

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 7-8 классов

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1

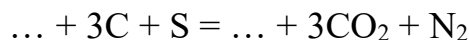
#### Общее условие:

*«Пушка, они заряжают пушку! Зачем?»*

Уходя на лодке от захваченной пиратами Испаньолы, капитан Смоллетт заметил, что морские разбойники заряжают пушку. Размышляя, зачем негодяи заряжают пушку, капитан попутно вспомнил, что порох



состоит из калиевой селитры, серы и угля. Помогите капитану Смоллетту записать уравнение реакции горения пороха, чтобы понять, зачем пираты заряжают пушку. Вот что смог вспомнить Капитан Смоллетт:



#### Условие:

Запишите формулу реагента, забытую капитаном.

**Ответ:**  $\text{KNO}_3$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Запишите формулу продукта реакции, забытую капитаном.

**Ответ:**  $\text{K}_2\text{S}$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

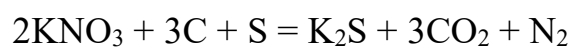
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Формула калийной селитры  $\text{KNO}_3$ .

Формула продукта реакции, забытого капитаном  $\text{K}_2\text{S}$  — сульфид калия.

Таким образом реакция горения пороха выглядит следующим образом:



## Задание № 2

---

### **Общее условие:**

В лаборатории имеется водный раствор соединения X, предназначенный для дезинфекции поверхностей. В растворе содержится только два химических элемента.

### **Условие:**

Определите молярную массу растворённого в воде вещества X. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

**Ответ:** 34

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### **Условие:**

В описанном выше растворе на каждые 5 атомов одного элемента приходится 3 атома другого элемента. Определите массовую долю растворённого в воде вещества. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 32

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

### *Решение.*

Рассматриваемый раствор — водный, поэтому уже содержит два химических элемента: кислород и водород. Следовательно, растворённое в воде вещество может состоять только из этих элементов. Единственный разумный вариант — пероксид водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Молярная масса этого соединения 34 г/моль.

Пусть раствор содержит  $x$  моль воды и  $y$  моль перекиси.

Тогда атомов водорода в растворе будет  $2(x + y)$  моль, а атомов кислорода —  $(x + 2y)$ . Отношение этих чисел  $2(x + y) / (x + 2y) = 5/3$ , как следует из условия.

Решением полученного уравнения является  $x = 4y$ , то есть воды по молям в растворе в 4 раза больше, чем перекиси. Масса раствора на 1 моль перекиси равна  $34 + 18 \cdot 4 = 106$  г, а массовая доля перекиси  $34/106 = 0.32$  или 32 %.

### Задание № 3

---

**Условие:**

При получении кислорода термическим разложением перманганата калия протекает реакция:



В результате неполного разложения некоторого количества перманганата калия была получена твёрдая смесь, содержащая 0.18 г  $\text{KMnO}_4$ , 0.18 г  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ , а также  $\text{MnO}_2$ . Определите исходную массу  $\text{KMnO}_4$ . Ответ выразите в граммах, округлите до сотых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [0.46; 0.47]

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Манганат калия образуется из перманганата калия. Количество манганата калия составляет  $n(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0.18 / 197 = 0.91$  ммоль. Согласно уравнению реакции, количество перманганата калия вдвое превышает количество манганата и составляет  $n(\text{KMnO}_4) = 1.82$  ммоль, а масса разложившегося перманганата равна  $1.82 \cdot 10^{-3} \cdot 158 = 0.29$  г. Полученную массу необходимо прибавить к массе неразложившейся соли; тогда масса исходной соли равна  $0.29 + 0.18 = 0.47$  г.

## Задание № 4.1

### Общее условие:

Хоббит Бильбо заблудился в пещерах Мглистых гор и попал в логово Голлума. Чтобы сбежать от него и выкрасть Кольцо Всевластья, хоббиту нужно отгадать три загадки. Помогите Бильбо, ответив на следующие вопросы.



### Условие:

Запишите химический символ металла, если известно, что один его атом весит  $3.27 \cdot 10^{-22}$  грамма.

**Ответ:** Au

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

$$3.27 \cdot 10^{-25} \text{ кг} = 3.27 \cdot 10^{-22} \text{ г}; N_a = 6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

Чтобы узнать молярную массу металла умножим массу атома (в граммах) на число Авогадро:  $M = 3.27 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 197 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ , что соответствует молярной массе золота (Au).

**Условие:**

Какое количество этого металла находится в кольце массой в 21 грамм? Ответ выразите в молях, округлите до сотых.

**Ответ:** 0.11**Точное совпадение ответа — 1 балл***Решение.*

Чтобы узнать, сколько моль металла находится в кольце массой 21 г, разделим массу кольца на молярную массу золота:  $\frac{21 \text{ г}}{197 \text{ г/моль}} = 0.11 \text{ моль}$ .

**Условие:**

Чему будет равна концентрация металла в растворе, полученном при полном растворении кольца в 80 мл царской водки (изменением объёма при растворении пренебечь)? Ответ выразите в моль/л, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.3**Точное совпадение ответа — 2 балла****Максимальный балл за задание — 5 баллов***Решение.*

При полном растворении такого кольца в 80 мл царской водки концентрация золота в таком растворе будет  $\frac{21 \text{ г}}{197 \text{ г/моль}} : 0.08 \text{ л} = 1.3 \text{ моль/л}$ .

## Задание № 4.2

---

### Общее условие:

Хоббит Бильбо заблудился в пещерах Мглистых гор и попал в логово Голлума. Чтобы сбежать от него и выкрасть Кольцо Всевластья, хоббиту нужно отгадать три загадки. Помогите Бильбо, ответив на следующие вопросы.



### Условие:

Запишите химический символ металла, если известно, что один его атом весит  $3.27 \cdot 10^{-25}$  килограмма.

**Ответ:** Au

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Какое количество этого металла находится в кольце массой в 21 грамм? Ответ выразите в молях, округлите до сотых.

**Ответ:** 0.08

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Чему будет равна концентрация металла в растворе, полученном при полном растворении кольца в 50 мл царской водки (изменением объёма при растворении пренебречь)? Ответ выразите в моль/л, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.5

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 4.1*

### Задание № 4.3

---

#### Общее условие:

Хоббит Бильбо заблудился в пещерах Мглистых гор и попал в логово Голлума. Чтобы сбежать от него и выкрасть Кольцо Всевластья, хоббиту нужно отгадать три загадки. Помогите Бильбо, ответив на следующие вопросы.



#### Условие:

Запишите химический символ металла, если известно, что один его атом весит  $3.27 \cdot 10^{-25}$  килограмма.

**Ответ:** Au

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Какое количество этого металла находится в кольце массой в 25 грамм? Ответ выразите в молях, округлите до сотых.

**Ответ:** 0.13

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Чему будет равна концентрация металла в растворе, полученном при полном растворении кольца в 140 мл царской водки (изменением объёма при растворении пренебречь)? Ответ выразите в моль/л, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.9

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 4.1*

## Задание № 5.1

---

### Общее условие:

Когда хоббит Фродо, племянник уже знакомого вам Бильбо, сбросил Кольцо Всевластия в Роковую Гору, та начала извергаться. В результате извержения в атмосферу попало 30 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ . Известно, что до извержения в атмосфере Мордора находилось 137 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ , что составляло 0.030 % по массе от всей атмосферы.



### Условие:

Определите массовую долю  $\text{CO}_2$  в атмосфере Мордора после извержения Роковой Горы. Ответ выразите в процентах, округлите до тысячных.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [0.036; 0.037]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

137 млрд. тонн  $\text{CO}_2$  составляет 0.030% от массы всей атмосферы, соответственно масса всей атмосферы Мордора составляет

$\frac{137}{0,0003} = 456667$  млрд тонн. Роковая Гора выбросила в атмосферу 30 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ , масса атмосферы стала, соответственно, 456697 млрд тонн, а количество углекислого газа в ней 167 млрд тонн, что соответствует  $\frac{167}{456697} \cdot 100 \% = 0.037 \%$

**Условие:**

Каким газом называют  $\text{CO}_2$ ?

**Ответ:**

- угарным
- углекислым
- веселящим
- водяным
- болотным
- роковым

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Газ  $\text{CO}_2$  называют углекислым.

## Задание № 5.2

---

### Общее условие:

Когда хоббит Фродо, племянник уже знакомого вам Бильбо, сбросил Кольцо Всевластия в Роковую Гору, та начала извергаться. В результате извержения в атмосферу попало 40 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ . Известно, что до извержения в атмосфере Мордора находилось 137 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ , что составляло 0.0325 % по массе от всей атмосферы.



### Условие:

Определите массовую долю  $\text{CO}_2$  в атмосфере Мордора после извержения Роковой Горы. Ответ выразите в процентах, округлите до тысячных.

**Ответ:** 0.042

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Каким газом называют  $\text{CO}_2$ ?

**Ответ:**

- угарным
- углекислым
- веселящим
- водяным
- болотным
- роковым

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 5.1*

### Задание № 5.3

---

**Общее условие:**

Когда хоббит Фродо, племянник уже знакомого вам Бильбо, сбросил Кольцо Всевластия в Роковую Гору, та начала извергаться. В результате извержения в атмосферу попало 35 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ . Известно, что до извержения в атмосфере Мордора находилось 137 миллиардов тонн  $\text{CO}_2$ , что составляло 0.031 % по массе от всей атмосферы.



**Условие:**

Определите массовую долю  $\text{CO}_2$  в атмосфере Мордора после извержения Роковой Горы. Ответ выразите в процентах, округлите до тысячных.

**Ответ:** 0.039

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Каким газом называют  $\text{CO}_2$ ?

**Ответ:**

- угарным
- углекислым
- веселящим
- водяным
- болотным
- роковым

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 5.1*

## Задание № 6.1

---

### Общее условие:

Мифриловая руда, которая добывалась гномами королевства Мории, была загрязнена примесью железа. Руда из недр Мории имела 740 пробу. Для изготовления непробиваемой кольчуги мифрил должен иметь 950 пробу.



*Проба металла — трёхзначное число, отражающее массу в граммах металла в 1000 г материала этой пробы.*

### Условие:

Какое количество вещества железа нужно удалить из 5 кг мифриловой руды для получения мифрила нужного качества? Ответ выразите в молях, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [19.7; 19.8]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

*Решение.*

Руда из недр Мории имеет 740 пробу. Было добыто 5 кг мифриловой руды. Из определения понятия пробы найдём массу мифрила, которую содержит 5 кг руды (по пропорции):  $\frac{5000 \cdot 740}{1000} = 3700$  грамм чистого мифрила. Содержание

железа в неочищенной руде  $5000 - 3700 = 1300$  г. Для изготовления изделия необходим очищенный мифрил 950 пробы. Из определения понятия пробы найдём массу очищенной мифриловой руды (по пропорции):  $\frac{3700 \cdot 1000}{950} = 3895$  г.

