

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 7–8 классов

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1





Условие:

В серии рассказов о Шерлоке Холмсе и докторе Ватсоне часто фигурируют некоторые химические вещества. На изображениях представлены фотографии химических веществ, которые имеют отношение к реальной криминалистике.



Установите соответствие между фотографиями и простыми веществами.

Ответ:

			
Углерод	Мышьяк	Иод	Фосфор

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

На первой фотографии изображён бриллиант, который представляет собой углерод в аллотропной модификации алмаз.

На второй фотографии изображены мышь и самолет ЯК = мышьяк — распространённый яд (в виде As_2O_3) во времена викторианской эпохи и позднее.

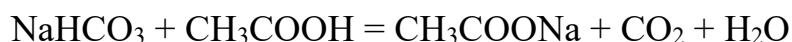
При помощи паров иода можно проявить отпечаток пальца — они будут преимущественно осаждаться на жировом следе пальца.

В повести «Собака Баскервильей» рассказывается об использовании фосфора для придания собаке устрашающего ночью вида.

Задание № 2

Общее условие:

Юный химик Вася решил приготовить кексы по маминому рецепту. Чтобы кексы получились пышные, ему нужно взять 4 г пищевой соды и чайную ложку (5 мл) столового уксуса (7 % р-р CH_3COOH) на одну форму для выпечки (10 кексов). При смешении уксуса и соды протекает реакция:



К сожалению, дома у Васи не оказалось столового уксуса, зато он нашел уксусную эссенцию (70 % р-р CH_3COOH). Мальчик решил разбавить ее и использовать в своем рецепте.

Условие:

Сколько уксусной эссенции необходимо для получения одной чайной ложки 7 %-ого раствора уксусной кислоты? Плотности всех используемых жидкостей примите равными 1 г/см^3 . Ответ выразите в миллилитрах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [0.45; 0.5]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

В отличие от школьной лаборатории, дома у Васи нельзя отмерить объём менее одной чайной ложки, поэтому он решил приготовить уксус из всех 5 мл уксусной эссенции. Сколько кексов сможет испечь Вася с таким количеством уксуса?

Ответ: 100

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Масса уксусной кислоты в одной чайной ложке столового уксуса:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1 \text{ г/мл} \cdot 5 \text{ мл} \cdot 0.07 = 0.35 \text{ г}$$

Масса уксусной эссенции:

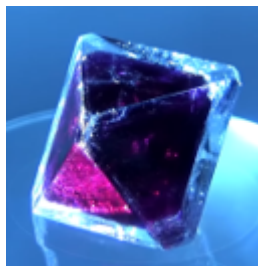
$$m(75\% \text{ р-ра}) = 0.35 \text{ г} / 0.7 = 0.5 \text{ г}$$

$$V(75\% \text{ р-ра}) = m/\rho \sim 0.5 \text{ мл}$$

Из одной чайной ложки эссенции можно получить $5/0.5 = 10$ чайных ложек столового уксуса. Тогда с их помощью можно испечь 10 (кексов в форме) $\cdot 10$ (чайных ложек) = 100 кексов.

Задание № 3

Условие:



Определите отношение массовой доли кислорода к массовой доле серы в алюмокалиевых квасцах $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Ответ округлите до целых.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Квасцы X, отличающиеся от алюмокалиевых одним элементом Y, который замещает алюминий, имеют тёмно-фиолетовый цвет кристаллов. Запишите символ химического элемента Y, если соотношение молярных масс этого элемента и алюминия равно 1.926.

Ответ: Cr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Отношение массовых долей равно отношению масс, что в свою очередь равно отношению молярных масс элементов с учетом их индексов в веществе:

$$\omega(\text{O}) / \omega(\text{S}) = (20 \cdot 16) / (32 \cdot 2) = 5.$$

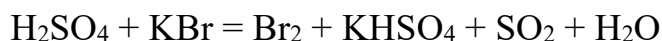
Молярную массу искомого элемента можно получить, умножив молярную массу алюминия на соотношение: $1.926 \cdot 27 = 52$ г/моль, что соответствует хрому.

Задание № 4

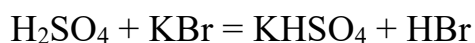
Общее условие:

При добавлении 98 % по массе водного раствора серной кислоты к твердому бромиду калия наблюдается выделение красно-бурых паров простого вещества [реакция 1], но если к твердому KBr добавлять 30 % водный раствор H_2SO_4 , то можно получить бесцветный двухатомный газ [реакция 2] Ниже приведены уравнения реакций без коэффициентов.

[Реакция 1]:



[Реакция 2]:



Условие:

Запишите сумму наименьших целых коэффициентов в уравнении реакции [1].

Ответ: 11

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

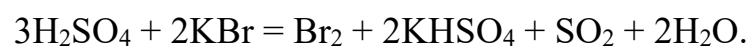
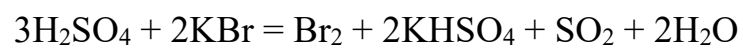
Сколько граммов простого вещества можно получить из 10 мл 98 % ($\rho = 1.84$ г/мл) раствора H_2SO_4 , если считать, что реакция с KBr расходует всю имеющуюся серную кислоту. Ответ округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [9.6; 10]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.



$$n(\text{Br}_2) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) / 3 = 10 \cdot 1.84 \cdot 0.98 / 3 \cdot 98 = 0.06133 \text{ моль}$$

$$m(\text{Br}_2) = 0.06133 \cdot 160 = 9.8 \text{ г.}$$

Задание № 5

Условие:

Заполните пропуски химическими символами элементов и формулами веществ.

- Элемент ... образует жидкое простое вещество, которое до сих пор используют в некоторых аптечных, бытовых и других термометрах.
- Элемент ... образует газообразное простое вещество, являющееся одним из основных компонентов воздуха и необходимо для дыхания человека. Простые вещества этого элемента и элемента ... во время грозы вступают во взаимодействие с образованием оксида азота (II).
- Элемент ... был впервые обнаружен на Солнце спектральными методами.
- Простое вещество ..., соответствующее элементу ..., впервые было получено в виде легко конденсирующихся фиолетовых паров из морских водорослей.

Ответ:

- ✓ Элемент **Hg** образует жидкое простое вещество, которое до сих пор используют в некоторых аптечных, бытовых и других термометрах.
- ✓ Элемент **O** образует газообразное простое вещество, являющееся одним из основных компонентов воздуха и необходимо для дыхания человека. Простые вещества этого элемента и элемента **N** во время грозы вступают во взаимодействие с образованием оксида азота (II).
- ✓ Элемент **He** был впервые обнаружен на Солнце спектральными методами.
- ✓ Простое вещество **I₂**, соответствующее элементу **I**, впервые было получено в виде легко конденсирующихся фиолетовых паров из морских водорослей.

За каждый верно определённый элемент — 0.5 балла, за верно определённое простое вещество — 1 балл, всего — 3.5 балла

Решение.

Ртуть — жидкий металл, использующийся в термометрах.

Человек дышит и живёт благодаря кислороду.

Атмосфера нашей планеты состоит преимущественно из азота (примерно 73 %). Также в состав атмосферы входят кислород (примерно 22 %) и различные газы — инертные газы, углекислый, угарный, метан и т.д. Как следует из названия, оксид азота (II) содержит азот, значит, третий элемент — азот.

В 1868 году Пьер Жансен спектральными методами обнаружил на поверхности Солнца новый элемент — гелий. Название нового элемента произошло именно от Солнца.

Иод был открыт в 1811 году Б. Куртуа, который извлекал соду и поташ из золы морских водорослей. Случайно пролив раствор концентрированной серной кислоты на полученную золу, он наблюдал образование интенсивно окрашенных фиолетовых паров, как оказалось после, йода.

Задание № 6

Общее условие:

Ядерная энергетика — важнейший источник энергии для современного общества. Для ядерных реакторов, работающих на уране, необходимо обогащать природную смесь изотопов относительно более легкого ^{235}U . Например, в одном из типов реакторов используется топливо на основе оксидов урана $^{235}\text{UO}_2$ и $^{238}\text{UO}_2$. 1 моль такой смеси весит 269.89 грамм.

Условие:

Определите мольную долю более легкого оксида урана в обогащенной смеси, используя формулу:

$$\chi(^x\text{UO}_2) = \frac{n(^x\text{UO}_2)}{n(^{235}\text{UO}_2) + n(^{238}\text{UO}_2)}$$

Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3.6; 3.8]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Кислород как элемент в природе представлен тремя изотопами, ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O . Сколько различных по массе частиц UO_2 можно составить из упомянутых изотопов?

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Пусть молярная доля $^{235}\text{UO}_2$ в обогащенной смеси изотопов равна x . Тогда молярная доля $^{238}\text{UO}_2$ равна $1 - x$.

Пусть имеется 1 моль данной смеси, тогда $n(^{235}\text{UO}_2) + n(^{238}\text{UO}_2) = 1$ моль и $n(^{235}\text{UO}_2) = x$, $n(^{238}\text{UO}_2) = 1 - x$. Запишем уравнение с массами оксидов:
 $m(^{235}\text{UO}_2) + m(^{238}\text{UO}_2) = n(^{235}\text{UO}_2) \cdot 267 + n(^{238}\text{UO}_2) \cdot 270 = 267x + (1 - x) \cdot 270 = 269.89 \Rightarrow$
 $x = 0.037$ моль $\Rightarrow \chi(^{235}\text{UO}_2) = 3.7\%$.

Число различных по массе частиц можно рассчитать так: самая тяжёлая частица будет иметь молярную массу $238 + 18 \cdot 2 = 274$ г/моль, самая лёгкая – $235 + 16 \cdot 2 = 267$ г/моль, значит, общее число частиц с разной массой равно $274 - 267 + 1 = 8$.

Задание № 7

Общее условие:

Элементы Э1 (металл), Э2 (неметалл) и Э3 (неметалл), находящиеся в одном периоде таблицы Д.И. Менделеева, расположены в этом ряду в порядке возрастания их порядковых номеров. Из этих элементов можно составить три бинарных вещества В1, В2, В3. Известно, что В1 и В2 являются ионными соединениями, а молекулярные массы В1 и В2 соотносятся как 15 : 13. При этом В3 имеет молекулярное строение и является трёхатомным газом с молекулярной массой 54 г/моль.

