

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ХИМИЯ. 2024 г. ПРИГЛАСИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП. 8 КЛАССЫ

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 60

Задание № 1.

Опытному химику везде мерещатся названия веществ. Так, поменяв всего одну букву в названии некоторых слов, можно получить названия химических элементов-металлов. Например, «плотина» – «платина». Запишите символы элементов, которые могут «померещиться» в следующих словах.

Ответ:

| | |
|--------|----|
| Урал | U |
| Магнит | Mg |
| Болото | Au |
| Барин | Ba |
| Цирк | Zn |

За каждую верную пару – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 5

Решение.

Урал – Уран U

Магнит – Магний Mg

Болото – Золото Au

Барин – Барий Ba

Цирк – Цинк Zn

Задания № 2–6.

Дано описание некоторого опыта. Определите, какие процессы химические, а какие – физические.

Однажды Менделеев налил в стакан раствор йода.



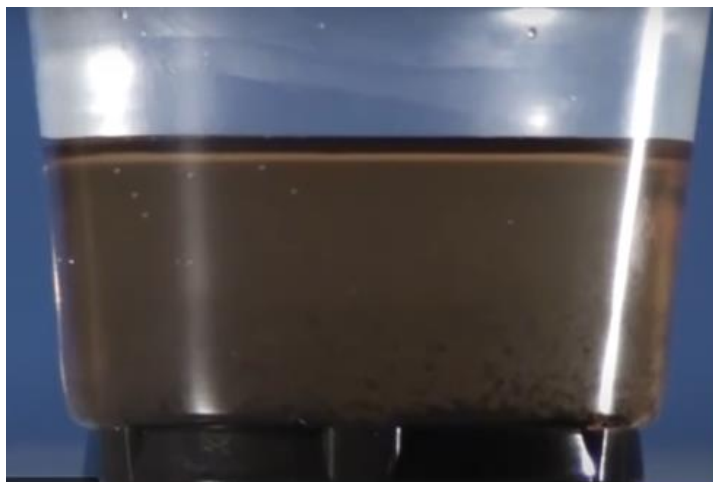
Ответ:

- физические
- химические

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 3.

Прилил такое же количество раствора аммиака до выпадения тёмного осадка.



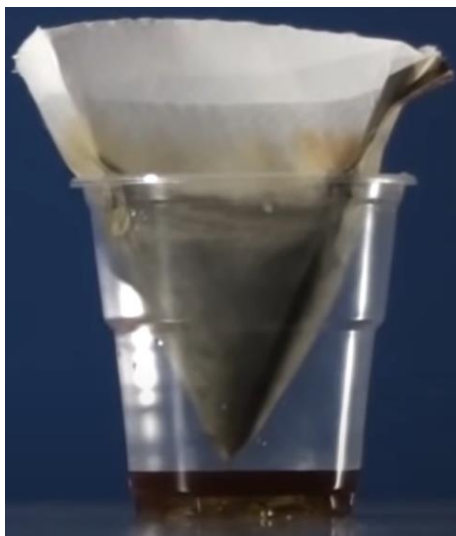
Ответ:

- физические
- химические

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 4.

Далее Менделей профильтровал полученный раствор через бумажный лист, после высушив его.



Ответ:

- физические
- химические

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 5.

Положив лист на стол, он ударил по нему молотком.



Ответ:

- физические
- химические

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 6.

Произошёл взрыв.



Ответ:

- физические
- химические

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Физические явления – это любые превращения вещества или проявления его свойств, происходящие без изменения состава вещества: явления 1, 3 и 4.

Химические явления – это явления, при которых из одних веществ образуются другие: явления 2 и 5.

Максимальный балл за задания №2–6 – 5

Задания № 7–8.

Уксус представляет собой водный раствор уксусной кислоты (CH_3COOH). В вашем распоряжении имеется 1000 атомов С, 2370 атомов Н, 1185 атомов О. Какое максимальное число молекул уксусной кислоты можно составить из этих атомов?

Ответ: 500

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

В одной молекуле уксусной кислоты содержится по 2 атома углерода и кислорода, а также по 4 атома водорода. Значит, имея 1000 атомов углерода, можно создать 500 молекул уксусной кислоты. Из 2370 атомов водорода можно создать 592 молекулы кислоты, а из 1185 атомов кислорода – тоже 592 молекулы. Следовательно, максимум можно создать 500 молекул уксусной кислоты.

