

Задания отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 10 – 11 классы

Задание 1

1.1. В четырех пробирках находятся водные растворы гидроксида натрия, бромида натрия, хлоруксусной и соляной кислот. Как с помощью одного реактива различить эти вещества? Напишите уравнения протекающих реакций, кратко опишите наблюдаемые явления.

1.2. В четырех пробирках находятся водные растворы фторида натрия, анилина, муравьиной и иодоводородной кислот. Как с помощью одного реактива различить эти вещества? Напишите уравнения протекающих реакций, кратко опишите наблюдаемые явления.

1.3. В четырех пробирках находятся водные растворы хлорида калия, бромида натрия, гидроксида калия и уксусной кислоты. Как с помощью одного реактива различить эти вещества? Напишите уравнения протекающих реакций, кратко опишите наблюдаемые явления.

1.4. В четырех пробирках находятся водные растворы уксусной кислоты, этиленгликоля, уксусного альдегида и бромида натрия. Как с помощью одного реактива различить эти вещества? Напишите уравнения протекающих реакций, кратко опишите наблюдаемые явления.

Задание 2

2.1. Напишите электронные конфигурации атома Fe и иона Fe^{3+} в основном состоянии. Определите магнитные свойства этого иона (является ли он диамагнитным или парамагнитным). Приведите пример иона переходного металла с отличными от Fe^{3+} магнитными свойствами.

2.2. Напишите электронные конфигурации атома Cu и иона Cu^{2+} в основном состоянии. Определите магнитные свойства этого иона (является ли он диамагнитным или парамагнитным). Приведите пример иона переходного металла с отличными от Cu^{2+} магнитными свойствами.

2.3. Напишите электронные конфигурации атома V и иона V^{3+} в основном состоянии. Определите магнитные свойства этого иона (является ли он диамагнитным или парамагнитным). Приведите пример иона переходного металла с отличными от V^{3+} магнитными свойствами.

2.4. Напишите электронные конфигурации атома Cr и иона Cr^{3+} в основном состоянии. Определите магнитные свойства этого иона (является ли он диамагнитным или парамагнитным). Приведите пример иона переходного металла с отличными от Cr^{3+} магнитными свойствами.

Задание 3

3.1. Запасы газовых гидратов, нестехиометрических твердых соединений, образованных углеводородами и водой при низких температурах, обнаруживаемые на

океанском дне и в областях вечной мерзлоты, рассматриваются как перспективные природные ресурсы. Установите состав подобного соединения $A \cdot xH_2O$, если при разложении 2.86 г гидрата при температуре 7 °С и нормальном атмосферном давлении можно получить 543 мл газа **A** с плотностью по воздуху 0.552.

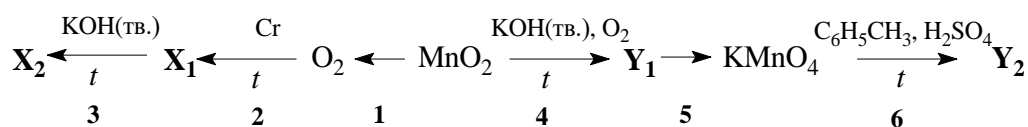
3.2. Запасы газовых гидратов, нестехиометрических твердых соединений, образованных углеводородами и водой при низких температурах, обнаруживаемые на океанском дне и в областях вечной мерзлоты, рассматриваются как перспективные природные ресурсы. Установите состав подобного соединения $Z \cdot xH_2O$, если при разложении 4.05 г гидрата при температуре 12 °С и нормальном атмосферном давлении можно получить 570 мл газа **Z** с плотностью по гелию 7.5.

3.3. Многие газы, в том числе инертные, при пониженных температурах способны образовывать с водой клатраты – твердые нестехиометрические соединения включения, в которых газ удерживается в полостях кристаллической решетки льда. Установите состав $A \cdot xH_2O$, если при разложении 3.62 г этого клатрата при температуре 11 °С и нормальном атмосферном давлении выделяется 330 мл газа **A** с плотностью по воздуху 4.52.

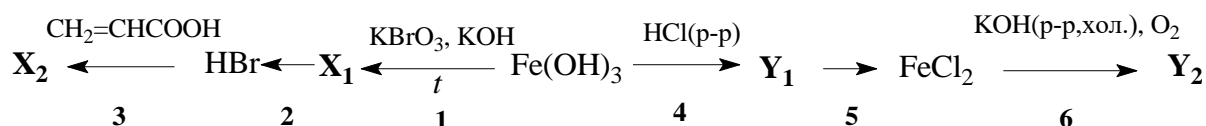
3.4. Многие газы, в том числе инертные, при пониженных температурах способны образовывать с водой клатраты – твердые нестехиометрические соединения включения, в которых газ удерживается в полостях кристаллической решетки льда. Установите состав $Z \cdot xH_2O$, если при разложении 1.63 г этого клатрата при температуре 8 °С и нормальном атмосферном давлении выделяется 200 мл газа **Z** с плотностью по воздуху 1.379.

Задание 4

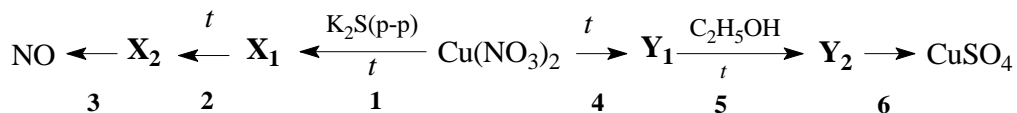
4.1. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат хром, вещества **Y** содержат марганец). Укажите условия проведения реакций **1** и **5**.



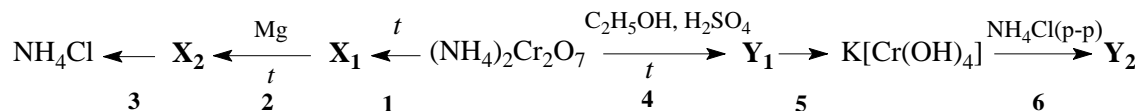
4.2. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат бром, вещества **Y** содержат железо). Укажите условия проведения реакций **2** и **5**.



4.3. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат азот, вещества **Y** содержат медь). Укажите условия проведения реакций **3** и **6**.

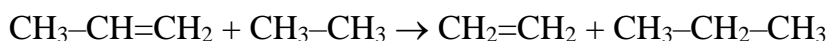


4.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат азот, вещества **Y** содержат хром). Укажите условия проведения реакций **3** и **5**.



Задание 5

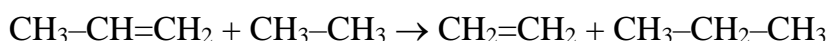
5.1. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции должны быть известны с достаточной надежностью. Термонеutralной будет гипотетическая реакция, в ходе которой в продуктах максимально сохраняются все типы связей и структурные фрагменты, которые были в исходных молекулах, например:



Составьте не менее двух реакций с близким к нулю тепловым эффектом с участием 1,3-пропандиола и соединений, представленных в таблице. Оцените на их основе теплоту образования 1,3-пропандиола. Аргументируйте выбор реакции, которую вы рекомендуете для оценки $Q_{\text{обр}}$ 1,3-пропандиола.

Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль	Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль
H ₂	0	CH ₃ CH ₃	84.0
H ₂ O	241.8	CH ₃ CH ₂ OH	235.0
CH ₄	74.5	HOCH ₂ CH ₂ OH	389.4
CH ₃ OH	200.9	CH ₃ CH ₂ CH ₃	105.0

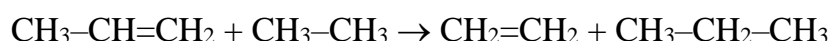
5.2. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции должны быть известны с достаточной надежностью. Термонеutralной будет гипотетическая реакция, в ходе которой в продуктах максимально сохраняются все типы связей, которые были в исходных молекулах, например:



Составьте не менее двух реакций с близким к нулю тепловым эффектом с участием метилбутана и соединений, представленных в таблице. Оцените на их основе теплоту образования метилбутана. Аргументируйте выбор реакции, которую вы рекомендуете для оценки $Q_{\text{обр}}$ метилбутана.

Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль	Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль
H ₂	0	CH ₃ CH ₂ CH ₃	105.0
CH ₄	74.5	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	125.8
CH ₃ CH ₃	84.0	CH ₃ CH(CH ₃) ₂	134.6

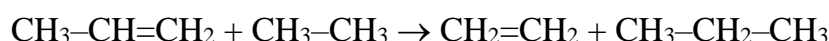
5.3. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции должны быть известны с достаточной надежностью. Термонеutralной будет гипотетическая реакция, в ходе которой в продуктах максимально сохраняются все типы связей, которые были в исходных молекулах, например:



Составьте не менее двух реакций с близким к нулю тепловым эффектом с участием стирола и соединений, представленных в таблице. Оцените на их основе теплоту образования стирола. Аргументируйте выбор реакции, которую вы рекомендуете для оценки $Q_{\text{обр}}$ стирола.

Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль	Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль
H ₂	0	CH ₂ =CHCH ₃	-19.9
CH ₄	74.5	CH ₃ CH ₂ CH ₃	105.0
CH ₃ CH ₃	84.0	CH ₃ CH=CHCH ₃	11.2
CH≡CH	-228.3	C ₆ H ₆	-83.1
H ₂ C=CH ₂	-52.4	C ₆ H ₅ CH ₃	-50.0

5.4. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции должны быть известны с достаточной надежностью. Термонеutralной будет гипотетическая реакция, в ходе которой в продуктах максимально сохраняются все типы связей, которые были в исходных молекулах, например:



Составьте не менее двух реакций с близким к нулю тепловым эффектом с участием 4-аминобутановой кислоты и соединений, представленных в таблице. Оцените на их основе теплоту образования 4-аминобутановой кислоты. Аргументируйте выбор реакции, которую вы рекомендуете для оценки $Q_{\text{обр}}$ 4-аминобутановой кислоты.

Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль	Соединение (г)	$Q_{\text{обр}}$ при 298 К, кДж/моль
H ₂	0	CH ₃ COOH	433.0
CH ₄	74.5	H ₂ NCH ₂ CH ₃	49.7
CH ₃ CH ₃	84.0	H ₂ NCH ₂ CH ₂ CH ₃	70.2
CH ₃ CH ₂ CH ₃	105.0	H ₂ NCH ₂ COOH	393.7
CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	125.8	H ₂ NCH ₂ CH ₂ COOH	421.2

Задание 6

6.1. Образец бинарного соединения **X** массой 9.2 г растворили в небольшом избытке разбавленного раствора серной кислоты, при этом образовался осадок вещества **Y** массой 28.2 г. При нагревании **Y** до 1000°C наблюдаются два процесса потери массы – сначала теряется 15.7% от исходной массы и получается продукт **Z**, при дальнейшем нагревании происходит потеря 6.2% от массы **Z**. Известно, что у **X** структура NaCl, параметр кубической элементарной ячейки, определенный в различных работах и при разных условиях, варьируется в пределах от 4.8152 до 4.7780 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$), а плотность варьируется от 3.33 до 3.41 г/см³. **X** легко получить термическим разложением распространенного природного ископаемого; с давних пор и по настоящее время **X** используется в строительном деле. Определите зашифрованные вещества, напишите уравнения перечисленных реакций, выводы подтвердите расчетами.

6.2. Для бинарного соединения **X** известно много полиморфных модификаций, все они химически инертны. **X** редко встречается в природе, но его синтезируют и активно используют для различных целей. Атомы двух элементов входят в состав соединения в эквимольных количествах. Структура одной из модификаций соединения аналогична структуре алмаза, параметр кубической элементарной ячейки варьируется по разным источникам от 4.358 до 4.360 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$), а плотность немного превышает 3.2 г/см³. Чтобы разрушить вещество, можно 10 г образца **X** обработать раствором плавиковой и азотной кислот, при этом суммарная масса исходного раствора и образца станет меньше на 31 г. Определите вещество **X**, напишите уравнения всех реакций, выводы подтвердите расчетами. Приведите пример использования **X** в промышленности.

6.3. Природный минерал соединения **X** имеет несколько тривиальных названий. Это бинарное соединение; мотив расположения атомов в кристаллической решетке **X** такой же, как в структуре алмаза, атомы двух элементов содержатся в эквимольных количествах. Исследования структуры **X**, полученного в различных условиях, позволяют определить параметр кубической элементарной ячейки в диапазоне от 5.39 до 5.41 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$), а плотность вещества близка к 4.1 г/см³. При обработке **X** разбавленной соляной кислотой выделяется газ, количество которого равно количеству исходного вещества. Дальнейшая обработка раствором гидроксида натрия приводит сначала к помутнению раствора, затем при добавлении большего количества щелочи раствор становится прозрачным. При добавлении к **X** разбавленного раствора азотной кислоты выделяется газ, количество которого в $2^{2/3}$ раза превышает количество **X**. Определите вещество **X**, напишите уравнения всех реакций, выводы подтвердите расчетами. Приведите одно из тривиальных названий **X**.

6.4. Образование вещества **X** в виде осадка часто используют при проведении качественного анализа. Бинарное соединение **X** имеет такую же структуру, как NaCl. Параметры кубической элементарной ячейки по результатам исследования различных

образцов варьируются в диапазоне от 5.75 до 5.78 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$), а рассчитанная плотность близка к 6.5 г/см^3 . Это вещество плохо растворимо в воде, но растворяется в концентрированном растворе аммиака и водном растворе тиосульфата натрия. На свету вещество X медленно приобретает серый цвет. Определите вещество X, напишите уравнения всех реакций, выводы подтвердите расчетами. Какого цвета соединение X?

Задание 7

7.1. При обработке смеси алюминия и двух неизвестных простых веществ избытком раствора гидроксида калия выделилось 6.72 л водорода (н. у.). При обработке такого же количества смеси избытком соляной кислоты выделилось 10.08 л (н. у.) водорода, масса смеси уменьшилась на 9 г, а для растворения непрореагировавшего с соляной кислотой твердого остатка потребовалось 38.04 мл горячей 98%-ной серной кислоты с плотностью 1.84 г/мл. При растворении твердого остатка в серной кислоте выделилась смесь двух газов с плотностью по воздуху 1.977. Установите состав и массу исходной смеси. Рассчитайте, как изменится масса смеси после полного сжигания в токе кислорода.

7.2. При обработке смеси цинка и двух неизвестных простых веществ избытком раствора гидроксида калия выделилось 8.96 л водорода (н. у.). При обработке такого же количества смеси избытком соляной кислоты выделилось 15.68 л (н. у.) водорода, масса смеси уменьшилась на 41.6 г, а для растворения непрореагировавшего с соляной кислотой твердого остатка потребовалось 27.17 мл горячей 98%-ной серной кислоты с плотностью 1.84 г/мл. При растворении твердого остатка в серной кислоте выделилась смесь двух газов с плотностью по воздуху 1.977. Установите состав и массу исходной смеси. Рассчитайте, как изменится масса смеси после полного сжигания в токе кислорода.

7.3. При обработке смеси алюминия и двух неизвестных простых веществ избытком раствора гидроксида калия выделилось 3.36 л водорода (н. у.). При обработке такого же количества смеси избытком соляной кислоты выделилось 10.08 л (н. у.) водорода, масса смеси уменьшилась на 19.5 г, а для растворения непрореагировавшего с соляной кислотой твердого остатка потребовалось 65.22 мл горячей 98%-ной серной кислоты с плотностью 1.84 г/мл. При растворении твердого остатка в серной кислоте выделилась смесь двух газов с плотностью по воздуху 1.977. Установите состав и массу исходной смеси. Рассчитайте, как изменится масса смеси после полного сжигания в токе кислорода.

7.4. При обработке смеси цинка и двух неизвестных простых веществ избытком раствора гидроксида калия выделилось 4.48 л водорода (н. у.). При обработке такого же количества смеси избытком соляной кислоты выделилось 13.44 л (н. у.) водорода, масса смеси уменьшилась на 22.6 г, а для растворения непрореагировавшего с соляной кислотой твердого остатка потребовалось 86.96 мл горячей 98%-ной серной кислоты с плотностью 1.84 г/мл. При растворении твердого остатка в серной кислоте выделилась смесь двух газов с плотностью по воздуху 1.977. Установите состав и массу исходной

смеси. Рассчитайте, как изменится масса смеси после полного сжигания в токе кислорода.

Задание 8

8.1. Смесь метилметакрилата (метилового эфира 2-метилпропеновой кислоты) и его изомера обесцвечивает бромную воду. Продукты гидролиза этой смеси обесцвечивают в 1.25 раза большее количество бромной воды той же концентрации. Предложите возможное строение этого изомера и рассчитайте его массовую долю в смеси. Добавление к исходной смеси еще одного изомера метилметакрилата не изменило количество обесцвечиваемого брома ни до, ни после гидролиза. Предложите строение этого изомера. Напишите уравнения протекающих реакций.

8.2. Смесь этилакрилата (этилового эфира пропеновой кислоты) и его изомера обесцвечивает бромную воду. Продукты гидролиза этой смеси обесцвечивают в 1.75 раза большее количество бромной воды той же концентрации. Установите возможное строение этого изомера и рассчитайте его массовую долю в смеси. Добавление к исходной смеси еще одного изомера этилакрилата не изменило количество обесцвечиваемого брома ни до, ни после гидролиза. Предложите строение этого изомера. Напишите уравнения протекающих реакций.

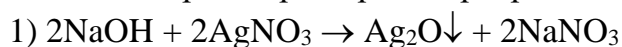
8.3. Смесь метилкротоната (метилового эфира 2-бутеновой кислоты) и его изомера обесцвечивает бромную воду. Продукты гидролиза этой смеси обесцвечивают в 1.6 раза большее количество бромной воды той же концентрации. Предложите возможное строение этого изомера и рассчитайте его массовую долю в смеси. Добавление к исходной смеси еще одного изомера метилкротоната не изменило количество обесцвечиваемого брома ни до, ни после гидролиза. Предложите строение этого изомера. Напишите уравнения протекающих реакций.

