

10 Класс

№1

I вариант

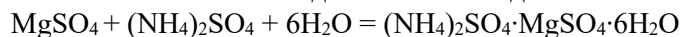
Определим количество воды, приходящееся на 1 моль соли в исходных растворах. Пусть в растворе сульфата магния на 1 моль соли приходится a моль воды. Тогда мольная доля атомов кислорода в растворе составляет:

$$(4 + a)/(6 + 3a) = 0.36; a = 23.$$

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:

$$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / [m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})] = w,$$

где w – массовая доля безводной соли в насыщенном растворе

Подставляя значения, 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

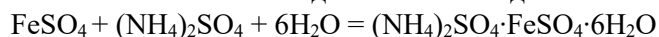
Определим количество воды, приходящееся на 1 моль соли в исходных растворах. Пусть в растворе сульфата железа на 1 моль соли приходится a моль воды. Тогда мольная доля атомов кислорода в растворе составляет:

$$(4 + a)/(6 + 3a) = 0.35; a = 38.$$

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:

$$[m(1 \text{ моль безводного двойного сульфата}) - m(\text{двойного сульфата в осадке})] / [m(\text{смеси}) - m(\text{осадка})] = w,$$

где w – массовая доля безводной соли в насыщенном растворе

Подставляя значения, 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:

$$m(\text{р-ра } \text{FeSO}_4) = 5/175.1 \cdot (152 + 38 \cdot 18) = 23.9 \text{ г}; m(\text{р-ра } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 5/175.1 \cdot (132 + 5 \cdot 18) = 6.3 \text{ г}.$$

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

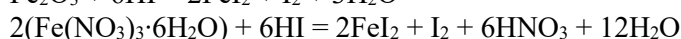
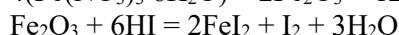
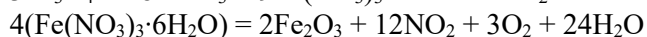
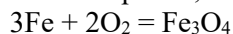
№2

I вариант

Определим молекулярную формулу вещества С: известно, что $v = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$. Массу оксида можно найти

по следующему выражению: $m(C) = m(\text{смеси}) \cdot 0.8 = 1.98 \text{ г}$. Тогда, подставив числа, определим молярную массу: $M = \frac{m \cdot N_A}{N} = \frac{1.98 \cdot 6.02 \cdot 10^{23}}{7.45 \cdot 10^{21}} = 160 \text{ г/моль}$.

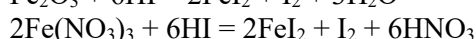
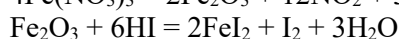
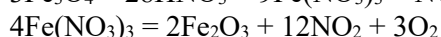
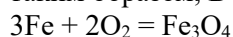
Исходя из условия, формулу оксида можно представить как X_2O_3 или как X_2O_5 . Тогда молярная масса металла **X** будет равна 56 (железо) или 40 г/моль (кальций). Однако кальций не имеет соединений с валентностью 5, следовательно, **X** – железо, а **C** – оксид железа(III). Из условия задачи очевидно, что **A** и **C** – 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

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

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 г/моль (кальций). Однако кальций не имеет соединений с валентностью 5, следовательно, **X** – железо, а **C** – оксид железа(III). Из условия задачи очевидно, что **A** и **C** – 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 |

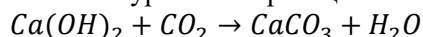
ИТОГО: 5 баллов

№3

I вариант

Белый осадок, получаемый при пропускании смеси газов через известковую воду – $CaCO_3$. Найдем количество вещества $CaCO_3$: $n(CaCO_3) = \frac{15 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0.15 \text{ моль}$.