Содержание железа в очищенной руде  $3895 - 3700 = 195$  г. Следовательно, необходимо удалить  $1300 - 195 = 1105$  г железа. Молярная масса железа  $56 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \Rightarrow$  чтобы узнать количество железа, которое требуется удалить,

необходимо разделить массу этого железа на молярную массу:  
 $\frac{1105}{56} = 19.7$  моль.

**Условие:**

Каким символом обозначается мифрил в таблице Менделеева?

**Ответ:**

- Mt
- Md
- Mc
- Mi
- Mr
- Такого элемента не существует

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Элемента «мифрил» не существует в периодической системе Д. И. Менделеева. Мифрил — благородный металл, выдуманный Толкиным.

## Задание № 6.2

---

### Общее условие:

Мифриловая руда, которая добывалась гномами королевства Мории, была загрязнена примесью железа. Руда из недр Мории имела 811 пробу. Для изготовления непробиваемой кольчуги мифрил должен иметь 935 пробу.



*Проба металла — трёхзначное число, отражающее массу в граммах металла в 1000 г материала этой пробы.*

### Условие:

Какое количество вещества железа нужно удалить из 5.5 кг мифриловой руды для получения мифрила нужного качества? Ответ выразите в молях, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [13; 13.1]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Каким символом обозначается мифрил в таблице Менделеева?

**Ответ:**

- Mt
- Md
- Mc
- Mi
- Mr
- Такого элемента не существует

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 6.1*

### Задание № 6.3

---

#### Общее условие:

Мифриловая руда, которая добывалась гномами королевства Мории, была загрязнена примесью железа. Руда из недр Мории имела 688 пробу. Для изготовления непробиваемой кольчуги мифрил должен иметь 960 пробу.



*Проба металла — трёхзначное число, отражающее массу в граммах металла в 1000 г материала этой пробы.*

#### Условие:

Какое количество вещества железа нужно удалить из 4 кг мифриловой руды для получения мифрила нужного качества? Ответ выразите в молях, округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [20.2; 20.3]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

#### Условие:

Каким символом обозначается мифрил в таблице Менделеева?

**Ответ:**

- Mt
- Md
- Mc
- Mi
- Mr
- Такого элемента не существует

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

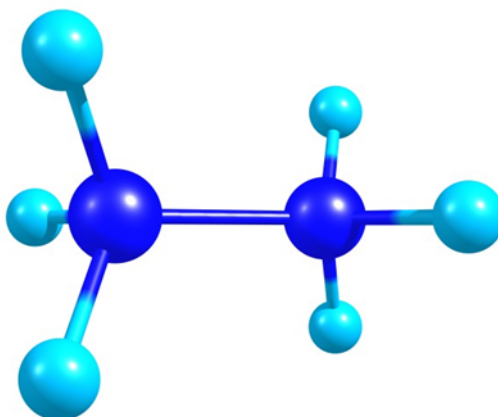
*Решение по аналогии с заданием № 6.1*

## Задание № 7

---

### Общее условие:

На изображении представлено пространственное строение молекулы соединения, содержащего 20.1 % водорода по массе.



### Условие:

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

**Ответ:** 30

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Запишите химическую формулу этого соединения.

**Ответ:**  $C_2H_6$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

### *Решение.*

Имея простейшие представления о валентности, можно указать, что формула соединения  $X_2H_6$ . Согласно определению, массовая доля элемента

в соединении равна массе элемента в соединении, делённой на всю массу соединения. Запишем это в терминах молярных масс для соединения  $X_2H_6$ :

$$\omega(H) = \frac{6 \cdot 1}{M(X_2H_6)} = \frac{6 \cdot 1}{2 \cdot M(X) + 6 \cdot 1}$$

$$M(X_2H_6) = \frac{6}{0.201} = 29.9 \text{ г/моль}$$

Для определения формулы осталось определить неизвестный элемент  $X$ .

Молярная масса  $M(X_2H_6) = 2 \cdot M(X) + 6 \cdot 1$ . Тогда молярную массу элемента  $X$  можно определить по формуле:

$$M(X) = \frac{M(X_2H_6) - 6 \cdot 1}{2} = 12 \text{ г/моль}$$

Очевидно, это углерод, соединение имеет формулу  $C_2H_6$ .

## Задание № 8

### Условие:

Анастасия любит природу и не любит химию. Она собрала «досье» на различные химические элементы. Установите соответствие между элементами и утверждениями о них.

### Ответ:

N	Безвреден в виде простого вещества, но его токсичные оксиды загрязняют атмосферу во многих промышленных районах
O	Высокие концентрации могут способствовать возникновению пожаров и усилению горения
Hg	Одно неловкое движение — и всю оставшуюся жизнь вы будете вдыхать яд в своей квартире
Pu	Один килограмм может убить миллионы людей
F	“Элемент из атмосферы ада”. Пытаясь его получить, люди слепли и погибали.
C	Многие его соединения способствуют глобальному потеплению

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

### Решение.

N — Азот безвреден в виде простого вещества, но его токсичные оксиды NO и NO<sub>2</sub> загрязняют атмосферу во многих промышленных районах.

O — Высокие концентрации кислорода могут способствовать возникновению пожаров и усилению горения.

Hg — Одно неловкое движение — и шарики ртути закатятся во все щели, всю оставшуюся жизнь вы будете вдыхать яд в своей квартире.

Pu — Один килограмм плутония в ядерной бомбе может убить миллионы людей.

F — “Элемент из атмосферы ада”. Пытаясь его получить, люди слепли и погибали, чаще всего из-за отравления фтористым водородом.

C — Многие его соединения способствуют глобальному потеплению, т.к. при их сгорании, окислении или разложении выделяются углекислый газ, метан и другие газы, создающие парниковый эффект.

## Задание № 9

---

### Общее условие:

Какой элемент был выделен из «женской руды», которая применялась еще первобытными людьми в наскальной живописи, а ныне часто используется в батарейках?



### Условие:

Запишите химический символ этого элемента.

**Ответ:** Mn

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Запишите формулу «женской руды».

**Ответ:** MnO<sub>2</sub>

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

### *Решение.*

Речь идет о марганце Mn. Пиролюзит MnO<sub>2</sub> был известен с древности как «магнезия женского пола, к которой магнит равнодушен», в противоположность внешне сходной «мужской магнезии» Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>,

притягивающей железо.  $MnO_2$  использовался в древности в качестве пигмента, а в настоящее время применяется в гальванических элементах.

## Задание № 10

---

### Общее условие:

Химик собрал и хранит на полке в своей лаборатории в запаянных сосудах по 1 моль простых веществ, образованных каждым из первых десяти химических элементов.

### Условие:

Запишите формулу вещества, которое весит больше всего.

**Ответ:** F<sub>2</sub>

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Определите общую массу этих 10 образцов. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 163

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Определите суммарный объём образцов при н.у. Ответ выразите в литрах, округлите до целых.

**Ответ:** 134

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

Больше всего — около 38 г — весит фтор  $F_2$ , а вот одноатомный Ne весит лишь около 20 г.

Общая масса равна сумме молярных масс  $H_2$ , He, Li, Be, B, C,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$  и Ne, т.е.  $2 + 4 + 7 + 9 + 11 + 12 + 28 + 32 + 38 + 20 = 163$  г.

Среди собранных образцов 6 газообразных —  $H_2$ , He,  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $F_2$  и Ne, которые имеют общий объем  $22.4 \cdot 6 = 134.4$  л. Остальные образцы имеют пренебрежимо малый объем, не превышающий сотой доли литра. Таким образом, общий объем составляет около 134 л.

## Задание № 11

---

### Общее условие:

Вещество **A** образовано двумя ионами с одинаковым числом электронов. Известно, что один из элементов в составе **A** представляет собой самый лёгкий металл, который используется для создания аккумуляторов, а другой образует простое газообразное вещество **B**.

### Условие:

Запишите формулу газа **B**.

Ответ:  $H_2$

Точное совпадение ответа — 2 балла

### Условие:

Запишите формулу вещества **A**.

Ответ:  $LiH$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

### Решение.

Самым легким металлом, получившим широкое применение в изготовлении аккумуляторов, является литий. В таком случае, задаче удовлетворяет пара элементов — литий и водород, а соединение **A** — гидрид лития  $LiH$ , состоящий из катиона и аниона с одинаковым числом электронов равным 2.

**B** — водород  $H_2$ .

## Задание № 12

---

### Общее условие:

Минералы класса шпинелей имеют общую формулу  $XY_2O_4$ , где  $X$  — двухвалентный металл,  $Y$  — трёхвалентный металл. При восстановлении водородом образца неизвестной шпинели, содержащей 28.6 % кислорода по массе, образовался сплав с массовой долей одного из металлов 34.9 %.



### Условие:

Запишите химический символ металла  $X$ .

Ответ: Fe

Точное совпадение ответа — 2 балла

### Условие:

Запишите химический символ металла  $Y$ .

Ответ: Cr

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4 балла

*Решение.*

Сплав, образующийся в результате восстановления шпинели, может быть описан формулой  $\text{XY}_2$ . Составим системы уравнений с участием массовых долей, приведённых в условии:

$$\frac{64}{M(X) + 2M(Y) + 64} = 0.286$$

$$\frac{M(X)}{M(X) + 2M(Y)} = 0.349$$

Решением данного уравнение будет:

$$M(X) = 55.8 \text{ г/моль} \text{ — Fe};$$

$$M(Y) = 52 \text{ г/моль} \text{ — Cr}.$$

Если же второе уравнение записать другим возможным способом:

$$\frac{2M(Y)}{M(X) + 2M(Y)} = 0.349$$

то  $M(X) = 104 \text{ г/моль}$ ;  $M(Y) = 28 \text{ г/моль}$  — не соответствует никаким металлам.

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 9 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1

#### Условие:

Установите соответствие между анаграммами названий (систематических или тривиальных) химических веществ и их формулами. Пример: 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, при этом слов может стать больше или меньше, строчные буквы могут стать заглавными или наоборот.*

#### Ответ:

Вольная персона	$\text{NaCl}$
Выпавший платок	$\text{CaF}_2$
Реалистка Соня	$\text{H}_2\text{SO}_4$
Лось Рома	$(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Девятая ложа	$\text{D}_2\text{O}$
Стулья калифа	$\text{K}_2\text{SO}_4$

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

*Решение.*

Вольная персона — поваренная соль —  $\text{NaCl}$

Выпавший платок — плавиковый шпат —  $\text{CaF}_2$

Реалистка Соня — серная кислота —  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Лось Рома — соль Мора —  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Девятая ложка — тяжёлая вода —  $\text{D}_2\text{O}$

Стулья калифа — сульфат калия —  $\text{K}_2\text{SO}_4$

## Задание № 2

### Условие:

Установите соответствие между свойствами атомов и последовательностями их значений для отдельных элементов.

