Максимальное количество баллов за олимпиаду — 50

Задание 1. Вариант 1.

а) Вода — это

Ответ: вещество

б) . . . , без которого невозможно представить жизнь на нашей планете. Вода является. . .

Ответ: бинарным

в) соединением.

Ответ: Молекула

г) . . . воды состоит из двух. . .

Ответ: атомов

д) . . . водорода и. . .

Ответ: одного атома

е) . . . кислорода. Вода является продуктом горения. . .

Ответ: водорода.

ж) Химическое название воды —

Ответ: монооксид дигидрогена

з) При стандартных условиях (25 °C, 1 атм) вода представляет собой. . .

Ответ: жидкость

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 2 балла. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) Элемент — это совокупность атомов с одинаковым зарядом атомных ядер. Вещество — это то, из чего состоят физические тела. Выделяют простые вещества, состоящие из атомов одного элемента (например, O_2) и сложные вещества, состоящие из атомов двух или более элементов (например, H_2O). Поэтому, «вода — это вещество, без которого невозможно представить жизнь на нашей планете».

б) Бинарные соединения — химические вещества, образованные двумя химическими элементами. Поэтому, «вода является бинарным соединением».

в, д) Атом — мельчайшая частица вещества, наименьшая часть химического элемента, которая сохраняет его свойства. Молекула — наименьшая частица вещества, способная существовать самостоятельно, сохраняющая его состав и химические свойства. Молекула может образовываться из двух или более атомов, связанных химическими связями. Поэтому, «молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода».

е) Горение водорода — это химическая реакция, при которой водород (H_2) вступает в взаимодействие с кислородом (O_2) с образованием воды (H_2O) и выделением энергии. Уравнение реакции:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + Q$$

Поэтому, «вода является продуктом горения водорода».

ж) Монооксид дигидрогена — одно из научных названий воды, имеющей формулу H_2O. В этом названии H_2 — «дигидроген» (двойной гидроген, лат. Hydrogenium — водород), а O — «монооксид» (кислород). Поэтому, «химическое название воды — монооксид дигидрогена».

з) Стандартные условия — это определённые значения температуры, давления и влажности воздуха, которые используются для характеристики газа. Значение стандартного давления было установлено равным 101325 Па = 1 атм = 760 мм рт. ст. В качестве стандартных условий указывается температура 298 K = 25 °C. Поэтому, «при стандартных условиях вода представляет собой жидкость».

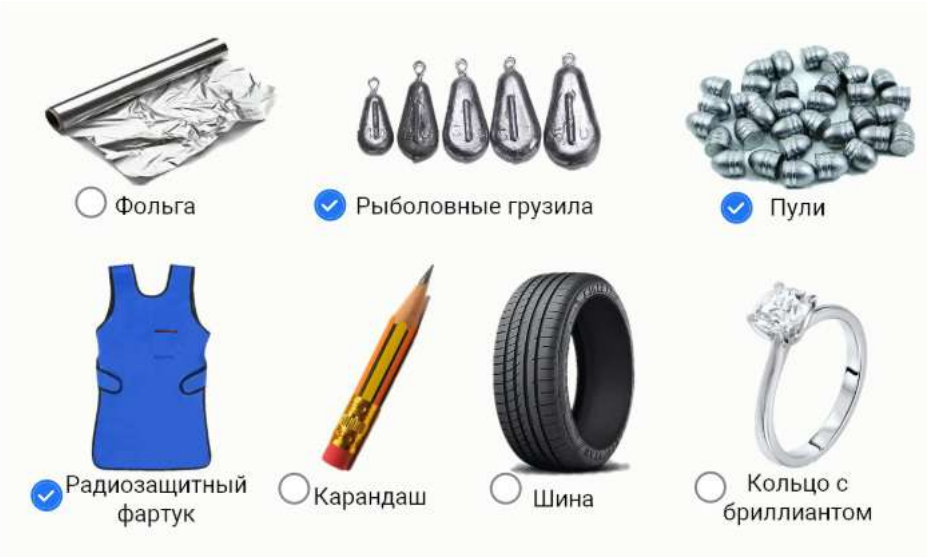
Задание 2. Навеску некого металла M массой 62.2 г растворили в соляной кислоте при нагревании. При этом выделился газ объёмом 6.72 л (н. у.).

