

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
ИНСТИТУТ ХИМИИ

АВТОРЫ-СОСТАВИТЕЛИ:
КОЖИНА Л.Ф., КОСЫРЕВА И.В.,
ЧЕРКАСОВ Д.Г., КРЫЛОВА Я.Г., АНИСЬКОВ А.А.

УЧИМСЯ УЧИТЬСЯ

ЗАДАЧИ С РЕШЕНИЯМИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭТАПА
ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ 2015 ГОДА

Выпуск 2

Саратов 2016

Данное пособие содержит задачи с решениями Муниципального этапа олимпиады школьников 7-11 классов по химии 2015 года. В пособии представлено детальное решение задач с комментариями. Оно будет полезно учащимся, преподавателям для подготовки к олимпиадам различного уровня и развития интереса к химическим наукам, а также студентам, обучающимся по направлению подготовки «Педагогическое образование», профиль «Химия».

Результаты Муниципального этапа олимпиады показывают, что резкое сокращение числа часов, выделенных на изучение химии в средних учебных заведениях, привело к падению мотивации обучения и значительному понижению уровня знаний школьников. Наилучшие результаты показывают учащиеся средних учебных заведений, в которых уделяется значительное внимание изучению точных и естественных наук (математика, физика, химия).

Впервые в 2015 г. в комплект заданий включены задачи, предложенные учителями-предметниками, с последующей их корректировкой. Содержание задач (~ 60%) олимпиады направлено на развитие у школьников стремления к получению новых знаний.

Авторы-составители выражают благодарность учителям-предметникам средних учебных заведений г. Саратова, принявших участие в подготовке комплекта заданий, а также подготовивших победителей и призеров олимпиады.

Рекомендует

кафедра общей и неорганической химии

кафедра аналитической химии и химической экологии

Института химии СГУ

НМС Института химии СГУ

Рецензент

к.х.н., доцент кафедры общей и неорганической химии Акмаева Т.А.

д.х.н., профессор кафедры аналитической химии и химической экологии

Доронин С.Ю.

Если вспомнить историю развития химии, то всего лишь два столетия тому назад существовала одна химия – всеобщая и универсальная. В настоящее время самостоятельное развитие получили аналитическая, органическая, физическая, коллоидная, медицинская, биоорганическая, пищевая, судебная химия и др. На стыке наук возникли и продолжают возникать новые отрасли химической науки: геохимия, бионеорганическая химия, агрохимия, астрохимия, гидрохимия, иммунохимия, кристаллохимия, фармакохимия, электрохимия и др.

Химия – наука развивающаяся. Находится в центре всех наук. Знания химии необходимы при изучении любых процессов, обуславливающих современное состояние биосферы, различных отраслей народного хозяйства.

Даже элементарные химические знания помогут каждому в повседневной жизни, потому что все, что нас окружает, связано с химией. Химия является основой большинства процессов в неживой и живой природе.

Олимпиады являются неотъемлемой частью химического образования. Олимпиады проводятся для школьников, которые проявляют интерес к химии, желают приобрести новые и более глубокие знания. Участие учащихся в школьных и муниципальных этапах олимпиады по химии способствует расширению кругозора, развитию мотивации обучения и повышению общей культуры. Структуры олимпиад позволяют охватить большое число школьников, раскрыть их потенциальные возможности и выявить, склонных к творческой деятельности [1-4]

Надеемся, что общение с химией будет увлекательным и полезным и поможет Вам убедиться, что химические знания необходимы каждому человеку.

Желаем успеха в познании химии – удивительной и красивой науки!

Содержание

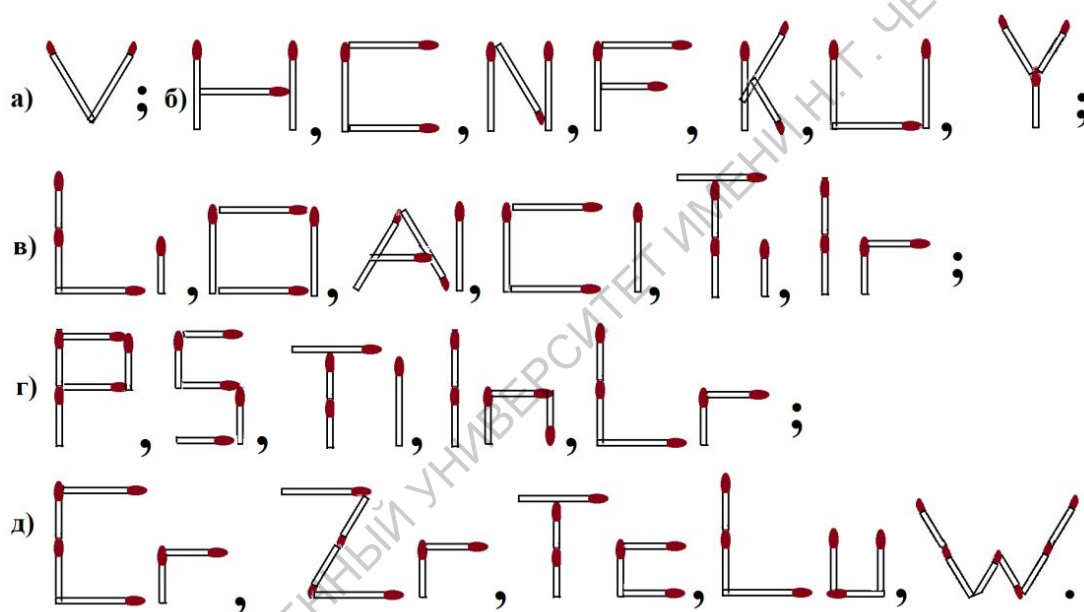
Глава 1. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 7 классов.....	5
Глава 2. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 8 классов.....	11
Глава 3. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 9 классов.....	17
Глава 4. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 10 классов.....	25
Глава 5. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 11 классов.....	34
Литература	43

Глава 1. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 7 классов

Задача 7.1

Какие символы химических элементов можно составить из: 1) двух спичек, 2) трех спичек, 3) 4 спичек, 4) пяти спичек, 5) шести спичек (спички не ломать и использовать их наименьшее количество). (8 баллов)

Решение:



а+б – (2 балла)

в – (2 балла)

г – (2 балла)

д – (2 балла)

Задача 7.2

"Из одного металла
льют медаль за бой,
медаль за труд."

А. И. Недогонов

Победа на олимпийских играх уже более ста лет является наивысшим достижением в спорте. Главным знаком отличия на олимпиаде является

медаль. На XXII Олимпийских играх в Сочи российская команда стала рекордсменкой по медалям. Она завоевала 33 медали: 13- золотых, 11 серебряных и 9 бронзовых.

Состав	Золотая (m=531г)	Серебряная (m=525г)	Бронзовая (m=460г)
Au (999пробы)	1,13%	-	-
Ag	92,5%	92,5%	-
Cu	6,16%	7,5%	97
Zn	-	-	2,5%
Sn	-	-	0,5%

Вычислите массу золота, серебра и меди, пошедшую на изготовление медалей российской команды. **(6 баллов)**

Решение:

Найдем массу **золота**, зная массу медали и массовую долю золота в каждой медали: $m(\text{в-ва Au}) = w(\text{Au}) \cdot m(\text{медали})$; $m(\text{Au}) = 0,0113 \cdot 531 = 6 \text{ г}$.
Масса золота во всех медалях составит $6 \cdot 13 = 78 \text{ г}$; **(2 балла)**

Найдем массу **серебра**, зная массу медали и массовую долю серебра в каждой медали:

в каждой *золотой* - $m(\text{Au}) = 531 \cdot 0,925 = 491,2 \text{ г}$;

во *всех золотых* $491,2 \cdot 13 = 6385,6 \text{ г}$;

в каждой *серебряной* – $525 \cdot 0,925 = 485,6 \text{ г}$;

во *всех серебряных* - $485,6 \cdot 11 = 5341,6 \text{ г}$.

Масса серебра во всех медалях (золотых и серебряных) составит $6385,6 \text{ г} + 5341,6 \text{ г} = 11727,2 \text{ г}$ или **11,727 кг**; **(2 балла)**

Найдем массу **меди**, зная массу медали и массовую долю меди в каждой медали:

в каждой *золотой* – $531 \cdot 0,0616 = 32,7 \text{ г}$;

во *всех золотых* - $32,7 \cdot 13 = 425,1 \text{ г}$;

в каждой *серебряной* – $525 \cdot 0,075 = 39,4 \text{ г}$

во всех серебряных – $39,4 \cdot 11 = 433,4$ г

в каждой бронзовой – $460 \cdot 0,97 = 446,2$ г

Во всех бронзовых – $446,2 \cdot 9 = 4015,8$ г

Масса меди во всех медалях (золотых, серебряных, бронзовых)

$$m(\text{Cu}) = 425,1 + 433,4 + 4015,8 = 4874,3 \text{ г} = \mathbf{4,874 \text{ кг.}} \quad (2 \text{ балла})$$

Задача 7.3

«Все есть лекарство и все есть яд.

Все дело в дозе»

Парацельс

Укус змеи кобры является смертельно опасным, однако змеиный яд широко используется в медицине. Известно, что в составе лекарственного препарата, содержащего яд змеи кобры, присутствуют соединения цинка. Массовая доля цинка, входящего в состав яда кобры, равна 0,5 %. Сколько атомов цинка потребуется кобре для выработки 1 капли (30 мг) своего яда?

