

**Решения и критерии оценивания районного этапа всероссийской олимпиады
школьников по химии в 2024/25 учебном году
Теоретическая часть**

10 Класс

№1

I вариант

Решение:

Определим количество воды, приходящееся на 1 моль соли в исходных растворах. Пусть в растворе сульфата магния на 1 моль соли приходится a моль воды. Тогда мольная доля атомов кислорода в растворе составляет:

$$(4 + a)/(6 + 3a) = 0.36$$

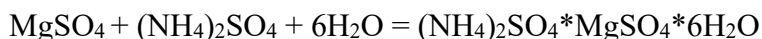
$$a = 23$$

Пусть в растворе сульфата аммония на 1 моль соли приходится b моль воды. Тогда мольная доля атомов водорода в растворе составляет:

$$(8 + 2b)/(15 + 3b) = 0.62$$

$$b = 9.3$$

Возьмем по 1 моль исходных солей. Тогда в соответствии с уравнением



из них получится 1 моль шенита, часть которого выпадет в осадок. Справедливо соотношение:

$$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / [m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})] = w, \text{ где } w - \text{массовая доля безводной соли в насыщенном растворе}$$

Подставляя цифры, получаем:

$$(120 + 132 - 252n)/(120 + 23 \cdot 18 + 132 + 9.3 \cdot 18 - 360n) = 20/120 = 0.167,$$

Где 120 г/моль и 132 г/моль – молярные массы сульфатов магния и аммония, 360 г/моль – молярная масса соответствующего шенита, 252 г/моль – молярная масса безводного двойного сульфата магния-аммония, n – количество вещества шенита, выпавшее в осадок.

Решая уравнение, получаем $n = 0.59$ моль, т.е., при взаимодействии растворов, содержащих по 1 моль исходных солей, в осадок выпадает $m = 0.59 \cdot 360 = 212,4$ г

По условию задачи требуется получить 5,0 г соли, следовательно, надо взять следующие массы растворов:

$$m(\text{р-ра } \text{MgSO}_4) = 5/212,4 \cdot (120 + 23 \cdot 18) = 12,6 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 5/212,4 \cdot (132 + 9.3 \cdot 18) = 7.05 \text{ г}$$

II вариант

Определим количество воды, приходящееся на 1 моль соли в исходных растворах. Пусть в растворе сульфата железа на 1 моль соли приходится a моль воды. Тогда мольная доля атомов кислорода в растворе составляет:

$$(4 + a)/(6 + 3a) = 0.35$$

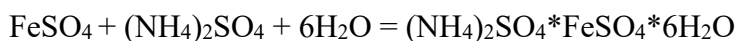
$$a = 38$$

Пусть в растворе сульфата аммония на 1 моль соли приходится b моль воды. Тогда мольная доля атомов водорода в растворе составляет:

$$(8 + 2b)/(15 + 3b) = 0.60$$

$$b = 5$$

Возьмем по 1 моль исходных солей. Тогда в соответствии с уравнением



из них получится 1 моль шенита, часть которого выпадет в осадок. Справедливо соотношение:

$$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / [m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})] = w, \text{ где } w - \text{массовая доля безводной соли в насыщенном растворе}$$

Подставляя цифры, получаем:

$$(152 + 132 - 284n)/(152 + 38 \cdot 18 + 132 + 5 \cdot 18 - 392n) = 21.6/121.6 = 0.178,$$

Где 152 г/моль и 132 г/моль – молярные массы сульфатов железа и аммония, 392 г/моль – молярная масса соответствующего шенита, 284 г/моль – молярная масса безводного двойного сульфата железа-аммония, n – количество вещества шенита, выпавшее в осадок.