### Ответ:

1, 2, 3, 5, 5, 6, 7, 8	Числа $d$ -электронов в атомах первых восьми $d$ -элементов
1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 16	Числа нуклонов в самом легком из стабильных изотопов первых восьми элементов
1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 2	Наивысшие известные степени окисления первых восьми элементов
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Числа протонов в атомах первых восьми элементов
3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4	Наивысшие известные степени окисления первых восьми $d$ -элементов
1, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6	Числа электронов на внешней электронной оболочке первых восьми элементов

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

### Решение.

Числа протонов в атомах первых восьми элементов совпадают с их порядковыми номерами — 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.

Числа нуклонов в самом лёгком из стабильных изотопов первых восьми элементов совпадают с массовыми числами этих изотопов и близки (но не совпадают точно) к атомным массам элементов — 1, 3, 6, 9, 10, 12, 14, 16.

Числа электронов на внешней электронной оболочке первых восьми элементов — 1, 2, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Наивысшие известные степени окисления первых восьми элементов совпадают либо с числом электронов на внешней оболочке, либо с числом электронов, недостающим для ее заполнения — 1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 2.

Наивысшие известные степени окисления первых восьми *d*-элементов 3, 4, 5, 6, 7, 6, 5, 4 — до железа совпадают с общим числом *4s* и *3d*-электронов.

Числа *d*-электронов в атомах первых восьми *d*-элементов 1, 2, 3, 5, 5, 6, 7, 8 — последовательно возрастают на единицу за исключением хрома, у которого один *s*-электрон «проваливается» на *3d*-уровень.

### Задание № 3

---

**Общее условие:**

Бинарные газообразные соединения X и Y, состоящие из одних и тех же элементов, смешали в закрытом сосуде в соотношении 2 к 1. Плотность полученной газовой смеси при н.у. составила 1.73 г/л. Если смешать X и Y в соотношении 1 к 2, плотность полученной газовой смеси по воздуху составит 1.15.

**Условие:**

Определите компонент смеси с меньшей молярной массой.

**Ответ:**

- X
- Y
- Недостаточно данных

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Запишите любую из возможных формул компонента смеси с меньшей молярной массой.

**Ответ:** CO или C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Запишите любую из возможных формул компонента смеси с большей молярной массой.

**Ответ:** CO<sub>2</sub> или C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

Плотность газовой смеси при н.у. — это отношение средней молярной массы к газовой смеси к молярному объёму, равному 22.4 л/моль. Средняя молярная масса может быть найдена умножением плотности на молярный объём:

$$M_{cp}(1) = 1.73 \cdot 22.4 = 38.75 \text{ г/моль.}$$

Относительная плотность смеси по воздуху — это отношение средней молярной смеси к молярной массе воздуха, равной 29 г/моль. Тогда:

$$M_{cp}(2) = 1.15 \cdot 29 = 33.35 \text{ г/моль.}$$

Средняя молярная смеси определяется как сумма молярных масс компонентов, умноженных на их мольные доли:

$$M_{cp} = \chi_1 M_1 + \chi_2 M_2$$

Мольные доли X и Y в первой смеси равны 2/3 и 1/3, соответственно; во второй смеси эти значения составляют 1/3 и 2/3. Тогда:

$$M_{cp}(1) = \frac{2}{3} M(X) + \frac{1}{3} M(Y) = 38.75$$

$$M_{cp}(2) = \frac{1}{3} M(X) + \frac{2}{3} M(Y) = 33.35$$

Решением данной системы будет  $M(X) = 44 \text{ г/моль}$ ;  $M(Y) = 28 \text{ г/моль}$ .

Подходящие пары газов: CO<sub>2</sub>/CO или C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

## Задание № 4

---

### Условие:

Атомная масса протетия в таблице Менделеева заключена в квадратные скобки: [145]. Что это означает?

### Ответ:

- Единственный стабильный изотоп протетия имеет массовое число 145
- Атомная масса протетия определена лишь с точностью до целого числа 145
- Самый долгоживущий изотоп протетия имеет массовое число 145
- Самый распространенный в природе изотоп протетия имеет массовое число 145
- Единственный известный изотоп протетия имеет массовое число 145
- В среднем известные изотопы протетия имеют массовое число 145

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### *Решение.*

В квадратных скобках указывают массовое число самого долгоживущего изотопа радиоактивных (за исключением распространённых в природе, как, например, уран) элементов.

## Задание № 5

---

### Общее условие:

Повар приготовил ужин в герметичной скороварке, добавив к 2000 мл воды 100 г перловой крупы, 20 г дубовой коры, 50 г дорожной пыли и 70 г болотной тины. После охлаждения он отфильтровал разварившуюся кашу от аппетитного бульона. Объем аппетитного бульона (не содержащего, впрочем, практически ничего, кроме воды) составил 1300 мл.



### Условие:

Определите массу разваренной каши. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 940

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Определите содержание воды в разваренной каше, если перловая крупа содержала 10 % воды по массе, болотная тина — 50 % воды, а остальные ингредиенты были совершенно сухими. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 79

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Плотности воды и бульона примем равными 1.00 г/мл. Массу разваренной каши можно определить как разницу между начальной массой смеси и массой аппетитного бульона.

Общая масса смеси = 2000 г + 100 г + 20 г + 50 г + 70 г = 2240 г

Масса аппетитного бульона = 1300 г

Масса разваренной каши = 2240 г – 1300 г = 940 г

Масса воды в перловой крупе:

$100 \text{ г} \cdot 10 \% = 10 \text{ г}$

Масса воды в болотной тине:

$70 \text{ г} \cdot 50 \% = 35 \text{ г}$

Общая масса воды в разваренной каше:

$2000 \text{ г} + 10 \text{ г} + 35 \text{ г} - 1300 \text{ г} = 745 \text{ г}$

Найдём процентное содержание воды в разваренной каше:

$(745 \text{ г} / 940 \text{ г}) \cdot 100 \% = 79 \%$

## Задание № 6

---

### Условие:

Выберите корректные названия неорганических соединений на русском языке:

### Ответ:

- Серат натрия
- Фосфат натрия
- Бромат натрия
- Фторат калия
- Перодат калия
- Перхлорид калия

**Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 4 балла**

*Решение.*

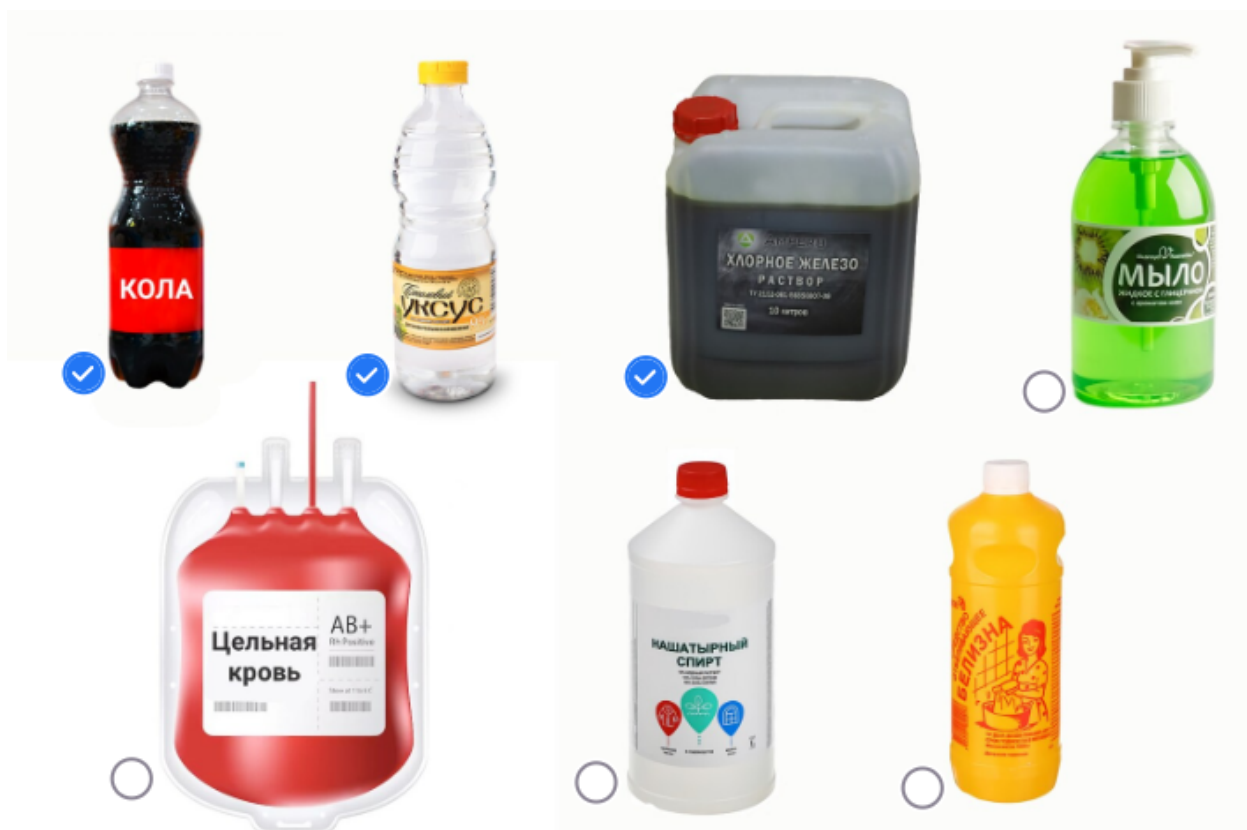
Бромат натрия ( $\text{NaBrO}_3$ ) и перодат калия ( $\text{KIO}_4$ ), остальные названия некорректны.

## Задание № 7

### Условие:

Выберите жидкости, которые имеют кислую реакцию среды:

### Ответ:



**Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 3 балла**

### Решение.

Кислую реакцию имеют кока-кола, содержащая фосфорную кислоту, уксус, содержащий уксусную кислоту, и раствор хлорного железа  $\text{FeCl}_3$  из-за гидролиза. Кровь имеет слабощелочной pH 7.4, нашатырный спирт представляет собой раствор основания  $\text{NH}_4\text{OH}$ , а «Белизна» (раствор гипохлорита натрия  $\text{NaClO}$ ) и мыло имеют щелочную реакцию из-за гидролиза содержащихся в них солей слабых кислот.

