O.$

5) Тримеризация пропина:



6) Окисление триметилбензола:



$$+18MnSO_4 + 9K_2SO_4 + 42H_2O.$$

7) $CH_3{-}C{\equiv}CH + NaNH_2 \rightarrow CH_3{-}C{\equiv}C{-}Na + NH_3\uparrow$.
**E** **H**

8) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}Na + CH_3I \rightarrow CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + NaI$.
**H** **I**

**10.** Пусть в исходной газовой смеси содержалось $x$ моль $SO_2$ и $y$ моль $NO_2$, тогда средняя молярная масса смеси равна

$$M_{ср} = \frac{64x + 46y}{x + y} \text{ г/моль.}$$

С другой стороны, по условию задачи:

$$M_{ср} = 3.25 \cdot 16 = 52 \text{ г/моль,}$$

значит,

$$\frac{64x + 46y}{x + y} = 52,$$

отсюда получаем $y = 2x$. При пропускании смеси через избыток водного раствора перманганата протекают реакции:

$$\underset{x}{5SO_2} + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow \underset{0.4x}{2H_2SO_4} + \underset{0.2x}{K_2SO_4} + \underset{0.4x}{2MnSO_4};$$

$$\underset{2x}{5NO_2} + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \underset{0.8x}{2HNO_3} + \underset{0.4x}{KNO_3} + \underset{0.4x}{Mn(NO_3)_2}.$$

По условию задачи, массовая доля $HNO_3$ составляет 0.126, т.е.

$$\omega(HNO_3) = m(HNO_3) / m(\text{раствора}) = \frac{0.8x \cdot 63}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.126.$$

В условии задачи не дана масса раствора, однако из выражения массовой доли мы можем вычислить соотношение:

$$\frac{x}{m(\text{р}-\text{ра})} = \frac{0.126}{0.8 \cdot 63} = 0.0025,$$

которое позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе:

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 98}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.0025 \cdot 98 = 0.098;$$

$$\omega(K_2SO_4) = m(K_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2x \cdot 174}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.2 \cdot 0.0025 \cdot 174 = 0.087;$$

$$\omega(MnSO_4) = m(MnSO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 151}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.0025 \cdot 151 = 0.151;$$

$$\omega(KNO_3) = m(KNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 101}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.0025 \cdot 101 = 0.101;$$

$$\omega(Mn(NO_3)_2) = m(Mn(NO_3)_2) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 179}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.179.$$

*Ответ*: $\omega(H_2SO_4) = 0.098$; $\omega(K_2SO_4) = 0.087$; $\omega(MnSO_4) = 0.151$; $\omega(KNO_3) = 0.101$; $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0.179$.

## Вариант МБ-2009-2

**1.** По 18 электронов имеют ионы $S^{2-}$, $Cl^-$, $K^+$, $Ca^{2+}$. Из них 17 протонов содержит ион $Cl^-$, а ион $Ca^{2+}$ имеет на 3 протона больше. Искомая формула $CaCl_2$.

*Ответ*: $CaCl_2$.

**2.** Рассчитаем мольные (объемные) доли газов. Для этого рассмотрим 1 моль смеси. Пусть $\nu(CO) = x$ моль, а $\nu(CO_2) = (1 - x)$ моль. Масса кислорода в смеси:

$$m(O) = 16x + 2 \cdot 16 \cdot (1 - x) = 32 - 16x \text{ г};$$

масса углерода

$$m(C) = 12x + 12(1 - x) = 12 \text{ г}.$$

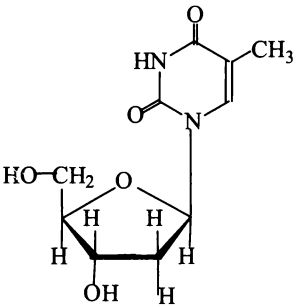
По условию, отношение $m(O) / m(C) = 2$, откуда $x = 0.5$. Мольная (и объемная) доля CO в смеси равна 0.5, отсюда

$$V(CO) = V(\text{смеси}) \cdot \varphi(CO) = 5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ л}.$$

*Ответ*: 2.5 л.

**3.** Молекулы *нуклеозидов* состоят из остатка пуринового (аденин $C_5H_5N_5$, гуанин $C_5H_5N_5O$) или пиримидинового (урацил $C_4H_4N_2O$, тимин $C_5H_6N_2O_2$ или цитозин $C_4N_3H_5O$) основания, связанного с остатком моно-

сахарида – рибозы $C_5H_{10}O_5$ или дезоксирибозы $C_5H_{10}O_4$. Условию задачи отвечает *тимидин*:



*Ответ*: нуклеозид тимидин $C_{10}H_{14}N_2O_5$.

**4.** При электролизе растворов солей органических кислот на *аноде* окисляются анионы $RCOO^-$:

$$2RCOO^- - 2e \rightarrow R{-}R + 2CO_2\uparrow,$$

а на *катоде* восстанавливаются ионы $H^+$:

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow.$$

Суммарно реакцию электролиза раствора пропионата калия можно записать так:

$$2C_2H_5COOK + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\text{анод}}{C_2H_5{-}C_2H_5\uparrow} + 2CO_2\uparrow + 2KOH + \underset{\text{катод}}{H_2\uparrow}.$$

По условию задачи, на аноде выделилось 3 л газов, следовательно, на катоде за это время выделился 1 л водорода.

*Ответ*: 1 л.

**5.** Произведение растворимости ПР – это константа равновесия диссоциации труднорастворимого электролита в насыщенном растворе, представляющая собой произведение равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\underset{a}{Ca(OH)_2} \rightleftarrows \underset{a}{Ca^{2+}} + \underset{2a}{2OH^-}.$$

$$ПР(Ca(OH)_2) = [Ca^{2+}][OH^-]^2 = a \cdot (2a)^2.$$

В условии задачи дана равновесная концентрация $Ca(OH)_2$ в насыщенном водном растворе 0.082 г (0.082 / 74 = 0.0011 моль) на 100 мл раствора, значит, молярная концентрация гидроксида кальция

$$c(Ca(OH)_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{0.0011}{0.1} = 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ моль/л}.$$

Равновесные концентрации ионов $Ca^{2+}$ и $OH^-$ составляют $1.1\cdot10^{-2}$ и $2.2\cdot10^{-2}$ моль/л соответственно. Тогда произведение растворимости равно

$$ПР(Ca(OH)_2) = [Ca^{2+}][OH^-]^2 = 1.1\cdot10^{-2}\cdot(2.2\cdot10^{-2})^2 = 5.3\cdot10^{-6}\ моль^3/л^3.$$

Зная молярную концентрацию гидроксид-ионов, через ионное произведение воды рассчитаем концентрацию ионов водорода и pH раствора:

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2.2\cdot10^{-2}} = 4.55\cdot10^{-13};$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(4.55\cdot10^{-13}) = 12.34.$$

*Ответ*: $ПР(Ca(OH)_2) = 5.3\cdot10^{-6}$ моль$^3$/л$^3$; pH = 12.34.

**6.** 1) $NH_3 + HBr \rightarrow NH_4Br\downarrow$;

2) $Cl_2 + 2HBr \rightarrow Br_2 + 2HCl$;

3) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CHBr{-}CH_3$;

4) $CH_2{=}CH{-}CH_3 + HBr \rightarrow CH_3{-}CH_2{-}CH_2Br$ (в присутствии перекисей R–O–O–R);

5) $C_2H_5OH + HBr \rightarrow CH_3CH_2Br + H_2O$.

**7.** а) $P_2O_3 + 3C \xrightarrow{t^\circ} 2P + 3CO\uparrow$,

$2P + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2H_3PO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4$,

вещество **X** – P;

б) $P_2O_3 + O_2 \xrightarrow{t^\circ} P_2O_5$,

$P_2O_5 + 3H_2O(изб.) \rightarrow 2H_3PO_4$,

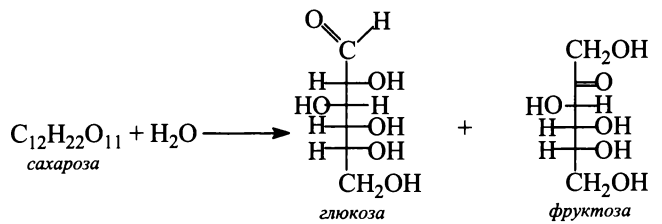
вещество **X** – $P_2O_5$;

в) $P_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_3$,

$5H_3PO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5H_3PO_4 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$,

вещество **X** – $H_3PO_3$.

**8.** Продукты гидролиза дисахарида *сахарозы*, альдоза *глюкоза* и кетоза *фруктоза* $C_6H_{12}O_6$, являющиеся изомерами, образуются в равных количествах:




Из уравнения реакции видно, что увеличение массы продуктов по сравнению с исходным дисахаридом происходит за счет вступившей в

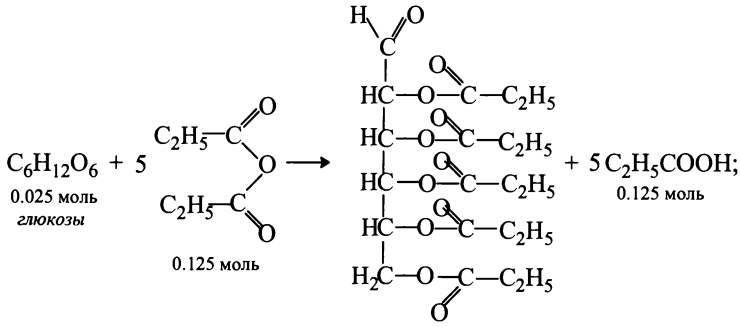
реакцию воды. Определив количество воды, мы узнаем количество дисахарида и, соответственно, продуктов реакции:

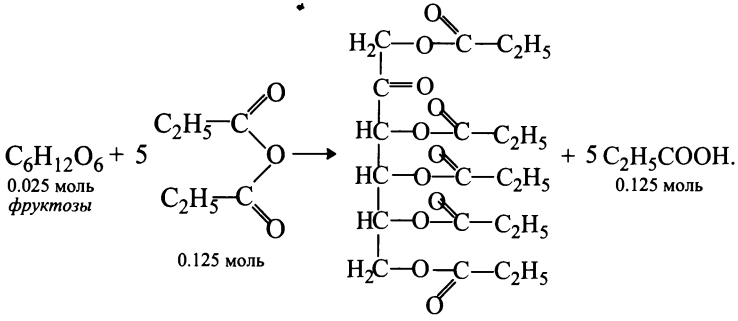
$$\nu(H_2O) = 0.45 / 18 = 0.025 \text{ моль} = \nu(\text{глюкозы}) = \nu(\text{фруктозы}).$$

Найдем количество введенного в реакцию пропионового ангидрида:

$$\nu((C_2H_5CO)_2O) = 39 / 130 = 0.3 \text{ моль}.$$

Запишем уравнения реакций продуктов гидролиза – глюкозы и фруктозы – с пропионовым ангидридом:




Поскольку и глюкоза, и фруктоза содержат по 5 гидроксильных групп, на образование их сложных эфиров затрачено ангидрида

$$\nu(\text{ангидрида}) = (0.025 + 0.025) \cdot 5 = 0.25 \text{ моль},$$

при этом образуется 0.25 моль пропионовой кислоты. Кроме того, избыток ангидрида составляет $0.3 - 0.25 = 0.05$ моль.

Реакции нейтрализации:

$$\underset{0.25}{C_2H_5COOH} + NaOH \rightarrow \underset{0.25}{C_2H_5COONa} + H_2O;$$

$$\underset{0.05}{(C_2H_5CO)_2O} + 2NaOH \rightarrow \underset{0.1}{2C_2H_5COONa} + H_2O,$$

из которых видно, что всего необходимо $0.25 + 0.1 = 0.35$ моль NaOH.

Рассчитаем массу и объем 5%-ного раствора NaOH, содержащего 0.35 моль NaOH:

$$m(\text{раствора}) = 0.35 \cdot 40 / 0.05 = 280 \text{ г};$$

$$V(\text{раствора}) = m / \rho = 280 / 1.05 = 266.7 \text{ мл}.$$

*Ответ*: 266.7 мл.

**9.** 1) $\underset{\mathbf{A}}{C_2H_5OH} + HBr \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{C_2H_5Br} + H_2O;$

2) реакция Вюрца:

$$\underset{\mathbf{B}}{2C_2H_5Br} + 2Na \rightarrow \underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3} + 2NaBr;$$

3) $\underset{\mathbf{C}}{2C_4H_{10}} + 5O_2 \xrightarrow{t^o,\text{кат}} \underset{\mathbf{D}}{4CH_3COOH} + 2H_2O;$

4) этерификация:

$$\underset{\mathbf{D}}{CH_3COOH} + CH_3OH \xrightarrow{H^+} \underset{\mathbf{E}}{CH_3COOCH_3} + H_2O;$$

5) щелочной гидролиз сложного эфира:

$$\underset{\mathbf{E}}{2CH_3COOCH_3} + Ca(OH)_2(\text{водн.р-р}) \rightarrow \underset{\mathbf{F}}{(CH_3COO)_2Ca} + 2CH_3OH;$$

6) прокаливание ацетата кальция:

$$\underset{\mathbf{F}}{(CH_3COO)_2Ca} \xrightarrow{t^o} CH_3{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}{-}CH_3 + CaCO_3;$$

$\mathbf{G}$

7) $\underset{\mathbf{E}}{CH_3COOCH_3} + NaOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow \underset{\mathbf{H}}{CH_3COONa} + CH_3OH;$

8) $\underset{\mathbf{H}}{CH_3COONa} + C_2H_5I \rightarrow \underset{\mathbf{I}}{CH_3{-}COOC_2H_5} + NaI.$

**10.** Пусть в исходной газовой смеси содержалось $x$ моль $SO_2$ и $y$ моль $NO_2$; тогда средняя молярная масса смеси равна

$$M_{\text{ср}} = \frac{64x + 46y}{x + y} \text{ г/моль}.$$

С другой стороны, по условию задачи,

$$M_{\text{ср}} = 1.25 \cdot 44 = 55 \text{ г/моль};$$

значит,

$$\frac{64x + 46y}{x + y} = 55;$$

отсюда получаем $y = x$.

При пропускании смеси через избыток водного раствора перманганата протекают реакции:

$$\underset{x}{5SO_2} + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow \underset{0.4x}{2H_2SO_4} + \underset{0.2x}{K_2SO_4} + \underset{0.4x}{2MnSO_4};$$

$$\underset{x}{5NO_2} + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \underset{0.4x}{2HNO_3} + \underset{0.2x}{KNO_3} + \underset{0.2x}{Mn(NO_3)_2}.$$

По условию задачи, массовая доля $H_2SO_4$ составляет 0.0392, т.е.

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 98}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.0392.$$

В условии задачи не дана масса раствора, однако мы можем вычислить соотношение:

$$\frac{x}{m(\text{р}-\text{ра})} = \frac{0.0392}{0.4 \cdot 98} = 0.001,$$

которое позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе:

$$\omega(K_2SO_4) = m(K_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2x \cdot 174}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.2 \cdot 0.001 \cdot 174 = 0.0348;$$

$$\omega(MnSO_4) = m(MnSO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 151}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.001 \cdot 151 = 0.0604;$$

$$\omega(HNO_3) = m(HNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 63}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.001 \cdot 63 = 0.0252;$$

$$\omega(KNO_3) = m(KNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2x \cdot 101}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.2 \cdot 0.001 \cdot 101 = 0.0202;$$

$$\omega(Mn(NO_3)_2) = m(Mn(NO_3)_2) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2x \cdot 179}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.0358.$$

*Ответ*: $\omega(K_2SO_4) = 0.0348$; $\omega(MnSO_4) = 0.0604$; $\omega(HNO_3) = 0.0252$; $\omega(KNO_3) = 0.0202$; $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0.0358$.

## Вариант МБ-2009-3

**1.** По 10 электронов имеют ионы $O^{2-}$, $F^-$, $Na^+$, $Mg^{2+}$, $Al^{3+}$. Из них 12 протонов содержит ион $Mg^{2+}$, а ион $F^-$ имеет на 3 протона меньше. Искомая формула $MgF_2$.

*Ответ*: $MgF_2$.

**2.** Рассчитаем мольные (объемные) доли газов. Для этого рассмотрим 1 моль смеси. Пусть $\nu(NO) = x$ моль, а $\nu(NO_2) = (1 - x)$ моль. Масса кислорода в смеси:

$$m(O) = 16x + 2 \cdot 16 \cdot (1 - x) = 32 - 16x \text{ г};$$

масса азота:

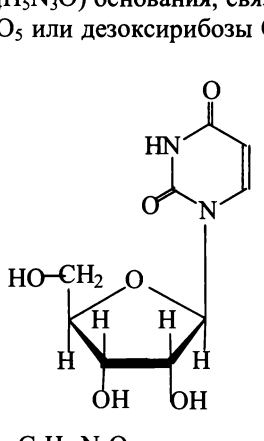
$$m(N) = 14x + 14(1 - x) = 14 \text{ г}.$$

По условию, соотношение $m(O) / m(N) = 2$, откуда $x = 0.25$. Мольная (и объемная) доля NO в смеси равна 0.25. Отсюда

$$V(NO) = V(\text{смеси}) \cdot \varphi(NO) = 8 \cdot 0.25 = 2 \text{ л}.$$

*Ответ*: 2 л.

**3.** Молекулы *нуклеозидов* состоят из остатка пуринового (аденин $C_5H_5N_5$, гуанин $C_5H_5N_5O$) или пиримидинового (урацил $C_4H_4N_2O$, тимин $C_5H_6N_2O_2$ или цитозин $C_4H_5N_3O$) основания, связанного с остатком моносахарида – рибозы $C_5H_{10}O_5$ или дезоксирибозы $C_5H_{10}O_4$. Условию задачи отвечает *уридин*:



*Ответ*: нуклеозид уридин $C_9H_{12}N_2O_6$.

**4.** При электролизе растворов солей органических кислот на *аноде* окисляются анионы $RCOO^-$:

$$2RCOO^- - 2e \rightarrow R\text{–}R + 2CO_2\uparrow,$$

а на *катоде* восстанавливаются ионы $H^+$:

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow.$$

Суммарно реакцию электролиза раствора ацетата калия можно записать так:

$$2CH_3COOK + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underbrace{CH_3\text{–}CH_3\uparrow + 2CO_2\uparrow}_{\text{анод}} + 2KOH + \underbrace{H_2\uparrow}_{\text{катод}}.$$

По условию задачи, на аноде выделилось 12 л газов, следовательно, на катоде за это время выделилось 4 л водорода.

*Ответ*: 4 л.

**5.** Произведение растворимости ПР – это константа равновесия диссоциации труднорастворимого электролита в насыщенном растворе, представляющая собой произведение равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\underset{a}{Mg(OH)_2} \rightleftarrows \underset{a}{Mg^{2+}} + \underset{2a}{2OH^-}.$$

$$ПР(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = a \cdot (2a)^2.$$

В условии задачи дана равновесная концентрация $Mg(OH)_2$ в насыщенном водном растворе 0.0008 г (0.0008 / 58 = $1.38 \cdot 10^{-5}$ моль) на 100 мл раствора, значит, молярная концентрация гидроксида магния

$$c(Mg(OH)_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{1.38 \cdot 10^{-5}}{0.1} = 1.38 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}.$$

Равновесные концентрации ионов $Mg^{2+}$ и $OH^-$ составляют $1.38 \cdot 10^{-4}$ и $2.76 \cdot 10^{-4}$ моль/л соответственно. Тогда произведение растворимости:

$$ПР(Mg(OH)_2) = [Mg^{2+}][OH^-]^2 = 1.38 \cdot 10^{-4} \cdot (2.76 \cdot 10^{-4})^2 = 1.05 \cdot 10^{-11} \text{ моль}^3/\text{л}^3.$$

Зная молярную концентрацию гидроксид-ионов, через ионное произведение воды рассчитаем концентрацию ионов водорода и pH раствора:

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2.76 \cdot 10^{-4}} = 3.6 \cdot 10^{-11};$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(3.6 \cdot 10^{-11}) = 10.44.$$

*Ответ*: $ПР(Mg(OH)_2) = 1.05 \cdot 10^{-11}$ моль$^3$/л$^3$; pH = 10.44.

**6.** 1) $MnO_2 + 4HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $KClO_3 + 6HCl \rightarrow KCl + 3Cl_2\uparrow + 3H_2O$;

3) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + HCl \xrightarrow{\text{кат}} CH_3{-}CH{=}CCl{-}CH_3$;

4) $CH_3{-}C{\equiv}C{-}CH_3 + 2HCl \xrightarrow{\text{кат}} CH_3{-}CH_2{-}CCl_2{-}CH_3$;

5) $C_6H_5{-}NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3^+Cl^-$.

**7.** а) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$ или

$2Mg + SO_2 \xrightarrow{t^\circ} S + 2MgO$ и т.п.;

$5S + 6KMnO_4 + 4H_2SO_4 \rightarrow 6MnSO_4 + 3K_2SO_4 + 4H_2O$;

вещество **X** – S.

б) $2SO_2 + O_2 \xrightarrow{\text{кат}, p, t^\circ} 2SO_3$;

$2KOH + SO_3 \rightarrow K_2SO_4 + H_2O$;

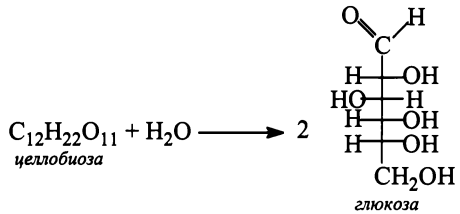
вещество **X** – $SO_3$.

в) $2KOH + SO_2 \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$;

$$5K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 6K_2SO_4 + 3H_2O;$$

вещество **X** – $K_2SO_3$.

**8.** Продуктом гидролиза дисахарида *целлобиозы* является *глюкоза*, которая образуется в количестве, в два раза большем, чем количество целлобиозы:




Из уравнения реакции видно, что увеличение массы продуктов по сравнению с исходным дисахаридом происходит за счет воды. Определив количество воды, мы узнаем количество дисахарида и, соответственно, продукта реакции:

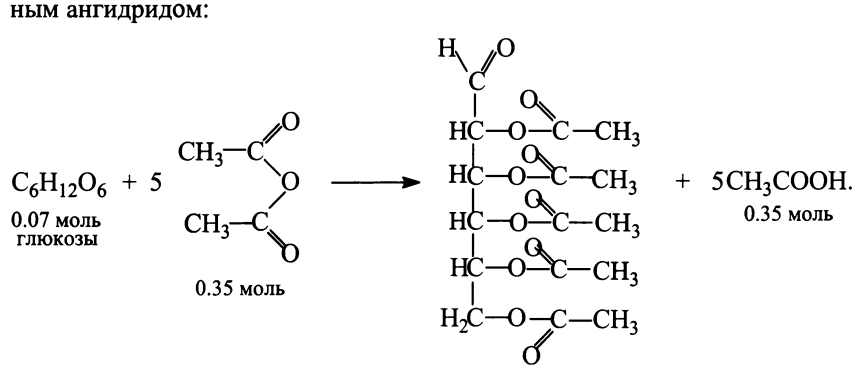
$$\nu(H_2O) = 0.63 / 18 = 0.035 \text{ моль} = \nu(\text{целлобиозы});$$

$$\nu(\text{глюкозы}) = 0.035 \cdot 2 = 0.07 \text{ моль}.$$

Найдем количество введенного в реакцию уксусного ангидрида:

$$\nu((C_2H_3O)_2O) = 40.8 / 102 = 0.4 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение реакции продукта гидролиза – глюкозы – с уксусным ангидридом:




Поскольку молекула глюкозы содержит 5 гидроксильных групп, на образование сложного эфира будет затрачено ангидрида

$$\nu(\text{ангидрида}) = 0.07 \cdot 5 = 0.35 \text{ моль},$$

при этом образуется 0.35 моль уксусной кислоты. Кроме того, избыток ангидрида составляет 0.4 – 0.35 = 0.05 моль.

Реакции нейтрализации:

$$\underset{0.35}{CH_3COOH} + \underset{0.35}{KOH} \rightarrow CH_3COOK + H_2O;$$

$$\underset{0.05}{(C_2H_3O)_2O} + \underset{0.1}{2KOH} \rightarrow 2CH_3COOK + H_2O,$$

из которых видно, что всего необходимо 0.35 + 0.1 = 0.45 моль KOH.

Рассчитаем массу и объем 10%-ного раствора KOH, содержащего 0.45 моль KOH:

$$m(\text{р-ра}) = 0.45 \cdot 56 / 0.1 = 252 \text{ г};$$

$$V(\text{р-ра}) = m / \rho = 252 / 1.09 = 231.2 \text{ мл}.$$

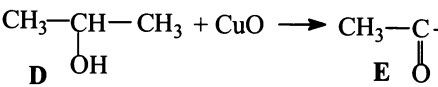
*Ответ*: 231.2 мл.

**9.** 1) $\underset{\mathbf{A}}{CH_3{-}CH{=}CH_2} + HBr \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{CH_3{-}CHBr{-}CH_3};$

2) $\underset{\mathbf{B}}{CH_3{-}CHBr{-}CH_3} + 2NH_3(\text{изб.}) \xrightarrow{p,t^\circ} \underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}CH(NH_2){-}CH_3} + NH_4Br;$

3) $\underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}CH(NH_2){-}CH_3} + NaNO_2 + HCl \rightarrow \underset{\mathbf{D}}{CH_3{-}CH(OH){-}CH_3} + N_2\uparrow +$
$+ NaCl + H_2O;$

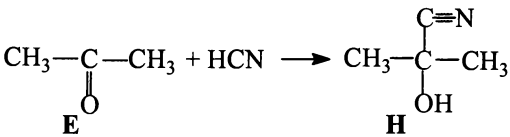
4) мягкое окисление спирта до кетона



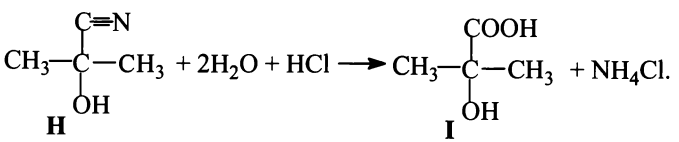
5) $\underset{\mathbf{E}}{5C_3H_6O} + 8KMnO_4 + 12H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} \underset{\mathbf{F}}{5CH_3COOH} + 5CO_2\uparrow +$
$+ 8MnSO_4 + 4K_2SO_4 + 17H_2O;$

6) $\underset{\mathbf{F}}{CH_3COOH} + CH_3OH \rightleftarrows \underset{\mathbf{G}}{CH_3COOCH_3} + H_2O;$

7) присоединение HCN к карбонильной группе:



8) гидролиз нитрила с образованием гидроксикислоты:



Другой вариант решения этой задачи:

1) $\underset{\mathbf{A}}{CH_3–CH=CH_2} + HBr \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{CH_3–CH_2–CH_2Br}$ (в присутствии перекисей R–O–O–R);

2) $\underset{\mathbf{B}}{CH_3–CH_2–CH_2Br} + 2NH_3(\text{изб.}) \xrightarrow{p,t^\circ} \underset{\mathbf{C}}{CH_3–CH_2–CH_2–NH_2} + NH_4Br;$

3) $\underset{\mathbf{C}}{CH_3–CH_2–CH_2–NH_2} + NaNO_2 + HCl \rightarrow \underset{\mathbf{D}}{CH_3–CH_2–CH_2–OH} + N_2\uparrow +$
$+ NaCl + H_2O;$

4) мягкое окисление первичного спирта:

$$\underset{\mathbf{D}}{CH_3—CH_2—CH_2OH} + CuO \xrightarrow{t^\circ} \underset{\mathbf{E}}{CH_3—CH_2—C(=O)H} + Cu + H_2O;$$

5) $\underset{\mathbf{E}}{CH_3–CH_2–CHO} + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} \underset{\mathbf{F}}{CH_3CH_2COONH_4} + 2Ag\downarrow$
$+ 3NH_3 + 2H_2O;$

6) $\underset{\mathbf{F}}{CH_3CH_2COONH_4} + HBr \rightarrow \underset{\mathbf{G}}{CH_3CH_2COOH} + NH_4Br;$

7) присоединение HCN к карбонильной группе:

$$\underset{\mathbf{E}}{CH_3—CH_2—C(=O)H} + HCN \longrightarrow \underset{\mathbf{H}}{CH_3—CH_2—CH(OH)—C\equiv N};$$

8) гидролиз нитрила:

$$\underset{\mathbf{H}}{CH_3—CH_2—CH(OH)—C\equiv N} + 2H_2O + HCl \longrightarrow \underset{\mathbf{I}}{CH_3—CH_2—CH(OH)—COOH} + NH_4Cl.$$

**10.** Пусть в исходной газовой смеси содержалось $x$ моль $SO_2$ и $y$ моль $NO_2$, тогда средняя молярная масса смеси равна

$$M_{\text{ср}} = \frac{64x + 46y}{x + y} \text{ г/моль.}$$

С другой стороны, $M_{ср} = 2.9 \cdot 20 = 58$ г/моль. Значит,

$$\frac{64x + 46y}{x + y} = 58,$$

отсюда получаем $2y = x$.

При пропускании смеси через избыток водного раствора перманганата протекают реакции:

$$\underset{2y}{5SO_2} + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow \underset{0.8y}{2H_2SO_4} + \underset{0.4y}{K_2SO_4} + \underset{0.8y}{2MnSO_4};$$

$$\underset{y}{5NO_2} + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \underset{0.4y}{2HNO_3} + \underset{0.2y}{KNO_3} + \underset{0.2y}{Mn(NO_3)_2}.$$

По условию задачи, массовая доля $KNO_3$ составляет 0.0404, т.е.:

$$\omega(KNO_3) = m(KNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2y \cdot 101}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.0404.$$

В условии задачи не дана масса раствора, однако мы можем вычислить соотношение:

$$\frac{y}{m(\text{р}-\text{ра})} = \frac{0.0404}{0.2 \cdot 101} = 0.002,$$

которое позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе:

$$\omega(K_2SO_4) = m(K_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4y \cdot 174}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.002 \cdot 174 = 0.1392;$$

$$\omega(MnSO_4) = m(MnSO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.8y \cdot 151}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.8 \cdot 0.002 \cdot 151 = 0.2416;$$

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.8y \cdot 98}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.8 \cdot 0.002 \cdot 98 = 0.1568;$$

$$\omega(HNO_3) = m(HNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4y \cdot 63}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.002 \cdot 63 = 0.0504;$$

$$\omega(Mn(NO_3)_2) = m(Mn(NO_3)_2) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2y \cdot 179}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.0716.$$

*Ответ*: $\omega(K_2SO_4) = 0.1392$; $\omega(MnSO_4) = 0.2416$; $\omega(H_2SO_4) = 0.1568$; $\omega(HNO_3) = 0.0504$; $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0.0716$.

## Вариант МБ-2009-4

**1.** По 18 электронов имеют ионы $S^{2-}$, $Cl^-$, $K^+$, $Ca^{2+}$. Из них 19 протонов содержит ион $K^+$, а ион $S^{2-}$ имеет на 3 протона меньше. Искомая формула – $K_2S$.

*Ответ*: $K_2S$.

**2.** Рассчитаем мольные (объемные) доли газов. Рассмотрим 1 моль смеси. Пусть $\nu(NO) = x$ моль, а $\nu(N_2O) = 1 - x$ моль. Масса кислорода в смеси:

$$m(O) = 16x + 16 \cdot (1 - x) = 16 \text{ г};$$

масса азота

$$m(\text{N}) = 14x + 14 \cdot 2 \cdot (1 - x) = (28 - 14x)\ \text{г}.$$

По условию, $m(\text{O}) = m(\text{N})$

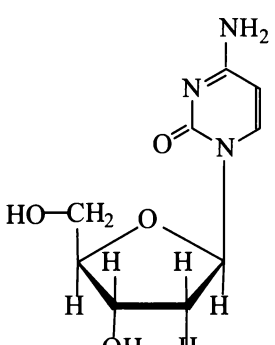
$$16 = 28 - 14x,$$

откуда $x = 0.857$ моль. Мольная (и объемная) доля NO в смеси равна 0.857. Отсюда

$$V(\text{NO}) = V(\text{смеси}) \cdot \varphi(\text{NO}) = 7 \cdot 0.857 = 6\ \text{л}.$$

*Ответ*: 6 л.

**3.** Молекулы *нуклеозидов* состоят из остатка пуринового (аденин $C_5H_5N_5$, гуанин $C_5H_5N_5O$) или пиримидинового (урацил $C_4H_4N_2O$, тимин $C_5H_6N_2O_2$ или цитозин $C_4H_5N_3O$) основания, связанного с остатком моносахарида – рибозы $C_5H_{10}O_5$ или дезоксирибозы $C_5H_{10}O_4$. Условию задачи отвечает *дезоксицитидин*:



*Ответ*: нуклеозид дезоксицитидин $C_9H_{13}N_3O_4$.

**4.** При электролизе растворов солей органических кислот на *аноде* окисляются анионы $RCOO^-$:

$$2RCOO^- - 2e \rightarrow R\text{–}R + 2CO_2\uparrow,$$

а на *катоде* восстанавливаются ионы $H^+$:

$$2H^+ + 2e \rightarrow H_2\uparrow.$$

Суммарно реакцию электролиза раствора пропионата натрия можно записать так:

$$2C_2H_5COONa + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underbrace{C_2H_5\text{–}C_2H_5\uparrow + 2CO_2\uparrow}_{\text{анод}} + \underbrace{2NaOH + H_2\uparrow}_{\text{катод}}.$$

По условию задачи, на катоде выделилось 6 л газов (водород), следовательно, на катоде за это время выделилось $6 \cdot 3 = 18$ л газов.

*Ответ*: 18 л.

**5.** Произведение растворимости ПР – это константа равновесия диссоциации труднорастворимого электролита в насыщенном растворе, представляющая собой произведение равновесных молярных концентраций образующихся при диссоциации ионов с учетом стехиометрических коэффициентов:

$$\underset{a}{Ba(OH)_2} \rightleftarrows \underset{a}{Ba^{2+}} + \underset{2a}{2OH^-}.$$

$$ПР(Ba(OH)_2) = [Ba^{2+}][OH^-]^2 = a \cdot (2a)^2.$$

В условии задачи дана равновесная концентрация $Ba(OH)_2$ в насыщенном водном растворе 1.85 г (1.85 / 171 = $1.08 \cdot 10^{-2}$ моль) на 100 мл раствора, значит, молярная концентрация

$$c(Ba(OH)_2) = \frac{\nu}{V} = \frac{1.08 \cdot 10^{-2}}{0.1} = 1.08 \cdot 10^{-1} \text{ моль/л}.$$

Равновесные концентрации ионов $Ba^{2+}$ и $OH^-$ составляют $1.08 \cdot 10^{-1}$ и $2.16 \cdot 10^{-1}$ моль/л соответственно. Тогда произведение растворимости равно

$$ПР(Ba(OH)_2) = [Ba^{2+}][OH^-]^2 = 1.08 \cdot 10^{-1} \cdot (2.16 \cdot 10^{-1})^2 =$$
$$= 5.04 \cdot 10^{-3} \text{ моль}^3/\text{л}^3.$$

Зная молярную концентрацию гидроксид-ионов, через ионное произведение воды рассчитаем концентрацию ионов водорода и pH раствора:

$$[H^+] = \frac{K_W}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{2.16 \cdot 10^{-1}} = 4.63 \cdot 10^{-13};$$

$$pH = -\lg[H^+] = -\lg(4.63 \cdot 10^{-13}) = 12.33.$$

*Ответ*: $ПР(Ba(OH)_2) = 5.04 \cdot 10^{-3}$ моль$^3$ /л$^3$; pH = 12.33.