Решая уравнение, получаем $n = 0.447$ моль, т.е., при взаимодействии растворов, содержащих по 1 моль исходных солей, в осадок выпадает $m = 0.447 \cdot 392 = 175,1$ г

По условию задачи требуется получить 5,0 г соли, следовательно, надо взять следующие массы растворов:

$$m(\text{р-ра FeSO}_4) = 5/175,1 \cdot (152 + 38 \cdot 18) = 23.9 \text{ г}$$

$$m(\text{р-ра (NH}_4)_2\text{SO}_4) = 5/175,1 \cdot (132 + 5 \cdot 18) = 6.3 \text{ г}$$

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|---|---------|
| 1. Расчет количества воды на 1 моль соли в исходном растворе – по 1 баллу | 2 балла |
| 2. Расчет массы осадка при сливании по 1 моль исходной соли – 2 балла | 2 балла |
| 3. Расчет масс исходных растворов – по 0,5 балла. | 1 балл |

ИТОГО: 5 баллов

№2

I вариант

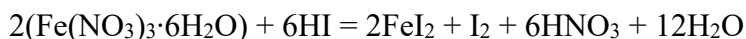
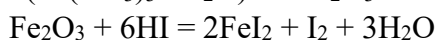
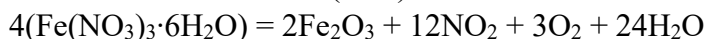
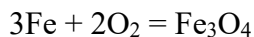
Решение:

Определим молекулярную формулу вещества **С**: известно, что $\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$. Массу оксида можно найти по следующему выражению: $m(C) = m(\text{смеси}) \cdot 0.8 = 1.98$ г. Тогда, подставив числа, определим молярную массу: $M = \frac{m \cdot N_A}{N} = \frac{1.98 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{7.45 \cdot 10^{21}} = 160$.

Исходя из условия, формулу оксида можно представить как X_2O_3 или как X_2O_5 . Тогда молярная масса металла **X** будет равна 56 (железо) или 40 (кальций). Однако кальций не имеет соединений с валентностью 5, следовательно, **X** – железо, а **С** – оксид железа (III).

Из условия задачи очевидно, что **A** и **С** – оксиды одного и того же металла в разных степенях окисления. Железо образует следующие оксиды: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . При сгорании железа на воздухе образуется железная окалина. Тогда **A** – оксид железа (II, III). Несмотря на то, что при реакции с кислотами она образует смесь солей, с азотной кислотой она вступает в ОВР, таким образом **B**– $Fe(NO_3)_3$.

При реакции с иодоводородом в водной среде соединения железа (III) вступают в ОВР с образованием иодида железа (II) и молекулярного иода, таким образом, **D** – FeI_2 .



II вариант

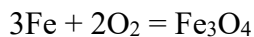
Решение:

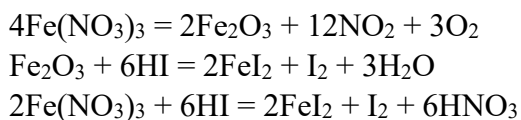
Определим молекулярную формулу вещества **С**: известно, что $\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$. Массу оксида можно найти по следующему выражению: $m(C) = m(\text{смеси}) \cdot 0.75 = 0.78$ г. Тогда, подставив числа, определим молярную массу: $M = \frac{m \cdot N_A}{N} = \frac{0.78 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{2.935 \cdot 10^{21}} = 160$.

Исходя из условия, формулу оксида можно представить как X_2O_3 или как X_2O_5 . Тогда молярная масса металла **X** будет равна 56 (железо) или 40 (кальций). Однако кальций не имеет соединений с валентностью 5, следовательно, **X** – железо, а **С** – оксид железа (III).

Из условия задачи очевидно, что **A** и **С** – оксиды одного и того же металла в разных степенях окисления. Железо образует следующие оксиды: FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4 . При сгорании железа на воздухе образуется железная окалина. Тогда **A** – оксид железа (II, III). Несмотря на то, что при реакции с кислотами она образует смесь солей, с азотной кислотой она вступает в ОВР, таким образом **B**– $Fe(NO_3)_3$.

При реакции с иодоводородом в водной среде соединения железа (III) вступают в ОВР с образованием иодида железа (II) и молекулярного иода, таким образом, **D** – FeI_2 .





Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1. Формулы веществ по 0.5 балла | 2.5 балла |
| 2. Уравнения реакций по 0.5 балла | 2.5 балла |

ИТОГО: 5 баллов

№3

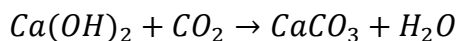
I вариант

Белый осадок, получаемый при пропускании смеси газов через известковую воду – CaCO_3 .

