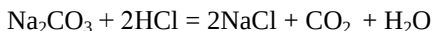


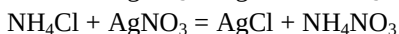
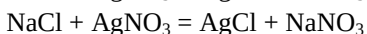
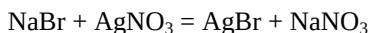
1. Тема: «Свойства неорганических веществ»

1-1. Возможно несколько вариантов правильных ответов. Ниже дан один из них.

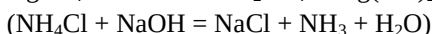
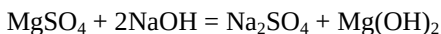
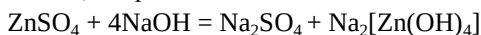
1. Растворим все соли в воде. После этого для определения набора ((А) или (В)) можно во все пробирки добавить кислоту. Только в одном случае может наблюдаться выделение газа – в наборе В:



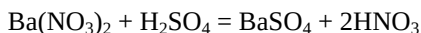
2. Если выдан набор А, во все пробирки можно добавить раствор нитрата серебра. В двух пробирках выпадет белый осадок, в одной – желтоватый. Так можно отличить пробирку, содержащую смесь ZnSO_4 – NaBr :



3. Далее в две пробирки, содержимое которых еще нужно различить, добавить концентрированный раствор едкого натра. В пробирке, содержащей соль цинка, выпавший вначале осадок полностью растворится, а в пробирке, содержащей соль магния, гидроксид магния выпадет в осадок:

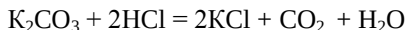


4. Если выдан набор В, пробирки, не содержащие карбонат натрия легко различить по результатам действия серной кислоты:

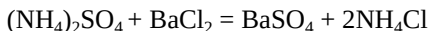


1-2. Возможно несколько вариантов правильных ответов. Ниже дан один из них.

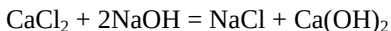
1. Растворим все соли в воде. После этого для определения набора ((А) или (В)) можно во все пробирки добавить кислоту. Только в одном случае может наблюдаться выделение газа – в наборе В:



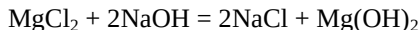
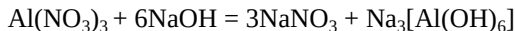
2. Если выдан набор А, во все пробирки можно добавить раствор хлорида бария. Только в одном случае будет наблюдаться выпадение осадка. Так можно отличить пробирку, содержащую смесь $\text{ZnCl}_2 - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$:



3. Далее в две пробирки, содержимое которых еще нужно различить, добавить концентрированный раствор едкого натра. В пробирке, содержащей соль алюминия, выпавший вначале осадок полностью растворится, а в пробирке, содержащей соль кальция, гидроксид кальция будет образовывать муть или осадок:



4. Если выдан набор В, пробирки, не содержащие карбонат калия, легко различить по результатам действия концентрированного раствора гидроксида натрия:



2. Темы: «Химическое равновесие. Константа химического равновесия»

2-1. При нагревании будет протекать реакция разложения карбоната магния:



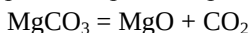
Такая реакция будет протекать либо до установления равновесия (если карбонат магния к этому моменту разложится не полностью), константа которого описывается соотношением $K = P_{\text{CO}_2}$, либо до полного разложения соли. Определим количество соли и количество образовавшегося CO_2 :

Количество соли составляет $20/84 = 0,24$ моль

Количество газа составляет $n = pV/(RT) = 420 \cdot 101300 / 760 \cdot 10^{-4} / (8,31 \cdot 573,15) = 0,0012$ моль

Следовательно, карбонат магния разложился далеко не полностью, система равновесная. Изменение количества соли не влияет на константу равновесия, следовательно, давление не изменится и по-прежнему будет составлять 420 мм рт. ст.

2-2. При нагревании будет протекать реакция разложения карбоната магния:



Такая реакция будет протекать либо до установления равновесия (если карбонат магния к этому моменту разложится не полностью), константа которого описывается соотношением $K = P_{\text{CO}_2}$, либо до полного разложения соли. Определим количество соли и количество образовавшегося CO_2 :

Количество соли составляет $10/84 = 0,12$ моль

Количество газа составляет $n = pV/(RT) = 420 \cdot 101300 / 760 \cdot 10^{-4} / (8,31 \cdot 573,15) = 0,0012$ моль

Следовательно, карбонат магния разложился далеко не полностью, система равновесная. Изменение объема ампулы не влияет на константу равновесия, следовательно, давление не изменится и по-прежнему будет составлять 420 мм рт. ст.

