

ОЛИМПИАДНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА
ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ РЕГИОНАЛЬНОГО ЭТАПА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СОСТЯЗАНИЙ ШКОЛЬНИКОВ

2015–2016

Оглавление

Пояснительная записка	3
-----------------------------	---

Теоретический тур

Девятый класс	4
Задача 9-1	4
Задача 9-2	5
Задача 9-3	Ошибка! Закладка не определена.
Задача 9-4	6
Задача 9-5	7
Десятый класс	8
Задача 10-1	8
Задача 10-2	8
Задача 10-3	9
Задача 10-4	10
Задача 10-5	11
Одиннадцатый класс	13
Задача 11-1	13
Задача 11-2	13
Задача 11-3	154
Задача 11-4	145
Задача 11-5	17

Экспериментальный тур

Девятый класс	18
Десятый класс	19
Одиннадцатый класс	20

Пояснительная записка

Региональный этап Олимпиады по химии проводится в 2 тура. Для каждой из трёх возрастных параллелей: 9-го, 10-го и 11-го классов подготовлен отдельный комплект заданий теоретического и практического туров. В задание теоретического тура входит 5 задач из различных разделов химии для каждой возрастной параллели участников, причём в каждом комплекте заданий есть поощрительные и дифференцирующие задачи. Задание экспериментального тура построено как небольшое исследование. В нём содержится подробная инструкция для выполнения работы и описаны правила оформления полученных результатов.

Длительность каждого тура составляет 5 (пять) астрономических часов.

Распределение тематики задач по классам представлено в таблице:

Задача Класс	1	2	3	4	5
9	Неорганическая химия				Физическая химия
10	Неорганическая химия			Органическая химия	Физическая химия
11	Неорганическая химия		Органическая химия		Физическая химия