8.4. Смесь метилакрилата (метилового эфира пропеновой кислоты) и его изомера обесцвечивает бромную воду. Продукты гидролиза этой смеси обесцвечивают в 1.4 раза большее количество бромной воды той же концентрации. Предложите возможное строение этого изомера и рассчитайте его массовую долю в смеси. Добавление к исходной смеси еще одного изомера метилакрилата не изменило количество обесцвечиваемого брома ни до, ни после гидролиза. Предложите строение этого изомера. Напишите уравнения протекающих реакций.

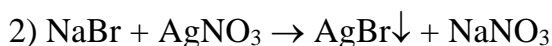
Решения заданий отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 10 – 11 классы

Задание 1 (8 баллов)

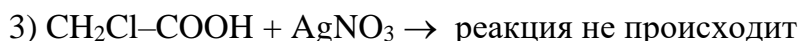
1.1. Реактив – раствор нитрата серебра.



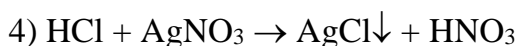
Выпадает коричнево-бурый осадок оксида серебра.



Выпадает светло-желтый творожистый осадок бромида серебра.



Видимых изменений нет.

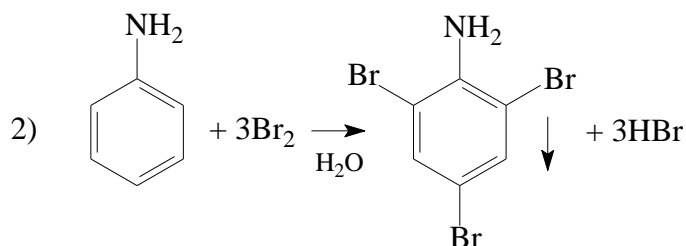


Выпадает белый творожистый осадок хлорида серебра.

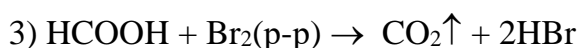
Ответ: AgNO_3 .

1.2. Реактив – бромная вода.

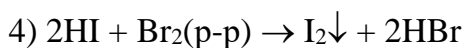
1) $\text{NaF} + \text{Br}_2(\text{p-p}) \rightarrow$ реакция не происходит, видимых изменений нет.



Выпадает белый хлопьевидный осадок 2,4,6-триброманилина.



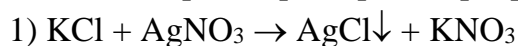
Бромная вода обесцвечивается, выделяются пузырьки газа.



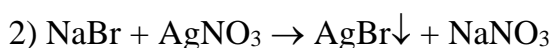
Раствор темнеет из-за выделения иода.

Ответ: бромная вода.

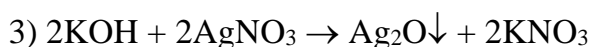
1.3. Реактив – раствор нитрата серебра.



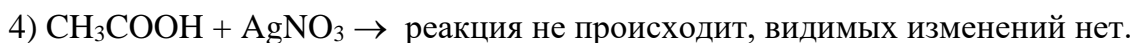
Выпадает белый творожистый осадок хлорида серебра.



Выпадает светло-желтый творожистый осадок бромида серебра.

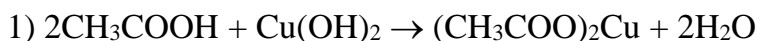


Выпадает коричнево-бурый осадок оксида серебра

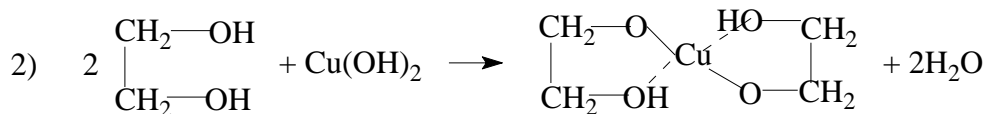


Ответ: AgNO_3 .

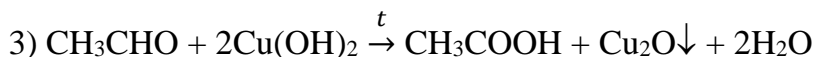
1.4. Реактив – свежесажженный гидроксид меди(II).



Осадок растворяется и образуется голубой раствор.



Осадок растворяется и образуется ярко-синий раствор.



Образуется коричнево-красный осадок.



Ответ: свежесажженный $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Задание 2 (8 баллов)

2.1. Магнитные свойства частиц зависят от наличия неспаренных электронов.

Частица, обладающая неспаренными электронами, парамагнитна. Если все электроны спарены, частица диамагнитна. Конфигурации атома и иона:

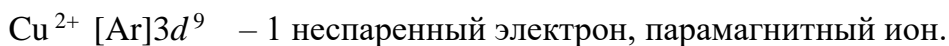


Пример иона, обладающего диамагнитными свойствами:

$\text{Cu}^+ \quad [\text{Ar}]3d^{10}$ – все электроны спарены, диамагнитный ион (такую же конфигурацию $[\text{Ar}]3d^{10}$ имеет ион Zn^{2+}).

2.2. Магнитные свойства частиц зависят от наличия неспаренных электронов.

Частица, обладающая неспаренными электронами, парамагнитна. Если все электроны спарены, частица диамагнитна. Конфигурации атома и иона:

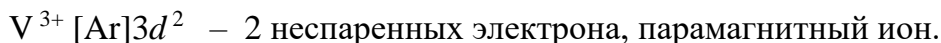
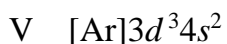


Пример иона, обладающего диамагнитными свойствами:

$\text{Cu}^+ \quad [\text{Ar}]3d^{10}$ – все электроны спарены, диамагнитный ион (такую же конфигурацию $[\text{Ar}]3d^{10}$ имеет ион Zn^{2+}).

2.3. Магнитные свойства частиц зависят от наличия неспаренных электронов.

Частица, обладающая неспаренными электронами, парамагнитна. Если все электроны спарены, частица диамагнитна. Конфигурации атома и иона:



Пример иона, обладающего диамагнитными свойствами:

$\text{Cu}^+ \quad [\text{Ar}]3d^{10}$ – все электроны спарены, диамагнитный ион (такую же конфигурацию $[\text{Ar}]3d^{10}$ имеет ион Zn^{2+}).

2.4. Магнитные свойства частиц зависят от наличия неспаренных электронов. Частица, обладающая неспаренными электронами, парамагнитна. Если все электроны спарены, частица диамагнитна. Конфигурации атома и иона:



$\text{Cr}^{3+} \quad [\text{Ar}]3d^3$ – 3 неспаренных электрона, парамагнитный ион.

Пример иона, обладающего диамагнитными свойствами:

$\text{Cu}^+ \quad [\text{Ar}]3d^{10}$ – все электроны спарены, диамагнитный ион (такую же конфигурацию $[\text{Ar}]3d^{10}$ имеет ион Zn^{2+}).

Задание 3 (12 баллов)

3.1. Определим молярную массу **A** по данным о его плотности по воздуху:

$$M(\mathbf{A}) = D_{\text{возд.}} \cdot M(\text{возд.}) = 0.552 \cdot 29 = 16 \text{ г/моль.}$$

По условию, **A** – углеводород, следовательно, это метан CH_4 . В результате разложения гидрата метана выделяется

$$v(\text{CH}_4) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.543}{8.314 \cdot 280} = 0.024 \text{ моль.}$$

На воду приходится

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 2.86 - 0.024 \cdot 16 = 2.48 \text{ г,}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.138 \text{ моль.}$$

Тогда

$$x = 0.138 / 0.024 = 5.75.$$

Ответ: $\text{CH}_4 \cdot 5.75 \text{ H}_2\text{O}$.

3.2. Определим молярную массу **Z** по данным о его плотности по гелию:

$$M(\mathbf{Z}) = D_{\text{He}} \cdot M(\text{He}) = 7.5 \cdot 4 = 30 \text{ г/моль.}$$

По условию, **Z** – углеводород, следовательно, это этан C_2H_6 . В результате разложения гидрата выделяется этана

$$v(\text{CH}_4) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.570}{8.314 \cdot 285} = 0.024 \text{ моль.}$$

На воду приходится

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4.05 - 0.024 \cdot 30 = 3.33 \text{ г,}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.185 \text{ моль.}$$

Тогда

$$x = 0.185 / 0.024 = 7.7.$$

Ответ: $\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 7.7 \text{ H}_2\text{O}$.

3.3. Определим молярную массу **A** по данным о его плотности по воздуху:

$$M(\mathbf{A}) = D_{\text{возд.}} \cdot M(\text{возд.}) = 4.52 \cdot 29 = 131 \text{ г/моль.}$$

Значит, **A** – инертный газ ксенон Xe . В результате разложения клатрата выделяется ксенона

$$v(\text{Xe}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.330}{8.314 \cdot 284} = 0.014 \text{ моль.}$$

Тогда на воду приходится

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 3.62 - 0.014 \cdot 131 = 1.79 \text{ г,}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.099 \text{ моль.}$$

Тогда

$$x = 0.099 / 0.014 = 7.1.$$

Ответ: Xe · 7.1 H₂O.

3.4. Определим молярную массу **Z** через данные о его плотности по воздуху:

$$M(\mathbf{Z}) = D_{\text{возд.}} \cdot M(\text{возд.}) = 1.379 \cdot 29 \text{ г/моль} = 40.0 \text{ г/моль.}$$

Значит, **Z** – инертный газ аргон Ar. В результате разложения клатрата выделяется аргона

$$v(\text{Ar}) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 0.200}{8.314 \cdot 281} = 8.67 \cdot 10^{-3} \text{ моль.}$$

Тогда на воду приходится

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1.63 - 8.67 \cdot 10^{-3} \cdot 40 = 1.283 \text{ г или}$$

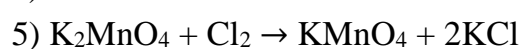
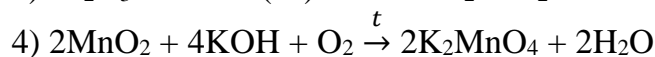
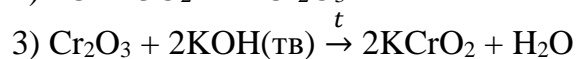
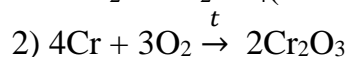
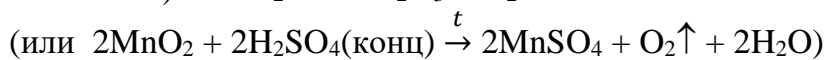
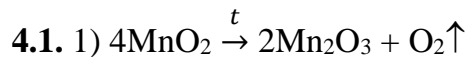
$$v(\text{H}_2\text{O}) = 0.0713 \text{ моль.}$$

Тогда

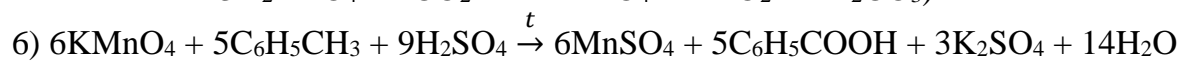
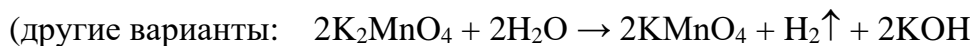
$$x = 0.0713 / 8.67 \cdot 10^{-3} = 8.22.$$

Ответ: Ar · 8.22 H₂O.

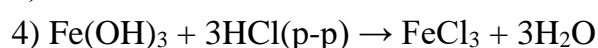
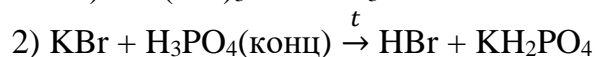
Задание 4 (12 баллов)

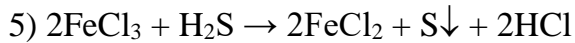


≠

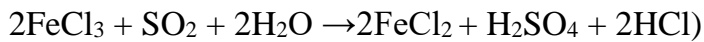


Ответ: **X**₁ – Cr₂O₃, **X**₂ – KCrO₂, **Y**₁ – K₂MnO₄, **Y**₂ – MnSO₄.

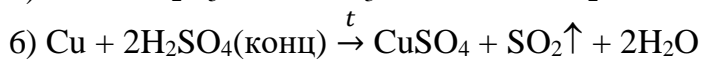
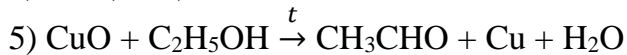
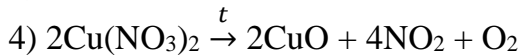
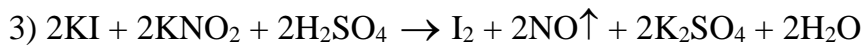
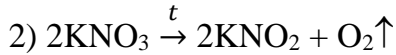




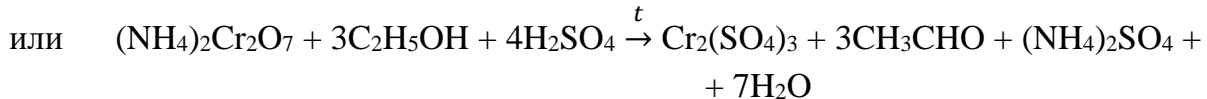
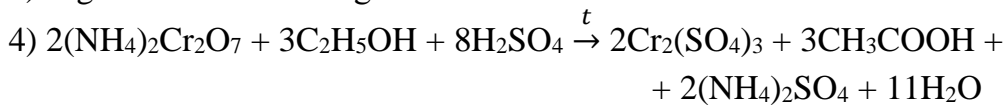
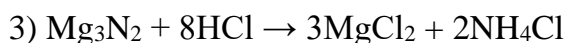
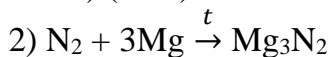
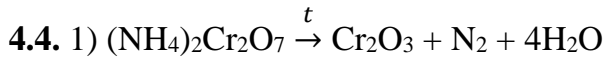
(другие варианты: $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} \rightarrow 3\text{FeCl}_2$



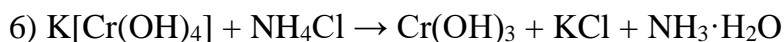
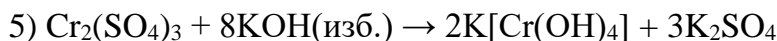
Ответ: $\mathbf{X}_1 - \text{KBr}$, $\mathbf{X}_2 - \text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{COOH}$, $\mathbf{Y}_1 - \text{FeCl}_3$, $\mathbf{Y}_2 - \text{Fe}(\text{OH})_3$.



Ответ: $\mathbf{X}_1 - \text{KNO}_3$, $\mathbf{X}_2 - \text{KNO}_2$, $\mathbf{Y}_1 - \text{CuO}$, $\mathbf{Y}_2 - \text{Cu}$.



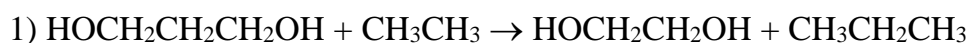
Выбор продукта окисления спирта обусловлен условиями проведения реакции. Если альдегид может улетучиться из реакционной смеси, то он и будет конечным продуктом реакции. Если же условий для улетучивания альдегида нет, то он окислится до кислоты.



Ответ: $\mathbf{X}_1 - \text{N}_2$, $\mathbf{X}_2 - \text{Mg}_3\text{N}_2$, $\mathbf{Y}_1 - \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\mathbf{Y}_2 - \text{Cr}(\text{OH})_3$.

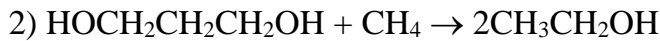
Задание 5 (12 баллов)

5.1. Тепловой эффект близок к нулю (термонеutralная реакция), если реагенты и продукты максимально структурно близки. В наибольшей степени этому условию отвечают следующие две реакции:



$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) - \\ - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) = Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = \\ = 389.4 + 105.0 - 84.0 = \mathbf{410.4 \text{ кДж/моль}}$$



$$\begin{aligned} Q &= 2 \cdot Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) - Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = 0, \\ Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) &= 2 \cdot Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = \\ &= 2 \cdot 235.0 - 74.5 = \mathbf{395.5 \text{ кДж/моль}}. \end{aligned}$$

Первая реакция выглядит предпочтительнее, поскольку и в молекулах реагентов, и в продуктах одинаковое количество первичных и вторичных атомов углерода (по сути, реакция сводится к перенесению метиленовой группы из молекулы пропандиола в молекулу этана). Во второй реакции атом углерода молекулы метана претерпевает заметное изменение окружения, кроме того, в продуктах отсутствуют вторичные атомы углерода. Если записать еще одну реакцию и рассчитать из нее теплоту образования пропандиола:

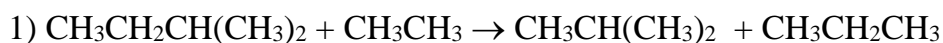


$$\begin{aligned} Q &= 2 \cdot Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) - Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_2\text{H}_6) = 0, \\ Q_{\text{обр}}(\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}) &= 2 \cdot Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = \\ &= 2 \cdot 235.0 + 74.5 - 84.0 = \mathbf{460.5 \text{ кДж/моль}}, \end{aligned}$$

то величина заметно отклоняется в большую сторону. Очевидно, что реакция 3 наименее удачная (менее сбалансированная) и далека от термонеutrальности.

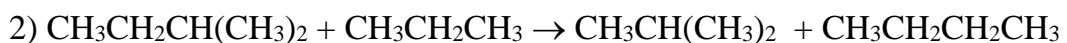
На основе реакции 1 можно предположить для теплоты образования 1,3-пропандиола значение порядка 410 кДж/моль (экспериментальное значение теплоты образования газообразного 1,3-пропандиола равно 410.6 ± 2.2 кДж/моль).