## Задание № 8

---

### Общее условие:

Юный химик, разбирая реактивы, обнаружил ампулу с надписью «10.0 % раствор». «Интересно», — подумал будущий учёный. Он поместил каплю жидкости из банки на полоску универсального индикатора, который при этом приобрёл ярко-красную окраску.



### Условие:

Что может содержаться в растворе?

### Ответ:

- Кислота
- Негидролизующаяся соль
- Соль, гидролизующаяся по аниону
- Основание
- Соль, гидролизующаяся по катиону

**Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 2 балла**

### Условие:

«Ясно», — решил юный химик, после чего отобрал из ампулы 4 пробы по 1.000 г, разбавил водой, бросил в раствор кусочек индикаторной бумаги и оттитровал 0.100 М раствором гидроксида натрия до перехода окраски бумаги из красной в синюю. Этот переход наблюдался после добавления еще

одной капли раствора щелочи при уже добавленном объеме, величина которого приведена в таблице. При этом раствор оставался прозрачным, появления какого-либо запаха замечено не было. Запишите формулу соединения, присутствовавшего в ампуле.

№ эксперимента	1	2	3	4
$V_{\text{NaOH}}$ , мл	20.3	20.5	20.6	20.4

**Ответ:**  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

Красная окраска универсального индикатора, как видно по шкале, указывает на  $\text{pH} \leq 3$ , т.е. на сильнокислый раствор. Такую среду в растворе могут создать кислота или соль, гидролизующаяся по катиону (например, соль алюминия:  $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+$ ). Более вероятно, безусловно, что в ампуле находится раствор кислоты, т.к. раствор сильнокислый. Исходя из этого предположения проведем расчёт.

Определим средний объем щёлочи, который ушел на титрование:

$$V(\text{NaOH})_{\text{cp}} = \frac{20.3 + 20.5 + 20.6 + 20.4}{4} = 20.45 \text{ мл}$$

Для одноосновной кислоты справедливо следующее соотношение:

$$n(\text{к-ты}) = n(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH})_{\text{cp}} \cdot V(\text{NaOH}).$$

$$n(\text{к-ты}) = 0.1 \cdot 20.45 = 2.045 \text{ ммоль}$$

Масса кислоты в растворе составляла  $10\% \cdot 1.000 \text{ г} = 0.1 \text{ г}$ .

Тогда молярная масса кислоты:

$$M = m/n = 0.1/0.002045 = 49 \text{ г/моль} \text{ — такой кислоты нет.}$$

Для двухосновной кислоты справедливо следующее соотношение:

$$n(\text{к-ты}) = 1/2 n(\text{NaOH}) = 1/2 C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}).$$

$$n(\text{к-ты}) = 0.1 \cdot 20.45/2 = 1.023 \text{ ммоль}$$

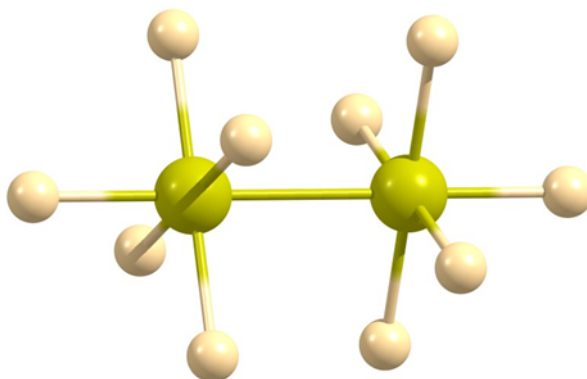
$M = m/n = 0.1/0.001023 = 98 \text{ г/моль}$  — такую молярную массу имеют серная и фосфорная кислоты. Однако для фосфорной кислоты переход окраски индикатора будет нерезкий, вначале будет фиксироваться изменение окраски на жёлтую при титровании по первой ступени. Таким образом, правильный ответ — серная кислота.

## Задание № 9

---

### Общее условие:

Перед вами изображено пространственное строение молекулы соединения, содержащего 74.8 % фтора по массе.



### Условие:

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

**Ответ:** 254

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Запишите химическую формулу этого соединения.

**Ответ:**  $S_2F_{10}$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Из рисунка видно, что соединение состоит из двух элементов, атомы одного из них окрашены зеленоватым цветом, атомы второго — жёлтым. Поскольку фтор может проявлять исключительно валентность 1, жёлтые шары

изображают именно атомы фтора. Тогда искомое соединение имеет состав  $X_2F_{10}$ .

Тогда можно составить пропорцию:

$$10 \cdot 19 = 74.8 \%$$

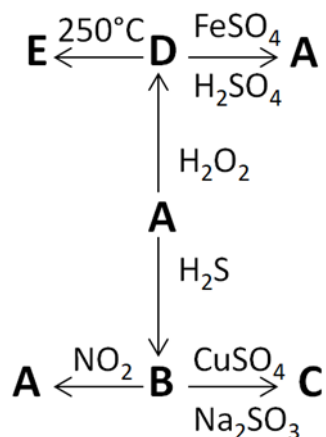
$$2M = 25.2 \%$$

$M = 32$  а.е.м., что соответствует сере. Таким образом, искомое соединение  $S_2F_{10}$ .

## Задание № 10

### Условие:

Дана схема превращений соединений элемента X. Установите соответствие между зашифрованными веществами А — Е и их формулами.



### Ответ:

A	I <sub>2</sub>
B	HI
C	CuI
D	HIO <sub>3</sub>
E	I <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	I
	HIO
	CuI <sub>2</sub>

**За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов**

### Решение.

Как следует из приведённой схемы, вещество **D** при нагревании превращается в **E**. Данному переходу соответствует превращение  $\text{HXO}_3 \rightarrow \text{X}_2\text{O}_5$ .

Тогда вещество **A** под действием перекиси водорода превращается в кислоту  $\text{HXO}_3$ . Следовательно, **A** — либо простое вещество, либо бинарное

соединение с водородом (другие варианты из приведённого списка не подходят). Сероводород — восстановитель, способен восстановить вещество **A**. Тогда **A** — простое вещество, **B** — соединение с водородом.

Набор степеней окисления элемента **X**, наличие бинарного соединения с водородом указывают на то, что **X** — элемент нечётной группы, образуемое им простое вещество является неметаллом. То есть, **X** — либо пниктоген, либо галоген. Однако пниктогены не восстанавливаются сероводородом, следовательно, в задаче рассмотрены свойства галогенов. Хлор и бром не образуют оксиды  $X_2O_5$ , значит, неизвестный элемент — иод (**I**).

**A** —  $I_2$ , **B** —  $HI$ , **D** —  $HI O_3$ , **E** —  $I_2O_5$ . При взаимодействии иодид-иона с ионом меди ( $2+$ ) происходит восстановление меди с образованием  $CuI$  (**C**).

## Задание № 11

### Условие:

Имеются водные растворы соединений: KSCN, AgNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, HNO<sub>3</sub>, NaOH, Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>. Установите соответствие между парами растворов и эффектами, к которым приводит их сливание. Обратите внимание на то, что нужно соединить два раствора из левого столбца с одним признаком из правого.

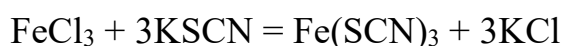
### Ответ:

KSCN	Появление ярко-красного окрашивания
FeCl <sub>3</sub>	
AgNO <sub>3</sub>	Выпадение коричнево-чёрного осадка
NaOH	
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Выпадение осадка, нерастворимого в аммиачной воде
Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
NH <sub>3</sub>	
HNO <sub>3</sub>	

**Точное совпадение ответа со штрафом за неверный ответ — 3 балла**

### Решение.

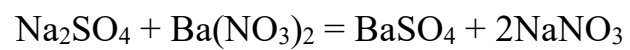
Среди имеющихся в списке реактивов ярко-красное окрашивание способна дать пара FeCl<sub>3</sub>/KSCN — это известная качественная реакция на ионы железа (III):



Среди оставшихся реагентов из списка осадок чёрного цвета могут дать только нитрат серебра и гидроксид натрия — это оксид серебра (I) Ag<sub>2</sub>O, образующийся по реакции:



Осадок, нерастворимый в присутствии аммиака —  $\text{BaSO}_4$ , который получается из  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ .




## Задание № 12

### Условие:

Установите соответствие между описаниями различных химических веществ или растворов и их цветами.

### Ответ:

Этот раствор можно встретить в домашней аптечке, где он применяется в качестве антисептика	Коричневый	
Для дезинфекции воды иногда добавляют кристаллики этой соли в воду. В химии она используется как окислитель	Фиолетовый	
Эта аллотропная модификация простого вещества имеет молекулярное строение с тетраэдрическими молекулами из четырех атомов. Она легко окисляется кислородом, что сопровождается свечением	Белый с желтоватым оттенком	
Этот неметалл встречается в природе в зонах вулканической активности. Одна из кислот, образуемая им, в огромных количествах потребляется промышленностью	Жёлтый	

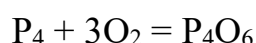
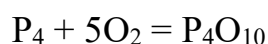
<p>Этот раствор образуется, если к подкисленному оранжевому раствору соли переходного металла, являющейся сильным окислителем, добавить щавелевую кислоту</p>	
---	--

**За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов**

*Решение.*

Раствор, который можно встретить в домашней аптечке и который применяется в качестве антисептика — раствор иода, бриллиантового зелёного (зелёнка), перекиси водорода или марганцовка. Но все варианты, кроме иода, отпадают, как будет видно далее. Раствор иода имеет бурый цвет. Для дезинфекции воды в неё часто добавляют кристаллик марганцовки (перманганата калия), которая обладает антисептическим действием. Раствор имеет тёмно-фиолетовый цвет.

Под описание третьего пункта подпадает белый фосфор, который существует в виде тетраэдрических молекул  $P_4$ . В присутствии кислорода протекают реакции окисления фосфора до его оксидов:



Под описание четвёртого пункта попадает сера. Месторождения самородной серы часто встречаются в областях вулканической активности, а серная кислота является одним из самых крупнотоннажных продуктов мировой химической промышленности.

Оранжевых солей переходных металлов не так много, самые известная — дихромат, который является сильным окислителем, особенно в кислой среде. В таких условиях восстановление дихромата протекает до солей  $Cr^{3+}$ , которые имеют сине-зелёный цвет.



## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1.1

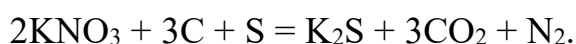
#### Условие:

*«А, они будут стрелять!»*

Капитан Смоллетт, поняв, что пираты заряжают пушку, чтобы стрелять, приказал прибавить ходу. Ударяя на вёслах, капитан, знающий Испаньолу, как свои пять пальцев, прикинул, что



в пушку пираты заложили заряд пороха в 1 кг. Реакция горения пороха:



Примите, что порох имеет состав, строго соответствующий стехиометрии этой реакции.

#### Условие:

Помогите капитану Смоллетту рассчитать давление пороховых газов, создаваемое в момент выстрела, если температура пороховых газов 3000 К, а объём, занимаемый пороховыми газами в пушке, 1.57 литра. Ответ выразите в мегапаскалях, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [232; 236]

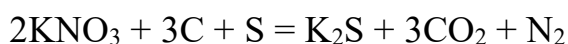
**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение.*

Решение задачи необходимо начать с определения массового соотношения компонентов пороха. Количественное соотношение компонентов соответствует соотношению коэффициентов реакции горения пороха, а именно 2:3:1 для селитры, угля и серы соответственно. Для определения массовых соотношений умножим коэффициенты количественного отношения на молярные массы соответствующих веществ (мы можем это сделать, так как эти коэффициенты, фактически, имеют единицу измерения «моль»). Получим  $2 \cdot 101 : 3 \cdot 12 : 1 \cdot 32 \Rightarrow 202 : 36 : 32$ .

Зная массу порохового заряда, рассчитаем количество газообразных продуктов, используя уравнение реакции горения пороха и полученные ранее соотношения:

Масса порохового заряда 1 кг  $\Rightarrow$  Количество  
угля  $n(\text{C}) = \frac{1000 \text{ г} \cdot 36}{(202+36+32)} : 12 \text{ г/моль} = 11.11 \text{ моль}$ .



По уравнению горения пороха:  $n(\text{CO}_2) = n(\text{C}) = 11.11 \text{ моль}$ ;

$$n(\text{N}_2) = \frac{n(\text{C})}{3} = 3.70 \text{ моль}$$

Количество газообразных продуктов горения пороха  
 $n = 11.11 + 3.70 = 14.81 \text{ моль}$ .

Так как ответ необходимо получить в мегапаскалях, переведем объём, занимаемый пороховыми газами, в единицы измерения системы СИ:  
 $1.57 \text{ л} = 0.00157 \text{ м}^3$

Рассчитаем давление пороховых газов по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$pV = nRT$$

$$p = \frac{14.81 \cdot 8.31 \cdot 3000}{0.00157} = 235167707 \text{ Па} \sim 235 \text{ МПа}$$

## Задание № 1.2

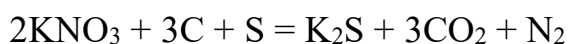
### Условие:

«А, они будут стрелять!»

Капитан Смоллетт, поняв, что пираты заряжают пушку, чтобы стрелять, приказал прибавить ходу. Ударяя на вёслах, капитан, знающий Испаньолу, как свои пять пальцев, прикинул, что



в пушку пираты заложили заряд пороха в 1 кг. Реакция горения пороха:



Примите, что порох имеет состав, строго соответствующий стехиометрии этой реакции.

### Условие:

Помогите капитану Смоллетту рассчитать давление пороховых газов, создаваемое в момент выстрела, если температура пороховых газов 3100 К, а объём, занимаемый пороховыми газами в пушке, 1.40 литра. Ответ выразите в мегапаскалях, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [188; 192]

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

### Задание № 1.3

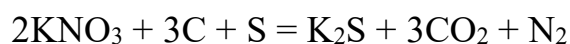
**Условие:**

«А, они будут стрелять!»

Капитан Смоллетт, поняв, что пираты заряжают пушку, чтобы стрелять, приказал прибавить ходу. Ударяя на вёслах, капитан, знающий Испаньолу, как свои пять пальцев, прикинул, что



в пушку пираты заложили заряд пороха в 1 кг. Реакция горения пороха:



Примите, что порох имеет состав, строго соответствующий стехиометрии этой реакции.

**Условие:**

Помогите капитану Смоллетту рассчитать давление пороховых газов, создаваемое в момент выстрела, если температура пороховых газов 2950 К, а объём, занимаемый пороховыми газами в пушке, 1.68 литра. Ответ выразите в мегапаскалях, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [256; 260]

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение по аналогии с заданием № 1.1*

## Задание № 2

---

### Условие:

В реакции хлорирования 100 г смеси алканов была получена смесь их хлоропроизводных, содержащая 60 % хлора по массе. Какой объём хлороводорода (при приведении к н.у.) выделился в результате реакции? Ответ выразите в литрах, округлите до целых.

**Ответ:** 91

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

*Решение.*

Запишем уравнение реакции в общем виде:



Выразим массовую долю хлора в смеси продуктов через используемые переменные:

$$w(Cl) = \frac{35.5n}{12m + 2m + 2 - n + 35.5n} = 0.6.$$

Преобразовав уравнение, получим соотношение  $14m+2 = 24.7n$ .

Если в реакцию вводят 100 г алканов, то количество вещества этой смеси равно  $100/(14m+2)$ , а количество хлора в  $n$  раз больше, то есть  $100n/(14m+2)$ .

Заменяя  $14m+2$  на  $24.7n$ , получим, что количество вещества хлора равно  $100/24.7 = 4.05$  моль, а объём полученного хлора в 22.4 раза больше, то есть равен 91 литру.

### Задание № 3

---

#### Общее условие:

«Кофе с молоком» — название взвеси, образующейся при реакции катионов металла  $X$  с анионами кислоты  $Y$ . Реакция используется для качественного определения этих анионов и позволяет отличать их от фосфат-анионов, дающих в таких же условиях аналогичный по составу и структуре желтый осадок.



#### Условие:

Определите металл  $X$ :

#### Ответ:

- Барий
- Свинец
- Медь
- Серебро
- Золото
- Ртуть

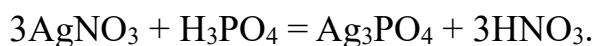
**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Условие:**

Запишите формулу образующего взвесь соединения, если известно, что в 1.000 г этого соединения содержится 0.700 г металла X.

**Ответ:**  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$ **Точное совпадение ответа — 3 балла****Максимальный балл за задание — 4 балла***Решение.*

Для качественного определения фосфат-ионов используется нитрат серебра, дающий осадок ортофосфата жёлтого цвета:



Поэтому X — серебро, а взвесь образует, исходя из условия, соединение состава  $\text{Ag}_3\text{ZO}_4$ . Атомная масса неизвестного элемента Z может быть определена решением уравнения:

$$\frac{3 \cdot 107.87}{3 \cdot 107.87 + M(\text{Z}) + 64} = 0.700$$


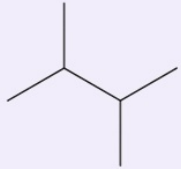
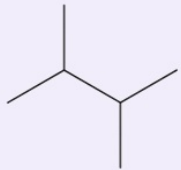

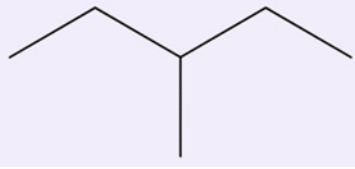
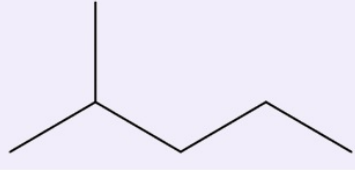
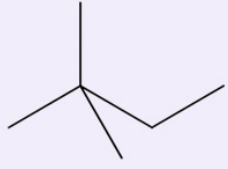
Отсюда получаем  $M(\text{Z}) = 74.7$  г/моль, что близко к атомной массе мышьяка. Формула соединения —  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$ .

## Задание № 4

### Условие:

Даны структурные формулы изомеров гексана  $C_6H_{14}$ . Установите соответствие между алканами и верными утверждениями о каждом из них.

### Ответ:

Алкан может быть получен димеризацией алкилхлорида $RCI$ по реакции Вюрца	
	
Алкан в реакции радикального хлорирования образует только два монохлорпроизводных	
Алкан может быть получен гидрированием алкина состава $C_6H_{10}$	
	
	
	

Алкан содержит три первичных атома углерода	
	

За каждую верную пару — 0.5 балла, всего — 4.5 балла

*Решение.*

Первому условию удовлетворяют только симметричные алканы, которые можно условно разделить по С–С связи на две равные части. Это н-гексан и 2,3-диметилбутан.

В ходе хлорирования образуется смесь продуктов замещения при каждом из атомов углерода. При этом замещение у первой или последней  $\text{CH}_3$ -группы н-гексана даст один и тот же продукт — 1-хлоргексан. Поэтому необходимо выбрать молекулы, в которых содержится только два различных типа атомов углерода. Подходит только 2,3-диметилбутан.

Попробуем дегидрировать изображённые алканы с образованием алкина. Это не получится сделать для 2,3-диметилбутана, так как он не содержит две последовательно идущие  $\text{CH}_2$ -группы. Тогда правильным ответом будут все остальные алканы.

3 первичных атома углерода (3  $\text{CH}_3$ -группы) содержат 2- и 3-метилпентаны.

## Задание № 5

---

### Условие:

Насыщенный первичный спирт  $\text{RCH}_2\text{OH}$  подвергли двухстадийному окислению «спирт»  $\rightarrow$  «альдегид»  $\rightarrow$  «карбоновая кислота ( $\text{RCOOH}$ )», в результате чего из 1.0 г спирта было получено 1.0 г карбоновой кислоты. Известно, что каждая из двух стадий прошла с выходом 90 %. Запишите число атомов углерода в молекуле исходного спирта.

**Ответ:** 3

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

Запишем формулу спирта как  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ . Тогда происходящие превращения можно отразить схемой:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ .

С учётом выхода на каждой стадии из 1 моль спирта было получено 0.81 моль карбоновой кислоты. Массы исходного вещества и продукта при этом равны. Тогда  $M$  (спирт) = 0.81 $M$  (кислота) или  $(14n + 2 + 16) = 0.81(14n + 32)$ . Решением данного уравнения является значение  $n = 3$ .

## Задание № 6

---

### Условие:

Через последовательно соединённые электрохимические ячейки, содержащие водные растворы нитрата меди (II) и нитрата серебра (I), пропустили электрический ток. В первой ячейке на катоде выделилось на 0.140 г меньше меди, чем серебра во второй. Какая масса серебра выделилась на катоде во второй ячейке, если известно, что в обеих ячейках по окончании электролиза ещё оставались растворы солей? Ответ выразите в граммах, округлите до сотых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [0.19; 0.20]

**Точное совпадение ответа — 3.5 балла**

*Решение.*

Закон электролиза Фарадея имеет вид:  $m = \frac{ItM}{nF}$ , где  $I$  — сила тока,  $t$  — время электролиза,  $M$  — молярная масса металла,  $n$  — число переносимых в ходе восстановления электронов (в данном случае совпадающее со степенью окисления металла),  $F$  — постоянная Фарадея. В условиях опыта отношение  $It/F$  — постоянная, которую для удобства можно обозначить  $K$ .