Какое из веществ, применяемых в быту, широко использовалось в старину как лекарство от всех болезней. Его применяли от укусов змей и ос, от нарывов, бородавок и глазных болезней. Это вещество втирали с медом в кожу для уничтожения морщин. Родиной этого вещества является Мертвое море, воды которого насыщены раствором этой соли. (6 баллов)

Решение:

Массовая доля цинка, равная 0,5% , означает, что в 100 г яда содержится 0,5 г цинка. Тогда в 0,3 г (30 мг) содержится x цинка. Составим пропорцию:

$$100 \quad - \quad 0,5$$

$$0,3 \quad - \quad x$$

$$\text{Отсюда,} \quad x = 0,15 \text{ г цинка} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{Рассчитаем количество вещества цинка: } n(\text{Zn}) = m/M = 0,15 \text{ г} / 65 \text{ г/моль} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Рассчитаем число атомов цинка в образце: $N(\text{атомов}) = N_A \cdot n = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль} = 0,01389 \cdot 10^{23}$ или $1,389 \cdot 10^{18}$. (2 балла)

Хлорид натрия (NaCl, поваренная соль). Воды Мертвого моря широко используются для лечения многих заболеваний и в настоящее время.

Давно замечено, что человек, пища которого лишена соли, заболевает. Поэтому в старину соль применяли как лекарство от всех болезней. Ею лечились от укусов змей и ос, от нарывов, бородавок и глазных болезней. Соль с медом втирали в кожу для уничтожения морщин. Соль была символом благополучия и достатка. В настоящее время воды Мертвого моря, насыщенные солью, широко используются для лечения многих заболеваний. Но та же соль служила и карой. В Голландии подвергали преступников ужасному наказанию: их сажали на хлеб и воду, но совершенно не давали соли. Обреченные на бессолевую диету через несколько месяцев умирали, а их трупы мгновенно начинали разлагаться. Потребление большой дозы поваренной соли – один из способов убийства. Считается, что умереть можно, съев одновременно 500-600 г поваренной соли [5]. (1 балл)

Задача 7.4

При каком молярном соотношении хлора (Cl_2) и аргона (Ar) относительная плотность смеси по водороду равна 23,4. Один из компонентов смеси использовался в годы Первой мировой войны в качестве отравляющего вещества. Назовите это вещество и опишите физические свойства. Укажите относительную плотность этого вещества по воздуху.

(8 баллов)

Решение:

Пусть n смеси равно 1 моль, тогда

$n(\text{Cl}_2) = x \text{ моль}$, $M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$ (1 балл)

$n(\text{Ar}) = 1-x \text{ моль}$, $M(\text{Ar}) = 40 \text{ г/моль}$ (1 балл)

Относительная плотность смеси по водороду позволяет рассчитать молярную массу смеси, используя формулу $D(\text{H}_2) = M_{(\text{смеси})} / M(\text{H}_2)$ (1 балл)

$m_{\text{(смеси)}} = n(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) + n(\text{Ar}) \cdot M(\text{Ar}) = 71x + (1-x)40 = 23,4 \cdot 2 = 46,8 \text{ г.},$
 $x = 0,2$; Следовательно, количество вещества хлора: $n(\text{Cl}_2) = 0,2$ моль,
количество вещества аргона: $n(\text{Ar}) = 0,8$ моль. Соотношение по молям
компонентов смеси равно $= n(\text{Cl}_2) : n(\text{Ar}) = 1 : 4.$ **(3 балла)**

Отравляющим веществом смеси является – желто-зеленый тяжелый газ
хлор (Cl_2). Относительная плотность по воздуху $= M(\text{Cl}_2) / M_{\text{(возд)}} = 71/29 =$
 $2,45$ **(2 балла)**

Задача 7.5

Известно, что:

- вода кипит при 100°C , превращаясь в пар;
- пары воды при охлаждении превращаются в жидкость;
- спирт кипит при $78,3^\circ\text{C}$, превращаясь в пар;
- пары спирта при охлаждении превращаются в жидкость;
- плотность воды 1 г/см^3 , существуют вещества, имеющие меньшую и
большую плотность;
- вещества с плотностью, большей, чем у воды, оседают с различной
скоростью, скорость оседания зависит от размера частиц;
- масло не смешивается с водой, имеет плотность меньше 1.

Используя эту информацию, предложите способы разделения
следующих смесей:

- а) лом железный и медный;
- б) глина и песок;
- в) спирт и вода;
- г) масло и вода;
- д) соль и вода;
- е) речной песок и вода;
- ж) опилки железные и медные в воде;
- з) поваренная соль, песок, вода.

(8 баллов)

Решение:

- | | |
|---|----------|
| а) Действие магнитом | (1 балл) |
| б) Растворение в воде, сливание с осадка, фильтрование. | (1 балл) |
| в) Дистилляция | (1 балл) |
| г) Разделение с помощью делительной воронки | (1 балл) |
| д) Выпаривание | (1 балл) |
| е) Фильтрование | (1 балл) |
| ж) Фильтрование и действие магнитом | (1 балл) |
| з) Фильтрование, выпаривание. | (1 балл) |

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШОВСКОГО

Глава 2. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 8 классов

Задание 8.1

Лаборатория получила для исследования твердое вещество серебристо-белого цвета. Было установлено, что оно:

- имеет плотность $2,7 \text{ г/см}^3$;
- легко изменяет свою форму при ударе;
- не растворяется в воде, но растворяется в кислоте.

Количество атомов в образце, взятом в форме куба с длиной ребра 2 см, равно $4,8 \cdot 10^{23}$. Определите состав данного вещества (ответ подтвердите расчетами). К физическим или химическим свойствам относятся указанные в задании характеристики? Почему?

К какому классу соединений относится установленное вами вещество? Определите его положение в Периодической системе элементов. Укажите суммарное число протонов, нейтронов, электронов в составе данного элемента.

Напишите уравнение реакции взаимодействия с кислотой. Можно ли растворить установленное вещество в щелочи? **(10 баллов)**

Решение:

Объем куба с ребром 2 см равен $2^3 = 8 \text{ см}^3$

Масса кубика неизвестного вещества составит: плотность вещества (г/см^3) · объем (см^3) = $2,7 \cdot 8 = 21,6 \text{ г}$

$N(\text{Э}) = N_A \cdot n$ Отсюда, $n = N(\text{Э}) / N_A = 4,8 \cdot 10^{23} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,774 \text{ моль}(0,8)$

при этом, N_A постоянная Авогадро, равная $6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Составим пропорцию:

1 моль — x

0,8 моль — 21,6 x = 27 г/моль

В соответствии с таблицей Д.И. Менделеева это алюминий. **(3 балла)**

Металл, по удельной плотности относится к легким металлам.

Порядковый номер – 13, находится в 3 группе, 3 периода, М(Al) - 27г/моль.

Число протонов – 13; число нейтронов – $27 - 13 = 14$; число электронов – 13.

Общая сумма – 40. (3 балла)

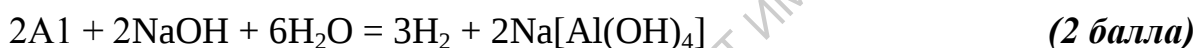
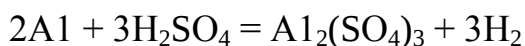
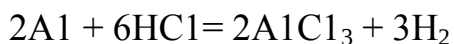
Физические свойства: плотность, агрегатное состояние, пластичность.

(1 балл)

Химические свойства: растворимость в кислоте, растворимость в воде. В воде не растворяется, т.к. поверхность металла покрыта защитной оксидной пленкой.

(1 балл)

Уравнение реакции взаимодействия с кислотой щелочью:



Задание 8.2

На одну чашку весов положили серу количеством вещества 0,5 моль, на другую - 32 г меди. Будут ли весы находиться в состоянии равновесия?

Ответ подтвердите расчетом. Определите число атомов серы в образце. Дайте определение понятия «количество вещества». (8 баллов)

Решение:

Количество вещества серы: $n(\text{S}) = 0,5$ моль, тогда масса образца серы $m(\text{S}) = n \cdot M(\text{S}) = 0,5 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 16 \text{ г}$. Масса вещества на одной чашке весов не совпадает с массой вещества на другой чашке весов. Следовательно, весы не будут находиться в равновесии. (3 балла)

Моль – количество вещества, содержащее столько же структурных единиц (атомов, молекул, ионов), сколько содержится атомов в 0,0123 кг изотопа ^{12}C . Количество вещества обозначается буквой n с указанием (в скобках) формулы того вещества, о количественном составе которого идет речь, в данном случае, $n(\text{S})$. (3 балла)

1 моль вещества содержит $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов (структурных единиц), а 0,5 моль - $3,01 \cdot 10^{23}$ атомов. (2 балла)

Задание 8.3

Относительная плотность паров цинка по водороду при 1400°C приблизительно равна 32,7. Каков состав молекул цинка в парах? Используя таблицу химических элементов Д.И. Менделеева определите порядковый номер элемента Zn, номер группы в которой находится элемент, заряд ядра атома, число протонов и нейтронов в ядре, общее число электронов и атомную массу элемента. Дайте определение понятия «относительная плотность». (10 баллов)

Решение:

$D = M_1/M_2$. Эта формула позволяет определить $M(\text{цинк}) = M(\text{H}_2) \cdot D = 2 \text{ г/моль} \cdot 32,7 = 65,4 \text{ г/моль}$. Эта величина совпадает с M_r (цинк), указанной в таблице Д.И.Менделеева. Следовательно, молекула цинка в парах одноатомна. (4 балла)

Цинк – порядковый номер 30, номер группы – 2, заряд ядра атома (+30), число протонов (30) и нейтронов (35) в ядре, общее число электронов (30) и атомную массу элемента (65) (2 балла)

Число, которое показывает, во сколько раз плотность одного газа больше плотности другого газа, называют *относительной плотностью*. Относительную плотность обозначают буквой D и находят по формуле:

$$M_1/M_2 = D \quad (4 \text{ балла})$$

Задание 8.4

Для фосфора существуют два хлорида, формулы которых PCl_3 и PCl_5 . В некоторой смеси этих хлоридов на 5 атомов фосфора приходится 17 атомов хлора. Рассчитайте массовые доли указанных хлоридов в смеси. Напишите электронную конфигурацию атома фосфора и объясните почему фосфор может проявлять валентность 3 и 5 при образовании соединений. Укажите в каком состоянии (в основном или возбужденном) находится атом фосфора в соединениях PCl_3 и PCl_5 . **(8 баллов)**