Задание № 8.

Из оставшихся частиц составили максимально возможное число молекул воды. Чему будет равна массовая доля уксусной кислоты в получившемся растворе? Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 90

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

После составления 500 молекул уксусной кислоты осталось:

$2370 - 500 \cdot 4 = 370$ атомов водорода;

$1185 - 500 \cdot 2 = 185$ атомов кислорода.

Из такого количества можно создать ровно 185 молекул воды H_2O .

Рассчитаем массовую долю кислоты в «полученном растворе», который содержит 500 молекул уксусной кислоты и 185 молекул воды:

$$\begin{aligned}\omega_{\text{к-ты}} &= \frac{m_{\text{к-ты}}}{m_{\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{m_{\text{к-ты}}}{m_{\text{к-ты}} + m_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{n_{\text{к-ты}} \cdot M_{\text{к-ты}}}{n_{\text{к-ты}} \cdot M_{\text{к-ты}} + n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{n_{\text{к-ты}} \cdot M_{\text{к-ты}}}{n_{\text{к-ты}} \cdot M_{\text{к-ты}} + n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\% \\ &= \frac{500 \cdot (12 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 16 \cdot 2)}{500 \cdot (12 \cdot 2 + 1 \cdot 4 + 16 \cdot 2) + 185 \cdot (1 \cdot 2 + 16)} \cdot 100\% = 90\%\end{aligned}$$

Максимальный балл за задания №7–8 – 3

Задание № 9.

После неудачного эксперимента потерял Менделей память, но не всю. А только забыл Менделей, как элементы называются. Придумал он для элементов новые названия, да не абы какие, а со смыслом. Например, помня, что «водород» (это название Менделей так и не вспомнил) является самым распространённым элементом во Вселенной, назвал он его «космород», то есть «рождающий космос». Попробуйте правильно соотнести химический символ элемента с выдуманным Менделеем названием.

Ответ:

| | |
|----|-------------|
| Fe | Кровий |
| O | Дыханиум |
| C | Жизнетвор |
| Hg | Жидкоградус |
| I | Щитовид |

За каждую верную пару – 1 балл

Максимальный балл за задание – 5

Решение.

Разберём каждую пару по порядку:

Железо – Кровий, так как железо содержится в гемоглобине крови.

Кислород – Дыханиум, так как мы вдыхаем кислород.

Углерод – Жизнетвор, так как жизнь на нашей планете представляет собой взаимодействия соединений углерода.

Йод – Щитовид, так как йод необходим для правильной работы щитовидной железы.

Ртуть – Жидкоградус, так как ртуть – это жидкий металл, содержащийся в градусниках.

Задания № 10–14.

Андрей готовится к олимпиаде и записывает химические реакции в таблицу. Помогите ему, заполнив пустые клетки.

Ответ:

| Реакция | Сумма коэффициентов в реакции | Описание реакции |
|------------------|---|---|
| $C + O_2 = CO_2$ | <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 19 <input type="radio"/> 6 | <input checked="" type="radio"/> Реакция горения <input type="radio"/> Гашения соды <input type="radio"/> Получение металла <input type="radio"/> Фотосинтез <input type="radio"/> Реакция разложения |

За верный ответ – 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Задание № 11.

Ответ:

| Реакция | Сумма коэффициентов в реакции | Описание реакции |
|--|---|---|
| $NaHCO_3 + CH_3COOH =$ $=CH_3COONa + CO_2 + H_2O$ | <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 19 <input type="radio"/> 6 | <input type="radio"/> Реакция горения <input checked="" type="radio"/> Гашения соды <input type="radio"/> Получение металла <input type="radio"/> Фотосинтез <input type="radio"/> Реакция разложения |

За верный ответ – 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Задание № 12.

Ответ:

| Реакция | Сумма коэффициентов в реакции | Описание реакции |
|--------------------------------------|---|---|
| $2Al + 3CuSO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3Cu$ | <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 19 <input type="radio"/> 6 | <input type="radio"/> Реакция горения <input type="radio"/> Гашения соды <input checked="" type="radio"/> Получение металла <input type="radio"/> Фотосинтез <input type="radio"/> Реакция разложения |

За верный ответ – 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Задание № 13.