а) Запишите русское название металла M.

Ответ: свинец

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) В составе каких предметов присутствует металл M?



Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 3 балла
Максимальный балл за задание — 5
Решение.
Уравнение реакции можно представить, как:

$$2\mathrm{M} + 2\mathrm{xHCl} = 2\mathrm{MCl}_x + \mathrm{xH}_2,$$

где x — натуральное число. Количество газа H_2, выделившееся в ходе реакции:

$$\mathrm{n(H_2)} = \frac{\mathrm{V(H_2)}}{\mathrm{V}_m} = \frac{6.72}{22.4} = 0.3 \text{ моль}.$$

Тогда количество металла M:

$$\frac{n(\mathrm{M})}{2} = \frac{n(\mathrm{H_2})}{\mathrm{x}},$$

$$n(\mathrm{M}) = 2n\frac{\mathrm{H_2}}{\mathrm{x}},$$

$$n(\mathrm{M}) = \frac{2 \cdot 0.3}{x},$$

$$n(\mathrm{M}) = \frac{0.6}{x}$$

Молярная масса металла M:

$$\mathrm{M(M)} = \frac{m(\mathrm{M})}{n(\mathrm{M})} = \frac{62.2}{0.6 \cdot x} = 103.67x \text{ г/моль}.$$

Перебрав ближайшие натуральные числа для x, получим логичный вариант при $x = 2$:

$$\mathrm{M(M)} = 103.67 \cdot 2 = 207.34 \text{ г/моль},$$

что соответствует свинцу Pb. Свинец входит в состав сплавов, из которых делают рыболовные грузила, пули и радиозащитные фартуки.

Задание 3. Вариант 1. В 3 моль вещества содержится $1.26 \cdot 10^{25}$ атомов. Какое вещество это может быть?

Ответ:

- H_2O
- ✓ Fe_3O_4
- $KMnO_4$
- O_2
- HNO_3
- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
- $Al(NO_3)_3$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла
Максимальный балл за задание — 4
Решение.
Количество атомов, входящих в молекулу, можно рассчитать по формуле:

$$\text{N (атомов в молекуле)} = \frac{\text{N (атомов в вещ-ве)}}{\text{N}_\text{A} \cdot n \text{ (вещ-ва)}} = \frac{(1.26 \cdot 10^{25})}{(6.022 \cdot 10^{23}) \cdot 3} = 7,$$

что соответствует формуле Fe_3O_4.

Задание 3. Вариант 2. В 3 моль вещества содержится $1.08 \cdot 10^{25}$ атомов. Какое вещество это может быть?

Ответ:

- H_2O
- Fe_3O_4
- ✓ $KMnO_4$
- O_2
- HNO_3
- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
- $Al(NO_3)_3$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 3. Вариант 3. В 3 моль вещества содержится $9.03 \cdot 10^{24}$ атомов. Какое вещество это может быть?

Ответ:

- H_2O
- Fe_3O_4
- $KMnO_4$
- O_2
- ✓ HNO_3
- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
- $Al(NO_3)_3$

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 4. В этом году исполняется 410 лет со дня публикации Tyrocinium Chymicum — первого учебника химии, содержащего уравнения химических реакций. Заполните пропуски.


TYROCINIUM CHYMICUM
JOHANNIS BEGUINI
REGIS GALLIÆ ELEEMOSYNARII,
Antehac
à
Viris Clariss.
DN. CHRISTOPHORO Glüdradt/
ET
DN. JEREMIA BARTHIO, Philos. & Medic. DD. &c.
Notis elegantibus illustratum, formulisq. medicamentorum optimis & fere usitatissimis auctum:
Nunc verò
à
JOHANNE-GEORGIO PELSHOFERO
Medic. D. & in Acad. Wittenb. Prof.
Utriusq. Notis & medicamentorum formulis in unum syllema redactis;
Denuo, amicorum rogatu, in publicum emissum, ac triplici indice ornatum.
WITTEBERGÆ
Impensis ANDREÆ HARTMANNI, Bibliopol.
Typis Johannis Röhneri, Acad. Typogr.
ANNO M. DC. L.