Решение:

Пусть $n(\text{PCl}_3) = x$ моль, $n(\text{PCl}_5) = y$ моль **(1 балл)**

В соответствии с условиями задачи, общее число атомов фосфора

$$N(\text{P}) = x + y = 5.$$

Общее число атомов хлора: $N(\text{Cl}) = 3x + 5y = 17$. **(1 балл)**

Решим полученную систему уравнений:

$$x + y = 5$$

$$3x + 5y = 17, \quad x = 4, \quad y = 1 \quad \textbf{(2 балла)}$$

$$\text{Тогда } m(\text{PCl}_3) = n \cdot M = 4 \cdot (31 + 3 \cdot 35,5) = 550 \text{ г}$$

$$m(\text{PCl}_5) = n \cdot M = 1 \cdot (31 + 5 \cdot 35,5) = 208,5 \text{ г} \quad \textbf{(1 балл)}$$

$$w(\text{PCl}_3) = m(\text{PCl}_3) / m(\text{смеси}) \cdot 100\% = 72,5\%$$

$$w(\text{PCl}_5) = m(\text{PCl}_5) / m(\text{смеси}) \cdot 100\% = 27,5\% \quad \textbf{(1 балл)}$$

Электронная конфигурация атома фосфора в основном состоянии – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 3d^0$ (внешний электронный слой атома фосфора содержит 5 электронов. Наличие трех неспаренных электронов на внешнем энергетическом уровне объясняет то, что в основном, невозбужденном состоянии валентность атома фосфора по обменному механизму равна 3)

В возбужденном состоянии – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^1$ (на третьем энергетическом уровне имеются вакантные ячейки d-орбиталей, поэтому при переходе в возбужденное состояние один из электронов 3s-подуровня переходит на 3d -подуровень, что приводит к образованию 5-ти неспаренных

электронов, поэтому валентность атома фосфора по обменному механизму равна 5).

В соединении PCl_3 атом фосфора находится в основном состоянии, а в соединении PCl_5 – в возбужденном. (2 балла)

Задание 8.5

В аптеках в продаже имеются водные растворы пероксида водорода, а также таблетки гидроперита.

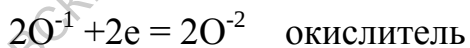
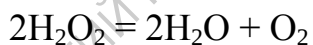
Как можно провести качественное определение этого вещества, чтобы при проведении исследования химические превращения сопровождались видимыми признаками? Где используются водные растворы пероксида водорода? (6 баллов)

Решение:

Основным компонентом аптечного препарата является пероксид водорода (часто называемый перекисью водорода), формула которого H_2O_2 . Водные растворы обычно содержат 3 или 6% этого вещества. (1 балл)

Промышленность выпускает пероксид водорода в виде водных растворов, содержащих от 30 до 90%; 30%-ный раствор с добавками стабилизаторов известен под техническим названием *пергидроль*. (2 балла)

Для качественного обнаружения можно использовать способность пероксида водорода разлагаться в присутствии *диоксида марганца*, что часто используют в школьной практике на уроках химии для получения кислорода:



Видимым признаком реакции является бурное выделение кислорода, который определяют по вспыхиванию тлеющей лучинки. (2 балла)

Окислительные свойства H_2O_2 находят широкое применение. Разбавленные водные растворы применяют в медицинской практике как наружное бактерицидное средство. Действие H_2O_2 основано на безвредности

продукта его восстановления – воды. При обработке ран выделяющийся кислород играет двойную роль: оказывает противомикробное, дезодорирующее и депигментирующее действие, убивая микробные тела; образует пену, способствуя переходу частиц тканевого распада во взвешенное состояние и очищению ран. Концентрированные растворы используют при обезвреживании сточных вод, для отбеливания масел, жиров, тканей, бумаги, меха и кожи.

(1 балл)

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Глава 3. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 9 классов

Задание 9.1

Иногда в быту и промышленности для обозначения различных веществ используют одни и те же тривиальные названия. Примером тому служит термин «сода», который применяется к различным химическим веществам.

Какие «соды» Вам известны? Запишите их формулы, химические и полные тривиальные названия.

Рассчитайте массовую долю ионов металла в каждом из них. Какая сода имеет самое высокое содержание ионов металла?

Какие еще тривиальные названия Вам известны, обозначающие разные вещества? Приведите примеры, их формулы, химические и полные тривиальные названия.

(10 баллов)

Решение:

1. Ответ на первый вопрос проще представить в виде таблицы.

Формула	Названия
NaOH	Химическое название – гидроксид натрия. Тривиальные названия – едкий натр, каустик, каустическая сода.
Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	Химическое название – декагидрат карбоната натрия. Тривиальное название – кристаллическая сода.
Na ₂ CO ₃	Химическое название – карбонат натрия. Тривиальные названия – кальцинированная (стиральная) сода.
NaHCO ₃	Химическое название – гидрокарбонат натрия. Тривиальные названия – пищевая (питьевая) сода.

Одно с вещество с названиями – 1 балл

(4 балла)

2. Рассчитаем массовые доли металла в каждом веществе, используя формулу

$$w = m / M,$$

$$M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль};$$

$$w(\text{Na}) = 23/40 = 0,575 (57,5 \text{ мас.}\%);$$

(1 балл)

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 286 \text{ г/моль};$$

$$w(\text{Na}) = 46/286 = 0,161 \text{ (16,1 мас. \%)}; \quad (1 \text{ балл})$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль};$$

$$w(\text{Na}) = 46/106 = 0,434 \text{ (43,4 мас. \%)}; \quad (1 \text{ балл})$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль};$$

$$w(\text{Na}) = 23/84 = 0,274 \text{ (27,4 мас. \%)}; \quad (1 \text{ балл})$$

Наибольшая массовая доля ионов металла в гидроксиде натрия NaOH.

3. Могут быть предложены разные варианты ответов, проверяются и оцениваются индивидуально. Возможный вариант – термин «хромпик».

Термином «хромпик» называют дихромат калия $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или, реже, дигидрат дихромата натрия $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. (2 балла)

Задание 9.2

Перед Вами в пробирке находится смесь четырех сухих веществ: карбоната кальция; хлорида аммония; хлорида бария и сульфата натрия.

Используя три химических вещества (по Вашему усмотрению) и необходимое лабораторное оборудование и посуду разделите данную смесь (в итоге Вы должны получить четыре твердых вещества).

В ответе опишите последовательность действий, оборудование и посуду необходимую для эксперимента, обоснуйте каждый свой шаг и приведите уравнения используемых химических реакций. (10 баллов)

Решение:

Задача имеет несколько способов решения.

1 способ

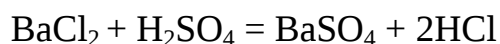
ШАГ 1: Характерной особенностью хлорида аммония является его сублимация, то есть при нагревании он испаряется, минуя жидкое состояние. Это обстоятельство можно использовать для его выделения из смеси. Поместим смесь в термостойкий химический стакан, сверху стакан закроем часовым стеклом и нагреем на спиртовке или на электрической плитке:



В результате на часовом стекле образуются кристаллы хлорида аммония.

Для лучшей кристаллизации соли в углубление часового стекла можно добавить холодной воды. **(3 балла)**

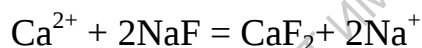
ШАГ 2: Оставшуюся смесь после возгонки продолжаем нагревать в фарфоровом тигле до полного разложения CaCO_3 ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$), затем смесь охлаждаем, обрабатываем разбавленной H_2SO_4 :



И при этом выпадает осадок BaSO_4 . Образование CaSO_4 не происходит, т.к. для его осаждения необходима концентрированная H_2SO_4 , осадок отфильтровываем. В фильтрате присутствует смесь ионов Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} .

(3 балла)

ШАГ 3: Фильтрат обрабатываем раствором NaF :



в осадок выпадает CaF_2 . Осадок отделяем фильтрованием. Фильтрат выпариваем, получаем Na_2SO_4 . **(4 балла)**

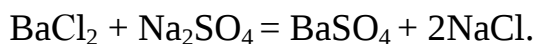
2 способ

ШАГ 1: Характерной особенностью хлорида аммония является его сублимация, то есть при нагревании он испаряется, минуя жидкое состояние. Это обстоятельство можно использовать для его выделения из смеси. Поместим смесь в термостойкий химический стакан, сверху стакан закроем часовым стеклом и нагреем на спиртовке или на электрической плитке:



В результате на часовом стекле образуются кристаллы хлорида аммония. Для лучшей кристаллизации соли в углубление часового стекла можно добавить холодной воды. **(3 балла)**

ШАГ 2: Поэтому, смесь после шага 1 поместим в химический стакан и добавим дистиллированной воды, при перемешивании растворим соли. Нерастворившийся осадок представляет собой смесь CaCO_3 и BaSO_4 , т.к. в растворе хлорид бария и сульфат натрия взаимодействуют с образованием сульфата бария:



Карбонат кальция в воде не растворяется. В фильтрате остается NaCl. При выпаривании получаем кристаллический хлорид натрия.

(3 балла)

ШАГ 3: Обрабатываем смесь осадков раствором HCl, карбонат кальция растворяется:



осадок BaSO₄ в кислоте не растворяется. Осадок отделяет фильтрованием и высушиваем на воздухе. Фильтрат содержит – Ca²⁺, Cl⁻.