**6.** 1) $K_2SO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + SO_2\uparrow + H_2O$;

2) $Fe + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2\uparrow$;

3) $2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 2KCl + 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 8H_2O$;

4) $CH{\equiv}CH + HCl \rightarrow CH_2{=}CHCl$;

5) $CH{\equiv}CH + 2HCl \rightarrow CH_3{-}CHCl_2$.

**7.** а) $4K_2Cr_2O_7 \xrightarrow{t^\circ} 4K_2CrO_4 + 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$;

$2K_2CrO_4 + 6KI + 8H_2O \rightarrow 3I_2\downarrow + 2K[Cr(OH)_4] + 8KOH$;

вещество **X** – $K_2CrO_4$.

б) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 2KCl + 3Cl_2\uparrow + 7H_2O$;

$CrCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4] + 3KCl$;

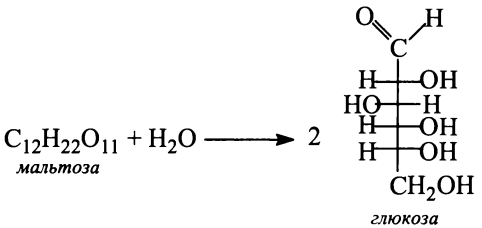
вещество **X** – $CrCl_3$.

в) $K_2Cr_2O_7 + 2KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + H_2O$;

$$2K_2CrO_4 + 3K_2SO_3 + 5H_2O \rightarrow 2K[Cr(OH)_4] + 3K_2SO_4 + 2KOH;$$

вещество **X** – $K_2CrO_4$.

**8.** Продуктом гидролиза дисахарида *мальтозы* является *глюкоза*, которая образуется в количестве, в два раза большем, чем количество мальтозы:




Из уравнения реакции видно, что увеличение массы продуктов по сравнению с исходным дисахаридом происходит за счет воды. Определив количество воды, мы узнаем количество дисахарида и, соответственно, продукта реакции:

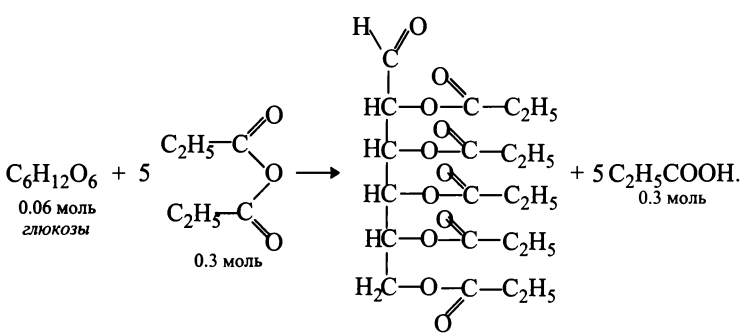
$$\nu(H_2O) = 0.54 / 18 = 0.03 \text{ моль} = \nu(\text{мальтозы});$$

$$\nu(\text{глюкозы}) = 0.03 \cdot 2 = 0.06 \text{ моль}.$$

Найдем количество введенного в реакцию пропионового ангидрида:

$$\nu((C_3H_5O)_2O) = 45.5 / 130 = 0.35 \text{ моль}.$$

Запишем уравнение реакции продукта гидролиза – глюкозы – с ангидридом:




Поскольку молекула глюкозы содержит 5 гидроксильных групп, на образование сложного эфира затрачено ангидрида

$$\nu(\text{ангидрида}) = 0.06 \cdot 5 = 0.3 \text{ моль},$$

при этом образуется 0.3 моль пропионовой кислоты. Кроме того, избыток ангидрида составляет 0.35 – 0.3 = 0.05 моль.

Реакции нейтрализации:

$$\underset{0.3}{CH_3CH_2COOH} + \underset{0.3}{KOH} \rightarrow CH_3CH_2COOK + H_2O;$$

$$\underset{0.05}{(C_3H_5O)_2O} + \underset{0.1}{2KOH} \rightarrow 2CH_3CH_2COOK + H_2O,$$

из которых видно, что всего необходимо 0.3 + 0.1 = 0.4 моль KOH.

Рассчитаем массу и объем 0.05%-ного раствора KOH, содержащего 0.4 моль KOH:

$$m(\text{раствора}) = 0.4 \cdot 56 / 0.05 = 448 \text{ г}$$

$$V(\text{раствора}) = m / \rho = 448 / 1.05 = 426.7 \text{ мл}.$$

*Ответ*: 426.7 мл.

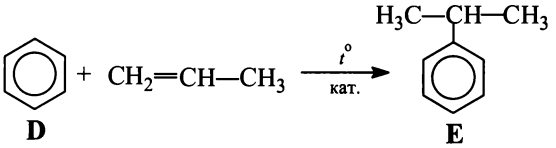
**9.** 1) $\underset{\mathbf{A}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH} + KOH \rightarrow \underset{\mathbf{B}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COOK} + H_2O;$

2) $\underset{\mathbf{B}}{2C_3H_7{-}COOK} + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3} +$

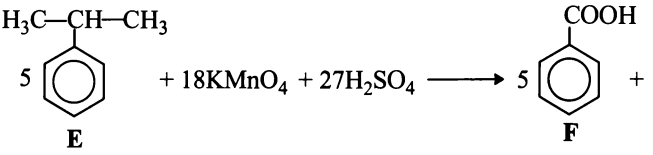
$$+ 2CO_2\uparrow + 2KOH + H_2\uparrow;$$

3) $\underset{\mathbf{C}}{CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3} \xrightarrow{t^o,\ \text{кат}} \underset{\mathbf{D}}{C_6H_6} + 4H_2\uparrow;$

4) алкилирование бензола пропеном

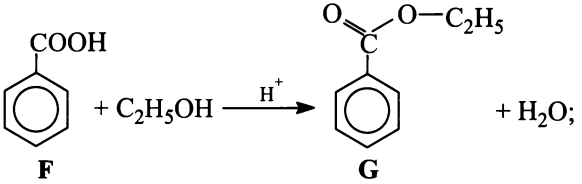



5) окисление кумола

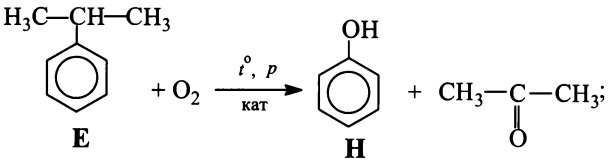



$$+ 10CO_2 + 9K_2SO_4 + 18MnSO_4 + 42H_2O;$$

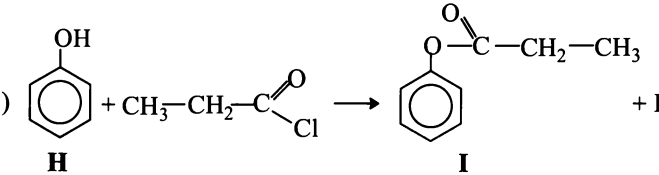
6) этерификация




7) кумольный способ получения фенола



**E** **H**



**H** **I**

**10.** Пусть в исходной газовой смеси содержалось $x$ моль $SO_2$ и $y$ моль $NO_2$, тогда средняя молярная масса смеси равна

$$M_{ср} = \frac{64x + 46y}{x + y} \text{ г/моль.}$$

С другой стороны, $M_{ср} = 1.33 \cdot 40 = 53.2$ г/моль. Значит,

$$\frac{64x + 46y}{x + y} = 53.2 \text{ г/моль,}$$

отсюда получаем $y = 1.5x$. При пропускании смеси через избыток водного раствора перманганата протекают реакции:

$$\underset{x}{5SO_2} + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow \underset{0.4x}{2H_2SO_4} + \underset{0.2x}{K_2SO_4} + \underset{0.4x}{2MnSO_4};$$

$$\underset{1.5x}{5NO_2} + KMnO_4 + H_2O \rightarrow \underset{0.6x}{2HNO_3} + \underset{0.3x}{KNO_3} + \underset{0.3x}{Mn(NO_3)_2}.$$

По условию задачи, массовая доля $K_2SO_4$ составляет 0.0696, т.е:

$$\omega(K_2SO_4) = m(K_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2x \cdot 174}{m(\text{р-ра})} = 0.0696.$$

В условии задачи нам не дана масса раствора, однако мы можем вычислить соотношение:

$$\frac{x}{m(\text{р-ра})} = \frac{0.0696}{0.2 \cdot 174} = 0.002,$$

которое позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе:

$$\omega(H_2SO_4) = m(H_2SO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 98}{m(\text{р-ра})} = 0.4 \cdot 0.002 \cdot 98 = 0.0784;$$

$$\omega(MnSO_4) = m(MnSO_4) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.4x \cdot 151}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.4 \cdot 0.002 \cdot 151 = 0.1208;$$

$$\omega(HNO_3) = m(HNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.6x \cdot 63}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.6 \cdot 0.002 \cdot 63 = 0.0756;$$

$$\omega(KNO_3) = m(KNO_3) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.3x \cdot 101}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.3 \cdot 0.002 \cdot 101 = 0.0606;$$

$$\omega(Mn(NO_3)_2) = m(Mn(NO_3)_2) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.3x \cdot 179}{m(\text{р}-\text{ра})} = 0.1074.$$

*Ответ*: $\omega(H_2SO_4) = 0.0784$; $\omega(MnSO_4) = 0.1208$; $\omega(HNO_3) = 0.0756$; $\omega(KNO_3) = 0.0606$; $\omega(Mn(NO_3)_2) = 0.1074$.

## Филиал химического факультета МГУ в Баку

### Вариант Баку-2009-1

**1.** Cl: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^5$.

Радиусы ионов в ряду $F^- \rightarrow Cl^- \rightarrow Br^-$ увеличиваются, т.к. растет число электронных оболочек.

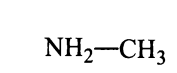
**2.** Реакция обмена:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O.$$

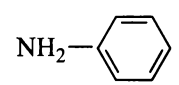
Реакция соединения:

$$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl.$$

**3.** Амины – представители органических оснований:



*метиламин*



*анилин*

Осно́вные свойства аминов определяются наличием неподеленной электронной пары у атома азота. Если у атома азота в молекуле амина есть донорный заместитель (например, метил $-CH_3$), то неподеленная электронная пара вследствие электростатического отталкивания располагается дальше от атома азота, и такой амин будет более сильным основанием, чем аммиак. Если же заместитель у азота акцепторный (фенил у анилина), амин будет обладать более слабыми основными свойствами, чем аммиак.

*Ответ*: метиламин – более сильное органическое основание, чем анилин.

**4.** Запишем уравнения реакций термического разложения нитрата натрия и перманганата калия:

$$2NaNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2NaNO_2 + O_2\uparrow;$$

$$2KMnO_4 \xrightarrow{t^\circ} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow.$$

Рассчитаем количества веществ $NaNO_3$ и $KMnO_4$:

$$\nu(NaNO_3) = m / M = 10 / 85 = 0.118 \text{ моль};$$
$$\nu(KMnO_4) = 20 / 158 = 0.128 \text{ моль}.$$

И в первой, и во второй реакции количество выделяющегося кислорода в два раза меньше количества соли, подвергающейся разложению. Следовательно, во второй реакции выделится бóльший объем кислорода.

*Ответ*: бóльший объем кислорода выделится при прокаливании 20 г перманганата калия.

**5.** Воспользуемся уравнением Аррениуса и определим энергию активации реакции:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{A\exp\left(-\frac{E_a}{RT_2}\right)}{A\exp\left(-\frac{E_a}{RT_1}\right)} = \exp\left(\frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1T_2}\right);$$

$$\ln\frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a(T_2 - T_1)}{RT_1T_2};$$

$$\ln\frac{4.5}{2.5} = 0.588 = \frac{E_a \cdot 15}{8.314 \cdot 298 \cdot 313};$$

$$E_a = 30400 \text{ Дж/моль}.$$

Зная величину энергии активации, мы можем получить значение константы скорости реакции при произвольной температуре:

$$k_3 = k_1\exp\left(\frac{E_a(T_3 - T_1)}{RT_1T_3}\right) = 2.5\exp\left(\frac{30400 \cdot (303 - 298)}{8.314 \cdot 303 \cdot 298}\right) = 3.06 \text{ мин}^{-1}.$$

*Ответ*: 3.06 $\text{мин}^{-1}$.

**6.** а) Водный раствор $CaCl_2$:

на аноде: $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$; на катоде: $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$;

суммарное уравнение электролиза:

$$CaCl_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + Ca(OH)_2 + Cl_2\uparrow.$$

б) Расплав $CaCl_2$:

на аноде: $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$; на катоде: $Ca^{2+} + 2e \rightarrow Ca$;

суммарное уравнение электролиза:

$$CaCl_2 \xrightarrow{\text{электролиз}} Ca + Cl_2\uparrow.$$

**7.** 1) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$ (спекание);

2) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$;

3) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$;

4) $SO_2 + 2KOH \rightarrow K_2SO_3 + H_2O$;

5) $5K_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 6K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$;

6) $K_2SO_4 + H_2SO_4 \rightarrow 2KHSO_4$.

**8.** 1) $3C_2H_2 \xrightarrow{C_{акт}, t^o} C_6H_6$ (тримеризация ацетилена);

2) $C_6H_6 + CH_3Cl \xrightarrow{AlCl_3} C_6H_5CH_3 + HCl$ (алкилирование бензола);

3) $C_6H_5CH_3 + K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH + Cr_2(SO_4)_2 + K_2SO_4 + 5H_2O$;

4) $C_6H_5COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} C_6H_5COOCH_3 + H_2O$ (этерификация);

5) $C_6H_5COOCH_3 + NaOH \rightarrow C_6H_5COONa + CH_3OH$ (щелочной гидролиз);

6) $2CH_3OH \xrightarrow{t^\circ} CH_3OCH_3 + H_2O$ (межмолекулярная дегидратация).

**9.** Обозначим растворимость соли в 100 г воды как $s$. Воспользуемся формулой

$$\omega(NH_4Cl) = \frac{s}{100 + s}$$

и рассчитаем величину $s$:

$$s = 29.5 + 0.295s;$$

$$s = 41.84 \text{ г}.$$

Рассчитаем количество моль $NH_4Cl$ в 41.84 г $NH_4Cl$ и объем 141.84 г насыщенного раствора:

$$\nu(NH_4Cl) = m(NH_4Cl) / M(NH_4Cl) = 41.84 / 53.5 = 0.78 \text{ моль};$$

$$V(\text{раствора}) = m(\text{раствора}) / \rho = 141.84 / 1.1 = 128.95 \text{ мл} = 0.129 \text{ л}.$$

Молярную концентрацию насыщенного раствора вычислим по формуле

$$c(NH_4Cl) = \nu(NH_4Cl) / V(\text{раствора}) = 0.78 / 0.129 = 6.05 \text{ моль/л}.$$

*Ответ*: 41.84 г, 6.05 моль/л.

**10.** Пусть исходная смесь содержала $x$ моль метиламина и $y$ моль этилена. Запишем уравнения реакций горения этих веществ:

$$\underset{x}{2CH_3NH_2} + 4.5O_2 \rightarrow \underset{2.5x}{2CO_2} + \underset{0.5x}{5H_2O} + N_2;$$

$$\underset{y}{C_2H_4} + 3O_2 \rightarrow \underset{}{2CO_2} + \underset{2y}{2H_2O}.$$

Количество образовавшейся воды:

$$\nu(H_2O) = m / M(H_2O) = 9.9 / 18 = 0.55 \text{ моль}.$$

Газообразный продукт реакции, нерастворимый в растворе щелочи, это азот, его количество:

$$\nu(N_2) = V / V_m = 1.12 / 22.4 = 0.05 \text{ моль}.$$

Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 2.5x + 2y = 0.55; \\ 0.5x = 0.05. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.1$; $y = 0.15$. Массовая доля этилена в смеси:

$$\omega(C_2H_4) = \frac{0.15 \cdot 28}{0.15 \cdot 28 + 0.1 \cdot 31} = 0.5753 \text{ (или } 57.53\%).$$

*Ответ*: 57.53% $C_2H_4$.

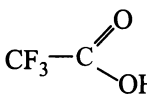
## Вариант Баку-2009-2

**1.** O: $1s^2\,2s^2\,2p^4$. Радиусы ионов увеличиваются.

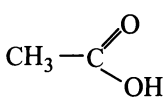
**2.** $Fe_2O_3 + 3CO \xrightarrow{t^o} 2Fe + 3CO_2$;

$NaOH + CO \xrightarrow{t^o,\,p} HCOONa$.

**3.** Трифторксусная кислота – сильная, уксусная кислота – слабая.



*трифторуксусная кислота*



*уксусная кислота*

$CF_3$ проявляет –I-эффект; $CH_3$ проявляет +I-эффект.

**4.** Больше кислорода выделится при разложении 12 г хлората калия.

$$2KClO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2KCl + 3O_2\uparrow;$$

$$2BaO_2 \xrightarrow{t^\circ} 2BaO + O_2\uparrow.$$

**5.** 3.06 $мин^{-1}$.

**6.** а) Водный раствор KCl:

на аноде: $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$; на катоде: $2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-$;

суммарное уравнение электролиза:

$$2KCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} H_2\uparrow + KOH + O_2\uparrow.$$

б) Расплав KCl:

на аноде: $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$; на катоде: $2K^+ + 2e \rightarrow 2K$;

суммарное уравнение электролиза:

$$2KCl \xrightarrow{\text{электролиз}} 2K + Cl_2\uparrow.$$

**7.** 1) $Cr_2S_3 + 6HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 3H_2S\uparrow$;

2) $CrCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$;

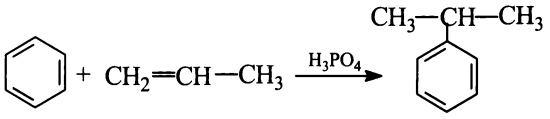
3) $2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10KOH \rightarrow 2K_2CrO_4 + 6KCl + 8H_2O$;

4) $2K_2CrO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2Cr_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O$;

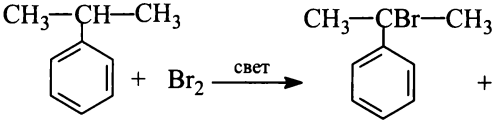
5) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl \rightarrow 2CrCl_3 + 2KCl + 3Cl_2\uparrow + 7H_2O$;

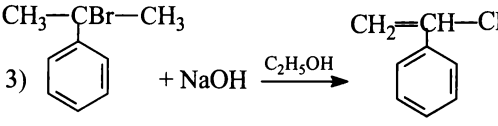
6) $2CrCl_3$(расплав) $\xrightarrow{\text{электролиз}} 2Cr + 3Cl_2\uparrow$.

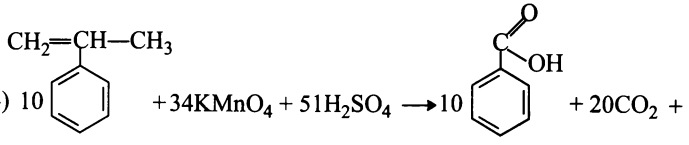
**8.** 1) Алкилирование бензола алкеном:



2) радикальное (на свету) бромирование:







5) $C_6H_5–COOH + C_2H_5OH \xrightarrow{H^+} C_6H_5–COOC_2H_5 + H_2O$;

6) $C_6H_5–COOC_2H_5 + NaOH \rightarrow C_6H_5–COONa + C_2H_5OH$.

**9.** 29.37 г; 2.72 моль/л.

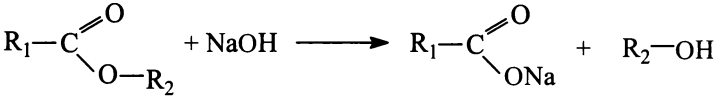
**10.** 52.8%.

## Экзамен по химии для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)

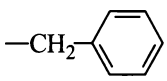
## Вариант X1-2009

**1.** Минимальную степень окисления (–2) сера имеет в соединениях: $H_2S$ (кислота), FeS (соль); максимальную степень окисления (+6) сера имеет в $SO_3$ (оксид) и $H_2SO_4$ (кислота).

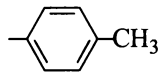
**2.** В общем виде реакцию щелочного гидролиза неизвестного сложного эфира можно записать следующим образом:



По условию, одним из продуктов является соль $C_3H_5O_2Na$. Значит, $R_1$ – это этил $C_2H_5$. Тогда радикал $R_2$ – это $C_7H_7$. Можно предположить два варианта его структуры: бензил или метилфенил (*орто-*, *мета-* или *пара-*изомер):



*бензил*



*4-метилфенил (п-толил)*

Правильным вариантом здесь является радикал бензил, соответственно ответ – бензиловый спирт $C_6H_5–CH_2–OH$. Если бы мы выбрали вариант метилфенила, то второй продукт щелочного гидролиза соответствующего сложного эфира состоял бы из атомов уже четырех элементов (C, H, O и Na), поскольку метилфенол образует со щелочью соль.

*Ответ*: бензиловый спирт $C_6H_5CH_2OH$.

**3.** Определим состав исходной смеси. Обозначим объемы (л) водорода и аммиака через $x$ и $y$ соответственно. Тогда $x + y = 80$ л, а средняя молярная масса смеси составляет $3.5 \cdot 2 = 7$ г/моль. Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 80; \\ \dfrac{2x + 17y}{80} = 7. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 53.33$ л; $y = 26.67$ л, следовательно, исходная смесь состояла из 53.33 л водорода и 26.67 л аммиака. После добавления 120 л аммиака общий объем смеси стал 200 л, а объем аммиака в смеси составил 146.67 л. Рассчитаем среднюю молярную массу новой смеси:

$$M_{ср} = \frac{53.33 \cdot 2 + 146.67 \cdot 17}{200} = 13.0 \text{ г/моль}.$$

Плотность смеси по водороду

$$D_{H2} = M_{ср} / M(H_2) = 13 / 2 = 6.5.$$

*Ответ*: $D_{H2} = 6.5$.

**4.** 1) $2CH_4 \xrightarrow{t^\circ} C_2H_2 + 3H_2$ (пиролиз метана);

2) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+}, H^+} CH_3CHO$ (реакция Кучерова);

3) $5CH_3CHO + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 3H_2O$.

*Ответ*: $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$.

**5.** Для расчета степени диссоциации одноосновной кислоты воспользуемся законом Оствальда

$$K_д = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \approx \alpha^2 c,$$

из которого:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_д}{c}} = \sqrt{1.8 \cdot 10^{-5}} = 4.2 \cdot 10^{-3}.$$

*Ответ*: $4.2 \cdot 10^{-3}$.

**6.** Рассчитаем количества углекислого газа и гидроксида калия:

$$\nu(CO_2) = 7.84 / 22.4 = 0.35 \text{ моль};$$

$$\nu(KOH) = \frac{154 \cdot 0.2}{56} = 0.55 \text{ моль}.$$

Уравнения протекающих реакций:

$$\underset{x}{KOH} + \underset{x}{CO_2} \rightarrow \underset{x}{KHCO_3};$$

$$\underset{2y}{2KOH} + \underset{y}{CO_2} \rightarrow \underset{y}{K_2CO_3} + H_2O.$$

Обозначим количества углекислого газа, вступившего в первую и вторую реакции, через $x$ и $y$ соответственно. Получим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.35; \\ x + 2y = 0.55. \end{cases}$$

Решение системы: $x = 0.15$; $y = 0.2$. Рассчитаем массы карбоната и гидрокарбоната калия в растворе:

$$m(K_2CO_3) = 0.2 \cdot 138 = 27.6 \text{ г};$$
$$m(KHCO_3) = 0.15 \cdot 100 = 15.0 \text{ г}.$$

*Ответ*: 27.6 г $K_2CO_3$, 15 г $KHCO_3$.

**7.** 1) $2Ag + 2H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} Ag_2SO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $Ag_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow 2AgNO_3 + BaSO_4\downarrow$;

3) $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$;

4) $Ag_2O + 2HF \rightarrow 2AgF + H_2O$;

5) $2AgF + (CH_3COO)_2Ca \rightarrow 2CH_3COOAg + CaF_2\downarrow$;

6) $2CH_3COOAg + Cu \rightarrow 2Ag + (CH_3COO)_2Cu$.

**8.** 1) $C_6H_5CH{=}CH_2 + HBr \rightarrow C_6H_5CHBrCH_3$;

2) $C_6H_5CHBrCH_3 + KOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow C_6H_5CH(OH)CH_3 + KBr$;

3) $C_6H_5CH(OH)CH_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5COOH + CO_2 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5H_2O$;

4) $2C_6H_5COOH + Ba(OH)_2 \rightarrow (C_6H_5COO)_2Ba + 2H_2O$;

5) $(C_6H_5COO)_2Ba + (NH_4)_2SO_4 \rightarrow 2C_6H_5COONH_4 + BaSO_4\downarrow$;

6) $C_6H_5COONH_4 + NaOH \xrightarrow{t^\circ} C_6H_5COONa + NH_3\uparrow + H_2O$.

**9.** Обозначим массу сосуда без газа $m_c$, а молярную массу неизвестного газа – $x$.

Тогда масса первого сосуда с кислородом:

$$33.45 = \nu(O_2) \cdot 32 + m_c,$$

масса второго сосуда с гелием:

$$27.85 = \nu(He) \cdot 4 + m_c.$$

Количества вещества обоих газов равны, т.к. равны объемы, давления и температура сосудов. Составим систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} 33.45 = 32\nu + m_c, \\ 27.85 = 4\nu + m_c, \end{cases}$$

решив которую, получаем: $m_c = 27.05$ г, $\nu = \nu(H_2) = \nu(O_2) = 0.2$ моль.

Массу смеси в третьем сосуде рассчитываем по разности:

$$27.53 - 27.05 = 0.48 \text{ г}.$$

Количество гелия в этом сосуде:

$$\nu(He) = \nu \cdot 0.2 = 0.2 \cdot 0.2 = 0.04 \text{ моль}.$$

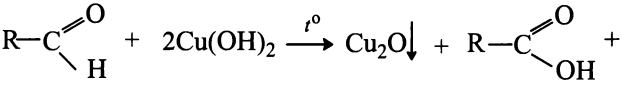
Рассчитываем молярную массу неизвестного газа из уравнения:

$$0.48 = 0.04 \cdot 4 + (0.2 - 0.04)x,$$

откуда $x = 2$ г/моль; неизвестный газ – водород.

*Ответ*: водород $H_2$.

**10.** Реакция протекает по уравнению



По условию количество гидроксида меди:

$$\nu(Cu(OH)_2) = \frac{49.0}{98} = 0.5 \text{ моль}.$$

Если принять, что альдегид и гидроксид меди были взяты в стехиометрических количествах, то молярная масса альдегида составит:

$$M(\text{альдегида}) = \frac{14.4}{0.25} = 57.6 \text{ г/моль},$$

что не соответствует реальным альдегидам. Значит, гидроксид меди (II) был взят в избытке, и осадок после нагревания до постоянной массы состоял из оксида меди (I) и оксида меди (II), образовавшегося по реакции:

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CuO + H_2O.$$

Обозначим количество альдегида как $x$ моль, тогда количество вещества $Cu_2O$ составит тоже $x$ моль, а количество $CuO$ – $(0.5 - 2x)$ моль.

Решая уравнение

$$36.8 = x \cdot 144 + (0.5 - 2x) \cdot 80,$$

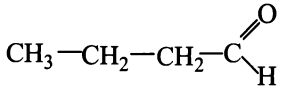
получим $x = 0.2$ моль. Тогда молярная масса альдегида составит:

$$M(\text{альдегида}) = \frac{14.4}{0.2} = 72 \text{ г/моль},$$

а молярная масса R:

$$M(R) = 72 - 29 = 43 \text{ г/моль}.$$

R – это пропил $C_3H_7$; неизвестный альдегид – *бутаналь*:



*Ответ*: бутаналь $C_4H_8O$.

## Вариант X2-2009

**1.** Минимальную степень окисления (–3) фосфор имеет в соединениях: $PH_3$, $Ca_3P_2$; максимальную степень окисления (+5) фосфор имеет в оксиде $P_2O_5$ и кислоте $H_3PO_4$.

**2.** Бензиловый спирт $C_6H_5CH_2OH$.

**3.** $D_{H2} = 20$.

**4.** $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO$.

**5.** $5.3 \cdot 10^{-4}$.

**6.** 31.5 г $Na_2SO_3$, 62.4 г $NaHSO_3$.

**7.** 1) $Cu_2O + 3H_2SO_4(конц) \rightarrow 2CuSO_4 + SO_2\uparrow + 3H_2O$;

2) $CuSO_4 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + K_2SO_4$;

3) $2Cu(OH)_2 + CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

4) $Cu_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Cu(NH_3)_2]OH$;

5) $[Cu(NH_3)_2]OH + CH_3C{\equiv}CH \rightarrow CH_3C{\equiv}CCu\downarrow + 2NH_3 + H_2O$;

6) $CH_3C{\equiv}CCu + HCl \rightarrow CH_3C{\equiv}CH\uparrow + CuCl$.

**8.** 1) $C_8H_{18} \xrightarrow{t^\circ, кат} C_6H_4(CH_3)_2 + 4H_2$;

2) $5C_6H_4(CH_3)_2 + 12KMnO_4 + 18H_2SO_4 \rightarrow 5C_6H_4(COOH)_2 + 6K_2SO_4 + 12MnSO_4 + 28H_2O$;

3) $C_6H_4(COOH)_2 + 2NH_3 \rightarrow C_6H_4(COONH_4)_2$;

4) $C_6H_4(COONH_4)_2 + 2KOH \rightarrow C_6H_4(COOK)_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$;

5) $C_6H_4(COOK)_2 + 2KOH \xrightarrow{прокаливание} C_6H_6 + 2K_2CO_3$;

6) $C_6H_6 + 3H_2 \xrightarrow{t^\circ, p, кат} C_6H_{12}$.

*Ответ*: **X** – *о*-$C_6H_4(CH_3)_2$, **Y** – $C_6H_4(COONH_4)_2$, **Z** – $C_6H_6$.

**9.** 60.5% $BaZnO_2$, 39.5% BaO.

**10.** Пропаналь $C_3H_6O$.

# Решения экзаменационных заданий 2010

## Дополнительный вступительный экзамен в МГУ

## Вариант 1

**1.** $CaF_2$ состоит из ионов $Ca^{2+}$ и $F^-$:

$Ca^{2+}$ $\quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;

$F^-$ $\quad 1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

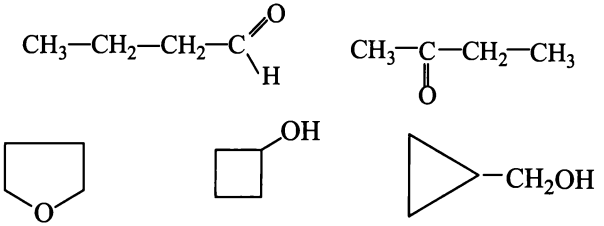
$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 44 \cdot 0.3 + 28 \cdot 0.7 = 13.2 + 19.6 = 32.8 \text{ г/моль}.$$

Плотность смеси:

$$\rho = m/V = M/V_m = 32.8 / 22.4 = 1.46 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.46 г/л.

**3.** Формуле $C_4H_8O$ соответствует несколько соединений, например:



**4.** При освещении колбы протекает реакция:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl.$$

Обозначим $\nu(H_2) = x$, а $\nu(Cl_2) = y$ моль. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 71y = 50 \cdot 1.32, \\ x + y = \dfrac{50}{22.4}, \end{cases}$$

решив которую, получим $x$ = 1.34 моль, $y$ = 0.89 моль. Таким образом, $Cl_2$ – в недостатке.

Количество образовавшегося HCl:

$$\nu(HCl) = 2 \cdot 0.89 = 1.78 \text{ моль}.$$

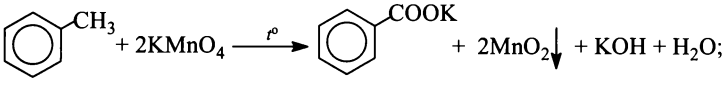
Количество выделившейся теплоты:

$$Q = 1.78 \cdot 92 = 164 \text{ кДж}.$$

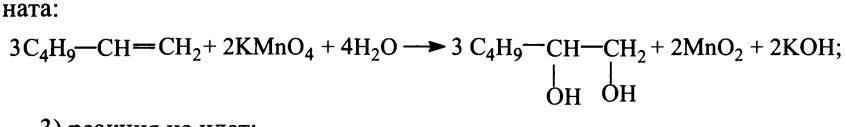
*Ответ*: 164 кДж.

**5.** Реактив – водный раствор $KMnO_4$ (розового цвета). При добавлении раствора перманганата калия в каждую из пробирок происходят следующие явления:

1) без нагревания реакция не идет, при нагревании происходит обесцвечивание раствора перманганата и образование бурого осадка:



2) происходит обесцвечивание холодного водного раствора перманганата:



3) реакция не идет;

4) обесцвечивание раствора $KMnO_4$, выделение газа с резким характерным запахом:

$$2KMnO_4 + 16HCl \rightarrow 5Cl_2\uparrow + 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O.$$

**6.** Скорость элементарной реакции $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$ описывается уравнением $w = k\,[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]$, выражение для константы скорости $k = \dfrac{w}{[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]}$.

Подставив в последнее выражение начальные концентрации реагентов и скорость реакции, можно рассчитать величину константы скорости реакции:

$$k = 0.036 / (0.3^2 \cdot 0.5) = 0.8 \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{мин}).$$

Когда концентрация вещества **Y** уменьшилась на 0.1 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составили:

$$[\mathbf{X}] = 0.3 - 2 \cdot 0.1 = 0.1 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{Y}] = 0.5 - 0.1 = 0.4 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась

$$w = 0.8 \cdot 0.1^2 \cdot 0.4 = 0.0032 \text{ моль/(л} \cdot \text{мин)}.$$

*Ответ*: $k = 0.8$ л$^2$/(моль$^2$·мин), $w = 0.0032$ моль/(л ·мин).

**7.** Один из вариантов решения:

1) $5Mg + 12HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 5Mg(NO_3)_2 + N_2\uparrow + 6H_2O$;

2) $N_2 + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2NO$ (при очень высокой температуре или в электрическом разряде);

3) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

4) $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$;

5) $5HNO_3 + 3P + 2H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO\uparrow$

или $8HNO_3(\text{разб}) + 3Zn \rightarrow 3Zn(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

6) $2NO_2 + 4Mg \rightarrow 4MgO + N_2\uparrow$.

*Ответ*: **X** – $N_2$, **Y** – $NO_2$.

