

## 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: CrCl<sub>3</sub>

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**

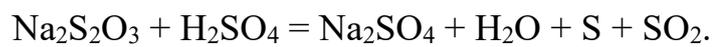
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*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 <sub>2</sub> O
...	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
...	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl
...	NaOH	O <sub>2</sub>

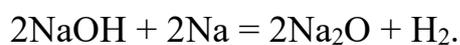
#### Ответ:

Простое вещество	Реагент	Один из продуктов
<b>Na</b>	NaOH	Na <sub>2</sub> O
<b>O<sub>2</sub></b>	SO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
<b>Cu</b>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ]Cl <sub>2</sub>	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]Cl
<b>F<sub>2</sub></b>	NaOH	O <sub>2</sub>

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

*Решение.*

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



Получение  $\text{SO}_3$  из  $\text{SO}_2$  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:

- $\text{PCl}_3$
- $\text{CO}_2$
- $\text{SiO}_2$
- $\text{SO}_3$
- $\text{ZnO}$
- $\text{P}_4\text{O}_{10}$
- $\text{F}_2$
- $\text{N}_2\text{O}$
- $\text{MgO}$
- $\text{Fe}$
- $\text{Li}$
- $\text{P}_4$
- $\text{CaH}_2$
- $\text{Al}_2\text{S}_3$

**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.

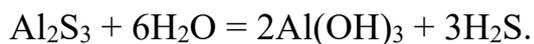
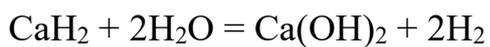
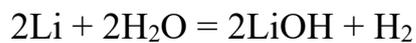
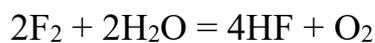
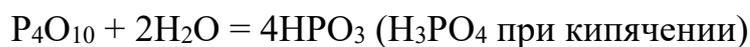
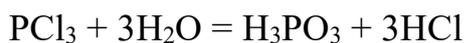
С водой также по кинетическим причинам не реагируют ZnO и MgO.

N<sub>2</sub>O 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 ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) 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.

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

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

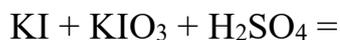
$$c(\text{NaOH}) = 5.25 / 0.14 = 37.5 \text{ мМ.}$$

## 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 (I<sub>2</sub>)

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

**3.+3 (FeCl<sub>3</sub>)**

## 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:

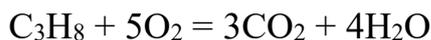
Определите молярное соотношение этана и пропана  $\frac{n(C_2H_6)}{n(C_3H_8)}$  в смеси. Ответ округлите до целых.

**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  $^{18}\text{F}$ -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.  $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкоза быстро распадается, поэтому ее получают непосредственно перед проведением томографии.

### Условие:

Определите массовую долю фтора в  $^{18}\text{F}$ -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  $^{18}\text{F}$  будет в теле пациента непосредственно перед томографией, если изначально выделяют 0.1 грамм  $^{18}\text{F}$ -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**

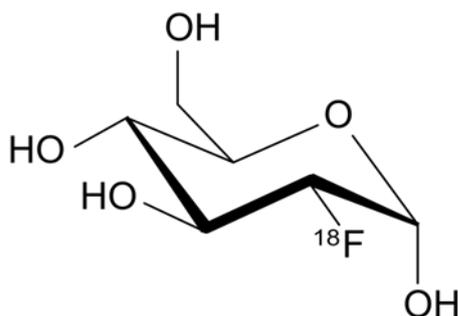
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Определим молярную массу  $^{18}\text{F}$ -дезоксиглюкозы.

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

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



Оценим общую массу  $^{18}\text{F}$ -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  $^{18}\text{F}$  в  $^{18}\text{F}$ -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  $\text{Ba}_2\text{XO}_6$  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  $\text{Ba}_2\text{XO}_6$  с учётом всей информации из задачи:



Смесь из 1 моль X и 2 моль  $\text{O}_2$  имеет массу, равную  $32.5 \cdot 2 \cdot 3 = 195$  г. Вычитая  $2 \cdot 32$  грамм из массы 2 моль  $\text{O}_2$ , получим  $195 - 64 = 131$  г, что соответствует ксенону.

## Задание № 10

---

### Общее условие:

Дан набор газов:  $\text{HCl}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{HI}$ .

### Условие:

Какие из них можно сушить над концентрированной серной кислотой?

### Ответ:

- $\text{HCl}$
- $\text{CO}_2$
- $\text{NH}_3$
- $\text{H}_2$
- $\text{O}_2$
- $\text{HI}$

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:

- $\text{HCl}$
- $\text{CO}_2$
- $\text{NH}_3$
- $\text{H}_2$
- $\text{O}_2$
- $\text{HI}$

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 <sub>2</sub> O	Молекулярная решётка
Si	Атомная решётка
	Ковалентная неполярная связь
LiF	Ионная решётка
HF	Молекулярная решётка
Fe	Металлическая решётка
	Металлическая связь
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	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<sup>+</sup> и анионы F<sup>-</sup>.

Поэтому кристаллическая решётка является ионной.

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

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> является солью, в её структуре присутствуют катионы Na<sup>+</sup> и анионы SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. 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.