(3 балла)

ШАГ 4: Фильтрат обрабатываем раствором Na₂CO₃, образуется осадок CaCO₃ (CaCl₂ + Na₂CO₃ = CaCO₃ + 2NaCl), который отделяем фильтрованием. В растворе остается хлорид натрия - NaCl.

Для проведения процесса фильтрования требуется воронка (или воронка Бунзена), фильтровальная бумага, стакан или колба для сбора фильтрата.

(1 балл)

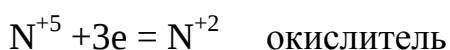
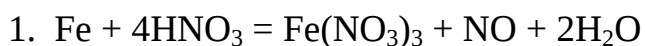
Задание 9.3

Предложите не менее 8 уравнений химических реакций, с помощью которых можно получить нитрат железа (III). При составлении уравнений реакций для окислительно-восстановительных реакций (ОВР), используйте метод электронного баланса, а для реакций кислотно-основного типа – ионные уравнения реакций.

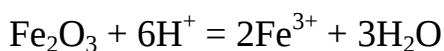
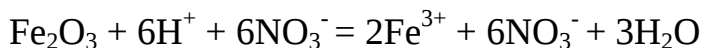
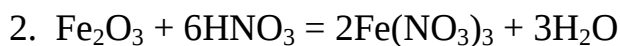
Дайте определение понятия «окислитель» и восстановитель»; процесс восстановления и процесс окисления. Как меняется степень окисления при восстановлении и при окислении?

(18 баллов)

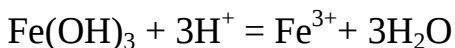
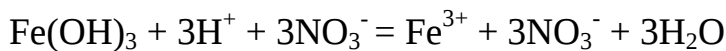
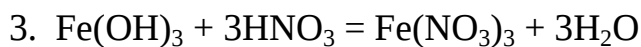
Решение:



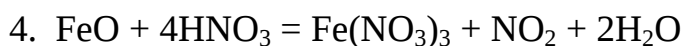
(1 балл)



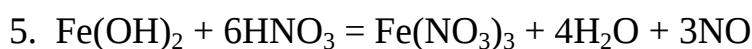
(1 балл)



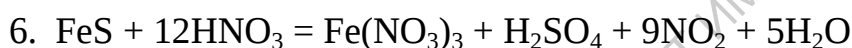
(1 балл)



(1 балл)



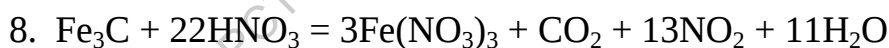
(1 балл)



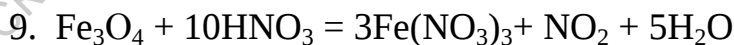
(2 балла)



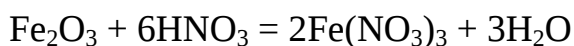
(2 балла)



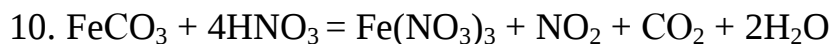
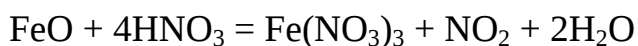
(3 балла)



При этом одновременно происходят процессы:



(2 балла)



(2 балла)

Окислитель – частица (атом, молекула, ион), которая присоединяет электроны; при этом степень окисления уменьшается. Процесс присоединения электронов называется восстановлением. (1 балл)

Восстановитель – частица (атом, молекула, иона), отдающая электроны. Процесс отдачи электронов – окисление, при этом степень окисления увеличивается. (1 балл)

Задание 9.4

Водный раствор сульфата натрия массой 200 г с массовой долей растворенного вещества 10% подвергли электролизу с использованием инертных электродов. Объем бесцветного газа, собранного на аноде, составил 33,6 л (при н.у.). Рассчитайте массовую долю сульфата натрия в растворе после проведения электролиза.

Составьте уравнения катодных и анодных процессов, протекающих на электродах под воздействием электрического тока.

Напишите молекулярно-ионное и молекулярное уравнения электролиза.

(7 баллов)

Решение:

В водном растворе сульфата натрия происходит процесс диссоциации:



Катод (-) $\text{Na}^+, \text{H}_2\text{O}$

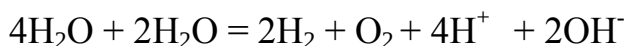
Анод (+) $\text{SO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{O}$

(1 балл)

Катионы и анионы, образующие соль, не могут принимать участия в процессе электролиза, поэтому на катоде и аноде принимает участие вода:

Катод (-) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ восстановление 2

Анод (+) $2\text{H}_2\text{O} - 4\text{e} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ окисление 1



Или



Количество вещества газа O_2 : $n = V/V_M = 33,6 / 22,4 = 1,5$ моль (1 балл)

Количество воды, израсходованной в процессе электролиза – 3 моль. Масса воды – $n M_{(H_2O)} = 3 \cdot 18 = 54$ (г) **(1 балл)**

Следовательно, масса раствора уменьшается на 54 г за счет удаления газообразных продуктов электролиза и составляет после процесса электролиза $200 - 54 = 146$ г. **(1 балл)**

Масса растворенного сульфата натрия в растворе до электролиза и после электролиза остается неизменной и составляет 20 г ($0,1 \cdot 200$). **(1 балл)**

Таким образом, массовая доля сульфата натрия после проведения электролиза $= 20 / 146 = 0,137$ (13,7%) **(1 балл)**

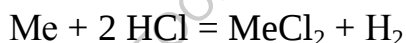
Задание 9.5

При взаимодействии некоторого двухвалентного металла массой 0,7 г с разбавленным раствором соляной или серной кислоты выделяется водород, объем которого при н.у. составил 280 мл. Назовите неизвестный металл. Определите газ и его объем (н.у) при растворении такой же массы металла в концентрированной серной кислоте. Предложите качественные реакции для обнаружения катионов неизвестного металла в полученных растворах.

(10 баллов)

Решение:

Запишем уравнения реакций взаимодействия металла с кислотами:



Рассчитаем количество вещества водорода, выделяющегося в ходе реакции:

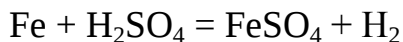
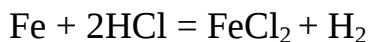
$$n(H_2) = V(H_2) / V_m(H_2) = 0,28 / 22,4 = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$
 (1 балл)

Количество вещества металла равно количеству вещества водорода в соответствии с уравнением реакции:

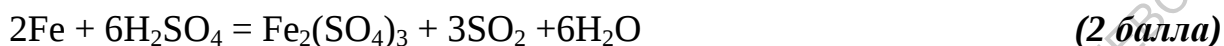
$$n(Me) = n(H_2) = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

Тогда $M(Me) = m(Me) / n(Me) = 0,7 / 1,25 \cdot 10^{-2} = 56$ г/моль, используя таблицу Д.И.Менделеева, неизвестный металл – Fe (железо). **(1 балл)**

Запишем уравнения реакций взаимодействия железа с кислотами:



Концентрированная кислота взаимодействует с металлами без выделения водорода, окислителем является сульфат-ион, растворение железа возможно только при нагревании (на холоду пассивация):

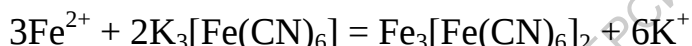


$$n(\text{Me}) = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$n(\text{SO}_2) = 1,5 n(\text{Me}) = 1,875 \text{ моль}$$

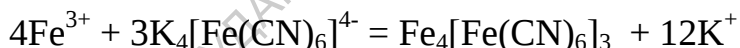
$$V(\text{SO}_2) = n(\text{SO}_2) \cdot V_m = 0,42 \text{ л.} \quad (2 \text{ балла})$$

Если в растворе присутствует катионы Fe^{2+} , то качественной реакцией для обнаружения является взаимодействие с *красной кровяной солью* $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с образованием «турнбулевой сини»:



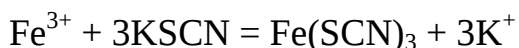
в зависимости от соотношения реагирующих компонентов.

Если в растворе присутствует катионы Fe^{3+} , качественной реакцией для обнаружения является взаимодействие с *желтой кровяной солью* $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ с образованием «берлинской лазури»:



в зависимости от соотношения реагирующих компонентов. Приведенные реакции являются очень чувствительными и селективными, катионы Fe^{2+} и Fe^{3+} не мешают друг другу при совместном определении.

Для обнаружения Fe^{3+} используют также реакцию с роданид-ионами:



с образованием раствора кирпично-красного цвета, вызванного наличием в растворе $\text{Fe}(\text{SCN})_3$, не являющегося электролитом, более правильная формула которого записывается $[\text{Fe}(\text{SCN})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$. (3 балла)

Глава 4. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 10 классов

Задание 10.1

Исследуя бесцветный, кристаллический, рассыпчатый порошок, использовали три порции порошка по 5.00 г. Первую порцию порошка растворили в 50 мл воды без нагревания, разделили полученный прозрачный, бесцветный раствор на две пробирки. К первой прилили индикатор фенолфталеин и раствор стал малинового цвета. Ко второй – раствор серной кислоты, – наблюдалось бурное выделение бесцветного газ «А» без запаха.

На вторую порцию сухого порошка массой 5.00 г подействовали избытком 20%-ого раствора серной кислоты и получили 713 мл (объем газа измерен при н.у.) газа «А». Зажженная лучинка гаснет в этом газе, при его пропускании в известковую воду она мутнела.

В оставшемся при растворении первой порции порошка растворе начались изменения – на стенках химического стакана появились пузырьки газа. При нагревании из раствора стал интенсивно выделяться бесцветный газ «В» без запаха. Тлеющая лучинка, внесенная в стакан, вспыхивает.