Тогда масса выделившейся меди  $m(\text{Cu}) = 64K/2$ , а масса выделившегося серебра  $m(\text{Ag}) = 108K$ . Их разность  $\Delta m = 108K - 32K = 76K = 0.140$ , откуда  $K = 1.84 \cdot 10^{-3}$ . Тогда масса выделившегося серебра равна:

$$108K = 108 \cdot 1.84 \cdot 10^{-3} = 0.199 \text{ г.}$$

## Задание № 7

---

### Условие:

Легкоразлагающаяся синяя жидкость **X** может быть получена следующим образом. Металл **M** растворяют в концентрированной кислоте **A**, что сопровождается выделением окрашенного газа **B**. Если металл **M** растворить в разбавленной кислоте **A**, то основным газообразным продуктом реакции будет газ **C**. Взаимодействие **B** и **C** при охлаждении приводит к образованию **X**.



Запишите формулу **X**.

**Ответ:**  $N_2O_3$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*

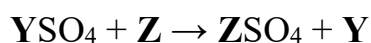
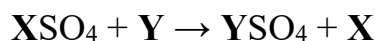
Среди кислот, образующих разные газы при реакции с металлами в зависимости от концентрации, широко известны азотная и серная кислота. Среди продуктов взаимодействия этих кислот с металлами окрашенным газом может быть только  $NO_2$  — **B**. В разбавленной азотной кислоте из газов могут образоваться  $NO$ ,  $N_2O$  и  $N_2$ . Из этих газов с  $NO_2$  взаимодействует только  $NO$ . Продуктом реакции является оксид азота (III)  $N_2O_3$ , действительно представляющий собой нестойкую синюю жидкость.

## Задание № 8

---

### Общее условие:

**X**, **Y** и **Z** — двухвалентные металлы. Известно, что в 1 М водных растворах их солей самопроизвольно протекают следующие реакции:



При этом масса пластинки **Y**, опущенной в водный раствор **XSO**<sub>4</sub>, увеличивается, а масса пластинки **Z**, опущенной в водный раствор **YSO**<sub>4</sub>, уменьшается.

### Условие:

Как изменится масса пластинки **X**, опущенной в 1 М водный раствор **ZSO**<sub>4</sub>?

### Ответ:

- Увеличится
- Уменьшится
- Не изменится
- Нельзя точно определить

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### Условие:

Какие металлы могли бы соответствовать **X**, **Y** и **Z**?

### Ответ:

<b>X</b>	Cu
<b>Y</b>	Fe
<b>Z</b>	Zn
	Mn

**За каждую верную пару — 1 балл, всего — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

*Решение.*

Из описанных свойств следует, что металл **Y** активнее, чем **X**, а металл **Z** активнее, чем **Y**. Поэтому масса пластинки **X**, опущенной в 1 М водный раствор  $ZSO_4$ , не изменится.

Рассматривая ряд напряжений металлов, можно предположить существование следующих последовательностей **Z — Y — X**:

Mn — Zn — Fe

Mn — Zn — Cu

Mn — Fe — Cu

Zn — Fe — Cu

Однако молярная масса **Y** меньше молярных масс **X** и **Z**, как следует из условия во второй половине задачи. Это позволяет отсеять три первых последовательности. Остаётся вариант **Z — Y — X**: Zn — Fe — Cu.

## Задание № 9

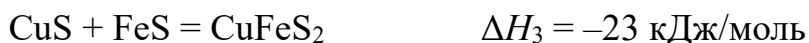
---

### Общее условие:

Обжиг халькопирита протекает в соответствии с уравнением:



Известны стандартные энтальпии следующих реакций:



### Условие:

Определите стандартную энтальпию реакции 1. Ответ выразите в кДж/моль, округлите до целых.

**Ответ:** –3944

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Какое количество теплоты выделится при обжиге 18.4 г халькопирита? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [98; 99]

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

Теплота неизвестной реакции может быть найдена сложением теплот известных процессов со следующими коэффициентами:

$$Q = 2Q_1 + Q_2 - 4Q_3 = 807 \cdot 2 + 2422 - 23 \cdot 4 = 3944 \text{ кДж/моль}$$

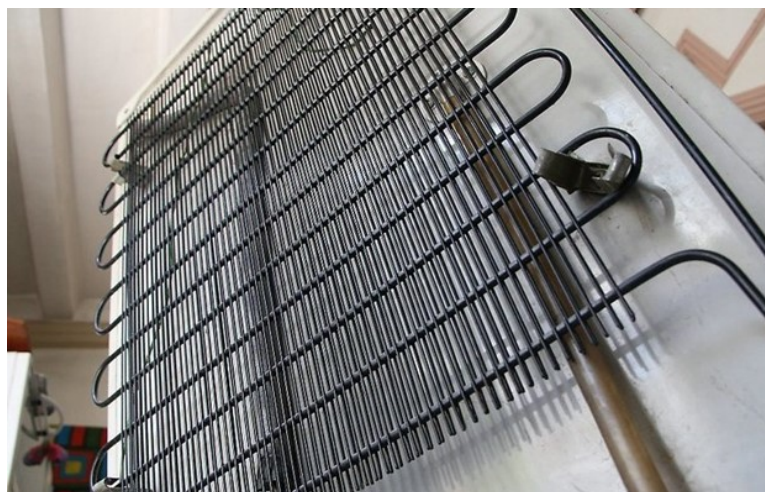
Количество вещества халькопирита в 18.4 г равно  $18.4/184 = 0.1$  моль.  
При обжиге 4 моль халькопирита выделяется 3944 кДж, так что при обжиге 0.1 моль выделится в 40 раз меньше, то есть 98.6 кДж.

## Задание № 10.1

---

### Условие:

Фреоны, хладоны — техническое название группы галогенсодержащих производных насыщенных углеводородов (главным образом метана и этана), применяемых в качестве хладагентов, пропеллентов, вспенивателей, растворителей. Чаще всего водород в алканах замещается фтором, но также может быть замещён хлором, бромом и реже иодом.



Запишите формулу фреона, если известно, что массовая доля фтора в нём составляет 0.731, других галогенов не содержится, а соотношение масс углерода и фтора в его молекуле составляет 1 : 3.16.

**Ответ:**  $\text{CH}_2\text{F}_2$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 3 балла**

*Решение.*

$$n(\text{C}) : n(\text{F}) = 1/12 : 3.16/19 = 1 : 2$$

Если в молекуле два атома фтора, то  $M(\text{фреон}) = 2 \cdot 19 / 0.731 = 52 \text{ г/моль}$

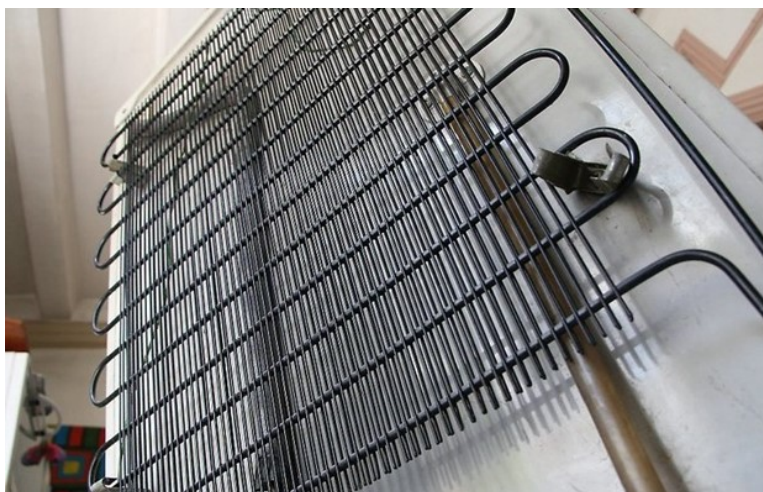
Т.к. углеводород насыщенный (что следует из определения), то единственный вариант —  $\text{CH}_2\text{F}_2$ .

## Задание № 10.2

---

### Условие:

Фреоны, хладоны — техническое название группы галогенсодержащих производных насыщенных углеводородов (главным образом метана и этана), применяемых в качестве хладагентов, пропеллентов, вспенивателей, растворителей. Чаще всего водород в алканах замещается фтором, но также может быть замещён хлором, бромом и реже иодом.



Запишите формулу фреона, если известно, что массовая доля фтора в нём составляет 0.814, других галогенов не содержится, а соотношение масс углерода и фтора в его молекуле составляет 1 : 4.75.

**Ответ:**  $\text{CHF}_3$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

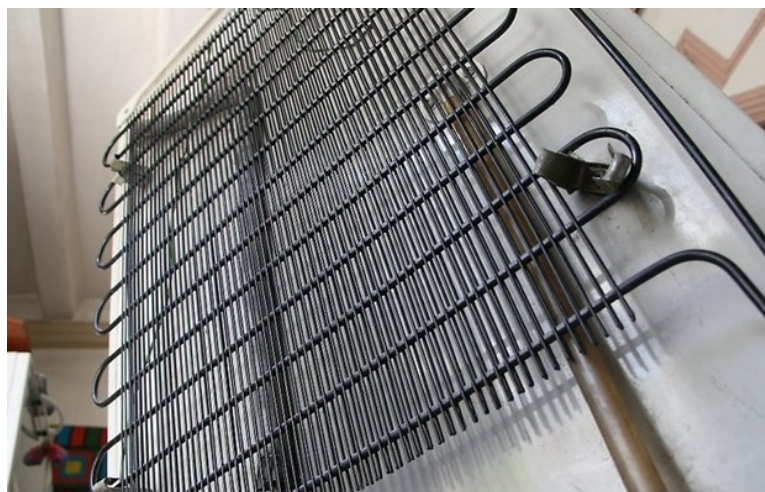
*Решение по аналогии с заданием № 10.1*

### Задание № 10.3

---

**Условие:**

Фреоны, хладоны — техническое название группы галогенсодержащих производных насыщенных углеводородов (главным образом метана и этана), применяемых в качестве хладагентов, пропеллентов, вспенивателей, растворителей. Чаще всего водород в алканах замещается фтором, но также может быть замещён хлором, бромом и реже иодом.



Запишите формулу фреона, если известно, что массовая доля фтора в нём составляет 0.558, других галогенов не содержится, а соотношение масс углерода и фтора в его молекуле составляет 1 : 1.58.