$$3Ba(OH)_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2 + \ldots$$

Ответ: $6H_2O$

$$2Na + \ldots$$

Ответ: $2H_2O$

$$\rightarrow 2NaOH + H_2$$
$$4Fe + \ldots$$

Ответ: $3O2$

$$\ldots + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$$
$$2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + \ldots$$

Ответ: O_2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

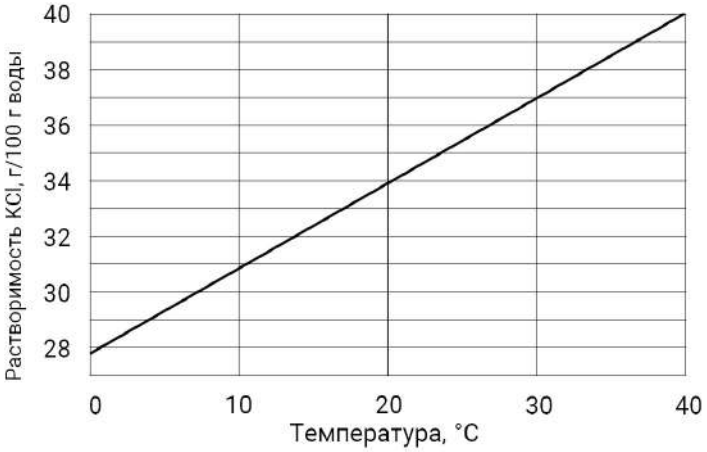
Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Уравнение химической реакции основывается на законах стехиометрии, и, в первую очередь, на законе сохранения массы веществ в химических реакциях.

$$3Ba(OH)_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2 + 6H_2O$$
$$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$$
$$4Fe + 3O_2 + 6H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$$
$$2KMnO_4 \rightarrow K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

Задание 5. Вариант 1. К 120 г воды при температуре 30 °C добавили 66.6 г хлорида калия и тщательно перемешали. На графике представлена зависимость растворимости хлорида калия в воде от температуры.



а) Определите массовую долю соли в растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 27

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

б) Сколько воды необходимо добавить, чтобы растворить весь хлорид калия при этой температуре? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Ответ: 60

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) На графике видно, что при 30°C растворяется 37 г хлорида калия на 100 г воды. Составим пропорцию:

$$x \text{ г KCl} - 120 \text{ г } H_2O,$$
$$37 \text{ г KCl} - 100 \text{ г } H_2O.$$

Следовательно, хлорида калия растворилось в воде:

$$x = \frac{(120 \cdot 37)}{100} = 44.4 \text{ г.}$$

Масса раствора будет состоять из массы воды и массы растворенного хлорида калия:

$$m \text{ (р-ра)} = 120 + 44.4 = 164.4 \text{ г.}$$

Тогда массовая доля вещества в растворе:

$$\omega(\text{KCl}) = \frac{\text{m(KCl)}}{\text{m(р-ра)}} \cdot 100\ \% = \frac{44.4}{164.4} \cdot 100\ \% = 27\ \%.$$

б) Составим пропорцию:

$$66.6 \text{ г KCl} - \text{y г } H_2O,$$
$$37 \text{ г KCl} - 100 \text{ г } H_2O.$$

Следовательно, масса требуемой воды для полного растворения хлорида калия:

$$y = \frac{(66.6 \cdot 100)}{37} = 180 \text{ г.}$$

Масса воды, которую требуется добавить:

$$\text{m}(H_2O) = 180 - 120 = 60 \text{ г.}$$

Матрица параметров и ответов к вариантам задания 5.

№ варианта	Температура	Масса воды	Масса навески	Массовая доля соли	Вода для добавления
1	30	120	66.6	27	60
2	30	130	77.7	27	80
3	30	140	88.8	27	100
4	30	150	99.9	27	120
5	30	160	111	27	140
6	30	170	122.1	27	160
7	30	180	133.2	27	180
8	30	190	144.3	27	200
9	30	200	155.4	27	220

Задание 6. Элемент X может образовывать множество соединений.

а) Определите классы этих соединений по их формулам.

В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца. Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.