При нагревании третьей порции сухого порошка получен бесцветный газ «С» объемом 538 мл (объем газа измерен при н.у.), без запаха, в котором ярко вспыхивает тлеющая лучинка. При пропускании полученного газа в известковую воду, она не мутнела. На стенках пробирки после нагревания порошка образовалось значительное количество капель бесцветной жидкости, а в пробирке остался бесцветный порошок. После высушивания масса этого порошка составила 3.38 г.

Пламя горелки окрасилось в желтый цвет при внесении в него крупинки исходного вещества.

Определите количественный и качественный состав исследуемого вещества, запишите уравнения реакций, произведите расчеты, объясните наблюдаемые явления.

(18 баллов)

Решение:

Определение качественного состава вещества

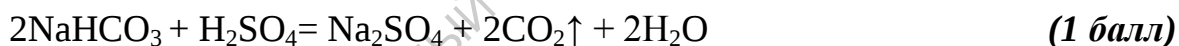
Желтая окраска пламени позволяет сделать предположение, что неизвестный порошок содержит соединения Na. (1 балл)

Вероятно, вещество в водном растворе подвергается гидролизу, приводящему к щелочной реакции среды и изменению цвета индикатора – фенолфталеина.

Второй подсказкой является - выделение под действием H_2SO_4 бесцветного газа, не поддерживающего горения и вызывающего помутнение известковой воды. Газ «А» – углекислый газ. На основании этого запишем уравнения реакций, предполагая, что исходное вещество – Na_2CO_3 или NaHCO_3 .



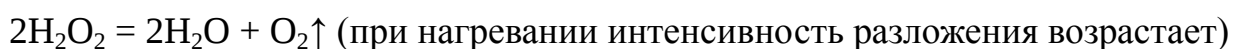
Реакция взаимодействия раствора вещества с раствором серной кислоты:



Третьей подсказкой является выделение бесцветного газа, который поддерживает горение. Вспыхивание тлеющей лучинки является качественной реакцией определения O_2 . Выделяется газ «В», поддерживающий горение, это кислород. Это дает основание предположить, что исходный порошок содержал в своем составе пероксид натрия или пероксид водорода.



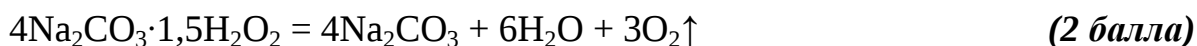
Таким образом, можно предложить реакцию постепенного разложения пероксида водорода в растворе:



Газ «С» то же является кислородом. (1 балл)

Таким образом, качественный состав вещества определен.

Термическое разложение неизвестного исходного порошка (при $t > 140^{\circ}\text{C}$), можно представить следующим образом:



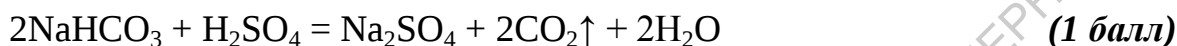
Определение количественного состава вещества.

1. Количество вещества углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = 0,713 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,032 \text{ моль}$$

$$M(\text{NaHCO}_3) = 84 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$$



Масса гидрокарбоната натрия 2,69 г по объему углекислого газа.



Масса карбоната натрия 3,38 г по объему углекислого газа.

Масса пероксида водорода по объему кислорода:

Количество вещества кислорода:



$$n(\text{O}_2) = 0,538 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,024 \text{ моль}, \quad n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,048 \text{ моль}, \quad \text{масса пероксида водорода } 1,62 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

Масса исходного вещества составляла 5 г, т.е. это соответствует массам карбоната натрия и пероксида водорода $1,62 + 3,38 = 5,00 \text{ г}$. Кроме того, масса сухого остатка после прокаливания (3,38 г) подтверждает, что в веществе содержится карбонат натрия, в то время как гидрокарбонат натрия так же начал бы разлагаться и масса остатка была бы меньше.

Находим количества вещества карбоната натрия и пероксида водорода по уравнениям реакций:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,048 \text{ моль}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,032 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Находим количественный состав:

$$n(\text{H}_2\text{O}_2) / n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,048 / 0,032 = 1,5 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Название вещества – натрия пероксокарбонат ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}_2$).

Тривиальные названия – гидропероксосолеват карбоната натрия,

коммерческое название – «персоль». Вещество используется в быту как отбеливатель тканей. (2 балла)

Задание 10.2

Через раствор, полученный смешением растворов, содержащих 0,072 моль хлорида алюминия и 0,288 моль гидроксида натрия, пропустили 1,12 л смеси (н.у.) бромоводорода с водородом (относительная плотность по гелию 4,45). Найдите массу образовавшегося осадка. (8 баллов)

Решение:

Запишем уравнение реакции взаимодействия хлорида алюминия с гидроксидом натрия:



Такой процесс будет протекать, если количество вещества AlCl_3 : количество вещества $\text{NaOH} = 1:3$ в соответствии с уравнением реакции.

Если в реакцию вступает избыток щелочи, то возможен процесс:



Найдем соотношение количеств веществ, вступающих в реакцию, $0,288 / 0,072 = 4$. Следовательно, весь хлорид алюминия превратился в комплексное соединение, количество вещества которого равно 0,072 моль.

При пропускании через полученный раствор смеси бромоводорода и водорода возможно протекание процесса:



$D = M(\text{смеси}) / M(\text{гелия})$. Отсюда, $M(\text{смеси}) = M(\text{гелия}) \cdot D = 4 \cdot 4,45 = 17,8$ г/моль. (1 балл)

Пусть количество вещества смеси равно 1 моль. Тогда количество вещества бромоводорода:

$n(\text{HBr}) - x$ моль;

количество вещества водорода: $n(\text{H}_2) = (1-x)$ моль.

Составим уравнение:

$$17,8 = 81x + 2(1-x).$$

$$17,8 = 81x + 2 - 2x. \quad 15,8 = 79x \quad x = 0,2(\text{моль}) \quad (1 \text{ балл})$$

В реакцию вступает 1,12 л смеси; количество вещества смеси: $n = 1,12 / 22,4 = 0,05$ моль

тогда 1 моль смеси – 0,2

$$0,05 - x; \quad x = 0,01 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

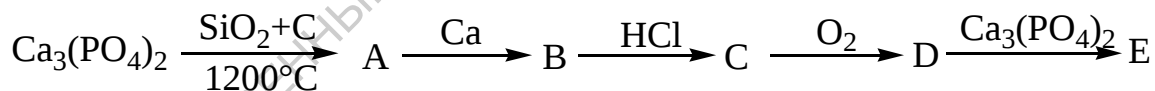
Следовательно, количество вещества бромоводорода $n(\text{HBr})$, вступившего в реакцию с гидроксидом алюминия равно 0,01 моль. Бромоводород находится в недостатке, расчет по недостатку, количество вещества гидроксида алюминия, n образовавшегося в ходе реакции равно 0,01 моль.

$$\text{Масса осадка гидроксида алюминия} = n M = 0,01(27 + 51) = 0,78 \text{ г.}$$

(1 балл)

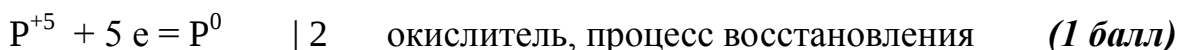
Задание 10.3

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить цепочку превращений:

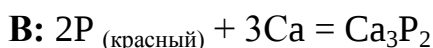


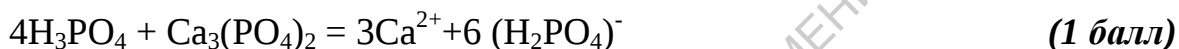
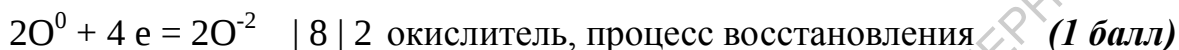
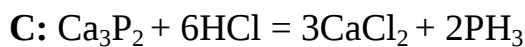
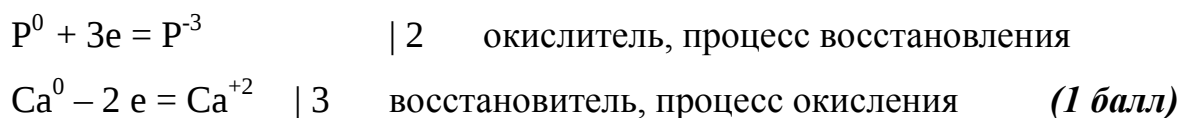
Уравнения реакции получения веществ **A**, **B** и **D** написать, используя метод электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель. Для получения веществ **C** и **E** составьте уравнения реакции в молекулярном и ионном виде. (5 баллов)

Решение:



Получение фосфора в промышленности основано на указанном процессе. Оксид кремния добавляют для связывания кальция.





Данный процесс используется в производстве фосфорных удобрений. Кислые соли обладают большей растворимостью по сравнению со средними солями и легко усваиваются растениями при подкормке.

Задание 10.4

К 4 л смеси метана и этина прибавили 6 л водорода и полученную смесь пропустили над платиновым катализатором. После окончания реакции объем уменьшился до 8 л. Определите объемные доли этина и метана в исходной смеси.

