

## Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по химии

для 10 класса

2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 50

### Задание № 1.1

---

#### Общее условие:

Одной из наиболее показательных реакций, демонстрирующих окислительную способность высшего оксида элемента X, является его взаимодействие с этиловым спиртом (реакция «буря в пробирке») с образованием трёх оксидов: жидкого, твёрдого ( $\omega(\text{O}) = 36.78\%$ ) и газообразного при н.у. При этом самый высший оксид можно получить в результате взаимодействия соли А с концентрированной серной кислотой. Растворы этой калиевой соли окрашены в малиново-фиолетовый цвет и в медицине часто используются как антисептическое средство.

#### Условие:

Запишите формулу соли А.

Ответ:  $\text{KMnO}_4$

Точное совпадение ответа — 2 балла

#### Условие:

Запишите сумму минимальных целых коэффициентов в реакции «буря в пробирке».

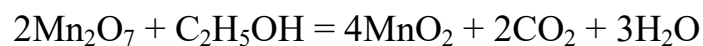
Ответ: 12

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 4

*Решение.*

По цвету раствора соли **A** (малиново-фиолетовый) и факту использования в медицине в качестве обеззараживающего средства, можно догадаться, что вещество **A** — перманганат калия  $\text{KMnO}_4$ . Тогда элемент **X** — марганец. Высший оксид марганца —  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ . Уравнение реакции:



Сумма коэффициентов этой реакции — 12.

## Задание № 2.1

---

### Общее условие:

Уравнение Менделеева-Клапейрона ( $pV = nRT$ ) — формула, устанавливающая зависимость между абсолютной температурой  $K$ , давлением (Па), объёмом ( $m^3$ ) и количеством (моль) идеального газа, используя коэффициент пропорциональности — универсальную газовую постоянную  $R = 8.314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) = 0.082 \text{ л} \cdot \text{атм}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ .

### Условие:

Как изменится давление идеального газа при изотермическом сжатии, то есть при уменьшении объёма при постоянной температуре?

### Ответ:

- Увеличится
- Уменьшится
- Не изменится

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

### *Решение.*

При постоянной температуре давление обратно пропорционально объёму ( $P \sim \frac{1}{V}$ ), поэтому давление увеличивается при уменьшении объёма (закон Бойля-Мариотта:  $PV = \text{const}$ , который следует из уравнения Менделеева-Клапейрона).

### Условие:

Два одинаковых сосуда с одинаковыми давлениями  $P$ , температурами и числом моль газа соединили. Температура в ходе процесса оказалась постоянной. Каким было установившееся давление идеального газа?

**Ответ:**

- $2P$
- $P$
- $P/2$

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

При соединении двух одинаковых сосудов объём увеличился в 2 раза и число моль частиц увеличилось в 2 раза, поэтому при постоянной температуре постоянным остаётся и давление.

### Задание № 3

---

**Условие:**

При сжигании смеси, состоящей из 1 моль кислорода и 2 моль водорода, выделяется 484 кДж теплоты. Сколько теплоты выделяется при сжигании 10 г водорода в избытке кислорода? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до целых.

**Ответ:** 1210

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Запишем уравнение реакции:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ . Заметим, что соотношение  $n(\text{H}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1$  отвечает стехиометрии реакции. Получается, что при полном сгорании 2 моль водорода выделяется 484 кДж теплоты, тогда при полном сгорании в избытке кислорода  $10 \div 2 = 5$  моль водорода выделится в 2.5 раза больше теплоты, то есть  $484 \cdot 2.5 = 1210$  кДж.

### Матрица ответов к версиям задания 3

<b>№ задания</b>	<b>Масса водорода</b>	<b>Ответ</b>
<b>3.1</b>	6	726
<b>3.2</b>	7	847
<b>3.3</b>	8	968
<b>3.4</b>	9	1089
<b>3.5</b>	10	1210
<b>3.6</b>	11	1331
<b>3.7</b>	12	1452

#### Задание № 4

---

**Условие:**

В водном растворе серной кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) число атомов водорода равно  $2.7 \cdot 10^{25}$ , а число атомов серы —  $4.02 \cdot 10^{23}$ . Определите массовую долю серной кислоты в этом растворе. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых. Постоянную Авогадро примите равной  $6 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

**Ответ:** 14.3

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

В водном растворе серной кислоты содержатся два вещества: сама  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и вода  $\text{H}_2\text{O}$ . Найдём количество серной кислоты  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{S}) = 0.67$  моль, тогда количество водорода в растворе равно  $n(\text{H}) = 2n(\text{H}_2\text{O}) + 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 45$  моль. Тогда  $n(\text{H}_2\text{O}) = 21.83$  моль.