Ответ:

$K_2X_2O_3$	Средняя соль
XO_2	Оксид
H_2XO_4	Кислота
X_8	Неметалл
	Основание, Кислая соль, Металл

б) Запишите химический символ элемента X.

Ответ: S

Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

а) Оксид — сложное вещество, состоящее из двух элементов, одним из которых является кислород в степени окисления −2. Следовательно, XO_2 — оксид.

Основание — сложное вещество, состоящее из атомов металла и гидроксогруппы. Такого нет.

Кислая соль — продукт неполного замещения атомов водорода многоосновной кислоты на атомы металла. Такого нет.

Металл — простое вещество, для которого типична формула вида X. Такого нет.

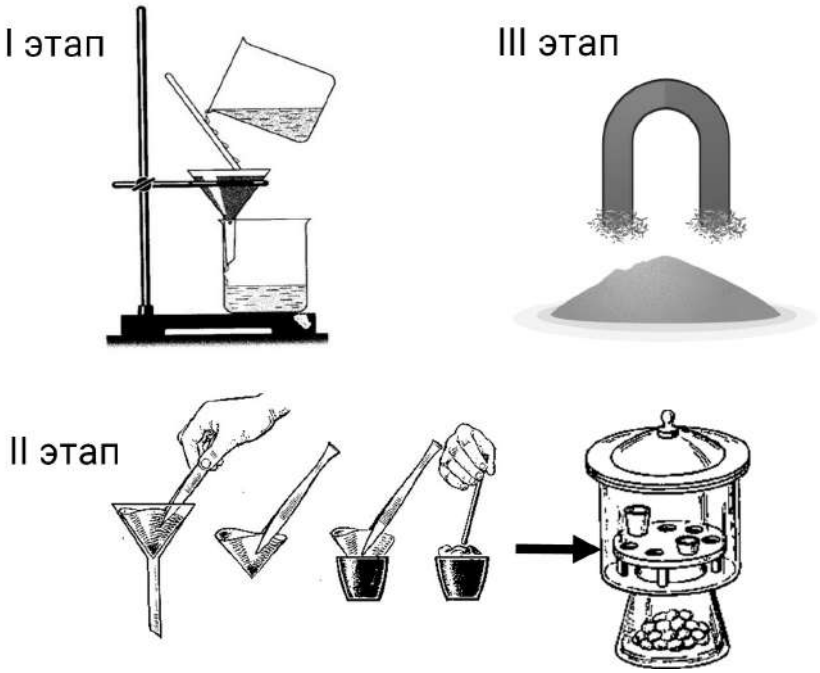
Кислота — сложное вещество, молекулы которого состоят из атомов водорода и кислотных остатков. Следовательно, H_2XO_4 — кислота.

Неметалл — простое вещество, у которого часто встречаются внутримолекулярные коэффициенты в формуле вида X_n. Следовательно, X_8 — неметалл.

Средняя соль — продукт полного замещения атомов водорода в кислоте на металл. Следовательно, $K_2X_2O_3$ — средняя соль.

б) Формула простого вещества — неметалла X_8 сразу наталкивает на серу S. Это также подтверждается существование остальных веществ серы: $K_2X_2O_3$ — тиосульфат калия $K_2S_2O_3$, XO_2 — оксид серы (IV) SO_2, H_2XO_4 — серная кислота H_2SO_4, X_8 — сера S_8.

Задание 7. Для разделения компонентов смеси, состоящей из трёх веществ, использовали следующую последовательность действий:



Из каких компонентов могла состоять такая смесь?

Ответ: Из чугуна, воды и воска

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Для разделения компонентов смеси использовали фильтрование, высушивание осадка в эксикаторе, а затем разделение магнитом. А значит в смеси должны были находиться один жидкий и два твёрдых компонента, причём одно из твёрдых веществ магнитится. При этом компоненты не должны реагировать между собой (как сода и уксус, например). Подходит только случай с чугуном, водой и воском.

Задание 8. Вариант 1. Расставьте индексы в формуле основного компонента изумруда, учитывая, что все элементы в соединении проявляют максимальную валентность, а массовая доля алюминия в нём равна 10 .