**Ответ:**  $\text{CH}_3\text{F}$

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

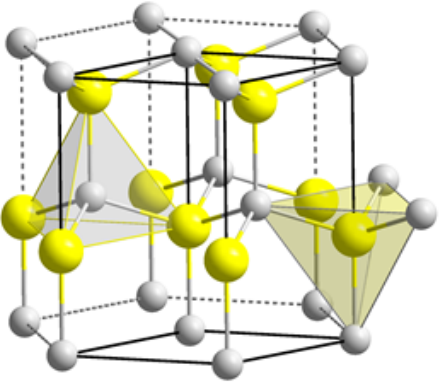
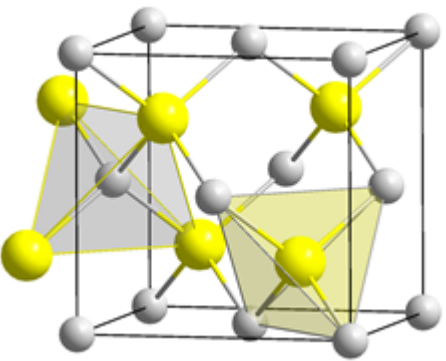
**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение по аналогии с заданием № 10.1*

## Задание № 11

### Общее условие:

Сульфид цинка может существовать в виде двух кристаллических модификаций. В таблице ниже приведены их термодинамические характеристики.

Модификация	$\Delta_{\text{обр.}}H^\circ / \text{кДж моль}^{-1}$	$S^\circ / \text{Дж моль}^{-1} \text{К}^{-1}$
ZnS (вюрцит) 	-194.0	59.2
ZnS (сфалерит) 	-196.3	57.7

**Условие:**

Выберите верные утверждения:

**Ответ:**

- ✓ Превращение вюрцита в сфалерит — экзотермический процесс
- Превращение вюрцита в сфалерит — эндотермический процесс
- При 25 °С и атмосферном давлении термодинамически более устойчивой модификацией является вюрцит
- ✓ При 25 °С и атмосферном давлении термодинамически более устойчивой модификацией является сфалерит
- ✓ Координационное число цинка в сфалерите равно 4
- ✓ Координационное число цинка в вюрците равно 4

**За каждый верный ответ — 1 балл**

**Штраф за каждый неверный ответ — 1 балл**

**При выборе более 5 пунктов — 0 баллов**

**Условие:**

Определите температуру, при которой одна модификация сульфида цинка начинает самопроизвольно переходить в другую. Ответ выразите в кельвинах, округлите до целых.

*Примечание:* самопроизвольно протекают процессы, для которых  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$ .

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [1533; 1534]

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 6 баллов**

*Решение.*

Для расчёта изменения энтальпии процесса воспользуемся первым следствием из закона Гесса:

$$\Delta_r H^\circ = \Delta_{\text{обр}} H^\circ(\text{прод.}) - \Delta_{\text{обр}} H^\circ(\text{реаг.}) = -196.3 + 194.0 = -2.3 \text{ кДж/моль.}$$

Отрицательная величина изменения энтальпии реакции соответствует экзотермическому процессу.

Для оценки термодинамической устойчивости необходимо рассчитать изменение энергии Гиббса реакции:

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ$$

Рассчитаем изменение энтропии как разность энтропий реагентов и продуктов:

$$\Delta_r S^\circ = 57.7 - 59.2 = -1.5 \text{ Дж/моль/К.}$$

Изменение энергии Гиббса при температуре 298 К равно:

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ = -2300 - 298 \cdot (-1.5) = -1853 \text{ Дж/моль.}$$

(для расчёта величину  $\Delta_r H^\circ$  перевели в Дж/моль)

Отрицательная величина энергии Гиббса процесса вюрцит  $\rightarrow$  сфалерит позволяет заключить, что сфалерит представляет собой более стабильную модификацию при 298 К.

Координационное число определяется как число ближайших к элементу соседей в кристаллической упаковке. Видно, что в каждом случае это число равно 4.

Вещества будут находиться в термодинамическом равновесии, если изменение стандартной энергии Гиббса реакции будет равно нулю. Решим уравнение

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ = -2300 - T \cdot (-1.5) = 0 \text{ и получим } T = 1533 \text{ К.}$$

## Задание № 12

---

### Общее условие:

Вещество **X** образовано двумя одноатомными частицами с одинаковым числом электронов. Оба типа частиц присутствуют в составе **X** в одинаковом количестве. Известно, что один из элементов в составе **X** образует простое газообразное вещество **A**. Другой элемент поступает в наш организм в основном в виде соли **B**, которая окрашивает пламя в жёлтый цвет.

### Условие:

Запишите формулу газообразного продукта сжигания серы в атмосфере **A**.

**Ответ:** SF<sub>6</sub>

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

### Условие:

Запишите формулу вещества **B**.

**Ответ:** NaCl

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 5 баллов**

### *Решение.*

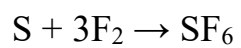
По описанию второго входящего в состав **X** элемента можно догадаться, что речь идет о натрии: элемент окрашивает пламя в желтый цвет и поступает в организм по большей части в виде поваренной соли, хлорида натрия NaCl.

**X** состоит из катиона и аниона, каждый из которых содержит по 10 электронов — значит, анион F<sup>-</sup>, а **X** — NaF. Тогда вещество **A** — F<sub>2</sub>.

При сжигании серы в атмосфере фтора (то есть в большом избытке

окислителя), она окисляется до своей высшей степени окисления +6.

Единственным продуктом реакции серы в атмосфере фтора является SF<sub>6</sub>:



**Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии**

**для 11 класса**

2023/24 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

**Задание № 1**

---

**Условие:**

Выберите вещества, при добавлении растворов которых к раствору нитрата свинца (II) будет наблюдаться выпадение окрашенных (т.е. не белых) осадков:

**Ответ:**

- NaOH
- K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- NH<sub>4</sub>Cl
- Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>
- ZnI<sub>2</sub>
- Na<sub>2</sub>S
- KMnO<sub>4</sub>
- Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>

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

*Решение.*

NaOH — наблюдается выпадение белого амфотерного осадка

Pb(OH)<sub>2</sub> — не подходит

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — наблюдается выпадение белого осадка PbSO<sub>4</sub> — не подходит

NH<sub>4</sub>Cl — наблюдается выпадение белого осадка PbCl<sub>2</sub> — не подходит

Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> — наблюдается выпадение жёлтого осадка PbCrO<sub>4</sub> — подходит

$ZnI_2$  — наблюдается выпадение жёлтого осадка  $PbI_2$  — подходит

$Na_2S$  — наблюдается выпадение чёрного осадка  $PbS$  — подходит

$KMnO_4$  — нет реакции

$Fe(NO_3)_3$  — нет реакции

## Задание № 2

### Условие:



Установите соответствие между лабораторной посудой и способом её применения.





### Ответ:

Дефлегматор	Фракционная перегонка
Колба Бунзена	Вакуумное фильтрование
Колба Вюрца	Простая перегонка
Тигель	Прокаливание
Эксикатор	Сушка веществ
Бюретка	Титрование

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

### Решение.

Дефлегматор		Используется для фракционной перегонки — метода разделения жидкостей, основанного на различии в их температурах кипения.
Колба Бунзена		Используется для вакуумного фильтрования, в котором процесс фильтрования ускоряется за счёт разности давлений снаружи и внутри колбы.

Колба Вюрца		Используется для простой перегонки — испарения одной жидкости из раствора.
Тигель		Используется для прокаливания веществ при высокой температуре.
Эксикатор		Используется для сушки веществ в замкнутом пространстве над осушителем.
Бюретка		Используется для добавления титранта при титровании.

### Задание № 3

---

#### Условие:

Установите соответствие между органическим веществом и одним из этапов его промышленного производства.

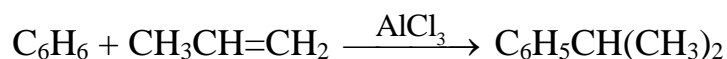
#### Ответ:

Фенол	Алкилирование бензола
Анилин	Нитрование бензола
Уксусная кислота	Карбонилирование метанола
Полиэтиленгликоль	Эпоксидирование этилена
Адипонитрил	Гидроцианирование бутадиена

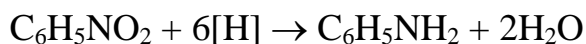
**За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов**

#### Решение.

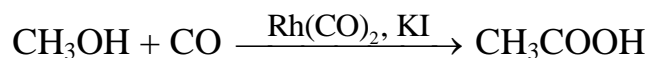
При получении фенола кумольным методом первой стадией является алкилирование бензола пропеном:



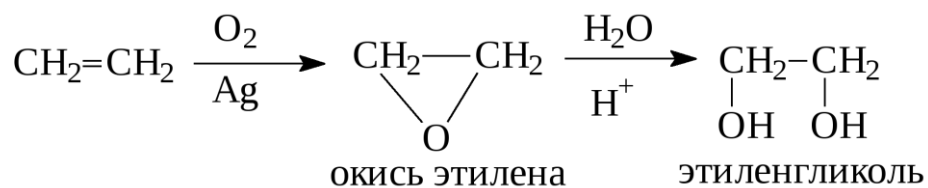
Анилин получают восстановлением нитробензола:



Уксусную кислоту производят путем каталитического карбонилирования метанола (процесс Монсанто).



Полиэтиленгликоль получают полимеризацией окиси этилена, которую, в свою очередь, получают эпексидированием этилена:



Адипонитрил получают присоединением синильной кислоты (гидроцианирование) к бутадиену-1,3.

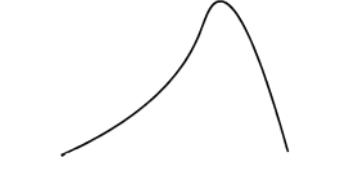
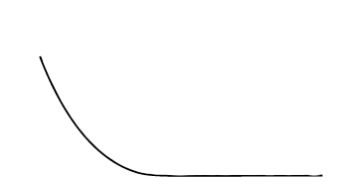
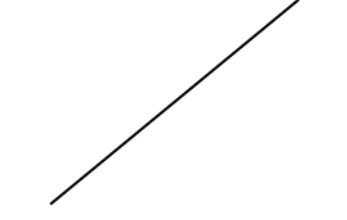
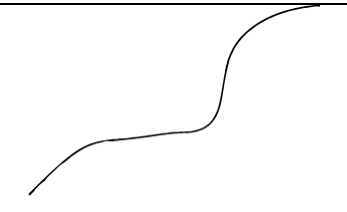


## Задание № 4

### Условие:


Установите соответствие между зависимостью и её графиком.