Условие:

Запишите номера элементов Э1, Э2 и Э3.

Ответ:

Э1	Э2	Э3
3	8	9

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 3 балла

Условие:

Запишите формулу газа В3.

Ответ: OF₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Указание на трёхатомность газа (бинарное вещество) позволяет рассчитать среднюю атомную массу атомов, входящих в состав молекул данного газа:

$54 : 3 = 18$ г/моль. Очевидно, что один из типов атомов должен иметь атомную массу меньше, чем 18 г/моль. Данный факт и факт о наличии как минимум трёх элементов в периоде позволяют утверждать, что в задаче речь идет об элементах второго периода. Тогда один из неметаллов — это фтор, т.к. в состав газа **В3** должен входить атом с атомной массой больше 18 г/моль (неон не образует химических соединений). Исходя из факта, что во втором периоде всего два металла (литий и бериллий), можно рассчитать молекулярные массы соответствующих им фторидов LiF и BeF₂, которые равны 26 и 47 г/моль соответственно. Условие задачи об отношении молекулярных масс позволяет указать, что второй элемент — это литий. При этом можно заметить, что в трёхатомную молекулу газа **В3** может входить либо один, либо два атома фтора. При вхождении одного атома фтора атомная масса второго элемента равна: $(54 - 19) / 2 = 17.5$ г/моль — нет подходящих вариантов. При вхождении двух атомов фтора: $(54 - 19 \cdot 2) = 16$ г/моль, что соответствует атому кислорода. Таким образом вещество с молекулярной массой 30 г/моль — оксид лития (**В1**), с молекулярной массой 26 г/моль — фторид лития (**В2**), трёхатомный газ — дифторид кислорода (**В3**). Порядковые номера элементов: литий — 3, кислород — 8, фтор — 9.

Задание № 8

Общее условие:

Для удаления избытка воды из реакционной смеси используются так называемые химические осушители, например, SOCl_2 и P_4O_{10} . Однако ряд представителей этого класса веществ проявляет настолько сильное сродство к молекулам воды, что «осушает» кристаллогидраты, превращая их в безводные соли. Одним из таких веществ является P_4O_{10} .



Условие:

Определите потерю массы кристаллогидрата $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, которая будет наблюдаться при помещении его навески 100 г в закрытый сосуд с избытком декаоксида тетрафосфора. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [45; 46]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Определите молярную массу кислоты, которая образуется при реакции декаоксида тетрафосфора с избытком воды при кипячении. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 98

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Условие задачи позволяет утверждать, что кристаллогидрат превратится в безводную соль $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$. Поскольку 1 моль кристаллогидрата превращается в 1 моль безводной соли, можно рассчитать потерю массы:
$$n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}) = 100 / (39 + 27 + 96 \cdot 2 + 18 \cdot 12) = n(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2) = 0.211 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2) = 0.211 \cdot (39 + 27 + 96 \cdot 2) = 54.44 \text{ г,}$$
 потеря массы составляет $100 - 54.44 = 45.56 \text{ г}$.

Оксид фосфора (V) — кислотный оксид и ангидрид ортофосфорной кислоты. Растворение его в воде приводит к образованию раствора ортофосфорной кислоты (98 г/моль):



Задание № 9

Общее условие:

Скандий — очень рассеянный химический элемент, но благодаря химическим и физическим свойствам веществ, в состав которых он входит, является очень ценным для промышленности. Химический состав одного из минералов, в который входят атомы скандия, можно отразить формулой $\text{Ca}_x\text{Sc}_y\text{Al}_z\text{Si}_m\text{O}_n$.

Условие:

Определите брутто-формулу минерала, если атомные доли кальция, скандия и алюминия равны, атомная доля кислорода составляет 0.60, а массовая доля кремния — 11.86 %.

Ответ: CaScAlSiO_6

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Зачастую одним из промежуточных продуктов «вскрытия» минералов, содержащих скандий, является оксид скандия — тугоплавкое вещество белого цвета. Запишите брутто-формулу оксида скандия.

Ответ: Sc_2O_3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Информация о равных атомных долях кальция, скандия и алюминия позволяет переписать брутто-формулу минерала в виде $\text{Ca}_x\text{Sc}_x\text{Al}_x\text{Si}_m\text{O}_n$. Атомная доля атомов кислорода позволяет предположить, что общее число атомов, входящих в состав минерала, кратно 10. При этом молекулярная масса минерала,

в который входит один атом кремния, равна $28 / 0.1186 = 236$ г/моль. Пусть в состав минерала входит один атом кремния, тогда в состав этого минерала входит максимум по одному атому скандия, кальция и алюминия, т.к. $(236 - 28 - 2 \cdot (40 + 45 + 27)) < 0 < Ar(O)$. Тогда, исходя из атомной доли кислорода, в минерал входит 6 атомов кислорода, что согласуется с остаточной молекулярной массой: $236 - 28 - 40 - 45 - 27 = 96 = 6 \cdot 16$.

Итак, ответ $Ca_1Sc_1Al_1Si_1O_6$.

Оксид скандия (III) — Sc_2O_3 .

Задание № 10

Условие:

В закрытом сосуде находится углекислый газ. Установите соответствие между действием и последующим изменением давления газа.

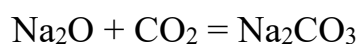
Ответ:

Помещение на дно сосуда порошка оксида натрия Na_2O при постоянной температуре	Уменьшится
Нагревание сосуда	Увеличится
Добавление в сосуд дополнительных 1.75 моль углекислого газа при постоянной температуре	Увеличится
	Не изменится
	Недостаточно данных

За каждую верную пару — 1.5 балла, всего — 4.5 балла

Решение.

При помещении на дно сосуда оксида натрия будет происходить реакция между ним и углекислым газом с образованием карбоната натрия:



Таким образом, количество газа будет уменьшаться, а давление — падать.

При нагревании сосуда давление должно увеличиваться, поскольку возрастает скорость движения молекул в газе, что увеличивает их давление на стенку.

Внесение в сосуд дополнительной порции вещества приведёт к увеличению давления, поскольку увеличится число молекул, ударяющихся о стенку сосуда в единицу времени.

Задание № 11

Общее условие:

В 100 г воды внесли 10 г оксида металла X с массовой долей кислорода 10.46 %, к полученному раствору Y добавили 1 % раствор соляной кислоты, получив раствор соли металла X.

Условие:

Запишите химический символ металла X.

Ответ: Ba

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите массу раствора HCl, которую необходимо добавить к раствору Y для полного протекания реакции? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [474; 482]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

1. Будем считать, что оксид имеет формулу XO_x , тогда

$$\omega = 16x / M(XO_x) = 0.1046, \text{ откуда получаем } M(MO_x) = 153x \text{ г/моль}$$

Подставляя $x=1$, выходим на металл — барий Ba.

2. Рассчитаем количество оксида в навеске:

$$n(\text{BaO}) = 10 \text{ г} / 153 \text{ г/моль} = 0.06536 \text{ моль}$$

Такое же количество вещества будет иметь и гидроксид бария. По уравнению реакции (б) найдём количество HCl:

$$n(\text{HCl}) = 2 \cdot n(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 0.131 \text{ моль}$$

Из количества вычисляем массу чистого HCl и массу соляной кислоты:

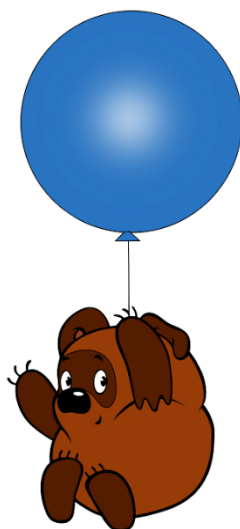
$$m(\text{HCl}) = 0.131 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 4,78 \text{ г}$$

$$m(\text{р-р HCl}) = 4,78 \text{ г} / 0.01 = 478 \text{ г}$$

Задание № 12

Условие:

Вот и подходит к концу наш тур олимпиады. В конце разных мероприятий часто запускают воздушные шары в воздух. Каким газом нужно наполнить шар (массой оболочки можно пренебречь), чтобы он поднялся в воздух?



Ответ:

Водород на воздухе	Да
Воздух в атмосфере хлора	Да
Неон в атмосфере гелия	Нет
Фторид серы (VI) в атмосфере ксенона	Нет

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Задача заключается в том, что необходимо сравнить молярные массы газов. Более лёгкий газ по закону Архимеда будет подниматься в атмосфере более тяжёлого.

1. $M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$, $M_{\text{ср}}(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$. Водород легче, шар будет летать.
2. $M(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г/моль}$, $M_{\text{ср}}(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$. Воздух легче, шар будет летать.

3. $M(\text{Ne}) = 20 \text{ г/моль}$, $M(\text{He}) = 4 \text{ г/моль}$. Неон тяжелее, будет тонуть.
4. $M(\text{SF}_6) = 146 \text{ г/моль}$, $M(\text{Xe}) = 131.3 \text{ г/моль}$. Фторид серы (VI) тяжелее, будет тонуть.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

Нагревание металла **X** в токе жёлто-зелёного газа **Y** приводит к образованию фиолетовых кристаллов вещества **Z**. В результате эксперимента было обнаружено, что из 1.000 г **X** образуется 2.286 г **Z** (выход 75 %).

Условие:

Запишите символ элемента, образующего соединение **X**.

Ответ: Cr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите брутто-формулу вещества **Z**.

Ответ: CrCl₃

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите теоретическую массу **Z**, которая могла быть получена в результате эксперимента. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Исходя из условия задачи, можно сделать предположение о том, что вещество **Y** — хлор. Тогда **Z** — хлорид металла **X**. Теоретическая масса (при выходе 100 %) вещества **Z** равна: $2.286 / 0.75 = 3.048 \text{ г} \approx 3 \text{ г}$. Тогда молекулярную массу вещества $\mathbf{Z} = \mathbf{XCl}_n$ можно вычислить по следующей формуле:

$$M(\mathbf{XCl}_n) = \text{Ar}(\text{Cl}) \cdot n \cdot 3.048 / (3.048 - 1) = 52.83n.$$

$$\text{Ar}(\mathbf{X}) = (52.83 - 35.5) \cdot n = 17.33n.$$

Перебор значений n приводит при $n = 3$ к $\text{Ar}(\mathbf{X}) = 52 \text{ г/моль}$, что соответствует хрому (Cr). Итак, $\mathbf{Z} = \text{CrCl}_3$.