Найдем количество вещества CaCO_3 :

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{15 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,15 \text{ моль}$$

Запишем уравнение реакции :

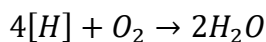
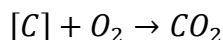


Из уравнения реакции видно, что $n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3)$, тогда $n(\text{CO}_2) = 0,15 \text{ моль}$. $n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,15 \text{ моль}$. Теперь найдем количество атомов водорода:

$$m(\text{H}) = 2,3 \text{ г} - \left(12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 0,15 \text{ моль} \right) = 0,5 \text{ г}$$

$$n(\text{H}) = \frac{0,5 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,5 \text{ моль}$$

Полное сгорание бензина можно описать следующей схемой:



Отсюда нетрудно заметить, что на сгорание бензина массой 2,3 г., содержащей 0,15 моль углерода и 0,5 моль водорода, потребуется:

$$n(\text{O}_2) = \left(0,15 \text{ моль} + \frac{0,5 \text{ моль}}{4} \right) = 0,275 \text{ моль}$$

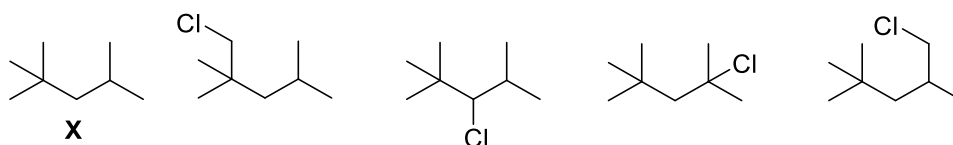
Молярная масса воздуха 29 г/моль, тогда масса воздуха, в которой содержится 0,275 моль кислорода, можно выразить по следующей формуле:

$$m(\text{воздуха}) = \frac{0,275 \text{ моль}}{0,21} \times 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,31 \text{ моль} \times 29 \text{ г/моль} = 37,99 \text{ г}$$

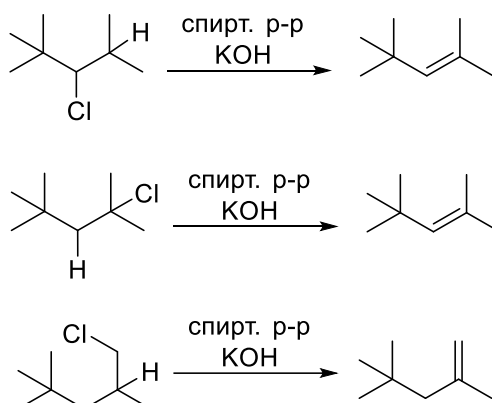
Тогда для сжигания 1 кг бензина потребуется:

$$m(\text{воздуха}) = 37,99 \text{ г} \times \frac{1000 \text{ г}}{2,3 \text{ г}} = 16517,39 \text{ г} \approx 16,5 \text{ кг}$$

Углеводород состава C_8H_{18} – изомер октана. Среди всех его структурных изомеров 4 монохлорпроизводных образуют следующие изомеры: *n*-октан, 3,4-диметилгексан, 2,3,4-триметилпентан и изооктан – 2,2,4-триметилпентан. Однако, основным компонентом бензина является именно изооктан – это и есть углеводород **X**. На схеме приведена его структура и структуры монохлорпроизводных:



При их дегидрохлорировании под действием спиртового раствора щелочи будут получаться алкены согласно правилу Зайцева. Основные продукты этих реакций приведены на схеме:



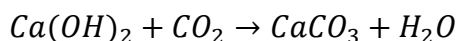
II вариант

Бензин – это жидкое топливо, состоящее из смеси легких углеводородов, получаемое в процессе переработки нефти. Основной способ получения бензина – перегонка нефти. После перегонки полученные бензины подвергаются различной дополнительной обработке, позволяющей изменить их свойства в необходимую сторону.

