

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.

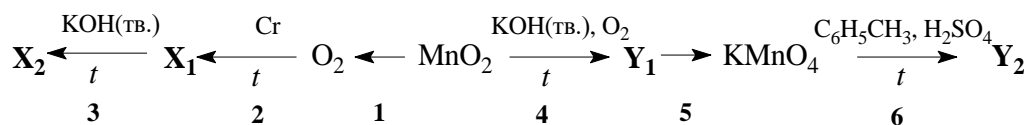
3.2. Запасы газовых гидратов, нестехиометрических твердых соединений, образованных углеводородами и водой при низких температурах, обнаруживаемые на океанском дне и в областях вечной мерзлоты, рассматриваются как перспективные природные ресурсы. Установите состав подобного соединения $Z \cdot xH_2O$, 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.

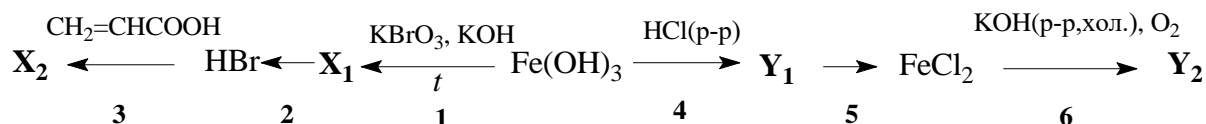
3.4. Многие газы, в том числе инертные, при пониженных температурах способны образовывать с водой клатраты – твердые нестехиометрические соединения включения, в которых газ удерживается в полостях кристаллической решетки льда. Установите состав $Z \cdot xH_2O$, если при разложении 1.63 г этого клатрата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

Задание 4

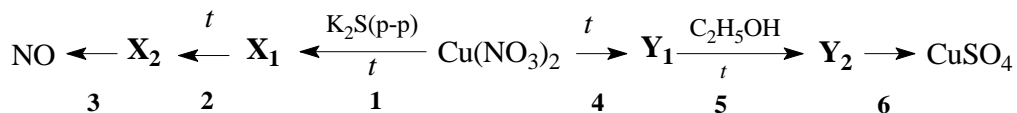
4.1. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат хром, вещества **Y** содержат марганец). Укажите условия проведения реакций **1** и **5**.



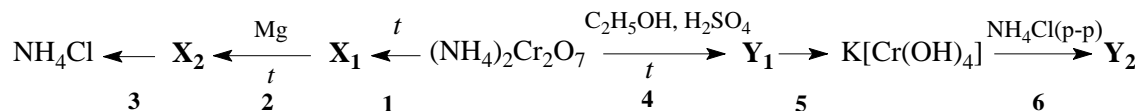
4.2. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат бром, вещества **Y** содержат железо). Укажите условия проведения реакций **2** и **5**.



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

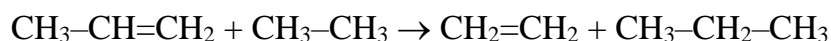


4.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих следующим превращениям (все вещества **X** содержат азот, вещества **Y** содержат хром). Укажите условия проведения реакций **3** и **5**.



Задание 5

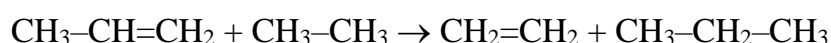
5.1. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции 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

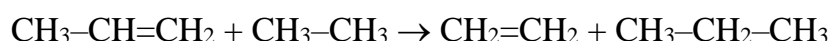
5.2. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции 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

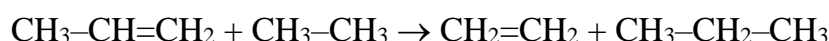
5.3. Значение теплоты образования некоторого соединения $Q_{\text{обр}}$ можно теоретически предсказать на основе закона Гесса. Один из способов – составить термонеutralную реакцию (реакцию с тепловым эффектом, близким к нулю) с его участием, при этом теплоты образования остальных участников реакции 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.