

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.

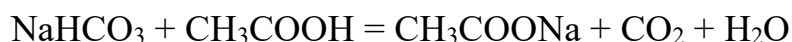
При помощи паров иода можно проявить отпечаток пальца — они будут преимущественно осаждаться на жировом следе пальца.

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:

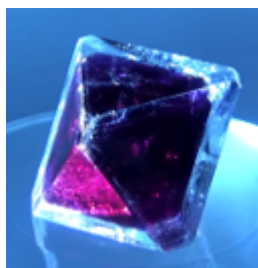
$$m(75\% \text{ р-ра}) = 0.35 \text{ г} / 0.7 = 0.5 \text{ г}$$

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

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 $\text{KAl(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. 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:
$$\omega(\text{O}) / \omega(\text{S}) = (20 \cdot 16) / (32 \cdot 2) = 5.$$

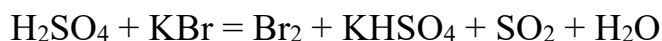
Молярную массу искомого элемента можно получить, умножив молярную массу алюминия на соотношение: $1.926 \cdot 27 = 52$ г/моль, что соответствует хрому.

Задание № 4

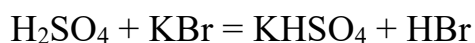
Общее условие:

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:

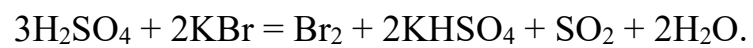
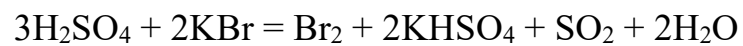
Сколько граммов простого вещества можно получить из 10 мл 98 % ($\rho = 1.84$ г/мл) раствора H_2SO_4 , если считать, что реакция с KBr расходует всю имеющуюся серную кислоту. Ответ округлите до десятых.

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.

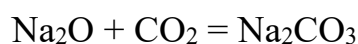
Ответ:

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:

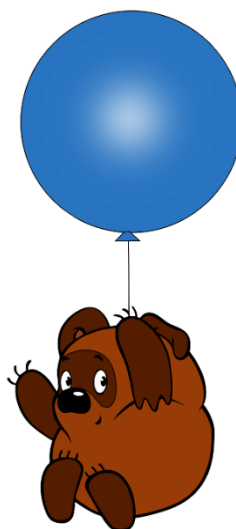
$$m(\text{HCl}) = 0.131 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 4,78 \text{ г}$$

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

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.