Белый осадок, получаемый при пропускании смеси газов через известковую воду – CaCO_3 . Найдем количество вещества CaCO_3 :

$$n(\text{CaCO}_3) = \frac{25 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

Запишем уравнение реакции :

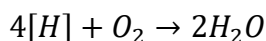
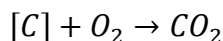


Из уравнения реакции видно, что $n(CO_2) = n(CaCO_3)$, тогда $n(CO_2) = 0,25$ моль. $n(C) = n(CO_2) = 0,25$ моль. Теперь найдем количество атомов водорода:

$$m(H) = 3,45 \text{ г} - \left(12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 0,25 \text{ моль} \right) = 0,45 \text{ г}$$

$$n(H) = \frac{0,45 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0,45 \text{ моль}$$

Полное сгорание бензина можно описать следующей схемой:



Отсюда нетрудно заметить, что на сгорание бензина массой 3,45 г., содержащей 0,25 моль углерода и 0,45 моль водорода, потребуется:

$$n(O_2) = \left(0,25 \text{ моль} + \frac{0,45 \text{ моль}}{4} \right) = 0,3625 \text{ моль}$$

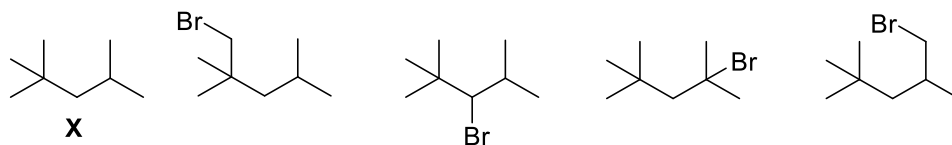
Молярная масса воздуха 29 г/моль, тогда масса воздуха, в которой содержится 0,3625 моль кислорода, можно выразить по следующей формуле:

$$m(\text{воздуха}) = \frac{0,3625 \text{ моль}}{0,21} \times 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,7262 \text{ моль} \times 29 \text{ г/моль} = 50,06 \text{ г}$$

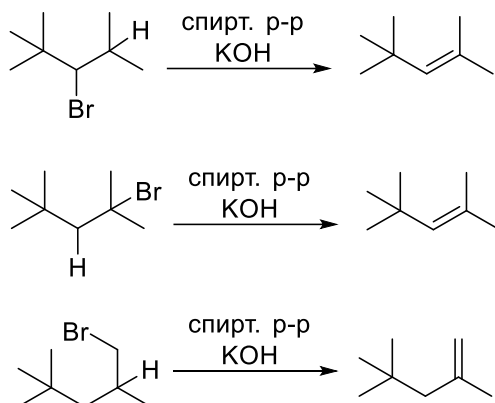
Тогда для сжигания 2 кг бензина потребуется:

$$m(\text{воздуха}) = 50,06 \text{ г} \times \frac{2000 \text{ г}}{3,45 \text{ г}} = 29020,29 \text{ г} \approx 29 \text{ кг}$$

Углеводород состава C_8H_{18} – изомер октана. Среди всех его структурных изомеров 4 монобромпроизводных образуют следующие изомеры: *n*-октан, 3,4-диметилгексан, 2,3,4-триметилпентан и изооктан – 2,2,4-триметилпентан. Однако, основным компонентом бензина является именно изооктан – это и есть углеводород **X**. На схеме приведена его структура и структуры монобромпроизводных:



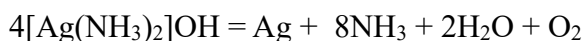
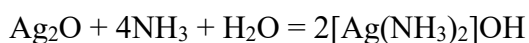
При их дегидробромировании под действием спиртового раствора щелочи будут получаться алкены согласно правилу Зайцева. Основные продукты этих реакций приведены на схеме:



1.	Расчет количества молей водорода – 0,5 балла Расчет количества молей углерода – 0,5 балла Идея о расчете через углерод и водород отдельно – 0,5 балла Расчет массы воздуха – 1 балл	2,5 балла
2.	Структура углеводорода X 0.5 балла (0.25 балла, если в качестве X приведены структуры <i>n</i> -октана, 3,4-диметилгексана или 2,3,4-триметилпентан)	0.5 балла
	Структуры моногалогеналканов по 0.25 балла (половина баллов, если приводятся моногалогенпроизводные не для изооктана)	1 балл
	Структуры продуктов реакции дегидрогалогенирования по 0.5 балла (половина баллов, если приводятся продукты дегидрогалогенирования, исходящие не из изооктана)	1 балл
Итого: 5 баллов		