Ответ:

| Реакция | Сумма коэффициентов в реакции | Описание реакции |
|---------------------------------------|---|---|
| $6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ | <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 9 <input checked="" type="radio"/> 19 <input type="radio"/> 6 | <input type="radio"/> Реакция горения <input type="radio"/> Гашения соды <input type="radio"/> Получение металла <input checked="" type="radio"/> Фотосинтез <input type="radio"/> Реакция разложения |

За верный ответ – 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Задание № 14.

Ответ:

| Реакция | Сумма коэффициентов в реакции | Описание реакции |
|---|---|---|
| $2\text{NH}_3 = \text{N}_2 + 3\text{H}_2$ | <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 19 <input checked="" type="radio"/> 6 | <input type="radio"/> Реакция горения <input type="radio"/> Гашения соды <input type="radio"/> Получение металла <input type="radio"/> Фотосинтез <input checked="" type="radio"/> Реакция разложения |

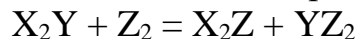
За верный ответ – 1 балл

Максимальный балл за задание – 2

Максимальный балл за задания №10–14 – 10 баллов

Задание № 15–16.

Элементы X, Y и Z образуют соединения, которые вступают в реакцию:



Расшифруйте элементы X, Y и Z, если известно, что:

- 17 грамм вещества X_2Y занимает объём 11.2 литра;
- Вещество Z_2 занимает второе место по объёмному содержанию в воздухе;
- Массовая доля элемента Y в веществе YZ_2 составляет 50 %.

В ответ запишите химические символы этих элементов.

Ответ:

| | |
|---|---|
| X | H |
| Y | S |
| Z | O |

За каждый верный ответ – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 3

Решение.

Простое вещество Z_2 , которое занимает второе место по объёмному содержанию в воздухе – это кислород O_2 .

Так как массовая доля элемента Y в веществе YZ_2 составляет 50%, значит, 1 моль элемента Y весит столько же, сколько и Z_2 (O_2), то есть 32 г/моль. Тогда вещество YZ_2 – это SO_2 , а вещество X_2Y – это H_2S .

Проведём расчеты по веществу X_2Y :

$$n(X_2Y) = \frac{V(X_2Y)}{V_m} = \frac{11.2}{22.4} = 0.5 \text{ моль}$$

$$M(X_2Y) = \frac{m(X_2Y)}{n(X_2Y)} = \frac{17}{0.5} = 34 \text{ г/моль}$$

Молярная масса X_2Y равна 34 г/моль, что подходит для вещества H_2S . Тогда X_2Z – это H_2O .

Задание № 16.

Установите соответствие между формулами и описаниями загаданных веществ при стандартных условиях.

Ответ:

| | |
|--------|---|
| X_2Y | Бесцветный газ с запахом тухлых яиц |
| X_2Z | Бесцветная жидкость без вкуса |
| YZ_2 | Бесцветный газ с характерным запахом горелой спички |

За каждую верную пару – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 3

Решение.

H_2S – это бесцветный газ с запахом тухлых яиц.

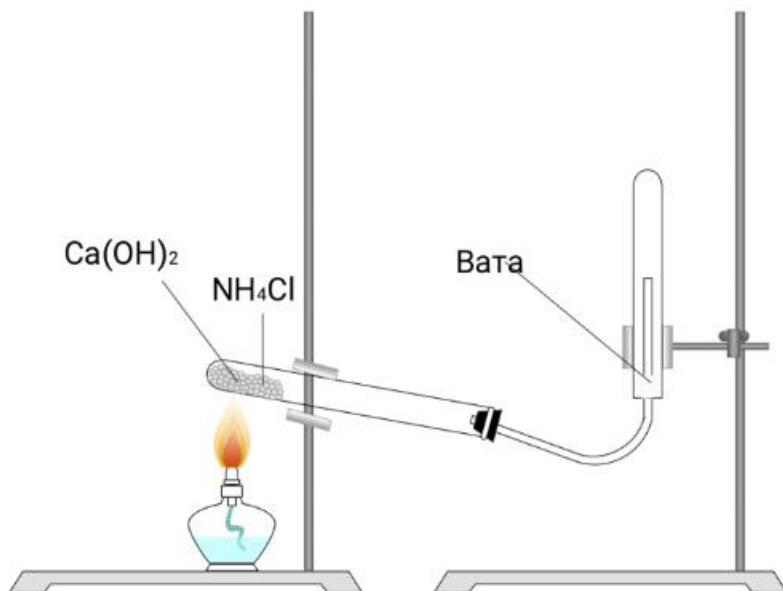
H_2O – это бесцветная жидкость без вкуса.