5.2. Тепловой эффект близок к нулю (термонеutrальная реакция), если реагенты и продукты максимально структурно близки. В наибольшей степени этому условию отвечают следующие две реакции:



$$\begin{aligned} Q &= Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) \\ &= 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) &= Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = \\ &= 134.6 + 105.0 - 84.0 = \mathbf{155.6 \text{ кДж/моль}}. \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} Q &= Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) - \\ &\quad - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) &= Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}(\text{CH}_3)_2) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) - \\ &\quad - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = \end{aligned}$$

$$= 134.6 + 125.8 - 105.0 = \mathbf{155.4 \text{ кДж/моль}}.$$

Обе реакции близки к термонеutralности, поскольку в их правых и левых частях сохраняется число первичных, вторичных и третичных атомов углерода (по сути реакции сводятся к перемещению метиленовой группы). Поэтому для теплоты образования метилбутана можно предположить значение порядка 155.5 кДж/моль (экспериментальное значение теплоты образования газообразного метилбутана 153.2 кДж/моль).

Следующую реакцию:

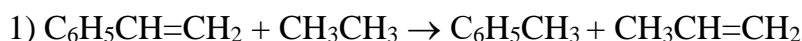


$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2) = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = \\ = 125.8 + 105.0 - 84.0 = \mathbf{146.8 \text{ кДж/моль}},$$

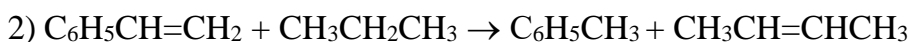
нельзя считать полностью сбалансированной, поскольку в правой части отсутствует третичный атом углерода, имеющийся в левой. Значение теплоты образования, полученное из нее, отличается от первых двух значений.

5.3. Тепловой эффект близок к нулю (термонеutralная реакция), если реагенты и продукты максимально структурно близки. В наибольшей степени этому условию отвечают следующие две реакции:



$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = \\ = -50.0 - 19.9 - 84.0 = \mathbf{-153.9 \text{ кДж/моль}}.$$

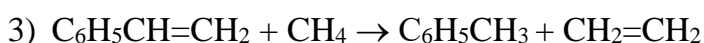


$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = \\ = -50 + 11.2 - 105.0 = \mathbf{-143.8 \text{ кДж/моль}}.$$

Обе реакции – сбалансированные, однако первая реакция предпочтительнее, поскольку в ней сохраняется терминальное положение двойной связи. Из нее можно получить значение теплоты образования стирола –154 кДж/моль (экспериментальное значение теплоты образования газообразного стирола равно –148.3 кДж/моль).

Если записать третью реакцию и оценить из нее теплоту образования стирола:

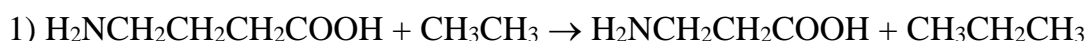


$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_2=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2) = Q_{\text{обр}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{CH}_2=\text{CH}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = -50 - 52.4 - 74.5 = -176.9 \text{ кДж/моль},$$

то полученное значение будет сильно отклоняться от теплот образования, полученных в первых двух реакциях. Реакция 3 наиболее далека от термонеutrальности.

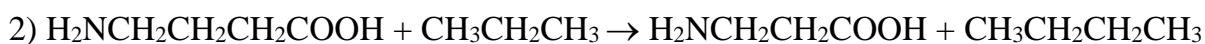
5.4. Тепловой эффект близок к нулю (термонеutrальная реакция), если реагенты и продукты максимально структурно близки. В наибольшей степени этому условию отвечают следующие две реакции:



$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) =$$

$$= 105.0 + 421.2 - 84.0 = 442.2 \text{ кДж/моль}.$$

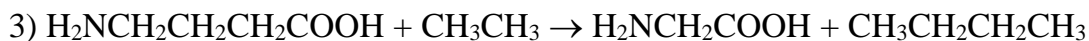


$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3) = 125.8 + 421.2 - 105.0 = 442.0 \text{ кДж/моль}$$

На основе этих двух реакций можно предсказать значение теплоты образования 4-аминобутановой кислоты порядка 442.0 кДж/моль (экспериментальное значение теплоты образования газообразной 4-аминобутановой кислоты 441.0 кДж/моль).

Если записать уравнение еще одной реакции и рассчитать теплоту образования



$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 0,$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}) = Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3) + Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_3\text{CH}_3) = 125.8 + 393.7 - 84.0 = 435.5 \text{ кДж/моль},$$

то полученное значение окажется несколько меньше полученных ранее, хотя и достаточно близким. Это можно объяснить взаимным влиянием кислотной группы и

аминогруппы, которое сильно проявляется в молекуле глицина (α -аминокислота) и гораздо менее – в кислотах с более удаленным расположением функциональных групп.

Задание 6 (16 баллов)

6.1. По данным задачи – параметру элементарной ячейки и плотности – можно рассчитать молярную массу соединения **X**. Это бинарное соединение с кристаллической решеткой, как у NaCl, число формульных единиц АВ в одной элементарной ячейке $Z = 4$ (расчет $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ по атомам одного типа или $12 \cdot 1/4 + 1 = 4$). Объем ячейки:

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (4.8152 \cdot 10^{-8})^3 = 1.1165 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (4.7780 \cdot 10^{-8})^3 = 1.0908 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Число ячеек, в которых содержится 1 моль АВ:

$$N_{\text{эл.яч.}} = N_A / Z.$$

Молярный объем

$$V_m = V_{\text{эл.яч.}} \cdot N_{\text{эл.яч.}}$$

варьируется в пределах от 16.4163 до 16.8033 см^3 . Выразим молярную массу через плотность:

$$\rho = M / V_m$$

$$M = \rho \cdot V_m = \rho \cdot V_{\text{эл.яч.}} \cdot N_{\text{яч.}}$$

Подставляя значения, данные в условии, рассчитываем, что молярная масса **X** находится в интервале от 55 до 57 г/моль. Так как **X** относится к структурному типу NaCl, то соотношение катионов и анионов – 1 : 1, молярная масса соединения – сумма атомных масс элементов. Подходят MgS и CaO, однако описанные свойства и способ получения однозначно указывают на CaO. Химические превращения:



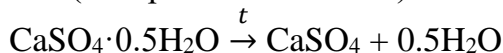
$$v(\text{CaO}) = 9.2 / 56 = 0.164 \text{ моль},$$

$$m(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 0.164 \cdot 172 = 28.2 \text{ г}.$$



$$m(\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}) = 0.164 \cdot 145 = 23.78 \text{ г},$$

$$23.78 / 28.2 = 0.8433 \text{ (потеря массы 15.67\%)}.$$



$$m(\text{CaSO}_4) = 0.164 \cdot 136 = 22.3 \text{ г}.$$

$$22.3 / 23.78 = 0.938 \text{ (потеря массы 6.2\%)}.$$

Получение вещества **X**: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2$ (разложение известняка).

Ответ: **X** – CaO, **Y** – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, **Z** – $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$.

6.2. По данным – параметру элементарной ячейки и плотности – можно рассчитать молярную массу соединения **X**. Это бинарное соединение с

кристаллической решеткой как у алмаза. Так как в условии сказано, что атомы двух элементов входят в X в эквимольных количествах, формулу можно записать как АВ. Число формульных единиц АВ в одной элементарной ячейке равно $Z = 4$ (расчет $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 + 4 \cdot 1 = 8$ суммарно всех атомов, каждого по 4 атома). Объем ячейки:

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (4.358 \cdot 10^{-8})^3 = 8.2768 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (4.360 \cdot 10^{-8})^3 = 8.2882 \cdot 10^{-23} \text{ см}^3.$$

Число ячеек, в которых содержится 1 моль АВ:

$$N_{\text{эл.яч.}} = N_A / Z$$

Мольный объем

$$V_m = V_{\text{эл.яч.}} \cdot N_{\text{эл.яч.}}$$

варьируется в пределах $12.46 - 12.47 \text{ см}^3$. Выразим молярную массу через плотность:

$$\rho = M / V_m,$$

$$M = \rho \cdot V_m.$$

Подставляя значения, данные в условии, рассчитываем, что молярная масса АВ близка к 40 г/моль – это сумма атомных масс элементов. Подходят MgO и SiC, однако всем перечисленным условиям удовлетворяет карбид кремния SiC. Химические превращения:



Количества и массы веществ: $\nu(\text{SiC}) = 10 / 40 = 0.25$ моль;

$$\nu(\text{NO}) = 0.667 \text{ моль}, \quad \nu(\text{CO}_2) = 0.25 \text{ моль},$$

$$m(\text{NO}) = 0.667 \cdot 30 = 20 \text{ г},$$

$$m(\text{CO}_2) = 0.25 \cdot 44 = 11 \text{ г}.$$

Суммарная потеря массы $m = 20 + 11 = 31 \text{ г}$.

Из SiC изготавливают огнеупорные материалы, являющиеся составной частью высокотемпературных печей. Применяется как абразивный материал. Полупроводниковые свойства SiC используют в электротехнике.

Ответ: SiC.

6.3. По данным – параметру элементарной ячейки и плотности – можно рассчитать молярную массу X. Это бинарное соединение с кристаллической решеткой, как у алмаза. Т. к. в условии сказано, что атомы двух элементов входят в X в эквимольных количествах, его формулу можно записать как АВ. Число формульных единиц АВ в одной элементарной ячейке $Z = 4$ (расчет $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 + 4 \cdot 1 = 8$ суммарно всех атомов, каждого вида по 4 атома).

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (5.39 \cdot 10^{-8})^3 = 1.566 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (5.41 \cdot 10^{-8})^3 = 1.583 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Число ячеек, в которых содержится 1 моль АВ:

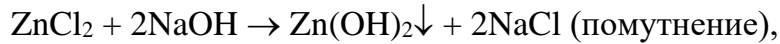
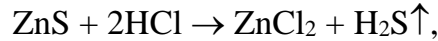
$$N_{\text{эл.яч.}} = N_A / Z$$

Молярный объем $V_m = V_{\text{эл.яч.}} \cdot N_{\text{эл.яч.}}$ варьируется в пределах $23.57 - 23.82 \text{ см}^3$.
Выразим молярную массу через плотность:

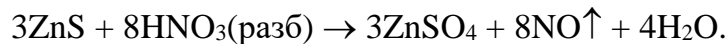
$$\rho = M / V_m,$$

$$M = \rho \cdot V_m$$

Подставляя значения, данные в условии, получаем, что молярная масса АВ близка к 97 г/моль – это сумма атомных масс элементов. Подходит сульфид цинка ZnS .
Химические превращения:



или



$$v(\text{NO}) / v(\text{ZnS}) = 8 / 3 = 2^2/3.$$

Название минерала – цинковая обманка.

Ответ: ZnS .

6.4. По данным – параметру элементарной ячейки и плотности – можно рассчитать молярную массу X . Это бинарное соединение с кристаллической решеткой, как у NaCl , следовательно, количества атомов каждого элемента одинаково. Число формульных единиц АВ в одной элементарной ячейке равно $Z = 4$ (расчет $8 \cdot 1/8 + 6 \cdot 1/2 = 4$ по атомам одного типа или $12 \cdot 1/4 + 1 = 4$).

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (5.75 \cdot 10^{-8})^3 = 1.90 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{эл.яч.}} = a^3 = (5.78 \cdot 10^{-8})^3 = 1.93 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Число ячеек, в которых содержится 1 моль АВ:

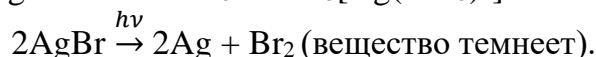
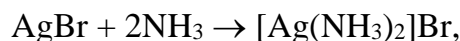
$$N_{\text{эл.яч.}} = N_A / Z$$

Молярный объем $V_m = V_{\text{эл.яч.}} \cdot N_{\text{эл.яч.}}$ варьируется в пределах $28.60 - 29.05 \text{ см}^3$. Выразим молярную массу через плотность:

$$\rho = M / V_m,$$

$$M = \rho \cdot V_m.$$

Подставляя значения, данные в условии, получаем, что молярная масса АВ лежит в диапазоне от 186 до 189 г/моль – это сумма атомных масс элементов. Подходит AgBr .
Химические превращения:

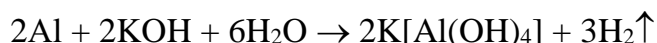


Вещество AgBr светло-желтого цвета.

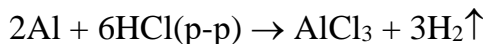
Ответ: AgBr .

Задание 7 (16 баллов)

7.1. Алюминий растворяется в щелочи, при этом выделяется водород:



Алюминий растворяется в соляной кислоте, при этом также выделяется водород:



Так как при растворении смеси в соляной кислоте газа выделяется больше, чем при растворении в щелочи, можно предположить, что в щелочи растворяется только один компонент смеси – алюминий. В соляной кислоте с выделением водорода растворяются алюминий и один из неизвестных компонентов, третий компонент при этом остается в нерастворимом твердом остатке.

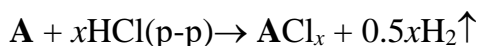
При растворении в щелочи водорода выделяется

$$v(\text{H}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ моль},$$

значит, в смеси алюминия содержится 0.2 моль или

$$m(\text{Al}) = 0.2 \cdot 27 = 5.4 \text{ г}.$$

При растворении в соляной кислоте потеря массы составляет 9 г, значит, второго компонента в смеси содержится $(9 - 5.4) = 3.6$ г. Можно предположить, что это активный металл **A**, вытесняющий водород из соляной кислоты:



$$v(\text{H}_2) = (10.08 - 6.72) / 22.4 = 0.15 \text{ моль}.$$

1) Если **A** проявляет степень окисления +1, то $x = 1$, $v(\text{A}) = 2v(\text{H}_2) = 0.3$ моль.

$$M(\text{A}) = 3.6 / 0.3 = 12 \text{ г/моль}.$$

Это углерод, но он не растворяется в соляной кислоте и не проявляет степени окисления +1.

2) Если **A** проявляет степень окисления +2, то $x = 2$, $v(\text{A}) = v(\text{H}_2) = 0.15$ моль.

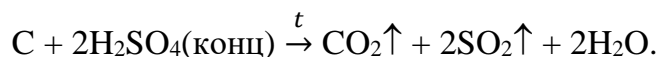
$$M(\text{A}) = 3.6 / 0.15 = 24 \text{ г/моль}.$$

Это магний, его масса 3.6 г.

Третий компонент не растворяется ни в щелочи, ни в неокисляющей соляной кислоте. Растворение его в горячей концентрированной серной кислоте приводит к образованию смеси двух газов со средней молярной массой

$$M_{\text{смеси}} = 1.977 \cdot 29 = 57.33 \text{ г/моль}.$$

Можно предположить, что смесь состоит из SO_2 ($M = 64$ г/моль) и более легкого газа (с массой, меньшей 57 г/моль). Образование двух таких газов при растворении простого вещества в серной кислоте возможно, если простое вещество – это углерод:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 38.04 \cdot 1.84 \cdot 0.98 / 98 = 0.7 \text{ моль} = v(\text{SO}_2),$$

тогда

$$v(\text{CO}_2) = 0.35 \text{ моль}.$$

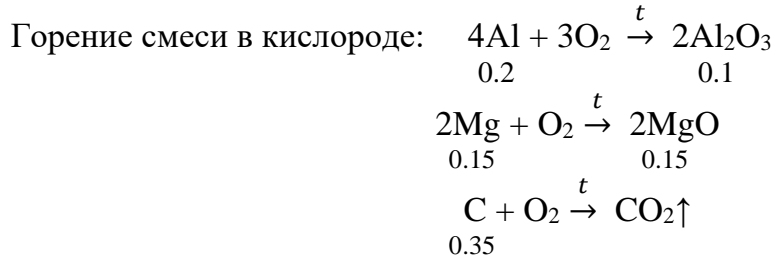
$$M_{\text{смеси}} = (64 \cdot 0.7 + 44 \cdot 0.35) / 1.05 = 57.33 \text{ г/моль},$$

что соответствует условию задачи. Тогда третий компонент смеси – углерод, его масса

$$m(\text{C}) = 12 \cdot 0.35 = 4.2 \text{ г.}$$

Суммарная масса исходной смеси составляла

$$m = 5.4 + 3.6 + 4.2 = 13.2 \text{ г.}$$



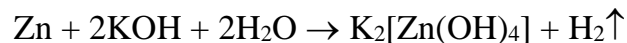
При горении углерод превращается в углекислый газ, поэтому масса смеси после сгорания составит

$$m = 102 \cdot 0.1 + 40 \cdot 0.15 = 16.2 \text{ г,}$$

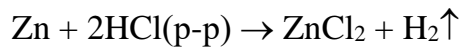
что на 3 г больше массы исходной смеси.

Ответ: Mg, C; увеличится на 3 г.

7.2. Цинк растворяется в щелочи, при этом выделяется водород:



Цинк растворяется в соляной кислоте, при этом также выделяется водород:



Так как при растворении смеси в соляной кислоте газа выделяется больше, чем при растворении в щелочи, можно предположить, что в щелочи растворяется только один компонент смеси – цинк. В соляной кислоте с выделением водорода растворяются цинк и один из неизвестных компонентов, третий компонент при этом остается в нерастворимом твердом остатке.

