

**Министерство образования и науки РТ
Казанский федеральный университет**

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады
школьников по химии 2023–2024 гг.
Решения**

Авторы задач: Болматенков Д.Н., Хасаншина Л.И., Ромашова А.М., Гильманов А.Б., Миронов В.А., Лукаш Т.А. Под редакцией Седова И.А.

Инструкция для жюри

Жирным шрифтом выделены правильные ответы, за которые начисляются баллы, и разбалловка.

Во многих расчетных задачах оцениваются промежуточные шаги. Школьник может решать задачу не так, как в авторском решении, при этом, если он получил верный конечный ответ, решение должно быть оценено полным баллом как за этот ответ, так и за все шаги, ведущие к нему в авторском решении.

В многоступенчатых расчетных задачах за одну чисто арифметическую ошибку, приведшую к численно неверному ответу, суммарный балл за весь расчет не должен снижаться более чем наполовину.

Уравнения реакций с неверными или отсутствующими коэффициентами, как правило, оцениваются в половину от максимального количества баллов, а в тех случаях, когда уравнения без коэффициентов приведены в самом условии, в 0 баллов.

Школьники могут использовать при решении как округленные до целого числа, так и точные (1–3 знака после запятой) атомные массы элементов. В последнем случае ответ может содержать больше значащих цифр, чем приведено в данном решении.

При проверке работ одну и ту же задачу у всех участников должен проверять один человек.

Максимальный балл за каждую задачу различен и указан в конце решения. Максимальный балл за все задачи в 8 классе 70 баллов, в 9 классе 93 балла, в 10 классе 60 баллов, в 11 классе 67 баллов.

8 класс

Задание 1.

1. Поскольку число подсказок меньше числа элементов, некоторые элементы повторяются.

- а) **Ca** – кальций (сульфат, карбонат, фторид);
- б) **N** – азот;
- в) **Y** – иттрий;
- г) **O** – кислород;
- д) **U** - уран;
- е) **P** - фосфор;
- ж) **La** – лантан (речь идёт о лантаноидах);
- з) **Y** – иттрий (произведение молярного объёма и плотности даёт молярную массу иттрия);
- и) **N** – азот (расчёт даёт молярную массу 28 г/моль, а кремний при н.у. не является газом);
- к) **O** - кислород;
- л) **W** – вольфрам (содержит в названии wolf (нем. «волк»)).

(1 балл за каждый химический символ (всего 11), 1 балл за каждое новое название (всего 8); названия азота, иттрия и кислорода оцениваются однократно)

2. Загадана фраза **CaN YOU PLaY NOW?** (Можешь играть?) (1 балл)

Всего максимум 20 баллов.

Задание 2.

$$1. N(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = n(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \cdot N_A = m(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) \cdot N_A / M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 6 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} / 342 = \mathbf{1.06 \cdot 10^{22}} \text{ (2 балла)}$$

$$N(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot N_A = m(\text{H}_2\text{O}) \cdot N_A / M(\text{H}_2\text{O}) = V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot N_A / M(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot 1 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} / 18 = \mathbf{1.67 \cdot 10^{23}} \text{ (2 балла)}$$

$$N(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = n(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) \cdot N_A = m(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) \cdot N_A / M(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = V(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) \cdot \rho(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) \cdot N_A / M(\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6) = 5.5 \cdot 0.92 \cdot 6.022 \cdot 10^{23} / 884 = \mathbf{3.45 \cdot 10^{21}} \text{ (2 балла)}$$

2. Количество атомов каждого типа может быть найдено как произведение количества молекул на число атомов в молекуле.

$$\text{Для сахарозы: } N(\text{C}) = 12 \cdot N(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \mathbf{1.27 \cdot 10^{23}} \text{ (1 балл); } N(\text{H}) = 22 \cdot N(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \mathbf{2.32 \cdot 10^{23}} \text{ (1 балл); } N(\text{O}) = 11 \cdot N(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = \mathbf{1.16 \cdot 10^{23}} \text{ (1 балл).}$$

$$\text{Аналогично для воды: } N(\text{H}) = \mathbf{3.34 \cdot 10^{23}} \text{ (1 балл); } N(\text{O}) = \mathbf{1.67 \cdot 10^{23}} \text{ (1 балл).}$$

И для подсолнечного масла: $N(C) = 1.97 \cdot 10^{23}$ (1 балл); $N(H) = 3.59 \cdot 10^{23}$ (1 балл); $N(O) = 2.07 \cdot 10^{22}$ (1 балл).