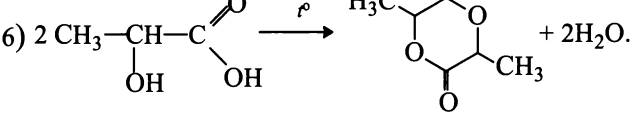
**8.** 1) $C_2H_5Cl + 2NH_3 \rightarrow C_2H_5NH_2 + NH_4Cl$;

2) $C_2H_5NH_2 + HNO_2 \rightarrow C_2H_5OH + N_2\uparrow + H_2O$;

3) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

4) $CH_3CHO + HCN \xrightarrow{KCN} CH_3{-}CH(OH){-}CN$;

5) $CH_3{-}CH(OH){-}CN + 2H_2O + HCl \xrightarrow{t^\circ} CH_3{-}CH(OH){-}COOH +$
$+ NH_4Cl$;

6) 


**9.** Пусть исходная смесь состояла из $x$ моль MeH (Me – неизвестный щелочной металл с молярной массой $M$ г/моль) и $y$ моль CrP, тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

$$m(\text{смеси}) = 34.8 \text{ г} = (M + 1)x + 83y = 34.8 \text{ г, или}$$
$$Mx + x + 83y = 34.8 \text{ г.} \qquad (1)$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:

$$\underset{x}{MeH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{MeOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{CrP} + 3H_2O \rightarrow \underset{y}{Cr(OH)_3}\downarrow + \underset{y}{PH_3}\uparrow.$$

Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид хрома реагируют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксохромат щелочного металла:

$$\underset{x}{MeOH} + \underset{x}{Cr(OH)_3} \rightarrow \underset{x}{Me[Cr(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида хрома:

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 34y + (y - x) \cdot 103 = 34.6 \text{ г, или}$$
$$137y - 101x = 34.6 \text{ г.} \qquad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 34.8 + 199.8 - 34.6 = 200 \text{ г.}$$

Массовая доля комплексной соли по условию

$$\omega(\mathrm{Me[Cr(OH)_4]}) = 0.127 = \frac{x(M+120)}{200}, \text{ или}$$

$$Mx + 120x = 25.4. \qquad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

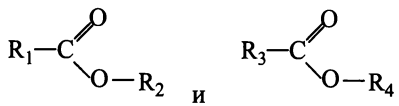
$$\begin{cases} Mx + x + 83y = 34.8; \\ 137y - 101x = 34.6; \\ Mx + 120x = 25.4. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные (содержат произведение $Mx$). Решить такую систему можно, выразив произведение $Mx$ из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

Решение системы: $x$ = 0.2 моль, $y$ = 0.4 моль, $M$(металла) = 7 г/моль. Неизвестный металл – литий.

*Ответ*: LiH; 0.2 моль.

**10.** Запишем формулы изомерных сложных эфиров



$x$ моль и $y$ моль

с одинаковыми молярными массами $M$. Понятно, что $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$.

Щелочной гидролиз (всего было добавлено $\nu(KOH) = 210 \cdot 0.2 / 56 = 0.75$ моль):

$$\underset{x}{R_1\text{–}COOR_2} + \underset{x}{KOH} \rightarrow \underset{x}{R_1\text{–}COOK} + R_2OH,$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COOR_4} + \underset{y}{KOH} \rightarrow \underset{y}{R_3\text{–}COOK} + R_4OH$$

приводит к получению двух солей, которые и образуют после упаривания раствора (вместе с избытком щелочи) твердый остаток. Прокаливание этого остатка:

$$\underset{x}{R_1\text{–}COOK} + \underset{x}{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{R_1H}\uparrow + \underset{x}{K_2CO_3}$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COOK} + \underset{y}{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{R_3H}\uparrow + \underset{y}{K_2CO_3}$$

приводит к выделению 4.48 / 22.4 = 0.2 моль газов, значит, $x + y$ = = 0.2 моль. По условию задачи средняя молярная масса выделившейся газовой смеси составляет

$$M(\text{газ.смеси}) = 8.875 \cdot 2 = 17.75 \text{ г/моль},$$

из чего очевидно, что один из газов – метан (пусть это $R_1H$), поскольку никакая иная комбинация углеводородов не может дать такое значение (следующий гомолог – этан – имеет молярную массу 30 г/моль).

Масса выделившейся газовой смеси:

$$m(\text{газ.смеси}) = 0.2 \cdot 17.75 = 3.55 = 16x + (R_3 + 1)y \text{ г.}$$

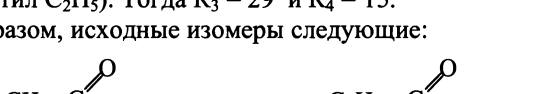
Выразим массу исходной смеси эфиров:

$$m(\text{исх.смеси}) = M(x + y) = 0.2\,M = 17.6 \text{ г,}$$

откуда $M = 88$ г/моль.

Поскольку $R_1 = 15$, то из общей формулы первого изомера находим $R_2 = 29$ (это этил $C_2H_5$). Тогда $R_3 = 29$ и $R_4 = 15$.

Таким образом, исходные изомеры следующие:



Решив систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0.2; \\ 16x + 30y = 3.55, \end{cases}$$

находим $x = 0.175$ моль и $y = 0.025$ моль. Твердый остаток после прокаливания содержит 0.2 моль $K_2CO_3$ и 0.75 – 0.4 = 0.35 моль KOH.

*Ответ*: 0.175 моль этилацетата и 0.025 моль метилпропионата; 0.2 моль $K_2CO_3$ и 0.35 моль KOH.

## Вариант 2

**1.** $Na_2O$ состоит из ионов $Na^+$ и $O^{2-}$:

$Na^+$ $1s^2 2s^2 2p^6$;

$O^{2-}$ $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

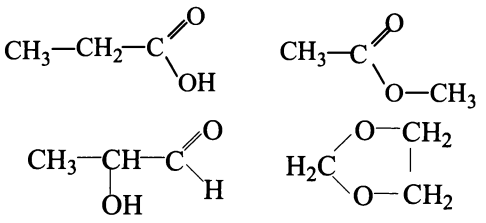
$$M(\text{смеси}) = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 44 \cdot 0.3 + 17 \cdot 0.7 = 13.2 + 11.9 = 25.1 \text{ г/моль.}$$

Плотность смеси:

$$\rho = m/V = M/V_m = 25.1 / 22.4 = 1.12 \text{ г/л.}$$

*Ответ*: 1.12 г/л.

**3.** Формуле $C_3H_6O_2$ соответствуют несколько соединений, например:



**4.** При освещении колбы протекает реакция:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl.$$

Обозначим $\nu(H_2) = x$ моль, а $\nu(Cl_2) = y$ моль. Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 71y = 30 \cdot 1.21, \\ x + y = \dfrac{30}{22.4}, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 0.85$ моль, $y = 0.485$ моль. Таким образом, $Cl_2$ – в недостатке.

Количество образовавшегося HCl:

$$\nu(HCl) = 2 \cdot 0.485 = 0.97 \text{ моль}.$$

Количество выделившейся теплоты:

$$Q = 0.97 \cdot 92 = 89.24 \text{ кДж}.$$

*Ответ*: 89.24 кДж.

**5.** Реактив – свежеосажденный $Cu(OH)_2$ (синий). При добавлении его в каждую из пробирок наблюдают следующие явления:

1) $2CH_3COOH + Cu(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Cu + 2H_2O$ (растворение синего осадка и образование голубого раствора);

2) рибоза обладает свойствами многоатомного спирта и альдегида, поэтому при добавлении свежеосажденного $Cu(OH)_2$ происходит его растворение и образование сине-фиолетового раствора комплексного соединения (качественная реакция на многоатомные спирты), при нагревании раствора выпадает оранжево-красный осадок $Cu_2O$ (качественная реакция на альдегиды):

$$H(HCOH)_4\text{–}CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} H(HCOH)_4\text{–}COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O;$$

3) происходит растворение $Cu(OH)_2$ и образование сине-фиолетового раствора комплексного соединения (качественная реакция на многоатомные спирты), при нагревании раствора осадок не образуется;

4) реакция не идет.

**6.** Скорость элементарной реакции $\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$ описывается уравнением $w = [\mathbf{X}] \cdot [\mathbf{Y}]$, отсюда начальная скорость реакции

$$w = 0.9 \cdot 0.2 \cdot 0.6 = 0.108 \text{ моль/(л·мин)}.$$

К моменту, когда скорость реакции уменьшилась до 0.003 моль / (л·мин), начальные концентрации реагентов сократились на $x$ моль/л. Тогда

$$w = 0.003 = 0.9 \cdot (0.2 - x) \cdot (0.6 - x).$$

Получаем квадратное уравнение:

$$x^2 - 0.8x + 0.1167 = 0,$$

решив которое, находим $x = 0.192$ моль/л. Следовательно, концентрации веществ уменьшились до величин [**X**] = 0.008 моль/л, [**Y**] = 0.408 моль/л.

*Ответ*: $w = 0.108$ моль/(л ·мин); [**X**] = 0.008 моль/л, [**Y**] = 0.408 моль/л.

**7.** Один из вариантов решения:

1) $2AgBr \xrightarrow{h\nu} 2Ag + Br_2$;

2) $Br_2 + H_2 \rightarrow 2HBr$;

3) $2HBr + Ca(OH)_2 \rightarrow CaBr_2 + 2H_2O$;

4) $CaBr_2 + 2AgNO_3 \rightarrow 2AgBr\downarrow + Ca(NO_3)_2$;

5) $HBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr\downarrow + HNO_3$;

6) $Br_2 + Ca \rightarrow CaBr_2$.

*Ответ*: **X** – $Br_2$; **Y** – $CaBr_2$.

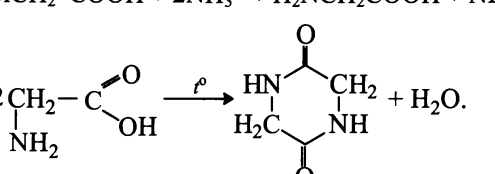
**8.** 1) $C_2H_5OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3CHO + Cu + H_2O$;

2) $CH_3CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$;

3) $CH_3COONH_4 + HCl \rightarrow CH_3COOH + NH_4Cl$;

4) $CH_3COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{kp}} ClCH_2–COOH + HCl$;

5) $ClCH_2–COOH + 2NH_3 \rightarrow H_2NCH_2COOH + NH_4Cl$;

6)  $+ H_2O$.

**9.** Пусть исходная смесь состояла из $x$ моль MeH (Me – неизвестный щелочной металл с молярной массой $M$ г/моль) и $y$ моль $Al_4C_3$, тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

$$m(\text{смеси}) = (M + 1)x + 144y = 16.8 \text{ г, или}$$

$$Mx + x + 144y = 16.8 \text{ г.} \qquad (1)$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:

$$\underset{x}{MeH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{MeOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Al_4C_3} + 12H_2O \rightarrow \underset{4y}{4Al(OH)_3}\downarrow + \underset{3y}{3CH_4}\uparrow.$$

Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид реагируют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксоалюминат щелочного металла:

$$\underset{x}{MeOH} + \underset{x}{Al(OH)_3} \rightarrow \underset{x}{Me[Al(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида алюминия:

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 48y + (4y - x) \cdot 78 = 28.4 \text{ г, или}$$

$$90y - 19x = 7.1 \text{ г.} \qquad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 16.8 + 111.6 - 28.4 = 100 \text{ г;}$$

Массовая доля соли по условию равна

$$\omega(Me[Al(OH)_4]) = 0.118 = \frac{x(M + 95)}{100}, \text{ или}$$

$$Mx + 95x = 11.8. \qquad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

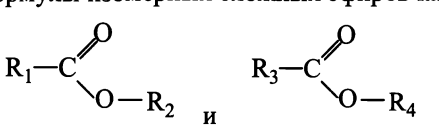
$$\begin{cases} Mx + x + 144y = 16.8; \\ 90y - 19x = 7.1; \\ Mx + 95x = 11.8. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные (содержат произведение $Mx$). Решить такую систему можно, выразив произведение $Mx$ из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

Решение системы: $x = y = 0.1$ моль, $M$(металла) = 23 г/моль. Неизвестный металл – натрий.

*Ответ*: NaH, 0.1 моль.

**10.** Запишем формулы изомерных сложных эфиров как



*x* моль и *y* моль

с одинаковыми молярными массами $M$. Понятно, что $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$.

Щелочной гидролиз (всего было добавлено ν(KOH) = 140 · 0.2 / 56 = = 0.5 моль):

$$\underset{x}{R_1{-}COOR_2} + \underset{x}{KOH} \rightarrow \underset{x}{R_1{-}COOK} + R_2OH,$$

$$\underset{y}{R_3{-}COOR_4} + \underset{y}{KOH} \rightarrow \underset{y}{R_3{-}COOK} + R_4OH$$

приводит к образованию двух солей, которые и дают при упаривании раствора (вместе с избытком щелочи) твердый остаток. Прокаливание этого остатка:

$$\underset{x}{R_1{-}COOK} + \underset{x}{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{R_1H\uparrow} + \underset{x}{K_2CO_3};$$

$$\underset{y}{R_3{-}COOK} + \underset{y}{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{R_3H\uparrow} + \underset{y}{K_2CO_3}$$

приводит к выделению 2.8 / 22.4 = 0.125 моль газов, значит, $x + y$ = = 0.125 моль.

По условию задачи средняя молярная масса выделившейся газовой смеси составляет

$$M(\text{газ. смеси}) = 5.4 \cdot 4 = 21.6 \text{ г/моль},$$

из чего очевидно, что один из газов – метан (пусть это $R_1H$), поскольку никакая иная комбинация углеводородов не может дать такое значение (следующий гомолог – этан – имеет молярную массу 30 г/моль).

Масса выделившейся газовой смеси:

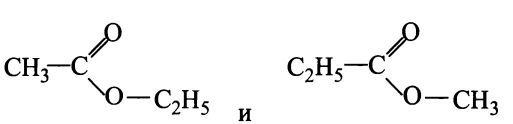
$$m(\text{газ. смеси}) = 0.125 \cdot 21.6 = 2.7 = 16x + (R_3 + 1)y \text{ г}.$$

Выразим массу исходной смеси эфиров:

$$m(\text{исх.смеси}) = M(x + y) = 0.125\,M = 11.0 \text{ г},$$

откуда $M$ = 88 г/моль. Поскольку $R_1$ = 15, то из общей формулы первого изомера находим $R_2$ = 29 (это этил $C_2H_5$). Тогда $R_3$ = 29 и $R_4$ = 15.

Таким образом, исходные изомеры следующие:



Решив систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0.125; \\ 16x + 30y = 2.7; \end{cases}$$

находим $x$ = 0.075 моль и $y$ = 0.05 моль. Твердый остаток после прокаливания содержит 0.125 моль $K_2CO_3$ и 0.5 – 0.25 = 0.25 моль KOH.

*Ответ*: 0.075 моль этилацетата и 0.05 моль метилпропионата; 0.125 моль $K_2CO_3$ и 0.25 моль KOH.

## Вариант 3

**1.** $K_2O$ состоит из ионов $K^+$ и $O^{2-}$:

$K^+$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;

$O^{2-}$ $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** Рассчитаем среднюю молярную массу газовой смеси:

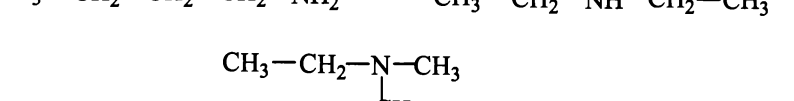
$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 28 \cdot 0.79 + 32 \cdot 0.21 = 28.84 \text{ г/моль}.$$

Плотность газовой смеси:

$$\rho = m/V = M/V_m = 28.84 / 22.4 = 1.29 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.29 г/л.

**3.** Формуле $C_4H_{11}N$ могут соответствовать несколько соединений, например:



**4.** При освещении колбы протекает реакция:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl.$$

Обозначим $\nu(H_2) = x$ моль, а $\nu(Cl_2) = y$ моль. Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 71y = 30 \cdot 1.01, \\ x + y = \dfrac{30}{22.4}, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 0.94$ моль, $y = 0.40$ моль. Таким образом, $Cl_2$ – в недостатке.

Количество образовавшегося HCl:

$$\nu(HCl) = 2 \cdot 0.40 = 0.80 \text{ моль}.$$

Количество выделившейся теплоты:

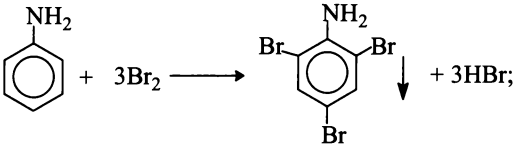
$$Q = 0.80 \cdot 92 = 73.6 \text{ кДж}.$$

*Ответ*: 73.6 кДж.

**5.** Реактив – бромная вода (оранжево-желтый раствор). При добавлении его в каждую из пробирок происходят следующие явления:

1) $C_6H_5–CH=CH_2 + Br_2 \rightarrow C_6H_5–CHBr–CH_2Br$ (обесцвечивание бромной воды);

2) образование осадка триброманилина:



3) нет реакции;

4) $2HI + Br_2 \rightarrow I_2\downarrow + 2HBr$ (потемнение раствора).

**6.** Скорость элементарной реакции $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$ описывается уравнением $w = k[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]$, выражение для константы скорости $k = \dfrac{w}{[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]}$. Подставив в него начальные концентрации реагентов и скорость реакции, можно рассчитать величину константы скорости реакции:

$$k = 0.022 / (0.2^2 \cdot 0.6) = 0.92 \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{мин}).$$

Когда концентрация вещества **X** уменьшилась на 0.1 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составили:

$$[\mathbf{X}] = 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{Y}] = 0.6 - 0.05 = 0.55 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась

$$w = 0.92 \cdot 0.1^2 \cdot 0.55 = 5.1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/(л} \cdot \text{мин)}.$$

*Ответ*: $k = 0.92$ л$^2$/(моль$^2$·мин), $w = 5.1 \cdot 10^{-3}$ моль/(л·мин).

**7.** Один из вариантов решения:

1) $Cl_2 + 2KOH \xrightarrow{\text{хол}} KCl + KClO + H_2O$;

2) $KCl(\text{тв}) + H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow HCl + KHSO_4$;

3) $2HCl + Ba(OH)_2 \rightarrow BaCl_2 + 2H_2O$;

4) $BaCl_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} Cl_2\uparrow + H_2\uparrow + Ba(OH)_2$;

5) $Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl$;

6) $BaCl_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2KCl$.

*Ответ*: **X** – KCl, **Y** – $BaCl_2$.

**8.** 1) $CH_3CH_2COOH + Cl_2 \xrightarrow{P_{кр}} CH_3CHClCOOH + HCl$;

2) $CH_3CHClCOOH + 2KOH \xrightarrow{\text{спирт}} CH_2=CH–COOK + KCl + 2H_2O$;

3) $CH_2=CH–COOK + 2HCl \rightarrow ClCH_2CH_2COOH + KCl$;

4) $ClCH_2CH_2COOH + KCN \rightarrow NC–CH_2–CH_2–COOH + KCl$;

5) $NC–CH_2–CH_2–COOH + 2H_2O + HCl \rightarrow$

$$\rightarrow HOOC–CH_2–CH_2–COOH + NH_4Cl;$$

6) $HOOC–CH_2–CH_2–COOH + 2CH_3OH \xrightarrow{H^+}$

$$\xrightarrow{H^+} CH_3OOC–CH_2–CH_2–COOCH_3 + 2H_2O.$$

**9.** Пусть исходная смесь состояла из $x$ моль MeH (Me – неизвестный щелочной металл с молярной массой $M$ г/моль) и $y$ моль $Zn_3P_2$; тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

$$m(\text{смеси}) = (M + 1)x + 257y = 208.5 \text{ г, или}$$

$$Mx + x + 257y = 208.5 \text{ г.} \quad (1)$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:

$$\underset{x}{MeH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{MeOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Zn_3P_2} + 6H_2O \rightarrow \underset{3y}{3Zn(OH)_2}\downarrow + \underset{2y}{2PH_3}\uparrow.$$

Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид реагируют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксоцинкат щелочного металла:

$$\underset{x}{2MeOH} + \underset{0.5x}{Zn(OH)_2} \rightarrow \underset{0.5x}{Me_2[Zn(OH)_4]}$$

Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида цинка:

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 68y + (3y - 0.5x) \cdot 99 = 87.5 \text{ г, или}$$

$$73y - 9.5x = 17.5 \text{ г.} \quad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 208.5 + 406.5 - 87.5 = 527.5 \text{ г.}$$

Массовая доля соли по условию равна

$$\omega(Me_2[Zn(OH)_4]) = 0.4 = \frac{0.5x(2M + 133)}{527.5}, \text{ или}$$

$$Mx + 66.5x = 211. \quad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

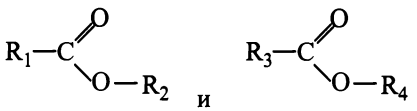
$$\begin{cases} Mx + x + 257y = 208.5; \\ 73y - 9.5x = 17.5; \\ Mx + 66.5x = 211. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные (содержат произведение $Mx$). Решить такую систему можно, выразив произведение $Mx$ из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

Решение системы: $x = 2$ моль, $y = 0.5$ моль, $M = 39$ г/моль. Неизвестный металл – калий.

*Ответ*: KH, 2 моль.

**10.** Запишем формулы изомерных сложных эфиров как



$x$ моль $y$ моль

с одинаковыми молярными массами $M$. Понятно, что $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$.

Щелочной гидролиз (всего было добавлено $\nu(NaOH) = 100 \cdot 0.2 / 40 = 0.5$ моль)

$$\underset{x}{R_1\text{–}COOR_2} + \underset{x}{NaOH} \rightarrow \underset{x}{R_1\text{–}COONa} + R_2OH,$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COOR_4} + \underset{y}{NaOH} \rightarrow \underset{y}{R_3\text{–}COONa} + R_4OH$$

приводит к образованию двух солей, которые и дают вместе с избытком щелочи твердый остаток. Прокаливание этого остатка:

$$\underset{x}{R_1\text{–}COONa} + \underset{x}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{R_1H}\uparrow + \underset{x}{Na_2CO_3};$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COONa} + \underset{y}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{R_3H}\uparrow + \underset{y}{Na_2CO_3};$$

приводит к выделению $5.04 / 22.4 = 0.225$ моль газов, значит, $x + y = 0.225$ моль. Средняя молярная масса выделившейся газовой смеси по условию составляет

$$M(\text{газ. смеси}) = 6.8 \cdot 4 = 27.2 \text{ г/моль},$$

из чего очевидно, что один из газов – метан (пусть это $R_1H$), поскольку никакая иная комбинация углеводородов не может дать такое значение (следующий гомолог – этан – имеет молярную массу 30 г/моль).

Масса выделившейся газовой смеси:

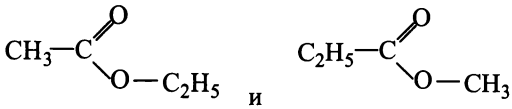
$$m(\text{газ. смеси}) = 0.225 \cdot 27.2 = 6.12 = 16x + (R_3 + 1)y \text{ г}.$$

Выразим массу исходной смеси эфиров:

$$m(\text{исх.смеси}) = M(x + y) = 0.225M = 19.8 \text{ г},$$

откуда $M = 88$ г/моль. Поскольку $R_1 = 15$, то из общей формулы первого изомера находим $R_2 = 29$ (это этил $C_2H_5$). Тогда $R_3 = 29$ и $R_4 = 15$.

Таким образом, исходные изомеры следующие:



Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + y = 0.225; \\ 16x + 30y = 6.12, \end{cases}$$

решив которую, находим $x = 0.045$ моль и $y = 0.18$ моль. Твердый остаток после прокаливания содержит 0.225 моль $Na_2CO_3$ и (0.5 – 0.45) = = 0.05 моль NaOH.

*Ответ*: 0.045 моль этилацетата и 0.18 моль метилпропионата; 0.225 моль $Na_2CO_3$ и 0.05 моль NaOH.

## Вариант 4

**1.** NaCl состоит из ионов $Na^+$ и $Cl^-$:

$Na^+$ $1s^2 2s^2 2p^6$;

$Cl^-$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$.

**2.** Средняя молярная масса газовой смеси:

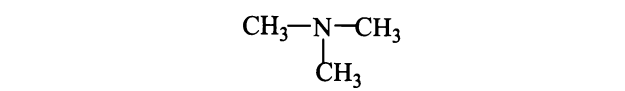
$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 44 \cdot 0.3 + 28 \cdot 0.7 = 13.2 + 19.6 = 32.8 \text{ г/моль}.$$

Плотность газовой смеси:

$$\rho = m / V = M / V_m = 32.8 / 22.4 = 1.46 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.46 г/л.

**3.** Формуле $C_3H_9N$ соответствуют несколько соединений, например:



**4.** При освещении колбы протекает реакция:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl.$$

Обозначим $\nu(H_2) = x$, а $\nu(Cl_2) = y$ моль. Можно составить систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 71y = 40 \cdot 1.48, \\ x + y = \dfrac{40}{22.4}, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 0.98$ моль, $y = 0.81$ моль. Таким образом, $Cl_2$ – в недостатке.

Количество образовавшегося HCl:

$$\nu(HCl) = 2 \cdot 0.81 = 1.62 \text{ моль}.$$

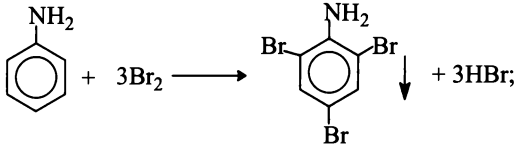
Количество выделившейся теплоты:

$$Q = 1.62 \cdot 92 = 149.0 \text{ кДж}.$$

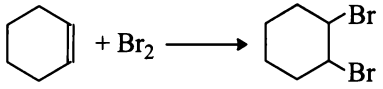
*Ответ*: 149.0 кДж.

**5.** Реактив – бромная вода (оранжево-желтый раствор). При добавлении его в каждую из пробирок происходят следующие явления:

1) образование осадка трибромanилина:



2) обесцвечивание бромной воды:



3) нет реакции;

4) $2NaI + Br_2 \rightarrow I_2\downarrow + 2NaBr$ (потемнение раствора).

**6.** Скорость элементарной реакции $2\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow \mathbf{Z}$ описывается уравнением $w = k[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]$. Подставив в него начальные концентрации реагентов и константу скорости реакции, можно рассчитать величину скорости реакции:

$$w = 0.9 \cdot 0.2^2 \cdot 0.6 = 0.022 \text{ моль/(л·мин)}.$$

Когда концентрация вещества **Y** уменьшилась на 0.1 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составили:

$$[\mathbf{X}] = 0.2 - 2 \cdot 0.1 = 0.0 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{Y}] = 0.6 - 0.1 = 0.5 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась нулю (реакция полностью завершилась, вещество **X** прореагировало полностью).

*Ответ*: $w = 0.022$ моль/(л·мин), $w = 0.0$ моль/(л ·мин).

**7.** Один из вариантов решения:

1) $2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$;

2) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O$;

3) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$;

4) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$;

5) $H_2S + Br_2 \rightarrow 2HBr + S$;

6) $4FeS + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2$.

*Ответ*: **X** – $SO_2$, **Y** – FeS.

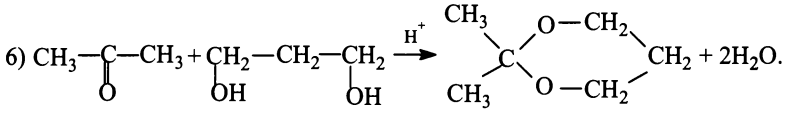
**8.** 1) $CH_3CH_2CH_3 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} CH_3CHBrCH_3 + HBr$;

2) $2CH_3CHBrCH_3 + 2Na \rightarrow (CH_3)_2CH{-}CH(CH_3)_2 + 2NaBr$;

3) $(CH_3)_2CH{-}CH(CH_3)_2 + Br_2 \xrightarrow{h\nu} (CH_3)_2CBr{-}CH(CH_3)_2 + HBr$;

4) $(CH_3)_2CBr{-}CH(CH_3)_2 + NaOH \xrightarrow{\text{спирт}} (CH_3)_2C{=}C(CH_3)_2 + NaBr + H_2O$;

5) $5(CH_3)_2C{=}C(CH_3)_2 + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 10CH_3COCH_3 + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 6H_2O$;

6) 

**9.** Пусть исходная смесь состояла из $x$ моль MeH (Me – неизвестный щелочной металл с молярной массой $M$ г/моль) и $y$ моль $Zn_3P_2$, тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

$$m(\text{смеси}) = (M + 1)x + 257y = 42.9 \text{ г, или}$$
$$Mx + x + 257y = 42.9 \text{ г.} \qquad (1)$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:

$$\underset{x}{MeH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{MeOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Zn_3P_2} + 6H_2O \rightarrow \underset{3y}{3Zn(OH)_2}\downarrow + \underset{2y}{2PH_3}\uparrow.$$

Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид реагируют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксоцинкат щелочного металла:

$$\underset{x}{2MeOH} + \underset{0.5x}{Zn(OH)_2} \rightarrow \underset{0.5x}{Me_2[Zn(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида цинка:

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 68y + (3y - 0.5x) \cdot 99 = 27 \text{ г, или}$$
$$365y - 47.5x = 27 \text{ г.} \qquad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 42.9 + 134.1 - 27 = 150 \text{ г.}$$

Массовая доля соли по условию равна

$$\omega(Me[Al(OH)_4]) = 0.202 = \frac{0.5x(M + 133)}{150}, \text{ или}$$
$$Mx + 66.5x = 30.3. \qquad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

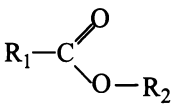
$$\begin{cases} Mx + x + 257y = 42.9; \\ 365y - 47.5x = 27; \\ Mx + 66.5x = 30.3. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные (содержат произведение $Mx$). Решить такую систему можно, выразив произведение $Mx$ из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

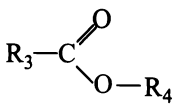
Решение системы: $x = 0.2$ моль, $y = 0.1$ моль, $M = 85$ г/моль. Неизвестный металл – рубидий.

*Ответ*: RbH, 0.2 моль.

**10.** Запишем формулы изомерных сложных эфиров как




и




$x$ моль $y$ моль

с одинаковыми молярными массами $M$. Понятно, что $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$.

Щелочной гидролиз (всего было добавлено $\nu(NaOH) = 200 \cdot 0.2 / 40 = 1.0$ моль):

$$\underset{x}{R_1\text{–}COOR_2} + \underset{x}{NaOH} \rightarrow \underset{x}{R_1\text{–}COONa} + R_2OH,$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COOR_4} + \underset{y}{NaOH} \rightarrow \underset{y}{R_3\text{–}COONa} + R_4OH$$

приводит к образованию двух солей, которые и дают вместе с избытком щелочи твердый остаток. Прокаливание этого остатка:

$$\underset{x}{R_1\text{–}COONa} + \underset{x}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{R_1H\uparrow} + \underset{x}{Na_2CO_3},$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COONa} + \underset{y}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{R_3H\uparrow} + \underset{y}{Na_2CO_3},$$

приводит к выделению $10.08 / 22.4 = 0.45$ моль газов, значит, $x + y = 0.45$ моль.

Средняя молярная масса выделившейся газовой смеси составляет

$$M(\text{газ. смеси}) = 0.87 \cdot 20 = 17.4 \text{ г/моль},$$

из чего очевидно, что один из газов – метан (пусть это $R_1H$), поскольку никакая иная комбинация углеводородов не может дать такое значение (следующий гомолог – этан – имеет молярную массу 30 г/моль).

Масса выделившейся газовой смеси:

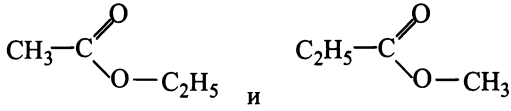
$$m(\text{газ. смеси}) = 0.45 \cdot 17.4 = 7.83 = 16x + (R_3 + 1)y \text{ г}.$$

Выразим массу исходной смеси эфиров:

$$m(\text{исх.смеси}) = M(x + y) = 0.45M = 39.6,$$

откуда $M = 88$ г/моль. Поскольку $R_1 = 15$, то из общей формулы первого изомера находим $R_2 = 29$ (это этил $C_2H_5$). Тогда $R_3 = 29$ и $R_4 = 15$.

Таким образом, исходные изомеры следующие:



Решив систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0.45; \\ 16x + 30y = 7.83, \end{cases}$$

находим $x = 0.405$ моль и $y = 0.045$ моль. Твердый остаток после прокаливания содержит 0.45 моль $Na_2CO_3$ и (1.0 – 0.9) = 0.1 моль NaOH.

*Ответ*: 0.405 моль этилацетата и 0.045 моль метилпропионата; 0.45 моль $Na_2CO_3$ и 0.1 моль NaOH.

## Вариант 5 (резервный)

**1.** CaO состоит из ионов $Ca^{2+}$ и $O^{2-}$:

$Ca^{2+}$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$;

$O^{2-}$ $1s^2 2s^2 2p^6$.

**2.** Средняя молярная масса газовой смеси:

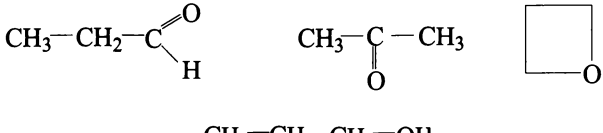
$$M = M_1\varphi_1 + M_2\varphi_2 = 28 \cdot 0.2 + 40 \cdot 0.8 = 5.6 + 32.0 = 37.6 \text{ г/моль}.$$

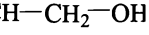
Плотность газовой смеси:

$$\rho = m/V = M/V_m = 37.6 / 22.4 = 1.68 \text{ г/л}.$$

*Ответ*: 1.68 г/л.

**3.** Формуле $C_3H_6O$ соответствуют несколько соединений, например:





**4.** При освещении колбы протекает реакция:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{h\nu} 2HCl.$$

Обозначим $\nu(H_2) = x$ моль, а $\nu(Cl_2) = y$ моль. Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 71y = 60 \cdot 1.01, \\ x + y = \dfrac{60}{22.4}, \end{cases}$$

решив которую, получим $x = 1.88$ моль, $y = 0.80$ моль. Таким образом, $Cl_2$ – в недостатке.

Количество образовавшегося HCl:

$$\nu(HCl) = 2 \cdot 0.80 = 1.60 \text{ моль}.$$

Количество выделившейся теплоты:

$$Q = 1.6 \cdot 92 = 147.2 \text{ кДж}.$$

*Ответ*: 147.2 кДж.