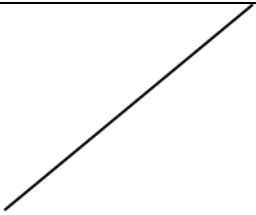
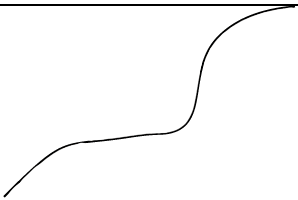
### Ответ:

Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры	
Зависимость концентрации реагента в обратимой реакции от времени	
Зависимость объёма от количества вещества при постоянных давлении и температуре	
Зависимость pH от объёма титранта при титровании уксусной кислоты гидроксидом натрия	

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

*Решение.*

С ростом температуры активность катализатора растёт, однако при нагревании происходит денатурация фермента, и его активность резко падает.	
--	---

<p>Концентрация реагента в ходе обратимой реакции постепенно снижается, а после достижения равновесия выходит на плато.</p>	
<p>Объём вещества прямо пропорционален его количеству при постоянном давлении.</p>	
<p>При титровании слабой кислоты щёлочью рН будет повышаться с перегибом в точке эквивалентности. При низких значения рН будет наблюдаться буферная зона (в растворе — смесь слабой кислоты и её соли) с медленным ростом рН.</p>	

## Задание № 5

---

### Условие:

Выберите все вещества/частицы, которые могут образоваться в ходе хлорирования метана на свету:

### Ответ:

- $\text{CH}_3^+$
- $\text{CH}_3\cdot$
- $\text{Cl}\cdot$
- $\text{CH}_2\text{Cl}_2$
- $\text{Cl}^-$
- $\text{C}_2\text{H}_6$
- $\text{H}^-$
- $\text{CH}_3^-$

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

### *Решение.*

Хлорирование метана на свету протекает по радикальному механизму, ионы в нём не участвуют. В реакционной смеси будут присутствовать радикалы  $\text{CH}_3\cdot$ ,  $\text{Cl}\cdot$  и продукты их рекомбинации, например,  $\text{C}_2\text{H}_6$ . Возможно образование продуктов повторного хлорирования, например,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ .

## Задание № 6

---

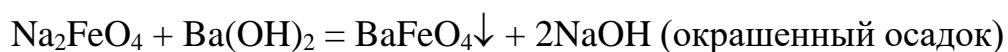
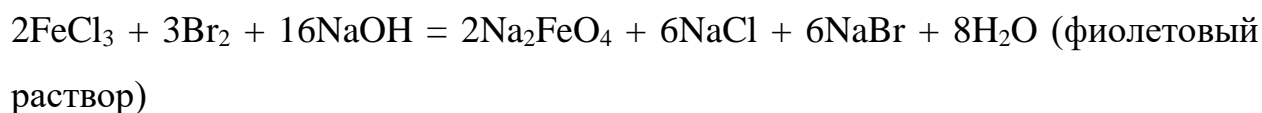
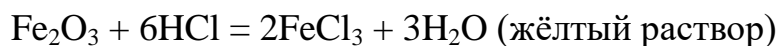
### Условие:

Оксид элемента X растворили в соляной кислоте и получили раствор жёлтого цвета. К полученному раствору добавили избыток гидроксида натрия, бром и нагрели. Получили раствор фиолетового цвета. При добавлении к полученному раствору гидроксида бария выпадает осадок, содержащий элемент X. Данный осадок обладает сильными окислительными свойствами. Определите элемент X, в ответ запишите его порядковый номер.

**Ответ:** 26

**Точное совпадение ответа — 3 балла**

*Решение.*



Элемент X — Fe, порядковый номер — 26.

## Задание № 7

---

### Условие:

Выберите соединения, в которых катион и анион содержат одинаковое количество электронов:

### Ответ:

- NaCl
- LiH
- NH<sub>4</sub>F
- CaF<sub>2</sub>
- SrSe
- RbI

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

### *Решение.*

Количество электронов в ионе можно рассчитать по формуле  $Z - q$ , где  $Z$  — порядковый номер элемента, а  $q$  — заряд иона (с учётом знака). В случае иона аммония необходимо суммировать порядковые номера образующих его элементов.

LiH: Li<sup>+</sup> и H<sup>-</sup> — по 2 электрона,

NH<sub>4</sub>F: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> и F<sup>-</sup> — по 10 электронов,

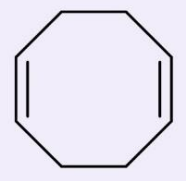
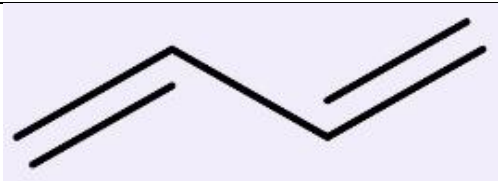

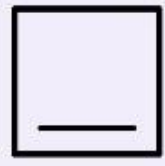
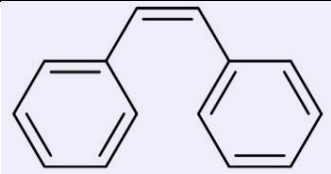
SrSe: Sr<sup>2+</sup> и Se<sup>2-</sup> — по 36 электронов.

## Задание № 8

### Условие:

Установите соответствие между углеводородом и продуктом его окисления горячим подкисленным раствором перманганата калия.

### Ответ:

	Янтарная (бутандиовая) кислота
	Углекислый газ
	Уксусная кислота
	Янтарная (бутандиовая) кислота
	Бензойная кислота
	Щавелевая кислота

За каждую верную пару — 1 балл, всего — 5 баллов

*Решение.*

Под действием подкисленного раствора перманганата калия происходит окислительное расщепление алкенов с образованием карбоновых кислот. Следует учесть, что муравьиная и щавелевая кислоты в тех же условиях окисляются до углекислого газа и не могут быть продуктами реакций.

## Задание № 9

### Условие:

Концентрированный раствор соли карбоновой кислоты А, при электролизе которого в катодном и анодном пространстве выделяется один и тот же газ В, подкислили избытком соляной кислоты и добавили метанол. При этом образовалось летучее соединение С, которое при реакции с диметиламином даёт популярный высококипящий органический растворитель D.

Запишите молярные массы веществ А — D. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

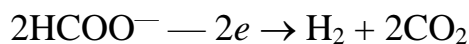
### Ответ:

А	46
В	2
С	60
D	73

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

### Решение.

Один и тот же газ, выделяющийся и на катоде, и на аноде — H<sub>2</sub> (В). Выделение водорода на аноде возможно при электролизе солей муравьиной кислоты (А):

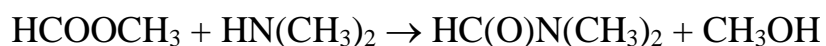


Этерификация муравьиной кислоты метанолом даёт метилформиат (С):



Взаимодействие метилформиата с диметиламином даёт

N,N-диметилформамид (D):



## Задание № 10

---

### Общее условие:

Для экзотермической реакции  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  при некоторых условиях константа равновесия, выраженная через мольные доли, принимает значение  $K_x = 1.25$ . Определите равновесные мольные доли всех веществ, если в реакционном сосуде вначале присутствовали только  $\text{CO}$  и  $\text{Cl}_2$  в равных количествах. Ответ выразите в долях единицы, округлите до десятых.

### Ответ:

$$\chi(\text{CO}) = 0,4$$

$$\chi(\text{Cl}_2) = 0,4$$

$$\chi(\text{COCl}_2) = 0,2$$

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

### Условие:

Куда сместится равновесие в данной реакции при увеличении температуры?

### Ответ:

- Влево
- Вправо
- Не сместится

**Точное совпадение ответа — 1 балл**

**Максимальный балл за задание — 4 балла**

*Решение.*

В равновесной смеси содержится продукт реакции  $\text{COCl}_2$ , а также реагенты  $\text{CO}$  и  $\text{Cl}_2$  в равных количествах, т.е. с равными мольными долями. Пусть  $\chi(\text{COCl}_2) = x$ , тогда  $\chi(\text{CO}) = \chi(\text{Cl}_2) = (1 - x)/2$ . Подставим эти выражения в константу равновесия:

$$K_x = \frac{\chi(\text{COCl}_2)}{\chi(\text{CO})\chi(\text{Cl}_2)} = \frac{x}{(1 - x)/2 \cdot (1 - x)/2} = 1.25$$

Решая уравнение, находим, что  $x = 0.2$ .

$$\chi(\text{COCl}_2) = 0.2, \chi(\text{CO}) = \chi(\text{Cl}_2) = (1 - 0.2)/2 = 0.4.$$

Реакция протекает с выделением теплоты, поэтому при нагревании равновесие смещается влево.

## Задание № 11

---

### Условие:

Выберите вещества, способные вступать в реакцию «серебряного зеркала»:

### Ответ:

- Глюкоза
- Молочная кислота
- Сорбит
- Муравьиная кислота
- Бензальдегид
- Мальтоза (4-О- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-D-глюкоза)
- Уксусная кислота
- Этанол

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

### *Решение.*

В реакцию «серебряного зеркала» вступают вещества, в структуре которых присутствует альдегидная группа — муравьиная кислота и бензальдегид, а также углеводы, у которых она присутствует в открытой форме — глюкоза и мальтоза.

## Задание № 12

---

### Условие:

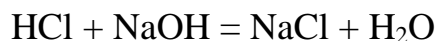
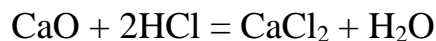
Смесь оксида и бромида кальция общей массой 0.500 г обработали 100 см<sup>3</sup> 0.100 М раствора HCl; избыток кислоты оттитровали 40.00 см<sup>3</sup> раствора 0.150 М NaOH. Определите содержание CaO в исходной смеси. Ответ выразите в процентах (по массе), округлите до десятых.

**Ответ:** засчитывается в диапазоне [22.3; 22.5]

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

*Решение.*

Уравнения реакций:



$$\nu(\text{NaOH}) = 0.150 \cdot 0.040 = 0.006 \text{ моль,}$$

Количество кислоты, прореагировавшей с оксидом кальция, вычисляется как разность между общим количеством кислоты и количеством кислоты, оттитрованным NaOH:

$$\nu(\text{HCl в реакции с CaO}) = 0.100 \cdot 0.100 - 0.006 = 0.004 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{CaO}) = 0.004 : 2 = 0.002 \text{ моль.}$$

$$m(\text{CaO}) = 0.002 \cdot 56 = 0.112 \text{ г,}$$

$$\omega(\text{CaO}) = 0.112 : 0.500 = 0.224 = 22.4\%.$$

Бромид кальция в данном случае является инертной примесью.