Теоретический тур

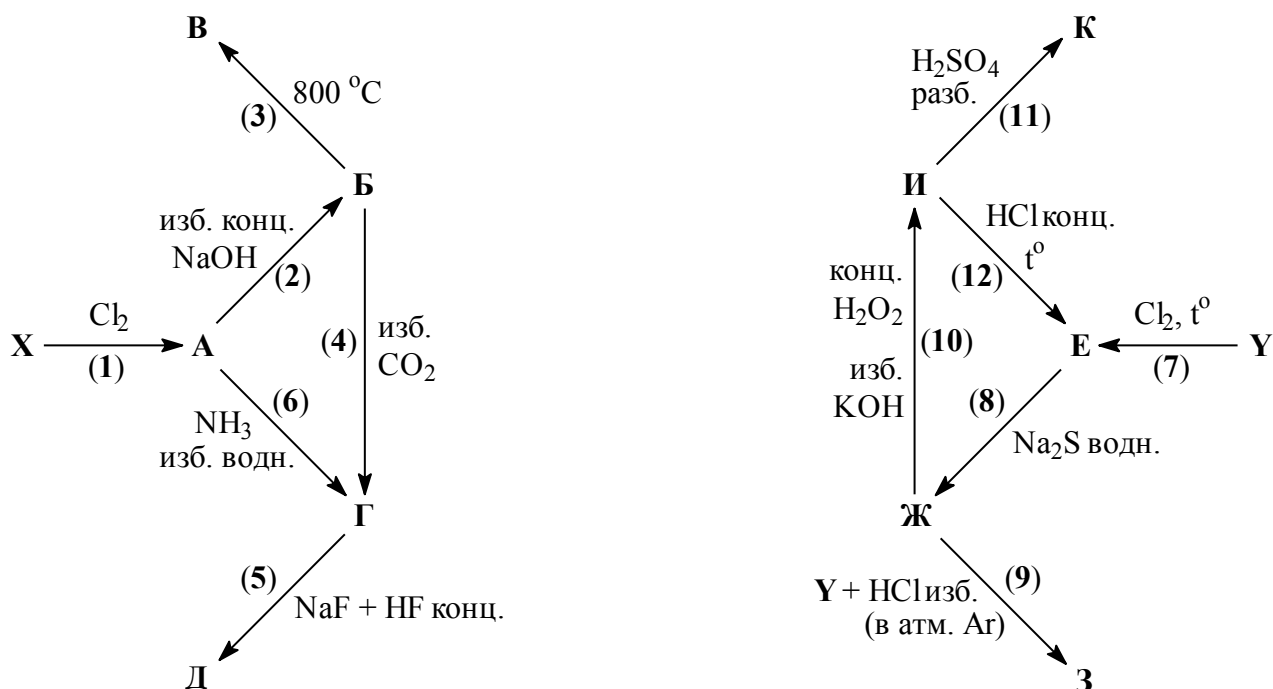
Девятый класс

Задача 9-1

При хлорировании металлов **X** и **Y** образуются соответствующие хлориды **A** и **E**, имеющие одинаковый стехиометрический состав. Известно, что молярная масса хлорида **A** в 1,187 раза меньше, чем **E**, а массовое содержание хлора в **A** составляет 79,75 %.

1. Определите металлы **X** и **Y**. Подтвердите свой ответ расчётами.

Ниже приведены схемы превращений соединений **A–Д**, содержащих **X**, и соединений **E–К**, содержащих **Y**.



2. Приведите формулы соединений **A–К** и напишите уравнения реакций (1–12).

В уравнении 12 укажите агрегатное состояние соединения **И**.

3. Для получения металла **X** в промышленности применяют электролиз расплава смеси, содержащей оксид этого металла и соединение **Д** (которое редко встречается в природе в виде соответствующего минерала). Напишите тривиальное название соединения **Д** и поясните, для чего добавляют **Д** при электрохимическом получении **X**.

4. Водный раствор соединения **З** неустойчив на воздухе, поэтому реакцию (9) необходимо проводить в атмосфере **Ar**. Напишите уравнение реакции, которая будет протекать с раствором **З** на воздухе.

Задача 9-2

Элемент **X** мало распространён в природе. Чаще всего его соединения сопутствуют минералам, содержащим элемент **Y**, находящийся с **X** в одной подгруппе. Элемент **Y** встречается в земной коре и в виде простого вещества.

При действии разбавленной азотной кислоты на простое вещество **A**, образованное элементом **X**, получается **кислота 1**, содержащая 61,2 % **X** по массе (*реакция 1*). При действии на **кислоту 1** 30%-ным раствором пероксида водорода образуется **кислота 2** (*реакция 2*). О **кислоте 2** известно, что она является сильным окислителем и способна растворять золото. Золото переходит в соединение, содержащее ион **Au(3+)**, и анион **кислоты 2**, а в реакции не образуются газообразные продукты (*реакция 3*).

1. Установите, о каких элементах **X**, **Y** идёт речь. **Ответ обоснуйте.**

Про **Y** дополнительно известно, что он может образовать кислоты, аналогичные по составу **кислоте 1** и **кислоте 2**.

2. Определите **кислоту 1** и **кислоту 2**. Ответ подтвердите расчётом.
3. Напишите уравнения реакций **1–3**.
4. В честь какого небесного тела назван элемент **X**?
5. Напишите уравнение реакции простого вещества **A** при сплавлении с алюминием и гидроксидом натрия (*реакция 4*). Установите формулу бинарного продукта реакции соединения **Б**, содержащего в структуре цепочки X_4 , массовая доля **X** в **Б** составляет 87,3 %.

Задача 9-3

Для определения состава смеси простых веществ **A**, **Б** и **В**, образованных элементами одной группы периодической системы Д. И. Менделеева, проделали следующие опыты:

Опыт 1

Навеску смеси тонких порошков **A**, **Б** и **В** массой 4,6915 г высыпали в 30%-ный раствор азотной кислоты. В результате выделился бесцветный газ **Г** с плотностью по водороду 14,88, образовался **раствор 1** (*реакция 1*) и остались не растворившиеся вещества **A** и **Б**.