3. Темы: «Расчеты по уравнениям химических реакций», «Молярная концентрация»

3-1. Поскольку Юный Химик смог приготовить водный раствор этого вещества, искомым соединением мог быть только гидроксид щелочного или щелочноземельного металла.

Определим, в каких пределах лежит количество вещества гидроксида металла во взятой навеске. Объем кислоты, необходимый для нейтрализации раствора, лежит в пределах:

$25 \text{ мл} < V \leq 30 \text{ мл}$. Соответственно, количество вещества кислоты составляет $2,5 \text{ ммоль} < n \leq 3,0 \text{ ммоль}$

Если был взят гидроксид щелочного металла, количество его гидроксида лежало в тех же пределах, а молярная масса составляла $100 > M \geq 83$ г/моль – таких щелочных металлов нет

Если был взят гидроксид щелочноземельного металла, количество его гидроксида было бы в 2 раза меньше ($1,25 \text{ ммоль} < n \leq 1,50 \text{ ммоль}$), а молярная масса составляла $200 > M \geq 166$ г/моль – данному условию отвечает гидроксид бария (молярная масса 169 г/моль)

Определить металл можно и по окрашиванию пламени – барий окрашивает пламя в зеленый цвет

3-2. Поскольку Юный Химик смог приготовить водный раствор этого вещества, искомым соединением мог быть только гидроксид щелочного или щелочноземельного металла

Определим, в каких пределах лежит количество вещества гидроксида металла во взятой навеске. Объем кислоты, необходимый для нейтрализации раствора, лежит в пределах:

$30 \text{ мл} < V \leq 33 \text{ мл}$. Соответственно, количество вещества кислоты составляет $3,0 \text{ ммоль} < n \leq 3,3 \text{ ммоль}$

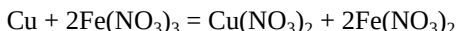
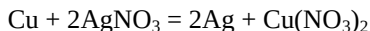
Если был взят гидроксид щелочного металла, количество его гидроксида лежало в тех же пределах, а молярная масса составляла $66,67 > M \geq 60,6$ г/моль – таких щелочных металлов нет

Если был взят гидроксид щелочноземельного металла, количество его гидроксида было бы в 2 раза меньше ($1,50 \text{ ммоль} < n \leq 1,65 \text{ ммоль}$), а молярная масса составляла $133,3 > M \geq 121,2$ г/моль – данному условию отвечает гидроксид стронция (молярная масса 121,6 г/моль)

Определить металл можно и по окрашиванию пламени – стронций окрашивает пламя в карминово-красный цвет

4. Темы: *«Свойства неорганических веществ», «Расчеты по уравнениям химических реакций»*

4-1. В описанных условиях будут протекать следующие реакции:



Пусть в растворе содержалось по x моль солей. Тогда изменение массы пластинки составит:

$$-2 \cdot x / 2 \cdot M(\text{Cu}) + x \cdot M(\text{Ag}) = x \cdot 108 - x \cdot 63,5 = 0,5 \text{ г}$$

Тогда $x = 0,011$ моль

По окончании реакции в растворе будет содержаться 0,011 моль нитрата меди, 0,011 моль нитрата железа(II), 0,011 моль нитрата магния и вода.

Массы веществ составят:

$$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 - 0,011 \cdot 187,5 = 2,0625 \text{ г}$$

$$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 - 0,011 \cdot 180 = 1,98 \text{ г}$$

$$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 - 0,011 \cdot 148 = 1,628 \text{ г}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 100 \cdot 1,04 - 0,011 \cdot 170 - 0,011 \cdot 242 - 0,011 \cdot 148 = 97,84 \text{ г}$$

Общая масса раствора составляет $100 \cdot 1,04 - 0,5 = 103,5 \text{ г}$

Массовые доли веществ по окончании реакции составляют

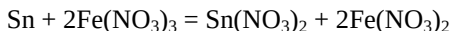
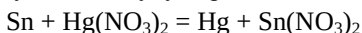
$$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 - 2,0625/103,5 = 2,00\%$$

$$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 - 1,98/103,5 = 1,91\%$$

$$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 - 1,628 / 103,5 = 1,57\%$$

$$\text{H}_2\text{O} - 94,52\%$$

4-2. В описанных условиях будут протекать следующие реакции:



Пусть в растворе содержалось по x моль солей. Тогда изменение массы пластинки составит:

$$-(x + x/2) \cdot M(\text{Sn}) + x \cdot M(\text{Hg}) = x \cdot 201 - 1,5 \cdot x \cdot 119 = 0,6 \text{ г}$$

Тогда $x = 0,027$ моль

По окончании реакции в растворе будет содержаться 0,04 моль нитрата олова, 0,027 моль нитрата железа(II), 0,027 моль нитрата кальция и вода.