SO_2 – это бесцветный газ с характерным запахом горелой спички.

Максимальный балл за задания №15–16 – 6

Задания № 17–21.

Установите соответствие между изображениями установок и названиями газов, которые могут быть получены с их помощью.

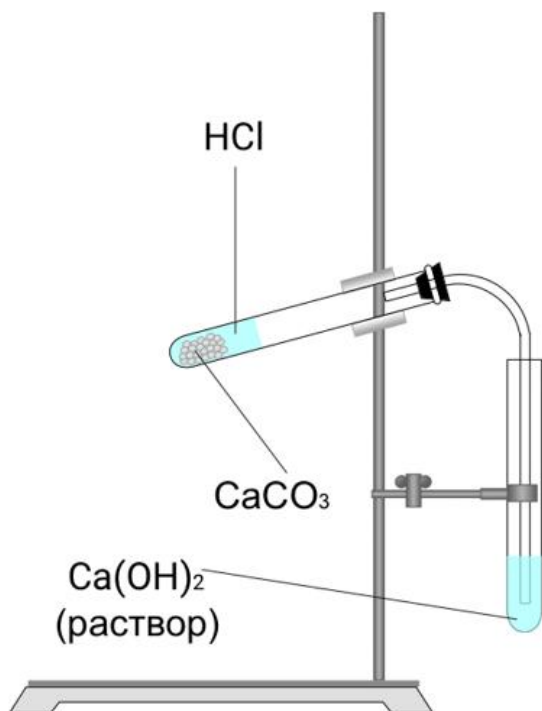


Ответ:

- Хлороводород
- Кислород
- Углекислый газ
- Аммиак
- Водород
- Азот
- Хлор

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 18.

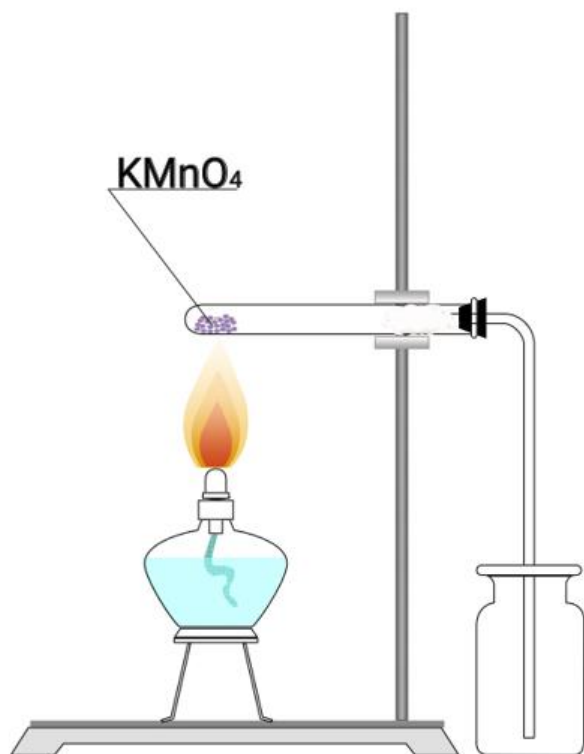


Ответ:

- Хлороводород
- Кислород
- Углекислый газ
- Аммиак
- Водород
- Азот
- Хлор

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 19.