Масса серной кислоты  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = n(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.67 \cdot 98 = 65.66$  г.

Масса воды  $m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 21.83 \cdot 18 = 392.94$  г. Общая масса раствора равна  $65.66 + 392.94 = 458.6$ .

Массовая доля серной кислоты:  $65.66 \div 458.6 \cdot 100 = 14.3 \%$ .

### Матрица ответов к версиям задания 4

№ задания	Число атомов водорода	Ответ
4.1	$2.4 \cdot 10^{25}$	15.9
4.2	$2.45 \cdot 10^{25}$	15.6
4.3	$2.5 \cdot 10^{25}$	15.3
4.4	$2.55 \cdot 10^{25}$	15.1
4.5	$2.6 \cdot 10^{25}$	14.8
4.6	$2.65 \cdot 10^{25}$	14.6
4.7	$2.7 \cdot 10^{25}$	14.3



### Задание № 5.1

---

**Условие:**

К 142.00 г насыщенного при 25 °С раствора хлорида железа (III) добавили 15.80 г безводной соли, после чего в осадок выпал кристаллогидрат состава  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .

Определите массу кристаллогидрата, выпавшего в осадок, если растворимость безводного хлорида железа (III) при 25 °С составляет 70.30 г на 100.00 г воды.

Ответ выразите в граммах, округлите до десятых.

**Ответ:** 49.4

**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

**Максимальный балл за задание — 5**

*Решение.*

Рассчитаем массу хлорида железа в растворе по пропорции:

$$70.3 \text{ г FeCl}_3 \text{ — } 170.3 \text{ г раствора}$$

$$a \text{ г FeCl}_3 \text{ — } 142 \text{ г раствора}$$

Отсюда  $a = 58.6$  г. Тогда масса воды в растворе  $142 - 58.6 = 83.4$  г.

Пусть в осадок выпало  $n$  моль кристаллогидрата  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , тогда масса соли в кристаллогидрате равна  $162.5n$  г, а масса воды —  $6n \cdot 18 = 108n$  г. После выпадения осадка в растворе осталось  $83.4 - 108n$   $\text{H}_2\text{O}$  и  $58.6 + 15.8 - 162.5n = 74.4 - 162.5n$   $\text{FeCl}_3$ . Так как раствор над осадком является насыщенным, то должна сохраняться пропорция:

$$70.3 \text{ г FeCl}_3 \text{ — } 100 \text{ г H}_2\text{O}$$

$$74.4 - 162.5n \text{ г FeCl}_3 \text{ — } 83.4 - 108n \text{ г H}_2\text{O}$$

Отсюда  $7440 - 16250n = 5863 - 7592.4n$ , откуда  $8657.6n = 1577$ ,  $n = 0.182$  моль.

Масса осадка равна  $162.5n + 108n = 270.5n = 270.5 \cdot 0.182 = 49.4$  г.

## Задание № 6.1

---

### Общее условие:

Взяли три навески одной и той же безводной соли X.

Первую навеску растворили в воде и пропустили через раствор электрический ток. В результате реакции на аноде выделился жёлто-зелёный газ А с молярной массой 71 г/моль, а на катоде образовался красно-розовый осадок металла.

На вторую навеску действовали концентрированной серной кислотой, при этом выделился газ В, раствор которого в воде окрашивает лакмус в красный цвет. К раствору газа В прилили раствор нитрата серебра, в результате чего образовался белый творожистый осадок вещества С.

Третью навеску соли X растворили в воде и к полученному голубому раствору прилили избыток раствора гидроксида натрия. В результате образовался осадок вещества D светло-голубого цвета.