№4

I вариант



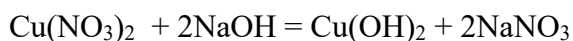
Вещества: **A** – Ag, **B** – AgNO₃, **C** – NO₂, **D** – Ag₂O (AgOH), **E** – [Ag(NH₃)₂]⁺OH⁻

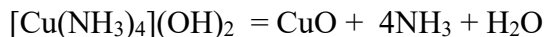
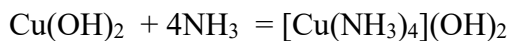
Рекомендации к оцениванию:

1. Определение веществ **A** – **D** по 0.5 балла 2 балла
2. Определение вещества **E**, 1 балл 1 балл
3. Уравнения реакций по 0.5 балла (по 0.25 за неверные коэффициенты) 2 балла

ИТОГО: 5 баллов

II вариант





Вещества: **A** – Cu, **B** – Cu(NO₃)₂, **C** – NO₂, **D** – Cu(OH)₂, **E** – [Cu(NH₃)₄](OH)₂, **F** – CuO

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|---------|
| 1. Определение веществ A – F по 0.5 балла | 3 балла |
| 2. Уравнения реакций по 0.5 балла (по 0.25 за неверные коэффициенты) | 2 балла |
| ИТОГО: 5 баллов | |

№5

I вариант

Решение:

1. Тепловой эффект реакции (1) равен:

$$\Delta_{r_1} Q_{298}^0 = 6Q_f(\text{CO}_{2(\text{r})}) + 6Q_f(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})})$$

Произведя вычисления, получим:

$$Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})}) = 6 \cdot (393.5) + 6 \cdot (285.5) - (2800.7) = 1273.3 \text{ кДж/моль.}$$

2. Аналогично рассчитаем стандартную теплоту реакции (2):

$$\begin{aligned} \Delta_{r_2} Q_{298}^0 &= 2Q_f(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}_{(\text{p})}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})}) \\ \Delta_{r_2} Q_{298}^0 &= 2 \cdot 674.5 - 1273.3 = 75.7 \text{ кДж/моль} \end{aligned}$$

3. Таким образом, использование глюкозы для клеточного дыхания является более энергетически выгодным процессом. Однако можно заметить, что для клеточного дыхания необходим кислород. В анаэробной (бескислородной) среде такой процесс невозможен, поэтому организмы используют менее энергетически выгодный, но возможный процесс брожения.

II вариант

Решение:

1. Стандартная энтальпия реакции (1) будет равна:

$$\Delta_{r_1} Q_{298}^0 = 6Q_f(\text{CO}_{2(\text{r})}) + 6Q_f(\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})})$$

Произведя вычисления, получим:

$$Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})}) = 6 \cdot (393.5) + 6 \cdot (285.5) - (2800.7) = 1273.3 \text{ кДж/моль.}$$

2. Аналогично рассчитаем стандартную теплоту реакции (2):

$$\begin{aligned} \Delta_{r_2} Q_{298}^0 &= 2Q_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{p})}) + 2Q_f(\text{CO}_{2(\text{r})}) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{p})}) \\ \Delta_{r_2} Q_{298}^0 &= 2 \cdot 277.0 + 2 \cdot 393.5 - 1273.3 = 67.7 \text{ кДж/моль} \end{aligned}$$

3. Таким образом, использование глюкозы для клеточного дыхания является более энергетически выгодным процессом. Однако можно заметить, что для клеточного дыхания необходим кислород. В анаэробной (бескислородной) среде такой процесс невозможен, поэтому организмы используют менее энергетически выгодный, но возможный процесс брожения.

Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|---------|
| 1. Расчёт стандартной энтальпии образования глюкозы | 2 балла |
| 2. Расчёт энтальпии реакции брожения | 1 балл |
| 3. Указание на наиболее выгодный энергетический процесс — 1 балл | 2 балла |
| Указание невозможности дыхания в отсутствии кислорода — 1 балл | |
| ИТОГО: 5 баллов | |