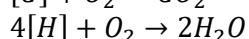
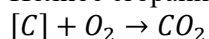
Запишем уравнение реакции:



Из уравнения реакции видно, что $n(CO_2) = n(CaCO_3)$, тогда $n(CO_2) = 0.15 \text{ моль}$. $n(C) = n(CO_2) = 0.15 \text{ моль}$. Теперь найдем количество атомов водорода: $m(H) = 2.3 \text{ г} - \left(12 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \times 0.15 \text{ моль}\right) = 0.5 \text{ г}$.

$$n(H) = \frac{0.5 \text{ г}}{1 \frac{\text{г}}{\text{моль}}} = 0.5 \text{ моль}$$

Полное сгорание бензина можно описать следующей схемой:



Отсюда нетрудно заметить, что на сгорание бензина массой 2.3 г, содержащего 0.15 моль углерода и 0.5 моль водорода, потребуется:

$$n(O_2) = \left(0.15 \text{ моль} + \frac{0.5 \text{ моль}}{4} \right) = 0.275 \text{ моль}$$

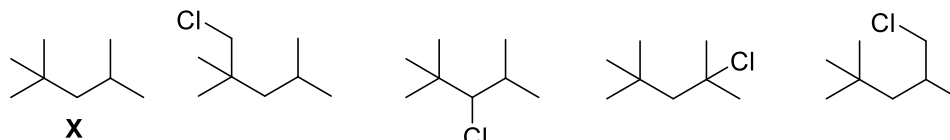
Молярная масса воздуха 29 г/моль, тогда масса воздуха, в которой содержится 0.275 моль кислорода, можно выразить по следующей формуле:

$$m(\text{воздуха}) = \frac{0.275 \text{ моль}}{0.21} \times 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1.31 \text{ моль} \times 29 \text{ г/моль} = 37.99 \text{ г}$$

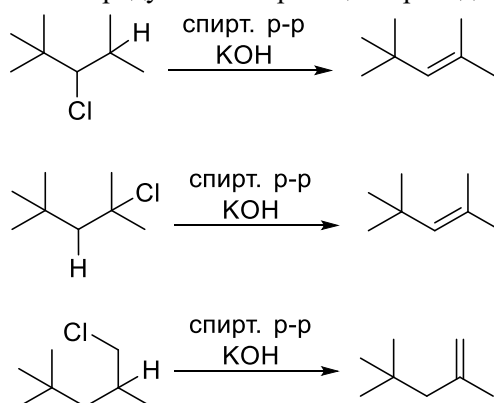
Тогда для сжигания 1 кг бензина потребуется:

$$m(\text{воздуха}) = 37.99 \text{ г} \times \frac{1000 \text{ г}}{2.3 \text{ г}} = 16517.39 \text{ г} \approx 16.5 \text{ кг}$$

Углеводород состава C_8H_{18} – изомер октана. Один из его изомеров – изооктан, 2,2,4-триметилпентан – является «эталоном» при определении октанового числа – характеристики детонационной стойкости бензина. Тогда **X** – это 2,2,4 – триметилпентан. 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:

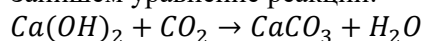


II вариант

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 $CaCO_3$: $n(CaCO_3) = \frac{25 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0.25 \text{ моль}$.

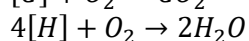
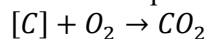
Запишем уравнение реакции:



Из уравнения реакции видно, что $n(CO_2) = n(CaCO_3)$, тогда $n(CO_2) = 0.25 \text{ моль}$. $n(C) = n(CO_2) = 0.25 \text{ моль}$. 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, требуется:

$$n(O_2) = \left(0.25 \text{ моль} + \frac{0.45 \text{ моль}}{4} \right) = 0.3625 \text{ моль}$$

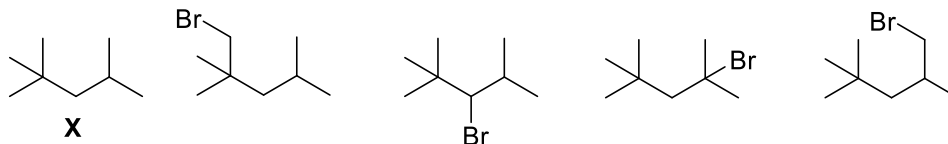
Молярная масса воздуха 29 г/моль, тогда масса воздуха, в которой содержится 0.3625 моль кислорода, можно выразить по следующей формуле:

$$m(\text{воздуха}) = \frac{0.3625 \text{ моль}}{0.21} \times 29 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1.7262 \text{ моль} \times 29 \text{ г/моль} = 50.06 \text{ г}$$