### Условие:

Запишите формулы веществ А–D, X.

### Ответ:

X	$\text{CuCl}_2$
A	$\text{Cl}_2$
B	$\text{HCl}$
C	$\text{AgCl}$
D	$\text{Cu}(\text{OH})_2$

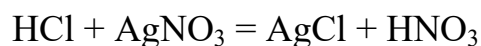
За каждый верный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 5

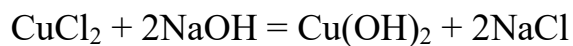
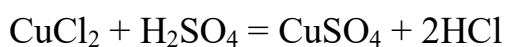
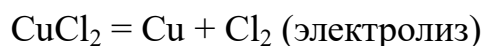
*Решение.*

Рассчитаем молярную массу газа А с плотностью по воздуху  $2.45 \div M(\text{A}) = M(\text{воздуха}) \cdot D = 29 \cdot 2.45 = 71$  г/моль. Под это условие подходит газообразный

хлор  $\text{Cl}_2$ . Если в результате электролиза раствора соли выделяется хлор, можно утверждать, что соль представляет собой некий хлорид. Газ В, который выделяется при действии на кристаллическую соль концентрированной серной кислотой, в таком случае является газообразным хлороводородом  $\text{HCl}$ . Белый творожистый осадок вещества С —  $\text{AgCl}$ :



Осадок светло-голубого цвета D, выпавший при действии на соль гидроксида натрия, —  $\text{Cu(OH)}_2$ . Тогда соль А —  $\text{CuCl}_2$ .



## Задание № 7.1

---

### Условие:

449 грамм эквимолярной смеси хлората  $MClO_3$  и перхлората  $MClO_4$  одновалентного металла прокалили до образования хлорида  $MCl$  и полного выделения из них кислорода, объём которого составил 78.4 литра при нормальных условиях. Запишите химический символ металла, образующего указанные соли.

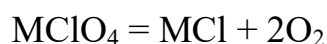
**Ответ:** Cs

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

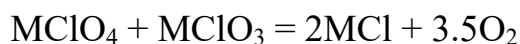
**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

По условию протекают два параллельных процесса:



Так как смесь эквимолярная, можно записать суммарный процесс



Найдём количество кислорода:  $n(O_2) = 78.4 \text{ л} / (22.4 \text{ л/моль}) = 3.5 \text{ моль}$ , следовательно, 449 г это 1 моль  $MClO_3$  и 1 моль  $MClO_4$ . Если вычесть из 449 молярные массы анионов хлората и перхлората, то полученное значение будет соответствовать удвоенной молярной массе металла, откуда  $M(\text{металла}) = 133$ , что соответствует цезию.

## Задание № 8.1

---

### Общее условие:

Трёхэлементное органическое вещество А, молярная масса которого не превышает 80 г/моль, сожгли в избытке кислорода, при этом образовались углекислый газ, вода и хлороводород. Продукты сгорания разделили на 3 равные части. Первую часть полученной смеси пропустили через твёрдый КОН, при этом весь газ поглотился полностью, а масса щёлочи увеличилась на 222.5 г. Вторую часть газовой смеси пропустили через  $P_4O_{10}$ , при этом из газовой смеси поглотилось только одно вещество, а масса самой газовой смеси уменьшилась на 54 г. Наконец, третью часть газовой смеси пропустили через избыток раствора нитрата серебра, что привело к выпадению 143.4 г белого осадка.

### Условие:

Запишите брутто-формулу А.

**Ответ:**  $C_3H_7Cl$

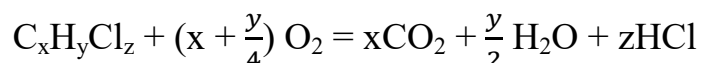
**Точное совпадение ответа — 5 баллов**

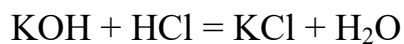
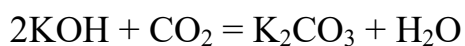
**Максимальный балл за задание — 5**