Какие еще химические свойства характерны для этина? Напишите соответствующие реакции. Как можно получить этин из метана. (10 баллов)

Решение:

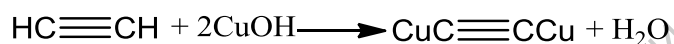
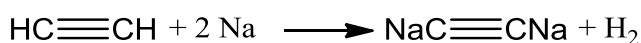
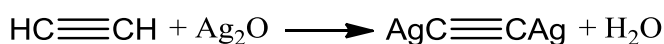
Смесь до реакции присоединения водорода состояла из 4л ($\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_2$) и 6 л H_2 . Суммарный объем = 10 л. Уменьшение объема смеси после реакции обусловлено присоединением водорода к этину:



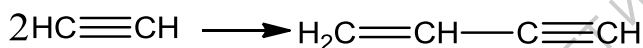
Следовательно, объем водорода, принимающий участие в процессе присоединения равен $10 - 8 = 2$ л. (1 балл)

Тогда, в соответствии с уравнением реакции, объем этина, вступивший в реакцию равен 1 л. Из этого следует, что объем метана в исходной смеси равен 3 л. Объемная доля каждого газа рассчитывается как отношение объема каждого газа к объему исходной смеси: объемная доля $C_2H_2 = \frac{1}{4} = 0,25$ (25%); объемная доля $CH_4 = \frac{3}{4} = 0,75$ (75%). (2 балла)

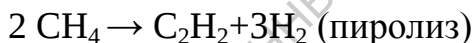
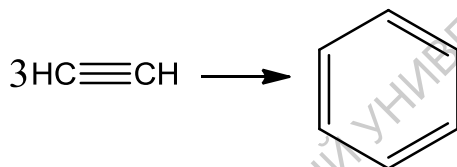
Для этина характерно проявление кислотных свойств (атом водорода при углероде с тройной связью способен замещаться на металл»). При этом образуются металлические производные ацетилена – ацетилениды:



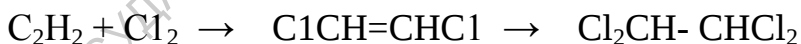
Реакция димеризации с образованием винилацетилена:



Реакция тримеризации с образованием бензола:



Реакция галогенирования - вначале образуется дигалогенпроизводное, а затем тетрагалогенпроизводное:



Реакция с бромной водой является качественной реакцией для алкинов.

Реакция гидрогалогенирования - вначале образуется хлорэтен (винилхлорид), а затем 1,1 – дихлорэтан:



Вторая молекула галогеноводорода присоединяется в соответствии с правилом Марковникова.

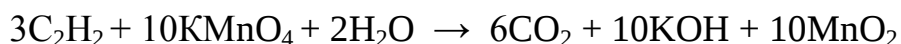
Реакция Кучерова - образование уксусного альдегида через стадию промежуточного неустойчивого соединения винилового спирта



Ацетилен легко окисляется. Происходит разрыв молекулы по месту тройной связи. Если использовать перманганат калия, то реакция окисления сопровождается обесцвечиванием раствора перманганата калия:



Продуктом неполного окисления ацетилена является щавелевая кислота (простейшая двухосновная карбоновая кислота).

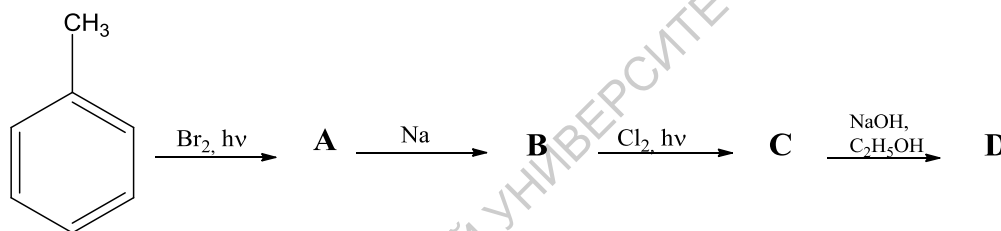


При полном окислении образуется диоксид углерода.

За реакции, характеризующие свойства ацетилена – **6 баллов**

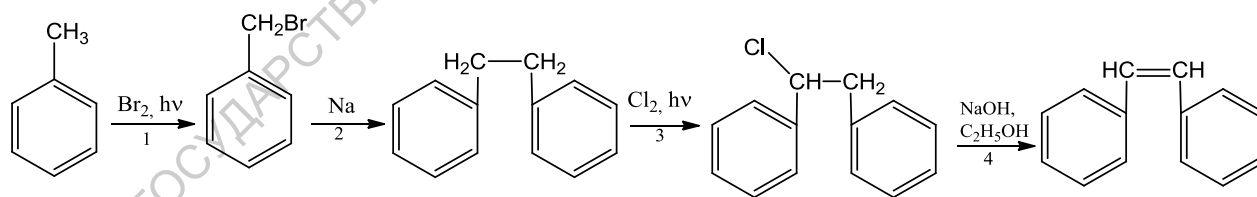
Задание 10.5

Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

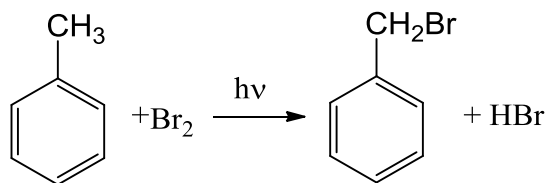


(7 баллов)

Решение:

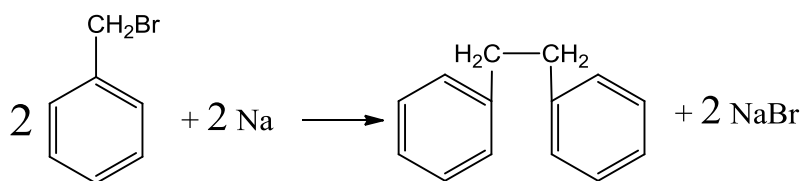


1.

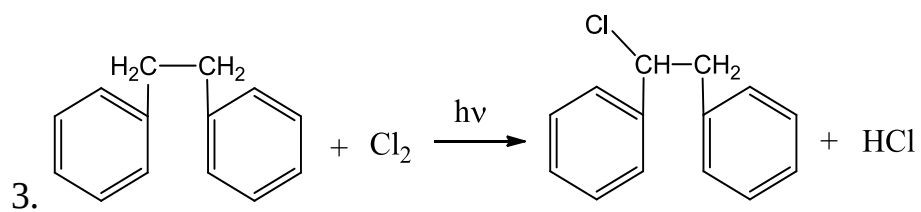


(1 балл)

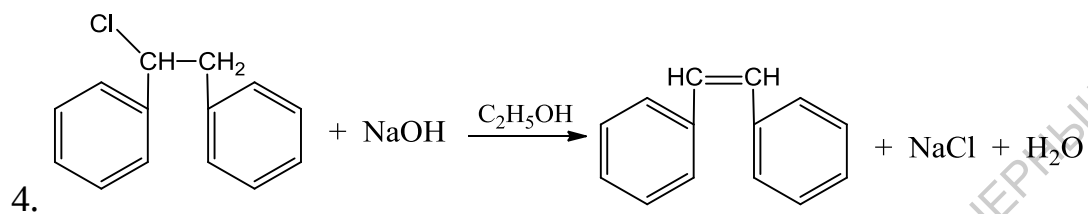
2.



(2 балла)



(2 балла)



(2 балла)

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Глава 5. Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников для учащихся 11 классов

Задание 11.1

На полке в лаборатории обнаружили две склянки со стертыми этикетками, в которых находились порошки черного цвета. При растворении одного из них в концентрированной соляной кислоте образовался желто-зеленый раствор (А), который при разбавлении водой стал голубым (Б). При взаимодействии с концентрированной соляной кислотой другого порошка был получен синий раствор (В), который при разбавлении водой стал розовым (Г).

Предложите обоснованный ответ, какие вещества могли находиться в склянках.

Напишите уравнения реакций взаимодействия исходных веществ с концентрированной соляной кислотой и уравнения реакций при разбавлении водой полученных растворов.

Объясните причину изменения окраски соответствующих растворов.

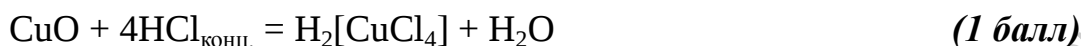
Составьте названия продуктов реакций. (17 баллов)

Решение:

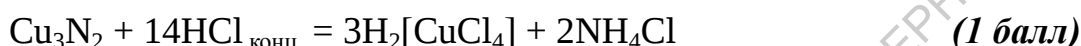
1. Окраска разбавленного водного раствора обусловлена гидратированными ионами металлов. Голубой цвет раствору придают акватированные ионы меди (II) ($[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$), а розовый – акватированные ионы кобальта (II) ($[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$). В концентрированной соляной кислоте катионы многих металлов образуют устойчивые хлоридные комплексы, окраска которых отличается от окраски аквакатионов. Так, хлоридные комплексы меди (например, $[\text{CuCl}_4]^{2-}$) имеют желто-зеленую окраску, а аналогичные комплексы кобальта (например, $[\text{CoCl}_4]^{2-}$) – синюю. При разбавлении водой комплексы разрушаются. В банках могли находиться какие-либо бинарные соединения меди (II) и кобальта, растворимые в кислотах. Например, оксид

меди (II) CuO , нитрид меди (II) Cu_3N_2 , оксиды кобальта CoO и Co_3O_4 . Все они имеют черную окраску. (2 балла)

2. При действии концентрированной соляной кислоты указанные вещества взаимодействуют в соответствии со следующими уравнениями химических реакций:

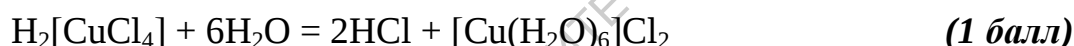


признак химической реакции: растворение осадка черного цвета и образование желто-зеленого раствора



признак химической реакции: растворение осадка черного цвета и образование желто-зеленого раствора

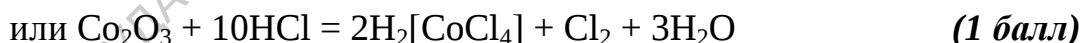
При разбавлении водой:



признак химической реакции: изменение окраски раствора от желто-зеленой на голубую

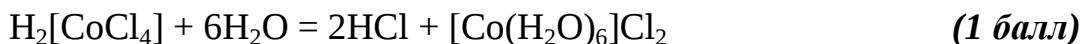


признак химической реакции: растворение осадка черного цвета и образование синего раствора



признак химической реакции: растворение осадка черного цвета и образование синего раствора

При разбавлении водой:



признак химической реакции: изменение синей окраски раствора на розовую.