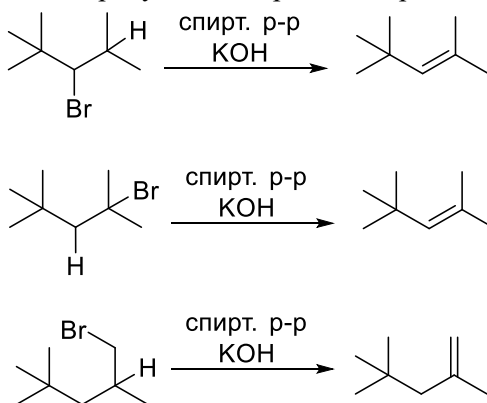
Тогда для сжигания 2 кг бензина потребуется:

$$m(\text{воздуха}) = 50.06 \text{ г} \times \frac{2000 \text{ г}}{3.45 \text{ г}} = 29020.29 \text{ г} \approx 29 \text{ кг}$$

Углеводород состава C_8H_{18} – изомер октана. Один из его изомеров – изооктан, 2,2,4-триметилпентан – является «эталоном» при определении октанового числа – характеристики детонационной стойкости бензина. Тогда **X** – это 2,2,4 – триметилпентан. 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:

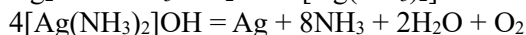
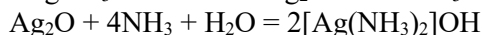
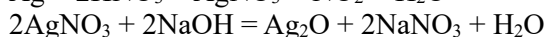


Рекомендации к оцениванию:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Расчет количества моль водорода – 0.5 балла | 2.5 балла |
| Расчет количества моль углерода – 0.5 балла | |
| Идея о расчете через углерод и водород отдельно – 0.5 балла | |
| Расчет массы воздуха – 1 балл | |
| 2. Структура углеводорода X 0.5 балла | 0.5 балла |
| 3. Структуры моногалогеналканов по 0.25 балла | 1 балл |
| 4. Структуры продуктов реакции дегидрогалогенирования по 0.5 балла | 1 балл |
| ИТОГО: | 5 баллов |

№4

I вариант

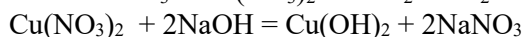


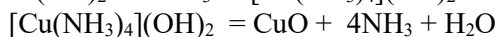
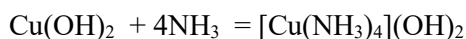
Вещества: **A** – Ag, **B** – AgNO_3 , **C** – NO_2 , **D** – Ag_2O (AgOH), **E** – $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$

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

1. Тепловой эффект реакции (1) равен:

$$\Delta_{r_1} Q_{298}^o = 6Q_f(\text{CO}_2(\text{г})) + 6Q_f(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{п})})$$

Произведя вычисления, получим:

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

2. Аналогично рассчитаем стандартную теплоту реакции (2):

$$\Delta_{r_2} Q_{298}^o = 2Q_f(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CO}_2\text{H}(\text{п})) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{п})})$$

$$\Delta_{r_2} Q_{298}^o = 2 \cdot 674.5 - 1273.3 = 75.7 \text{ кДж/моль}$$

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

1. Стандартная энтальпия реакции (1) будет равна:

$$\Delta_{r_1} Q_{298}^o = 6Q_f(\text{CO}_2(\text{г})) + 6Q_f(\text{H}_2\text{O}(\text{ж})) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{п})})$$

Произведя вычисления, получим:

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

2. Аналогично рассчитаем стандартную теплоту реакции (2):

$$\Delta_{r_2} Q_{298}^o = 2Q_f(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{п})) + 2Q_f(\text{CO}_2(\text{г})) - Q_f(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{п})})$$

$$\Delta_{r_2} Q_{298}^o = 2 \cdot 277.0 + 2 \cdot 393.5 - 1273.3 = 67.7 \text{ кДж/моль}$$

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