Опыт 2

Осадок веществ **A** и **Б** отфильтровали, отмыли от кислоты и высушили, после чего их высыпали в концентрированный раствор гидроксида натрия. При этом выделился лёгкий газ **Д**, образовался **раствор 2** (*реакция 2*) и в осадке осталось вещество **A** массой 0,6005 г.

Опыт 3

Осадок вещества **A** отфильтровали и отмыли от щёлочи, высушили и сожгли в кислороде (*реакция 3*). Единственным продуктом реакции является газ **Е**, объём которого составил

1,12 л (н. у.). Газ **Е** полностью растворили в избытке раствора гидроксида натрия, полученный раствор охладили, при этом образовались бесцветные кристаллы вещества **Ж** массой 8,5637 г (массовая доля кислорода в веществе **Ж** равна 72,68 %) (*реакция 4*).

Опыт 4

Раствор 1 упарили почти досуха и твёрдый остаток растворили в воде. К полученному раствору добавили раствор сульфида калия. Из раствора выпал чёрный осадок вещества **З** (*реакция 5*) массой 3,5890 г.

Опыт 5

Раствор 2 обработали соляной кислотой, в результате чего выпал осадок (*реакция 6*). Его отделили от раствора и прокалили (*реакция 7*). Масса полученного вещества **И** составила 2,1030 г.

Вопросы

- 1) Определите вещества **А–И**. **Ответ обоснуйте.** Состав веществ **Г, Е, Ж, З, И** подтвердите расчётом.
- 2) Напишите уравнения реакций **1–7**.
- 3) Определите массовые доли **А, Б** и **В** в исходной навеске, и выход вещества **Ж** при кристаллизации.

ВНИМАНИЕ: при расчётах относительные атомные массы необходимо брать с точностью до третьего знака после запятой!

Задача 9-4

Неизвестный порошок вещества X_1 жёлтого цвета состоит из двух химических элементов. При растворении X_1 в **большом** избытке концентрированной азотной кислоты выделяется бурый газ X_2 и образуется бесцветный раствор (*реакция 1*). При действии на этот раствор небольшого избытка водного раствора хлорида бария выпадает белый кристаллический осадок X_3 (*реакция 2*). К фильтрату, полученному при отделении осадка X_3 , добавляют избыток раствора нитрата серебра. При этом наблюдается выпадение белого творожистого осадка X_4 (*реакция 3*). К раствору, оставшемуся после отделения осадка X_4 , по каплям осторожно добавляют водный раствор гидроксида натрия до полного осаждения жёлтого осадка X_5 (*реакции 4 и 5*). Определите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций (пять уравнений), предполагая, что все реакции протекают количественно, причём масса X_5 в 1,39 раз меньше, чем масса X_3 .

Задача 9-5

Окрашенный газ

В сосуде при температуре 15 °С и давлении 30 кПа находится интенсивно окрашенный газ, состоящий из двух веществ; плотность газа составляет 0.968 г/л. В составе газа – атомы только двух элементов, причём мольные доли элементов равны.

Газ подвергли освещению при постоянной температуре до тех пор, пока давление в сосуде не перестало увеличиваться и достигло 45 кПа. После этого окраска стала менее интенсивной. При добавлении в сосуд раствора щёлочи окраска исчезла, а давление уменьшилось в 2 раза.

Если исходный газ выдержать при температуре 30 °С, то давление в сосуде возрастёт до 39.5 кПа, а после добавления щёлочи оно уменьшится в 5 раз.

1. Установите качественный и количественный состав исходного газа, если известно, что он полностью поглощается раствором щёлочи.
2. Объясните результаты обоих экспериментов. Напишите уравнения реакций и подтвердите ответ расчётами. Учтите, что все описанные реакции протекают до конца.