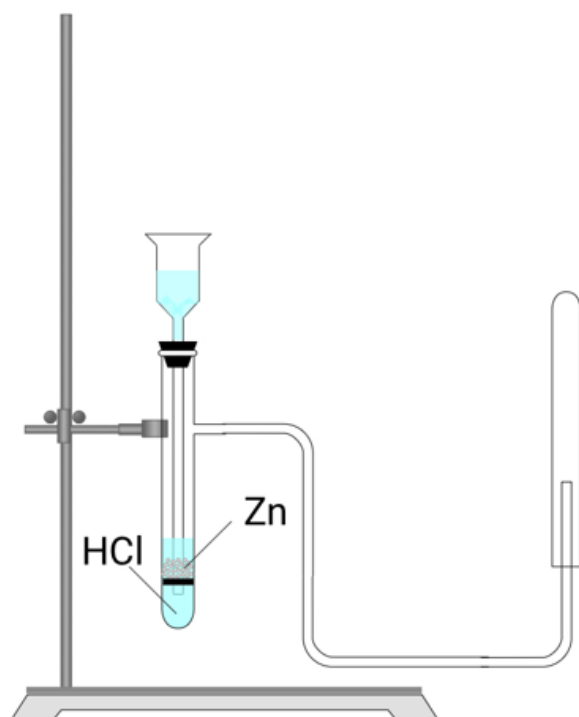


Ответ:

- Хлороводород
- Кислород
- Углекислый газ
- Аммиак
- Водород
- Азот
- Хлор

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 20.

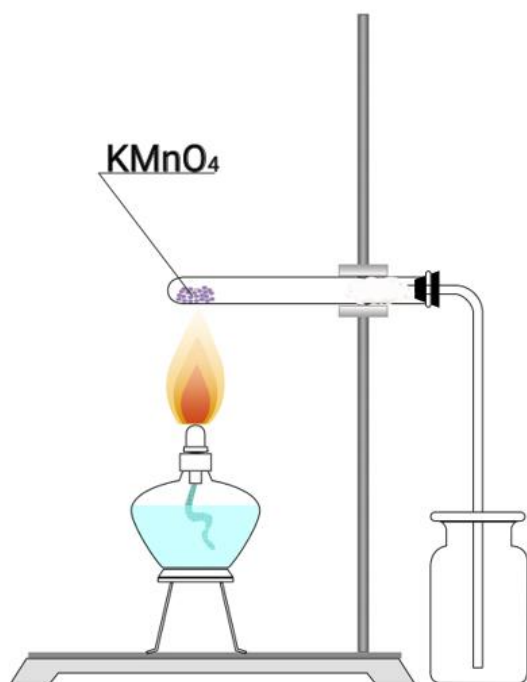


Ответ:

- Хлороводород
- Кислород
- Углекислый газ
- Аммиак
- Водород
- Азот
- Хлор

Точное совпадение ответа – 1 балл

Задание № 21.



Ответ:

- Хлороводород
- Кислород
- Углекислый газ
- Аммиак
- Водород
- Азот
- Хлор

Точное совпадение ответа – 1 балл

Максимальный балл за задания №17–21 – 5

Задание № 22.

Установите соответствие между формулами и признаками веществ.

Ответ:

| | |
|---|----------------------|
| Газы, которые поднимают воздушные шары в воздух | H ₂ He |
| Вещества, имеющие резкий или неприятный запах | Cl ₂ |
| Цветные металлы | Cu Au |

За каждую верную пару – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 5

Решение.

Cu и Au – это цветные металлы с красным и жёлтым отливом.

Газы, которые поднимают воздушные шары в воздух, должны весить легче воздуха (молярная масса воздуха 29 г/моль), поэтому подходят H₂ и He с молярными массами 2 и 4 соответственно.

Cl₂ представляет собой жёлто-зелёный газ с удушающим запахом.

Задание № 23–24.

Существует много способов устранения зуда после укуса насекомых. Однажды Менделеев решил поэкспериментировать и приготовить одно такое средство. К 200 мл воды он добавил 40 г соды. Средство оказалось неэффективным, и Менделеев изменил рецепт. Теперь он к 250 мл воды добавил 10 г соды. К сожалению, и тогда у него не вышло эффективного лекарства. Расстроившись, он слил оба раствора в одну ёмкость. Неожиданно, но именно так у Менделеева вышло качественное средство!