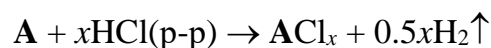
При растворении в щелочи водорода выделяется

$$v(\text{H}_2) = 8.96 / 22.4 = 0.4 \text{ моль,}$$

значит, в смеси содержится 0.4 моль цинка, его масса

$$m(\text{Zn}) = 0.4 \cdot 65 = 26 \text{ г.}$$

При растворении в соляной кислоте потеря массы составляет 41.6 г, значит, в смеси $(41.6 - 26) = 15.6$ г второго компонента. Можно предположить, что это активный металл **A**, вытесняющий водород из соляной кислоты:



$$v(\text{H}_2) = (15.68 - 8.96) / 22.4 = 0.3 \text{ моль.}$$

1) Если **A** проявляет степень окисления +1, то $x = 1$, $v(\text{A}) = 2v(\text{H}_2) = 0.6$ моль,

$$M(\text{A}) = 15.6 / 0.6 = 26 \text{ г/моль (такого металла нет)}$$

2) Если **A** проявляет степень окисления +2, то $x = 2$, $v(\text{A}) = v(\text{H}_2) = 0.3$ моль,

$$M(\text{A}) = 15.6 / 0.3 = 52 \text{ г/моль.}$$

Это хром, его масса 15.6 г.

Третий компонент не растворяется ни в щелочи, ни в неокисляющей соляной кислоте. Растворение его в горячей концентрированной серной кислоте приводит к образованию смеси двух газов со средней молярной массой

$$M_{\text{смеси}} = 1.977 \cdot 29 = 57.33 \text{ г/моль.}$$

Можно предположить, что смесь состоит из SO_2 ($M = 64$ г/моль) и более легкого газа (с массой, меньшей 57 г/моль). Образование двух таких газов при растворении простого вещества в серной кислоте возможно, если простое вещество – это углерод:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 27.17 \cdot 1.84 \cdot 0.98 / 98 = 0.5 \text{ моль} = v(\text{SO}_2).$$

Тогда

$$v(\text{CO}_2) = 0.25 \text{ моль.}$$

$$M_{\text{смеси}} = (64 \cdot 0.5 + 44 \cdot 0.25) / 0.75 = 57.33 \text{ г/моль,}$$

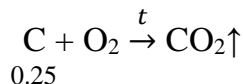
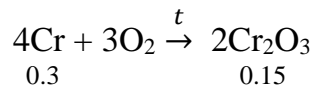
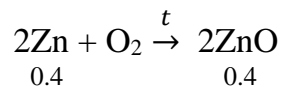
что соответствует условию задачи. Тогда третий компонент смеси – углерод, его масса

$$m(\text{C}) = 12 \cdot 0.25 = 3 \text{ г.}$$

Общая масса исходной смеси

$$m = 26 + 15.6 + 3 = 44.6 \text{ г.}$$

Сжигание смеси в кислороде:



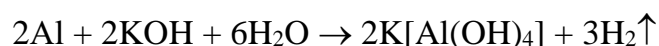
При горении углерод превращается в углекислый газ, поэтому масса смеси после сгорания составит

$$m = 81 \cdot 0.4 + 152 \cdot 0.15 = 55.2 \text{ г,}$$

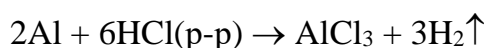
что на $(55.2 - 44.6) = 10.6$ г больше массы исходной смеси.

Ответ: Cr, C; увеличится на 10.6 г.

7.3. Алюминий растворяется в щелочи, при этом выделяется водород:



Алюминий растворяется в соляной кислоте, при этом также выделяется водород:



Так как при растворении смеси в соляной кислоте газа выделяется больше, чем при растворении в щелочи, можно предположить, что в щелочи растворяется только один компонент смеси – алюминий. В соляной кислоте с выделением водорода растворяются алюминий и один из неизвестных компонентов, третий компонент при этом остается в нерастворимом твердом остатке.

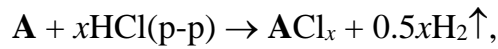
При растворении в щелочи водорода выделяется

$$v(\text{H}_2) = 3.36 / 22.4 = 0.15 \text{ моль,}$$

значит, в смеси содержится 0.1 моль алюминия или

$$m(\text{Al}) = 0.1 \cdot 27 = 2.7 \text{ г.}$$

При растворении в соляной кислоте потеря массы составляет 19.5 г, значит, в смеси $(19.5 - 2.7) = 16.8$ г второго компонента. Можно предположить, что это активный металл **A**, вытесняющий водород из соляной кислоты:



$$v(\text{H}_2) = (10.08 - 3.36) / 22.4 = 0.3 \text{ моль.}$$

1) Если **A** проявляет степень окисления +1, то $x = 1$, $v(\text{A}) = 2v(\text{H}_2) = 0.6$ моль.

$$M(\text{A}) = 16.8 / 0.6 = 28 \text{ г/моль} - \text{это кремний.}$$

Однако кремний не реагирует с соляной кислотой и не проявляет степени окисления +1.

2) Если **A** проявляет степень окисления +2, то $x = 2$, $v(\text{A}) = v(\text{H}_2) = 0.3$ моль.

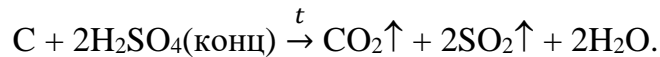
$$M(\text{A}) = 16.8 / 0.3 = 56 \text{ г/моль.}$$

Это железо, его масса 16.8 г.

Третий компонент не растворяется ни в щелочи, ни в неокисляющей соляной кислоте. Растворение его в горячей концентрированной серной кислоте приводит к образованию смеси двух газов со средней молярной массой

$$M_{\text{смеси}} = 1.977 \cdot 29 = 57.33 \text{ г/моль.}$$

Можно предположить, что смесь состоит из SO_2 ($M = 64$ г/моль) и более легкого газа (с массой, меньшей 57 г/моль). Образование двух таких газов при растворении простого вещества в серной кислоте возможно, если простое вещество – это углерод:



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 65.22 \cdot 1.84 \cdot 0.98 / 98 = 1.2 \text{ моль} = v(\text{SO}_2),$$

тогда

$$v(\text{CO}_2) = 0.6 \text{ моль.}$$

$$M_{\text{смеси}} = (64 \cdot 1.2 + 44 \cdot 0.6) / 1.8 = 57.33 \text{ г/моль,}$$

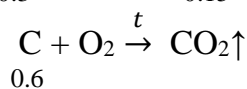
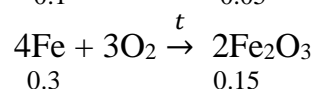
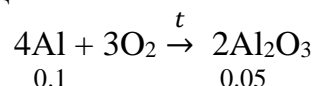
что соответствует условию задачи. Тогда третий компонент смеси – углерод, его масса

$$m(\text{C}) = 12 \cdot 0.6 = 7.2 \text{ г.}$$

Общая масса исходной смеси

$$m = 2.7 + 16.8 + 7.2 = 26.7 \text{ г.}$$

Сжигание смеси в кислороде:

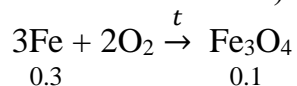


При горении углерод превращается в углекислый газ, поэтому масса смеси после сгорания составит

$$m = 102 \cdot 0.05 + 160 \cdot 0.15 = 29.1 \text{ г,}$$

что на $(29.1 - 26.7) = 2.4$ г больше массы исходной смеси.

Возможен и другой вариант решения при расчете массы смеси после сгорания в кислороде (окисление железа до железной окалины):



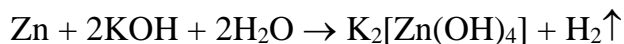
Масса смеси после сгорания:

$$m = 102 \cdot 0.05 + 232 \cdot 0.1 = 28.3 \text{ г,}$$

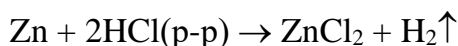
что на $(28.3 - 26.7) = 1.6$ г больше массы исходной смеси.

Ответ: Fe, C; увеличится на 2.4 г (окисление железа до Fe_2O_3), увеличится на 1.6 г (окисление железа до Fe_3O_4).

7.4. Цинк растворяется в щелочи, при этом выделяется водород:



Цинк растворяется в соляной кислоте, при этом также выделяется водород:



Так как при растворении смеси в соляной кислоте газа выделяется больше, чем при растворении в щелочи, можно предположить, что в щелочи растворяется только один компонент смеси – цинк. В соляной кислоте с выделением водорода растворяются цинк и один из неизвестных компонентов, третий компонент при этом остается в нерастворимом твердом остатке.

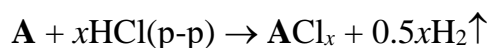
При растворении в щелочи водорода выделяется

$$v(\text{H}_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль,}$$

значит, в смеси содержится 0.2 моль цинка или

$$m(\text{Zn}) = 0.2 \cdot 65 = 13.0 \text{ г.}$$

При растворении в соляной кислоте потеря массы составляет 22.6 г, значит, в смеси $(22.6 - 13) = 9.6$ г второго компонента. Можно предположить, что это активный металл **A**, вытесняющий водород из соляной кислоты:



$$v(\text{H}_2) = (13.44 - 4.48) / 22.4 = 0.4 \text{ моль.}$$

1) Если **A** проявляет степень окисления +1, то $x = 1$, $v(\text{A}) = 2v(\text{H}_2) = 0.8$ моль,

$$M(\text{A}) = 9.6 / 0.8 = 12 \text{ г/моль.}$$

Это углерод, но он не растворяется в соляной кислоте и не проявляет степени окисления +1.

2) Если **A** проявляет степень окисления +2, то $x = 2$, $v(\text{A}) = v(\text{H}_2) = 0.4$ моль,

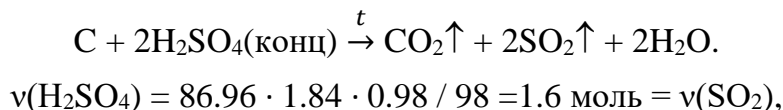
$$M(\text{A}) = 9.6 / 0.4 = 24 \text{ г/моль.}$$

Это магний, его масса 9.6 г.

Третий компонент не растворяется ни в щелочи, ни в неокисляющей соляной кислоте. Растворение его в горячей концентрированной серной кислоте приводит к образованию смеси двух газов со средней молярной массой

$$M_{\text{смеси}} = 1.977 \cdot 29 = 57.33 \text{ г/моль.}$$

Можно предположить, что смесь состоит из SO_2 ($M = 64$ г/моль) и более легкого газа (с массой, меньшей 57 г/моль). Образование двух таких газов при растворении простого вещества в серной кислоте возможно, если простое вещество – это углерод:



тогда

$$v(\text{CO}_2) = 0.8 \text{ моль.}$$

$$M_{\text{смеси}} = (64 \cdot 1.6 + 44 \cdot 0.8) / 2.4 = 57.33 \text{ г/моль,}$$

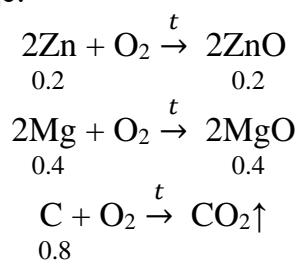
что соответствует условию задачи. Тогда третий компонент смеси – углерод, его масса

$$m(\text{C}) = 12 \cdot 0.8 = 9.6 \text{ г.}$$

Общая масса исходной смеси

$$m = 13 + 9.6 + 9.6 = 32.2 \text{ г.}$$

Сжигание смеси в кислороде:

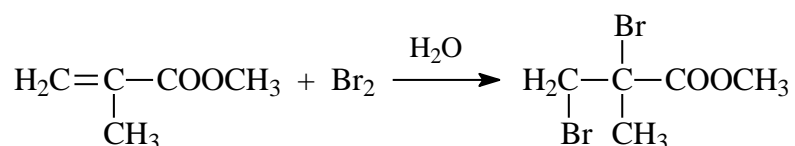


При горении углерод превращается в углекислый газ, поэтому масса смеси после сгорания составит $m = 81 \cdot 0.2 + 40 \cdot 0.4 = 32.2$ г, что совпадает с массой исходной смеси.

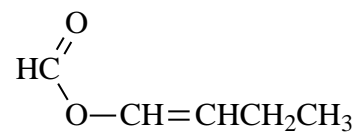
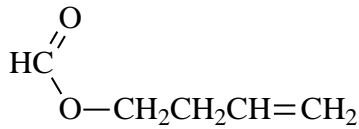
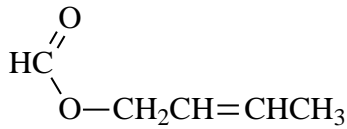
Ответ: Mg, C; не изменится.

Задание 8 (16 баллов)

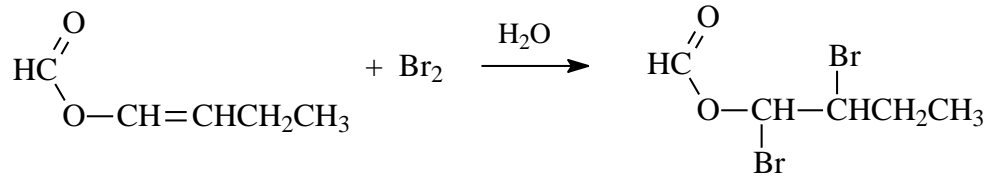
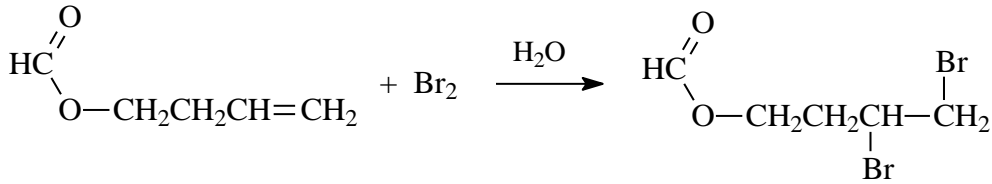
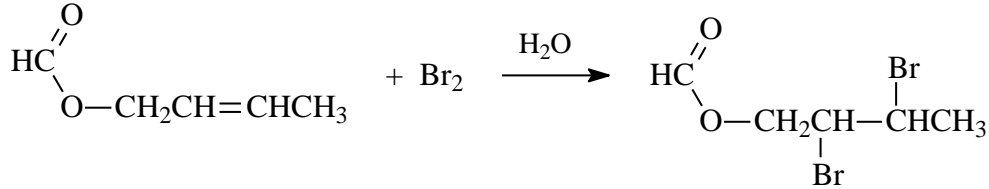
8.1. Поскольку метилметакрилат содержит двойную связь, он реагирует с бромной водой:



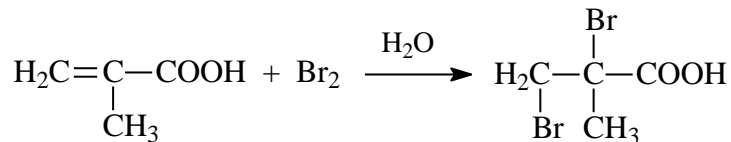
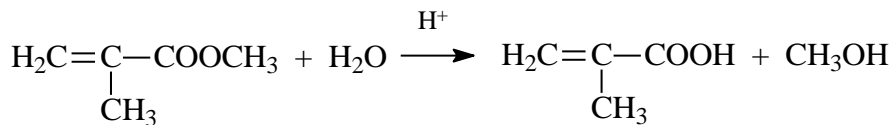
Изомером метилметакрилата ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$) может быть как непредельная кислота, так и сложный эфир непредельной кислоты или непредельного спирта. Поскольку количество брома, вступающего в реакцию с продуктами гидролиза смеси, больше, чем с исходными компонентами, можно предположить, что каждый из продуктов гидролиза изомера метилметакрилата вступает в реакцию с бромной водой. Такими изомерами могут быть, например, эфиры муравьиной кислоты:



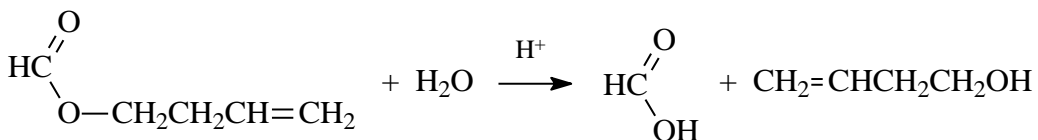
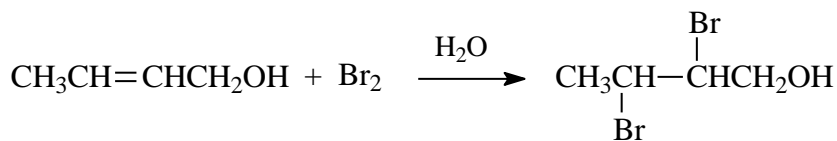
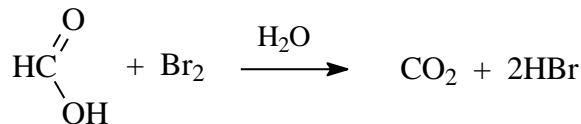
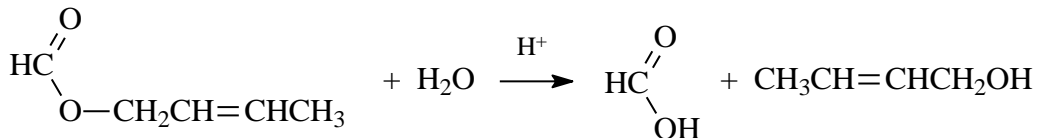
Каждый из них реагирует с бромной водой, присоединяя одну молекулу брома:

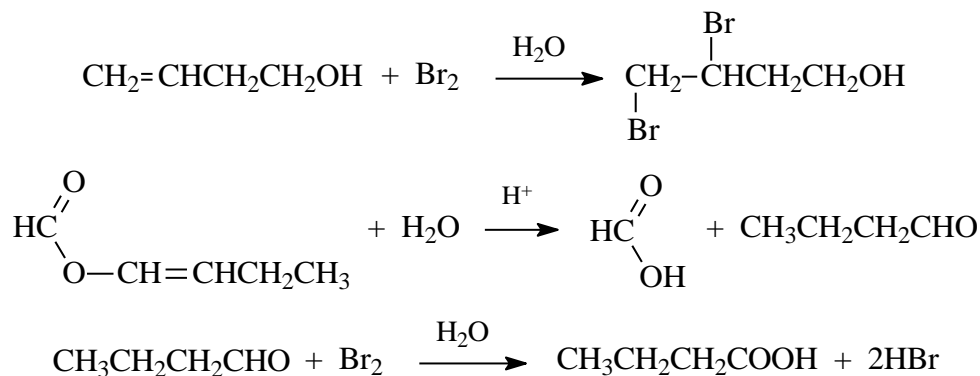


Один из продуктов гидролиза метилметакрилата – 2-метилпропеновая кислота – вступает в реакцию присоединения с бромной водой:

