

**7-8 класс**  
**Решения и критерии**

**Решение задачи 1** (автор: Паршин Т.В.)

1. Проявляющие активность: засчитываются любые ответы, с указанием изотопа с нечётным числом порядкового номера  $Z$  и/или атомной массы формата: ( $^{13}\text{C}$  или  $^{14}\text{N}$ ).

Не проявляющие активность: засчитываются любые ответы, с указанием изотопа с чётным числом порядкового номера  $Z$  **и** атомной массы формата: ( $^{12}\text{C}$  или  $^{32}\text{S}$ ).

2. **Можно:** для метода ЯМР можно использовать атомы с чётным порядковым номером, но с нечётной атомной массой – разные изотопы одного и того же элемента являются **химически эквивалентными**.

***Система оценивания***

Пункт	Элементы решения	Оценка
1.	Каждый верный изотоп оценивается в 2 балла	<b>12</b>
2.	Верный ответ – 4 баллов, обоснование или верная мысль – 4 баллов	<b>8</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

**Решение задачи 2** (автор: Паршин Т.В.)

1. Химическими реакциями являются номера **1, 3, 4 и 6**.

1) Реакция 1: взаимодействие двух простых веществ с образованием 1 сложного – тип присоединения, разрушаются связи Н-Н и I-I для образования Н-I.

2) Реакция 2: взаимодействие двух **ядер** изотопа  $^{23}\text{Na}$  и  $^4\text{He}$  (альфа-частица) с образованием ядра  $^{27}\text{Al}$ : разрыва химических связей не происходит, это ядерный процесс, а не химический.

3) Реакция 3: соль с изотопом  $^{200}\text{Hg}$  реагирует с металлической ртутью  $^{191}\text{Hg}$  с образованием соли с  $^{191}\text{Hg}$  и выделением  $^{200}\text{Hg}$ : это изотопный обмен, который происходит через разрыв/образование химических связей, не меняя элемент (только изотоп) – химическая реакция.

4) Реакция 4: ионный обмен в растворе: происходит диссоциация веществ на ионы (разрыв химических связей) с образованием нерастворимого осадка  $\text{BaSO}_4$  – химическая реакция.

5) Реакция 5: изображён бензол, в котором один атом углерода является изотопом  $^{14}\text{C}$ . Этот изотоп нестабилен и подвергается  $\beta^-$ -распаду:  $^{14}\text{C} \rightarrow ^{14}\text{N} + e^-$  (**внутри ядра** один нейтрон превращается в протон, испуская электрон); визуально молекула превращается из бензола

(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) в катион пиридиния (C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>N<sup>+</sup>), но не за счёт разрыва/образования химической связи, а в результате ядерного распада изотопа в **составе** молекулы.

б) Реакция б: молекула синильной кислоты очень быстро переходит в свой изомер – таутомер (изонитрильная форма), **это химическая реакция (изомеризация)**, потому что меняются связи и положение атомов.

2. Химическая реакция — это процесс, при котором изменяется состав и строение веществ за счёт перераспределения электронов и разрыва/образования химических связей между атомами, при этом атомные ядра и сами элементы остаются неизменными. (Ключевое, что должно присутствовать в определении: **участвуют электронные оболочки, а не ядра**).

### **Система оценивания**

Пункт	Элементы решения	Оценка
1.	По 1 баллу за выбор верных химических реакций, по 2 балла за каждое доказательство, почему реакция химическая или нет. За каждый неверный выбор химической реакции -1 балл, но не более 4.	<b>16</b>
2.	Формулировка определения с ключевой частью – 4 балла	<b>4</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

### **Решение задачи 3 (автор: Степурина М.Д.)**

1. По определению, оксиды – сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых кислород в степени окисления –2. Таким образом, оксиды не может образовывать фтор (так как электроотрицательность фтора больше электроотрицательности кислорода, фтор не может находиться в положительной степени окисления). Также, в силу своей инертности, оксиды не образуют благородные газы (Ne, Ar, Kr), однако, оксид ксенона известен (XeO<sub>3</sub>).

Таким образом, верным ответом будут считаться любые два элемента из следующих: F, Ne, Ar, Kr.

*Вариант Хе оценивается в 0,5 балла.*

2. Начнем с определения соединения X. Так, общую формулу оксида хлора можно записать как Cl<sub>2</sub>O<sub>n</sub>, где степень окисления кислорода -2, а степень окисления хлора обозначена за +n. Известно, что один атом кислорода содержит 8 протонов, а один атом хлора – 17 протонов. Запишем уравнение, из которого найдем n:

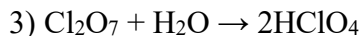
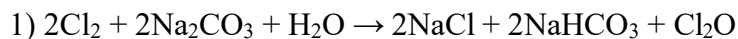
$$2 \cdot 17 + n \cdot 8 = 90$$

Отсюда,  $n = 7$ , тогда формула оксида **X** –  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ .

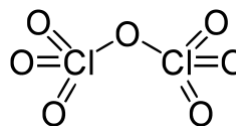
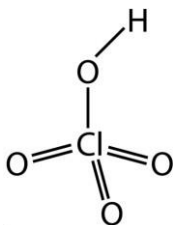
Зная **X**, легко догадаться, что одноосновная кислота **Y** содержит один атом водорода.

Предположим, что атом хлора тоже только один, в таком случае получим формулу  $\text{HClO}_n$ , где  $n$  нужно вычислить. Посмотрим на степени окисления:  $n = \frac{7+1}{2} = 4$ . В таком случае, **Y** –  $\text{HClO}_4$ .

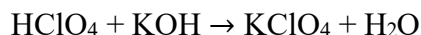
3. Уравнения реакций:



4. В соединениях **X** и **Y** присутствуют только ковалентные полярные связи, причем все атомы хлора связаны исключительно с атомами кислорода. Из этих условий очевидны структурные формулы  $\text{HClO}_4$  и  $\text{Cl}_2\text{O}_7$  соответственно.



5. Рассмотрим реакцию обмена, протекающую при нейтрализации раствора кислоты  $\text{HClO}_4$ :



По коэффициентам химической реакции заметим, что вещества реагируют в соотношении 1:1.

Найдем  $\vartheta(\text{HClO}_4)$ :

$$\vartheta(\text{HClO}_4) = \frac{m(\text{HClO}_4)}{M(\text{HClO}_4)};$$

$$\vartheta(\text{HClO}_4) = \frac{V(p - p_a) \cdot \rho(p - p_a) \cdot \omega(\text{HClO}_4)}{M(\text{HClO}_4)} = \frac{100 \text{ мл} \cdot 1,09 \frac{\text{г}}{\text{мл}} \cdot 0,15}{(1 + 35,5 + 16 \cdot 4) \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,1627 \text{ моль}$$

В таком случае, количество  $\text{KOH}$  тоже известно:  $\vartheta(\text{KOH}) = \vartheta(\text{HClO}_4) = 0,1627 \text{ моль}$

Найдем массу раствора  $\text{KOH}$ :

$$m(p - p_a \text{ KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{\omega(\text{KOH})} = \frac{\vartheta(\text{KOH}) \cdot M(\text{KOH})}{\omega(\text{KOH})} = \frac{0,1627 \text{ моль} \cdot (39 + 16 + 1) \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{0,1} = 91,1 \text{ г}$$

Пункт	Элементы решения	Оценка
1.	Любые два элемента из списка: O, F, He, Ar, Kr	2
2.	Верные формулы <b>X</b> и <b>Y</b> – по одному баллу каждая	2

3.	Верные уравнения <i>реакций 1-3</i> – по два балла каждое	<b>6</b>
4.	Верные структурные формулы <b>X</b> и <b>Y</b> – по два балла каждая	<b>4</b>
5.	Верно посчитана масса раствора	<b>4</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

#### Решение задачи 4 (автор: Степурина М.Д.)

1. Начнем с определения вещества **Y**. Известно, что это металл и основной компонент стали.

Рассмотрим соотношение протонов и нейтронов:  $\frac{p}{n} = \frac{13}{15}$  В таком случае, отношение массового

числа к порядковому номеру металла **Y** составляет  $\frac{p+n}{p} = \frac{28}{13}$  Металл с порядковым номером 13 –

это алюминий, но его относительная атомная масса не равна 28. Тогда рассмотрим металл с порядковым номером в два раза больше – это железо. Его порядковый номер – 26, а относительная атомная масса – 56. Это полностью удовлетворяет условию задачи. **Y – Fe**.

Теперь определим оставшиеся вещества. Запишем схему реакции получения **X**:

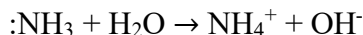


Нетрудно догадаться, что коэффициент 3 перед **B** появляется в связи с тем, что в стехиометрической смеси **B** в три раза больше **A** исходя из мольных процентов. Учитывая, что **A** и **B** – это двухатомные простые газы, можно однозначно определить перечень веществ, которые могут подходить под это описание:  $\text{H}_2$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ . Судя по соотношению масс (14:3), соединение **B** – это легкий газ, скорее всего водород. В таком случае, составим уравнение:

$$\frac{3 \cdot 2 \cdot 1 \text{ г/моль}}{2x \text{ г/моль}} = \frac{3}{14};$$

Откуда  $x = 14$ , что соответствует атому азота. В таком случае, **A – N<sub>2</sub>**, **B – H<sub>2</sub>**. По соотношению и атомам, входящим в **X**, несложно догадаться, что **X – NH<sub>3</sub>**, **аммиак**.