Десятый класс

Задача 10-1

При обжиге минерала **А** на воздухе образуются эквимольные количества газа **Б** (плотностью по гелию 16) и чёрно-серого порошка **В**, содержащего элемент **Х** (реакция 1). Растворение порошка **В** в серной кислоте с последующим упариванием раствора приводит к образованию зелёного кристаллического вещества **Г**, содержащего 20,89 % элемента **Х** (реакция 2). Если к раствору **Г** добавить раствор NaOH, образуется ярко окрашенный осадок **Д** (реакция 3), который в избытке раствора аммиака растворяется с образованием катиона **Е** (реакция 4). Катион **Е** может быть осаждён в виде галогенида **Ж** (реакция 5), например под действием крепкого раствора галогенида калия **З** (массовая доля галогена 67,14 %). Кристаллическое фиолетовое соединение **Ж** содержит 18,30 % элемента **Х** и при осторожном нагревании превращается в жёлто-коричневое бинарное кристаллическое соединение **И** (реакция 6), растворяющееся в воде с образованием зелёного раствора.

1. Определите элемент **Х** и соединения **А–И**. Ответ обоснуйте. Состав **Б**, **Г**, **Ж**, **З** подтвердите расчётом.
2. Запишите уравнения реакций описанных превращений.
3. Изобразите строение катиона **Е**.

Задача 10-2

Дана смесь простых веществ **А**, **Б** и **В**, образованных элементами одной группы периодической системы Д. И. Менделеева. Для определения состава смеси проделаны следующие опыты:

Опыт 1

Навеску смеси тонких порошков **А**, **Б** и **В** массой 0,7210 г высыпали в концентрированный раствор NaOH на воздухе и нагрели. В результате выделился бесцветный лёгкий газ **Г**, образовался *раствор 1* и осталось не растворившееся вещество **В** массой 0,5180 г (*реакции 1 и 2*).

Опыт 2

Осадок вещества **В** отфильтровали, отмыли от щёлочи и высушили, после чего его растворили в 30%-ном растворе азотной кислоты. При этом выделился газ **Д** с плотностью по водороду 14,88, и образовался *раствор 2* (*реакция 3*).

Опыт 3

Раствор 2 упарили почти досуха и твёрдый остаток растворили в воде. К полученному

раствору добавили раствор сульфида калия. Из раствора выпал чёрный осадок вещества **Е** (реакция 4) массой 0,5982 г. При отжиге **Е** на воздухе при 470 °С выделяется газ **Ж** и образуется оранжевое вещество **З** массой 0,5713 г (реакция 5).

Опыт 4

Раствор 1 осторожно нейтрализовали кислотой (реакции 6–7), полученный осадок отделили и обработали концентрированной соляной кислотой осадок частично растворился (реакция 8), а нерастворившийся остаток отделили от раствора 3 и прокалили (реакция 9). Масса полученного вещества **И** составила 0,1803 г.

Опыт 5

Через раствор 3 пропустили ток сероводорода (реакция 10), выпавший коричневатый осадок **К** отделили, промыли, высушили и взвесили (масса – 0,1828 г).

Вопросы

1) Определите вещества **А–К**. Приведите ваши рассуждения и расчёты. Учтите, что без обоснования ответ на этот вопрос не считается верным.

2) Напишите уравнения реакций 1–10.

3) Определите массовые доли **А**, **Б** и **В** в исходной навеске.

4) При сплавлении натрия с **В** образуется сплав **Х**, содержащий 94,04 % **В**, из раствора **Х** в этилендиамина в присутствии 2,2,2-crypt (см. рисунок) можно выделить красные кристаллы ионного соединения **У**. В таблице приведён состав **У**:

Na	В	С	N	H
2,506 %	56,459 %	23,564 %	3,053 %	3,955 %

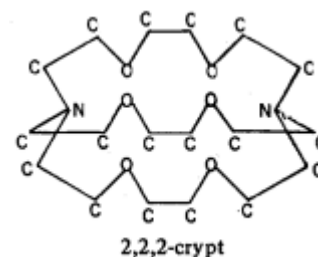
Рассчитайте состав **У**.