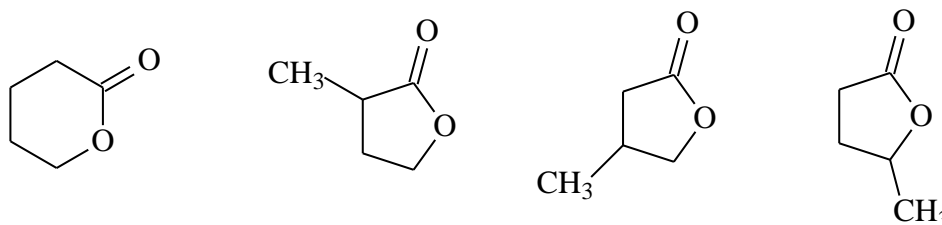


Уравнения гидролиза и взаимодействия с бромом для изомеров метилметакрилата:





Изомером метилметакрилата, добавление которого в смесь не вызовет изменения количества брома до и после реакции гидролиза, является один из следующих циклических сложных эфиров (лактонов), который не вступает во взаимодействие с бромной водой:

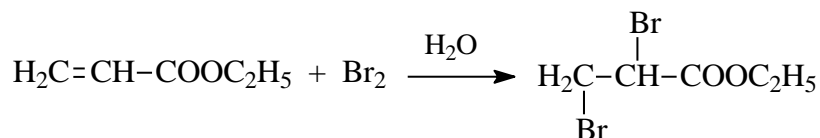


Для расчёта массовой доли изомера метилметакрилата примем, что метилметакрилата в смеси было x моль, а его изомера – y моль. Тогда смесь изомеров до гидролиза присоединяет $(x + y)$ моль брома, а с продуктами гидролиза может прореагировать $(x + 2y)$ моль брома. По условию,

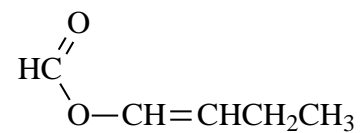
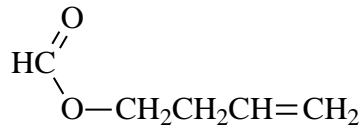
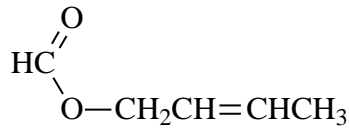
$$(x + 2y) / (x + y) = 1.25,$$

откуда получается $x = 3y$. Поскольку соединения, находящиеся в смеси, являются изомерами, массовая доля изомера метилметакрилата будет равна его мольной доле или 25%.

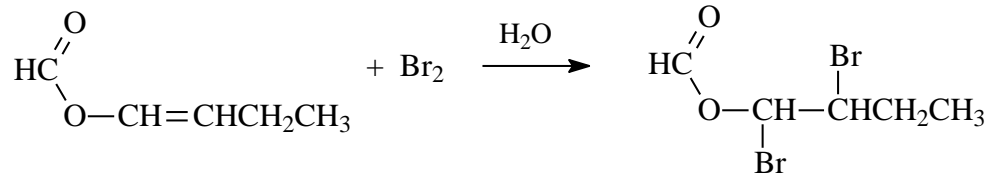
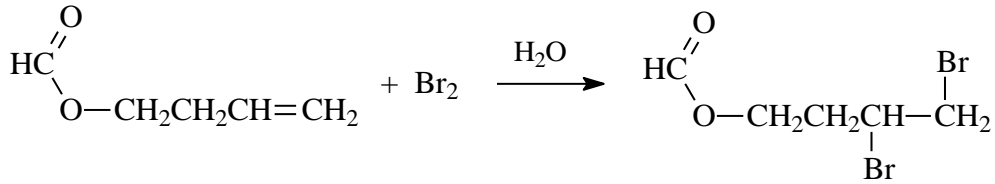
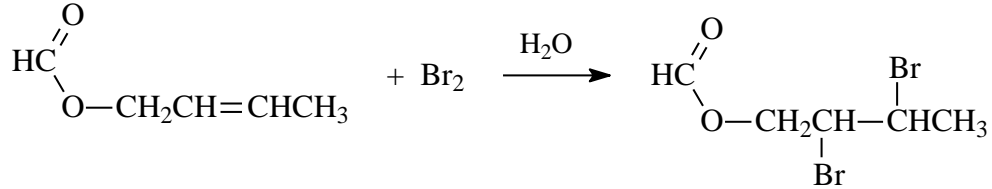
8.2. Поскольку этилакрилат содержит двойную связь, он реагирует с бромной водой:



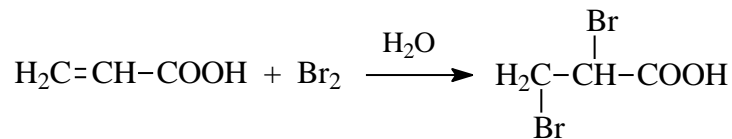
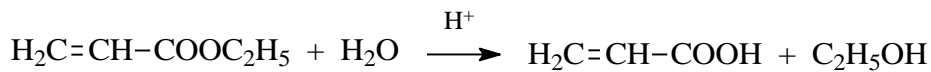
Изомером этилакрилата ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$) может быть как непредельная кислота, так и сложный эфир непредельной кислоты или непредельного спирта. Поскольку количество брома, вступающего в реакцию с продуктами гидролиза смеси, больше, чем с исходными компонентами, можно предположить, что каждый из продуктов гидролиза изомера этилакрилата вступает в реакцию с бромной водой. Такими изомерами могут быть, например, эфиры муравьиной кислоты:



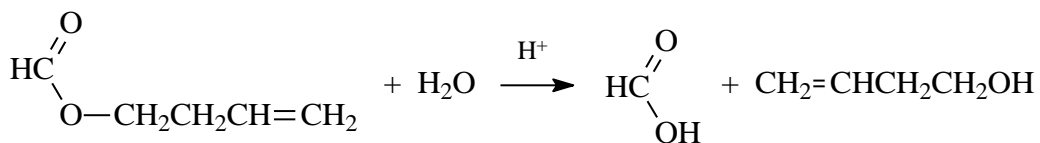
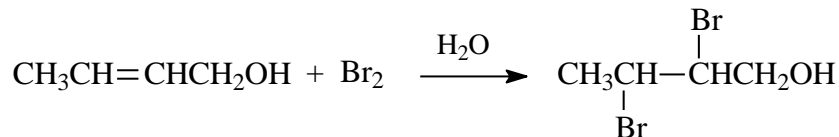
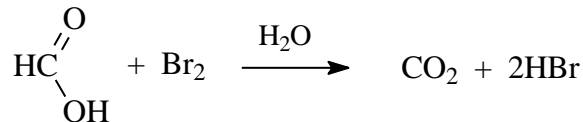
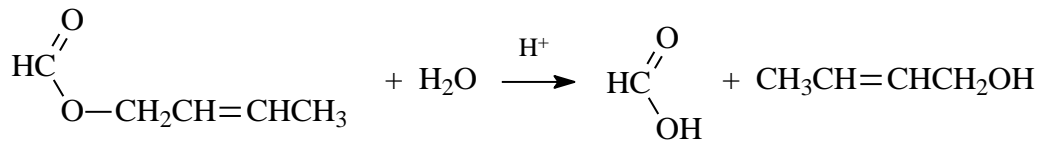
Каждый из них реагирует с бромной водой, присоединяя одну молекулу брома:

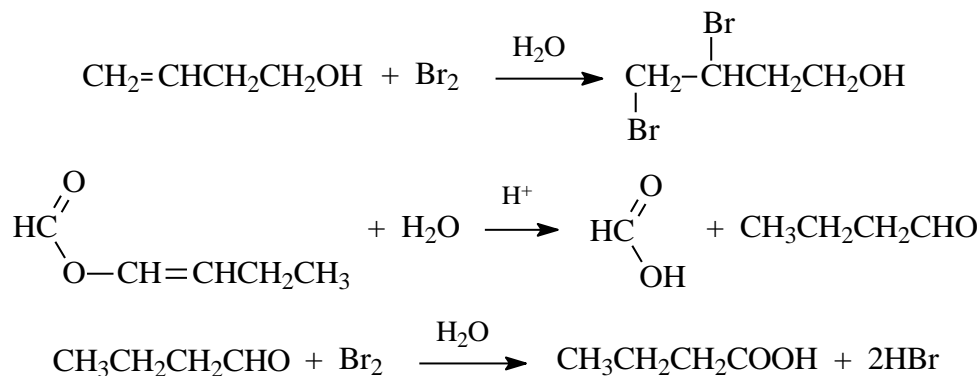


Один из продуктов гидролиза этилакрилата – пропенвая (акриловая) кислота – вступает в реакцию присоединения с бромной водой:

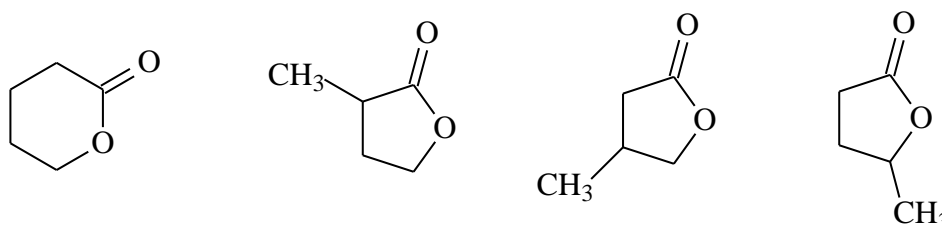


Уравнения гидролиза и взаимодействия с бромом для изомеров этилакрилата:





Изомером этилакрилата, добавление которого в смесь не вызовет изменения количества брома до и после реакции гидролиза, является одно из следующих соединений:

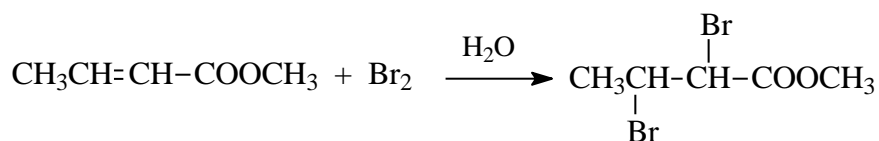


Для расчёта массовой доли изомера этилакрилата примем, что этилакрилата в смеси было x моль, а его изомера – y моль. Тогда смесь изомеров до гидролиза присоединяет $(x + y)$ моль брома, а с продуктами гидролиза может прореагировать $(x + 2y)$ моль брома. По условию,

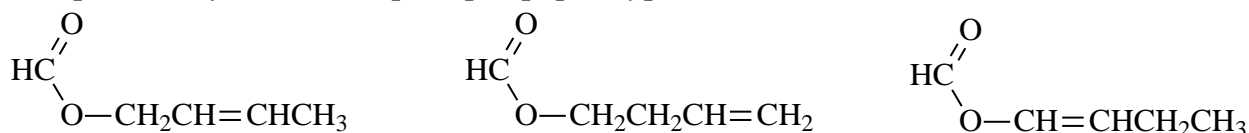
$$(x + 2y) / (x + y) = 1.75,$$

откуда получается $3x = y$. Поскольку соединения, находящиеся в смеси, являются изомерами, массовая доля изомера этилакрилата будет равна его мольной доле или 75%.

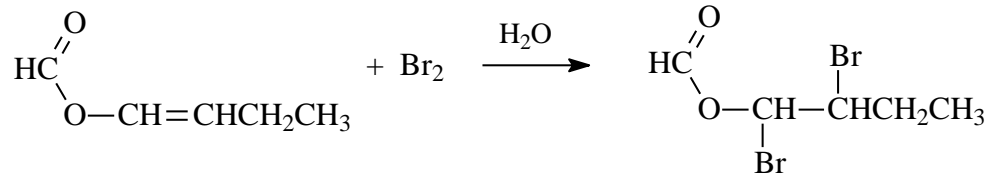
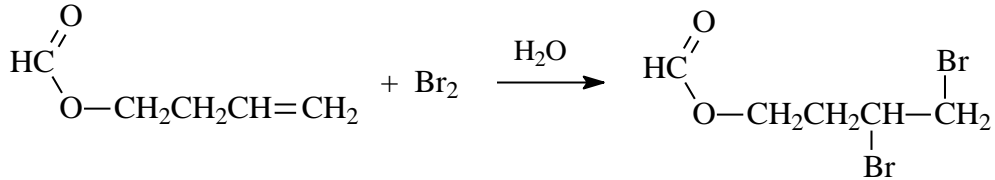
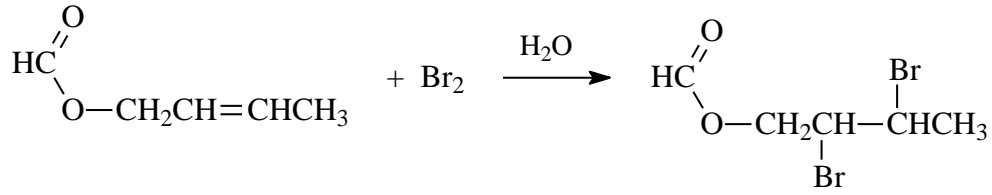
8.3. Поскольку метилкротонат содержит двойную связь, он реагирует с бромной водой:



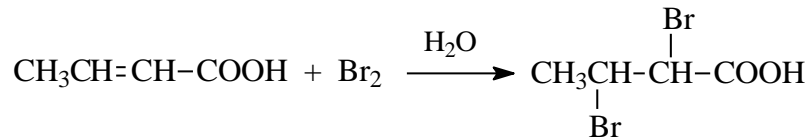
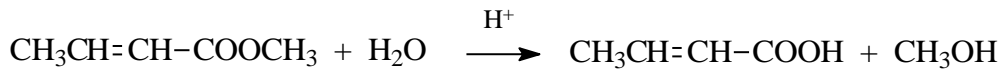
Изомером метилкротоната ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$) может быть как непредельная кислота, так и сложный эфир непредельной кислоты или непредельного спирта. Поскольку количество брома, вступающего в реакцию с продуктами гидролиза смеси, выше, чем с исходными компонентами, можно предположить, что каждый из продуктов гидролиза изомера метилкротоната вступает в реакцию с бромной водой. Такими изомерами могут быть, например, эфиры муравьиной кислоты:



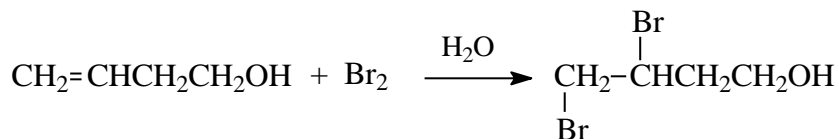
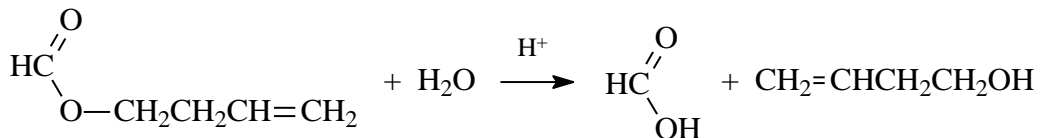
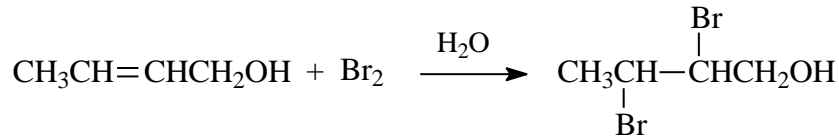
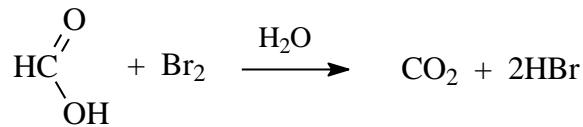
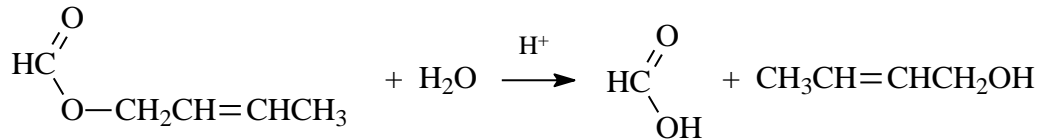
Каждый из них реагирует с бромной водой, присоединяя одну молекулу брома:

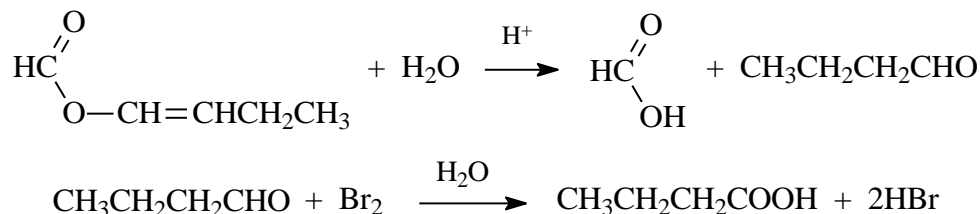


Один из продуктов гидролиза метилкротоната – бутен-2-овая (кротоновая) кислота – вступает в реакцию присоединения с бромной водой:

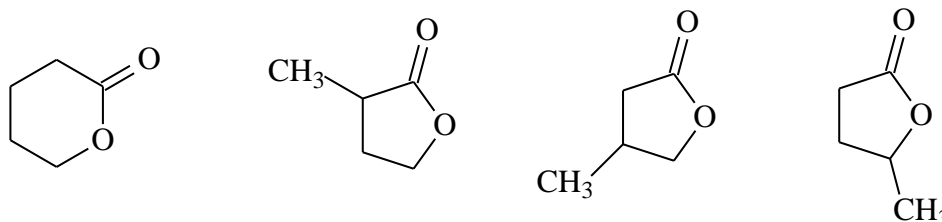


Уравнения гидролиза и взаимодействия с бромом для изомеров метилкротоната:





Изомером метилкротоната, добавление которого в смесь не вызовет изменения количества брома до и после реакции гидролиза, является одно из следующих соединений:

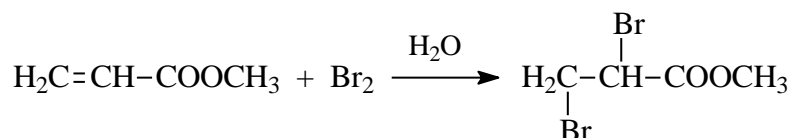


Для расчёта массовой доли изомера метилкротоната примем, что метилкротоната в смеси было x моль, а его изомера – y моль. Тогда смесь изомеров до гидролиза присоединяет $(x + y)$ моль брома, а с продуктами гидролиза может прореагировать $(x + 2y)$ моль брома. По условию,

$$(x + 2y) / (x + y) = 1.6,$$

откуда получается $1.5x = y$. Поскольку соединения, находящиеся в смеси, представляют собой изомеры, массовая доля изомера метилкротоната будет равна мольной доле или 60%.