Массы веществ составят:

$$\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 - 0,04 \cdot 243 = 9,72 \text{ г}$$

$$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 - 0,027 \cdot 180 = 4,86 \text{ г}$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 0,027 \cdot 164 = 4,428 \text{ г}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 100 \cdot 1,06 - 0,027 \cdot 325 - 0,027 \cdot 242 - 0,011 \cdot 164 = 86,263 \text{ г}$$

Общая масса раствора составляет $100 \cdot 1,06 - 0,6 = 105,4 \text{ г}$

Массовые доли веществ по окончании реакции составляют

$$\text{Sn}(\text{NO}_3)_2 - 9,72/105,4 = 9,22\%$$

$$\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 - 4,86/105,4 = 4,61\%$$

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 - 4,428 / 105,4 = 4,20\%$$

$$\text{H}_2\text{O} - 81,84\%$$

5. Темы: «Алканы», «Изомерия углеводов»

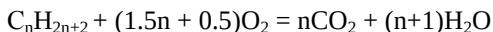
5-1. По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество кислорода:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T, \nu = p \cdot V / (R \cdot T)$$

Учтём, что $p = 101 \text{ кПа}$, $T = 298 \text{ К}$, $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$.

$$\nu(\text{O}_2) = 101 \cdot 27 / (8,31 \cdot 298) = 1.1 \text{ моль.}$$

Запишем уравнение реакции горения алкана в общем виде:



Составим пропорцию:

0.1 моль

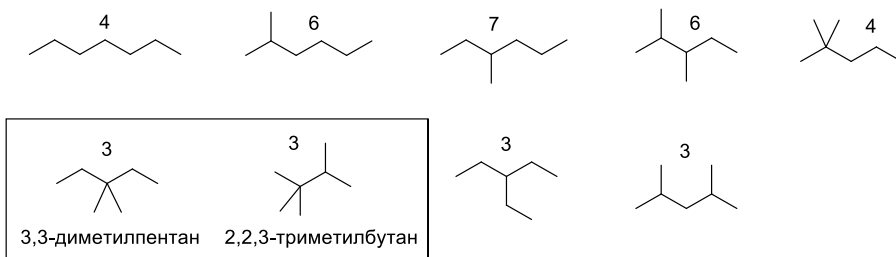
1.1 моль

1 моль

(1.5n + 0.5) моль

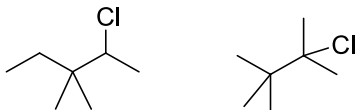
Получаем: $1.5n + 0.5 = 11$ и $n = 7$, т.е. углеводород **X** – **C₇H₁₆**.

Гептан имеет 9 структурных изомеров:



Четыре из них могут образовать по три монохлорпроизводных, из них четвертичный атом углерода имеют **3,3-диметилпентан** и **2,2,3-триметилбутан**.

При свободнорадикальном галогенировании наиболее легко будет замещаться атом водорода при третичном атоме углерода, затем при вторичном и лишь затем при первичном. Тогда структуры монохлорпроизводных, образующихся в наибольшем количестве при хлорировании 3,3-диметилпентана и 2,2,3-триметилбутана на свету, выглядят так:



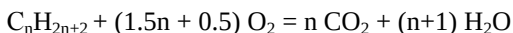
5-2. По уравнению Менделеева-Клапейрона рассчитаем количество кислорода:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T, \quad \nu = p \cdot V / (R \cdot T)$$

Учтём, что $p = 100 \text{ кПа}$, $T = 303 \text{ К}$, $R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$.

$$\nu(\text{O}_2) = 100 \cdot 55,4 / (8,31 \cdot 303) = 2,2 \text{ моль.}$$

Запишем уравнение реакции горения алкана в общем виде:



Составим пропорцию:

0.2 моль

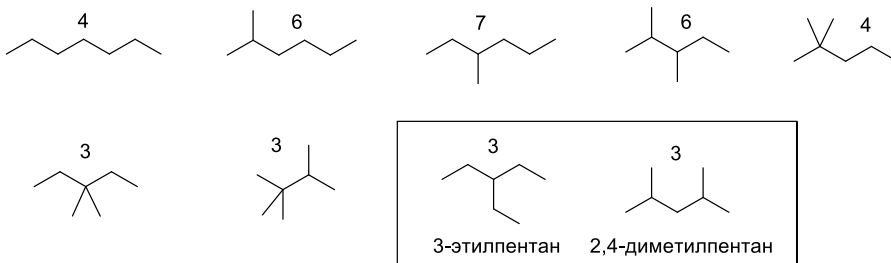
2.2 моль

1 моль

(1.5n + 0.5) моль

Получаем: $1.5n + 0.5 = 11$ и $n = 7$, т.е. углеводород **X** – **C₇H₁₆**.