5) Известно, что в состав аниона **У** входят атомы только одного сорта, предложите его строение, ответ обоснуйте.

ВНИМАНИЕ: при расчётах относительные атомные массы необходимо брать с точностью до третьего знака после запятой!

Задача 10-3

Газообразное при н. у. вещество **А** окисляется при нагревании на платино-родиевом катализаторе с образованием бесцветного газа **Б** (реакция 1), который мгновенно превращается на воздухе в газ **В** бурого цвета (реакция 2). При температуре ниже 135 °С часть молекул газа **В** попарно соединяется в димеры **Г** (реакция 3), причём чем ниже



температура, тем менее интенсивной становится окраска газа. Уже при температуре 25 °С и давлении 1 атм. мольное соотношение **Г/В** в равновесной смеси составляет 2,16/1. Плотность такой смеси по воздуху равна 2,67. При охлаждении смеси **В** и **Г** ниже 21,1 °С она почти полностью обесцвечивается и превращается в неокрашенную жидкость, состоящую из молекул **Г** (иногда слегка желтоватую из-за примеси молекул **В**).

1. Вычислите мольные доли газов **В** и **Г** в равновесной смеси при температуре 25 °С и общем давлении 1 атм., а также константу равновесия димеризации **В** в этих условиях.
2. По данным, приведённым в условии задачи, рассчитайте молекулярную массу газа **В**. К какому классу реакций по знаку теплового эффекта (эндо- или экзотермическим) следует отнести реакцию димеризации **В**? Обоснуйте свой ответ.

При сжигании **А** в кислороде образуются только вода и газ **Д** (*реакция 4*), являющийся одним из основных компонентов воздуха. Водный раствор **А** окрашивает лакмусовую бумагу в синий цвет.

3. Приведите формулы и названия веществ **А–Д**, напишите уравнения реакций **1–4**.
4. Нормальное атмосферное давление при 0 °С составляет 101,325 кПа. Рассчитайте парциальное давление газа **Д** в кПа в сухом воздухе в этих условиях.

Смесь веществ **Б** и **В** при охлаждении ниже –36 °С реагирует с образованием неустойчивой синей жидкости **Е** (*реакция 5*). Для получения смеси **Б** и **В** нужного состава в лаборатории используют реакцию 50%-ного водного раствора кислоты **Ж** с крахмалом ($C_6H_{12}O_5)_n$ (*реакция 6*).

Для получения вещества **З**, использующегося как удобрение, в промышленности проводят реакцию между **А** и **Ж** (*реакция 7*). Нагревание **З** до 245 °С приводит к выделению газа **И** (*реакция 8*).

5. Напишите уравнения реакций **5–8**, изобразите **структурные формулы** веществ **Е–И**.

Задача 10-4

Эквимольную (1 : 1) смесь двух углеводородов **А** и **В** нагревали под давлением в присутствии платинового катализатора до тех пор, пока состав смеси не перестал изменяться (*реакция 1*). Продукты реакции охладили до комнатной температуры. При этом образовалось только 2 вещества: жидкость **Х** (продукт многотоннажного промышленного производства) и газ **У**. Как **Х**, так и **У** не окисляются $KMnO_4$ даже в жёстких условиях. **Х** можно получить из

В в одну стадию (реакция 2). **В** используется для газовой сварки и резки металлов и получается в промышленности при пиролизе метана (реакция 3). Окисление исходной смеси двух углеводородов избытком перманганата калия в серной кислоте при нагревании (реакции 4, 5) приводит к единственному органическому продукту **Z**, не содержащему третичных атомов углерода. На нейтрализацию 2.19 г **Z** требуется 3.75 г раствора NaOH с массовой долей 32 %.