Be		Al		Si_6O_{18}

Ответ:

Be	3	Al	2	Si_6O_{18}

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

Составим баланс зарядов, учитывая максимальную валентность каждого элемента в веществе Be^{+2} xAl^{+3} ySi^{+4} $6O_{18}^{-2}$:

$$2x + 3y + 4 \cdot 6 - 2 \cdot 18 = 0,$$
$$2x + 3y - 12 = 0.$$

Также массовая доля алюминия рассчитывается, как:

$$\omega(Al) = \frac{(\mathrm{M(Al)} \cdot y)}{\mathrm{M(Be_xAl_ySi_6O_{18})}} \cdot 100\ \% = \frac{27y}{(9x + 27y + 28 \cdot 6 + 16 \cdot 18)} \cdot 100\ \% == \frac{27y}{(9x + 27y + 456) \cdot 100\ \%} = 10\ \%$$

Решая систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 3y - 12 = 0 \\ \dfrac{27y}{(9x + 27y + 456) \cdot 100} = 10 \end{cases}$$

получим $x = 3$, $y = 2$.

Формула изумруда — $Be_3Al_2Si_6O_{18}$.

Задание 8. Вариант 2. Расставьте индексы в формуле основного компонента изумруда, учитывая, что все элементы в соединении проявляют максимальную валентность, а массовая доля бериллия в нём равна 5.

Be		Al_2Si		O_{18}

Ответ:

Be	3	Al_2Si	6	O_{18}

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 8. Вариант 3. Расставьте индексы в формуле основного компонента изумруда, учитывая, что все элементы в соединении проявляют максимальную валентность, а массовая доля кремния в нём равна 31 .

Be_3Al		Si		O_{18}

Ответ:

Be_3Al	2	Si	6	O_{18}

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

Задание 9. Запишите химические символы элементов А, Б, В и Г, если известно, что:

- А и Б располагаются в одной группе таблицы Д. И. Менделеева;
- Б, В и Г находятся в одном и том же малом периоде таблицы Д. И. Менделеева;
- А образует простое газообразное вещество (н. у.), являющееся основным компонентом нашего Солнца и большинства других звезд;
- Б является металлом, который при попадании в воду может воспламениться;
- В образует высший оксид вида BO_2;
- Г — это тяжёлый (тяжелее воздуха) инертный газ.

Ответ:

А : H	Б : Na	В : Si	Г : Ar

Критерий оценивания: за каждый верный ответ — 1 балл. Всего 4 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

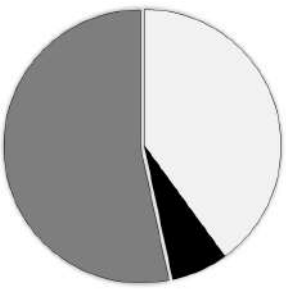
Начнем рассуждения с элемента Г. Так как, Г образует тяжёлый инертный газ, то он должен весить более 29 г/моль и находиться в VIIIA группе. Это могут быть Ar, Kr, Xe, Rn. Но только Ar находится в малом периоде. Значит, Г — Ar.

Тогда, Б и В также находятся в 3 периоде. При этом В образует высший оксид вида BO_2, а значит проявляет высшую валентность IV, то есть находится в IV группе. Значит, В — Si.

Элемент Б — металл, в 3 периоде только три металла Na, Mg, Al.

Элемент А образует газообразное простое вещество, то есть является неметаллом. При этом элемент А находится в той же группе, что и металл Б. Значит подходит только пара: А — H, Б — Na.

Задание 10. Массовые доли элементов в неизвестном веществе представлены на диаграмме. Выберите формулу этого вещества:



Ответ: CH_3COOH

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 3

Решение.