Задание № 2

Общее условие:

При добавлении к водному раствору вещества **X** ($\omega(\text{Na}) = 29.11\%$; $\omega(\text{S}) = 40.51\%$; $\omega(\text{O}) = 30.38\%$) разбавленной серной кислоты происходит выделение сернистого газа и помутнение раствора за счёт образования простого вещества жёлтого цвета.

Условие:

Определите молярную массу **X**. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 158

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции взаимодействия раствора **X** с разбавленной серной кислотой.

Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 2 балла

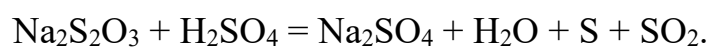
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Указание на массовое содержание натрия, серы и кислорода в составе соединения позволяет утверждать, что

$$\begin{aligned} \text{X} &= \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (158 г/моль): } n(\text{Na}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = \\ &= 29.11 / 23 : 40.51 / 32 : 30.38; \\ &16 = 2 : 2 : 3. \end{aligned}$$

Взаимодействие тиосульфата натрия с серной кислотой приводит к диспропорционированию вещества на серу и сернистый газ:



$$1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6.$$

Задание № 3

Условие:

На простые вещества действовали указанными в таблице реагентами. Также приведены некоторые продукты реакций, общее число которых составляло от 1 до 3. Заполните пропуски формулами этих простых веществ.

Простое вещество	Реагент	Один из продуктов
...	NaOH	Na ₂ O
...	SO ₂	SO ₃
...	[Cu(NH ₃) ₄]Cl ₂	[Cu(NH ₃) ₂]Cl
...	NaOH	O ₂

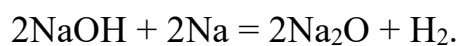
Ответ:

Простое вещество	Реагент	Один из продуктов
Na	NaOH	Na ₂ O
O₂	SO ₂	SO ₃
Cu	[Cu(NH ₃) ₄]Cl ₂	[Cu(NH ₃) ₂]Cl
F₂	NaOH	O ₂

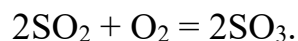
За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

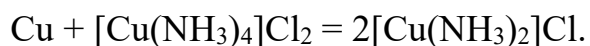
Известный способ получения оксида натрия — реакция гидроксида натрия с натрием:



Получение SO_3 из SO_2 в промышленности проводится окислением сернистого газа кислородом:



Заметим, что при добавлении одного атома меди к формульной единице реагента получается такое же соотношение атомов, как в продукте, значит, речь идёт о сопропорционировании меди:



Только одно простое вещество взаимодействует с гидроксидом натрия с выделением кислорода — фтор (из простых веществ лишь он способен окислить кислород):



Задание № 4

Условие:

Какие из перечисленных неорганических веществ способны практически необратимо реагировать с водой при комнатной температуре?

Ответ:

- PCl_3
- CO_2
- SiO_2
- SO_3
- ZnO
- P_4O_{10}
- F_2
- N_2O
- MgO
- Fe
- Li
- P_4
- CaH_2
- Al_2S_3

За каждый верный ответ — 0.5 балла

При выборе более 13 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 3.5 балла

Решение.

Углекислый газ и оксид кремния (IV) не реагируют с водой необратимо, хоть и являются кислотными оксидами. Угольная кислота неустойчива и легко распадается, а кремниевая кислота образуется лишь на поверхности оксида кремния и при нагревании отщепляет воду обратно.

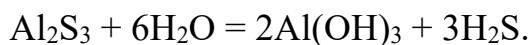
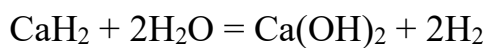
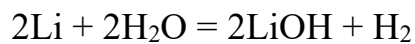
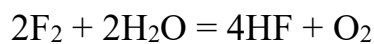
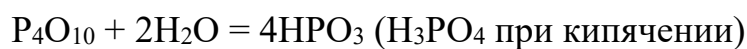
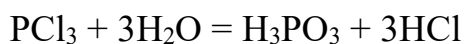
С водой также по кинетическим причинам не реагируют ZnO и MgO.

N₂O не реагирует с водой, так как является несолеобразующим оксидом.

Железо, как и фосфор, не реагирует с водой при комнатной температуре.

Сульфид алюминия нацело гидролизуется водой с образованием гидроксида алюминия и сероводорода, это можно понять, заглянув в таблицу растворимости.

Уравнения реакций:



Задание № 5

Общее условие:

После взаимодействия 50 мл 0.07 моль/л раствора мышьяковой кислоты (H_3AsO_4) и 140 мл раствора гидроксида натрия в сосуде, помимо воды, была обнаружена лишь смесь солей в равном количестве. При этом в полученном растворе соотношение атомов натрия и мышьяка равно 3:2 соответственно.

Условие:

Сколько различных солей входит в полученный раствор?

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите концентрацию исходного раствора гидроксида натрия. Ответ выразите в миллимоль/литр, округлите до десятых.

Ответ: 37.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Мышьяковая кислота — трёхосновная кислота. Смесь сразу трёх солей — среднего арсената, гидроарсената и дигидроарсената — не может быть получена. Итак, две соли.

Есть два варианта состава эквимольной смеси солей: арсенат + гидроарсенат и гидроарсенат + дигидроарсенат. В первом случае соотношение атомов натрия и мышьяка равно 5 к 2, во втором — 3 к 2 соответственно. Таким

образом, речь идёт об эквимольной смеси гидроарсената и дигидроарсената.

$$n(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 0.05 \cdot 0.07 = 3.5 \text{ ммоль.}$$

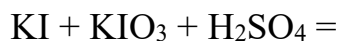
$$n(\text{NaOH}) = 1.5 \cdot n(\text{H}_3\text{AsO}_4) = 5.25 \text{ ммоль.}$$

$$c(\text{NaOH}) = 5.25 / 0.14 = 37.5 \text{ мМ.}$$

Задание № 6

Условие:

Определите число протонов в молекуле простого вещества, которое образуется в результате протекания реакции:



Ответ: 106

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в уравнении реакции:

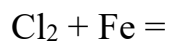


Ответ: 20

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите степень окисления, в которую перейдет элемент-восстановитель в результате протекания реакции (например, +4 или -2):



Ответ: +3

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

1. 106 (I₂)

2. $3\text{Cl}_2 + \text{KI} + 6\text{KOH} = 6\text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O} + \text{KIO}_3$

3.+3 (FeCl₃)

Задание № 7

Общее условие:

При сгорании 16.4 г газовой смеси этана (C_2H_6) и пропана (C_3H_8) образуются только углекислый газ, вода и выделяется 844.2 кДж теплоты. Теплоты сгорания этана и пропана равны 1560 и 2206 кДж/моль соответственно.

Условие:

Запишите коэффициент перед кислородом в уравнении реакции сгорания пропана, если все коэффициенты — наименьшие целые числа.

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Условие:

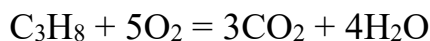
Определите молярное соотношение этана и пропана $\frac{n(C_2H_6)}{n(C_3H_8)}$ в смеси. Ответ округлите до целых.

Ответ: 4

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4.5 балла

Решение.



Пусть в исходной смеси находится x моль этана и y моль пропана. Выразим теплоту сгорания 1 моль смеси через наши переменные:

$$Q_m = (Q_{\text{сгор}}(C_2H_6) \cdot x + Q_{\text{сгор}}(C_3H_8) \cdot y) / (x + y).$$

При этом количество моль смеси может быть найдено по формуле:

$$n_{\text{см}} = x + y = m_{\text{см}}/M_{\text{см}} = 16.4/M_{\text{см}}.$$

Тогда, разделив количество выделившейся в ходе сгорания смеси теплоты на число моль смеси, получим мольную теплоту сгорания смеси:

$$\begin{aligned} 844.6 \cdot M_{\text{см}} / 16.4 &= (Q_{\text{сгор}}(\text{C}_2\text{H}_6) \cdot x + Q_{\text{сгор}}(\text{C}_3\text{H}_8) \cdot y) / (x + y) = \\ &= 1560 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 2206 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) = 51.5 \cdot (30 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 44 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8)) = \\ &= 1545 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) + 2266 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) \Rightarrow 15 \cdot x(\text{C}_2\text{H}_6) = 60 \cdot x(\text{C}_3\text{H}_8) \Rightarrow \\ &\Rightarrow x(\text{C}_2\text{H}_6) / x(\text{C}_3\text{H}_8) = 4 \end{aligned}$$

Задание № 8

Общее условие:

Соединение ^{18}F -дезоксиглюкоза, имеющее формулу $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_5^{18}\text{F}$, широко используется в ядерной медицине для проведения позитронно-эмиссионной томографии. ^{18}F -дезоксиглюкоза быстро распадается, поэтому ее получают непосредственно перед проведением томографии.

Условие:

Определите массовую долю фтора в ^{18}F -дезоксиглюкозе. Ответ выразите в процентах, округлите до целых. При расчётах атомные массы всех элементов округляйте до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [9.9; 10.1]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Сколько ^{18}F будет в теле пациента непосредственно перед томографией, если изначально выделяют 0.1 грамм ^{18}F -дезоксиглюкозы, 15 % вещества распадается с момента получения до введения пациенту, а 15 % от введённого количества распадётся до момента непосредственного проведения томографии? Ответ выразите в миллиграммах, округлите до сотых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [7.14; 7.23]

Точное совпадение ответа — 2 балла

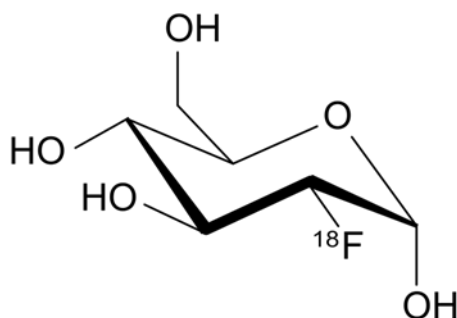
Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Определим молярную массу ^{18}F -дезоксиглюкозы.