Гептан имеет 9 структурных изомеров:



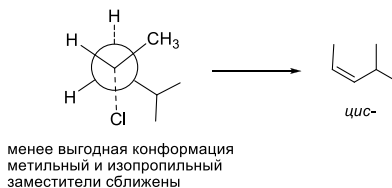
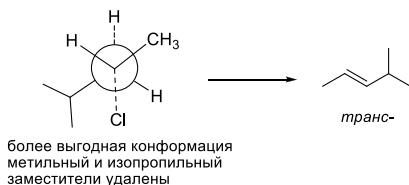
Четыре из них могут образовать по три монохлорпроизводных, из них четвертичных атомов углерода не имеют **3-этилпентан** и **2,4-диметилпентан**.

При свободнорадикальном галогенировании наиболее легко будет замещаться атом водорода при третичном атоме углерода, затем при вторичном и лишь затем при первичном. Тогда структуры монобромпроизводных, образующихся в наибольшем количестве при бромировании 3-этилпентана и 2,4-диметилпентана, выглядят так:



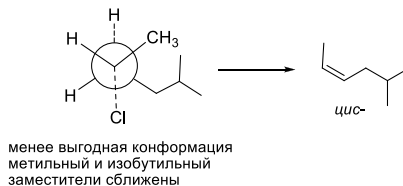
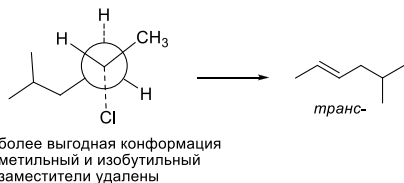
6. Проверяемые темы: «Свойства углеводородов».

6-1. При нагревании со спиртовым раствором щёлочи 4-метил-1-хлорпентан претерпевает отщепление хлороводорода, что приводит к алкену **A**. Присоединение к нему HCl происходит по правилу Марковникова с образованием вещества **B**. Следующая стадия – вновь отщепление хлороводорода, происходящее по правилу Зайцева, т.е. с образованием наиболее замещённого алкена – 4-метилпент-2-ена **C**. В продуктах реакции будет преобладать *транс*-изомер 4-метилпент-2-ена. Это объясняется тем, что он образуется из более выгодной конформации, чем *цис*-изомер:



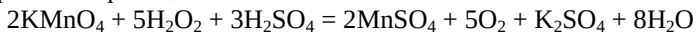
Следующие стадии – присоединение брома к алкену и элиминирование двух молекул бромоводорода, что приводит к алкину **Е**.

6-2. При нагревании со спиртовым раствором щёлочи 1-бром-5-метилгексан претерпевает отщепление бромоводорода, что приводит к алкену **А**. Присоединение к нему HBr происходит по правилу Марковникова с образованием вещества **В**. Следующая стадия – вновь отщепление бромоводорода, происходящее по правилу Зайцева, т.е. с образованием наиболее замещённого алкена – 5-метилгекс-2-ена **С**. В продуктах реакции будет преобладать *транс*-изомер 5-метилгекс-2-ена. Это объясняется тем, что он образуется из более выгодной конформации, чем *цис*-изомер:



Следующие стадии – присоединение брома к алкену и элиминирование двух молекул бромоводорода, что приводит к алкину **Е**.

7-1. Уравнение реакции:



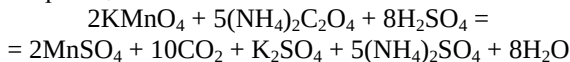
Определим количество перманганата калия, пошедший на титрование:

$$n(\text{KMnO}_4) = C \cdot V = 0.061 \cdot (8.05 + 8.10 + 8.10) / 3 = 0.493 \text{ ммоль}$$

Следовательно, во взятой аликвоте содержалось $0.493 \cdot 5 / 2 = 1.233$ ммоль перекиси водорода. Поскольку масса проанализированного раствора составляла 1.02 г, массовая доля перекиси водорода – $1.233 \cdot 34 / (1.02 \cdot 10) = 4.11\%$.

Для повышения точности анализа следует увеличить объем анализируемого раствора (аликвоты), а для ускорения реакции – подогреть раствор.

7-2. Уравнение реакции:



Определим количество перманганата калия, пошедший на титрование:
 $n(\text{KMnO}_4) = C \cdot V = 0.0101 \cdot (8.25 + 8.30 + 8.25) / 3 = 0.0083$ ммоль.
Следовательно, во взятой аликвоте содержалось $0.0083 \cdot 5/2 = 0.209$ ммоль оксалата аммония. Поскольку масса проанализированного раствора составляла 1.10 г, массовая доля оксалата аммония – $0.209 \cdot 34 / (1.10 \cdot 10) = 2.59\%$.

Для повышения точности анализа следует увеличить объем анализируемого раствора (аликвоты), а для ускорения реакции – подогреть раствор.