На диаграмме видно, что вещество состоит только из трех элементов. Подходят $CaCO_3$, CH_3COOH, $CuSO_4$. Рассчитаем массовые доли элементов в этих веществах. В карбонате кальция $CaCO_3$:

$$\omega(\text{Ca}) = \frac{40}{(40 + 12 + 16 \cdot 3)} \cdot 100\ \% = 40\ \%,$$

$$\omega(\text{C}) = \frac{12}{(40 + 12 + 16 \cdot 3)} \cdot 100\ \% = 12\ \%,$$

$$\omega(\text{O}) = \frac{(16 \cdot 3)}{(40 + 12 + 16 \cdot 3)} \cdot 100\ \% = 48\ \%.$$

В уксусной кислоте CH_3COOH:

$$\omega(C) = \frac{(12 \cdot 2)}{(12 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 16 \cdot 2)} \cdot 100\ \% = 40\ \%,$$
$$\omega(H) = \frac{(1 \cdot 4)}{(12 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 16 \cdot 2)} \cdot 100\ \% = 7\ \%,$$
$$\omega(O) = \frac{(16 \cdot 2)}{(12 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 16 \cdot 2)} \cdot 100\ \% = 53\ \%.$$

В сульфате меди (II) $CuSO_4$:

$$\omega(Cu) = \frac{64}{(64 + 32 + 16 \cdot 4)} \cdot 100\ \% = 40\ \%,$$
$$\omega(S) = \frac{32}{(64 + 32 + 16 \cdot 4) \cdot 100}\ \% = 20\ \%,$$
$$\omega(O) = \frac{(16 \cdot 4)}{(64 + 32 + 16 \cdot 4)} \cdot 100\ \% = 40\ \%.$$

Заметим, что только в уксусной кислоте CH_3COOH массовая доля одного из элементов превышает 50 %, а значит на диаграмме изображены массовые доли элементов в CH_3COOH.

Задание 11. Установите соответствие между формулами и характеристиками веществ.

В этом задании каждому варианту из левого столбца соответствует ровно один вариант из правого столбца. Ответы приведены ниже в нужном порядке.

Ответ:

NaCl	Первая приправа, известная человеку
I_2	Компонент раствора для обработки ран
$NaHCO_3$	Компонент разрыхлителя теста
Cu	Компонент сплава для духовых музыкальных инструментов (трубы, тромбона и т. д.)
$CaCO_3$	Основа яичной скорлупы

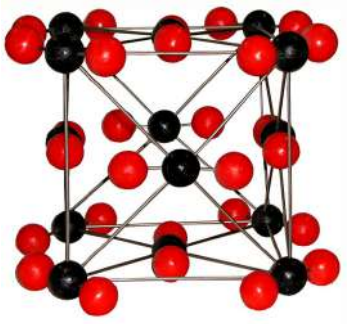
Критерий оценивания: за каждую верную пару — 1 балл. Всего 5 баллов

Максимальный балл за задание — 5

Решение.

Поваренная соль NaCl является первой специей известной человеку. Иод I_2 обладает дезинфицирующим свойством. Пищевая сода $NaHCO_3$ «гасится» уксусом, что часто используют при выпечке. Медь Cu является компонентом сплава для духовых музыкальных инструментов (трубы, тромбона и т. д.). Известняк $CaCO_3$ является основой яичной скорлупы.

Задание 12. На рисунке изображён фрагмент кристалла некого вещества (газообразного при н. у.), состоящего из кислорода (красные шарики) и элемента X (чёрные шарики). Соотношение атомов в химической формуле такое же, как на рисунке.



а) Сколько атомов кислорода приходится на один атом элемента X?

Ответ: 2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

б) Массовая доля кислорода в данном соединении — 72.7 %. Определите формулу соединения.

Ответ: CO_2

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 2 балла

в) Атмосфера одной из планет нашей Солнечной системы на 95 % состоит из этого газообразного вещества. Что это за планета?

Ответ: Марс

Критерий оценивания: точное совпадение ответа — 1 балл

Максимальный балл за задание — 4

Решение.

а) На рисунке изображено 14 черных и 28 красных шариков. Значит, на 1 черных шарик приходится по 2 красных шарика (кислорода).

Формулу вещества можно представить, как XO_2. Массовая доля кислорода в данном соединении:

$$\omega(O) = \frac{(16 \cdot 2)}{(M(X) + 16 \cdot 2)} \cdot 100\ \% = 72.7\ \%,$$

$$M(X) + 16 \cdot 2 = 44,$$

$M(X) = 12$.

Следовательно, на рисунке черными шарами представлен углерод C. Формула вещества — CO_2.

б) Марс — планета Солнечной системы, атмосфера которой на 95 %состоит из углекислого газа CO_2.

Сириус.Курсы — для тех,
кто хочет знать больше!