

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}C или ^{14}N).

Не проявляющие активность: засчитываются любые ответы, с указанием изотопа с чётным числом порядкового номера Z **и** атомной массы формата: (^{12}C или ^{32}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	12
2.	Верный ответ – 3 баллов, обоснование или верная мысль – 3 баллов	12
	ИТОГО:	20 баллов

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 H-H и I-I для образования H-I .

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

3) Реакция 3: соль с изотопом ^{200}Hg реагирует с металлической ртутью ^{191}Hg с образованием соли с ^{191}Hg и выделением ^{200}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 BaSO_4 – химическая реакция.

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

(C₆H₆) в катион пиридиния (C₅H₆N⁺), 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	16
2.	Формулировка определения с ключевой частью – 4 балла	4
	ИТОГО:	20 баллов

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 (XeO₃).

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

Вариант Хе оценивается в 0,5 балла.

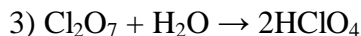
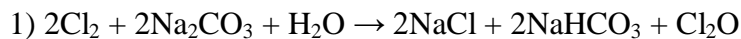
2. Начнем с определения соединения **Х**. Так, общую формулу оксида хлора можно записать как Cl₂O_n, где степень окисления кислорода -2, а степень окисления хлора обозначена за +n. Известно, что один атом кислорода содержит 8 протонов, а один атом хлора – 17 протонов. Запишем уравнение, из которого найдем n:

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

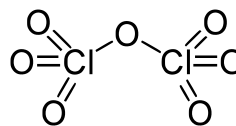
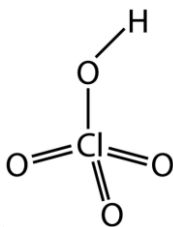
Отсюда, $n = 7$, тогда формула оксида **X** – Cl_2O_7 .

Зная **X**, легко догадаться, что одноосновная кислота **Y** содержит один атом водорода. Предположим, что атом хлора тоже только один, в таком случае получим формулу HClO_n , где n нужно вычислить. Посмотрим на степени окисления: $n = \frac{7+1}{2} = 4$. В таком случае, **Y** – HClO_4 .

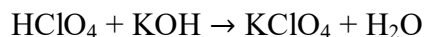
3. Уравнения реакций:



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 HClO_4 и Cl_2O_7 соответственно.



5. Рассмотрим реакцию обмена, протекающую при нейтрализации раствора кислоты HClO_4 :



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

Найдем $\vartheta(\text{HClO}_4)$:

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

$$m(\text{HClO}_4) = m(p - pa) \cdot \omega(\text{HClO}_4) = V(p - pa) \cdot \rho(p - pa) \cdot \omega(\text{HClO}_4);$$

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

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

Найдем массу раствора KOH :

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

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

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

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**:

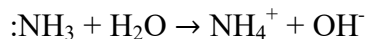


Нетрудно догадаться, что коэффициент 3 перед **B** появляется в связи с тем, что в стехиометрической смеси **B** в три раза больше **A** исходя из мольных процентов. Учитывая, что **A** и **B** – это двухатомные простые газы, можно однозначно определить перечень веществ, которые могут подходить под это описание: H_2 , F_2 , Cl_2 , O_2 , 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 – N₂**, **B – H₂**. По соотношению и атомам, входящим в **X**, несложно догадаться, что **X – NH₃**, **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:



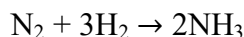
В результате этой реакции, протоны из воды связываются с азотом, что порождает избыток гидроксид-анионов и повышает pH раствора.

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

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

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

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



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

С учетом выхода реакции, $\nu(NH_3) = \nu(NH_{3 \text{ теор}}) \cdot 0,38 = 128,1$ моль. Тогда, легко найти объем при н.у.

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

Система оценивания:

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

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 $n = 2$ $M(M) = 40 - \text{Ca} \Rightarrow \mathbf{B} = \text{CaO}$ – 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 $n = 2$ $M(X) = 60 - \text{карбонат-ион} \Rightarrow \mathbf{A} = \text{Na}_2\text{CO}_3$.

При растворении в воде оксида кальция образуется Ca(OH)_2 , который реагирует с карбонатом с образованием карбоната кальция: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3\downarrow$ (реакция 1). Нерастворимым веществом является карбонат кальция, **C** = CaCO_3

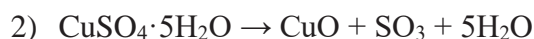
Определим **D**: продуктами разложения перманганата калия являются манганат калия, оксид марганца (IV) и кислород. Также известно, что минерал пиролюзит – это оксид марганца (IV), а значит, **D** = MnO_2 .

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** = CuO .

Простое вещество **G** по свойствам напоминает серу, возможно, это соседи серы по группе – селен или теллур. Формула высшего оксида для элементов VI группы – EO_3 . Для SeO_3 $\omega(\text{Se}) = 79 / (79 + 3 \cdot 16) = 0.6220$ – точно, значит **G** = Se.

A	B	C	D	E	F	G
Na_2CO_3	CaO	CaCO_3	MnO_2	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 A-G – по 2 балла, если нет подтверждения расчётами там, где это необходимо – по 0.75 баллов.	14
2.	Верно записаны уравнения реакций 1 и 2 – по 2 балла, пропущены коэффициенты – по 1 баллу.	4
3.	Верно описано применение A и B – 2 балла.	2
	ИТОГО:	20 баллов