X в реакции с хлороформом, CHCl_3 (реакция 6) в присутствии хлорида алюминия даёт красное окрашивание; продуктом, однако, является бесцветный твёрдый углеводород **C**. При действии на **C** металлического натрия выделяется водород и образуется соль красного цвета (соединение **D**) (реакция 7), которая при добавлении водного раствора хлорида аммония превращается обратно в **C** (реакция 8). Окисление **D** действием $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ даёт стабильный радикал **E** (реакция 9), открытый Гомбергом в 1900 г. Этот радикал имеет жёлтый цвет и сосуществует в химическом равновесии с бесцветным димером **F**, имеющим 9 типов атомов водорода (реакция 10).

1. Напишите структурные формулы **A–F**, **X**, **Y**, **Z** и уравнения указанных реакций.
2. Напишите, как будет меняться интенсивность окраски равновесной смеси **E** и **F** при увеличении давления при постоянной температуре. Поясните свой ответ.

Задача 10-5

Свет и разрыв связей

Свет – один из источников энергии для химических превращений. Энергия светового излучения обратно пропорциональна длине волны. Свет с длиной волны 1 см имеет энергию 12.0 Дж/моль.

1. Какие из перечисленных ниже двухатомных молекул могут распадаться на атомы под действием видимого излучения (длина волны от 400 до 700 нм)? Ответ подтвердите расчётом.

Молекула	H_2	O_2	Br_2	I_2	HBr
Энергия связи, кДж/моль	436	497	193	151	366

2. Озон защищает землю от части УФ излучения, поглощая его в стратосфере и разлагаясь на две частицы. Напишите уравнение реакции и оцените длину волны света (в нм), поглощаемого озоном.

Молекула	O ₂	H ₂ O ₂
Энергия связи ОО, кДж/моль	497	146

3. Свет вызывает цис-транс-изомеризацию алкенов, реакция происходит с разрывом π -связи. Оцените максимальную длину волны света (в нм), который может привести к изомеризации.

Связь	C–C	C=C	C–H	C–F	C–Br
Энергия связи, кДж/моль	348	612	412	484	276

4. Одно из самых опасных для озонового слоя веществ – хладагент Галон-1301, CBrF₃. Предположите, какие частицы могут образоваться при облучении этого вещества светом с длиной волны: а) 500 нм; б) 300 нм; в) 200 нм? Ответы подтвердите расчётами.

Одиннадцатый класс

Задача 11-1

Белые порошки солей **A**, **B** и **C** имеют одинаковый качественный состав. Известно, что одним из элементов в их составе является натрий, массовая доля которого в соли **A** составляет 32,39 %, в соли **B** – 36,50 %, в соли **C** – 26,13 %.

При взаимодействии водного раствора AgNO_3 с растворами этих солей наблюдаются следующие явления:

- с солью **A** – выпадает осадок жёлтого цвета (*реакция 1*);
- с солью **B** – белый осадок (*реакция 2*), причём нагревание полученной смеси раствора с осадком приводит к его потемнению за счёт образования частиц серебра (*реакция 3*);
- с солью **C** – сразу начинают образовываться частицы серебра (*реакция 4*), причём процесс значительно ускоряется при нагревании до 50 °С.

Безводные кислоты, соответствующие солям **A** (**A_H**) **B** (**B_H**) и **C** (**C_H**) при 20 °С представляют собой неокрашенные, легкоплавкие, хорошо растворимые в воде твёрдые вещества. При нагревании расплавов кислот **B_H** и **C_H** образуется газ **D** с запахом гнилой рыбы (*реакции 5 и 6*), плотность которого при нормальных условиях составляет 1,518 г/мл.