Она равна $12 \cdot 6 + 11 + 16 \cdot 5 + 18 = 181$ г/моль.

Массовая доля ^{18}F в этом соединении равна $18 / 181 \cdot 100 \% = 9.94475 \%$ или 10% после округления.



Оценим общую массу ^{18}F -дезоксиглюкозы, которая останется в теле пациента к моменту проведения томографии.

Она равна $0.1 \cdot (1 - 0.15) \cdot (1 - 0.15) = 0.07225$ грамма.

Учитывая массовую долю ^{18}F в ^{18}F -дезоксиглюкозе, получим $0.07225 \cdot 0.0994 = 0.00718$ грамм или 7.2 мг. Если учесть диапазон ответов на первый вопрос, получаем диапазон $[7.14; 7.23]$.

Задание № 9

Общее условие:

Соединение Ba_2XO_6 при нагревании разлагается с образованием оксида бария и смеси газов, которая состоит из двух простых веществ, причём одно из них является одноатомным. Эта смесь имеет плотность по водороду, равную 32.5.

Условие:

Определите мольное соотношение между двумя газами в смеси, разделив большее количество на меньшее. Ответ округлите до десятых.

Ответ: 2

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Запишите химический символ элемента X.

Ответ: Xe

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Смесь газов после разложения должна состоять из кислорода и второго газа — простого вещества. Пусть второе простое вещество одноатомное.

Запишем уравнение разложения соли Ba_2XO_6 с учётом всей информации из задачи:



Смесь из 1 моль X и 2 моль O_2 имеет массу, равную $32.5 \cdot 2 \cdot 3 = 195$ г. Вычитая $2 \cdot 32$ грамм из массы 2 моль O_2 , получим $195 - 64 = 131$ г, что соответствует ксенону.

Задание № 10

Общее условие:

Дан набор газов: HCl , CO_2 , NH_3 , H_2 , O_2 , HI .

Условие:

Какие из них можно сушить над концентрированной серной кислотой?

Ответ:

- HCl
- CO_2
- NH_3
- H_2
- O_2
- HI

За каждый верный ответ — 0.5 балла

При выборе более 4 пунктов — 0 баллов

Условие:

Выберите два газа, смесь которых НЕ может быть тяжелее воздуха.

Ответ:

- HCl
- CO_2
- NH_3
- H_2
- O_2
- HI

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

С серной кислотой не реагируют хлороводород, углекислый газ, водород и кислород. Аммиак вступает в реакцию с образованием гидросульфата аммония, а иодоводород окисляется с образованием иода.

Необходимо создать смесь со средней молярной массой в 29 г/моль. Подходит смесь любых газов, кроме аммиака с водородом.

Задание № 11

Условие:

Определите типы кристаллических решёток перечисленных соединений (при условии, что они находятся в твердом состоянии), а также типы связей для **некоторых** из них.

Ответ:

H ₂ O	Молекулярная решётка
Si	Атомная решётка
	Ковалентная неполярная связь
LiF	Ионная решётка
HF	Молекулярная решётка
Fe	Металлическая решётка
	Металлическая связь
Na ₂ SO ₄	Ионная решётка

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 4 балла

Решение.

В твёрдом виде молекулы воды не диссоциируют на ионы, а образуют сеть водородных связей, поэтому кристаллическая решётка является молекулярной.

В твёрдом виде каждый атом кремния связывается с другими атомами посредством четырёх ковалентных связей, поэтому решётка является атомной.

LiF является солью, в её структуре присутствуют катионы Li⁺ и анионы F⁻.

Поэтому кристаллическая решётка является ионной.

В твёрдом HF, в отличие от LiF, не образуются катионы H⁺ и анионы F⁻ из-за высокой энергии связи HF. Поэтому кристаллическая решётка является молекулярной.

Na₂SO₄ является солью, в её структуре присутствуют катионы Na⁺ и анионы SO₄²⁻. Поэтому кристаллическая решётка является ионной.

Fe является металлом и имеет металлическую кристаллическую решётку, а также металлическую связь.

Ковалентная неполярная связь может образоваться между двумя одинаковыми атомами. Среди всех представленных веществ подходит только Si, в котором каждый атом кремния связан с четырьмя соседними атомами кремния посредством четырёх ковалентных неполярных связей.

Задание № 12

Общее условие:

Природный уран почти полностью состоит из изотопа с массовым числом, равным 238. Этот изотоп последовательно распадается с выделением альфа-частиц и электронов, а конечным продуктом распада является стабильный свинец-206.

Альфа-частицей называют ядро атома гелия-4.

Условие:

Сколько альфа-частиц получится из одной частицы урана-238, когда тот превратится в свинец-206?

Ответ: 8

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Уран-238 распадается так медленно, что скорость его распада можно считать постоянной на протяжении многих лет — 12.5 тысяч распадов в секунду на 1 грамм изотопа.

Определите активность источника массой 25 кг, содержащего 0.5 % урана-238 по массе. Ответ выразите в тысячах распадов в секунду, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [1562; 1563]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Массовое число изменяется лишь в ходе альфа-распада, значит, число таких распадов равно $(238 - 206) / 4 = 8$.

Активность такого источника будет равна $25 \cdot 1000 \cdot 0.005 \cdot 12.5 = 1562$ кБк.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1

Общее условие:

Вещество **X**, содержащее 5 атомов — дымящая на воздухе тёмно-красная жидкость. Данное вещество используется в качестве окислителя в органическом синтезе. Максимальный выход вещества **X** достигнут в реакции сухого хлороводорода с тёмно-красными кристаллами **Y** в присутствии двухосновной кислоты **K** (98 г/моль) на холоде. Вещество **Y** (100 г/моль) — ангидрид кислот **Z₁** (118 г/моль) и **Z₂** (218 г/моль).

Условие:

Определите количество атомов, составляющих молекулы веществ **Y**, **Z₁**, **Z₂** и **K**.

Ответ:

Y	Z₁	Z₂	K
4	7	11	7

За каждый верный пункт — 0.5 балла, всего — 2 балла

Условие:

Запишите молекулярную формулу вещества **X**.

Ответ: CrO_2Cl_2

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

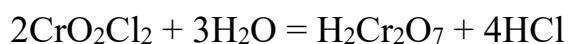
Определите сумму наименьших целых коэффициентов в уравнении реакции полного гидролиза **X** с образованием **Z₂**.

Ответ: 10**Точное совпадение ответа — 1 балл****Максимальный балл за задание — 4 балла***Решение.*

В неорганической химии ангидриды кислот представлены оксидами. Таким образом, необходимо найти оксид с молекулярной массой 100 г/моль. Наиболее классический для начального перебора вариант — рассмотреть состав оксида как $\text{Э}_2\text{O}_n$, где n — степень окисления элемента Э в этом оксиде. При $n = 6$ приходим к оксиду состава $\text{Cr}_2\text{O}_6 = \text{CrO}_3$ (4 атома), который является ангидридом хромовой H_2CrO_4 (7 атомов) и дихромовой $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (11 атомов) кислот. Информация об основности и молекулярной массе кислоты **K** указывает на то, что речь идет о серной кислоте H_2SO_4 .

Состав химических соединений шестивалентного хрома находит много аналогий с соединениями серы (VI), в том числе и в составе хлорангидридов типа хлористого сульфурита (SO_2Cl_2). Этот факт, а также указание числа атомов, входящих в состав молекулы **X**, позволяет утверждать, что **X** = CrO_2Cl_2 (хлористый хромил).

Полный гидролиз хлористого хромилла приводит к образованию дихромовой кислоты и хлороводорода:



$$4 + 1 + 3 + 2 = 10.$$

Задание № 2

Общее условие:

Частица NO_2^+ часто выступает в качестве интермедиата в реакциях нитрования органических соединений.

Условие:

Определите степень окисления атома азота в этой частице.

Ответ: +5

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Какую геометрическую форму имеет катион NO_2^+ ?

Ответ:

- Тетраэдрическая геометрия
- Треугольник
- Т-образная
- Линейная
- Угловая

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Геометрию частиц можно предсказывать, зная число электронов на внешней электронной оболочке центрального атома (метод Гиллеспи-Найхольма или ТООПВО — теория отталкивания электронных пар валентной оболочки). Суммарно на внешней электронной оболочке 5 (от атома азота) + 4 (от атомов кислорода) – 1 (общий заряд частицы) = 8 валентных электронов, которые

участвуют в образовании связей N-O или неподелённых пар у атома азота. Число двойных связей NO равно 2, число электронных пар равно 0, число неспаренных электронов равно 0. Таким образом, геометрия данной молекулы — линейная.

Задание № 3

Условие:

Радиоактивный изотоп элемента **X**, в ядре которого 40 % нуклонов приходится на протоны, при радиоактивном распаде выделяет одну α -частицу и превращается в изотоп элемента **Y**, ядро которого содержит 39.806 % протонов.

Альфа-частица представляет собой ядро гелия-4.

Определите зарядовое и массовое числа описанного изотопа элемента **X**.

Ответ:

Зарядовое число: 84

Массовое число: 210

За каждый верный пункт — 2 балла, всего — 4 балла

Решение.

Обозначим зарядовое число изотопа элемента **X** как **Z**, а массовое – как **A**.

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{Z}{A} = 0.4 \\ \frac{Z-2}{A-4} = 0.39806 \end{cases}'$$

которая может быть преобразована следующим образом:

$$\begin{cases} Z = 0.4 A \\ (0.4 \cdot A - 2) = 0.39806 \cdot (A - 4) \end{cases}'$$

Решая последнее уравнение, получаем **A** = 210 и **Z** = 84, что соответствует ${}^{210}_{84}\text{Po}$ и ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

Задание № 4

Условие:

Расположите вещества в порядке увеличения рН их 0.1 М водных растворов.

Ответ:

Азотная кислота - HNO_3
Хлорид аммония NH_4Cl
Гидроксиламин NH_2OH
Гидразин $\text{NH}_2\text{-NH}_2$
Аммиак NH_3

Точное совпадение ответа — 4 балла

Решение.

В первую очередь следует обратить внимание на хлорид аммония.

Это соединение будет гидролизываться:



В результате реакция среды станет кислой. Азотная кислота является сильной, поэтому рН её раствора окажется ниже, чем у хлорида аммония. В то же время оставшиеся соединения проявляют основные свойства, их водные растворы дают щелочную реакцию среды. Поэтому можно поставить хлорид аммония на второе место.