2. Из курса школьной химии известно, что раствор аммиака в воде имеет щелочную среду, что связано с его способностью образовывать ион аммония, связываясь с протоном при помощи неподеленной электронной пары азота:



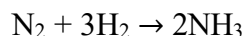
В результате этой реакции, протоны из воды связываются с азотом, что порождает избыток гидроксид-анионов и повышает pH раствора.

3. Для нахождения количества реагентов в смеси, необходимо применить уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \vartheta RT; \vartheta = \frac{pV}{RT};$$

$$\vartheta = \frac{200 \cdot 101,325 \text{ кПа} \cdot 200 \text{ л}}{8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot (450 + 273)\text{К}} = 674,3 \text{ моль}$$

Тогда, пусть  $\vartheta(N_2) = x$ ;  $\vartheta(H_2) = 3x$ ;  $674,3 = 4x$ , откуда  $x = 168,6$  моль. По уравнению реакции:



$$\vartheta(NH_3) = 2\vartheta(N_2) = 2x = 337,2 \text{ моль};$$

С учетом выхода реакции,  $\vartheta(NH_3) = \vartheta(NH_3_{\text{теор}}) \cdot 0,38 = 128,1$  моль. Тогда, легко найти объем при н.у.

$$V(NH_3) = \vartheta(NH_3) \cdot V_M = 128,1 \text{ моль} \cdot 22,4 \frac{\text{л}}{\text{моль}} = 2869,4 \text{ л или } 2,87 \text{ м}^3.$$

#### Система оценивания:

Пункт	Элементы решения	Оценка
1.	Вещества <b>X</b> , <b>Y</b> , <b>A</b> , <b>B</b> – по 2 балла, В случае отсутствия подтверждения расчетом и обоснования для всех веществ – 0 баллов. Верное название <b>X</b> – 1 балл	<b>9</b>
2.	Уравнение реакции - 3 балла, среда раствора 1 балл	<b>4</b>
3.	Уравнение Менделеева-Клапейрона – 1 балл Верные количества азота и водорода – по 2 балла каждое Верный объем <b>X</b> – 2 балла	<b>7</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>

#### Решение задачи 5 (автор: Плешаков Г.А., Степурина М.Д.)

1. Определим оксид **B**. Пусть общая формула  $M_2O_n$ . Тогда  $M(M) = (16n/0.7143 - 16n)/2$

Для  $n = 1$   $M(M) \approx 20$

Для  $n = 2$   $M(M) = 40 - Ca \Rightarrow B = CaO$  – негашёная известь

Единственный элемент, являющийся диагональным соседом кальция в обеих версиях таблицы – это натрий (Na). Определим соль **A**. Пусть общая формула  $Na_nX^{n-}$ , где **X** – кислотный остаток. Тогда  $M(X) = 23n/0.434 - 23n$

Для  $n = 1$   $M(X) \approx 30$

Для  $n = 2$   $M(X) = 60$  – карбонат-ион  $\Rightarrow A = Na_2CO_3$ .

При растворении в воде оксида кальция образуется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , который реагирует с карбонатом с образованием карбоната кальция:  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3\downarrow$  (реакция 1). Нерастворимым веществом является карбонат кальция, **C** =  $\text{CaCO}_3$

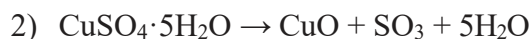
Определим **D**: продуктами разложения перманганата калия являются манганат калия, оксид марганца (IV) и кислород. Также известно, что минерал пиролюзит – это оксид марганца (IV), а значит, **D** =  $\text{MnO}_2$ .

Наиболее известным пятиводным сульфатом является медный купорос ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), который действительно используется в борьбе с грибковыми болезнями растений. Проверим массовую долю меди:  $\omega(\text{Cu}) = 64 / (64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot 18) = 0.256$  – действительно подходит, а значит **F** =  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Продуктом термического разложения медного купороса является чёрный оксид меди (II), **E** =  $\text{CuO}$ .

Простое вещество **G** по свойствам напоминает серу, возможно, это соседки серы по группе – селен или теллур. Формула высшего оксида для элементов VI группы –  $\text{EO}_3$ . Для  $\text{SeO}_3$   $\omega(\text{Se}) = 79 / (79 + 3 \cdot 16) = 0.6220$  – точно, значит **G** = Se.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{CaO}$	$\text{CaCO}_3$	$\text{MnO}_2$	$\text{CuO}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Se

2. Уравнения реакций:



3. Соединения **A** и **B** используются для снижения температуры плавления расплава стекла, и, следовательно, для снижения энергетических затрат на выплавку.

№	Элементы решения	Оценка
1.	Определены вещества <b>A-G</b> – по 2 балла, если нет подтверждения расчётами там, где это необходимо – по 0.75 баллов.	<b>14</b>
2.	Верно записаны уравнения реакций 1 и 2 – по 2 балла, пропущены коэффициенты – по 1 баллу.	<b>4</b>
3.	Верно описано применение <b>A</b> и <b>B</b> – 2 балла.	<b>2</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>20 баллов</b>