Найдите массовую долю соды в полученном средстве. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 10

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

Посчитаем массу соды в конечном растворе:

$$m(\text{сода}) = 40 + 10 = 50 \text{ г}$$

Посчитаем массу воды в первом и втором растворе, помня, что плотность воды равна 1 г/мл:

$$m_1(\text{вода}) = 200 \cdot 1 = 200 \text{ г}$$

$$m_2(\text{вода}) = 250 \cdot 1 = 250 \text{ г}$$

Посчитаем массу первого и второго растворов:

$$m_1(\text{р-р}) = m_1(\text{сода}) + m_1(\text{вода}) = 40 + 200 = 240 \text{ г}$$

$$m_2(\text{р-р}) = m_2(\text{сода}) + m_2(\text{вода}) = 10 + 250 = 260 \text{ г}$$

Посчитаем массу конечного раствора:

$$m(\text{р-р}) = m_1(\text{р-р}) + m_2(\text{р-р}) = 240 + 260 = 500 \text{ г}$$

Массовая доля вещества в конечном растворе:

$$\omega(\text{сода}) = \frac{50}{500} \cdot 100 \% = 10 \%$$

Задание № 24.

Для чего ещё можно применить раствор соды?

Ответ:

- Для мытья посуды
- Для очистки воздуха
- Для охлаждения продуктов
- Для разжигания костра
- Для приготовления краски

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Раствор соды можно применять для мытья посуды, для чистки утюгов, для полоскания горла, для уменьшения кожного зуда.

Максимальный балл за задания №23–24 – 3

Задание № 25.

Два распространённых элемента А и В образуют два бинарных соединения Х и Y. Соотношение массовой доли более лёгкого элемента А в соединении Х к массовой доле элемента А в соединении Y составляет 1.889, а соотношение мольной доли элемента А в соединении Х к мольной доле элемента А в соединении Y составляет 1.333. Определите элементы А и В. В ответ запишите их химические символы.

Ответ:

| | |
|---|---|
| А | Н |
| В | О |

За каждый верный ответ – 2 балла
Максимальный балл за задание – 4

Решение.

Пусть вещество Х имеет формулу AB_k , а Y – формулу AB_z . Тогда отношение мольной доли элемента А в соединении AB_k к мольной доле элемента А в соединении AB_z составляет:

$$\frac{\chi(A \text{ в } AB_k)}{\chi(A \text{ в } AB_z)} = \frac{1 \div (1 + k)}{1 \div (1 + z)} = \frac{1 + z}{1 + k} = 1.333$$
$$1 + z = 1.333 \cdot (1 + k)$$
$$z = 0.333 + 1.333k$$

Пусть молярная масса элемента А равна a г/моль, а элемента В – b г/моль. Тогда отношение массовой доли элемента А в соединении AB_k к массовой доле элемента А в соединении AB_z составляет:

$$\frac{\omega(A \text{ в } AB_k)}{\omega(A \text{ в } AB_z)} = \frac{a \div (a + kb)}{a \div (a + zb)} = \frac{a + zb}{a + kb} = 1.889$$
$$a + zb = 1.889 \cdot (a + kb)$$
$$a + (0.333 + 1.333k)b = 1.889a + 1.889kb$$
$$0.333b + 1.333kb = 0.889a + 1.889kb$$
$$0.333b - 0.556kb = 0.889a$$
$$a = (0.375 - 0.625k)b$$

Составим таблицу для перебора значения k :

| Соотношение элементов | k | z | AB_k | AB_z |
|-----------------------|-------|-------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1:7 | 0.143 | 0.524 | $AB_{0.143}$ или A_7B | – |
| 1:6 | 0.167 | 0.556 | $AB_{0.167}$ или A_6B | – |
| 1:5 | 0.2 | 0.6 | $AB_{0.2}$ или A_5B | – |
| 1:4 | 0.25 | 0.666 | $AB_{0.25}$ или A_4B | $AB_{0.666}$ или A_3B_2 |
| 1:3 | 0.333 | 0.777 | $AB_{0.333}$ или A_3B | – |
| 1:2 | 0.5 | 1 | $AB_{0.5}$ или A_2B | AB |

Перебор **больших** значений k приведёт к отрицательным значениям молярной массы a .

Осталось 2 возможных варианта. Вариант, когда вещество X имеет формулу A_4B , а Y – формулу A_3B_2 , выглядит сомнительным.