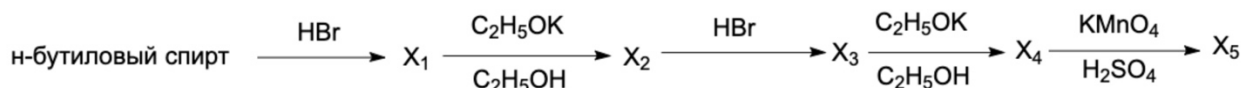
Далее стоит отметить, что наличие акцепторных индуктивных заместителей (ОН и NH₂ группы) в гидросиламине и гидразине должно уменьшать основные свойства атома азота по сравнению с аммиаком. Поэтому предварительный порядок $4 < (2 \text{ или } 5) < 3 < 1$.

Окончательный выбор между гидросиламином и гидразином можно сделать, исходя из электроотрицательности кислорода и азота: так как атом кислорода более электроотрицателен, чем азот, он будет в большей степени снижать основные свойства вещества.

Задание № 5

Общее условие:

Дана цепочка превращений.



Условие:

Определите молярную массу X_5 . Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

Ответ: 60

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Определите сумму минимальных целых коэффициентов в последней реакции.

Ответ: 59

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

При действии HBr на н-бутиловый спирт будет происходить нуклеофильное замещение с образованием 1-бромбутана. Под действием этилата калия в этаноле произойдёт элиминирование с образованием бутена-1. Далее HBr присоединяется с образованием 2-бромбутана (так как реакция идёт через образование более стабильного вторичного карбокатиона). В результате повторной обработки этилатом калия образуется 2-бутен, который будет далее окисляться с образованием двух молекул уксусной кислоты. Конечный продукт — уксусная кислота. Ответ: $M_r(\text{AcOH}) = 60$.

Уравнение превращения 5:



Сумма коэффициентов равна $5 + 8 + 12 + 8 + 4 + 12 + 10 = 59$.

Задание № 6

Условие:

Сколько существует изомерных соединений состава $C_6H_5NO_2$, содержащих в своём составе бензольное кольцо и не содержащих других циклов?

Ответ: 5

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Сколько из этих изомеров способны образовывать внутримолекулярную водородную связь?

Ответ: 1

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Так как в соединении должно быть бензольное кольцо, то можно выделить в брутто-формуле 6 атомов углерода и рассмотреть два случая: бензольное кольцо с одним заместителем и бензольное кольцо с двумя заместителями. Большее количество заместителей невозможно, так как для этого в брутто-формуле слишком мало атомов водорода.

Заметим, что в первом случае в качестве заместителя выступает нитрогруппа, поэтому возможны только две изомерные структуры — нитробензол и фенилнитрит.

Во втором случае в качестве заместителей выступают $-OH$ и $-NO$ (нитрозо) группы. Однако из-за возможностей орто, пара и мета- изомерии можно получить три структуры: орто-нитрозофенол, пара-нитрозофенол и мета-нитрозофенол.

Итого суммарно 5 структур.

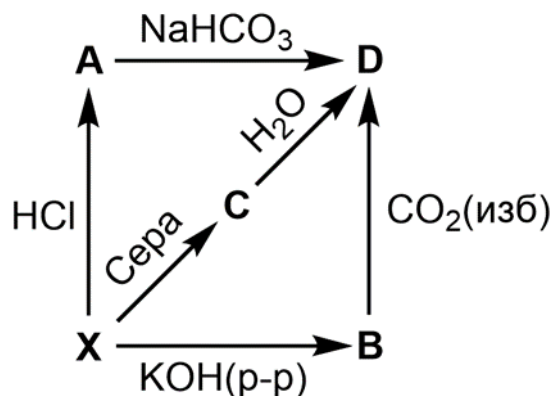
Для образования внутримолекулярной водородной связи необходимо выполнение двух условий: наличие кислого протона и присутствие рядом с ним элемента с высокой электроотрицательностью. Заметим, что относительно кислые протоны присутствуют только в изомерных нитрозофенолах (в составе $-OH$) групп. Однако только в структуре орто-нитрозофенола этот кислый протон находится рядом с электроотрицательным атомом кислорода. Поэтому водородная связь может образовываться только в орто-нитрозофеноле.

Ответ: 1

Задание № 7

Общее условие:

Дана схема превращений металла X, входящего в состав термитной смеси.



Условие:

Определите формулы всех зашифрованных соединений.

Ответ:

A	B	C	D	X
AlCl_3	$\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ или $\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$	Al_2S_3	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Al

За каждый верный пункт — 0.5 балла, всего — 2.5 балла

Условие:

Определите сумму наименьших целочисленных коэффициентов в уравнении реакции металла X с очень разбавленной азотной кислотой, если известно, что в ходе реакции образуется нитрат аммония.

Ответ: 58

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Металл, входящий в состав термитной смеси — это магний или алюминий. Однако магний не подходит под превращения, загаданные на схеме, так как при взаимодействии с раствором KOH он превратится в гидроксид магния, который не будет реагировать с NH₃.

Поэтому **X** — алюминий. Тогда **A** — AlCl₃, **B** — K[Al(OH)]₄, **C** — Al₂S₃, **D** — Al(OH)₃.

Реакция алюминия с очень разбавленной азотной кислотой:



Итого получается $8 + 30 + 8 + 3 + 9 = 58$

Задание № 8

Общее условие:

Восстановите левые части уравнений реакций. В ответ запишите сумму наименьших целочисленных коэффициентов в каждом из них.

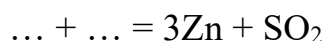
Условие:



Ответ: 10

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:



Ответ: 7

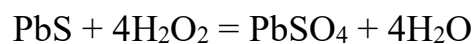
Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

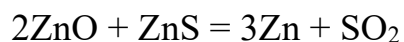
Предположим, что первая реакция является реакцией нейтрализации. Тогда в правой части уравнения может быть оксид или гидроксид свинца. Однако в реакции оксида/гидроксида свинца с серной кислотой выделяется максимум две молекулы воды. Поэтому представленное уравнение не является реакцией нейтрализации.

Можно предположить, что реакция является окислительно-восстановительной и что в её ходе происходит окисление соли свинца. Тогда окислитель в ходе реакции превращается в воду, что наталкивает на мысль о H_2O_2 . Исходя из стехиометрии, получаем:



Итого ответ: $1 + 4 + 1 + 4 = 10$.

Заметим, что в данной реакции происходит восстановление Zn из степени окисления +2 до 0. Для этого в системе должен присутствовать восстановитель, на роль которого подходит сера в низких степенях окисления. Такие варианты, как элементарная сера и SO_3^{2-} , явно не подходят, поэтому остаётся единственный вариант — S^{2-} . Таким образом, одно из соединений — это ZnS. Второе соединение — ZnO, определяется по матбалансу.



Итого получаем $2 + 1 + 3 + 1 = 7$.

Задание № 9

Общее условие:

Двойная соль **X**, содержащая в своем составе Fe (II), находит широкое применение в пищевой промышленности. При добавлении к раствору двойной соли **X** избытка щелочи и последующем нагревании раствора происходит выделение резко пахнущего газа, окрашивающего лакмусовую бумажку в синий цвет.

При добавлении к раствору навески 0.0500 г (по массе) раствора двойной соли **X** избытка раствора хлорида бария выпадает 59.5 мг белого осадка, нерастворимого в кислотах и щелочах, а на титрование полученного в ходе реакции с хлоридом бария раствора необходимо 5.10 мл $5.00 \cdot 10^{-3}$ М раствора KMnO_4 .

Условие:

Запишите название аниона, входящего в состав двойной соли.

Ответ: Сульфат

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите название катиона, ответственного за выделение из раствора резко пахнущего газа.

Ответ: Аммоний

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Определите число молекул кристаллизационной воды, содержащихся в двойной соли **X**.

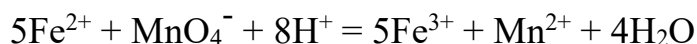
Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Выделение газа после добавления щёлочи и последующего нагревания, а также синий цвет лакмусовой бумажки указывают на наличие в составе соли **X** катионов аммония. Реакция с хлоридом бария указывает на наличие сульфатов. Таким образом, можно сделать вывод о том, что соль **X** имеет следующий вид: $(\text{NH}_4)_x\text{Fe}(\text{SO}_4)_y \cdot z(\text{H}_2\text{O})$. При титровании раствора перманганатом калия происходит окисление Fe (II) до Fe (III):



Посчитаем количество Fe (II) и SO_4^{2-} в составе соли **X**:

$$n(\text{Fe}) = 5.10 / 1000 \cdot 0.005 \cdot 5 = 1.275 \cdot 10^{-4} \text{ моль}$$

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = 59.5 / 1000 / (\text{Mr}(\text{BaSO}_4)) = 2.55 \cdot 10^{-4} \text{ моль.}$$

Отсюда соль **X** имеет формулу $(\text{NH}_4)_x\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$. Исходя из принципа электронейтральности, находим $x = 2$. Далее остаётся определить количество кристаллизационной воды. Для этого определим молярную массу соли **X** и вычтем из неё массу $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$:

$0.05 / (1.275 \cdot 10^{-4}) - \text{Mr}((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2) = 108$, что соответствует шести молекулам воды.

Задание № 10

Условие:

При сжигании 1 моль графита в недостатке кислорода при температуре 800 К образовалась смесь CO_2 и CO суммарным объёмом 22.40 литра (при н.у.), а также выделилось 333.22 кДж теплоты. Если пропустить полученную смесь газов через раствор KOH , то масса этого раствора увеличится на 35.20 г. Полученный после пропускания через раствор KOH газ сгорает в избытке кислорода с выделением 56.18 кДж теплоты.

Определите стандартную теплоту образования $\text{CO}_{2(\text{г})}$ и $\text{CO}_{(\text{г})}$ при температуре 800 К. Ответ выразите в кДж/моль, округлите до целых.

Ответ:

$\text{CO}_{2(\text{г})}$: засчитывается в диапазоне [388; 392]

$\text{CO}_{(\text{г})}$: засчитывается в диапазоне [108; 110]

За каждый верный пункт — 2 балла, всего — 4 балла

Решение.