**5.** Реактив – аммиачный раствор оксида серебра $[Ag(NH_3)_2]OH$. При пропускании каждого из газов через склянки с этим раствором происходят следующие явления:

1) образование «серебряного зеркала» при нагревании:

$$HCHO + 4[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} (NH_4)_2CO_3 + 4Ag\downarrow + 6NH_3\uparrow + 2H_2O;$$

2) образование желтого объемного осадка иодида серебра:

$$3HI + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow AgI\downarrow + 2NH_4I + H_2O;$$

3) реакция не идет;

4) образование белого осадка ацетиленида серебра:

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow Ag{-}C{\equiv}C{-}Ag\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O.$$

**6.** Скорость элементарной реакции $\mathbf{X} + \mathbf{Y} \rightarrow 2\mathbf{Z}$ описывается уравнением $w = k\,[\mathbf{X}][\mathbf{Y}]$, выражение для константы скорости $k = \dfrac{w}{[\mathbf{X}]^2[\mathbf{Y}]}$. Подставив в него начальные концентрации реагентов и скорость реакции, можно рассчитать величину константы скорости реакции:

$$k = 0.022 / (0.2 \cdot 0.6) = 0.183 \text{ л/(моль·мин)}.$$

Когда концентрация вещества **Z** достигнет 0.2 моль/л, текущие концентрации реагентов в соответствии с уравнением реакции составят:

$$[\mathbf{X}] = 0.2 - 0.1 = 0.1 \text{ моль/л},$$
$$[\mathbf{Y}] = 0.6 - 0.1 = 0.5 \text{ моль/л}.$$

Скорость реакции в этот момент равнялась

$$w = 0.183 \cdot 0.1 \cdot 0.5 = 0.0092 \text{ моль/(л·мин)}.$$

*Ответ*: $k = 0.183$ л/(моль·мин), $w = 0.0092$ моль/(л·мин).

**7.** Один из вариантов решения:

1) $Cu + 2H_2SO_4(конц) \rightarrow CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

2) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S + 2H_2O$;

3) $S + Fe \xrightarrow{t^\circ} FeS$;

4) $FeS + 12HNO_3(конц) \rightarrow Fe(NO_3)_3 + H_2SO_4 + 9NO_2\uparrow + 5H_2O$;

5) $S + 2HNO_3(конц) \rightarrow H_2SO_4 + 2NO\uparrow$;

6) $4FeS + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2$.

*Ответ*: **X** – $SO_2$; **Y** – FeS.

**8.** 1) $C_2H_6 + Cl_2 \xrightarrow{h\nu} C_2H_5Cl + HCl$;

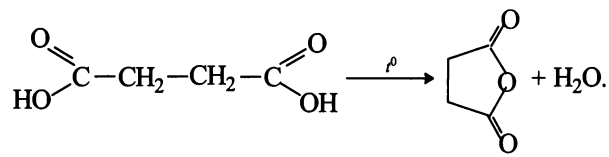
2) $C_2H_5Cl + NaOH \xrightarrow{спирт} CH_2{=}CH_2 + NaCl + H_2O$;

3) $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl{-}CH_2Cl$;

4) $CH_2Cl{-}CH_2Cl + 2KCN \rightarrow NC{-}CH_2{-}CH_2{-}CN + 2KCl$;

5) $NC{-}CH_2{-}CH_2{-}CN + 4H_2O + 2HCl \xrightarrow{t^\circ}$

$\rightarrow HOOC{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH + 2NH_4Cl$;

6) 

**9.** Пусть в исходной смеси содержалось $x$ моль CsH и $y$ моль $Al_4C_3$. Запишем уравнения протекающих реакций:

$$\underset{x}{CsH} + H_2O \rightarrow \underset{x}{CsOH} + \underset{x}{H_2}\uparrow;$$

$$\underset{y}{Al_4C_3} + 12H_2O \rightarrow \underset{4y}{4Al(OH)_3}\downarrow + \underset{3y}{3CH_4}\uparrow.$$

Амфотерный гидроксид алюминия взаимодействует с CsOH, образуя комплексную соль (тетрагидроксоалюминат цезия):

$$\underset{x}{CsOH} + \underset{x}{Al(OH)_3} \rightarrow \underset{x}{Cs[Al(OH)_4]}.$$

Уменьшение массы полученного раствора на 56.8 г по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделения газов и осаждения $Al(OH)_3$ (в случае его избытка):

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 48y + (4y - x) \cdot 78 = 56.8 \text{ г, или}$$

$$90y - 19x = 14.2 \text{ г.} \qquad (1)$$

Масса образовавшегося раствора складывается из суммы масс гидрида цезия, карбида алюминия и воды за вычетом $\Delta m$:

$$m(\text{раствора}) = 134x + 144y + 200.8 - 56.8 = 134x + 144y + 144.0 \text{ г,}$$

поэтому выражение массовой доли $Cs[Al(OH)_4]$ можно записать как

$$\omega = \frac{228x}{134x + 144y + 144.0} = 0.228, \text{ или}$$

$$0.433x - 0.072y = 0.072. \qquad (2)$$

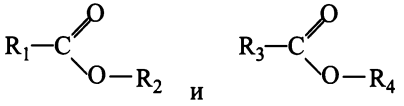
Решая систему двух уравнений (1, 2) с двумя неизвестными

$$\begin{cases} 90y - 19x = 14.2, \\ 0.433x - 0.072y = 0.072, \end{cases}$$

находим: $x = y = 0.2$ моль.

*Ответ*: 0.2 моль CsH, 0.2 моль $Al_4C_3$.

**10.** Запишем формулы изомерных сложных эфиров как



$x$ моль $y$ моль

с одинаковыми молярными массами $M$. Понятно, что $R_1 + R_2 = R_3 + R_4$.

Щелочной гидролиз (всего было добавлено $\nu(NaOH) = 150 \cdot 0.2 / 40 = 0.75$ моль):

$$\underset{x}{R_1\text{–}COOR_2} + \underset{x}{NaOH} \rightarrow \underset{x}{R_1\text{–}COONa} + R_2OH,$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COOR_4} + \underset{y}{NaOH} \rightarrow \underset{y}{R_3\text{–}COONa} + R_4OH$$

приводит к получению двух солей, которые и образуют после упаривания раствора (вместе с избытком щелочи) твердый остаток. Прокаливание этого остатка:

$$\underset{x}{R_1\text{–}COONa} + \underset{x}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{x}{R_1H}\uparrow + \underset{x}{Na_2CO_3};$$

$$\underset{y}{R_3\text{–}COONa} + \underset{y}{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \underset{y}{R_3H}\uparrow + \underset{y}{Na_2CO_3};$$

приводит к выделению $5.6 / 22.4 = 0.25$ моль газов, значит, $x + y = 0.25$ моль.

Средняя молярная масса выделившейся газовой смеси составляет

$$M(\text{газ. смеси}) = 4.7 \cdot 4 = 18.8 \text{ г/моль},$$

из чего очевидно, что один из газов – метан (пусть это $R_1H$), поскольку никакая иная комбинация углеводородов не может дать такое значение (следующий гомолог – этан – имеет молярную массу 30 г/моль).

Масса выделившейся газовой смеси:

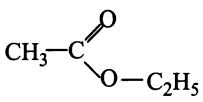
$$m(\text{газ. смеси}) = 0.25 \cdot 18.8 = 4.7 = 16x + (R_3 + 1)y \text{ г.}$$

Выразим массу исходной смеси эфиров:

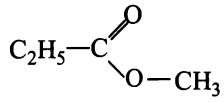
$$m(\text{исх.смеси эфиров}) = M(x + y) = 0.25\,M = 22 \text{ г,}$$

откуда $M$ = 88 г/моль. Поскольку $R_1$ = 15, то из общей формулы первого изомера находим $R_2$ = 29 (это этил $C_2H_5$). Тогда $R_3$ = 29 и $R_4$ = 15.

Таким образом, исходные изомеры следующие:




и




Решив систему уравнений

$$\begin{cases} x + y = 0.25; \\ 16x + 30y = 4.7, \end{cases}$$

находим $x$ = 0.2 моль и $y$ = 0.05 моль. Твердый остаток после прокаливания содержит 0.25 моль $Na_2CO_3$ и 0.75 – 0.5 = 0.25 моль NaOH.

*Ответ*: 0.2 моль этилацетата и 0.05 моль метилпропионата; 0.25 моль $Na_2CO_3$ и 0.25 моль NaOH.

## Филиал химического факультета МГУ в Баку

## Вариант Баку-2010-1

**1.** По определению, $D_{Ne}$(газа) = $M$(газа) / $M$(Ne), поэтому

$$M(\text{газа}) = 20 \cdot 2.2 = 44 \text{ г/моль.}$$

Плотность газа по кислороду равна:

$$D_{O2}(\text{газа}) = 44 / 32 = 1.375.$$

*Ответ*: $D_{O2}$(газа) равна 1.375.

**2.** Степень окисления хрома в дихромате калия $K_2Cr_2O_7$ равна +6; массовая доля хрома:

$$\omega(Cr) = 52 \cdot 2 / 294 = 0.3537 \text{ (или 35.37\%).}$$

**3.** Запишем полезные формулы:

молярная концентрация: $c = \nu / V$ (объем $V$ выражен в л);

количество вещества: $\nu = V \cdot \rho \cdot \omega / M$ (объем $V$ в мл).

Используя обе формулы, можно определить молярную концентрацию уксусной кислоты:

$$c = \rho \cdot \omega \cdot 1000 / M = 1.02 \cdot 0.16 \cdot 1000 / 60 = 2.72 \text{ моль/л.}$$

*Ответ*: 2.72 моль/л.

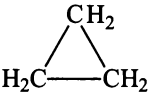
**4.** $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$;

$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$.

**5.** Используя уравнение Клапейрона–Менделеева $pV = \nu RT = mRT / M$, рассчитаем молярную массу газа:

$$M = mRT / pV = 30.8 \cdot 8.314 \cdot 298 / (121 \cdot 15) = 42 \text{ г/моль}.$$

Такую молярную массу имеет $C_3H_6$ (пропен, циклопропан). Структурные формулы:

$CH_2 = CH - CH_3$ 

*Ответ*: $C_3H_6$ (пропен, циклопропан).

**6.** 1) $3Cu + 8HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;

2) $2Cu + O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO$;

3) $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2CuO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

4) $CuO + Cu \xrightarrow{t^\circ} Cu_2O$;

5) $Cu_2O + 6HNO_3(\text{конц}) \rightarrow 2Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 3H_2O$;

6) $3Cu_2O + 2Al \xrightarrow{t^\circ} 6Cu + Al_2O_3$.

**7.** В соответствии с принципом Ле Шателье повышение давления смещает равновесие а) вправо; б) влево; в случае в) изменение давления не влияет на положение равновесия.

**8.** 1) $4Al + 3C \xrightarrow{t^\circ} Al_4C_3$;

2) $Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3\downarrow + 3CH_4\uparrow$;

3) $2CH_4 \xrightarrow{1200^\circ C} CH{\equiv}CH + 3H_2$;

4) $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} CH_3CHO$;

5) $CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2OH$;

6) $HCOOH + CH_3CH_2OH \xrightarrow{H^+} HCOOC_2H_5 + H_2O$.

**9.** Рассчитаем количество вещества смеси и жидкого брома:

$$\nu(\text{смеси}) = V / V_m = 0.336 / 22.4 = 0.015 \text{ моль};$$
$$\nu(Br_2) = V \cdot \rho / M = 1.28 \cdot 3.14 / 160 = 0.025 \text{ моль}.$$

Обозначим количество пропена в смеси за $x$ моль, количество бутина – за $y$ моль.

Запишем уравнения реакций с бромом:

$$\underset{x}{CH_2{=}CH{-}CH_3} + \underset{x}{Br_2} \rightarrow CH_2Br{-}CHBr{-}CH_3;$$

$$\underset{y}{C_2H_5{-}C{\equiv}CH} + \underset{2y}{2Br_2} \rightarrow C_2H_5{-}CBr_2{-}CHBr_2;$$

Составим систему уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + y = 0.015; \\ x + 2y = 0.025, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.005$ моль; $y = 0.01$ моль.

С аммиачным раствором оксида меди (I) реагирует только бутин-1:

$$C_2H_5C{\equiv}CH + [Cu(NH_3)_2]OH \rightarrow C_2H_5C{\equiv}CCu{\downarrow} + 2NH_3 + H_2O.$$

За счет поглощения бутина раствором объем газовой смеси уменьшится в

$$n = V(\text{смеси}) / V(C_3H_6) = \nu(\text{смеси}) / \nu(C_3H_6) = 0.015 / 0.005 = 3 \text{ раза}.$$

*Ответ*: объем газовой смеси уменьшится в 3 раза.

**10.** Рассчитаем количество соли в полученном растворе:

$$\nu(\text{соли}) = V \cdot c = 0.2 \cdot 1.5 = 0.3 \text{ моль}.$$

Поскольку азотная кислота – одноосновная, независимо от валентности металла $\nu(\text{металла}) = \nu(\text{соли})$. Отсюда молярная масса металла:

$$M(\text{металла}) = m / \nu = 32.4 / 0.3 = 108 \text{ г/моль};$$

неизвестный металл – серебро Ag.

Уравнения реакций:

$$Ag + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow AgNO_3 + NO_2{\uparrow} + H_2O;$$

$$2Ag + 2H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow Ag_2SO_4 + SO_2{\uparrow} + 2H_2O.$$

*Ответ*: серебро Ag.

## Вариант Баку-2010-2

**1.** По определению, $D_{F2}(\text{газа}) = M(\text{газа}) / M(F_2)$, поэтому

$$M(\text{газа}) = 38 \cdot 1.21 = 46 \text{ г/моль}.$$

Плотность газа по азоту

$$D_{N2}(\text{газа}) = 46 / 28 = 1.643.$$

*Ответ*: $D_{N2}(\text{газа})$ равна 1.643.

**2.** Степень окисления марганца в перманганате калия $KMnO_4$ равна +7, его массовая доля:

$$\omega(Mn) = 55 / 158 = 0.3481 \text{ (или } 34.81\%).$$

**3.** Запишем полезные формулы:

молярная концентрация $c = \nu / V$ (объем $V$ выражен в л),

количество вещества $\nu = V \cdot \rho \cdot \omega / M$ (объем $V$ в мл).

Используя обе формулы, можно определить молярную концентрацию муравьиной кислоты:

$$c = \rho \cdot \omega \cdot 1000 / M = 1.042 \cdot 0.18 \cdot 1000 / 46 = 4.08 \text{ моль/л}.$$

*Ответ*: 4.08 моль/л.

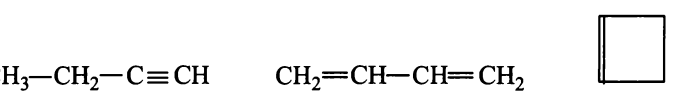
**4.** $CuCl + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Cu(NH_3)_2]OH + NH_4Cl$;

$2Cr(OH)_3 + 3Cl_2 + 10NaOH \rightarrow 2Na_2CrO_4 + 6NaCl + 8H_2O$.

**5.** Используя уравнение Клапейрона–Менделеева $pV = \nu RT = mRT / M$, рассчитаем молярную массу газа:

$$M = mRT / pV = 59.6 \cdot 8.314 \cdot 293 / (112 \cdot 24) = 54 \text{ г/моль}.$$

Такую молярную массу имеет $C_4H_6$ (бутин-1, бутин-2, бутадиен-1,3, бутадиен-1,2, циклобутен и др.). Возможные структурные формулы:



*Ответ*: $C_4H_6$ (бутин-1, бутин-2, бутадиен-1,3, бутадиен-1,2, циклобутен и др.).

**6.** 1) $2Al + 2NaOH + 6H_2O \rightarrow 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$;

2) $Al + 4HNO_3(\text{разб}) \rightarrow Al(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

3) $Na[Al(OH)_4] + CO_2 \rightarrow NaHCO_3 + Al(OH)_3\downarrow$;

4) $Al(NO_3)_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4NO_3$;

5) $Na[Al(OH)_4] + 4HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + NaNO_3 + 4H_2O$;

6) $Al(NO_3)_3 + 4NaOH \rightarrow Na[Al(OH)_4] + 3NaNO_3$.

**7.** Повышение давления смещает равновесие а) влево; б) вправо; в случае в) изменение давления не влияет на положение равновесия.

**8.** 1) $CaCO_3 \xrightarrow{t^\circ} CaO + CO_2\uparrow$;

2) $CaO + 3C \xrightarrow{t^\circ} CaC_2 + CO\uparrow$;

3) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + CH{\equiv}CH\uparrow$;

4) $CH{\equiv}CH + H_2O \xrightarrow{H^+,\ Hg^{2+}} CH_3CHO$;

5) $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + H_2O$;

6) $CH_3COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} CH_3COOCH_3 + H_2O$.

**9.** Рассчитаем количество вещества смеси и жидкого брома:

$$\nu(\text{смеси}) = V / V_m = 3.36 / 22.4 = 0.15 \text{ моль};$$

$$\nu(Br_2) = V \cdot \rho / M = 10.2 \cdot 3.14 / 160 = 0.02 \text{ моль}.$$

Обозначим количество этилена в смеси за $x$ моль, количество пропина – за $y$ моль. Запишем уравнения реакций этилена и пропина с бромом:

$$\underset{x}{CH_2{=}CH_2} + \underset{x}{Br_2} \rightarrow CH_2Br{-}CH_2Br;$$

$$\underset{y}{CH_3{-}C{\equiv}CH} + \underset{2y}{2Br_2} \rightarrow CH_3{-}CBr_2{-}CHBr_2.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0.15; \\ x + 2y = 0.02, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.1$ моль; $y = 0.05$ моль.

С аммиачным раствором оксида серебра реагирует только пропин:

$$CH_3C{\equiv}CH + [Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3C{\equiv}CAg{\downarrow} + 2NH_3 + H_2O.$$

За счет поглощения пропина раствором объем газовой смеси уменьшится в

$$n = V(\text{смеси}) / V(C_2H_4) = \nu(\text{смеси}) / \nu(C_2H_4) = 0.15 / 0.1 = 1.5 \text{ раза}.$$

*Ответ*: объем газовой смеси уменьшится в 1.5 раза.

**10.** Рассчитаем количество соли в полученном растворе:

$$\nu(\text{соли}) = V \cdot c = 0.2 \cdot 1.0 = 0.2 \text{ моль}.$$

Поскольку азотная кислота – одноосновная, независимо от валентности металла $\nu$(металла) = $\nu$(соли). Отсюда молярная масса металла:

$$M(\text{металла}) = m / \nu = 12.8 / 0.2 = 64 \text{ г/моль};$$

это медь Cu.

Уравнения реакций:

$$Cu + 4HNO_3(\text{конц}) \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2{\uparrow} + 2H_2O;$$

$$Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \rightarrow CuSO_4 + SO_2{\uparrow} + 2H_2O.$$

*Ответ*: медь Cu.

## Подготовительное отделение 2010

## Вариант ПО-2010-1

**1.** $CaO + SiO_2 \xrightarrow{t^\circ} CaSiO_3$.

**2.** а) $5Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5Na_2SO_4 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + H_2O$;

б) $S + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow H_2SO_4 + 2NO{\uparrow}$.

**3.** Рассчитаем массу имеющегося раствора и массу сульфата магния в нем:

$$m(\text{раствора}) = V \cdot \rho = 100 \cdot 1.03 = 103 \text{ г},$$
$$m(MgSO_4) = 103 \cdot 0.05 = 5.15 \text{ г}.$$

Пусть необходимо добавить к раствору $x$ г кристаллогидрата. Масса полученного раствора будет равна $(103 + x)$ г, а масса соли в полученном растворе составит:

$$m(MgSO_4) = 5.15 + 120x / 246 = 5.15 + 0.488x \text{ г}.$$

По условию задачи в новом растворе

$$\omega(MgSO_4) = \frac{5.15 + 0.488x}{103 + x} = 0.1.$$

Решив полученное уравнение, находим $x = 13.27$ г.

*Ответ*: 13.27 г кристаллогидрата.

**4.** 1) $CuO + C \xrightarrow{t^\circ} Cu + CO\uparrow$;

2) $Cu + 2H_2SO_4(\text{конц}) \xrightarrow{t^\circ} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

3) $CuSO_4 + 2NaOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$;

4) $CH_3CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – Cu; $\mathbf{X_2}$ – $CuSO_4$; $\mathbf{X_3}$ – $Cu(OH)_2$; $\mathbf{X_4}$ и $\mathbf{X_5}$ – $CH_3COOH$ и $Cu_2O$.

**5.** 1) $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow C_2H_2\uparrow + Ca(OH)_2$;

2) $3C_2H_2 \xrightarrow{\text{Сакт}, t^\circ} C_6H_6$ (тримеризация ацетилена);

3) $C_6H_6 + HNO_3 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5{-}NO_2 + H_2O$ (нитрование бензола нитрующей смесью);

4) $C_6H_5{-}NO_2 + 3Zn + 7HCl \rightarrow C_6H_5{-}NH_3Cl + 3ZnCl_2 + 2H_2O$.

*Ответ*: **A** – $C_2H_2$; **B** – $C_6H_6$; **C** – $C_6H_5{-}NO_2$; **D** – $C_6H_5{-}NH_3Cl$.

**6.** Из условия задачи рассчитаем количества веществ $H_2S$ и KOH:

$$\nu(H_2S) = 3.36 / 22.4 = 0.15 \text{ моль},$$
$$\nu(KOH) = \frac{50.4 \cdot 1.21 \cdot 0.23}{56} = 0.25 \text{ моль}.$$

Реакция сгорания сероводорода:

$$\underset{0.15 \text{ моль}}{H_2S} + 1.5O_2 \rightarrow \underset{0.15 \text{ моль}}{SO_2} + \underset{0.15 \text{ моль}}{H_2O}.$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $SO_2$ в раствор щелочи будут образовываться и кислая, и средняя соли:

$$\underset{x}{KOH} + SO_2 \rightarrow \underset{x}{KHSO_3};$$
$$\underset{2y}{2KOH} + SO_2 \rightarrow \underset{y}{K_2SO_3}.$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 0.25; \\ x + y = 0.15, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.05$ моль, $y = 0.1$ моль.

Массы солей в растворе:

$$m(KHSO_3) = 120 \cdot 0.05 = 6.0 \text{ г};$$
$$m(K_2SO_3) = 158 \cdot 0.1 = 15.8 \text{ г}.$$

Рассчитаем массу раствора:

$$m = m(\text{исх}) + m(SO_2) + m(H_2O) = 50.4 \cdot 1.21 + 0.15 \cdot 64 + 0.15 \cdot 18 = 73.28 \text{ г}.$$

Массовые доли солей в растворе:

$$\omega(KHSO_3) = 6.0 / 73.28 = 0.082 \text{ (или 8.2\%)},$$
$$\omega(K_2SO_3) = 15.8 / 73.28 = 0.216 \text{ (или 21.6\%)}.$$

При обработке избытком гидроксида кальция протекают реакции:

$$KHSO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + KOH + H_2O;$$
$$K_2SO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + 2KOH.$$

Масса осадка $CaSO_3$:

$$m(CaSO_3) = 120 \cdot (0.05 + 0.1) = 18 \text{ г}.$$

*Ответ*: 8.2% $KHSO_3$, 21.6 % $K_2SO_3$; 18 г $CaSO_3$.

**7.** Пусть исходная смесь содержала $x$ моль метиламина и $y$ моль этанола. Запишем уравнения сгорания этих веществ:

$$\underset{x}{2CH_3NH_2} + 4.5O_2 \rightarrow 2CO_2 + \underset{2.5x}{5H_2O} + \underset{0.5x}{N_2};$$
$$\underset{y}{C_2H_5OH} + O_2 \rightarrow 2CO_2 + \underset{3y}{3H_2O}.$$

По условию, образовался 1 моль воды (18 г), следовательно,

$$2.5x + 3y = 1 \text{ моль}. \qquad (1)$$

Газ, не растворимый в растворе щелочи, – это азот; его количество

$$\nu(N_2) = 2.24 / 22.4 = 0.1 \text{ моль} = 0.5x \text{ моль},$$

откуда $x = 0.2$ моль. Подставляя это значение в (1), получаем $y = 0.167$ моль.

Масса исходной смеси:

$$m(\text{исх.смеси}) = 0.2 \cdot 31 + 0.167 \cdot 46 = 6.2 + 7.68 = 13.88 \text{ г}.$$

Массовая доля метиламина в смеси:

$$\omega(CH_3NH_2) = 6.2 / 13.88 = 0.45 \text{ (или 45\%)}.$$

*Ответ*: 45% метиламина.

## Вариант ПО-2010-2

**1.** $K_2O + CO_2 \rightarrow K_2CO_3$.

**2.** а) $3Na_2SO_3 + 2KMnO_4 + H_2O \rightarrow 3Na_2SO_4 + 2MnO_2\downarrow + 2KOH$;

б) $3P + 5HNO_3(\text{конц}) + 2H_2O \rightarrow 3H_3PO_4 + 5NO\uparrow$.

**3.** Рассчитаем массу имеющегося раствора и массу сульфата натрия в нем:

$$m = V \cdot \rho = 100 \cdot 1.07 = 107 \text{ г},$$

$$m(Na_2SO_4) = 107 \cdot 0.05 = 5.35 \text{ г}.$$

Пусть необходимо добавить к раствору $x$ г кристаллогидрата. Масса полученного раствора будет равна $(107 + x)$ г, а масса соли в полученном растворе составит:

$$m(Na_2SO_4) = 5.35 + 142x / 322 = 5.35 + 0.44x \text{ г}.$$

По условию задачи, в новом растворе

$$\omega(Na_2SO_4) = \frac{5.35 + 0.44x}{107 + x} = 0.16.$$

Решив полученное уравнение, находим $x = 42.0$ г.

*Ответ*: 42.0 г кристаллогидрата.

**4.** 1) $Ag + 2HNO_3(\text{конц}) \rightarrow AgNO_3 + NO_2\uparrow + H_2O$;

2) $2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2NaNO_3 + H_2O$;

3) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$;

4) $C_2H_5CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \xrightarrow{t^\circ} C_2H_5COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $AgNO_3$; $\mathbf{X_2}$ – $Ag_2O$; $\mathbf{X_3}$ – $[Ag(NH_3)_2]OH$; $\mathbf{X_4}$ и $\mathbf{X_5}$ – $C_2H_5COONH_4$ и Ag.

**5.** 1) $C_2H_2 + H_2O \xrightarrow{Hg^{2+},H^+} CH_3CHO$;

2) $CH_3CHO + H_2 \xrightarrow{Ni} CH_3CH_2OH$;

3) $CH_3CH_2OH + HBr \rightarrow CH_3CH_2Br + H_2O$;

4) $2CH_3CH_2Br + 2Na \rightarrow CH_3CH_2CH_2CH_3 + 2NaBr$.

*Ответ*: **A** – $CH_3CHO$; **B** – $CH_3CH_2OH$; **C** – $CH_3CH_2Br$; **D** – $C_4H_{10}$.

**6.** Из условия задачи, рассчитаем количества веществ $H_2S$ и NaOH:

$$\nu(H_2S) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль},$$

$$\nu(NaOH) = \frac{57.4 \cdot 1.22 \cdot 0.2}{40} = 0.35 \text{ моль}.$$

Реакция сгорания сероводорода:

$$\underset{0.2\text{ моль}}{H_2S} + 1.5O_2 \rightarrow \underset{0.2\text{ моль}}{SO_2} + \underset{0.2\text{ моль}}{H_2O}$$

Судя по соотношению количеств веществ, при пропускании $SO_2$ в раствор щелочи будут образовываться и кислая, и средняя соли:

$$\underset{x}{NaOH} + SO_2 \rightarrow \underset{x}{NaHSO_3};$$

$$\underset{2y}{2NaOH} + SO_2 \rightarrow \underset{y}{Na_2SO_3}.$$

Получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} x + 2y = 0.35; \\ x + y = 0.2, \end{cases}$$

решение которой дает: $x = 0.05$ моль, $y = 0.15$ моль.

Массы солей в растворе:

$$m(NaHSO_3) = 104 \cdot 0.05 = 5.2 \text{ г};$$
$$m(Na_2SO_3) = 126 \cdot 0.15 = 18.9 \text{ г}.$$

Масса раствора:

$$m = m(\text{исх}) + m(SO_2) + m(H_2O) = 57.4 \cdot 1.22 + 0.2 \cdot 64 + 0.2 \cdot 18 = 86.43 \text{ г}.$$

Массовые доли солей:

$$\omega(NaHSO_3) = 5.2 / 86.43 = 0.06 \text{ (или 6.0\%)},$$
$$\omega(Na_2SO_3) = 18.9 / 86.43 = 0.219 \text{ (или 21.9\%)}.$$

При обработке избытком гидроксида кальция протекают реакции:

$$NaHSO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + NaOH + H_2O;$$
$$Na_2SO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3\downarrow + 2NaOH.$$

Масса осадка $CaSO_3$:

$$m(CaSO_3) = 120 \cdot (0.05 + 0.15) = 24 \text{ г}.$$

*Ответ*: 6.0% $NaHSO_3$, 21.9 % $Na_2SO_3$; 24 г $CaSO_3$.

**7.** Пусть исходная смесь содержала $x$ моль анилина и $y$ моль бензола. Запишем уравнения сгорания этих веществ:

$$\underset{x}{2C_6H_5NH_2} + 15.5O_2 \rightarrow 12CO_2 + \underset{3.5x}{7H_2O} + \underset{0.5x}{N_2};$$

$$\underset{y}{C_6H_6} + 7.5O_2 \rightarrow 6CO_2 + \underset{3y}{3H_2O}.$$

По условию, образовалось 11.7 /18 = 0.65 моль воды, следовательно

$$3.5x + 3y = 0.65 \text{ моль.} \qquad (1)$$

Газ, не растворимый в растворе щелочи, – это азот.

$$\nu(N_2) = 1.12 / 22.4 = 0.05 \text{ моль} = 0.5x \text{ моль.}$$

Получаем $x = 0.1$ моль. Подставляя это значение в (1), находим $y = 0.1$ моль.

Масса исходной смеси:

$$m = 0.1 \cdot 93 + 0.1 \cdot 78 = 9.3 + 7.8 = 17.1 \text{ г.}$$

Массовая доля анилина в смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 9.3 / 17.1 = 0.544 \text{ (или 54.4\%).}$$

*Ответ*: 54.4% анилина.

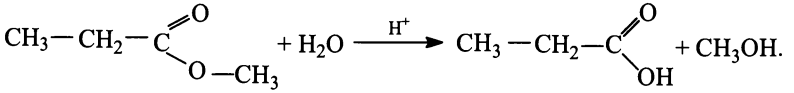
## Экзамен по химии для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)

## Вариант Хим-1

**1.** Ответ можно представить в виде таблицы:

| Вещество | Атом | Степень окисления | Валентность |
|---|---|---|---|
| $O_2$ | O | 0 | II |
| $NaClO_4$ | Na | +1 | I |
| | Cl | +7 | VII |
| | O | –2 | II |

**2.** Реакция кислотного гидролиза метилпропионата:



**3.** Уравнение реакции электролиза водного раствора нитрата меди (II) на инертных электродах:

$$2Cu(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{электролиз}} \underset{\textit{катод}}{2Cu} + \underset{\textit{анод}}{O_2\uparrow} + 4HNO_3.$$

**4.** Формула гомологического ряда предельных одноосновных кислот $C_nH_{2n}O_2$. Молярная масса кислоты $M = 14n + 32$. По условию, массовая доля кислорода:

$$\omega(O) = \frac{32}{14n + 32} = 0.5333.$$

Решив это уравнение, получим $n = 2$, следовательно, формула кислоты $C_2H_4O_2$.

*Ответ*: уксусная кислота $CH_3COOH$.

**5.** 1) $Li_2O + H_2O \rightarrow 2LiOH$; оксид лития реагирует с водой, образуя щелочь; среда щелочная.

2) $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$; серный ангидрид реагирует с водой, образуя сильную кислоту – серную; среда кислотная.

3) $2CuSO_4 + 2H_2O \rightleftarrows (CuOH)_2SO_4 + H_2SO_4$; сульфат меди – соль, образованная сильной кислотой и слабым основанием, гидролизуется по катиону с образованием кислотной среды.

4) $BaCl_2$ – соль, образованная сильным основанием и сильной кислотой, гидролиз не происходит, среда нейтральная.

**6.** Рассчитаем количества образовавшихся бромоводорода и иодоводорода:

$$\nu(HBr) = \frac{12.15}{81} = 0.15 \text{ моль};$$

$$\nu(HI) = \frac{12.8}{128} = 0.1 \text{ моль}.$$

С большей скоростью идет реакция образования бромоводорода, т. к. в единицу времени в единице объема образовалось большее количество этого вещества.

**7.** а) $CrCl_3 + 3KOH \rightarrow Cr(OH)_3\downarrow + 3KCl$ (при недостатке щелочи);

$CrCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Cr(OH)_4] + 3KCl$ (в избытке щелочи);

б) $4FeS + 7O_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 4SO_2$ (окислительный обжиг);

в) $3C + 4HNO_3(\text{конц}) \rightarrow 3CO_2\uparrow + 4NO\uparrow + 2H_2O$;

г) $Fe_2(SO_4)_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow + 3Na_2SO_4$.

**8.** 1) $CH_3–CH_2–CH_2Br + NaOH(\text{водн.р-р}) \rightarrow CH_3–CH_2–CH_2–OH + NaBr$;

2) $CH_3–CH_2–CH_2–OH + CuO \xrightarrow{t^\circ} CH_3–CH_2–CHO + Cu + H_2O$;

3) $CH_3CH_2CHO + 2Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CH_3–CH_2–COOH + Cu_2O\downarrow + 2H_2O$;

4) $CH_3–CH_2–COOH + Cl_2 \xrightarrow{P\text{ кр}} CH_3–CHCl–COOH + HCl$;

5) $CH_3–CHCl–COOH + 2NH_3 \rightarrow CH_3–CH(NH_2)–COOH + NH_4Cl$;

6) $CH_3–CH(NH_2)–COOH + CH_3OH \xrightarrow{H^+} \rightarrow CH_3–CH(NH_2)–COOCH_3 + H_2O$.

**9.** При добавлении щелочи осаждается гидроксид меди:

$$CuCl_2 + 2KOH \rightarrow Cu(OH)_2\downarrow + 2KCl.$$

Соли алюминия в избытке щелочи дают растворимые комплексные соли:

$$AlCl_3 + 4KOH \rightarrow K[Al(OH)_4] + 3KCl.$$

При прокаливании осадка $Cu(OH)_2$ протекает реакция:

$$Cu(OH)_2 \xrightarrow{t^\circ} CuO + H_2O.$$

Количество образующегося оксида меди (II):

$$\nu(CuO) = 1.60 / 80 = 0.02 \text{ моль},$$

значит $\nu(CuCl_2) = 0.02$ моль, а молярная концентрация $CuCl_2$ в растворе:

$$c(CuCl_2) = 0.02 / 0.1 = 0.2 \text{ моль/л}.$$

Раствором аммиака осаждается гидроксид алюминия, а соль меди с аммиаком образует растворимое комплексное соединение:

$$AlCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl;$$
$$CuCl_2 + 4NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4]Cl_2.$$

При прокаливании осадка $Al(OH)_3$ протекает реакция:

$$2Al(OH)_3 \xrightarrow{t^\circ} Al_2O_3 + 3H_2O.$$

Количество образующегося оксида алюминия:

$$\nu(Al_2O_3) = 2.55 / 102 = 0.025 \text{ моль},$$

следовательно $\nu(AlCl_3) = 0.05$ моль, а молярная концентрация $AlCl_3$ в растворе:

$$c(AlCl_3) = 0.05 / 0.1 = 0.5 \text{ моль/л}.$$

*Ответ*: 0.2 М $CuCl_2$, 0.5 М $AlCl_3$.