3. Сравнивая формулы полученных соединений $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]$ и $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$, следует отметить различную природу лигандов и разное координационные числа атома комплексообразователя Cu^{2+}

$\text{H}_2[\text{CuCl}_4]=2\text{H}^+ + [\text{CuCl}_4]^{2-}$; лиганд Cl^- , анионный комплекс, тетраэдрическое строение (к.ч. = 4) **(1 балл)**

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2=2\text{Cl}^- + [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$; лиганд - H_2O , катионный комплекс, октаэдрическое строение (к.ч. = 6) **(1 балл)**

Сравнивая формулы соединений $\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$ и $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$, можно отметить различную природу лигандов и разное координационные числа атома комплексообразователя Co^{2+}

$\text{H}_2[\text{CoCl}_4]=2\text{H}^+ + [\text{CoCl}_4]^{2-}$; лиганд Cl^- , анионный комплекс, тетраэдрическое строение (к.ч. = 4) **(1 балл)**

$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2=2\text{Cl}^- + [\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$; лиганд - H_2O , катионный комплекс, октаэдрическое строение (к.ч. = 6) **(1 балл)**

Таким образом, на окраску комплексных соединений влияет как природа металла-комплексообразователя, так и природа лиганда.

4. $\text{H}_2[\text{CuCl}_4]$ - тетрахлорокупрат (II) водорода **(1 балл)**

$[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ - хлорид гексааквамеди (II) **(1 балл)**

$\text{H}_2[\text{CoCl}_4]$ - тетрахлорокобальтат (II) водорода **(1 балл)**

$[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_2$ – хлорид гексааквакобальта (II) **(1 балл)**

Задание 11.2

Какой объем 25%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho=1,27$ г/мл) потребуется для гидролиза 200 г этилацетата, изопропилформиата, метилпропионата.

К какому классу соединений относятся указанные в условии задачи органические вещества? Где используется данный класс соединений в пищевой промышленности?

Для получения мыла используется щелочной гидролиз. Объясните чем обусловлено моющее действие мыла. Составьте уравнение реакции.

(17 баллов)

Решение:

1. Составим формулы указанных органических веществ:

Этилацетат $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ – этиловый эфир уксусной кислоты (1 балл)

Изопропилформиат $\text{HCOOCH}(\text{CH}_3)_2$ – изопропиловый эфир муравьиной кислоты (1 балл)

Метилпропионата $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOCH}_3$ – метиловый эфир пропионовой кислоты (1 балл)

2. Запишем уравнение щелочного гидролиза:



Общее количество вещества эфиров, вступивших в реакцию гидролиза равно: $n(\text{эфиров}) = m/M = 200/88 = 2,27$ моль (1 балл)

Общее количество вещества щелочи, израсходованной на процесс гидролиза равно количеству вещества эфиров:

$n(\text{NaOH}) = 2,27$ моль (1 балл)

Тогда масса вещества NaOH равна:

$$m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH}) = n \cdot M = 2,27 \cdot 40 = 90,80 \text{ г.} \quad (1 \text{ балл})$$

Масса раствора NaOH равна:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH}) = m_{\text{в-ва}}(\text{NaOH})/\omega = 90,80/0,25 = 363,20 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Объем раствора NaOH находим по формуле:

$$m_{\text{р-ра}}(\text{NaOH})/\rho = 363,20/1,27 = 285,98 \text{ мл} \quad (1 \text{ балл})$$

3. Указанные в условии задачи органические соединения относятся к классу сложных эфиров и являются изомерами с общей формулой $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$. (2 балла). В пищевой и парфюмерной промышленности используются в качестве ароматизаторов. За расширенный ответ с указанием формул и тривиальных названий эфиров - (2 балла)

4. Мыло получают при щелочном гидролизе сложных эфиров, образованных многоатомным спиртом глицерином и высшими карбоновыми кислотами. Продуктом реакции являются соли щелочных металлов высших

карбоновых кислот, которые подвергаются гидролизу по катиону, образуя щелочную среду раствора. Моющее действие этих солей обусловлено наличием гидрофобной и гидрофильной частей молекулы, благодаря которым происходит связывание различных водо- и жирорастворимых загрязнителей.

(2 балла)

Задание 11.3

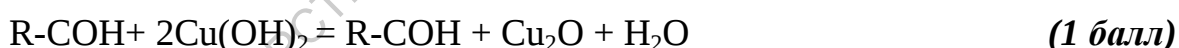
Неизвестный альдегид (*обладающий запахом миндаля*) массой 3,18 г нагрели с продуктом взаимодействия раствора щелочи и 11,2 г сульфата меди (II). Образовавшийся осадок отфильтровали и нагрели при 150°C, масса осадка составила 5,12 г. Предложите возможную структурную формулу альдегида.

Предложите известные Вам качественные реакции на альдегидную группу. Запишите уравнения реакции с использованием метода электронного баланса.

(10 баллов)

Решение:

1. Запишем уравнения реакций



Для полного окисления альдегида необходим избыток гидроксида меди (II). Найдем количество вещества сульфата меди, взятого для реакции:

$$n(\text{CuSO}_4) = 11,2 \text{ г} / 160 \text{ г/моль} = 0,07 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Тогда количество вещества гидроксида меди (II), взятого для окисления альдегида, равно: $n(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 0,07 \text{ моль}$

(1 балл)

Пусть количество вещества прореагировавшего гидроксида меди (II) равно $x \text{ моль}$, оставшегося – $(0,07 - x) \text{ моль}$, а количество вещества оксида меди (I), образовавшегося в ходе реакции – $n(\text{Cu}_2\text{O}) = x/2 \text{ моль}$.

Тогда масса оксида меди (I): $m(\text{Cu}_2\text{O}) = M \cdot n = 144 \cdot x/2 \text{ г}$,

а масса оксида меди (II) $m(\text{CuO}) = n \cdot M = (0,07-x) \cdot 80$ г, а в сумме масса осадка равна 5,12 г. (1 балл)

Тогда количество вещества гидроксида меди (II) можно определить, используя пропорцию:

$$144 \cdot x/2 + (0,07-x) \cdot 80 = 5,12$$

$$72x + 5,6 - 80x = 5,12$$

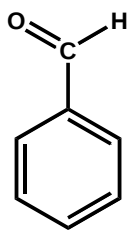
$$-8x = -0,48$$

$$x = 0,06 \text{ моль}$$

(1 балл)

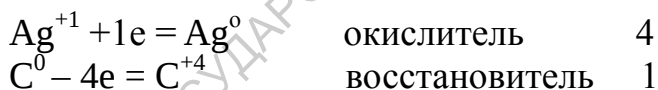
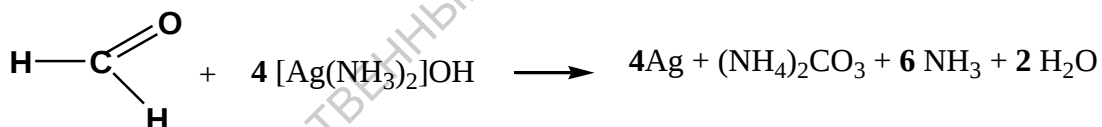
Количество вещества прореагировавшего гидроксида меди (II) равно 0,06 моль. Тогда количество вещества альдегида равно 0,03 моль, а молярная масса равна 106 г/моль.

Запах миндаля характерен для бензальдегида – $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$ (0,5 балла)

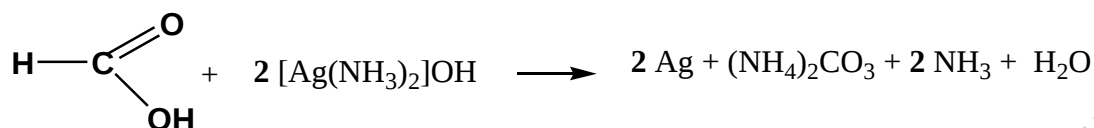
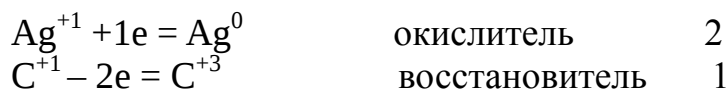
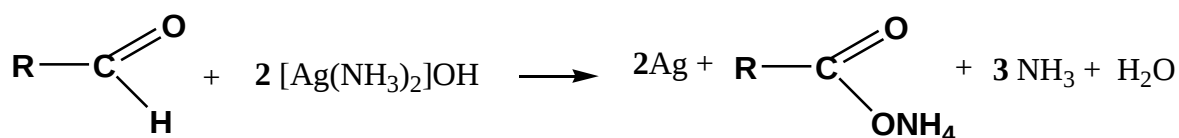


(0,5 балла)

2. За каждую реакцию дополнительно по 1 баллу



Образование муравьиной (метановой) кислоты не происходит, т.к. это единственная карбоновая кислота, которая имеет в своем составе альдегидную группу и происходит окисление до диоксида углерода и воды. Среда раствора основная за счет выделения аммиака, поэтому продуктом реакции является карбонат аммония, образующийся при взаимодействии диоксида углерода и аммиака.



Задание 11.4

Рассчитайте pH водного раствора циановодородной кислоты HCN, с концентрацией 0,2 моль/л, если степень диссоциации кислоты (α) равна 0,1%.

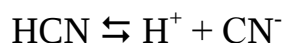
Дайте определение понятия «электролитическая диссоциация», «сильный и слабый электролит», «степень диссоциации».

Чем обусловлена электропроводность раствора?