Общее количество вещества газов, которые образовались в ходе сгорания графита, равно 1 моль. Если мы сложим тепловой эффект от сжигания графита и тепловой эффект от дожигания CO , то полученная теплота будет соответствовать теплоте сгорания 1 моль графита до газообразного CO_2 . Поэтому ответ на первую часть вопроса $333.22 + 56.18 = 389.4$ кДж/моль.

Для ответа на вторую часть вопроса необходимо определить состав полученной смеси. Считаем количество CO_2 :

$$35.2/44 = 0.8$$

Отсюда образовалось $1 - 0.8 = 0.2$ моль CO .

Тогда полученный тепловой эффект равен:

$$389.4 \cdot 0.8 + 0.2 \cdot Q(\text{CO}_{(\text{г})}) = 333.22 \text{ кДж.}$$

Итого получаем, что теплота образования CO равна 108.5 кДж/моль.

Ответ: 389.4 кДж/моль и 108.5 кДж/моль.

В качестве правильного ответа принимаются целые числа из диапазонов [388; 392] и [108; 110].

Задание № 11

Условие:

В таблице приведены все продукты некоторых реакций без стехиометрических коэффициентов. Запишите формулы реагентов, если известно, что взаимодействовали только два вещества.

Реагенты	Продукт реакции
...	HCOONa
...	
...	CrO ₃ + KHSO ₄ + H ₂ O
...	
...	(NH ₄) ₂ [BeF ₄] + H ₂ + NH ₃
...	
...	Fe(OH) ₃
...	

Ответ:

Реагенты	Продукт реакции
NaOH CO	HCOONa
K₂CrO₄ или K₂Cr₂O₇ H₂SO₄	CrO ₃ + KHSO ₄ + H ₂ O
NH₄F Be	(NH ₄) ₂ [BeF ₄] + H ₂ + NH ₃
Fe(OH)₂ H₂O₂	Fe(OH) ₃

За каждый верный пункт — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Формиат натрия можно получить взаимодействием угарного газа со щёлочью при нагревании и повышенном давлении. Вторая реакция хорошо известна как способ получения оксида хрома (VI), в третьей бериллий окисляется водородом, наконец, последняя — ОВ-реакция взаимодействия гидроксида железа (II) с пероксидом водорода.

Задание № 12

Условие:

В трёх пронумерованных пробирках находятся крепкие растворы неорганических веществ. С веществами провели некоторые опыты, результаты которых представлены в таблице.

	1	2	3
1		Белый осадок	Жёлтый осадок
2	Белый осадок		Белый осадок, запах уксуса
3	Жёлтый осадок	Белый осадок, запах уксуса	
AgNO_3	Жёлтый осадок	Белый осадок	Без изменений
NH_3	Без изменений	Раствор нагрелся	Серо-коричневый осадок, растворяется в избытке аммиака

Известно, что соль 1 окрашивает пламя горелки в желто-зелёный цвет. Запишите формулы веществ.

Ответ:

1	2	3
BaI_2	H_2SO_4	CH_3COOAg

За каждый верный пункт — 2 балла, всего — 6 баллов

Решение.

Удобнее решать задачу, записывая в таблицу варианты катионов и анионов, которые могут входить в состав пронумерованных веществ:

	Катион	Анион
1	Ba^{2+}	I^-
2	NH_4^+	F^-
3	H^+	SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , Br^-
4	ЩМ, ЩЗМ, Li	OH^-
5	Ag^+	CH_3COO^- , F^- , $H_2PO_4^-$
6	Fe^{3+}	Cl^- , Br^- , SO_4^{2-} , NO_2^-

Учитывая, что вещество **3** не демонстрирует изменений с нитратом серебра, но при этом реагирует с остальными веществами абсолютно так же как и последний, можно сделать предположение, что это растворимая соль серебра — фторид, ацетат или дигидрофосфат. Скорее всего серо-коричневый осадок, растворимый в избытке аммиака — это оксид серебра Ag_2O . При взаимодействии **2** с аммиаком выделяется теплота, что говорит об экзотермической реакции кислоты с основанием, а с нитратом серебра образуется белый осадок, судя по всему, нерастворимый в кислотах, тогда **3** — растворы SO_2 , H_2SO_4 , HCl , HBr . Заметим, что при взаимодействии **3** и **2** ощущается запах уксуса, такое возможно, только если **3** — **ацетат серебра**, в ходе реакции выделяется летучая уксусная кислота с резким запахом. Скорее всего, **1** содержит фосфат, гидрофосфат или иодид-ион, поскольку образует с нитратом серебра жёлтый осадок. Катион в **1** может образовывать белый осадок с анионом из **2**. Пересекающимися возможными анионами являются сульфат, бромид или хлорид. Единственный катион, образующий растворимый гидроксид (нет осадка с аммиаком), но при этом нерастворимый сульфат — это Ba^{2+} . Значит, **1** — **иодид бария**, так как гидрофосфат и фосфат нерастворимы в воде, а **2** — **серная кислота**.

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 11 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

Задание № 1.1

Общее условие:

«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»

Добродушный доктор Ливси предостережёт старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебржёт советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение $C = C_0 - kt$, где C — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени t , C_0 — его начальная концентрация, k — константа скорости реакции, равная $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$, t — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 45 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 400 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

Условие:

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

Ответ:

- Да
- Нет
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [17; 18]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

Найдём концентрацию активного компонента рома в теле Билли Бонса после употребления напитка: $C_0 = \frac{0.4 \cdot 0.6}{45 + 0.4} = 0.0053 = 0.53\%$ по объёму => старому пирату несдобровать, так как он превысил порог, о котором говорил доктор Ливси.

Рассчитаем, через какое время концентрация активного компонента рома в теле Билли Бонса упадёт вдвое:

$$C = C_0 - kt, \text{ но } C = 0.5C_0 \Rightarrow 0.5C_0 = kt \Rightarrow t = 1060 \text{ мин} \sim 18 \text{ ч}$$

Задание № 1.2

Общее условие:

«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»

Добродушный доктор Ливси предостерёг старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебрёг советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение $C = C_0 - kt$, где C — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени t , C_0 — его начальная концентрация, k — константа скорости реакции, равная $2.5 \cdot 10^{-4} \text{ мин}^{-1}$, t — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 55 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 600 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

Условие:

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

Ответ:

- Да
- Нет
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [21; 22]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 1.3

Общее условие:

«Слово ром и слово смерть для вас означают одно и то же»

Добродушный доктор Ливси предостерёг старого пирата Билли Бонса от употребления рома. Однако морской волк пренебрёг советом доктора и продолжил пить ром. Организм Билли Бонса перерабатывает физиологически активный компонент рома по реакции нулевого порядка, для которой выполняется соотношение $C = C_0 - kt$, где C — концентрация компонента в жидкостях организма в объёмных процентах в момент времени t , C_0 — его начальная концентрация, k — константа скорости реакции, равная $2.5 \cdot 10^{-4}$ мин⁻¹, t — прошедшее время. Объём жидкости в организме старого пирата равен 60 литрам; известно, что Бонс осушил бутылку с 700 мл рома с концентрацией 60 % по объёму.



Доктор Ливси предупредил, что если концентрация активного компонента в организме будет выше 0.5 % по объёму, то пирату несдобровать.

Условие:

Превысил ли Билли Бонс порог, о котором говорил доктор Ливси?

Ответ:

- Да
- Нет
- Невозможно определить

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время концентрация активного компонента в организме упадет вдвое? Ответ выразите в часах, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [23; 24]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 2

Условие:

Установите соответствие между анаграммами названий (систематических или тривиальных) химических веществ и их формулами. Например: курносый мопед — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (анаграмма тривиального названия «медный купорос»).

Анаграммы — перестановки букв в словах или словосочетаниях, приводящие к появлению новых слов или словосочетаний, при этом слов может стать больше или меньше, строчные буквы могут стать заглавными или наоборот.

Ответ:

Красноярская вольная	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
Обслуга вольера	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Дом Хиллари	$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$
Неофитка Ляля	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}$
Свирепый Днестр	CH_3OH
Дикая Лиза	KN_3

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 6 баллов

Решение.

Красноярская вольная — красная кровяная соль — $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

Обслуга вольера — глауберова соль — $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Дом Хиллари — амилхлорид — $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Cl}$

Неофитка Ляля — фенолят калия — $\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}$

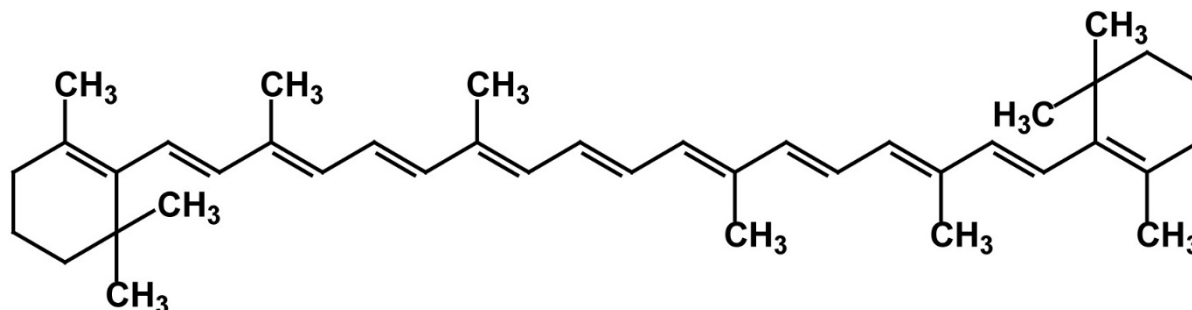
Свирепый Днестр — древесный спирт — CH_3OH

Дикая Лиза — азид калия — KN_3

Задание № 3

Условие:

Дана структурная формула α -каротина, предшественника витамина А.



Выберите реактивы, с которыми способен взаимодействовать α -каротин:

Ответ:

- $\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$
- $\text{Ag}_2\text{O}/\text{NH}_3$
- PCl_5
- H_2/Pd
- Br_2/CCl_4
- NaOH
- O_2
- $\text{Cu}(\text{OH})_2$

За каждый верный ответ — 1 балл

При выборе более 4 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 4 баллов

Решение.