**10.** Хлороводород образует с анилином соль, которая выпадает в осадок (соединение с ионной связью не растворимо в неполярном растворителе):

$$C_6H_5NH_2 + HCl \rightarrow C_6H_5NH_3^+Cl^-\downarrow.$$

Количество выпавшей соли:

$$\nu(C_6H_5NH_3Cl) = 2.59 / 128.5 = 0.02 \text{ моль},$$

следовательно, и анилина было 0.02 моль; его масса:

$$m(C_6H_5NH_2) = 0.02 \cdot 93 = 1.86 \text{ г}.$$

После отделения осадка фильтрат содержит только два вещества – бензол и фенол. Со щелочью реагирует фенол, давая соль (фенолят), которая переходит вследствие своей полярности в водный слой:

$$C_6H_5OH + NaOH \rightarrow C_6H_5ONa + H_2O;$$

значит, 4.7 г – это масса фенола.

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(C_6H_5NH_2) = 1.86 / 10 = 0.186 \text{ (или 18.6\%)};$$

$$\omega(C_6H_5OH) = 4.7 / 10 = 0.47 \text{ (или 47\%)};$$

$$\omega(C_6H_6) = 100 - 18.6 - 47 = 34.4\%.$$

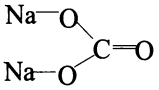
*Ответ*: 18.6% анилина, 47% фенола, 34.4% бензола.

## Экзамен для выпускников ЦМО МГУ (вместо ЕГЭ)

## Вариант ИН-21

**1.** O: $1s^2 2s^2 2p^4$.

**2.** Карбонат натрия $Na_2CO_3$:



**3.** Рассчитаем количество метана:

$$\nu(CH_4) = m / M = 4 / 16 = 0.25 \text{ моль}.$$

Объем 0.25 моль метана при нормальных условиях:

$$V = V_m \cdot \nu = 22.4 \cdot 0.25 = 5.6 \text{ л}.$$

*Ответ*: 5.6 л.

**4.** $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$.

**5.** Рассчитаем массу 100 мл 10% раствора:

$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V = 1.04 \cdot 100 = 104 \text{ г}.$$

Масса хлорида бария в растворе:

$$m(BaCl_2) = m(\text{раствора}) \cdot \omega = 104 \cdot 0.1 = 10.4 \text{ г}.$$

*Ответ*: 10.4 г.

**6.** $N_{2(г)} + 3H_{2(г)} \rightleftarrows 2NH_{3(г)} + 92$ кДж.

В соответствии с принципом Ле Шателье, равновесие будет сдвигаться в сторону образования аммиака при повышении давления (прямая реакция протекает с сокращением числа моль газов) и при понижении температуры (прямая реакция экзотермическая). Введение катализатора не повлияет на положение равновесия.

**7.** $NaH + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow$;

$Na_2SO_4 + Ba(OH)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2NaOH$.

**8.** 1) $C_2H_5OH \xrightarrow{t^\circ} C_2H_4 + H_2O$;

2) $C_2H_4 + HCl \rightarrow C_2H_5Cl$;

3) $C_2H_5Cl + NaOH(водн) \rightarrow C_2H_5OH + NaCl$.

**9.** 1) $2KCl + 2H_2O \xrightarrow{электролиз} H_2\uparrow + Cl_2\uparrow + 2KOH$;

2) $2KOH + CO_2 \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$;

3) $K_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2KCl + CO_2\uparrow + H_2O$.

**10.** Для реакции

$$MgSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

рассчитаем количества реагирующих веществ:

$$\nu(MgSO_4) = 12 \cdot 0.1 / 120 = 0.01 \text{ моль};$$

$$\nu(NaOH) = 1 \cdot 0.04 = 0.04 \text{ моль}.$$

Сульфат магния находится в недостатке. Отсюда, количество образовавшегося осадка: $\nu(Mg(OH)_2) = 0.01$ моль, а его масса:

$$m(Mg(OH)_2) = 0.01 \cdot 58 = 0.58 \text{ г}.$$

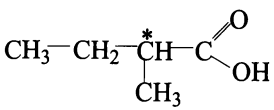
*Ответ*: 0.58 г гидроксида магния.

## Выпускной экзамен по химии СУНЦ МГУ

## Вариант СУНЦ-1-2010

**1.** Например, $K_3[Fe(CN)_6]$.

**2.** 2-Метилбутановая кислота:



**3.** Пусть $x$ – искомое количество воды, необходимое для растворения $Cs_2O$:

$$Cs_2O + H_2O \rightarrow 2CsOH;$$

Исходя из уравнения реакции и данной массы оксида цезия, рассчитаем количество образующегося гидроксида цезия:

$$\nu(CsOH) = 2\nu(Cs_2O) = 2 \cdot 14.1 / 282 = 0.1 \text{ моль}.$$

Выразим массовую долю гидроксида цезия в растворе

$$\omega(CsOH) = m(CsOH) / m(\text{раствора}) = \frac{0.1 \cdot 150}{14.1 + x \cdot 18} = 0.065;$$

решив это уравнение, получаем $x = 12.04$ моль.

*Ответ*: 12.04 моль $H_2O$.

**4.** Из уравнения Менделеева – Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$ получим выражение, связывающее молярную массу газа и его плотность:

$$M(\text{газ. смеси}) = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{0.824 \cdot 8.314 \cdot 333}{101.3} = 22.5 \text{ г/моль}.$$

Поскольку $M(N_2)$ = 28 г/моль, молярная масса углеводорода должна быть меньше 22.5 г/моль. Это метан $CH_4$ с молярной массой 16 г/моль.

*Ответ*: $CH_4$.

**5.** а) Предположим, что металл в оксиде остается двухвалентным:

$$2Me(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2MeO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

По условию задачи

$$m(MeO) / m(Me(NO_3)_2) = 0.444, \text{ или}$$
$$M(MeO) / M(Me(NO_3)_2) = 0.444.$$

Обозначим молярную массу металла за $x$. тогда

$$\frac{x+16}{x+124} = 0.444.$$

Решив это уравнение, имеем $x$ = 70.2 г/моль. Двухвалентного металла с такой молярной массой нет.

б) Предположим, что металл в оксиде становится трехвалентным:

$$4Me(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Me_2O_3 + 8NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

По условию

$$m(Me_2O_3) / m(Me(NO_3)_2) = 0.444, \text{ или}$$
$$M(Me_2O_3) / 2M(Me(NO_3)_2) = 0.444.$$

Обозначим молярную массу металла за $x$. тогда

$$\frac{2x+48}{2\cdot(x+124)} = 0.444.$$

Решив это уравнение, получаем $x$ = 55.9. Двухвалентный металл с молярной массой 55.9 г/моль – железо.

$$4Fe(NO_3)_2 \xrightarrow{t^\circ} 2Fe_2O_3 + 8NO_2\uparrow + O_2\uparrow;$$

*Ответ*: $Fe(NO_3)_2$.

**6.** Реакция сгорания ацетона выражается уравнением:

$$C_3H_6O + 4O_2 \rightarrow 3CO_2 + 3H_2O.$$

По закону Гесса:

$$Q(\text{реакции}) = 3 \cdot 393.5 + 3 \cdot 241.8 - 217.6 = 1688.3 \text{ кДж/моль},$$

значит, количество сгоревшего ацетона:

$$\nu(C_3H_6O) = 506.5 / 1688.3 = 0.3 \text{ моль}.$$

Количество оставшегося кислорода:

$$\nu(O_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{103.8 \cdot 12.1}{8.31 \cdot 302} = 0.5 \text{ моль},$$

следовательно, всего было кислорода:

$$\nu(O_2) = 0.5 + 0.3 \cdot 4 = 1.7 \text{ моль}.$$

Масса исходной смеси:

$$m(\text{смеси}) = 1.7 \cdot 32 + 0.3 \cdot 58 = 54.4 + 17.4 = 71.8 \text{ г};$$

Массовые доли компонентов смеси:

$$\omega(C_3H_6O) = 17.4 / 71.8 = 0.242 \text{ (или 24.2\%)};$$
$$\omega(O_2) = 100 - 24.2 = 75.8\%.$$

*Ответ*: 24.2% ацетона, 75.8% кислорода.

**7.** 1) $Fe + 4HNO_3(\text{разб}) \rightarrow Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$;

2) $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$;

3) $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4HNO_3$;

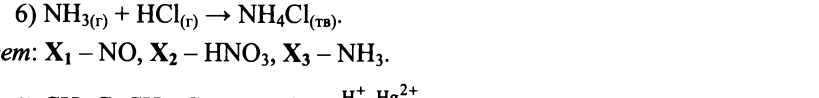
4) $5Zn + 12HNO_3(\text{разб}) \rightarrow 5Zn(NO_3)_2 + N_2\uparrow + 6H_2O$;

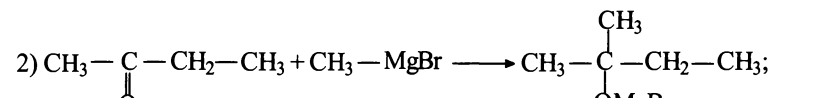
5) $N_2 + 3H_2 \rightleftarrows 2NH_3$ (реакция протекает при высоком давлении в присутствии платины);

6) $NH_{3(г)} + HCl_{(г)} \rightarrow NH_4Cl_{(тв)}$.

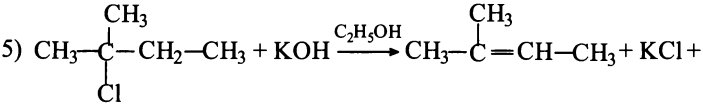
*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – NO, $\mathbf{X_2}$ – $HNO_3$, $\mathbf{X_3}$ – $NH_3$.

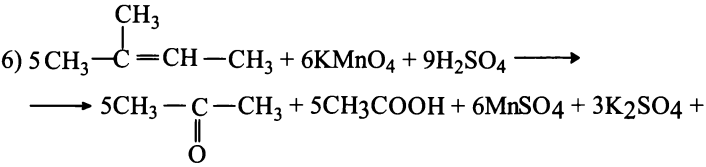
**8.** 1) $CH{\equiv}C{-}CH_2{-}CH_3 + H_2O \xrightarrow{H^+, Hg^{2+}} CH_3{-}C(O){-}C_2H_5$;

2) 

3) 

4) $(CH_3)_2C(OH)C_2H_5 + HCl_{(г)} \rightarrow (CH_3)_2CClC_2H_5 + H_2O$;





*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $(CH_3)_2C(OMgBr)C_2H_5$; $\mathbf{X_2}$ – $(CH_3)_2CClC_2H_5$.

**9.** Рассчитаем количество газовой смеси:

$$\nu(\text{смеси}) = \frac{101.3 \cdot 3.63}{8.31 \cdot 295} = 0.15 \text{ моль},$$

По условию задачи, количество неизвестного газа будет равно

$$\nu(\text{газа}) = 0.2 \cdot \nu(\text{смеси}) = 0.2 \cdot 0.15 = 0.03 \text{ моль},$$

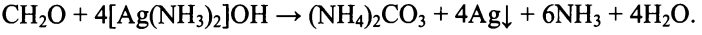
а количество и масса пропана будут равны соответственно:

$$\nu(C_3H_8) = 0.15 - 0.03 = 0.12 \text{ моль},$$
$$m(C_3H_8) = 0.12 \cdot 44 = 5.28 \text{ г}.$$

Тогда масса неизвестного газа и его молярная масса:

$$m(\text{газа}) = 6.18 - 5.28 = 0.9 \text{ г},$$
$$M(\text{газа}) = 0.9 / 0.03 = 30 \text{ г/моль}.$$

Поскольку по условию газ реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (пропан не реагирует), подходящий вариант – формальдегид $CH_2O$:



В осадок выпадает серебро, масса которого

$$m(Ag) = 0.03 \cdot 4 \cdot 108 = 12.96 \text{ г}.$$

*Ответ*: 12.96 г серебра.

**10.** Пусть смешивание проводят в реакторе объемом $V_1$. Рассчитаем количества участников реакции к моменту достижения равновесия, моль:

| | $N_2$ | + $3H_2$ | ⇄ $2NH_3$ |
|---|---|---|---|
| Было: | 2 | 3 | – |
| Прореагировало: | 0.4 | 1.2 | – |
| Образовалось: | – | – | 0.8 |
| В равновесии: | 1.6 | 1.8 | 0.8 |

Степень превращения азота:

$$\alpha(N_2) = \frac{\nu(\text{прореаг.})}{\nu(\text{исх})} = \frac{0.4}{2} = 0.2.$$

Константа равновесия:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{0.8}{V_1}\right)^2}{\frac{1.6}{V_1}\cdot\left(\frac{1.8}{V_1}\right)^3} = 0.06859\cdot V_1^2.$$

Пусть во втором случае газы смешиваются в реакторе объемом $V_2$. Поскольку $\alpha(N_2) = \frac{\nu(\text{прореаг.})}{3} = 0.2$, то количество прореагировавшего азота $\nu(N_2) = 0.6$ моль. Рассчитаем количества участников реакции к моменту достижения равновесия, моль:

| | $N_2$ | + $3H_2$ | $\rightleftarrows$ $2NH_3$ |
|---|---|---|---|
| Было: | 3 | 4 | – |
| Прореагировало: | 0.6 | 1.8 | – |
| Образовалось: | – | – | 1.2 |
| В равновесии: | 2.4 | 2.2 | 1.2 |

Константа равновесия:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3} = \frac{\left(\frac{1.2}{V_2}\right)^2}{\frac{2.4}{V_2}\cdot\left(\frac{2.2}{V_2}\right)^3} = 0.05639\cdot V_2^2,$$

значит: $0.06859\cdot V_1^2 = 0.05639\cdot V_2^2$, откуда

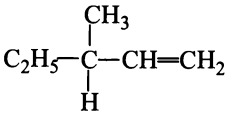
$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{0.06859}{0.05639} \text{ и } \frac{V_2}{V_1} = 1.10.$$

*Ответ*: нужно увеличить объем реактора в 1.1 раза.

## Вариант СУНЦ-2-2010

**1.** Например, $[Ag(NH_3)_2]Cl$.

**2.** 3-Метилпентен-1:



**3.** Пусть $x$ – искомое количество воды, необходимое для растворения оксида кальция:

$$K_2O + H_2O \rightarrow 2KOH.$$

Исходя из уравнения реакции и массы оксида калия, рассчитаем количество образующегося гидроксида калия:

$$\nu(KOH) = 2\nu(K_2O) = 2 \cdot 9.4 / 94 = 0.2 \text{ моль}.$$

Выразим массовую долю гидроксида калия в растворе

$$\omega(KOH) = m(KOH) / m(\text{р-ра}) = \frac{0.2 \cdot 56}{9.4 + x \cdot 18} = 0.056;$$

решив это уравнение, получаем $x = 10.6$ моль.

*Ответ*: 10.6 моль $H_2O$.

**4.** Из уравнения Менделеева – Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$ получим выражение, связывающее молярную массу газа и его плотность:

$$M(\text{газ. смеси}) = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.37 \cdot 8.314 \cdot 348}{101.3} = 39.1 \text{ г/моль}.$$

Поскольку $M(Ar) = 40$ г/моль, молярная масса галогена должна быть меньше 40 г/моль. Это фтор $F_2$ с молярной массой 38 г/моль.

*Ответ*: $F_2$.

**5.** Пусть при прокаливании образуется чистый металл:

$$2MeNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Me + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

По условию задачи

$$m(Me) / m(MeNO_3) = 0.635, \text{ или}$$
$$M(Me) / M(Me(NO_3)) = 0.635.$$

Решив уравнение, получаем $M(Me) = 107.9$ г/моль. Это – серебро.

$$2AgNO_3 \xrightarrow{t^\circ} 2Ag + 2NO_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

*Ответ*: $AgNO_3$.

**6.** Реакция сгорания диметилового эфира:

$$C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O.$$

По закону Гесса:

$$Q = 2 \cdot 393.5 + 3 \cdot 241.8 - 184.1 = 1328.3 \text{ кДж/моль};$$

значит, количество сгоревшего ацетона:

$$\nu(C_2H_6O) = 398.5 / 1328.3 = 0.3 \text{ моль}.$$

Количество оставшегося кислорода:

$$\nu(O_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{100.1 \cdot 13.7}{8.31 \cdot 300} = 0.55 \text{ моль},$$

следовательно, всего было кислорода:

$$\nu(O_2) = 0.55 + 0.3 \cdot 3 = 1.45 \text{ моль}.$$

Масса исходной смеси:

$$m = 1.45 \cdot 32 + 0.3 \cdot 46 = 46.4 + 13.8 = 60.2 \text{ г}.$$

Массовые доли компонентов смеси:

$$\omega(C_2H_6O) = 13.8 / 60.2 = 0.229 \text{ (или 22.9\%)}.$$
$$\omega(O_2) = 100 - 22.9 = 77.1\%.$$

*Ответ*: 22.9% диметилового эфира, 77.1% кислорода.

**7.** 1) $Na_2S + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2S\uparrow$;

2) $2H_2S + 3O_2(\text{изб}) \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O$;

3) $2SO_2 + O_2 \xrightarrow{V_2O_5} 2SO_3$;

4) $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$;

5) $Cu + 2H_2SO_4 \xrightarrow{t^\circ} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$;

6) $SO_2 + 2H_2S \rightarrow 3S\downarrow + 2H_2O$.

*Ответ*: $\mathbf{X_1} - H_2S$, $\mathbf{X_2} - SO_3$, $\mathbf{X_3} - SO_2$.

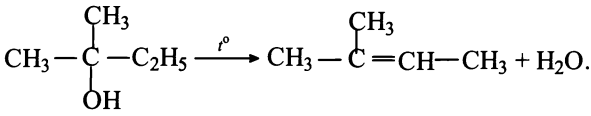
**8.** 1) $5C_2H_5OH + 4KMnO_4 + 6H_2SO_4 \rightarrow 5CH_3COOH + 2K_2SO_4 + 4MnSO_4 + 9H_2O$;

2) $2CH_3COOH + Ca(OH)_2 \rightarrow (CH_3COO)_2Ca + 2H_2O$;

3) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{t^\circ} CH_3C(O)CH_3\uparrow + CaCO_3$;

4) $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3 + C_2H_5MgBr \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{OMgBr}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_3$;

5) $CH_3-\underset{\underset{OMgBr}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-CH_2-CH_3 + H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-C_2H_5 + Mg(OH)Br$;



*Ответ*: $\mathbf{X_1}$ – $(CH_3COO)_2Ca$; $\mathbf{X_2}$ – $(CH_3)_2C(OMgBr)C_2H_5$.

**9.** Рассчитаем количество газовой смеси:

$$\nu(\text{смеси}) = \frac{101.3 \cdot 9.78}{8.31 \cdot 298} = 0.4 \text{ моль}.$$

По условию задачи, количество неизвестного газа будет равно:

$$\nu(\text{газа}) = 0.2 \cdot \nu(\text{смеси}) = 0.2 \cdot 0.4 = 0.08 \text{ моль},$$

а количество и масса метана будут равны соответственно:

$$\nu(CH_4) = 0.4 - 0.08 = 0.32 \text{ моль},$$
$$m(CH_4) = 0.32 \cdot 16 = 5.12 \text{ г}.$$

Тогда масса неизвестного газа и его молярная масса составят:

$$m(\text{газа}) = 7.2 - 5.12 = 2.08 \text{ г},$$
$$M(\text{газа}) = 2.08 / 0.08 = 26 \text{ г/моль}.$$

Поскольку по условию газ реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (метан не реагирует), подходящий вариант – ацетилен $C_2H_2$:

$$C_2H_2 + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow AgC{\equiv}CAg\downarrow + 4NH_3 + 2H_2O.$$

В осадок выпадает ацетиленид серебра, масса которого

$$m(C_2Ag_2) = 0.08 \cdot 240 = 19.2 \text{ г}.$$

*Ответ*: 19.2 г ацетиленида серебра.

**10.** Пусть смешивание проводят в реакторе объемом $V_1$.

Количества участников реакции к моменту достижения равновесия, моль:

| | $CO$ | $+ 2H_2$ | $\rightleftarrows CH_3OH_{(г)}$ |
|---|---|---|---|
| Было: | 1 | 3 | – |
| Образовалось: | – | – | 0.4 |
| Прореагировало: | 0.4 | 0.8 | – |
| В равновесии: | 0.6 | 2.2 | 0.4 |

Степень превращения оксида углерода (II):

$$\alpha(CO) = \frac{\nu(\text{прореаг.})}{\nu(\text{исх})} = \frac{0.4}{1} = 0.4.$$

Константа равновесия:

$$K = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} = \frac{\dfrac{0.4}{V_1}}{\dfrac{0.6}{V_1}\cdot\left(\dfrac{2.2}{V_1}\right)^2} = 0.1377\cdot V_1^2 .$$

Пусть во втором случае газы смешиваются в реакторе объемом $V_2$. Поскольку $\alpha(CO) = \dfrac{\nu(\text{прореаг.})}{2} = 0.4$, то количество прореагировавшего оксида углерода $\nu(CO) = 0.8$ моль.

Количества участников реакции к моменту достижения равновесия (моль):

$$CO + 2H_2 \rightleftarrows CH_3OH_{(г)}.$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Было: | 2 | 5 | – |
| Прореагировало: | 0.8 | 1.6 | |
| Образовалось: | – | – | 0.8 |
| В равновесии: | 1.2 | 3.4 | 0.8 |

Константа равновесия:

$$K = \frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2} = \frac{\dfrac{0.8}{V_2}}{\dfrac{1.2}{V_2}\cdot\left(\dfrac{3.4}{V_2}\right)^2} = 0.05767\cdot V_2^2 .$$

Значит $0.1377\cdot V_1^2 = 0.05767\cdot V_2^2$,

откуда

$$\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 = \frac{0.1377}{0.05767} \text{ и } \frac{V_2}{V_1} = 1.55 .$$

*Ответ*: нужно увеличить объем реактора в 1.55 раза.

# Часть IV

# БИОГРАФИЧЕСКИЕ ОЧЕРКИ ЧЛЕНОВ АВТОРСКОГО КОЛЛЕКТИВА

## АНТИПИН Роман Львович

Антипин Роман Львович родился в 1979 году в Москве. При обучении в средней школе с углублённым изучением английского языка почувствовал необычайную тягу к химии, вследствие чего последние два класса школы закончил в специальном химическом классе средней 171 школы при химическом факультете МГУ. После окончания школы в 1996 году поступил на первый курс химического факультета, где и продолжил обучение до 2001 года.

После окончания химического факультета остался работать в лаборатории биологически активных органических соединений кафедры органической химии, где в 2005 году защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата химических наук по двум специальностям: органическая химия и химия элементоорганических соединений. В настоящее время работает в должности ассистента.

Роман Львович активно участвует в учебно-педагогической деятельности: с 2006 года проводит семинарские занятия со студентами факультета фундаментальной медицины по курсу «Биоорганическая химия», семинарские и практические занятия со студентами-химиками и студентами физико-химического факультета МГУ по органической химии. Также он не забывает и о воспитании молодого поколения: готовит сборную команду школьников Российской Федерации к участию во Всемирной олимпиаде по химии, проводит выездные вступительные экзамены, читает лекции в отдалённых уголках нашей Родины для одарённых детей.

Научные интересы Р.Л. Антипина лежат в области тонкого органического синтеза, разработки новых реагентов для функционализации непредельных соединений. Так, им была показана возможность активации слабых селенсодержащих электрофильных реагентов с целью их дальнейшего присоединения к кратной углерод-углеродной связи.

Работы Р.Л. Антипина неоднократно отмечались различными премиями и наградами: в 2006 году он был награждён медалью Российской Академии наук за лучшую работу, выполненную коллективом молодых учёных, а в 2009 году стал лауреатом премии для молодых преподавателей МГУ имени М.В. Ломоносова.

*Некоторые публикации*

**1.** Антипин Р.Л., Белоглазкина Е.К., Белова М.А., Зык Н.В., Буряк А.К. Галогенсульфенилировнаие сопряжённых диенов арилсульфенамидами в присутствии оксогалогенидов фосфора. – Журнал органической химии, 2003, т. 39, №4, с. 549-561.

**2.** Антипин Р.Л., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. β-Хлорселененирование алкенов, активированное оксохлоридами фосфора и серы. – Известия АН, Сер. хим., 2004, №10, с. 2250-2251.

**3.** Антипин Р.Л., Буланов М.Н., Сосонюк С.Е., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. Электрофильное присоединение к производным норборнена, содержащим $CF_3$- и $NO_2$-группы. – Известия АН, Сер. хим., 2005, №6, с. 1445-1448.

**4.** Антипин Р.Л., Белоглазкина Е.К., Чижевский А.А., Нуриев В.Н., Зык Н.В., Чернышев И.В., Моисеева А.А., Бутин К.П. Реакции комплексообразования в системе 5-ацилпиримидин-4-тион – алифатический диамин – хлорид металла (II) (M=Ni, Co). Молекулярная структура *фац*-трис(5-ацетил-2,4-диметилпиримилин-6-тиолакто)кобальта(III). – Известия АН, Сер. хим., 2005, №12, с. 2666-2678.

**5.** Антипин Р.Л., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. Хлорселененирование алкинов, арилселененамидами в присутсвии оксогалогенидов фосфора (V). – Вестник Моск. ун-та, Сер. 2. Химия, 2006, т. 47, №5.с. 359-362.

**6.** Antipin R.L., Beloglazkina E.K., Zyk N.V., Zefirov N.S. Arylselenenation of Conjugated Dienes by Arylselenenamides in the Presence of Phosphorus(V) Oxyhalides. – Tetrahedron Letters, 2007, v. 48, p. 729-731.

**7.** Антипин Р.Л., Белоглазкина Е.К., Мажуга А.Г., Чернышёва А.Н., Зык Н.В. Новый метод синтеза 5-[бром(арил)метилен]замещённых гидантоинов. – Химия гетероциклических соединений, 2008, №9, с. 1406-1408.

**8.** Антипин Р.Л., Чернышева А.Н., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. Арилсульфенилирование гетероциклических соединений арилсульфенамидами в присутствии оксохлорида фосфора (V). – Химия гетероциклических соединений, 2010, т. 519, № 9, с. 1329-1335.

**9.** Антипин Р.Л., Чернышёва А.Н., Борисенко А.А., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. Новый метод синтеза β-аминоселенидов: аминоселененирование алкенов арилселененамидами в присутвии сульфаминовой кислоты. – Известия АН, Сер. хим., 2011, №1, с. 209-210.

## АРХАНГЕЛЬСКАЯ Ольга Валентиновна

Ольга Валентиновна Архангельская родилась 12 марта 1945 года в Москве. В 1964 году окончила общеобразовательную школу и параллельно – музыкальную школу по классу фортепиано. В том же году поступила на химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова. Во время учебы специализировалась на кафедре полимеров. В 1969 году после защиты дипломной работы распределилась на кафедру общей химии. Научной тематикой работы Ольги Валентиновны стало исследование твердо- и жидкофазных процессов в композиционных материалах, получаемых сваркой взрывом, с целью оптимизации их эксплуатационных характеристик. В результате в 1975 году по этой тематике была защищена кандидатская диссертация.

Многие годы О.В. Архангельская являлась ответственным исполнителем в договорных работах по теме композиционных материалов, ею опубликовано около 40 статей и тезисов докладов на всесоюзных и международных конференциях, получено авторское свидетельство на изобретение «Способ плакирования металлов» и медаль ВДНХ СССР.

В 1970 году Ольга Валентиновна начала преподавать общую химию студентам смежных естественнонаучных факультетов МГУ (биологического, геологического, географического, биоинженерии и биоинформатики, фундаментальной медицины, почвоведения). С 1996 по 2002 годы заведовала студенческим практикумом кафедры общей химии.

О.В. Архангельская активно занимается методикой преподавания химии в вузе, является автором ряда методических пособий и задачников, выпущенных кафедрой общей химии химического факультета МГУ. С 2001 г. ведет лекционные и семинарско-практические занятия на факультете педагогического образования МГУ.

В течение многих лет и в настоящее время Ольга Валентиновна участвует в проведении вступительных экзаменов по химии в МГУ в качестве члена экзаменационной или предметной комиссий; она работала на подготовительных курсах для абитуриентов МГУ, РГУ и Текстильной академии.

Много времени и сил Ольга Валентиновна Архангельская посвящает химическому олимпиадному движению школьников: десять лет, с 1978 по 1988 годы, она была заместителем председателя оргкомитета Московской химической олимпиады школьников, а с 1989 года работает заместителем председателя методической комиссии Всероссийской (ранее – Всесоюзной) олимпиады школьников по химии. Ежегодно под ее руководством и при непосредственном участии выпускаются комплекты методических рекомендаций, заданий и решений для каждого этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии. О.В. Архангельская –

неизменный руководитель российской команды на Международной Менделеевской олимпиаде школьников по химии.

Ежегодно читает циклы лекций для учителей и школьников по линии общества «Знание», ФПК, тренингов «Путь к Олимпу», а также заказные лекции в различных городах России, Эстонии и Литвы.

За учебно-методическую и организационную работу О.В. Архангельская награждена грамотой Министерства просвещения СССР, значком «Отличник народного просвещения РСФСР», медалью «В память 850-летия Москвы», почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации, нагрудным знаком «Почетный работник высшего профессионального образования РФ».

В свободное время увлекается туризмом и классической музыкой.

*Некоторые публикации*

**1.** Соколовская Е.М., Архангельская О.В. О возможности синтеза интерметаллических соединений Fe и Ni с переходными металлами в условиях импульсного нагружения. – Тезисы докладов III Всесоюзной конференции по кристаллохимии интерметаллических соединений, Львов, 1978.

**2.** Рябчиков Е.А., Архангельская О.В. Исследование деформированного состояния цилиндрических биметаллических соединений при высокоскоростном импульсном плакировании. – Журн. Физика и техника высоких давлений ФТИ АН УССР, вып. 21, Киев: Наукова Думка, 1986.

**3.** Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А. Всероссийская олимпиада школьников по химии. – М.: АПК и ППРО, 2005. – 128 с.

**4.** Абрамычева Н.Л., Архангельская О.В., Гузей Л.С., Загорский В.В., Тюльков И.А. и др. Практикум по общей химии: учеб. пособие / Под ред. С.Ф. Дунаева. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М: Изд-во МГУ, 2005. – 336 с. – (Серия «Классический университетский учебник»).

**5.** Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н., Архангельская О.В. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах: учеб. пособие / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 377 с.

**6.** Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А., Павлова М.В. Олимпиадное движение школьников как важнейшая составляющая образовательного процесса. – Славянская педагогическая культура (научно-теоретический журнал Международной Славянской академии образования им. Я.А. Коменского), 2007, №6, с. 15-20.

**7.** Тюльков И.А., Архангельская О.В. Методические основы подготовки к олимпиадам по химии. Лекции 1-8. – Химия: Первое сентября, 2008, №17-24.

**8.** Лунин В.В., Архангельская О.В., Тюльков И.А. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 1 / под ред. В.В. Лунина. – М.: Просвещение, 2010. – 191 с. – («Пять колец»).

**9.** Архангельская О.В., Асланов Л.А., Тюльков И.А. Преподавание общей и неорганической химии на факультете фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова. – В сб.: Материалы II Всероссийской конференции «Химия в нехимическом ВУЗе», Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010.

## ЕРЕМИН Вадим Владимирович

Еремин Вадим Владимирович – профессор химического факультета МГУ. Вся его взрослая жизнь связана с Московским университетом – здесь он прошел все ступени от абитуриента до профессора, защитил две диссертации – кандидатскую (1988) и докторскую (2004), обе по физико-математическим наукам. Научные интересы в настоящем связаны с теоретическим описанием сверхбыстрых биохимических реакций, конкретно – с квантоводинамическим моделированием различных стадий фотосинтеза.

С 2001 года участвует в олимпиадном движении – входит в состав методической комиссии Всероссийской олимпиады по химии и руководит сборной России на Международной химической олимпиаде школьников. Под его руководством сборная России за эти годы завоевала больше 20 золотых медалей.

Задачи по химии для экзаменов и олимпиад по химии сочиняет больше 20 лет, предпочтение отдает расчетным задачам, так как полагает, что вещества и реакции можно характеризовать числами. Читает лекции по химии на четырех факультетах МГУ. Помимо преподавательской и научной работы, занимается литературным трудом – написал с друзьями и коллегами довольно много книг по химии, включая школьные и университетские учебники, пособия для подготовки к олимпиадам и вступительным экзаменам (см. список публикаций). Хобби: оперная музыка, теннис, марки, литература.

*Некоторые публикации*

**1.** Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Начала химии. – М.: Экзамен, 1997-2010. – 831 с.

**2.** Еремин В.В., Кузьменко Н.Е., Дроздов А.А., Лунин В.В., Теренин В.И. Химия. Школьные учебники, 8-11 классы. – М.: Дрофа, 2008-2011.

**3.** Еремин В.В. Теоретическая и математическая химия. – М.: МЦНМО, 2007. – 392 с.

**4.** Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Сборник задач по химии. Школьный курс. – М.: Экзамен, 2009. – 528 с.

**5.** Еремин В.В., Дроздов А.А. Нанохимия и нанотехнология. – М.: Дрофа, 2009. – 120 с.

**6.** Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии, в 2-х томах. – М.: Бином, 2011 (в печати).

**7.** Еремин В.В., Борщевский А.Я. Химия для физиков. – М.: Интеллект, 2012 (в печати).

**8.** Eremin V.V. et al. Wavepacket Dynamics in the Ground Electronic State of a Diatomic Molecule. – Chem. Phys. Lett., 2000, v. 316, № 3-4, p. 303-310.

**9.** Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Фемтохимия: квантовая динамика или химическая кинетика? В сб.: Российская наука: истина в ином приближении. – М.: Октопус, Природа, 2005, с. 88-100.

**10.** Еремин В.В. и др. Модель фемтосекундной динамики переноса электрона в модифицированном реакционном центре фотосинтеза: квантовый, классический и кинетический анализ. – Ж. физ. химии, 2006, т. 80, № 7, с. 1219–1226.

**11.** Еремин В.В., Глебов И.О. Скорость потери энергии и когерентности в одномерной колебательной системе, взаимодействующей с термостатом. – Теор. и мат. физика, 2007, т. 153, № 1, с. 130-144.

**12.** Еремин В.В., Белов А.С. Модель диссипативного переноса энергии в природных и искусственных фотосистемах. – Физикохимия поверхности и защита материалов, 2009, т. 45, № 5, с. 490-494.

**13.** Еремин В.В. Искусственный фотосинтез – путь к «чистой» энергии. – Природа, 2010, № 4, с. 22-28.

## ЗЫК Николай Васильевич

Родился в июле 1941 г. в деревне Крапивна Стародубского района Брянской области. Мой отец, Василий Емельянович Зык, погиб осенью 1941 г. на фронте. Мама – Варвара Семеновна Зык – колхозница-крестьянка, похоронена на Брянщине в 1991 г. Окончив в 1958 г. среднюю школу в с. Мохоновка, два года учился в техникуме, год работал и три года отслужил в Советской Армии. С 1964 по 1969 г. – студент химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, и далее вся его жизнь связана с родным химфаком МГУ: аспирант, младший научный сотрудник, старший преподаватель, доцент, с 1992 г. – профессор, с 1995 г. – заведующий лабораторией биологически активных органических соединений кафедры органической химии.

Имею почетные звания «Заслуженный деятель науки РФ» и «Заслуженный профессор Московского университета».