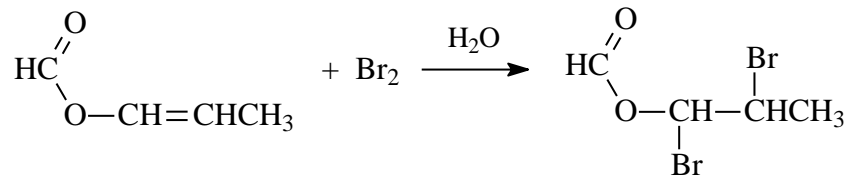
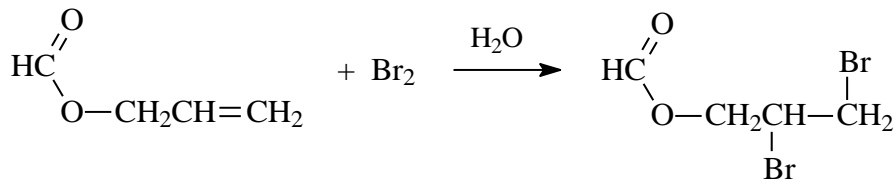
8.4. Поскольку метилакрилат содержит двойную связь, он реагирует с бромной водой:



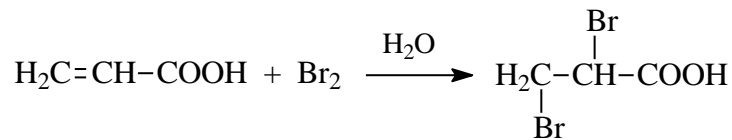
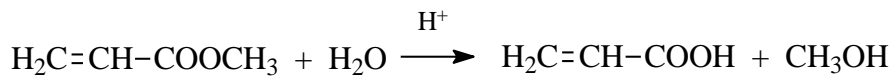
Изомером метилакрилата ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2$) может быть как непредельная кислота, так и сложный эфир непредельной кислоты или непредельного спирта. Поскольку количество брома, вступающего в реакцию с продуктами гидролиза смеси, больше, чем с исходными компонентами, можно предположить, что каждый из продуктов гидролиза изомера метилметакрилата вступает в реакцию с бромной водой. Такими изомерами могут быть, например, эфиры муравьиной кислоты:



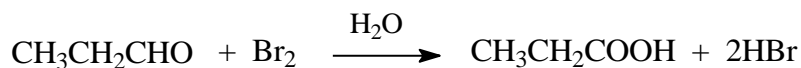
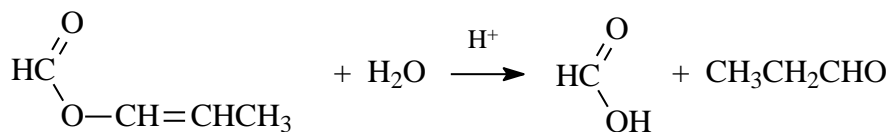
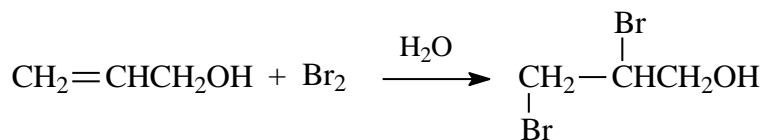
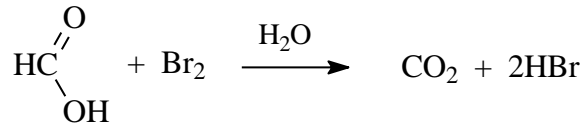
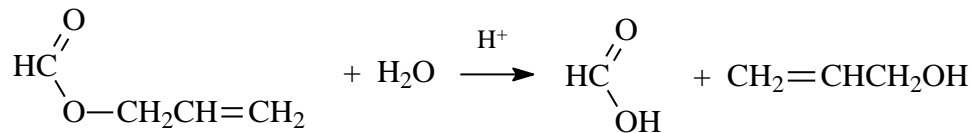
Каждый из них реагирует с бромной водой, присоединяя одну молекулу брома:



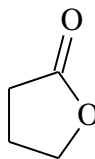
Один из продуктов гидролиза метилакрилата – пропеновая (акриловая) кислота – вступает в реакцию присоединения с бромной водой:



Уравнения гидролиза и взаимодействия с бромом для изомеров метилакрилата:



Изомером метилакрилата, добавление которого в смесь не вызовет изменения количества брома до и после реакции гидролиза, является следующий циклический сложный эфир (лактон), который не вступает во взаимодействие с бромной водой:



Для расчёта массовой доли изомера метилакрилата примем, что метилметакрилата в смеси было x моль, а его изомера – y моль. Тогда смесь изомеров

до гидролиза присоединяет $(x + y)$ моль брома, а с продуктами гидролиза может прореагировать $(x + 2y)$ моль брома. По условию,

$$(x + 2y) / (x + y) = 1.4,$$

откуда получается $x = 1.5y$. Поскольку соединения, находящиеся в смеси, представляют собой изомеры, массовая доля изомера метилакрилата будет равна его мольной доле или 40%.

Задания отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 5 – 9 классы

Задание 1

1.1. Напишите уравнение реакции между двумя электролитами, в результате которой количество ионов в растворе уменьшается в 2.5 раза. Ответ подтвердите расчетом с помощью полного ионного уравнения.

1.2. Напишите уравнение реакции между двумя электролитами, в результате которой количество ионов в растворе уменьшается в 1.5 раза. Ответ подтвердите расчетом с помощью полного ионного уравнения.

1.3. Напишите уравнение реакции между двумя электролитами, в результате которой в растворе не остается ионов. Ответ подтвердите полным ионным уравнением.

1.4. Напишите уравнение реакции между сильным и слабым электролитом, в результате которой количество ионов в растворе увеличивается на треть. Ответ подтвердите расчетом с помощью полного ионного уравнения.

Задание 2

2.1. Газообразное при обычных условиях вещество **X** образуется при взаимодействии двух веществ – простого (газ тяжелее воздуха) и сложного (газ легче воздуха). Газ **X** легко гидролизуется, превращаясь в два газа, каждый из которых дает осадок при пропускании через известковую воду. Определите вещество **X** и напишите уравнения всех реакций. Какую геометрическую форму имеет молекула **X**?

2.2. Газообразное при обычных условиях вещество **X** в 3.52 раза тяжелее воздуха. Оно образуется при взаимодействии двух веществ – простого и сложного. Газ **X** медленно гидролизуется, превращаясь в кислоты, одна из которых сильная, а другая – слабая. Определите вещество **X** и напишите уравнения всех реакций. Какую геометрическую форму имеет молекула **X**?

2.3. Газ **X** состоит из трех элементов, он примерно в 3 раза тяжелее воздуха. **X** легко гидролизуется, превращаясь в два газа, каждый из которых дает осадок при пропускании через известковую воду. Определите вещество **X** и напишите уравнения всех реакций. Какую геометрическую форму имеет молекула **X**?

2.4. Газообразное при обычных условиях вещество **X** в 3.59 раза тяжелее воздуха. **X** легко гидролизуется, превращаясь в две слабые кислоты, каждая из которых дает осадок с известковой водой. Определите вещество **X** и напишите уравнения всех реакций. Какую геометрическую форму имеет молекула **X**?

Задание 3

3.1. Один из галогенидов лития имеет кристаллическую структуру типа NaCl. Элементарная ячейка представляет собой куб стороной 0.550 нм, на одну ячейку приходится 4 формульные единицы. Плотность кристаллов равна 3.464 г/см³. Установите формулу галогенида и подтвердите расчетом.

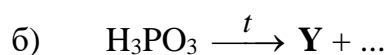
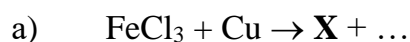
3.2. Один из галогенидов калия имеет кристаллическую структуру типа NaCl. Элементарная ячейка представляет собой куб стороной 0.536 нм, на одну ячейку приходится 4 формульные единицы. Плотность кристаллов равна 2.49 г/см³. Установите формулу галогенида и подтвердите расчетом.

3.3. Один из галогенидов рубидия имеет кристаллическую структуру типа NaCl. Элементарная ячейка представляет собой куб стороной 0.690 нм, на одну ячейку приходится 4 формульные единицы. Плотность кристаллов равна 3.35 г/см³. Установите формулу галогенида и подтвердите расчетом.

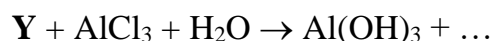
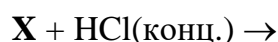
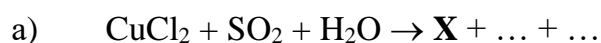
3.4. Один из галогенидов цезия имеет кристаллическую структуру типа NaCl. Элементарная ячейка представляет собой куб стороной 0.602 нм, на одну ячейку приходится 4 формульные единицы. Плотность кристаллов равна 4.64 г/см³. Установите формулу галогенида и подтвердите расчетом.

Задание 4

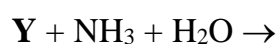
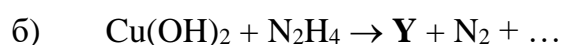
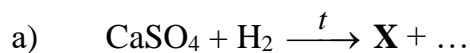
4.1. Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:



4.2. Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:



4.3. Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

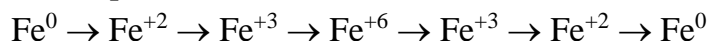


4.4. Определите неизвестные вещества и напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

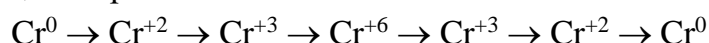
- а) $\text{HCOOH} \xrightarrow{t, \text{H}_2\text{SO}_4} \text{X} + \dots$
 $\text{X} + \text{I}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
- б) $\text{FeCl}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow \text{Y} + \dots + \dots$
 $\text{Y} + \text{HCl} \rightarrow$

Задание 5

5.1. Предложите уравнения реакций, в которых степень окисления железа изменяется следующим образом:



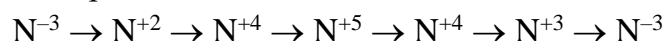
5.2. Предложите уравнения реакций, в которых степень окисления хрома изменяется следующим образом:



5.3. Предложите уравнения реакций, в которых степень окисления марганца изменяется следующим образом:



5.4. Предложите уравнения реакций, в которых степень окисления азота изменяется следующим образом:



Задание 6

6.1. Фосфатный буфер представляет собой раствор, содержащий смесь двух кислых солей фосфорной кислоты. Кислотность буфера зависит от соотношения солей. Чтобы получить фосфатный буфер с $\text{pH} = 6.8$, число молей дигидрофосфата в растворе должно быть в 2.5 раза больше, чем гидрофосфата. Сколько миллилитров 3 М раствора КОН надо добавить к раствору, содержащему 0.7 моль H_3PO_4 , чтобы получить необходимый буферный раствор? Ответ подтвердите уравнениями реакций и расчетом.

6.2. Фосфатный буфер представляет собой раствор, содержащий смесь двух кислых солей фосфорной кислоты. Кислотность буфера зависит от соотношения солей. Чтобы получить фосфатный буфер с $\text{pH} = 7.6$, число молей гидрофосфата калия в растворе должно быть в 2.5 раза больше, чем дигидрофосфата. Сколько литров 2 М раствора КОН надо добавить к раствору, содержащему 1.4 моль H_3PO_4 , чтобы получить необходимый буферный раствор? Ответ подтвердите уравнениями реакций и расчетом.

6.3. Карбонатный буфер представляет собой раствор, содержащий смесь кислой и средней солей угольной кислоты. Кислотность буфера зависит от соотношения солей. Чтобы получить карбонатный буфер с $\text{pH} = 10.8$, число молей карбоната в растворе должно быть в 3 раза больше, чем гидрокарбоната. Сколько литров углекислого газа (н.у.) надо пропустить через раствор, содержащий 0.7 моль КОН, чтобы получить необходимый буферный раствор? Ответ подтвердите уравнениями реакций и расчетом.

6.4. Карбонатный буфер представляет собой раствор, содержащий смесь кислой и средней солей угольной кислоты. Кислотность буфера зависит от соотношения солей. Чтобы получить карбонатный буфер с $\text{pH} = 9.8$, число молей гидрокарбоната в растворе должно быть в 3.4 раза больше, чем карбоната. Сколько литров углекислого газа (н.у.) надо пропустить через раствор, содержащий 1.08 моль КОН, чтобы получить необходимый буферный раствор? Ответ подтвердите уравнениями реакций и расчетом.

Задание 7

7.1. Фосфор образует несколько соединений с водородом, из которых устойчивы два – фосфин PH_3 и дифосфин P_2H_4 . Теплоты образования этих веществ в газовой фазе равны -5.5 и -20.9 кДж/моль, соответственно. Рассчитайте энергию связи $\text{P}-\text{P}$, если энергии связи $\text{P}-\text{H}$ и $\text{H}-\text{H}$ равны 322 и 436 кДж/моль, соответственно. Считайте, что энергия связи $\text{P}-\text{H}$ в фосфине и дифосфине – одна и та же.

7.2. Фосфор образует несколько соединений с водородом, из которых устойчивы два – фосфин PH_3 и дифосфин P_2H_4 . Теплоты образования этих веществ в газовой фазе равны -5.5 и -20.9 кДж/моль, соответственно. Рассчитайте энергию связи $\text{P}-\text{H}$, если энергии связи $\text{P}-\text{P}$ и $\text{H}-\text{H}$ равны 201 и 436 кДж/моль, соответственно. Считайте, что энергия связи $\text{P}-\text{H}$ в фосфине и дифосфине – одна и та же.

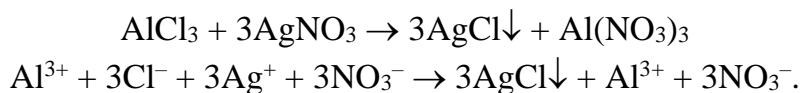
7.3. Фосфор образует несколько соединений с хлором, в которых он трехвалентен. Теплоты образования газообразных PCl_3 и P_2Cl_4 равны 279.5 и 344 кДж/моль, соответственно. Рассчитайте энергию связи $\text{P}-\text{P}$, если энергии связи $\text{P}-\text{Cl}$ и $\text{Cl}-\text{Cl}$ равны 326 и 242 кДж/моль, соответственно. Считайте, что энергия связи $\text{P}-\text{Cl}$ в обоих соединениях – одна и та же.

7.4. Фосфор образует несколько соединений с хлором, в которых он трехвалентен. Теплоты образования газообразных PCl_3 и P_2Cl_4 равны 279.5 и 344 кДж/моль, соответственно. Рассчитайте энергию связи $\text{P}-\text{Cl}$, если энергии связи $\text{P}-\text{P}$ и $\text{Cl}-\text{Cl}$ равны 198 и 242 кДж/моль, соответственно. Считайте, что энергия связи $\text{P}-\text{Cl}$ в обоих соединениях – одна и та же.

Решения заданий отборочного тура олимпиады «Ломоносов» по химии 5 – 9 классы

Задание 1 (6 баллов)

1.1. Реакция

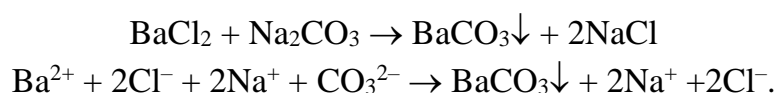


При стехиометрическом соотношении солей из десяти ионов остается четыре:

$$10 / 4 = 2.5.$$

Возможны и другие уравнения.

1.2. Реакция

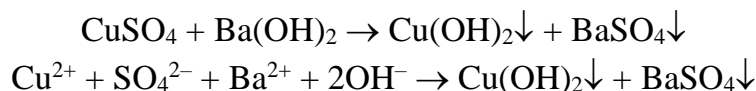


При стехиометрическом соотношении солей из шести ионов остается четыре:

$$6 / 4 = 1.5.$$

Возможны и другие уравнения.

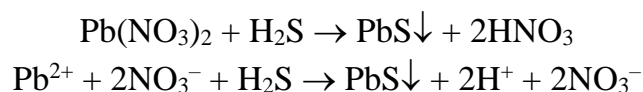
1.3. Реакция



При стехиометрическом соотношении солей ионов в растворе практически не останется.

Возможны и другие уравнения.