### Решение.

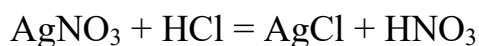
Если с серебром выпадает белый осадок с продуктами горения органического вещества, то наиболее вероятно, что это  $AgCl$ . Тогда формула в общем виде —  $C_xH_yCl_z$ . При сжигании получают  $CO_2$ ,  $H_2O$  и  $HCl$ . Все три газа поглощаются твёрдой щёлочью, значит масса всех газов составляет 222.5 г. Оксид фосфора(V) поглощает из этих газов только воду, откуда масса воды — 54 г. А по массе выпавшего  $AgCl$  можно вычислить массу хлороводорода:

$$m(HCl) = \left[ \frac{m(AgCl)}{M(AgCl)} \right] \cdot M(HCl) = \left[ \frac{143.5}{143.5} \right] \cdot 36.5 = 36.5 \text{ г}$$





Также твёрдая щёлочь поглощает воду, схематично это можно записать как « $\text{KOH}_{(\text{тв})} + \text{H}_2\text{O} = \text{KOH}_{(\text{р-р})}$ », но, строго говоря, это не является уравнением химической реакции.



Находим массу  $\text{CO}_2$ :  $222.5 - 54 - 36.5 = 132$  г.

Далее находим отношение углерода, водорода и хлора в молекуле:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{Cl}) = n(\text{CO}_2) : [2n(\text{H}_2\text{O}) + n(\text{HCl})] : n(\text{HCl}) = (132 \div 44) : [(54 \cdot 2 \div 18) + (36.5 \div 36.5)] : (36.5 \div 36.5) = 3 : 7 : 1$$

Из условия, что молярная масса не превышает 80 г/моль, получается только один вариант решения —  $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ .

### Задание № 9.1

---

**Общее условие:**

Органические вещества А и В являются изомерами, но при комнатной температуре находятся в разных агрегатных состояниях. Вещество А относительно малорастворимо в воде, в то время как В смешивается с водой в любых соотношениях. Растворимость одного из этих веществ в другом неограничена. А можно получить при нагревании более лёгкого гомолога В с концентрированной серной кислотой. Отношение масс кислорода и водорода в этих веществах составляет 8 : 3.

**Условие:**

Определите формулы веществ А и В.

*В этом задании используются не все варианты ответа из правого столбца.*

*Неиспользованные варианты приведены в последней ячейке таблицы.*

**Ответ:**

А	<input checked="" type="checkbox"/> $\text{CH}_3\text{OCH}_3$
В	<input checked="" type="checkbox"/> $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
	<input type="checkbox"/> $\text{CH}_3\text{OH}$ <input type="checkbox"/> $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$ <input type="checkbox"/> $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ <input type="checkbox"/> $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_3$

**За каждый верный ответ — 2 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Поскольку **В** смешивается с водой в любых соотношениях, то логично предположить, что вещество **В** полярное, например, спирт. Вещество **А** можно получить из более лёгкого гомолога **В** путем нагревания с концентрированной серной кислотой, что подталкивает на мысль получения простого эфира из спирта. Так как отношение масс кислорода и водорода в этих веществах равно 8 : 3, то молярное соотношение  $O : H$  будет равно  $(8 \div 16) : (3 \div 1) = 1 : 6$ . Тогда при одном атоме кислорода и шести атомах водорода необходимо иметь как минимум два атома углерода, откуда получается формула  $C_2H_6O$ . В этом случае, спирт **В** — это этанол,  $C_2H_5OH$ , а простой эфир **А** — диметиловый эфир,  $CH_3OCH_3$ .



## Задание № 10.1

---

### Общее условие:

В современном мире одним из основных источников энергии является горючее топливо. В таблице приведены основные виды горючего топлива, используемого для отопления помещений, теплоты их сгорания и стоимость.

Вид топлива	Теплота сгорания, кДж/моль	Стоимость
Метан $\text{CH}_4$	892	7.2 руб/м <sup>3</sup> (н.у)
Уголь С	393.5	10 руб/кг



### Условие:

Для отопления 1 м<sup>2</sup> помещения в течение 1 часа зимой необходимо 980 кДж тепла. Какое топливо выгоднее использовать во время отопительного сезона?