Мои научные интересы сосредоточены в области тонкого органического синтеза, изучения механизмов органических реакций и строения органических соединений. Результаты по исследованию синтетических и теоретических проблем электрофильных процессов, синтезу и химическим свойствам каркасных и полициклических соединений, поиску новых реагентов и новых реакций функционализации непредельных субстратов опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах (всего – более 300 публикаций, в том числе 10 обзоров).

Все эти результаты (многие из них получили мировое признание) получены мною вместе с моими коллегами и учениками – за годы работы под моим руководством защищено более 80 дипломных работ и 25 кандидатских диссертаций. Двое моих учеников защитили докторские диссертации.

Конечно, профессиональное и гражданское становление на химическом факультете происходило благодаря моим старшим товарищам. В первую очередь хочу назвать моего Главного Учителя – академика РАН, профессора Зефирова Николая Серафимовича, выдающегося ученого, чрезвычайно талантливого человека, а также

научного руководителя дипломной и кандидатской работ члена-корреспондента РАН, профессора Нифантьева Эдуарда Евгеньевича.

Наряду с научной работой, мне всегда доставляла удовольствие работа по организации и проведению учебного процесса: с 1975 по 1985 годы был «начальником» курса, несколько лет читал полный курс лекций «Органическая химия» для студентов химического факультета МГУ. В последние годы разработал и читаю новый оригинальный курс лекций по биоорганической химии для студентов факультета фундаментальной медицины МГУ, а также односеместровый спецкурс «Химия халькогенидов» для дипломников и аспирантов, специализирующихся в моей лаборатории. Являюсь соавтором многих учебно-методических пособий, в их числе «Основы стереохимии», «Ароматичность и ароматические углеводороды» и «Сборник задач и упражнений по биоорганической химии».

Многолетний член экзаменационной комиссии МГУ по химии, неоднократно выезжал в различные города нашей страны (Брянск, Киров, Элиста, Сочи и другие) для чтения лекций учителям и старшеклассникам.

Являюсь лауреатом I премии ВХО им. Д.И. Менделеева, научные исследования поддерживались грантами РФФИ, ИНТАС, ISSEP, Министерством образования и науки. Постановлением Президиума РАН в 1997-2000 гг. получал Государственную научную стипендию, в 1999 и 2000 годах был лауреатом конкурса Международной Соросовской программы образования в области точных наук, лауреатом конкурса «Грант Москвы» в области наук и технологий в сфере образования.

Член Ученого Совета химического факультета и член Ученого Совета факультета фундаментальной медицины МГУ, двух специализированных диссертационных Советов при МГУ по присуждению ученых степеней кандидата и доктора химических наук, а также член диссертационного Совета при РХТУ им. Д.И. Менделеева.

В студенческие и аспирантские годы восемь раз выезжал в составе студенческих строительных отрядов МГУ в различные регионы страны (в Смоленскую область, в Казахстан, на Сахалин). Всегда старался заниматься спортом: штангой, лыжами, волейболом и другими видами. После науки, вторая моя страсть – игра в футбол. Люблю и умею петь русские и украинские народные и современные песни.

*Некоторые публикации*

1. Нифантьев Э.Е., Зык Н.В., Киратеев М.П. Взаимодействие двузамещенных эфиров фосфористой кислоты с азинами. – Журнал органической химии, 1975, т. 45, №7, с. 1455-1461.

2. Зык Н.В., Белоглазкина Е.К., Зефиров Н.С. Триоксид серы: реагент, кислота, катализатор. – Журнал органической химии, 1995, т. 31, № 8, с. 1283-1319.

3. Бондаренко О.Б., Сагинова Л.Г., Зык Н.В. Синтез и свойства циклических эфиров сульфиновых кислот – сультинов. – Успехи химии, 1996, т. 64, в. 2, с. 156-177.

**4.** Зык Н.В., Вацадзе С.З., Белоглазкина Е.К., Мусин Б.М., Зефиров Н.С. Химия органических производных сульфоксиловой кислоты. Сообщение 1. Синтез. – Журнал органической химии, 1996, т. 32, №12, с. 1813-1827.

**5.** Зык Н.В., Вацадзе С.З., Белоглазкина Е.К., Мусин Б.М., Зефиров Н.С. Химия органических производных сульфоксиловой кислоты. Сообщение 2. Структура, свойства, практическое применение. – Журнал органической химии, 1998, т. 34, №10, с. 1433-1457.

**6.** Зефиров Н.С., Зык Н.В., Никулин А.В. Аномальные направления реакции ацетилнитрата с олефинами. – Журнал органической химии, 1978, т. 14, №12, с. 2616.

**7.** Зефиров Н.С., Жданкин В.В., Никулин А.В., Зык Н.В., Козьмин А.С. Новая реакция сопряженного электрофильного присоединения: функционализация олефинов с образованием нитроперхлоратов. – Журнал органической химии, 1981, т. 17, №1, с. 195-196.

**8.** Zefirov N.S., Koz'min A.S., Zhdankin V.V., Nikulin A.V., Zyk N.V. Lithium Perchlorate as a Reagent for Synthesis of Covalently Bonded Organic Perchlorates via Electrophillic Addition of Halogens and Nitronium Tetrafluorate to Olefins. – J. Org. Chem., 1982, v. 47, No. 19, p. 3679-3684.

**9.** Borisenko A.A., Nikulin A.V., Wolfe S., Zefirov N.S., Zyk N.V. Reaction of Cyclic Olefins with acetyl nitrate. [2+2]-Cycloaddition of the Nitryl Cation? –J. Am. Chem. Soc., 1984, v. 106, No. 4, p. 1074-1079.

**10.** Zefirov N.S., Zyk N.V., Kolbasenko S.I., Kutateladze A.G. Sulfur Trioxide Assisted Electrophilic Addition of $R_2NCl$ to Olefins. – J. Org. Chem., 1985, v.50, No. 23, 4539-4543.

**11.** Зефиров Н.С., Зык Н.В., Кутателадзе А.Г., Колбасенко С.И., Лапин Ю.А. Новая реакция: Сульфаматосульфенилирование олефинов. – Журнал органической химии, 1986, т. 22, №1, с. 214-215.

**12.** Зефиров Н.С., Зык Н.В., Кутателадзе А.Г., Лапин Ю.А. Электрофильное сульфаматосульфенилирование олефинов. – Журнал органической химии, 1987, т. 23, №2, с. 392-403.

**13.** Зефиров Н.С., Зык Н.В., Кутателадзе А.Г., Белоглазкина Е.К. S-Тозилсульфенамиды – новые электрофильные реагенты сульфосульфенилирующего действия. – Известия АН, Сер. хим., 1991, №11б, с. 2623-2629.

**14.** Зефиров Н.С., Зык Н.В., Лапин Ю.А., Кутателадзе А.Г., Уграк Б.И. Сульфенато-сульфенилирование олефинов этилфенилсульфенатом в присутствии триоксида серы. – Журнал органической химии, 1992, т. 28, №6, 1126-1147.

**15.** Kutateladze A.G., Zefirov N.S., Zyk N.V. Reactions of Sulfenic and Sulfoxylic acid Derivatives with Olefins in the Presence of Sulfur Trioxide and Its Complexes. – Sulfur Reports, 1992, v.11, No.2, p. 233-256.

**16.** Zyk N.V., Nesterov E.E., Khlobystov A.N., Zefirov N.S., Barnhurst L.A., Kutateladze A.G. Reactions of Nitrosonium Ethyl Sulfate with Olefins and Dienes: an Experimental and Theoretical Study. – J. Org. Chem., 1999, v.64, No. 19, p. 7121-7128.

**17.** Зык Н.В., Белоглазкина Е.К., Белова М.А., Зефиров Н.С. Реакция сульфенамидов, активированных оксигалогенидами фосфора(V), с алкенами. – Известия АН, Сер. хим., 2000, №11, р. 1874-1880.

**18.** Zefirova O.N., Potekhin K.A., Touchin A.I., Averina N.V., Baranova T.Yu., Zyk N.V., Zefirov N.S. Molecular and Crystal Structure of Indole Derivatives Fused with Substituted Bicyclo[3.3.1]nonane. – Structural Chemistry, 2007, v. 18, p. 457-460.

**19.** Зефирова О.Н.. Нуриева Е.В., Нуриев В.Н., Иванов А.А., Зык Н.В., Зефиров Н.С. Синтетические подходы к созданию физиологически активных полициклических соединений. VII. Синтез 3-гидрокси-7-(3,4-дигидроксиизобутил)-бицикло[3.3.1]нонана. – Журнал органической химии, 2008, т. 44, №8, с.1149-1152.

**20.** Антипин Р.Л., Клак В.Н., Белоглазкина Е.К., Зык Н.В. Реакции арилселененамидов с алкенами в присутствии оксогалогенидов фосфора(V) и серы(IV) – новый метод получения β-галогеналкилселенидов. – Журнал органической химии, 2009, т. 45, №6, с. 857-862.

**21.** Зык Н.В., Гаврилова А.Ю., Мухина О.А., Борисенко А.А., Бондаренко О.Б., Зефиров Н.С. Реакции этилфенилсульфената с непредельными соединениями в присутствии триметилсилилизотиоцианата. – Известия АН, Сер. хим., 2010, №10, с. 1724-1733.

**22.** Majouga A., Pichugina D., Ananieva I., Kurilova S., Shpigun O., Kuz'menko N., Zyk N. New Separation Matherials based on Gold Nanoparticles. – J. of Manufacturing Technology Management, 2010, v. 21, No. 8, p. 950-955.

## КАРГОВ Сергей Игоревич

Родился в 1958 году в городе Самаре. После окончания школы в 1976 году поступил на химический факультет Московского государственного университета. Окончил химический факультет в 1981 году и поступил в очную аспирантуру на кафедру физической химии химического факультета МГУ. После окончания аспирантуры с 1985 по 1989 гг. преподавал общую химию в Самарском государственном техническом университете. В 1990 г. вернулся на химический факультет МГУ и с тех пор непрерывно работаю здесь – сначала в должности младшего научного сотрудника, потом научного сотрудника, ассистента, доцента и профессора кафедры физической химии.

Научные интересы связаны с физической химией природных и синтетических полиэлектролитов. Кандидатская диссертация, выполненная под руководством Ивана Алексеевича Кузнецова, была посвящена изучению ионообменных свойств иммобилизованной ДНК, а докторская диссертация – конформационным изменениям полиэлектролитов и интерполиэлектролитным взаимодействиям в водных растворах. В настоящее время занимаюсь квантовомеханическими расчетами для изучения природы селективности различных полиэлектролитных ионообменников.

Читаю курсы лекций по физической химии на факультете биоинженерии и биоинформатики и на отделении «Фармация»

факультета фундаментальной медицины МГУ. Веду семинарские и практические занятия по физической химии со студентами химического факультета МГУ, а также на факультетах биоинженерии и биоинформатики и фундаментальной медицины.

Будучи студентом, аспирантом и сотрудником химического факультета МГУ, в течение многих лет участвовал в факультетской самодеятельности. Готовил представления Дней Химика, факультетских «капустников» и смотров художественной самодеятельности.

Люблю слушать хорошую музыку независимо от стиля и жанра, бардовскую песню. Люблю и сам петь песни под гитару.

*Некоторые публикации*

**1.** Kuznetsov I.A., Gorshkov V.I., Ivanov V.A., Kargov S.I., Korolev N.I., Filippov S.M., Khamizov R.Kh. Ion-Exchange Properties of Immobilized DNA. – Reactive Polymers, Ion Exchangers, Sorbents, 1984, v. 3, No. 1, p. 37–49.

**2.** Каргов С.И., Королев Н.И., Кузнецов И.А., Станиславский О. Б. Взаимодействие иммобилизованной ДНК с ионами серебра. – Молекулярная биология, 1986, т. 20, № 6, с. 1499–1505.

**3.** Каргов С.И., Филиппов С.М., Кузнецов И.А. Протонирование оснований в изоионных растворах ДНК. Физико-химический анализ с использованием Ag(I) в качестве зонда. – Журн. физ. химии, 1988, т. 62, № 5, с. 1320–1329.

**4.** Кабанов В.А., Жирякова М.В., Каргов С.И., Зезин А.Б., Изумрудов В.А. Возможность определяющего влияния степени полимеризации полиионов на направление конкурентной реакции в растворах нестехиометричных интерполиэлектролитных комплексов и ДНК. – Доклады Академии Наук, 1993, т. 332, № 6, с. 722–727.

**5.** Изумрудов В.А., Зезин А.Б., Каргов С.И., Жирякова М.В., Кабанов В.А. Конкурентное вытеснение интеркалированных в ДНК катионов этидия поликатионами. – Доклады Академии наук, 1995, т. 342, № 5, с. 626–629.

**6.** Izumrudov V.A., Kargov S.I., Zhiryakova M.V., Zezin A.B., Kabanov V.A. Competitive Reactions in Solutions of DNA and Water-Soluble Interpolyelectrolyte Complexes. – Biopolymers, 1995, v. 35, No. 5, p. 523–531.

**7.** Каргов С.И., Козлов А.Г., Давыдова О.В. Взаимодействие ионов серебра с полигуаниловой кислотой в изоионных и не содержащих поддерживающего электролита растворах. – Журн. физ. химии, 1997, т. 71, № 8, с. 1510–1513.

**8.** Zelikin A.N., Davydova O.V., Akritskaya N.I., Kargov S.I., Izumrudov V.A. Conformation of Polyelectrolyte Chains in Dilute Aqueous Solutions Investigated by Conductometry. 4. Influence of Molecular Mass and Charge Density of the Chains on Conformation of Symmetrical Aliphatic Ionene Bromides. – J. Phys. Chem. B, 2004, v. 108, No. 1, p. 490–495.

**9.** Kargov S.I., Davydova O.V. Application of Conductometry for Studying Conformational Changes in Polyelectrolytes in Aqueous Solutions. – Rus. J. Phys. Chem., 2005, v. 79, Suppl. 1, p. S81–S85.

**10.** Еремин В.В., Каргов С.И., Успенская И.А., Кузьменко Н.Е., Лунин В.В. Основы физической химии. Теория и задачи: учеб. пособие для вузов. – М.: Экзамен, 2005. – 480 с.

## КАРПОВА Елена Владимировна

Карпова Елена Владимировна родилась в Москве в 1973 году. В восьмом классе стала ходить на курсы по химии для школьников выпускного класса, которые работали в МИТХТ имени М.В. Ломоносова (аналог школы Юного химика на химическом факультете МГУ). После этого химия стала абсолютно понятной и неотъемлемой частью, поэтому вопроса с выбором профессии не возникло. В 1990 году поступила на химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, в 1995 – защитила дипломную работу. Осенью того же года поступила в очную аспирантуру химического факультета, по окончании которой в 2000 году защитила кандидатскую диссертацию. С 2000 года Елена Владимировна работает на кафедре неорганической химии, сначала в должности ассистента, затем старшего преподавателя, а с 2010 года – в должности доцента.

Область научных интересов – карбоксилаты переходных металлов. Исследования связаны с влиянием степени замещенности атомов водорода на атомы галогенов в углеводородном радикале на кристаллическое строение и термическую устойчивость, а для соединений, способных сублимировать или испаряться без разложения, – на состав газовой фазы. Одним из привлекательных свойств, с точки зрения возможного применения, является возможность получать термическим разложением, например, трифторацетатов различных металлов их фториды с большой удельной поверхностью. Другое направление исследований связано с изучением солей двух- и трехосновных карбоновых кислот. Использование анионов таких кислот в качестве структурных фрагментов делает возможным получение соединений с каркасным строением.

Елена Владимировна ведет семинарские и практические занятия по курсу «Общая и неорганическая химия» студентам I курса химического факультета, читает лекцию «Металлкарбоксилатные каркасные соединения» для студентов старших курсов, специализирующихся на кафедре неорганической химии. Кроме семинарских и практических занятий со студентами, читает курс лекций «Общая и неорганическая химия» для слушателей подготовительного отделения Московского государственного университета. Также Е.В. Карпова разработала курс дистанционной подготовки по химии, и в течение последних лет проводит обучение на дистанционных курсах подготовки абитуриентов при химическом факультете МГУ. Эта работа заключается не только в подготовке учебных материалов, самое главное в ней – это общение,

пусть даже и дистанционное, с ребятами, которые хотят лучше разобраться в химии.

Елена Владимировна Карпова является членом экзаменационной комиссии МГУ по химии, членом жюри федеральных олимпиад «Ломоносов» и «Покори Воробьевы горы!».

*Некоторые публикации*

**1.** Карпова Е.В., Болталин А.И., Коренев Ю.М. Изучение состава насыщенного пара над трифторацетатом серебра. – Журнал неорганической химии, 1996, т. 41, № 7, с. 1185-1189.

**2.** Karpova E.V., Boltalin A.I., Zakharov M.A., Sorokina N.I., Korenev Y.M., Troyanov S.I. Synthesis and Crystal Structure of Copper(II) Trifluoroacetates, $Cu_2(CF_3COO)_4 \cdot 2CH_3CN$ and $Cu(CF_3COO)_2(H_2O)_4$. – Z. anorg. allg. Chem., 1998, v. 624, p. 741-744.

**3.** Карпова Е.В., Болталин А.И., Коренев Ю.М. Изучение процесса сублимации трифторацетата меди(II). –Журнал неорганической химии, 1998, т. 43, № 5, с. 796-799.

**4.** Карпова Е.В., Болталин А.И., Коренев Ю.М., Кемниц Е., Троянов С.И. Синтез, кристаллическое строение и особенности водородных связей в кислых монофторацетатах лития и рубидия $M[H(CH_2FCOO)_2]$. – Журнал координационной химии, 1998, т. 24, № 12, с. 98-102.

**5.** Карпова Е.В., Болталин А.И., Коренев Ю.М., Троянов С.И. Термическая устойчивость и кристаллическое строение моно- и трифторацетатов серебра(I). – Журнал координационной химии, 1999, т. 25, № 1, с. 70-73.

**6.** Karpova E.V., Boltalin A.I., Korenev Yu.M., Sipachev V.A. *Ab initio* Calculations of the Structure, Vibrational Spectra, and Thermodynamic Properties of Silver Trifluoroacetates. – J. Mol. Struct., 2002, v. 643, p. 161-169.

**7.** Морозов И.В., Болталин А.И., Карпова Е.В. Окислительно-восстановительные процессы. Учебно-методическое пособие для студентов I курса. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. – 79 с.

**8.** Karpova E.V., Zakharov M.A., Gutnikov S.I., Alekseev R.S. Bis-(dimethylammonium)terephthalate. – Acta Cryst., 2004, E60, o2491-o2492.

**9.** Гутников С.И., Карпова Е.В., Захаров М.А., Болталин А.И. Синтез и кристаллическая структура трифторацетатов тулия(III): $Tm(CF_3COO)_3 \cdot 3H_2O$ и $Tm_2(CF_3COO)_6 \cdot 2CF_3COOH \cdot 3H_2O$. – Журнал неорганической химии, 2006, т. 51. с. 593-600.

**10.** Морозов И.В., Паламарчук Д.М., Саидаминов М., Гаврилова А.Ю., Карпова Е.В. Применение фосфорного ангидрида и метафосфорной кислоты для нитрования толуола. – Журнал прикладной химии, 2009, т. 82, №8, с.1320-1323.

**11.** Морозов И.В., Бондаренко О.Б., Прядченко А.С., Карпова Е.В., Коренев Ю.М., Троянов С.И., Зык Н.В. Гексахлоростаннат нитрозония: синтез, кристаллическое строение и нитрозирующая активность в реакции с арилциклопропанами. – Известия РАН. Сер. Хим., 2010, №10, с.1872-1874.

## КУЗЬМЕНКО Николай Егорович

Николай Егорович Кузьменко – доктор физико-математических наук, профессор кафедры физической химии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, заведующий лабораторией молекулярной спектроскопии химического факультета МГУ, заместитель декана по учебной работе. Академик Международной академии наук высшей школы. Заслуженный профессор Московского университета. Заслуженный работник высшей школы РФ. Лауреат Ломоносовской премии за педагогическую деятельность. Лауреат Государственной премии Президента РФ в области образования.

Родился 4 марта 1944 г. на юго-востоке Краснодарского края (эту часть Кубани относят также к Северному Кавказу) в знаменитом не только на Кубани, но и в стране конезаводе «Восход» – знаменитом тем, что в нем издавна выращивались самые быстрые скакуны чистокровной английской породы. Но не только этим. В этом же поселке родился и закончил школу будущий космонавт, дважды Герой Советского Союза В.В. Горбатко.

В конезаводе была только семилетняя школа, поэтому последующие 8, 9 и 10 классы я учился в средней школе соседнего поселка Биофабрика («всего лишь» в пяти километрах, преодолевал я их «туда и обратно», как правило, на велосипеде, в любую погоду и в любое время года), которую закончил в 1961 году с золотой медалью. В обеих деревенских школах у нас были потрясающие учителя. Михаил Николаевич Дроздов, учитель литературы и русского языка, открыл для меня, деревенского паренька, не только Гоголя, Блока и Каверина, но и практически запретных в те годы Бунина, Есенина, Пастернака, обратил наше внимание на молодых Евтушенко, Вознесенского, Рождественского (две самые любимые книги до сих пор – это «Мертвые души» Н. Гоголя и «Два капитана» В. Каверина). Михаил Николаевич добродушно сожалел, что я поступил на химический, а не на филологический факультет МГУ. Математике нас учили Август Августович Лауль и Александр Илларионович Миргородский (А.И. увлекался также и философией, и весь десятый класс я наезжал к нему вечерами домой и мы обсуждали с ним Канта и Гегеля; хотя и изредка, но мы перезваниваемся до сих пор, живет он по-прежнему на Кубани). С теплотой вспоминаю учительницу химии Евгению Михайловну Сгорьеву, физика Владимира Григорьевича Марьясова и учителя физкультуры, стройного и элегантного Василия Ивановича Магду, благодаря которому мы с удовольствием занимались и физкультурой, и спортом. О себе могу сказать, что в юношеские годы «чем я только не занимался»: гимнастикой, легкой атлетикой (бегал, прыгал, толкал и метал!), волейболом, баскетболом, шахматами (шашками – почему-то нет!) и футболом. Везде имел какие-то разряды, по шахматам и футболу был кандидатом в мастера спорта, играл за юношескую сборную края по футболу и с тщеславной скромностью

соглашался с болельщиками, считавшими меня лучшим вратарем Северного Кавказа.

Почему, пытаясь рассказать о себе, я так много говорю о других? Потому что стать «кем-то» мы можем только благодаря «кому-то». В первую очередь, конечно же, благодаря нашим родителям. Именно поэтому одну из моих, как мне кажется, лучших книг – «Начала химии» – я и мои соавторы посвятили нашим родителям.

Итак, школу я закончил золотым медалистом, спортсменом, естественно, комсомольцем – этаким многоборцем, которых часто со справедливой иронией определяют как «первого парня на деревне». Все давалось легко, «с аплодисментами».

В начинавшейся взрослой жизни все оказалось сложнее.

После окончания школы я размышлял: уйти ли в профессиональный футбол (меня приглашали в краснодарскую «Кубань» и в московский «Спартак») или поступить в Ленинградское высшее мореходное училище им. адмирала Макарова (вырос в степях Кубани и поэтому «так естественно» хотелось стать моряком!), или поступить в знаменитое Высшее техническое училище им. Баумана. О химическом факультете МГУ не только не мечтал, но и не знал о его существовании.

Все решил случай – приехал в Ленинград подавать документы в мореходку, однако на Невском «наткнулся» на старшего товарища (тоже уроженца нашей деревни), в то время пятикурсника Ленинградского химико-технологического института, который объяснил мне за какие-то полчаса как я не прав, что надо ехать непременно на химфак МГУ, потому что... Эта встреча оказалась решающей. Я уехал в Москву и каким-то чудом поступил на химфак (в те годы конкурс был очень большим).

На химфаке учеба давалась трудно, первые два семестра не покидали панические настроения и страх быть отчисленным. Однако адаптировался и экзаменационные сессии сдавал на хорошо и отлично. На третьем курсе пришел в лабораторию молекулярной спектроскопии, с которой связана вся моя последующая жизнь (последние 15 лет я заведующий этой лабораторией). В 1967 г. с отличием окончил факультет и поступил в аспирантуру, в которой за три года подготовил и защитил кандидатскую диссертацию, посвященную экспериментальным исследованиям излучательных свойств высоконагретых с помощью ударных волн или электрических разрядов газов. До сих пор предметом гордости остаются впервые в мире экспериментально полученные мною спектры, доказывающие существование на первый взгляд экзотической (особенно – для классических химиков!) молекулы $SiBr^+$.

После защиты в 1970 г. кандидатской диссертации был оставлен на факультете в качестве ассистента (это младшая преподавательская должность) для проведения учебных занятий со студентами и продолжения научных исследований. Именно в эти годы зарождалось новое научное направление, связанное с разработкой теории описания интенсивностей в электронных спектрах молекул. Результатом моего

участия в развитии этого направления явилось написание в соавторстве с Ю.Я. Кузяковым и Л.А. Кузнецовой трех монографий и защита в 1987 г. (к тому времени я уже был доцентом) докторской диссертации. С 1990 г. по настоящее время – профессор химического факультета МГУ.

Из приведенных ниже некоторых публикаций (всего их более 300) заинтересованный читатель может проследить дрейф моих научных интересов на протяжении лет, но все они сосредоточены в двух областях: ряде разделов физической химии (молекулярная спектроскопия, квантовохимические методы и компьютерное моделирование молекулярных процессов) и проблемы развития естественнонаучного (в первую очередь химического) высшего и школьного образования.

После школы моими учителями были университетские люди, прежде всего, это профессора Юрий Яковлевич Кузяков и Владимир Михайлович Татевский. Яркий след в моей жизни оставил бывший ректор МГУ, академик Рем Викторович Хохлов.

Многие годы меня связывают совместная работа и товарищеские отношения с моим однокурсником, деканом химического факультета, академиком и очень творческим человеком Валерием Васильевичем Луниным.

И, конечно же, на меня оказывали и оказывают свое благотворное влияние мои многочисленные ученики. Назову тех из них, кто работает на химическом факультете. Это профессора Вадим Владимирович Еремин и Андрей Владиславович Столяров, доценты Оксана Николаевна Рыжова и Дарья Александровна Пичугина.

Когда пытаются лучше узнать человека, то интересуются и его хобби. Для меня это: внучка Поля и внуки Коля и Ваня, «Сандро из Чегема» Ф. Искандера, шахматный блиц, работа.

*Некоторые публикации*

**1.** Кузнецова Л.А., Кузьменко Н.Е., Кузяков Ю.Я. Эмиссионный спектр молекулы $SiBr^+$. – Оптика и спектроскопия, 1968, т. 24, с. 812-814.

**2.** Кузнецова Л.А., Кузьменко Н.Е, Кузяков Ю.Я., Пластинин Ю.А. Вероятности оптических переходов электронно-колебательно-вращательных спектров двухатомных молекул. – Успехи физических наук, 1974, т. 113, №2, с. 285-325.

**3.** Кузьменко Н.Е, Кузнецова Л.А., Монякин А.П., Кузяков Ю.Я. Пластинин Ю.А. Вероятности электронных переходов и времена жизни электронно-возбужденных состояний двухатомных молекул. – Успехи физических наук, 1979, т. 127, №3, с. 451-478.

**4.** Кузьменко Н.Е, Кузнецова Л.А., Кузяков Ю.Я. Вероятности оптических переходов двухатомных молекул / Под ред. академика Р.В. Хохлова. – М.: Изд-во Наука, 1980.

**5.** Кузьменко Н.Е., Кузнецова Л.А., Кузяков Ю.Я. Проблемы описания интенсивностей электронных спектров двухатомных молекул в адиабатическом приближении. – Успехи физических наук, 1983, т. 140, №1, с. 75-96.

**6.** Кузьменко Н.Е., Кузнецова Л.А., Кузяков Ю.Я. Факторы Франка-Кондона двухатомных молекул. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 342 с.

**7.** Kuz'menko N.E., Stolyarov A.V. Mathematical Justification of the r-Centroid Approximation. – J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 1986, v. 35, No. 5, p. 415-418.

**8.** Harya Y.A., Kuz'menko N.E., Ferber R.S., Shmit O.A. Intensities of the Laser-Induced Fluorescence of $^{130}Te_2$. – J. Mol. Spectroscopy, 1987, v. 125, p. 1-13.

**9.** Eryomin V.V., Kuz'menko N.E. A New Reflection Method for Solving Direct and Inverse Problems for Diatomic Bound-Free Transitions. – Chem. Phys., 1989, v. 136, No. 1, p. 127-139.

**10.** Столяров А.В., Клинцаре И.П., Таманис М.Я., Фербер Р.С., Кузьменко Н.Е. Квадратичный эффект Зеемана как тест внутримолекулярных возмущений. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. хим., 1993, т. 34, №6, с. 612-615.

**11.** Kuz'menko N.E., Stolyarov A.V., Ferber R.S. Time-Resolved Luminescence from Coherently Excited Molecules. – J. Mol. Spectroscopy, 1995, v. 170, p. 285-296.

**12.** Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Начала химии. Современный курс для поступающих в вузы. – М.: Изд-во «Экзамен», 1997 (1-е изд.) – 2010 (15-е изд.). – 831 с.

**13.** Berdonosov S.S., Kuz'menko N.E., Kharisov B.I. Experience in Chemical Education in Russia: How to Attract the Young Generation to Chemistry under Conditions of "Chemophobia". – J. Chem. Educ., 1999, v. 76, p.1086-1088.

**14.** Adamson S.O., Pazyuk E.A., Kuz'menko N.E., Stolyarov A.V., Kiyoshima T. Nonadiabatic Representation of the $i^3\Pi_g^- - j^3\Delta_g^-$ Complexes of $H_2$ and $D_2$. – Phys. Rev. A., 2000, v. 61, No. 5, p. 052501-1-14.

**15.** Кузьменко Н.Е., Пичугина Д.А. Неадиабатический расчет энергий ровибронных термов и колебательных волновых функций 3s, 3d $^3\Lambda_g^+$ комплекса $H_2$. – Журнал физической химии, 2003, т. 77, № 12, с. 2200-2205.

**16.** Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Рыжова О.Н. О модернизации образования в России. – Педагогика, 2005, №3, с. 107-116.

**17.** Еремин В.В., Кузьменко Н.Е. Фемтохимия: квантовая динамика или химическая кинетика? В кн: Российская наука: истина в ином приближении / Под ред. академика В.П. Скулачева. – М.: Изд-во Октопус, 2005, с. 88-100.

**18.** Лунин В.В., Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад (Учебн. пособие) / Под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 384 с.

**19.** Pichugina D.A., Kuz'menko N.E., Shestakov A.F. Gold Complexes with O-containing Ligands as Catalysts of Methane Oxidation. – Gold Bull., 2007, v. 40, No. 2, p. 115-120.

**20.** Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А. Химия для школьников старших классов и поступающих в вузы: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ; «Печатные традиции», 2008. – 480 с.

**21.** Пичугина Д.А., Шестаков А.Ф., Кузьменко Н.Е. Квантово-химическое исследование изомеризации бутена-1 в присутствии атома золота. – Известия РАН, Серия химическая, 2008, № 8, с. 1330-1337.

**22.** Лунин В.В., Шевельков В.Ф., Кузьменко Н.Е., Рыжова О.Н. Фундаментальное университетское образование для химиков: бакалавриат и магистратура или

специалитет? – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. 2008, №4, с. 14-23.

**23.** Pichugina D.A., Beletskaya A.V., Kuz'menko N.E., Shestakov A.F. Application of Quantum-Chemical Methods for Investigation of Gold Nanoclusters Properties. – Rev. Adv. Mater. Sci., 2009, v. 20, No. 1, p. 48-54.

**24.** Еремин В.В., Кузьменко Н.Е., Дроздов А.А., Лунин В.В. Химия. 8-11 класс. Базовый уровень: учебн. для общеобразовательных учреждений. – М.: Дрофа, 2009-2011.

**25.** Majouga A., Pichugina D., Ananieva I., Kurilova S., Shpigun O., Kuz'menko N., Zyk N. New Separation Matherials based on Gold Nanoparticles. – J. of Manufacturing Technology Management, 2010, v. 21, No. 8, p. 950-955.

## ЛИВАНЦОВА Людмила Ивановна

Людмила Ивановна Ливанцова родилась 30 мая 1953 году в Москве. В 1971 году поступила на химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, окончила его в 1976 г. и с этого времени работает на кафедре органической химии сначала в должности старшего лаборанта, затем младшего научного сотрудника, научного сотрудника, старшего научного сотрудника, старшего преподавателя, а в настоящее время является доцентом кафедры органической химии. Ливанцовой Л.И. присвоено ученое звание доцента.

В 1982 г. защитила кандидатскую диссертацию по специальности «химия элементоорганических соединений». Научные интересы Ливанцовой Л.И. лежат в области химии кремний- и фосфорорганических соединений и связаны с синтезом и изучением особенностей химического поведения ранее неизвестных или труднодоступных функциональнозамещенных производных кремния и фосфора. Изученные ею типы элементоорганических соединений могут быть широко использованы в качестве полидентатных лигандов с хелатными свойствами, а также обладают широким спектром биологической активности.

По результатам научной работы Ливанцовой Л.И. опубликовано более 200 статей в ведущих отечественных и зарубежных научных журналах, получено 15 авторских свидетельств. За цикл работ в области химии кремний- и германийзамещенных малых циклов Ливанцовой Л.И. присуждена премия ВХО им. Д.И. Менделеева.

Людмила Ивановна с 1982 года преподает органическую и биоорганическую химию студентам естественнонаучных факультетов МГУ (факультет почвоведения, биологический факультет, факультет наук и материалов и фундаментальной медицины). С 1993 года преподает органическую химию студентам химического факультета. Под ее руководством выполнены и успешно защищены 12 дипломных и две диссертационные работы.

Людмила Ивановна Ливанцова принимала участие в подготовке аннотации к учебной дисциплине «Органическая химия» к ГОСТам

второго поколения (подготовка специалистов-химиков и бакалавров); в создании типовых программ по органической химии для химических факультетов университетов России; в создании примерных программ для нехимических специальностей смежных факультетов классических университетов. В настоящее время работает над программами учебных дисциплин в соответствии с принятым в МГУ собственным стандартом образования по специальности «Фундаментальная и прикладная химия».

Является автором 12 методических пособий и 18 учебных пособий, в том числе «Практикума по органической химии» для студентов. В 2004 году вышел в свет задачник «Задачи по органической химии с решениями», который выдержал три переиздания с дополнениями, в 2011 г. выходит книга «Органическая химия. Задачи по общему курсу с решениями».

Педагогическая работа Л.И. Ливанцовой неоднократно отмечалась грантами международного научного и образовательного фонда Сороса, она является лауреатом конкурса «Грант Москвы» в области наук и технологий в сфере образования. Она работала в Международном научном фонде ISSEP над созданием Соросовской энциклопедии для школьников.

Хобби: художественная литература, скрипичная музыка, бардовская песня (Б. Окуджава, В. Высоцкий, Ю. Визбор, Ю. Лорес) и садоводство.