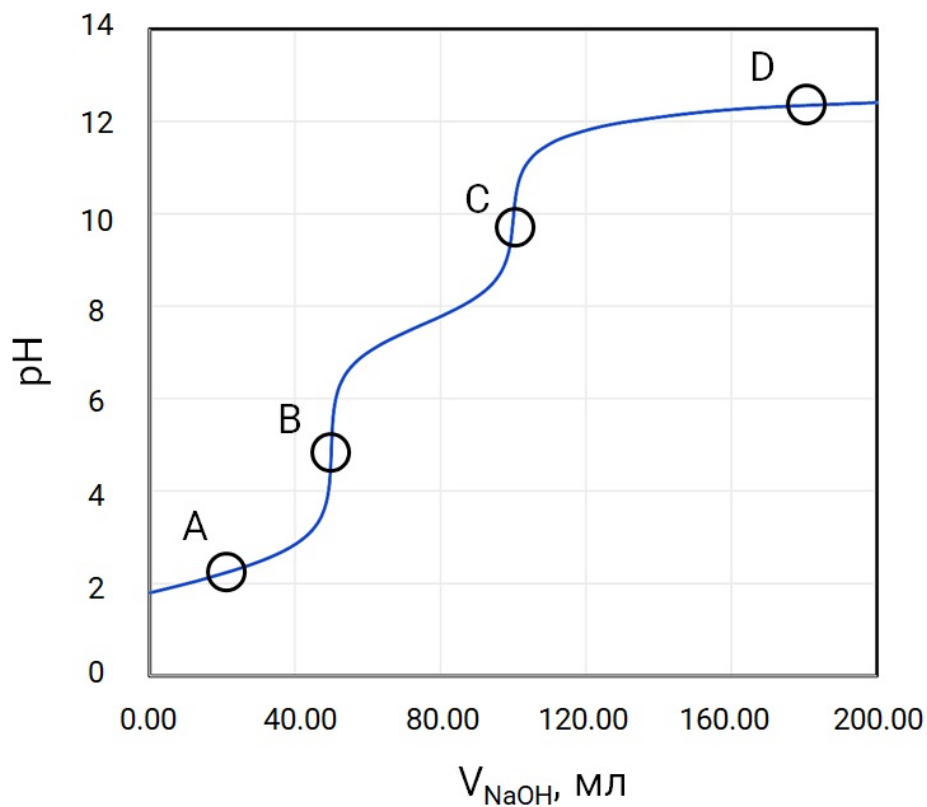
Молекула α -каротина содержит большое число двойных связей, поэтому для неё будут характерны реакции алкенов: окисление перманганатом калия,

гидрирование, присоединение брома. Как и практически любая органическая молекула, она также способна гореть в присутствии кислорода.

Задание № 4

Общее условие:

Дана кривая титрования щелочью трёхосновной кислоты H_3A .



Условие:

Установите соответствие между точками на кривой титрования и формой кислоты с наибольшей концентрацией в растворе.

Ответ:

A^{3-}	D
HA^{2-}	C
H_2A^-	B
H_3A	A

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 4 балла

Условие:

Какая из этих точек соответствует буферному раствору?

Ответ:

- A
- B
- C
- D

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

По мере добавления щёлочи происходит последовательное отщепление протонов от молекулы кислоты в порядке $\text{H}_3\text{A} \rightarrow \text{H}_2\text{A}^- \rightarrow \text{HA}^{2-} \rightarrow \text{A}^{3-}$.

Точки эквивалентности B и C соответствуют превращению кислоты в H_2A^- и HA^{2-} соответственно. В точке D в растворе содержится избыток щёлочи и преобладает форма A^{3-} . В точке A к раствору кислоты добавлено меньше половины от эквимольного количества щёлочи, поэтому в растворе преобладает форма H_3A .

Задание № 5

Условие:

Ваша мама нашла в кладовой чайник, который вы теперь хотите приспособить на даче. Однако из-за длительного использования для кипячения воды из-под крана на стенках чайника образовался налёт. Из перечисленных подручных средств выберите все те, которые помогут избавиться от налёта:



Ответ:

- Уксусная кислота
- Нашатырный спирт
- Ром
- Лимонная кислота
- Поваренная соль
- Сахар

За каждый верный ответ — 1.5 балла

Штраф за каждый неверный ответ — 1.5 балла

При выборе более 3 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 3 балла

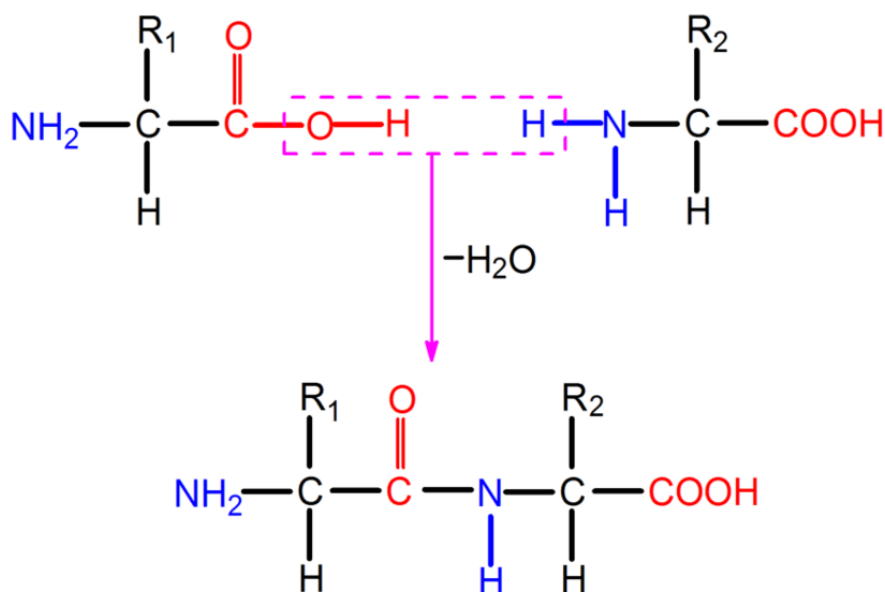
Решение.

Накипь преимущественно состоит из карбонатов магния и кальция, которые растворимы в кислотах. Поэтому следует взять уксусную или лимонную кислоту, остальные вещества не смогут растворить накипь.

Задание № 6

Общее условие:

20 природных аминокислот, кодируемых стандартным генетическим кодом и различающихся строением заместителя R при α -атоме углерода, называют каноническими или протеиногенными. При конденсации аминокислот друг с другом с отщеплением воды образуются пептиды. Из двух аминокислот получают дипептиды, из трёх — трипептиды и т.д.



Условие:

Сколько линейных дипептидов можно составить, используя только канонические аминокислоты?

Ответ: 400

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Условие

Сколько циклических дипептидов, которые получаются при отщеплении воды от концевых групп линейных дипептидов, можно составить, используя только канонические аминокислоты?

Ответ: 210

Точное совпадение ответа — 1.5 балла

Условие:

Сколько существует линейных пентапептидов, образованных каноническими аминокислотами без повторений аминокислот внутри одного пептида?

Ответ: 1860480

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 5 баллов

Решение.

В первом случае есть 20 вариантов выбрать первую аминокислоту и 20 вариантов выбрать вторую, что даёт 400 комбинаций.

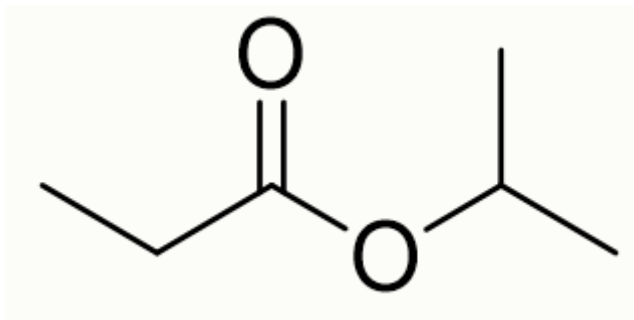
В случае циклизации таких дипептидов последовательности А–В и В–А, различимые в первом варианте, дадут одинаковые циклические дипептиды. Это не будет распространяться на симметричные дипептиды А–А, которые имеет смысл посчитать отдельно. Тогда число вариантов — 20 (симметричные) + $20 \cdot 19 / 2 = 210$.

В третьем случае есть 20 вариантов выбрать первую аминокислоту, 19 — выбрать вторую, 18 — выбрать третью, 17 — выбрать четвёртую и 16 — выбрать пятую. Число комбинаций равно произведению этих чисел — 1860480.

Задание № 7

Общее условие:

Алкен **A** окислили перманганатом калия в кислой среде с образованием продуктов **B** и **C**. Продукт **C** восстановили с образованием вещества **D**. В реакции **D** с веществом **B** в присутствии небольшого количества серной кислоты образуется **E**, структура которого изображена ниже:



Условие:

Что представляют из себя вещества **B** и **C**?

Ответ:

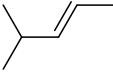
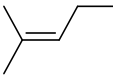
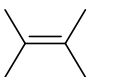
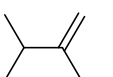
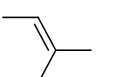
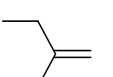
- кислота и спирт
- кислота и кетон
- кислота и альдегид
- две кислоты

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Выберите возможную структуру алкена **A**:

Ответ:

- 
- 
- 
- 
- 
- 

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Сложные эфиры образуются в ходе взаимодействия спирта и карбоновой кислоты. Если гидролизовать приведённый в условии эфир, образуются пропановая кислота и пропанол-2. Продуктом восстановления может быть только спирт, тогда D — это пропанол-2. Это вещество может быть продуктом восстановления ацетона (C).

Чтобы в результате окисления алкена образовались ацетон и пропановая кислота, алкен А должен иметь структуру 2-метилпентена-2.

Задание № 8

Общее условие:

Образец бесцветной соли массой 0.228 г нагрели до температуры чуть больше 100 °С, в результате чего она разложилась со взрывом с образованием газа и 0.162 г твёрдого остатка металла, легко растворяющегося в разбавленной азотной кислоте. Выделившийся при разложении газ объёмом 33.6 мл (н.у.) вызывает помутнение известковой воды.