1.4. Реакция



При стехиометрическом соотношении соли и кислоты вместо трех ионов образуется четыре:

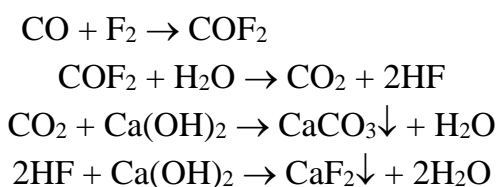
$$4 / 3 = 1\frac{1}{3}.$$

Возможны и другие уравнения.

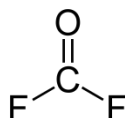
Задание 2 (12 баллов)

2.1. Ключ к решению – газы, дающие осадок с известковой водой. Таких газов – продуктов гидролиза может быть всего три: CO_2 , SO_2 , HF . Вещество **X** – это COF_2 .

Уравнения реакций:



Структурная формула COF₂



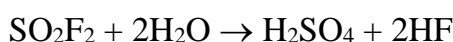
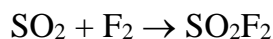
Гибридизация атома углерода sp^2 , молекула – плоская, равнобедренный треугольник.

Ответ: COF₂.

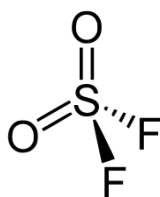
2.2. Ключ к решению – молярная масса и гидролиз с образованием кислот.

$$M(\mathbf{X}) = 3.52 \cdot 29 = 102 \text{ г/моль.}$$

Вещество \mathbf{X} – SO₂F₂. Уравнения реакций:



Структурная формула SO₂F₂



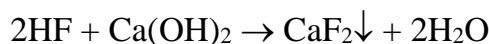
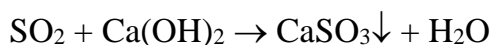
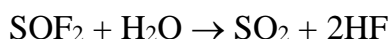
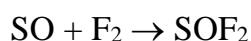
Молекула SO₂F₂ имеет форму неправильного тетраэдра с атомом серы в центре.

Ответ: SO₂F₂.

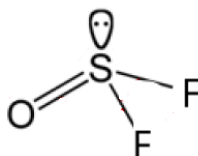
2.3. Ключ к решению – молярная масса и газы, дающие осадок с известковой водой (выбор между CO₂, SO₂, HF).

$$M(\mathbf{X}) \approx 3 \cdot 29 = 87 \text{ г/моль.}$$

Вещество \mathbf{X} – SOF₂ ($M = 86$ г/моль). Уравнения реакций:



Структурная формула SOF₂:



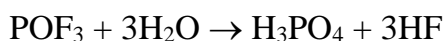
Атом серы имеет неподеленную пару электронов и связи с тремя атомами. Молекула SOF₂ – неправильный тетраэдр.

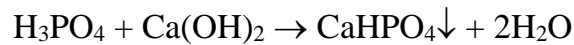
Ответ: SOF₂.

2.4. Ключ к решению – молярная масса и гидролиз с образованием кислот.

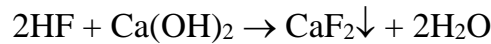
$$M(\mathbf{X}) = 3.59 \cdot 29 = 104 \text{ г/моль.}$$

Вещество \mathbf{X} – POF₃. Уравнения реакций:

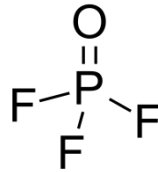




(принималось и уравнение с образованием $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$),



Структурная формула POF_3



Молекула POF_3 имеет форму неправильного тетраэдра с атомом фосфора в центре.

Ответ: POF_3 .

Задание 3 (12 баллов)

3.1. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.55 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 1.66 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 1.66 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 25.0 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 25.0 \cdot 3.464 = 86.7 \text{ г/моль} \approx 87 \text{ г/моль} - \text{это LiBr}.$$

Ответ: LiBr.

3.2. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.536 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 1.54 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 1.54 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 23.2 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 23.2 \cdot 2.49 = 57.7 \text{ г/моль} \approx 58 \text{ г/моль} - \text{это KF}.$$

Ответ: KF.

3.3. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.690 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 3.285 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 3.285 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 49.4 \text{ см}^3.$$

Тогда молярная масса равна

$$M = 49.4 \cdot 3.35 = 165.6 \text{ г/моль} - \text{это RbBr}.$$

Ответ: RbBr.

3.4. Найдем объем элементарной ячейки:

$$V_{\text{яч}} = (0.602 \cdot 10^{-7} \text{ см})^3 = 2.18 \cdot 10^{-22} \text{ см}^3.$$

Молярный объем галогенида:

$$V_m = 2.18 \cdot 10^{-22} \cdot 6.02 \cdot 10^{23} / 4 = 32.8 \text{ см}^3.$$

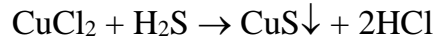
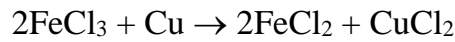
Тогда молярная масса равна

$$M = 32.8 \cdot 4.64 = 152.3 \text{ г/моль} - \text{это CsF}.$$

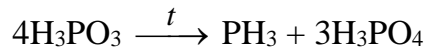
Ответ: CsF.

Задача 4 (14 баллов)

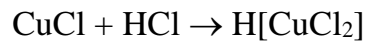
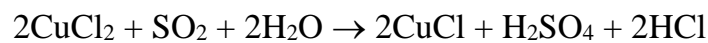
4.1. а) X – CuCl₂:



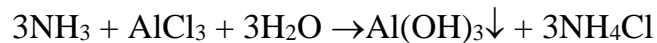
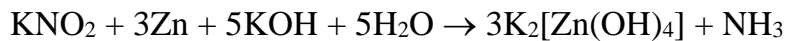
б) Y – H₃PO₄:



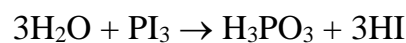
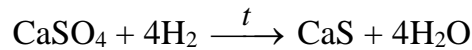
4.2. а) X – CuCl:



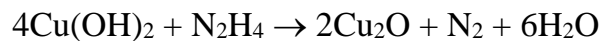
б) Y – NH₃:



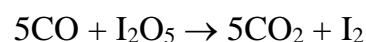
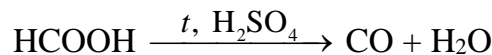
4.3. а) X – H₂O:



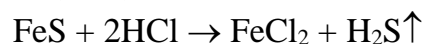
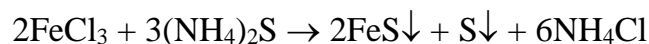
б) Y – Cu₂O:



4.4. а) X – CO:

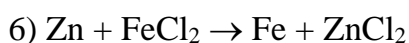
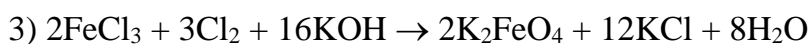
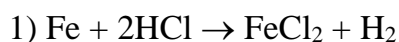


б) Y – FeS:

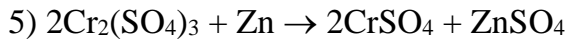
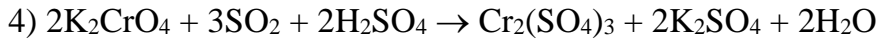
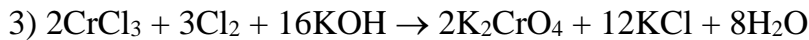
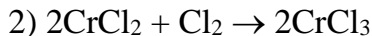
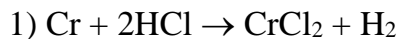


Задание 5 (18 баллов)

5.1. Fe → FeCl₂ → FeCl₃ → K₂FeO₄ → FeCl₃ → FeCl₂ → Fe



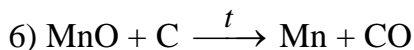
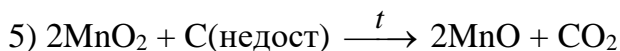
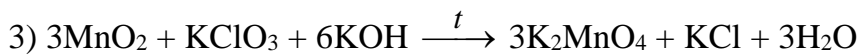
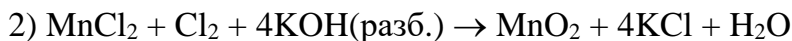
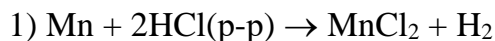
Возможны и другие решения.



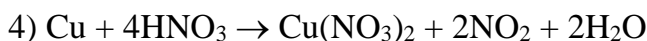
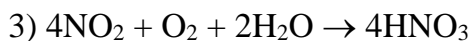
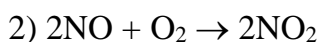
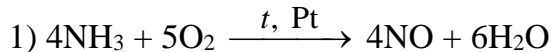
↯



Возможны и другие решения.



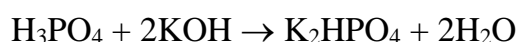
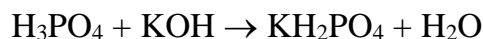
Возможны и другие решения.



Возможны и другие решения.

Задание 6 (18 баллов)

6.1. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль H_3PO_4 , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества H_3PO_4 , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 0.7, \\ \frac{x}{y} = 2.5. \end{cases}$$

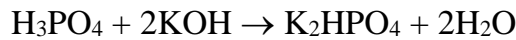
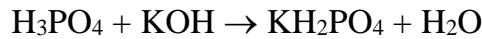
Решение системы $x = 0.5$, $y = 0.2$ (моль).

$$v(\text{KOH}) = x + 2y = 0.9 \text{ моль,}$$

$$V(\text{раствора KOH}) = v / c = 0.9 / 3 = 0.3 \text{ л} = 300 \text{ мл.}$$

Ответ: 300 мл.

6.2. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль H_3PO_4 , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества H_3PO_4 , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 1.4, \\ \frac{y}{x} = 2.5. \end{cases}$$

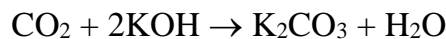
Решение системы $x = 0.4$, $y = 1.0$ (моль).

$$v(\text{KOH}) = x + 2y = 2.4 \text{ моль,}$$

$$V(\text{раствора KOH}) = v / c = 2.4 / 2 = 1.2 \text{ л.}$$

Ответ: 1.2 л.

6.3. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль KOH , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества KOH , второе – соотношение количеств солей):

$$\begin{cases} x + y = 0.7, \\ \frac{0.5y}{x} = 3.0. \end{cases}$$

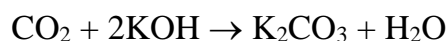
Решение системы $x = 0.1$, $y = 0.6$ (моль).

$$v(\text{CO}_2) = x + 0.5y = 0.4 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0.4 \cdot 22.4 = 8.96 \text{ л.}$$

Ответ: 8.96 л.

6.4. Уравнения реакций:



Пусть в первую реакцию вступит x моль KOH , а во вторую – y моль, тогда для x и y получаем систему уравнений (одно – количество вещества KOH , второе – соотношение количеств солей):

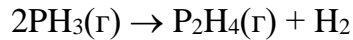
$$\begin{cases} x + y = 1.08, \\ \frac{x}{0.5y} = 3.4. \end{cases}$$

Решение системы $x = 0.68$, $y = 0.4$ (моль).

$$v(\text{CO}_2) = x + 0.5y = 0.88 \text{ моль,}$$

$$V(\text{CO}_2) = 0.88 \cdot 22.4 = 19.7 \text{ л.}$$

Ответ: 19.7 л.

Задание 7 (20 баллов)**7.1. Рассмотрим реакцию**

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{H}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PH}_3) = -20.9 - 2 \cdot (-5.5) = -9.9 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

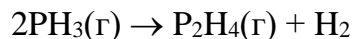
$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{H-H}) - 2E(\text{P-H})$$

(все связи в PH_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-9.9 = E(\text{P-P}) + 436 - 2 \cdot 322,$$

отсюда $E(\text{P-P}) = 198.1 \text{ кДж/моль}$.

Ответ: 198.1 кДж/моль.

7.2. Рассмотрим реакцию

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{H}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PH}_3) = -20.9 - 2 \cdot (-5.5) = -9.9 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

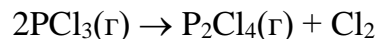
$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{H-H}) - 2E(\text{P-H})$$

(все связи в PH_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-9.9 = E(\text{P-P}) + 436 - 2 \cdot 322,$$

отсюда $E(\text{P-H}) = 323.5 \text{ кДж/моль}$.

Ответ: 323.5 кДж/моль.

7.3. Рассмотрим реакцию

и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{Cl}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PCl}_3) = 344 - 2 \cdot 279.5 = -215 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{Cl-Cl}) - 2E(\text{P-Cl})$$

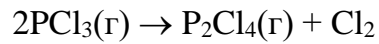
(все связи в PCl_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-215 = E(\text{P-P}) + 242 - 2 \cdot 326,$$

$$E(\text{P-P}) = 195 \text{ кДж/моль}.$$

Ответ: 195 кДж/моль.

7.4. Рассмотрим реакцию



и рассчитаем ее тепловой эффект двумя способами – через теплоты образования веществ:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{P}_2\text{Cl}_4) - 2Q_{\text{обр}}(\text{PCl}_3) = 344 - 2 \cdot 279.5 = -215 \text{ кДж/моль}$$

и через энергии связи:

$$Q = \Sigma E(\text{обр}) - \Sigma E(\text{разр}) = E(\text{P-P}) + E(\text{Cl-Cl}) - 2E(\text{P-Cl})$$

(все связи в PCl_3 разрывать не надо, достаточно одной связи в каждой из молекул).

$$-215 = 198 + 242 - 2E(\text{P-Cl})$$

$$E(\text{P-Cl}) = 327.5 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 327.5 кДж/моль.

Примечание. Одни и те же величины в разных вариантах задачи 7 имеют немного различающиеся значения. Это различие находится в пределах экспериментальной погрешности и сделано для того, чтобы сократить обмен информацией между участниками, решающими разные варианты.

**Задание заключительного тура олимпиады «Ломоносов» по химии
10-11 классы**

1. В городе Дубна Московской области находится Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ), в котором на ускорителе тяжелых ионов были синтезированы изотопы многих новых элементов Периодической системы. Так, бомбардировка ядер ^{244}Pu (мишени) ионами ^{48}Ca привела к образованию ядер изотопа элемента с номером 114 (флеровий, ^{288}Fl). Запишите уравнение этой ядерной реакции. Кратко поясните, почему мишень облучают ионами, а не нейтральными атомами.

2. Раствор хлорида стронция объемом 200 мл с концентрацией 0.005 моль/л смешали с раствором карбоната натрия такой же концентрации и объемом на 50 мл больше. Будет ли наблюдаться выпадение осадка, если произведение растворимости карбоната стронция при температуре опыта равно $1.1 \cdot 10^{-10}$? Ответ подтвердите расчетом.

3. К какому классу относится кислородсодержащее органическое соединение, которое содержит в молекуле 42 электрона и является третьим членом гомологического ряда? Ответ поясните. Приведите общую формулу гомологического ряда. Запишите структурные формулы всех изомеров данного соединения (без учета оптической изомерии).

4. В закрытом реакторе при 20°C и высоком давлении смешали 0.125 моль хлора и 0.675 моль фтора. Реактор нагрели до 313°C , при этом с выходом 80% образовалось единственное газообразное соединение состава ClF_x , а давление в реакторе по окончании реакции оказалось равным исходному давлению смеси реагентов. Определите состав и количество (в моль) продукта реакции. Какой объем 2 М раствора гидроксида калия потребуется для полного поглощения полученного межгалогенного соединения?

5. Нагревание нитрила **A** с водным раствором гидроксида калия привело к образованию соединения **B**, электролиз водного раствора которого дал углеводород **C**. При бромировании 3.75 г **C** с выходом 64% образовалось единственное монобромпроизводное **D**, выделившийся при этом газ был поглощен 800 мл воды, и образовался раствор **E** с $\text{pH} = 1$ (растворение газа не вызвало изменения объема жидкости). Установите строение неизвестных веществ, напишите уравнения протекающих реакций, укажите условия реакции бромирования. Предложите способ получения 2-хлорбутана из соединения **B**.

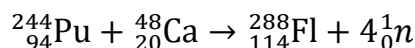
Какой объем 0.5 М раствора KOH необходимо добавить к раствору **E**, чтобы значение pH составило 13?

6. Минерал **A**, относящийся к семейству шпинелей (общая формула $\text{X}^{+2}\text{Y}_2^{+3}\text{O}_4$) и, кроме кислорода, содержащий элемент **Z** (54.17% по массе) и магний, подвергли сплавлению с твердым гидроксидом калия в присутствии хлората калия. Охладив

полученный расплав, к нему добавили воды. Получили желтый из-за присутствия вещества **В** раствор, добавление к которому раствора нитрата бария привело к выпадению осадка **С**. Осадок отфильтровали, обработали раствором серной кислоты, образовался оранжевый раствор вещества **Д** и остался белый осадок. К раствору **Д** добавили щавелевую кислоту и оксалат калия. При охлаждении из раствора выделилось вещество **Е** в виде темно-зеленых, почти черных кристаллов комплексной соли (кристаллизуется с тремя молекулами воды). Установите состав **Е**, если известно, что элемент **Z** в этом соединении имеет степень окисления +3, а массовая доля его составляет 10.68%. Расшифруйте неизвестные вещества, напишите уравнения всех реакций.

**Решение задания заключительного тура олимпиады «Ломоносов»
по химии
10-11 классы**

Задание 1 (10 баллов)



Для получения сверхтяжелого ядра бомбардирующая частица должна иметь большую кинетическую энергию (скорость). До высоких скоростей разгоняют именно ионы, поскольку заряженные частицы реагируют на приложенное электрическое и магнитное поле, изменяя траекторию и скорость движения.