### Ответ:

- Метан
- Уголь
- Одинаково

**Точное совпадение ответа — 2 балла**

**Условие:**

Определите стоимость более дешёвого топлива, потраченного за день на обогрев  $1 \text{ м}^2$  помещения. Если в предыдущем вопросе вы ответили «одинаково», запишите значение для любого из типов. Ответ выразите в рублях, округлите до целых.

**Ответ: 4****Точное совпадение ответа — 2 балла****Максимальный балл за задание — 4***Решение.*

Для отопления необходимо  $980 \text{ кДж}$  в час. Для получения такого количества тепла необходимо  $980 \div 892 = 1.1$  моль метана и  $980 \div 393.5 = 2.5$  моль угля. Масса угля:  $2.5 \cdot 12 = 30 \text{ г} = 0.03 \text{ кг}$ . Стоимость угля:  $0.03 \cdot 10 = 0.3$  рубля в час =  $7.2$  рубля в день. Объём метана:  $1.1 \cdot 22.4 = 24.64 \text{ л} = 0.02464 \text{ м}^3$ . Стоимость метана:  $0.02464 \cdot 7.2 = 0.18$  рубля в час =  $4.3$  рубля в день. При сравнении данных получается, что дешевле использовать для отопления метан.

## Задание № 11.1

---

### Общее условие:

В настоящее время чрезвычайно интенсивно развивается ядерная медицина, использующая для лечения различных заболеваний, в том числе онкологических, радиоактивные изотопы элементов. Наиболее перспективным радионуклидом для борьбы со злокачественными опухолями щитовидной железы является изотоп иода  $^{123}\text{I}$ .

Зависимость концентрации радиоактивных изотопов от времени подчиняется закону:

$$C = C_0 \cdot 2^{-t/T}$$

где  $C_0$  — начальная концентрация изотопа,  $T$  — период полураспада изотопа,  $t$  — время, прошедшее с начала измерения концентрации.

### Условие:

Через какое время количество изотопа уменьшится в 1024 раза? Период полураспада  $^{123}\text{I}$  — 13 часов. Ответ выразите в часах, округлите до целых.

**Ответ:** 130

**Точное совпадение ответа — 4 балла**

**Максимальный балл за задание — 4**

*Решение.*

Если активность препарата уменьшилась в 1024 раз, то  $A = 1024A_0$ . Подставим это значение в закон радиоактивного распада:

$$A = 1024A_0 \cdot 2^{-t/T}$$

$$1 \div 1024 = 2^{-t/13}$$

Отсюда:

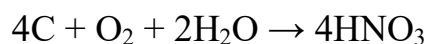
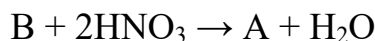
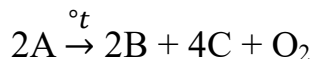
$$t = 130 \text{ часов.}$$

## Задание № 12.1

---

### Общее условие:

В написанных ниже реакциях зашифрованы вещества А, В и С.



Массовая доля кислорода в нитрате двухвалентного металла А равна 50.79 %.

### Условие:

Определите формулы веществ А — С. В ответе укажите молярные массы А — С. Ответ выразите в г/моль, округлите до целых.

### Ответ:

А	189
В	81
С	46

За каждый верный ответ — 1 балл

Максимальный балл за задание — 3

### Решение.

А — нитрат некоторого двухвалентного металла, тогда В — оксид этого же металла. Первая реакция представляет собой разложение нитрата, соответственно, вещество С — оксид азота  $NO_2$ , что подтверждает третья реакция. Так как при разложении нитрата образуется оксид, то металл находится в ряду напряжений между Mg и Cu. Формула А —  $Me(NO_3)_2$ . Обозначим за  $x$  атомную массу металла, тогда выражение для молярной массы вещества А:  $M(A) = x + (14 + 3 \cdot 16) \cdot 2 = 124 + x$ . Массовая доля кислорода в веществе А равна 50.79%, тогда  $96 \div (124 + x) = 0.5079$ ;  $0.5079x = 33.02$ ;  $x = 65$ . Таким образом, А —  $Zn(NO_3)_2$ , В —  $ZnO$ .