Условие:

Запишите формулу выделившегося при разложении газа.

Ответ: CO₂

Точное совпадение ответа — 1 балл

Условие:

Запишите химический символ выделившегося при разложении металла.

Ответ: Ag

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Запишите первую букву в русском тривиальном названии кислоты, которой образована исходная соль.

Ответ: Щ

Точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

Проще всего сразу предположить, что при разложении соли выделился углекислый газ CO_2 . Из объёма газа найдём его количество:

$$v_{\text{(газа)}} = \frac{0.0336}{22.4} = 0.0015 \text{ моль.}$$

Таким образом, соль состоит только из атомов металла, углерода и кислорода.

Найдём массовую долю металла и « CO_2 » фрагмента:

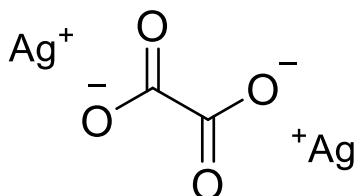
$$\omega_{\text{металла}} = \frac{0.162}{0.228} = 0.711, \quad \omega(\text{CO}_2) = 1 - 0.711 = 0.289.$$

Найдём молярную массу исходной соли:

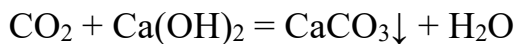
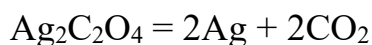
$$M_{\text{(соли)}} = \frac{0.228}{0.0015} = 152 \text{ г/моль, что соответствует одному «CO}_2\text{» фрагменту}$$

и металлу с молярной массой: $M_{\text{(соли)}} = 152 - 44 = 108 \text{ г/моль}$. Это молярная масса серебра Ag.

Таким образом, соль имеет состав AgCO_2 . Такого соединения нет, разумно, что это — серебро, присоединённое к карбоксильной группе. Тогда эти группы логично соединить друг с другом и получить оксалат серебра — соль щавелевой кислоты.



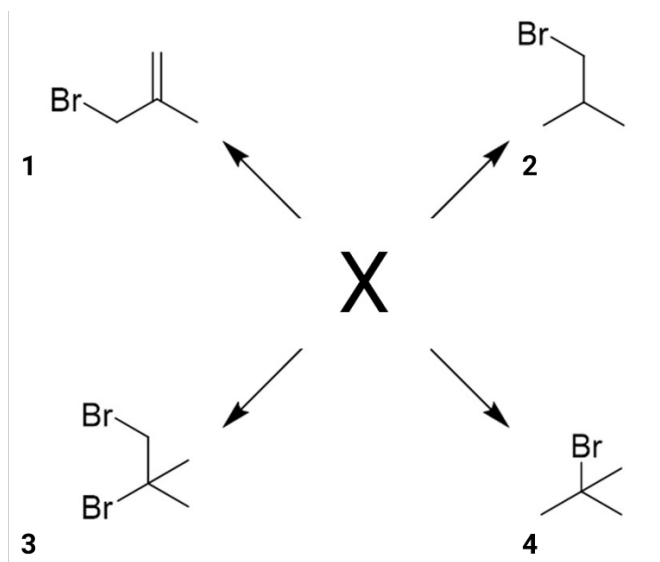
Уравнения реакций:



Задание № 9

Условие:

При обработке некоторого вещества X различными реагентами были получены следующие органические продукты:



Установите соответствие между продуктом и условиями, в которых он образуется.

Ответ:

1	Br_2/t
2	HBr/ROOR
3	Br_2/CCl_4
4	$\text{HBr}/\text{H}_2\text{O}$

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 4 балла

Решение.

Во всех продуктах угадывается углеродный скелет 2-метилпропана. При этом наличие двойной связи в одном из продуктов, а также условия протекания

многих реакций позволяют предположить, что речь идёт об алкене. Исходное вещество — 2-метилпропен.

Среди продуктов легко узнаётся продукт электрофильного присоединения HBr (HBr/H₂O). Последнее протекает в соответствии с правилом Марковникова и даёт 2-бром-2-метилпропан.

В продуктах есть ещё один результат присоединения HBr — 1-бром-2-метилпропан. Антимарковниковский продукт образуется при смене механизма реакции на радикальный, что достигается в присутствии перекиси (HBr/ROOR).

1,2-дибром-2-метилпропан — классический продукт электрофильного присоединения брома; реакция осуществляется в инертном растворителе (Br₂/CCl₄).

Наконец, оставшийся продукт — 3-бром-2-метилпропен-1 — образуется в радикальных условиях как продукт аллильного замещения водорода с участием радикалов брома. Для проведения этой реакции требуется высокая температура (Br₂/t).

Задание № 10

Условие:

Выберите брутто-формулы, которые НЕ могут иметь устойчивые при обычных условиях индивидуальные органические соединения?

Ответ:

- ✓ $C_3H_7ON_2$
- ✓ $C_2H_{10}O_2$
- $C_3H_7ON_3$
- $C_{20}H_2$
- $C_4H_{13}ON$
- ✓ $C_2H_2O_{10}$

За каждый верный ответ — 1 балл

При выборе более 4 пунктов — 0 баллов

Максимальный балл за задание — 3 балла

Решение.

Алканы имеют формулу C_nH_{2n+2} . В результате образования двойных связей, циклов и т.д. количество атомов водорода может только уменьшаться. При введении в молекулу трёхвалентного атома азота появляется возможность присоединить дополнительный атом водорода, что нарушает чётность количества водорода в соединении. Введение двухвалентного кислорода никак не влияет на соотношение углерод/водород.

Рассмотрим каждое из веществ подробно. $C_3H_7ON_2$ содержит нечётное число атомов водорода, но два атома азота — это явное противоречие, так как введение двух атомов азота вновь делает число атомов водорода чётным. Такое вещество существовать не может.

В соединении $C_2H_{10}O_2$ количество атомов водорода больше, чем в соответствующем алкане C_2H_6 , чего нельзя достичь за счёт валентных возможностей кислорода. Такое вещество существовать не может.

$C_3H_7ON_3$ содержит нечётное количество атомов водорода и азота, что удовлетворяет требованиям валентности. Это вещество существует.

$C_{20}H_2$ может быть получено из соответствующего алкана за счёт образования большого количества тройных связей. Это вещество существует.

$C_4H_{13}ON$ содержит на 3 атома водорода больше, чем соответствующий алкан. Если считать азот трёхвалентным, такая формула не реализуется. Однако азот может проявлять условную валентность V за счёт участия НЭП в образовании связи и образования ионной связи с гидроксид-ионом: $(CH_3)_4N^+ OH^-$. Фактическая валентность азота здесь IV, ионные связи не подсчитываются при определении валентности элемента. Это вещество существует.

$C_2H_2O_{10}$ содержит крайне большое число атомов кислорода при небольшом количестве атомов углерода. Хотя формально структуру можно построить с использованием нормальных валентностей элементов, она неизбежно будет содержать множественные пероксидные связи O-O, что обуславливает низкую стабильность. Такое вещество существовать не может.

Задание № 11.1

Общее условие:

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 5, а реакции:



при тех же условиях равна 3.

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции: $2A + 4B = 6C$ при тех же условиях?

Ответ: 25

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции $2C = 2B + D$ при тех же условиях?

Ответ: 0.6

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение.

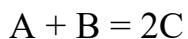
Если коэффициенты в уравнении реакции изменяются в n раз, то величина константы равновесия реакции возводится в степень n . Поэтому константа равна $5^2 = 25$.

Уравнение третьей реакции можно получить вычитанием из второго уравнения первого. Константа равновесия третьей реакции может быть получена делением константы равновесия второй реакции на константу равновесия первой: $K_3 = K_2/K_1 = 0.6$.

Задание № 11.2

Общее условие:

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 10, а реакции:



при тех же условиях равна 15.

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции: $2A + 2B = 4C$ при тех же условиях?

Ответ: 100

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции $C = B + D$ при тех же условиях?

Ответ: 1.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

Решение по аналогии с заданием № 11.1

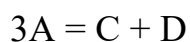
Задание № 11.3

Общее условие:

Константа равновесия реакции газофазной реакции:



при некоторых условиях равна 8, а реакции:



при тех же условиях равна 4.

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции: $4A + 2B = 2C$ при тех же условиях?

Ответ: 64

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равна константа равновесия реакции $A = B + D$ при тех же условиях?

Ответ: 0.5

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

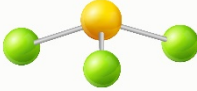
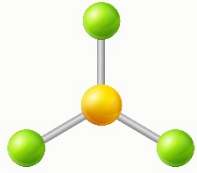
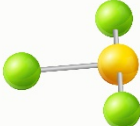
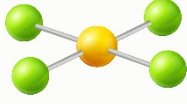

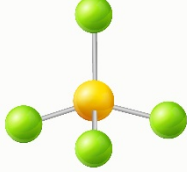
Решение по аналогии с заданием № 11.1

Задание № 12

Условие:

На рисунке приведены структуры молекул фторидов некоторых элементов. Установите соответствие между структурами и элементами, образующими их центральные атомы.

Ответ:

P	
B	
Cl	
Xe	
Se	
Ge	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 3 балла

Решение.

Имеющиеся элементы можно сразу разбить на трёх- и четырёхвалентные. Так, Se, Ge и Xe будут образовывать молекулы ЭF_4 , а Cl, B и P — молекулы ЭF_3 .

Изображённые структуры значительно отличаются геометрией.

Рассмотрим сначала молекулы ЭF_4 . Простейшая тетраэдрическая геометрия реализуется, когда у центрального атома не остаётся неподелённых электронных пар (НЭП), что справедливо для германия. При переходе к Se у центрального атома появляется одна НЭП. В этом случае реализуется sp^3d -гибридизация, которая в случае четырёх заместителей даёт геометрию дисфеноида. В случае ксенона (2 НЭП) — sp^3d^2 -гибридизация и геометрия «плоский квадрат».

В случае ЭF_3 форма плоского треугольника реализуется, когда центральный атом не имеет НЭП — это бор. Появление одной НЭП выводит атомы фтора из плоскости, приводя к пирамидальной молекуле — фосфор. Наконец, Т-образная геометрия реализуется при наличии двух НЭП и трёх заместителей у центрального атома — это случай хлора.