3. Больше всего атомов кислорода в ложке с **водой** (1 балл).

4. Больше всего атомов водорода в ложке с **подсолнечным маслом** (1 балл).

Всего максимум 16 баллов.

Задание 3.

1. Атомная масса бора в таблице – 10.811 а.е.м. Используя приведённое в условии уравнение, а также тот факт, что сумма долей должна составлять единицу, получим:

$$10.811 = 10\chi_1 + 11\chi_2 = 10\chi_1 + 11(1 - \chi_1)$$

Откуда $\chi_1 = 0.189$ (1 балл), а $\chi_2 = 0.811$ (1 балл).

2. Атомная масса хлора в таблице – 35.453. Предполагая, что содержания изотопов строго равны 0.75 и 0.25, вычислим массу второго изотопа:

$$35.453 = 35 \cdot 0.75 + 0.25X$$

Откуда $X = 36.8$. Так как масса нейтрона близка к целой, стоит ожидать, что второй изотоп будет иметь целое значение молярной массы. Ближайшее целое число – **37 а.е.м. (1 балл)**

Теперь рассчитаем точное содержание каждого изотопа, как это было сделано выше:

$$35.453 = 35\chi_1 + 37\chi_2 = 35\chi_1 + 37(1 - \chi_1)$$

Откуда $\chi_1 = 0.774$ (1 балл), а $\chi_2 = 0.226$ (1 балл).

^{35}Cl содержит 17 протонов, 17 электронов и 18 нейтронов (по 0.5 балла).

^{37}Cl содержит 17 протонов, 17 электронов и 20 нейтронов (по 0.5 балла).

3. Хлор более электроотрицательный элемент, чем бор, поэтому в соединении будет проявлять степень окисления -1 . Для бора характерная положительная степень окисления $+3$. Тогда формула **$\text{X} - \text{BCl}_3$ (2 балла)**.

Из изотопов бора ^{10}B и ^{11}B и изотопов хлора ^{35}Cl и ^{37}Cl можно составить **8 молекул (2 балла)** BCl_3 с разной молекулярной массой. Наименее вероятна ситуация, когда в одной молекуле встречается самый редкий изотоп бора (^{10}B) и три раза встречается самый редкий изотоп хлора (^{37}Cl). Тогда масса этой молекулы будет равна $10 + 37 \cdot 3 = 121$ а.е.м. (2 балла).

4. Начнем со второй части вопроса. Атомная масса изотопа **не равна (0,5 балла)** массовому числу этого изотопа, за исключением изотопа ^{12}C . Массовое число представляет собой суммарное количество протонов и нейтронов в ядре и **всегда является целым (1 балл)**.

Тем не менее, примем приближенно атомные массы изотопов за u и $u+2$:

$A_r(\text{Cu}) = 0.691y + 0.309(y+2) = y + 0.618 = 63.546$, откуда $y = 62.93$ а.е.м. Массовое число является наиболее близким к y целым числом, т.е. $x = 63$ (1,5 балла).

5. Атомную массу элементов без стабильных изотопов, которые практически не встречаются в природе, в таблице выделяют квадратными скобками []. В ряду лантаноидов такой знак можно наблюдать только у прометия **Pm** (1 балл).

Всего максимум 19 баллов

Задание 4.

1. Выразим отношение p_2/p_1 , переведя температуру в кельвины:

$$p_2/p_1 = T_2/T_1 = (22 + 273)/(12+273) = 1.035$$

Давление вырастет на 3.5 % (3 балла)

2. Допустимые формульные выражения $V/T = \text{const}$ или $V_1/T_1 = V_2/T_2$ (2 балла за любой из вариантов)

3. Используя вторую формулу, выразим конечную температуру (T_2):

$$T_2 = V_2 T_1 / V_1 = 0.97 T_1 = 0.97 \cdot (30+273) = 294 \text{ К} = 21 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (3 балла)}$$

4. Допустимые формульные выражения $pV = \text{const}$ или $p_1 V_1 = p_2 V_2$ (2 балла за любой из вариантов)

5. Если радиус увеличился в 4.8 раза, то объём увеличился в:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{4}{3} \pi r_2^3}{\frac{4}{3} \pi r_1^3} = \frac{r_2^3}{r_1^3} = \left(\frac{r_2}{r_1} \right)^3 = 4.8^3 = 110.6 \text{ раз}$$

Тогда $p_1 = p_2 V_2 / V_1 = 110.6 \text{ атм}$ (5 баллов)

Всего максимум 15 баллов.