*Некоторые публикации*

**1.** Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Беккер Р.А., Бауков Ю.И., Луценко И.Ф. Элементзамещенные 2-оксетаноны. Взаимодействие силил- и гермилкетенов с полифторированными кетонами и свойства 3-силил(гермил)-2-оксетанонов. – Журнал органической химии, 1983, т. 53, с. 2068-2078.

**2.** Зайцева Г.С., Ливанцова Л.И., Бауков Ю.И., Луценко И.Ф. Реакции циклодимеризации с участием силил- и гермилкетенов. – Журнал органической химии, 1983, т. 53, с. 2254-2262.

**3.** Zaitseva G.S., Livantsova L.I., Nasim M., Lorberth J. A Facile Synthesis of 1-halo- and 1-organoxy-germatranes. – J. Organomet. Chem., 1991, v. 403, p. 85-91.

**4.** Nasim M., Zaitseva G.S., Livantsova L.I., Krut'ko D.P., Lorberth J., Otto M. Synthesis of 2-silatranyl- and 2-(3,7,10-trimethyl)silatranylacetaldehydes. – J. Organomet. Chem., 1991, v. 402, p. 313-318.

**5.** Zaitseva G.S., Livantsova L.I., Nasim M., Karlov S.S., Churakov A.V., Howard J.A.K., Avtomonov E.V., Lorbert J., Synthesis of Germatranyl Derivatives of Carboxylic Acids via Organometallic (Si, Ge, Sn) Reagents. – Chem. Ber. 1997, v.130, p. 739-746.

**6.** Prishchenko A.A., Livantsov M.V., Livantsova L.I., Novikova O.P., Polshchikov D.G., Kustrya D.N., Grigoriev E.V. Synthesis of New Functionalized Organophosphorus Acids and Their Derivatives. – Phosphorus, Sulfur and Silicon. 1999, v. 147, p. 341.

**7.** Prishchenko A.A., Livantsov M.V., Novikova O.P., Livantsova L.I., Petrosyan V.S. Synthesis of 2-Substituted O,O-Bis(trimethylsilyl) Alkylphosphonites with Aryl and Heterocyclic Fragments and Their Amino or Amido Derivatives. – Heteroatom Chemistry. 2008, v. 19, №4, p. 345-351.

**8.** Prishchenko A.A., Livantsov M.V., Novikova O.P., Livantsova L.I., Petrosyan V.S. Synthesis of New Organophosphorus Substituted Derivatives of Functionalized Propionates and Their Analogues. – Heteroatom Chemistry. 2008, v. 19, №4, p. 418-428.

## МАЖУГА Александр Георгиевич

Александр Георгиевич Мажуга родился 6 августа 1980 года в Москве. Окончил 171 школу и в 1997 году поступил на химический факультет Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова. В 2002 году защитил дипломную работу, посвященную методам синтеза и адсорбции серосодержащих органических лигандов. После окончания химического факультета поступил в очную аспирантуру на кафедру органической химии химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. После окончания аспирантуры Александр Георгиевич работал в должности младшего научного сотрудника, старшего научного сотрудника, в настоящее время – доцент кафедры органической химии.

С 2002 года научные интересы Александра Георгиевича связаны с получением наноматериалов на основе бифункциональных органических гетероциклических лигандов, а также с синтезом биологически активных гетероциклических соединений и координационных соединений на их основе. Так, при выполнении диссертационной работы под руководством профессора Николая Васильевича Зыка и доцента Елены Кимовны Белоглазкиной он синтезировал ряд производных 2-тиоксо-тетрагидро-4Н-имидазол-4-онов и координационных соединений меди и кобальта на их основе, проявляющих антимикробную и противораковую активность. В дальнейшем А.Г. Мажугой было разработано новое направление, связанное с использованием координационных соединений переходных металлов в качестве «строительных блоков» при организации наночастиц металлов. Александр Георгиевич является руководителем грантов Министерства образования и науки РФ, а также исполнителем грантов РФФИ.

Александр Георгиевич много времени посвящает преподаванию. Он ведет семинарские и практические занятия по курсу «Органическая химия» на химическом факультете, курсу «Биоорганическая химия» на факультете фундаментальной медицины и лекционные занятия по курсу «Функциональные наноматериалы: синтез и методы исследования» на химическом факультете. Под его руководством выполнено более 50 курсовых работ, 12 дипломных работ и 5 диссертационных работ.

Является членом экзаменационной комиссии МГУ по химии, членом жюри федеральных олимпиад «Ломоносов» и «Покори Воробьевы горы!». В течение долгого времени тренирует российскую международную сборную команду школьников по химии, команду Республики Саха (Якутия). Имеет почетное звание Заслуженного работника образования Республики Саха (Якутия).

Имеет более 80 публикаций.

*Некоторые публикации*

**1.** Khlobystov A.N., Blake A.J., Champness N.R., Lemenovskii D.A., Majouga A.G., Zyk N.V., Schroder M. Supramolecular Design of One-Dimensional Coordination Polymers Based on Silver (I) Complexes of Aromatic Nitrogen-Donor Ligands. – Coordination Chemistry Reviews, 2001, v. 222, No 1, p. 155-192.

**2.** Majouga A.G., Beloglazkina E.K., Vatsadze S.Z., Moiseeva A.A., Butin K.P., Zyk N.V. Synthesis, Structure and Electrochemistry of $Co^{II}LCl_2 \cdot 0.5CH_3CN$ (L = [2-(methylthio)-3-phenyl-5-(pyridine-2-ylmethylene)-3,5-dihydro-4H-imidazole-4-on]). – Mendeleev Comm., 2004, 14 (3), p. 115-117.

**3.** Beloglazkina E.K., Majouga A.G., Romashkina R.B., Zyk N.V. A Novel Catalyst for Alkene Epoxidation: Polymer-Supported $Co^{II}LCl_2$ {L=3-phenyl-5-(2-pyridylmethylene)-2-thiohydantoin} complex. – Tetrahedron Letters, 2006, 47, p. 2957-2959.

**4.** Beloglazkina E.K., Majouga A.G., Romashkina R.B., Moiseeva A.A., Zyk N.V. The Preparation, Crystal Structure and Electrochemistry of (5Z,5'Z)-2,2'-(alkanediyl-sulfanyldiyl)bis(5-(3-pyridilmethylene)-3,5-dihydro-4H-imidazole-4-ones) and Their Complexes with Cobalt (II) Chloride. – Polyhedron, 2007, 26, p. 797-802.

**5.** Beloglazkina E.K., Majouga A.G., Zyk N.V., Rahimov R.D., Yaminsky I.V., Gorelkin P.V., Kiselev G.A., Kutateladze A.G., Bis-(4-(2-pyridilmethylene-iminophenyl))disulfide – A Chelating Ligand Capable of Self-assembly on Gold Surface and Its Complexes with $M(BF_4)_2$ and $M(ClO_4)_2$; M= Co, Cu and Ni. Experimental and Theoretical Study. – Thin Solid Films, 2007, 515, p. 4649-4661.

**6.** Majouga A., Pichugina D., Ananieva I., Kurilova S., Shpigun O., Kuz'menko N., Zyk N. New Separation Materials Based on Gold Nanoparticles. – Journal of Manufacturing Technology Management, 2010, v. 21, No.8, p. 950-955.

## МАЗО Галина Николаевна

Галина Николаевна Мазо родилась 20 марта 1954 года в Курской области. В 1971 году окончила с золотой медалью среднюю школу № 92 ст. Касторная-Новая и поступила на химический факультет МГУ. Окончив с отличием химический факультет, в 1976 году поступила в аспирантуру кафедры неорганической химии и в 1981 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук по теме «Исследование карбоксилатных соединений урана с азот-донорными лигандами». С 1995 г. работает в должности доцента кафедры неорганической химического факультета МГУ, звание доцента получила в 1997 г.

Г.Н. Мазо читает лекции в рамках спецкурсов для студентов химического факультета, проводит семинарские и практические занятия по неорганической химии. Она является соавтором учебника по неорганической химии для студентов химических факультетов университетов и химических вузов «Неорганическая химия» (в 3 т. /под ред. Ю.Д. Третьякова), а также 14 учебно-методических пособий. Г.Н. Мазо является одним из авторов Программы по курсу неорганической

химии по специальности 510500 «Неорганическая химия» для бакалавров классических университетов и сборника примерных контрольных вопросов для оценки уровня остаточных знаний студентов, обучающихся по специальности 011000-Химия и направлению 510500-Химия.

Педагогическая работа Г.Н. Мазо неоднократно отмечалась грантами международного научного и образовательного фонда Сороса, она является лауреатом конкурса «Грант Москвы» в области наук и технологий в сфере образования. Награждена Почетной грамотой министерства образования России и медалью «В память 850-летия Москвы». В 2005 году ей присуждено звание «Заслуженный преподаватель Московского университета».

В последнее десятилетие научная работа Г.Н. Мазо направлена на поиск и создание новых катодных материалов для твердооксидных топливных элементов. Проводимые Галиной Николаевной исследования были поддержаны грантами ИНТАС-РФФИ и РФФИ. Она является соавтором более 100 научных публикаций в ведущих российских и международных журналах, неоднократно представляла результаты своих исследований на российских и международных конференциях и симпозиумах. Под руководством Г.Н. Мазо защищены 12 дипломных работ и пять кандидатских диссертаций.

*Некоторые публикации*

**1.** Kaluzhskikh M.S., Kazakov S.M., Mazo G.N., Istomin S.Ya., Antipov E.V., Gippius A.A., Fedotov Yu., Bredikhin S.I., YiLiu, Svensson G., Shen Z. High-Temperature Crystal Structure and Transport Properties of the Layered Cuprates $Ln_2CuO_4$, Ln = Pr, Nd and Sm. – J. Solid State Chem., 2011, v.184, p. 698-704.

**2.** Mazo G.N., Lyskov N.V., Leonova L.S. Morphology and Electrochemical Characterization of $LaSrCuO_{4-\delta}|Ce_{0.9}Gd_{0.1}O_{2-\delta}$ Interface. – Solid State Ionics, 2011, v. 182, p. 64-70.

**3.** Makshina E.V., Zhilinskaya E.A., Siffert S., Mazo G.N., Aboukaïs A., Grünert W., Romanovsky B.V. Nanostructured Lanthanum Cobaltate: Oxidation and Coordination States of Co Atoms. – J. Experimental Nanoscience, 2010, v. 5, №5, p.427-437.

**4.** Галин М.З., Мазо Г.Н., Иванов-Шиц А.К. Моделирование ионного переноса в слоистом купрате $La_2SrCu_2O_6$. – Кристаллография, 2010, т. 55, № 1, с.1236-1245.

**5.** Мазо Г.Н., Калужских М.С., Саввин С.Н., Леонова Л.С., Лысков Н.В., Добровольский Ю.А. Синтез и транспортные свойства купратов $La_{2-x}Sr_{1+x}Cu_2O_{6+\delta}$. – Электрохимия, 2009, т. 45, №4, с.1-6.

**6.** Ардашникова Е.И., Мазо Г.Н., Тамм М.Е. Сборник задач по неорганической химии / Под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 208 с.

**7.** Боровских Л.В., Путилин С.Н., Леонова Л.С., Мазо Г.Н. Синтез, структура и транспортные свойства $NdCaCoO_4$. – Перспективные материалы, 2008, № 5, с. 54-59.

**8.** Мазо Г.Н., Саввин С.Н., Абакумов А.М., Хадерман Й., Добровольский Ю.А., Леонова Л.С. Купрат лантана-стронция как перспективный катодный материал

для твердооксидных топливных элементов. – Электрохимия, 2007, т. 43, №4, с. 459-465.

**9.** Makshina E.V., Sirotin S.V., Van den Berg M.W.E., Klementiev K.V., Yushchenko V.V., Mazo G.N., Grunert W., Romanovsky B.V. Characterization and Catalytic Properties of Nanosized Cobaltate Particles Prepared by *in situ* Synthesis Inside Mesoporous Molecular Sieves. – Appl. Catalysis, A: General, 2006, v. 312, p. 59-66.

**10.** Savvin S.N., Mazo G.N., Ivanov-Schitz A.K. Oxygen Diffusion in $La_{2-x}Sr_xCuO_{4-\delta}$: Molecular Dynamics Study. – Defect and Diffusion Forum (In: Defects and Diffusion in Ceramics – An Annual Retrospective VII), 2005, v. 242-244, p. 27-42.

## МОРОЗОВ Игорь Викторович

Игорь Викторович Морозов в 1983 году закончил известный химический класс московской школы № 171 и поступил на химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова. После его окончания в 1988 г. поступил в конкурсную аспирантуру на кафедру неорганической химии. Тема кандидатской диссертации – «Исследование фторокупратов щелочных металлов и аммония в газовой и твердой фазах». С 1991 г. трудится на кафедре неорганической химии, в течение последних пятнадцати лет – в должности доцента. Игорь Викторович ведет семинарские и практические занятия по неорганической химии со студентами I курса химического факультета МГУ, в рамках спецкурсов читает лекции для старшекурсников. Является соавтором восьми учебно-методических пособий, неоднократный лауреат конкурсов «Соросовский доцент».

Как и все преподаватели химического факультета, помимо педагогической работы Игорь Викторович занимается научными исследованиями. Область его научных интересов – синтез неорганических веществ, изучение их кристаллического строения, реакционной способности и свойств, включая поведение в газовой фазе. Автор более 50 статей в российских и международных научных журналах. В 2011 г. защитил докторскую диссертацию по теме «Нитратные комплексы переходных металлов: синтез, строение, свойства».

*Некоторые публикации*

**1.** Морозов И.В., Znamenkov K.O., Korenev Yu.M., Shlyakhtin O.A. Thermal Decomposition of $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ at Reduced Pressures. – Thermochimica Acta, 2003, v. 403, p. 173.

**2.** Морозов И.В., Федорова А.А., Паламарчук Д.В., Троянов С.И. Синтез и кристаллическое строение нитратных комплексов Zr(IV). – Известия РАН, Сер. хим., 2005, №1, с. 92.

**3.** Морозов И.В., Сережкин В.Н., Троянов С.И. Способы координации и особенности стереохимии анионов $NO_3^-$ в органических и металлоорганических нитратах. – Известия РАН, Сер. хим., 2009, №12, с. 1430.

**4.** Morozov I., Boltalin A., Volkova O., Vasiliev A. et al. Single Crystal Growth and Characterization of Superconducting LiFeAs. – Crystal Growth & Design, 2010, v. 10, p. 4428.

**5.** Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н., Архангельская О.В., Морозов И.В. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах: учеб. пособие / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. – 377 с.

## ОБРЕЗКОВА Марина Васильевна

Окончила Земцовскую среднюю школу Тверской области с золотой медалью и в 1967 году поступила на химический факультет Московского государственного университета. После защиты дипломной работы на кафедре физической химии в течение двух лет работала в ЦАГИ в г. Жуковский, а затем вновь вернулась в очную аспирантуру химического факультета МГУ. После защиты диссертации в 1978 году работала в Московском институте электронной техники (г. Зеленоград) в должности старшего научного сотрудника, доцента, а затем в НПО «Физика» в должности начальника лаборатории новых материалов. С 1991 года работаю на химическом факультете МГУ, сначала старшим научным сотрудником, а с 1997 г. – доцентом кафедры физической химии.

Моя научная работа была посвящена различным направлениям. При выполнении кандидатской диссертации под руководством профессора Владимира Ивановича Горшкова изучала ионообменное разделение близких по свойствам веществ. Затем в МИЭТе и НПО «Физика» занималась разработкой твердотельных химических микроэлектронных сенсоров (pH-метр на основе МДП-структуры, датчики для измерения содержания микропримесей водорода и кислорода в газовых смесях), изучением планаризующей способности перспективных полимерных диэлектриков, применяемых в качестве межслойной изоляции в технологии СБИС (сверхбольших интегральных схем).

В настоящее время занимаюсь разработкой физико-химических основ модификации коллагенсодержащих тканей для целенаправленного изменения механических свойств под действием химических агентов и ИК-лазерного излучения.

Веду семинарские и практические занятия по физической химии со студентами химического факультета и факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ. Являюсь автором нескольких учебно-методических пособий по физической химии для студентов естественнонаучных факультетов МГУ. Член экзаменационной комиссии МГУ по химии, член жюри федеральных олимпиад «Покори Воробьевы горы!» и «Ломоносов». Опубликовала более 70 научных работ.

На протяжении всего студенческого и аспирантского времени на химическом факультете МГУ была членом сборной команды МГУ по лыжным гонкам, успешно защищала честь химического факультета и МГУ на лыжных и легкоатлетических соревнованиях, участвовала в

работе студенческих строительных отрядов. В настоящее время увлекаюсь горными лыжами, плаванием и путешествиями.

*Некоторые публикации*

**1.** Горшков В.И., Курбанов А.М., Обрезкова М.В. Роль величины соотношения потоков при противоточном ионообменном разделении по «двухтемпературной схеме». – Журнал физической химии, 1975, т. 49, с. 1276-278.

**2.** Горшков В.И., Курбанов А.М., Обрезкова М.В. Новые методы ионообменного разделения. – Вестник Моск. ун-та, Сер 2, Химия, 1977, т. 18, №5, с. 18-20.

**3.** Горшков В.И., Обрезкова М.В, Иванов В.А. Способ ионообменного разделения смеси растворенных веществ. Авторское свидетельство №659179, Бюл. изобретений №16, 1979.

**4.** Горшков В.И., Обрезкова М.В, Иванов В.А. Способ разделения смесей веществ. – Авторское свидетельство №657834, Бюл. изобретений №15, 1979.

**5.** Обрезкова М.В., Бутурлин А.И., Габузян Т.А., Чистяков Ю.Д. Электронные датчики для контроля концентрации этанола. – Зарубежная электронная техника, 1983, вып. 11, с. 5-25.

**6.** Обрезкова М.В., Тарасов Ю.А., Рыжков О.Т., Баскакова М.А. Полиимидная планаризация в технологии СБИС. – Сборник научных трудов МИЭТ, 1991, с. 31-35.

**7.** Обрезкова М.В., Фадин В.Г. Сенсор на основе МДП-структуры для определения pH раствора. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. 2, Химия, 1993, т. 34, №6, с. 562-565.

**8.** Обрезкова М.В., Фадин В.Г. Датчик для измерения содержания водорода в воздухе. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. 2, Химия, 1994, т. 35, №5, с. 424-428.

**9.** Обрезкова М.В., Фадин В.Г. Датчик для измерения содержания кислорода в газовых средах. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. 2, Химия, 1995, т. 36, №3, с. 220 – 222.

**10.** Кузнецова Е.М., Обрезкова М.В. Статистическая термодинамика идеального газа. Методическая разработка. Химический факультет МГУ, 2000. – 122 с.

**11.** Обрезкова М.В. Планаризующая способность полиимидного диэлектрика. – Конденсированные среды и межфазные границы, 2002, т. 4 , №2, с. 131-132.

**12.** Игнатьева Н.Ю., Аверкиев С.В., Лунин В.В., Гроховская Т.Е., Обрезкова М.В. Влияние надмолекулярной организации хрящевой ткани на термическую стабильность коллагена. – Журнал физической химии. 2006, т. 80. №8. с. 1336-1341.

**13.** Аверкиев С.В., Игнатьева Н.Ю., Соболь Э.Н., Шехтер А.Б., Баранов С.А., Обрезкова М.В., Лунин В.В. Модификация коллагеновых волокон при лазерной обработке хрящевой ткани. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2, Химия, 2006, т. 47, №5, с. 367-373.

**14.** Андреева И.В., Игнатьева Н.Ю., Аверкиев С.В., Лунин В.В., Захаркина О.Л., Обрезкова М.В. Термическая стабильность коллагена в тканях межпозвонкового диска. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2, Химия. 2007, т. 48, №1, с. 3-8.

**15.** Игнатьева Н.Ю., Данилов Н.А., Лунин В.В., Обрезкова М.В., Аверкиев С.В., Чайковский Т.И. Изменение термодинамических характеристик денатурации

коллагена тканей глаз в результате неферментативной гликации. – Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2, Химия. 2007, т. 48, №2, с. 75-79.

**16.** Игнатьева Н.Ю., Данилов Н.А., Аверкиев С.В., Обрезкова М.В., Лунин В.В., Соболь Э.Н. Определение гидроксипролина в тканях и оценка содержания в них коллагена. – Журнал аналитической химии. 2007, т. 62, №1, с. 51-57.

**17.** Кондюрин А.В., Свиридов А.П., Обрезкова М.В., Лунин В.В. Бесконтактное измерение теплофизических и оптических параметров биологических тканей и материалов методом лазерной ИК радиометрии. – Журнал физической химии. 2009, т. 83, с. 1575-1584.

**18.** Баум О.И., Омельченко А.И., Рыжков И.О., Обрезкова М.В., Лунин В.В., Соболь Э.Н. Влияние омнипака на оптические свойства и лазеро-индуцированные изменения термостабильности пульпозного ядра межпозвонкового диска. – Доклады АН, 2009, т. 248, №5, с. 691-693.

**19.** Данилов Н.А., Игнатьева Н.Ю., Иомдина Е.Н., Гроховская Т.Е., Обрезкова М.В., Руденская Г.Н., Лунин В.В. Увеличение стабильность склерального коллагена в ходе гликодимирования треозой *in vitro*. – Журнал физической химии. 2010, т. 84, №1, с. 131–137.

## ОСИН Сергей Борисович

Сергей Борисович Осин родился в 1951 году в городе Одессе. Окончив школу с золотой медалью, в 1968 году поступил на химический факультет Московского государственного университета. После окончания МГУ в 1973 году сразу поступил в очную аспирантуру на кафедру физической химии химического факультета МГУ. После окончания аспирантуры Сергей Борисович работал младшим научным сотрудником, научным сотрудником, старшим научным сотрудником, ведущим научным сотрудником, доцентом кафедры физической химии.

Со студенческих лет его интересовали частицы, при обычных условиях не обнаруживающиеся в газовой фазе, или же содержание которых оказывается незначительным в равновесных условиях. Так, дипломная работа, выполненная в лаборатории молекулярной спектроскопии химического факультета под руководством доцента Владимира Федоровича Шевелькова, была посвящена исследованию спектров испускания двухатомных молекул GaO, существующих в условиях высоковольтного разряда в трубке Шюлера. В этой работе с хорошей точностью были определены межъядерные расстояния в основном электронном и возбужденном состоянии этой молекулы. Диссертационная работа была выполнена в этой же лаборатории под руководством доктора химических наук, профессора Александра Александровича Мальцева и защищена в 1976 году. Она была связана с инфракрасными спектрами поглощения молекул, изолированных в матрицах инертных газов при очень низких температурах 5 – 30 К. Применение методики матричного синтеза позволило обнаружить ряд «необычных» молекул диоксидов металлов III группы, установить их строение и определить колебательные характеристики.

В дальнейшем С.Б. Осиным были проведены экспериментальные спектроскопические исследования большого числа галогенидов металлов главной подгруппы III группы Периодической системы и переходных металлов, позволившие получить новые данные как по стабильным молекулам, так и по незафиксированным ранее, нестабильным в равновесных условиях частицам, возможным интермедиатам в различных химических процессах.

В 1995-97 годах Сергей Борисович являлся научным руководителем с российской стороны совместного научного проекта с Саутхэмптонским университетом при поддержке Королевского общества Великобритании. В этих работах были получены данные о спектрах и структуре частиц, образующихся при пропускании фтора над поверхностью целого ряда переходных металлов IV, V и VI периодов. В настоящее время занимается квантовомеханическими расчетами некоторых оксидных систем, включающих переходные металлы.

Сергей Борисович проводит семинарские и практические занятия по курсу «Физическая химия» на химическом и биологическом факультетах, читает курс лекций «Строение и спектры молекул» для студентов отделения биофизики биологического факультета и факультета биоинформатики и биоинженерии МГУ. В течение многих лет является членом экзаменационной комиссии по химии МГУ, членом жюри федеральных олимпиад «Ломоносов» и «Покори Воробьевы горы!». Соавтор многих сборников заданий по химии, предлагавшихся в разные годы абитуриентам естественнонаучных факультетов МГУ.

Был руководителем и соруководителем 20 курсовых, 12 дипломных работ, 3 кандидатских диссертаций. Имеет более 60 научных публикаций.

В составе команды химфака был чемпионом МГУ по волейболу, много раз участвовал в работе студенческих строительных отрядов, любит бардовскую песню, художественную литературу.

*Некоторые публикации*

**1.** Serebrennikov L.V., Osin S.B., Sekatchov Yu.N., Maltzev A.A. Matrix Isolation Infrared Study of Oxygen Compounds of Ш Group. – XIII European Congress on Molecular Spectroscopy, Abstracts, Poland, 1977, p.521.

**2.** Серебренников Л.В., Осин С.Б., Секачев Ю.Н., Мальцев А.А. Спектр КР молекулы $B_2O_3$, изолированной в матрице из аргона. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. хим., 1979, т. 20, №2, с. 179.

**3.** Serebrennikov L.V., Osin S.B., Maltzev A.A. Infrared Spectra of the Products of Reaction of Aluminium, Gallium, Indium, and Thallium with Oxygen in an Argon Matrix. Estimation of the Fundamentals, $\nu_3$, in Cyclic Superoxides of Group III Metals. – J. Molecular Struct., 1982, v. 81, p. 25.

**4.** Локтюшина Н.С., Осин С.Б., Мальцев А.А. ИК-спектроскопическое исследование продуктов взаимодействия атомов лантанидов с молекулярным хлором в матрице из Ar. – Ж. неорг. химии, 1983, т. 28, №9, с. 2431.

**5.** Сенявин В.М., Курамшина Г.М., Ульянова О.Д., Осин С.Б., Пентин Ю.А. Конформационный состав низкотемпературной кристаллической фазы и потенциальный барьер внутреннего вращения 1,1,2-трифтор-1,2,2-трихлорэтана, – Ж. физ. химии, 1986, т. 10, №4, с. 1032.

**6.** Локтюшина Н.С., Осин С.Б. ИК-спектроскопическое изучение продуктов реакции атомов гольмия и европия с молекулами брома и иода в матрицах из аргона. – Ж. неорг. химии, 1987, т. 32, №12, с. 2918.

**7.** Самсонова Е.Д., Осин С.Б., Шевельков В.Ф. ИК-спектроскопическое исследование продуктов реакции атомов алюминия и галлия с молекулами хлора в матрице из аргона. – Ж. неорг. химии, 1988, т. 33, №11, с. 2779.

**8.** Давлятшин Д.И, Осин С.Б., Шевельков В.Ф. ИК-спектры продуктов испарения $MnF_3$, $CoF_3$ и $RhF_3$, изолированных в инертных матрицах. – В сб.: Энергетика и структура молекул, Иваново, 1991, с. 60.

**9.** Самсонова Е.Д., Осин С.Б., Шевельков В.Ф. Инфракрасные спектры и строение фторидов галлия, изолированных в твердом аргоне. – Ж. физич. химии, 1994, т. 68, №11, с.2009.

**10.** Davliatshin D.I., Osin S.B., Ogden J.S. A Study of the Reactions of Fluorine with Chromium and Iron at High Temperatures by Matrix IR Spectroscopy. – J. Fluor. Chem., 1996, v. 76, p. 187.

**11.** Давлятшин Д.И., Огден Дж.С., Осин С.Б. Инфракрасные спектры продуктов взаимодействия тантала и рутения со фтором, изолированных в твердом аргоне. – Ж. физич. хим., 2001, т. 75, №8, с 294.

**12.** Внуков А.С., Давлятшин Д.И., Осин С.Б. Методика лазерного испарения труднолетучих металлов для матричного синтеза. Исследование ИК-спектров продуктов реакции Cu + $F_2$, изолированных в аргоновых матрицах. – Вестник Моск. ун-та, Сер. Хим., 2003, т. 44, №3, с.453.

**13.** Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н., Архангельская О.В., Осин С.Б. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах: учеб. пособие / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 377 с.

**14.** Осин С.Б., Шевельков В.Ф. Учебное пособие по курсу лекций «Физическая химия».– М.: Химический ф-т МГУ, 2010. – 172 с.

**15.** Кузьменко Н.Е., Осин С.Б., Пичугина Д.А., Рыжова О.Н. Физическая химия в семинарских занятиях. – М.: Химический ф-т МГУ, 2011. – 150 с.

## ПИЧУГИНА Дарья Александровна

Дарья Пичугина родилась и окончила школу с серебряной медалью в военном городке Ногинск-9, расположенном недалеко от Черноголовки, известного академического научного центра. Профессиональные школьные учителя привили интерес к естественным наукам, особенно к химии, физике и математике. На химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова Дарья Александровна поступила в мае 1996 года в Черноголовке по результатам университетской выездной олимпиады. В то время достаточно было хорошо сдать два предмета (химию и математику) – и ты студент первого вуза России.

С первого курса Дарья Александровна обучалась в специализированной группе перспективных процессов и материалов, которую курировала кафедра неорганической химии. После знакомства на третьем курсе с предметом «Строение молекул» возник интерес к описанию строения и свойств молекул и закономерностей химических реакций математическими методами. Свою дипломную работу и последующую кандидатскую диссертацию выполнила на кафедре физической химии в лаборатории молекулярной спектроскопии под руководством профессора Николая Егоровича Кузьменко. При этом был пройден исследовательский путь от квантово-химического описания высоковозбужденных состояний простой молекулы водорода до кластеров золота.

Окончив с отличием МГУ, в 2001 году Д.А. Пичугина поступила в очную аспирантуру химического факультета. Обучаясь в аспирантуре, параллельно с научными исследованиями активно участвовала в педагогическом процессе. С 2003 года начала вести семинарские и практические занятия по физической химии на биологическом факультете и факультете почвоведения; неоднократно участвовала в работе подготовительных курсов для абитуриентов и в выездных вступительных экзаменах в городах Снежинск, Кисловодск, Нефтекамск, Улан-Удэ. После окончания аспирантуры и защиты кандидатской диссертации «Теоретическое исследование активации С-Н связи метана комплексами золота» Дарья Александровна работет на химическом факультете, сначала в должности младшего научного сотрудника, затем научного сотрудника, а с 2009 года – доцента кафедры физической химии.

В настоящее время Д.А. Пичугина ведет активную педагогическую и научную работу. Она проводит практические и семинарские занятия по физической химии со студентами биологического и химического факультетов. Под ее руководством выполнены и защищены восемь дипломных и двадцать курсовых работ по физической химии. Дарья Александровна является куратором новой специализированной группы химического факультета «Функциональные наноматериалы», а также членом жюри федеральных олимпиад «Покори Воробьевы горы!» и «Ломоносов» по химии, членом экзаменационной комиссии МГУ по химии.

Научные исследования Дарьи Александровны связаны с применением методов квантовой химии для изучения каталитических свойств наночастиц золота. За все годы работы на факультете ею опубликованы 36 статей в отечественных и зарубежных научных журналах, сделано более 40 устных докладов на научных конференциях.

Достигнутые результаты неоднократно отмечались стипендиями, дипломами и грамотами: «Потанинский преподаватель-2007», стипендия МГУ имени М.В. Ломоносова для молодых преподавателей и ученых, добившихся значительных результатов, диплом первой степени на конкурсе проектов молодых ученых международной выставки «Химия-

2009», грамота ИЮПАК за лучший доклад молодых ученых на Международной конференции «Нано 2009». Работе Д.А. Пичугиной с соавторами «Наночастицы благородных металлов: синтез, свойства и применение» в 2010 г. присуждено второе место на конкурсе научных работ молодых ученых МГУ. Научные исследования Д.А. Пичугиной поддержаны многочисленными грантами РФФИ, Президента РФ для молодых кандидатов наук, Ведущих научных школ, Министерства образования и науки.

Дарья Александровна ведет активную общественную работу, являясь председателем Совета молодых ученых химического факультета, а также ответственным секретарем секции «Химия» XVII и XVIII Международных конференций студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов».

Свободное от работы время посвящает семье, отдыху на природе и путешествиям.

*Некоторые публикации*

**1.** Кузьменко Н.Е., Пичугина Д.А. Неадиабатический расчет энергий ровибронных термов и колебательных волновых функций $3s$, $3d\ ^3\Lambda_g^+$ комплекса $H_2$. – Журнал физической химии, 2003, т. 77, №12, с. 2200-2205.

**2.** Пичугина Д.А., Шестаков А.Ф., Кузьменко Н.Е. Квантово-химическое исследование активации С–Н связи в метане аквахлоридными комплексами золота(III). – Известия АН, Серия химическая, 2006, 55, №2, с. 191-201.

**3.** Пичугина Д.А., Рыжова О.Н. Неизвестные свойства известного металла. Круговорот золота в природе. Золото – катализатор XXI века. – Химия в школе, 2006, №3, с. 6-14; №4, с. 7-18; №5, с. 6-9.

**4.** Пичугина Д.А., Шестаков А.Ф., Кузьменко Н.Е. Квантово-химическое моделирование реакции метана с ацетилацетонатными и аквааацетилацетонатными комплексами золота(I). – Кинетика и катализ, 2007, 48, №2, с. 321-331.

**5.** Pichugina D.A., Kuz'menko N.E., Shestakov A.F. Gold Complexes with O-containing Ligands as Catalysts of Methane Oxidation. – Gold Bull., 2007, v. 40, №2, 115-120.

**6.** Pichugina D.A., Ibragimova R.I., Shestakov A.F., Vorob'ev-Desyatovskii N.V. Nitrogen Fixation at the Activated Carbon Surface: A Possible Mechanism of the Process. Chapter 2 in "Nitrogen Fixation Research Progress", Ed. Guilherme N. Couto, 2008, Nova Science Publishers, p. 131-150.

**7.** Pichugina D.A., Beletskaya A.V., Kuz'menko N.E., Shestakov A.F. Application of Quantum-Chemical Methods for Investigation of Gold Nanoclusters Properties. – Rev. Adv. Mater. Sci., v. 20, №1, 2009, p. 48-54.

**8.** Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Пичугина Д.А., Китаев Л.Е. Система рейтинговой аттестации как метод стимулирования изучения студентами естественнонаучных дисциплин. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. Педагогическое образование, 2010, №3, с. 48-57.

**9.** Golubina E.V., Pichugina D.A., Majouga A.G., Aytekenov S.A. Role of Deposition Technique and Support Nature on the Catalytic Activity of Supported Gold Clusters: Experimental and Theoretical Study. – Studies in Surface Science and Catalysis, 2010, v. 175, p. 297-300.

**10.** Пичугина Д.А., Ланин С.Н., Ковалева Н.В., Ланина К.С., Шестаков А.Ф., Кузьменко Н.Е. Адсорбция углеводородов на кластерах $Au_{10}$: влияние строения и заряда. – Известия АН, серия химическая, 2010, №11, с. 1987-1993.

## ПУТИЛИН Феликс Никифорович

Феликс Никифорович Путилин – выпускник химического факультета МГУ, кандидат химических наук, доцент кафедры лазерной химии химического факультета МГУ.

Научные интересы связаны с изучением процессов взаимодействия мощных световых потоков (лазерного излучения) с веществом с целью получения новых функциональных материалов. Результаты исследований публикуются в отечественных и зарубежных научных журналах.

На химический факультет поступил после службы в армии. На своем опыте убедился, что нельзя успешно учиться на химическом факультете без прочных знаний по химии, математике, физике. Поэтому со студенческих лет преподавал химию школьникам на подготовительных курсах МГУ. Является автором и соавтором нескольких десятков методических пособий по химии для школьников.