В каком состоянии находится растворенное вещество в растворе слабого и сильного электролита? **(7 баллов)**

Решение:

1. Запишем уравнение диссоциации слабой одноосновной кислоты:



Исходя из понятия степени диссоциации кислоты можно записать:

$$[\text{H}^+] = \alpha \cdot c_{\text{HCN}} = 0,001 \cdot 0,2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ (моль/л)}. \quad (2 \text{ балла})$$

$$\text{Тогда } \text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 2 \cdot 10^{-4} = 4 - \lg 2 = 4 - 0,15 = 3,85. \quad (2 \text{ балла})$$

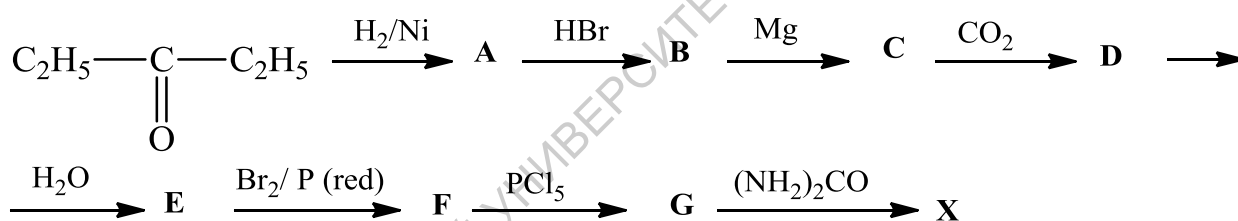
2. Электролитическая диссоциация – самопроизвольный процесс распада молекул растворенного вещества на ионы под воздействием полярных молекул воды. Электропроводность обусловлена наличием в растворе

заряженных частиц – ионов. Слабый электролит: диссоциация - обратимый процесс, сильный электролит – диссоциация практически необратима. В слабом электролите растворенное вещество находится преимущественно в виде нейтральных молекул и только незначительная часть вещества в виде ионов. В сильном электролите – растворенное вещество находится преимущественно в виде ионов. Степень диссоциации показывает отношение числа молекул, распавшихся на ионы к общему числу молекул растворенного вещества; является количественной характеристикой процесса диссоциации.

(3 балла)

Задание 11.5

Вещество **X** является действующим началом лекарственного препарата «Адалин» (карбромал). Представлена схема его получения из пентанона-3:



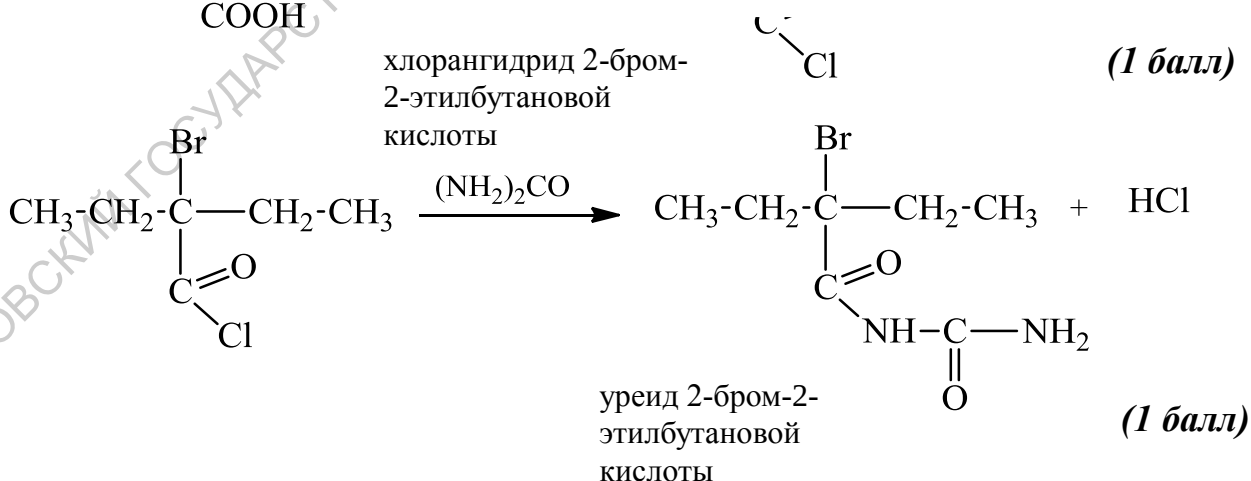
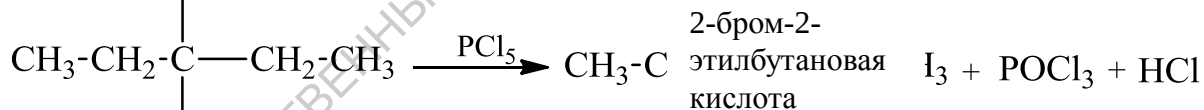
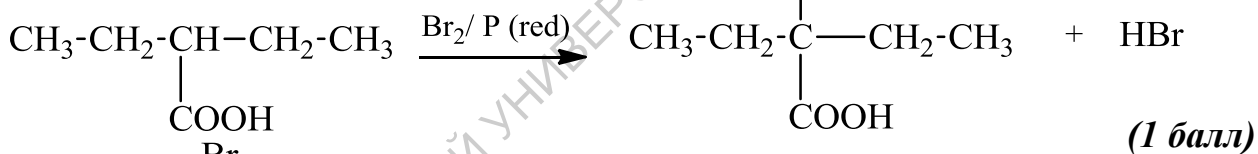
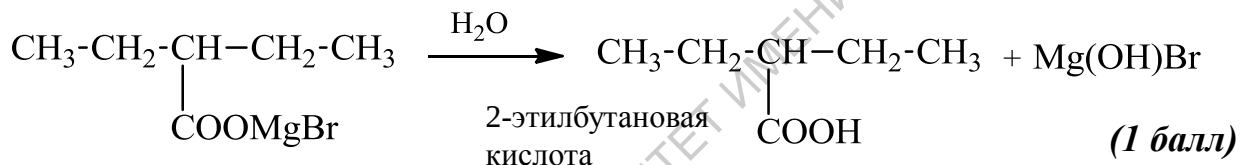
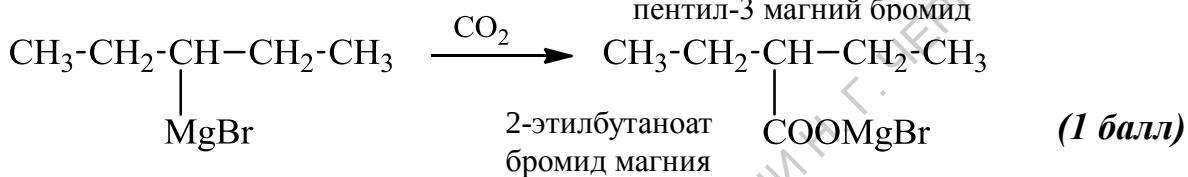
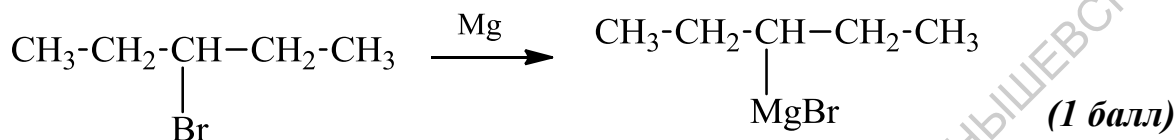
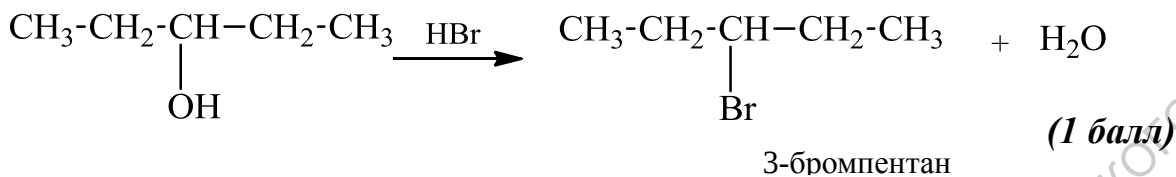
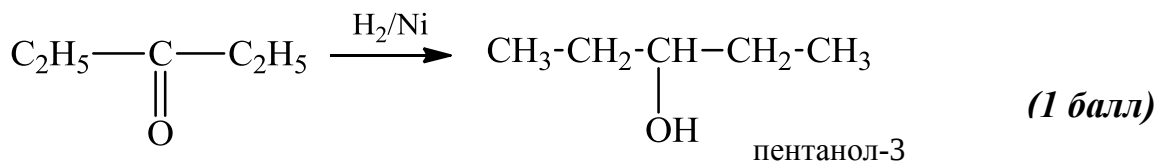
Напишите уравнения химических реакций и назовите органические продукты реакции.

(16 баллов)

Решение:

За каждое правильное название органического соединения **1 балл**.

(Максимальная сумма 8 баллов)



Литература

1. Лунин В.В. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 1/ В.В. Лунин, О.В. Архангельская, И.А. Тюльков – М.: Просвещение, 2010 – с 191 с.
2. Лунин В.В. Химия. Всероссийские олимпиады. Вып. 2/ В.В. Лунин, О.В. Архангельская, И.А. Тюльков – М.: Просвещение, 2012 – с 144 с.
3. Тюльков И.А., Емельянов В.А., Архангельская О.В., Долженко В.Д., Лунин В.В. Методические рекомендации по проведению школьного и муниципального этапов Всероссийской олимпиады школьников по химии в 2015/2015 учебном году. М. 2015
4. Кожина Л.Ф., Черкасов Д.Г., Штремплер Г.И., Крылатова Я.Г., Косырева И.В., Аниськов А.А. Учимся учиться Задачи с решениями муниципального этапа олимпиады школьников по химии 2014 года)» Учебно-методическое пособие, 2015. Электронный ресурс, 54 с. http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/1226.pdf
5. О химии и химиках и в шутку и всерьез / М.Г.Воронков, А.Ю. Рулев. – М.: Мнемозина, 2011. – 319 с.