Задание 2 (10 баллов)

Рассчитаем количества ионов:

$$\begin{aligned} \nu(\text{Sr}^{2+}) &= 0.005 \cdot 0.2 = 0.001 \text{ моль,} \\ \nu(\text{CO}_3^{2-}) &= 0.005 \cdot 0.25 = 0.00125 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Концентрации этих ионов в конечном растворе (объемом 450 мл) составляют

$$\begin{aligned} c(\text{Sr}^{2+}) &= \frac{0.001}{0.45} = 0.0022 \text{ моль/л,} \\ c(\text{CO}_3^{2-}) &= \frac{0.00125}{0.45} = 0.0028 \text{ моль/л.} \end{aligned}$$

Рассчитаем произведение концентраций:

$$c(\text{Sr}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-}) = 6.2 \cdot 10^{-6} > 1.1 \cdot 10^{-10}$$

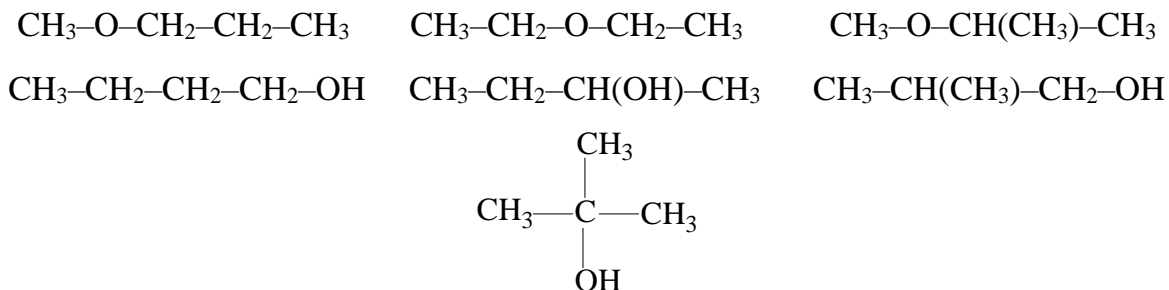
Поскольку произведение концентраций больше, чем ПР соли, осадок выпадет.

Ответ: осадок выпадет.

Задание 3 (15 баллов)

В любом гомологическом ряду ближайшие соседи различаются на гомологическую разность CH_2 , фрагмент, включающий $6 + 2 = 8$ электронов. Первый член данного гомологического ряда содержит $42 - 8 \cdot 2 = 26$ электронов. Молекула

содержит как минимум один атом кислорода (8 электронов). Подходит C_2H_6O , но это не этанол, а диметилвый эфир (поскольку должен быть первый член ряда). Итак, это гомологический ряд простых эфиров с общей формулой $C_nH_{2n+2}O$. Третий член ряда – простой эфир $C_4H_{10}O$. Формулы его семи структурных изомеров:

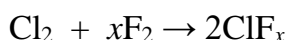


Ответ: простые эфиры $C_nH_{2n+2}O$; $C_4H_{10}O$, 7 изомеров.

Примечание: члены жюри внимательно рассматривали все варианты ответов участников олимпиады на вопросы задания и положительно оценивали разумные рассуждения и попытки построения гомологического ряда.

Задание 4 (15 баллов)

Уравнение реакции образования межгалогенного соединения:



Исходные количества, моль 0.125 0.675 0 всего 0.8 моль

Прореагировало $0.125 \cdot 0.8 = 0.1$ a

Осталось 0.025 $0.675 - a$ 0.2 всего $(0.9 - a)$ моль

Выход реакции рассчитывается по количеству хлора (фтор в исходной смеси находился в избытке, а соединения ClF_7 не существует):

$$v(ClF_x) = 0.125 \cdot 2 \cdot 0.8 = 0.2 \text{ моль.}$$

По условию, $p_1 = p_2$, тогда, из уравнения Менделеева-Клапейрона при постоянном V

$$v_1 T_1 = v_2 T_2,$$

$$0.8 \cdot 293 = (0.9 - a) \cdot 586,$$

$$a = 0.5 \text{ (моль),}$$

$$x = 0.5 / 0.1 = 5.$$

Итак, состав межгалогенного соединения – ClF_5 , его реакция со щелочью:



$$0.2 \quad 1.2$$

Определяем необходимый объем щелочи:

$$V(p\text{-ра } KOH) = v / c = 1.2 / 2 = 0.6 \text{ л.}$$

Ответ: 0.2 моль ClF_5 ; 0.6 л.

Задание 5 (25 баллов)

1) Реакция бромирования **C** с получением монобромпроизводного:



Газ, выделившийся при бромировании углеводорода **C**, это бромоводород, а раствор **E** – бромоводородная кислота. Бромоводородная кислота – сильная (сильный электролит), она полностью диссоциирует в водном растворе, поэтому

$$c(HBr) = [H^+],$$

$$[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1} = 0.1 \text{ моль/л},$$

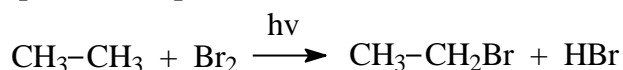
$$v(HBr) = 0.1 \cdot 0.8 = 0.08 \text{ моль}.$$

Поскольку реакция галогенирования прошла с выходом 80%, то

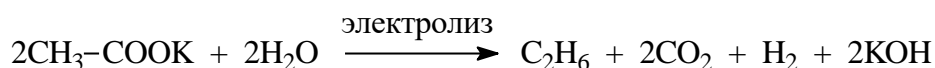
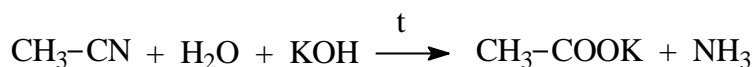
$$v(C_xH_y) = 0.08 / 0.64 = 0.125 \text{ моль},$$

$$M(C_xH_y) = 3.75 / 0.125 = 30 \text{ г/моль}.$$

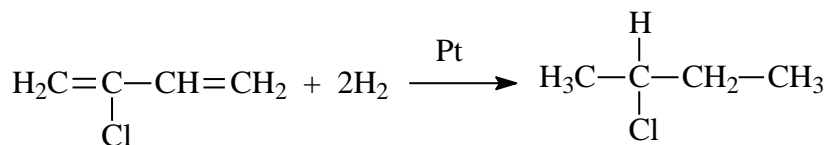
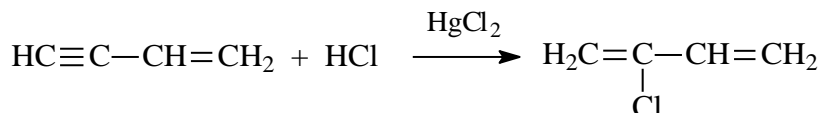
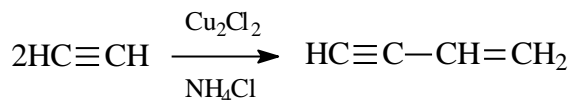
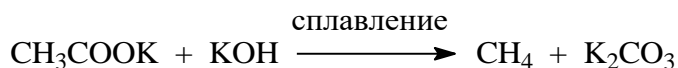
Углеводород с массой 30 г/моль — это этан C_2H_6 (**C**). Бромирование этана – радикальная реакция, протекает при освещении:



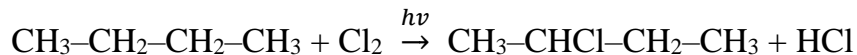
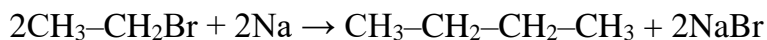
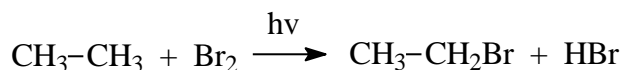
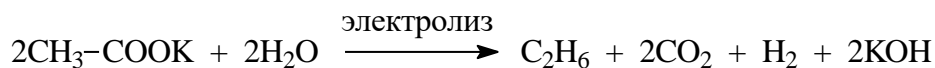
Этан образовался при электролизе ацетата калия **B**, который, в свою очередь, был получен при щелочном гидролизе нитрила **A**:



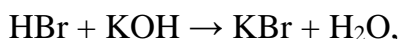
2) Вариант синтеза 2-хлорпропана из ацетата калия:



Другой вариант синтеза:



3) При добавлении раствора KOH к бромоводородной кислоте (соединение E) сначала происходит реакция нейтрализации:



$$v(\text{HBr}) = 0.08 \text{ моль},$$

затем добавление избыточного количества щёлочи создаёт щелочную среду. Пусть в сумме необходимо добавить x л раствора щелочи, тогда

$$v(\text{KOH}) = 0.5x \text{ моль}.$$

Концентрация гидроксид-ионов в конечном растворе составляет

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 10^{-14} / [\text{H}^+] = 10^{-1} \text{ (моль/л)}$$

$$10^{-1} = (0.5x - 0.08) / (0.8 + x),$$

$$x = 0.4 \text{ л} = 400 \text{ мл}.$$

Ответ: **A** – ацетонитрил, **B** – ацетат калия, **C** – этан, **D** – бромэтан, **E** – бромоводородная кислота; радикальное бромирование (на свету); 400 мл.

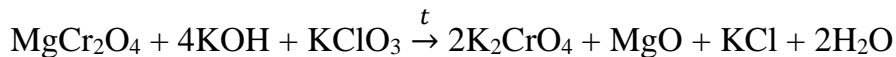
Задание 6 (25 баллов)

Магний – это элемент **X** в составе шпинели, так как в соединениях он проявляет степень окисления +2. Элемент **Z** – это **Y**, поэтому формула соединения **A** может быть представлена как MgZ_2O_4 .

$$\omega(\mathbf{Z}) = 2M(\mathbf{Z}) / (2M(\mathbf{Z}) + 24 + 64) = 0.5417,$$

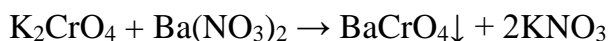
$$M(\mathbf{Z}) = 52 \text{ г/моль}.$$

Таким образом, **Z** – это Cr, соединение **A** – шпинель MgCr_2O_4 (природный минерал магнезиохромит).

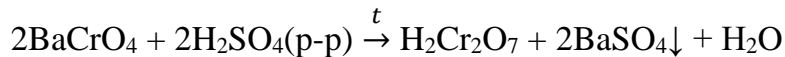


Вещество **B** – хромат калия K_2CrO_4 . После добавления воды к расплаву образуется желтый из-за присутствия в нем K_2CrO_4 раствор. Оксид магния с водой реагирует медленно, образуя плохо растворимый гидроксид, поэтому в раствор не переходит.

При добавлении раствора нитрата бария к полученному раствору происходит выпадение желтого осадка BaCrO_4 (вещество **C**):



Нагревание осадка хромата бария с раствором серной кислоты приводит к образованию оранжевого раствора дихромовой кислоты (вещество **D**) и белого осадка сульфата бария:



Взаимодействие полученного оранжевого раствора со щавелевой кислотой и оксалатом калия приводит к образованию серо-синего раствора комплексной соли, из которого при охлаждении выпадают почти черные кристаллы комплексной соли (тригидрата), состав которой можно представить следующим образом



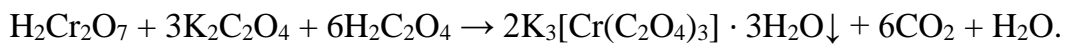
где x – число оксалат-ионов в комплексном анионе. По условию,

$$\omega(\text{Cr}) = 52 / (39(2x - 3) + 52 + 88x + 18 \cdot 3) = 0.1068,$$

$$x = 3.$$

Значит, **E** – это тригидрат триоксалатохромата(III) калия, $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Уравнение реакции его образования (при последующем охлаждении раствора):



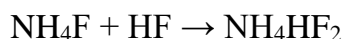
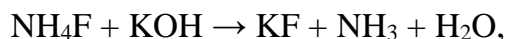
Ответ: **Z** – Cr, **A** – MgCr_2O_4 (минерал магнезиохромит), **B** – K_2CrO_4 , **C** – BaCrO_4 , **D** – $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, **E** – $\text{K}_3[\text{Cr}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

**Решение заданий заключительного тура олимпиады «Ломоносов»
по химии
5-9 классы**

1. Соединение **X** образуется из веществ молекулярного строения, поэтому, наиболее вероятно, не содержит металлов. В таблице растворимости есть только два катиона, состоящих из неметаллов – H^+ и NH_4^+ , но первый не образует веществ ионного строения. В катионе NH_4^+ – 10 электронов, столько же – в анионах N^{3-} , O^{2-} , F^- . Только последний дает соль с ионом аммония. Итак, **X** – это фторид аммония NH_4F . Эта соль образуется при взаимодействии NH_3 (газ, вещество **A**) с HF (жидкость при н. у., вещество **B**).

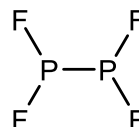
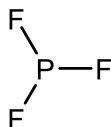
Числа электронов: NH_4^+ и F^- – по 10, NH_3 и HF – по 10.

Уравнения реакций:



Ответ: **X** – NH_4F , **A** – NH_3 , **B** – HF . (16 баллов)

2. Формулы низших фторидов фосфора – PF_3 и P_2F_4 , их структуры:



Более тяжелый газ – P_2F_4 , его молярная масса $M = 138$ г/моль.

$$\rho = \frac{M}{V_m} = \frac{PM}{RT},$$

$$T = \frac{PM}{R\rho} = \frac{101.3 \cdot 138}{8.314 \cdot 5.00} = 336 \text{ K} = 63^\circ\text{C}.$$

Ответ: PF_3 и P_2F_4 , 63°C . (12 баллов)

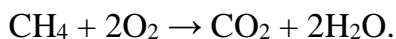
3. На 1 км поездки на электросамокате расходуется электроэнергии

$$0.51 \cdot 3600 / 45 = 40.8 \text{ кДж}.$$

Для производства этой энергии требуется теплоты

$$40.8 / 30\% \cdot 100\% = 136 \text{ кДж}.$$

Реакция горения метана:



При сжигании 1 моль CH_4 и образовании 1 моль CO_2 выделяется

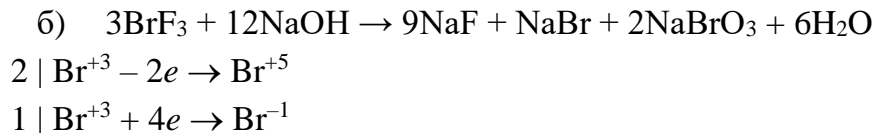
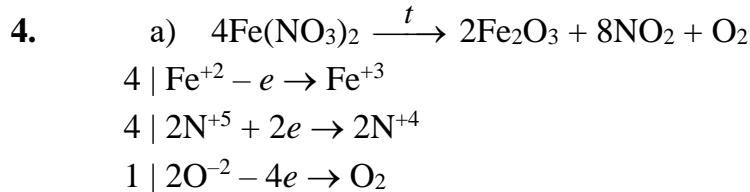
$$Q = 2 \cdot 286 + 394 - 75 = 891 \text{ кДж/моль } \text{CO}_2.$$

Значит, при производстве 136 кДж энергии образуется углекислого газа

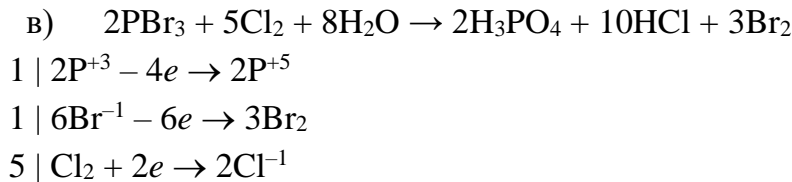
$$v(\text{CO}_2) = 136 / 891 = 0.153 \text{ моль},$$

$$m(\text{CO}_2) = 0.153 \cdot 44 = 6.7 \text{ г.}$$

Ответ: 6.7 г/км. (13 баллов)



(принимаются и другие разумные реакции диспропорционирования Br^{+3}).



(принимается и уравнение окисления PBr_3 в отсутствие воды). (18 баллов)

5. Атомы металла **М** (большие кружки на рисунке) находятся во всех вершинах куба и в серединах четырех граней из шести. Всего в одной элементарной ячейке атомов **М** содержится:

$$8 \cdot 1/8 + 4 \cdot 1/2 = 3.$$

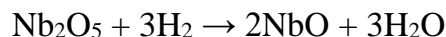
Атомы кислорода (маленькие кружки) находятся в серединах восьми ребер из двенадцати и один атом – в центре куба. Всего в одной элементарной ячейке атомов **О** содержится:

$$8 \cdot 1/4 + 1 = 3.$$

Таким образом, на одну ячейку приходится 3 формульные единицы оксида **МО**.

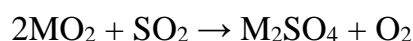
$$M(\text{МО}) = \rho V_m = \rho V_{\text{ячейки}} \frac{N_A}{3} = 7.29 \cdot (0.421 \cdot 10^{-7})^3 \cdot \frac{6.02 \cdot 10^{23}}{3} = 109 \text{ г/моль}$$

Это оксид ниобия NbO . Получение NbO из высшего оксида путем восстановления:



Ответ: NbO . (20 баллов)

6. Вещество **X** поглощает SO_2 и выделяет другой газ, скорее всего – кислород. Следовательно, оно принадлежит к классу пероксидов, надпероксидов или озонидов. Давление в ходе реакции не меняется, следовательно $\nu(\text{SO}_2) = \nu(\text{O}_2)$. Такому условию отвечают только надпероксиды, поскольку

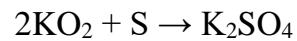
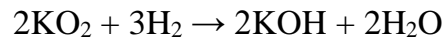


Металл М найдем из условия на увеличение массы:

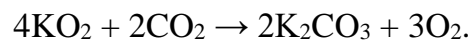
$$\frac{m(\text{M}_2\text{SO}_4)}{m(\text{MO}_2)} = \frac{2M(\text{M}) + 96}{2(M(\text{M}) + 32)} = 1.225,$$

$$M(\text{M}) = 39 \text{ г/моль} - \text{это калий К.}$$

Вещество X – надпероксид калия KO_2 . Уравнения реакций:



В результате реакции с CO_2 давление в сосуде увеличилось бы, так как $\nu(\text{O}_2) > \nu(\text{CO}_2)$:



Ответ: KO_2 . (21 балл)