*Некоторые публикации*

**1.** Путилин Ф.Н. Химия для абитуриентов и школьников. – М.: Изд-во МГУ, 1997.

**2.** Путилин Ф.Н. и др. Чувствительность к водороду тонких пленок $SnO_2$, поверхностно легированных платиной методом лазерной абляции. – Сенсор, 2003, т. 3-4, с. 38-43.

## РЫЖОВА Оксана Николаевна

Родилась 15 марта 1961 г. в Москве. В 1978 г. закончила физико-математическую школу и поступила на химический факультет МГУ. Выбрать специальность не составило труда – дедушка и мама были химиками. Дипломную работу выполнила в лаборатории газовой электронографии на кафедре физической химии. Закончив с отличием химический факультет, в 1983 г. начала работать в Институте высоких температур АН СССР (ИВТАНе), в отделе химической термодинамики под руководством профессора Льва Вениаминовича Гурвича. Научные интересы были связаны с методами расчета вкладов внутреннего вращения, инверсии и псевдовращения в величины термодинамических функций для нежестких молекул.

В 1993 г. вернулась на химический факультет МГУ в межкафедральную лабораторию вычислительных методов в химии, несколько лет вела практические занятия со студентами I курса химического факультета по курсу «Программирование и вычислительные методы в химии». Затем перешла в лабораторию молекулярной спектроскопии кафедры физической химии. Работала в должности младшего научного сотрудника, научного сотрудника, старшего преподавателя и доцента. В 2004 г. под руководством профессора Николая Егоровича Кузьменко защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата педагогических наук на тему «Совершенствование механизмов взаимодействия средней и высшей школы в области химического образования». В 2008 г. получила звание доцента по кафедре физической химии.

С 2002 г. веду семинарские и практические занятия по физической химии со студентами химического и биологического факультетов.

Много раз выезжала в города Кисловодск и Нефтекамск читать лекции на подготовительных курсах МГУ для старшеклассников и абитуриентов. Являюсь автором ряда справочников и учебных пособий по химии для абитуриентов.

Последние годы выполняю обязанности председателя экзаменационной комиссии на вступительных экзаменах по химии в МГУ и председателя жюри федеральной олимпиады «Ломоносов».

С 2002 по 2010 г. я работала на посту ответственного секретаря оргкомитета Международной Менделеевской олимпиады школьников по химии. Эта деятельность, с одной стороны, отнимала очень много времени и сил, с другой – дала уникальный опыт и позволила познакомиться со многими интересными людьми из разных стран, работающими в области химического образования. Являюсь соавтором двух монографий, написанных по материалам этой олимпиады высокого уровня.

Дважды становилась победителем конкурсов на присуждение грантов поддержки молодых ученых Московского университета, в 2011 г. награждена Почетной грамотой Министерства образования и науки РФ.

Область моих научных интересов: взаимодействие высшей и средней школы, предметные олимпиады школьников высокого уровня, географические особенности и качество студенческого контингента, особенности преподавания курса физической химии студентам естественнонаучных факультетов, квантовохимические расчеты термодинамических свойств веществ.

Имею более 130 научных и учебно-методических публикаций.

Будучи выраженным трудоголиком, очень люблю свою работу. Горжусь тем, что мои дети – тоже университетские люди: сын выбрал профессию химика и окончил химический факультет МГУ, дочь учится на философском факультете.

*Некоторые публикации*

**1.** Spiridonov V.P., Butayev B.S., Gershikov A.G., But O.N. Application of Density Matrix Approach to Determination of Vibrational Characteristics of Diatomic Molecules. – Chem. Phys. Lett., 1984, v. 103, p. 363-370.

**2.** Рыжова О.Н. Наука, которая создала свой предмет. Почему их так много? Имена органических соединений. В кн.: Энциклопедия для детей, т.17, Химия / Глав. ред. В.А. Володин. – М.: Аванта+, 2000-2006, с. 318-334.

**3.** Кузьменко Н.Е., Лунин В.В., Рыжова О.Н. О модернизации образования в России. – Педагогика, 2005, №3, с. 107-116.

**4.** Пичугина Д.А., Рыжова О.Н. Неизвестные свойства известного металла. Круговорот золота в природе. Золото – катализатор XXI века. – Химия в школе, 2006, №3, с. 6-14; №4, с. 7-18; №5, с. 6-9.

**5.** Еремина Е.А., Рыжова О.Н. Справочник школьника по химии / под ред. Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремина. – М.: Изд-во «Экзамен», 2006-2009. – 512 с. (Серия «Справочник школьника»).

**6.** Лунин В.В., Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е. Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад / Под ред. В.В. Лунина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 384 с.

**7.** Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 377 с.

**8.** Dorofeeva O.V., Ryzhova O.N., Zverev V.G. Computational Study of the Thermodynamic Properties of Organophosphorus(V) Compounds. J. Mol. Struct. (Theochem). – 2007. – V. 811, № 1-3, p. 267-279.

**9.** Lunin V.V., Nenajdenko V.G., Ryzhova O.N., Kuz'menko N.E. Chemistry of 21st Century. International Mendeleev Chemistry Olympiad / Ed. V.V. Lunin. – Moscow: Moscow University Press, 2007. – 443 p.

**10.** Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е. Проблемы и перспективы фундаментального химического образования в России. – Universitates. Наука и просвещение, 2009, №2(37), с. 56-63.

**11.** Dorofeeva O.V., Ryzhova O.N. Revision of Standard Molar Enthalpies of Formation of Glycine and L-alanine in the Gaseous Phase on the Basis of Theoretical Calculations. – J. Chem. Thermodynamics, 2009, v. 41, p. 433-438.

**12.** Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е., Пичугина Д.А., Китаев Л.Е. Система рейтинговой аттестации как метод стимулирования изучения студентами естественнонаучных дисциплин. – Вестн. Моск. ун-та, Сер. 20. Педагогическое образование, 2010, №3, с. 48-57.

**13.** Dorofeeva O.V., Ryzhova O.N. Entalpies of Formation of β-Alanine, Sarcosine, and 4-Aminobutanoic Acid from Quantum Chemical Calculations. – J. Chem. Thermodynamics, 2010, v. 42, p. 1056-1062.

## ТЕРЕНИН Владимир Ильич

Владимир Ильич Теренин родился в 1947 году в Москве. В 1965 году после окончания школы поступил на химический факультет Московского

государственного университета. С 1970 года после окончания МГУ работает на кафедре органической химии химического факультета. В 1973-1976 годах В.И. Теренин был командирован в Алжир, где преподавал химию в Национальном институте легкой промышленности. В 1981 году защитил кандидатскую диссертацию, а в 1994 году – докторскую диссертацию по теме «Превращения азиниевых систем под действием нуклеофилов». С 2003 года работает в должности профессора кафедры органической химии химического факультета МГУ.

С 1997 года В.И. Теренин читает курс лекций «Органическая химия» для студентов зоолого-ботанического отделения, с 2002 г. отделения биофизики и биоинженерии биологического факультета МГУ. Член Государственной аттестационной комиссии и методической комиссии химического факультета МГУ. Принимал участие в подготовке аннотации к учебной дисциплине «Органическая химия» к Государственным стандартам второго поколения (подготовка специалистов-химиков и бакалавров), в создании типовых программ по органической химии для химических факультетов университетов России, примерных программ для нехимических специальностей смежных факультетов классических университетов, программ учебных дисциплин в соответствии с принятым в МГУ собственным стандартом образования по специальности «Фундаментальная и прикладная химия». Является соавтором «Практикума по органической химии» для студентов химических специальностей вузов, пяти учебников «Химия» для учащихся 10-11 классов общеобразовательных учреждений, более десяти учебных пособий по химии для абитуриентов. С 1996 года В.И. Теренин – член методической комиссии Всероссийской олимпиады школьников по химии, где отвечает за проведение экспериментальных туров олимпиад различного уровня, соавтор сборника «Задачи всероссийских олимпиад по химии».

В последние годы Владимир Ильич возглавляет методическую комиссию по химии МГУ, которая разрабатывает задания для федеральной олимпиады «Ломоносов» и для вступительных экзаменов по химии на естественнонаучные факультеты МГУ.

Педагогическая деятельность В.И. Теренина неоднократно отмечалась грантами международного образовательного фонда Сороса, он является лауреатом конкурса «Грант Москвы» в области естественных наук в сфере образования. В 1999 г. ему присвоено звание «Заслуженный преподаватель Московского университета», в 2004 г. награжден знаком «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации», в 2007 г за многолетнюю работу и высокий профессионализм получил благодарность Федерального агентства по образованию.

Научная работа В.И. Теренина связана с химией азотсодержащих гетероциклических соединений. Им выполнены работы по исследованию нуклеофильных трансформаций пиридинового и пиразинового ядер в конденсированных гетероциклах, приводящих к новым гетеро- и

карбоциклическим системам, разработаны новые методы получения функционально замещенных индолов, индолизинов, пирроло- и дипирролопиразинов, новых потенциально биологически активных соединений. Автор более 100 научных публикаций. Под его руководством выполнено 19 дипломных работ, защищено 7 кандидатских диссертаций. Профессор В.И. Теренин – член диссертационного совета Д 501.001.97 при МГУ имени М.В. Ломоносова. Проводимые им исследования поддерживались грантами РФФИ, научным фондом гражданских исследований и развития США. За достижения в химии гетероциклических соединений в 2010 году награжден дипломом и Золотым знаком Международного фонда «Научное партнерство».

*Некоторые публикации*

**1.** Кост А.Н., Юдин Л.Г., Теренин В.И. Синтез аминоиндолов реакцией Бухерера. – Химия гетероциклических соединений, 1979, №6, с.786-789.

**2.** Юдин Л.Г., Теренин В.И., Сагитулин Р.С., Торочешников В.И., Дуленко В.И., Николюкин Ю.А., Кост А.Н. Исследование рециклизации четвертичных солей папаверина и его структурных аналогов. – Химия гетероциклических соединений, 1983, №1, с.73-78.

**3.** Теренин В.И., Блохин А.В., Бундель Ю.Г., Курц А.Л. Активирующее влияние иминиевой группировки в реакциях ароматического нуклеофильного замещения алкоксигруппы и атомов галогена под действием азотистых оснований. – Журнал органической химии, 1987, т. 23, №11, с.2399-2406.

**4.** Теренин В.И., Бабаев Е.В., Юровская М.А., Бундель Ю.Г. Новые рециклизации и трансформации азинов. – Химия гетероциклических соединений, 1992, №6, с.792-807.

**5.** Теренин В.И., Сумцова Е.А., Кабанова Е.В., Плешкова А.П., Зык Н.В. Дипирроло[1,2-a;2`,1`-c]пиразины. 8. Электрофильное замещение в ряду производных дипирроло[1,2-a;2`,1`-c]пиразинов и 5,6-дигидродипирроло[1,2-a;2`,1`-c]пиразинов. Ацилирование дипирроло[1,2-a;2`,1`-c]пиразинов. – Химия гетероциклических соединений, 2004, № 4, с. 530 – 540.

**6.** Теренин В.И., Иванов А.С. Первый пример трансформации азиниевых циклов в гидрированные циклические кетоны. – Химия гетероциклических соединений, 2005, № 2, с. 296 -298.

**7.** Теренин В.И., Галкин М.В., Кабанова Е.В., Иванов А.С. 1-(Трифторметил)-3,4-дигидро-пирроло[1,2-*a*]пиразины: синтез и превращения под действием O- и N-нуклеофилов. – Химия гетероциклических соединений, 2010, №10, с. 1569-1578.

**8.** Теренин В.И., Волков А.А., Иванов А.С., Кабанова Е.В. Новая нуклеофильная перегруппировка 1-замещенных изохинолинов под действием спиртового раствора гидроксида натрия. – Химия гетероциклических соединений, 2011, №1, с. 98-106.

**9.** Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н. и др. Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. – 377 с.

# ПРОГРАММА
## вступительных экзаменов по химии для поступающих в Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Программа по химии для поступающих в Московский государственный университет состоит из двух разделов. В первом разделе представлены основные теоретические понятия химии, которыми должен владеть абитуриент с тем, чтобы уметь обосновать химические и физические свойства веществ, перечисленных во втором разделе, посвященном элементам и их соединениям.

Экзаменационный билет содержит 10 заданий, охватывающих все разделы программы для поступающих. Продолжительность письменного экзамена составляет 4 часа. На экзамене можно пользоваться микрокалькуляторами и справочными таблицами, такими как «Периодическая система химических элементов», «Растворимость оснований, кислот и солей в воде», «Ряд стандартных электродных потенциалов».

### Часть I. Основы теоретической химии

Предмет химии. Место химии в естествознании. Масса и энергия. Основные понятия химии. Вещество. Молекула. Атом. Электрон. Ион. Химический элемент. Химическая формула. Относительные атомная и молекулярная массы. Моль. Молярная масса.

Химические превращения. Закон сохранения массы и энергии. Закон постоянства состава. Стехиометрия.

Строение атома. Атомное ядро. Изотопы. Стабильные и нестабильные ядра. Радиоактивные превращения, деление ядер и ядерный синтез. Уравнение радиоактивного распада. Период полураспада.

Двойственная природа электрона. Строение электронных оболочек атомов. Квантовые числа. Атомные орбитали. Электронные конфигурации атомов в основном и возбужденном состояниях, принцип Паули, правило Хунда.

Периодический закон Д.И.Менделеева и его обоснование с точки зрения электронного строения атомов. Периодическая система элементов.

Химическая связь. Типы химических связей: ковалентная, ионная, металлическая, водородная. Механизмы образования ковалентной связи: обменный и донорно-акцепторный. Энергия связи. Потенциал ионизации, сродство к электрону, электроотрицательность. Полярность связи,

индуктивный эффект. Кратные связи. Модель гибридизации орбиталей. Связь электронной структуры молекул с их геометрическим строением (на примере соединений элементов 2-го периода). Делокализация электронов в сопряженных системах, мезомерный эффект. Понятие о молекулярных орбиталях.

Валентность и степень окисления. Структурные формулы. Изомерия. Виды изомерии, структурная и пространственная изомерия.

Агрегатные состояния вещества и переходы между ними в зависимости от температуры и давления. Газы. Газовые законы. Уравнение Клапейрона–Менделеева. Закон Авогадро, молярный объем. Жидкости. Ассоциация молекул в жидкостях. Твердые тела. Основные типы кристаллических решеток: кубические и гексагональные.

Классификация и номенклатура химических веществ. Индивидуальные вещества, смеси, растворы. Простые вещества, аллотропия. Металлы и неметаллы. Сложные вещества. Основные классы неорганических веществ: оксиды, основания, кислоты, соли. Комплексные соединения. Основные классы органических веществ: углеводороды, галоген-, кислород- и азотсодержащие вещества. Карбо- и гетероциклы. Полимеры и макромолекулы.

Химические реакции и их классификация. Типы разрыва химических связей. Гомо- и гетеролитические реакции. Окислительно-восстановительные реакции.

Тепловые эффекты химических реакций. Термохимические уравнения. Теплота (энтальпия) образования химических соединений. Закон Гесса и его следствия.

Скорость химической реакции. Представление о механизмах химических реакций. Элементарная стадия реакции. Гомогенные и гетерогенные реакции. Зависимость скорости гомогенных реакций от концентрации (закон действующих масс). Константа скорости химической реакции, ее зависимость от температуры. Энергия активации.

Явление катализа. Катализаторы. Примеры каталитических процессов. Представление о механизмах гомогенного и гетерогенного катализа.

Обратимые реакции. Химическое равновесие. Константа равновесия, степень превращения. Смещение химического равновесия под действием температуры и давления (концентрации). Принцип Ле Шателье.

Дисперсные системы. Коллоидные системы. Растворы. Механизм образования растворов. Растворимость веществ и ее зависимость от температуры и природы растворителя. Способы выражения концентрации растворов: массовая доля, мольная доля, объемная доля, молярная концентрация. Отличие физических свойств раствора от свойств растворителя. Твердые растворы. Сплавы.

Электролиты. Растворы электролитов. Электролитическая диссоциация кислот, оснований и солей. Кислотно-основные взаимодействия в растворах. Протонные кислоты, кислоты Льюиса. Амфотерность. Константа диссоциации. Степень диссоциации. Ионное произведение воды. Водородный показатель. Гидролиз солей. Равновесие между ионами в

растворе и твердой фазой. Произведение растворимости. Образование простейших комплексов в растворах. Координационное число. Константа устойчивости комплексов. Ионные уравнения реакций.

Окислительно-восстановительные реакции в растворах. Определение стехиометрических коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций. Стандартные потенциалы окислительно-восстановительных реакций. Ряд стандартных электродных потенциалов. Электролиз растворов и расплавов. Законы электролиза Фарадея.

## Часть II. Элементы и их соединения. Неорганическая химия

Абитуриенты должны на основании Периодического закона давать сравнительную характеристику элементов в группах и периодах. Характеристика элементов включает: электронные конфигурации атома; возможные валентности и степени окисления элемента в соединениях; формы простых веществ и основные типы соединений, их физические и химические свойства, лабораторные и промышленные способы получения; распространенность элемента и его соединений в природе, практическое значение и области применения соединений. При описании химических свойств должны быть отражены реакции с участием неорганических и органических соединений (кислотно-основные и окислительно-восстановительные превращения), а также качественные реакции.

Водород. Изотопы водорода. Соединения водорода с металлами и неметаллами. Вода. Пероксид водорода.

Галогены. Галогеноводороды. Галогениды. Кислородсодержащие соединения хлора.

Кислород. Оксиды и пероксиды. Озон.

Сера. Сероводород, сульфиды, полисульфиды. Оксиды серы (IV) и (VI). Сернистая и серная кислоты и их соли. Эфиры серной кислоты. Тиосульфат натрия.

Азот. Аммиак, соли аммония, амиды металлов, нитриды. Оксиды азота. Азотистая и азотная кислоты и их соли. Эфиры азотной кислоты.

Фосфор. Фосфин, фосфиды. Оксиды фосфора (III) и (V). Галогениды фосфора. Орто-, мета- и дифосфорная (пирофосфорная) кислоты. Ортофосфаты. Эфиры фосфорной кислоты.

Углерод и его аллотропные формы. Изотопы углерода. Простейшие углеводороды: метан, этилен, ацетилен. Карбиды кальция, алюминия и железа. Оксиды углерода (II) и (IV). Карбонилы переходных металлов. Угольная кислота и ее соли.

Кремний. Силан. Силицид магния. Оксид кремния (IV). Кремниевые кислоты, силикаты.

Бор. Трифторид бора. Орто- и тетраборная кислоты. Тетраборат натрия.

Благородные газы. Примеры соединений криптона и ксенона.

Щелочные металлы. Оксиды, пероксиды, гидроксиды и соли щелочных металлов.

Щелочноземельные металлы, бериллий, магний: их оксиды, гидроксиды и соли. Представление о магнийорганических соединениях (реактив Гриньяра).

Алюминий. Оксид, гидроксид и соли алюминия. Комплексные соединения алюминия. Представление об алюмосиликатах.

Медь, серебро. Оксиды меди (I) и (II), оксид серебра (I). Гидроксид меди (II). Соли серебра и меди. Комплексные соединения серебра и меди.

Цинк, ртуть. Оксиды цинка и ртути. Гидроксид и соли цинка.

Хром. Оксиды хрома (II), (III) и (VI). Гидроксиды и соли хрома (II) и (III). Хроматы и дихроматы (VI). Комплексные соединения хрома (III).

Марганец. Оксиды марганца (II) и (IV). Гидроксид и соли марганца (II). Манганат и перманганат калия.

Железо, кобальт, никель. Оксиды железа (II), (II)-(III) и (III). Гидроксиды и соли железа (II) и (III). Ферраты (III) и (VI). Комплексные соединения железа. Соли и комплексные соединения кобальта (II) и никеля (II).

## Органическая химия

Характеристика каждого класса органических соединений включает: особенности электронного и пространственного строения соединений данного класса, закономерности изменения физических и химических свойств в гомологическом ряду, номенклатуру, виды изомерии, основные типы химических реакций и их механизмы. Характеристика конкретных соединений включает физические и химические свойства, лабораторные и промышленные способы получения, области применения. При описании химических свойств необходимо учитывать реакции с участием как радикала, так и функциональной группы.

Структурная теория как основа органической химии. Углеродный скелет. Функциональная группа. Гомологические ряды. Изомерия: структурная и пространственная. Представление об оптической изомерии. Взаимное влияние атомов в молекуле. Классификация органических реакций по механизму и заряду активных частиц.

Алканы и циклоалканы. Конформеры.

Алкены и циклоалкены. Сопряженные диены.

Алкины. Кислотные свойства алкинов.

Ароматические углеводороды (арены). Бензол и его гомологи. Стирол. Реакции ароматической системы и углеводородного радикала. Ориентирующее действие заместителей в бензольном кольце (ориентанты I и II рода). Понятие о конденсированных ароматических углеводородах.

Галогенопроизводные углеводородов: алкил-, арил- и винилгалогениды. Реакции замещения и отщепления.

Спирты одно- и многоатомные. Первичные, вторичные и третичные спирты. Фенолы. Простые эфиры.

Карбонильные соединения: альдегиды и кетоны. Предельные, непредельные и ароматические альдегиды. Понятие о кето-енольной таутомерии.

Карбоновые кислоты. Предельные, непредельные и ароматические кислоты. Моно- и дикарбоновые кислоты. Производные карбоновых кислот: соли, ангидриды, галогенангидриды, сложные эфиры, амиды. Жиры.

Нитросоединения: нитрометан, нитробензол.

Амины. Алифатические и ароматические амины. Первичные, вторичные и третичные амины. Основность аминов. Четвертичные аммониевые соли и основания.

Галогензамещенные кислоты. Оксикислоты: молочная, винная и салициловая кислоты. Аминокислоты: глицин, аланин, цистеин, серин, фенилаланин, тирозин, лизин, глутаминовая кислота. Пептиды. Представление о структуре белков.

Углеводы. Моносахариды: рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, фруктоза. Циклические формы моносахаридов. Понятие о пространственных изомерах углеводов. Дисахариды: целлобиоза, мальтоза, сахароза. Полисахариды: крахмал, целлюлоза.

Пиррол. Пиридин. Пиримидиновые и пуриновые основания, входящие в состав нуклеиновых кислот. Представление о структуре нуклеиновых кислот.

Реакции полимеризации и поликонденсации. Отдельные типы высокомолекулярных соединений: полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, политетрафторэтилен, каучуки, сополимеры, фенолформальдегидные смолы, искусственные и синтетические волокна.

# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

**1.** *Кузьменко Н.Е., Теренин В.И., Рыжова О.Н. и др.* Химия: формулы успеха на вступительных экзаменах / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.И. Теренина. – М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006.

В пособии представлены все варианты экзаменационных заданий по химии, предлагавшиеся на олимпиадах и вступительных экзаменах на всех факультетах МГУ за 2003-2005 годы. Для каждого варианта приведены подробные решения с указаниями и комментариями. Пособие предназначено для абитуриентов, поступающих в вузы на химические, медицинские и биологические специальности, а также для школьников старших классов и учителей химии.

**2.** *Кузьменко Н.Е., Еремин В.В.* 2500 задач по химии с решениями для поступающих в вузы. – М.: Экзамен, 2005.

Данный задачник может использоваться для подготовки к вступительным экзаменам в вузы химического профиля. В нем можно найти задачи на любой вкус: школьные, экзаменационные, олимпиадные. Ко всем задачам даны ответы и указания.

**3.** *Олейников Н.Н., Муравьева Г.П.* Химия. Основные алгоритмы решения задач / Под ред. академика Ю.Д. Третьякова. – М.: Издательский отдел УНЦДО, ФИЗМАТЛИТ, 2003.

Пособие представляет собой нетрадиционный сборник задач по химии. Рассмотрение алгоритмов решений задач авторы проводят на основе хорошо логически выстроенного анализа рассматриваемой темы. Каждой главе предшествует оригинально написанное теоретическое введение. Приведены примеры с подробными решениями, а также задачи (с ответами) для самостоятельной проработки.

**4.** *Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А.* Химия для школьников старших классов и поступающих в вузы. – М.: Дрофа, 1995, 1997, 1999; ОНИКС 21 век: Мир и образование, 2000-2004; Изд-во Моск. ун-та, 2008.

Пособие является одновременно руководством и справочником по химии. По каждой теме дается необходимый теоретический материал, подробные решения основных типов задач, а также современные вопросы

и задачи с ответами. Диапазон представленных задач широк – от стандартных до сверхсложных.

**5.** *Кузьменко Н.Е., Еремин В.В., Попков В.А.* Начала химии: Современный курс для поступающих в вузы. – М.: Экзамен, 2000-2010.

Самое подробное и универсальное пособие по химии для поступающих в вузы, выдержавшее более пятнадцати изданий. Содержит обширный теоретический материал, изложенный на современном уровне, а также большое количество задач, вопросов и упражнений.

**6.** *Еремина Е.А., Рыжова О.Н.* Справочник школьника по химии / Под ред. Н.Е. Кузьменко, В.В. Еремина. – М.: ОНИКС 21 век: Мир и Образование, 2003-2006; Экзамен, 2007-2009.

Хороший школьный справочник по химии. Книга содержит более 90% всех уравнений реакций, предлагаемых на экзаменах по химии в школах и на вступительных экзаменах в вузах. Незаменима как справочное пособие для тех, кто не очень уверенно знает химию, а также для всех, кто хочет самостоятельно получить дополнительные знания по этому предмету.

**7.** *Пузаков С.А., Попков В.А.* Пособие по химии для поступающих в вузы. – М.: Высшая школа, 1999, 2005.

Пособие содержит программы по химии для поступающих в вузы, образцы экзаменационных билетов, а также около 3700 вопросов, оригинальных ситуационных и расчетных задач. В него включен дополнительный материал для учащихся специализированных медико-биологических классов.

**8.** *Дроздов А.А., Еремин В.В.* Пособие для подготовки к ЕГЭ по химии. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.

В учебном пособии содержатся задания, которые сгруппированы по темам, в полном соответствии с кодификатором и другими нормативными документами по ЕГЭ по химии. Даны ссылки на теоретический материал учебников, приведены решения некоторых сложных задач. Пособие адресовано учащимся, планирующим сдавать ЕГЭ по химии, и учителям химии.

**9.** Энциклопедия для детей. Т. 17. Химия / Глав. ред. В.А. Володин. – М.: Аванта+, 2000-2004.

Одна из лучших научно-популярных книг по химии, знакомящая читателя с разнообразным, таинственным и причудливым миром химических веществ и явлений. Содержит много статей по всем основным разделам химии, а также массу интереснейших химических

историй, фактов, занимательных случаев. Энциклопедия написана прекрасным литературным языком, отлично и с большим юмором проиллюстрирована. Книга предназначена для всех, имеющих отношение к химии: от школьников, только приступающих к ее изучению, до маститых академиков.

**10.** *Фримантл М.* Химия в действии. – М.: Мир, 1998.

Одна из лучших книг для всех, кто увлекается химией, и относится к тем книгам, которые читают «для души». Автор умеет показать читателю, что химия – интересная наука, с которой так или иначе связаны все стороны нашей жизни. Книга изобилует выразительными иллюстрациями. Очень удачно освещены экологические аспекты современной химии.

**11.** *Лунин В.В., Ненайденко В.Г., Рыжова О.Н., Кузьменко Н.Е.* Химия XXI века в задачах Международных Менделеевских олимпиад. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006.

*Lunin V.V., Nenajdenko V.G., Ryzhova O.N., Kuz'menko N.E.* Chemistry of 21st Century. International Mendeleev Chemistry Olympiad. Editor V.V. Lunin. – M.: Moscow University Press, 2007.

В книгах (русскоязычная и англоязычная версия) представлены все задания – теоретические и экспериментальные – шести Международных Менделеевских олимпиад школьников по химии (2001-2006 годы). Читателю предоставляется возможность не только охватить в целом всю систему заданий Менделеевских олимпиад, но и получить информацию о направлениях развития современной химической науки и о том, как складываются судьбы людей, посвятивших ей свою жизнь.

**12.** *Бабков В.А., Попков В.А.* Общая, неорганическая и органическая химия: Для школьников старших классов и поступающих в вузы. – М.: Дрофа, 2003.

Пособие предназначено для подготовки к вступительным экзаменам в университеты, медицинские, сельскохозяйственные и другие вузы. Для активизации познавательного процесса в тексте приведены многочисленные примеры решения задач и задания для самостоятельного выполнения.

**13.** *Еремин В.В.* Теоретическая и математическая химия для школьников. Подготовка к химическим олимпиадам. – М.: МЦНМО, 2007.

В книге показаны межпредметные связи химии с другими науками. Рассмотрены основные области применения элементарной математики и теоретической физики к химическим явлениям. Приведен подробный

теоретический материал, набор решенных задач и задачи для самостоятельного решения. Книга предназначена для углубленного изучения химии в средней школе, а также для подготовки к химическим олимпиадам различного уровн.

**14.** *Стрельникова Л.Н.* Из чего все сделано? Рассказы о веществе / Под ред. Г.В. Эрлиха. – М.: Яуза-пресс, 2011.

Книга известного научного журналиста, главного редактора научно-популярного журнала «Химия и жизнь» – это именно рассказы о веществе, о его красоте и значении в нашей жизни, это химия без формул и уравнений. Книга адресована школьникам, приступающим к изучению химии, но она может быть интересной и их родителям, и вообще всем взрослым, которые хотят узнать больше об окружающем нас мире.

# СОДЕРЖАНИЕ

**Предисловие**..... 3

**Часть I. ОЛИМПИАДА «ПОКОРИ ВОРОБЬЕВЫ ГОРЫ!»**.... **5**

**Заочный тур олимпиады «Покори Воробьевы горы!»**

Задания заочного тура 2006..... 6
Задания заочного тура 2007..... 7
Задания заочного тура 2008..... 9
Задания заочного тура 2009..... 11
Задания заочного тура 2010..... 12
Решения заданий заочного тура 2006..... 15
Решения заданий заочного тура 2007..... 19
Решения заданий заочного тура 2008..... 25
Решения заданий заочного тура 2009..... 31
Решения заданий заочного тура 2010..... 36

**Очный тур олимпиады «Покори Воробьевы горы!»**

Задания очного тура 2006..... 45
Задания очного тура 2007..... 46
Задания очного тура 2008..... 49
Задания очного тура 2009..... 52
Задания очного тура 2010..... 56
Решения заданий очного тура 2006..... 61

Решения заданий очного тура 2007..... 65
Решения заданий очного тура 2008..... 70
Решения заданий очного тура 2009..... 78
Решения заданий очного тура 2010..... 94

**Часть II. ОЛИМПИАДА «ЛОМОНОСОВ»..... 106**
Задания олимпиады 2006..... 110
Задания олимпиады 2007..... 115
Задания олимпиады 2008..... 120
Задания олимпиады 2009..... 124
Задания олимпиады 2010..... 129
Решения заданий олимпиады 2006..... 132
Решения заданий олимпиады 2007..... 144
Решения заданий олимпиады 2008..... 153
Решения заданий олимпиады 2009..... 164
Решения заданий олимпиады 2010..... 182

**Часть III. ПИСЬМЕННЫЙ ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН.. 190**

**Экзаменационные задания 2006**
Химический факультет ..... 193
Биологический факультет ..... 198
Факультет фундаментальной медицины ..... 203
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 207
Факультет почвоведения ..... 212
Факультет наук о материалах ..... 215
Геологический факультет ..... 216
Подготовительное отделение ..... 218

**Экзаменационные задания 2007**
Химический факультет ..... 220
Биологический факультет ..... 224
Факультет фундаментальной медицины ..... 229
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 233

Факультет почвоведения ..... 238
Факультет наук о материалах ..... 242
Геологический факультет ..... 243
Физико-химический факультет..... 245

**Экзаменационные задания 2008**

Химический факультет ..... 248
Биологический факультет ..... 252
Факультет фундаментальной медицины ..... 256
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 260
Факультет почвоведения ..... 264
Факультет наук о материалах ..... 268
Физико-химический факультет..... 273
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 275
Подготовительное отделение..... 277

**Экзаменационные задания 2009**

Факультет фундаментальной медицины ..... 278
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 282
Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)..... 284

**Экзаменационные задания 2010**

Дополнительный письменный экзамен..... 286
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 291
Подготовительное отделение..... 293
Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)..... 295
Экзамен для выпускников ЦМО МГУ..... 296
Выпускной экзамен СУНЦ МГУ..... 296

**Решения экзаменационных заданий 2006**

Химический факультет ..... 299
Биологический факультет ..... 311
Факультет фундаментальной медицины ..... 324
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 334
Факультет почвоведения ..... 344

Факультет наук о материалах ..... 351
Геологический факультет..... 356
Подготовительное отделение..... 359

**Решения экзаменационных заданий 2007**

Химический факультет ..... 364
Биологический факультет ..... 375
Факультет фундаментальной медицины ..... 387
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 397
Факультет почвоведения ..... 408
Факультет наук о материалах ..... 416
Геологический факультет ..... 419
Физико-химический факультет..... 421

**Решения экзаменационных заданий 2008**

Химический факультет ..... 428
Биологический факультет ..... 439
Факультет фундаментальной медицины ..... 448
Факультет биоинженерии и биоинформатики ..... 458
Факультет почвоведения ..... 468
Факультет наук о материалах ..... 476
Физико-химический факультет..... 486
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 493
Подготовительное отделение ..... 497

**Решения экзаменационных заданий 2009**

Факультет фундаментальной медицины..... 500
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 522
Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)..... 527

**Решения экзаменационных заданий 2010**

Дополнительный письменный экзамен..... 532
Филиал химического факультета МГУ в Баку..... 553
Подготовительное отделение..... 557
Экзамен для иностранных граждан (вместо ЕГЭ)..... 562

Экзамен для выпускников ЦМО МГУ..... 565
Выпускной экзамен СУНЦ МГУ..... 566

**Часть IV. БИОГРАФИЧЕСКИЕ ОЧЕРКИ ЧЛЕНОВ АВТОРСКОГО КОЛЛЕКТИВА..... 575**

**Программа вступительных экзаменов по химии для поступающих в МГУ имени М.В.Ломоносова..... 609**

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА..... 614**

*Учебное издание*

Кузьменко Николай Егорович, Теренин Владимир Ильич,
Рыжова Оксана Николаевна, Антипин Роман Львович,
Архангельская Ольга Валентиновна, Еремин Вадим Владимирович,
Зык Николай Васильевич, Каргов Сергей Игоревич,
Карпова Елена Владимировна, Ливанцова Людмила Ивановна,
Мажуга Александр Георгиевич, Мазо Галина Николаевна,
Морозов Игорь Викторович, Обрезкова Марина Васильевна,
Осин Сергей Борисович, Пичугина Дарья Александровна,
Путилин Феликс Никифорович

# ВСТУПИТЕЛЬНЫЕ ЭКЗАМЕНЫ И ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ. ОПЫТ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

***Под редакцией профессора Н.Е. Кузьменко,***
***доцента О.Н. Рыжовой и профессора В.И. Теренина***

Художественный редактор *Ю.М. Добрянская*

Художник *В.А. Чернецов*

Технический редактор *Н.И. Матюшина*

Компьютерная верстка *О.Н. Рыжовой*