Рассмотрим вариант, когда вещество X имеет формулу A_2B , а Y – формулу AB . Соотношение массовых долей:

$$\frac{\omega(A \text{ в } A_2B)}{\omega(A \text{ в } AB)} = \frac{2a \div (2a + b)}{a \div (a + b)} = \frac{2(a + b)}{2a + b} = 1.889$$

$$2a + 2b = 1.889 \cdot (2a + b)$$

$$2a + 2b = 3.778a + 1.889b$$

$$0.111b = 1.778a$$

$$b = 16a$$

Уравнение верно при $a = 1$ г/моль, $b = 16$ г/моль, значит, элемент A – это водород H , а элемент B – это кислород O .

Формула соединения X – H_2O .

Формула соединения Y – H_2O_2 .

Задание № 26–27.

В мире существует огромное количество полудрагоценных камней. Ниже приведены химические формулы основных компонентов некоторых из них.



Альмандин
 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$



Андалузит
 Al_2SiO_5



Данбурит
 $\text{CaB}_2(\text{SiO}_4)_2$



Оливин
 Fe_2SiO_4



Уваровит
 $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$

Определите степени окисления некоторых элементов в этих минералах.

Ответ:

| | |
|----|----|
| | -2 |
| | -1 |
| | 0 |
| | +1 |
| Fe | +2 |
| B | +3 |
| Cr | |
| Si | +4 |
| | +5 |

За каждую верную пару – 1 балл.

Максимальный балл за задание – 4

Решение.

Зная характерные степени окисления таких элементов, как O^{-2} , H^{+1} , Ca^{+2} , Al^{+3} , можно рассчитать степени окисления остальных элементов – Cr^{+3} , Fe^{+2} , B^{+3} и Si^{+4} – ведь сумма всех степеней окисления в молекуле равна нулю.

Задание № 27.

Запишите наибольшую массовую долю кальция в перечисленных минералах.
Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Ответ: 24

Точное совпадение ответа – 1 балл

Решение.

Кальция находится только в двух минералах – уваровите $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ и данбурите $\text{CaB}_2(\text{SiO}_4)_2$.

Рассчитаем массовую долю кальция в уваровите:

$$\omega(\text{Ca}) = \frac{40 \cdot 3}{40 \cdot 3 + 52 \cdot 2 + 28 \cdot 3 + 16 \cdot 12} \cdot 100 \% = 24 \%$$

Рассчитаем массовую долю кальция в данбурите:

$$\omega(\text{Ca}) = \frac{40}{40 + 11 \cdot 2 + 28 \cdot 2 + 16 \cdot 8} \cdot 100 \% = 16 \%$$

Значит, массовая доля кальция в уваровите больше, чем в данбурите.

Максимальный балл за задания №26–27 – 5

Задание № 28–29.

В этом году исполнилось 190 лет со дня рождения Д.И. Менделеева и 155 лет со дня открытия Периодической системы химических элементов. В своё время Д.И. Менделеев предсказал существование некоторых не открытых на тот момент элементов. Одним из таких элементов был элемент X, который «будет образовывать KX , KXO_3 » и «водородное соединение HX ». Сейчас уже известно, что X очень мало в природе и получают его только искусственно. Число нейтронов в самом устойчивом изотопе элемента X (его атомная масса приведена в периодической таблице) примерно в 1.5 раза больше, чем число протонов.

Определите элемент X. В ответ запишите химический символ элемента.

Ответ: At

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

В водородном соединении HX степень окисления элемента X равна -1, что соответствует элементам VIIA группы. Так как этот элемент можно получить только искусственно, то X – это астат At.

Число протонов в атоме астата равно порядковому номеру элемента – 85, а число нейтронов равно разнице атомной массы элемента и порядкового номера – $210 - 85 = 125$. Таким образом, нейтронов примерно 1.5 раза больше количества протонов, что подтверждает ответ.

Задание № 29.

Сколько протонов содержится в одной молекуле HXO_3 ?

Ответ: 110

Точное совпадение ответа – 2 балла

Решение.

Число протонов в одном атоме равно порядковому номеру элемента. Следовательно, в водороде 1 протон, в астате – 85, а в кислороде – 8.

Значит, всего протонов в одной молекуле $HAtO_3$: $1 + 85 + 8 \cdot 3 = 110$ протонов.

Максимальный балл за задания №28–29 – 4

Максимальный балл за работу – 60.