1. Установите формулы и напишите названия солей **A**, **B**, **C** и газа **D**.
2. Приведите структурные формулы и названия кислот **B_H** и **C_H**.
3. Напишите уравнения реакций **1–6**, а также реакций, которые будут протекать при:
 - нагревании соли **A** (*реакция 7*);
 - взаимодействии щелочного раствора (среда NaOH) соли **B** с HgCl_2 (*реакция 8*);
 - взаимодействии водного раствора кислоты **C_H** с иодом (*реакция 9*);
 - взаимодействии газа **D** с иодоводородом (*реакция 10*);
 - взаимодействии газа **D** с избытком хлора при нагревании (*реакция 11*).

Задача 11-2

Бурое вещество **A** переменного состава существует только в наноразмерном состоянии (диаметр частиц < 10 нм), а также непременно присутствует в живых организмах в виде белковых комплексов, обеспечивающих хранение и межклеточную транспортировку жизненно важного элемента **X**.

Вещество **A** может быть получено в лаборатории при действии избытка водного аммиака на раствор соли **B** (*реакция 1*). Свежеприготовленное вещество **A** легко растворяется

в серной кислоте с образованием соли **В** (реакция 2). Взаимодействие **В** с SO_2 даёт растворимую в воде соль **С** (реакция 3), которая из водных растворов выделяется в форме кристаллогидрата (массовая доля **X** 20,1 %, кристаллизационной воды 45,3 %). Кроме того, **В** в водном растворе переводит иодид и сульфид ионы в свободные йод (реакция 4) и серу (реакция 5).

Из концентрированных растворов соли **В** при добавлении насыщенного раствора сульфата калия (реакция 6) можно выделить светло-фиолетовые кристаллы смешанного сульфата **Д** (массовая доля **X** 11,1 %, кристаллизационной воды 42,9 %).

Вещество **А** в концентрированном растворе щёлочи может быть окислено хлором (реакция 7) с образованием красно-фиолетового раствора соединения **Е**, которое можно осадить гидроксидом бария (реакция 8) в виде соединения **Ф**. При обработке 1,37 г **Ф** избытком соляной кислоты (реакция 9) выделяется 179 мл удушливого жёлто-зелёного газа с плотностью 3,17 г/л (н. у.).

Вопросы:

1. Определите неизвестный элемент **X**, ответ обоснуйте;
2. Определите вещества **А–Ф**, ответ обоснуйте. Состав **Д** и кристаллогидрата **С** подтвердите расчётом;
3. Напишите уравнения реакций 1–9 (в ионной или молекулярной форме);
4. Растворение кристаллов **Д** в воде даёт раствор жёлтого цвета, характерного для водных растворов солей, содержащих элемент **X**. Объясните изменение окраски при растворении **Д** (приведите уравнения реакций).
5. Нагревание при 70 °С в течение суток вещества **А** в 1 М растворе NaOH приводит к образованию жёлтых игольчатых кристаллов соединения **Г** (массовая доля **X** 62,9 %), которое широко распространено в природе в форме минерала, названного в честь великого немецкого поэта. Тот же процесс при 100 °С даёт в результате вещество **Н** красно-коричневого цвета (массовая доля **X** 70,0 %), также часто встречающееся в природе в форме различных минералов. Определите состав **Г** и **Н**.

Задача 11-3

Для промышленного получения вещества **X** в России используются два основных способа.

Способ 1: реакция вещества **А** (85,6 % С, 14,4 % Н по массе) с водой в паровой фазе при

300 °С, катализатор – нанесённая на силикагель фосфорная кислота (стандартная энтальпия реакции $\Delta H^\circ = -43.7$ кДж в расчёте на 1 моль вещества **A**).

Способ 2: гидролиз распространённого в природе вещества **B** (44,5 % С, 6,2 % Н, 49,3 % О) под действием водного раствора серной кислоты при 250 °С под давлением до вещества **C** (40,0 % С, 6,7 % Н, 53,3 % О; $\Delta H^\circ = -26,2$ кДж/моль на 1 моль вещества **C**), затем ферментативное разложение вещества **C** в подкисленном водном растворе ($\Delta H^\circ = -67,7$ кДж/моль на 1 моль вещества **C**).

Энтальпия образования из элементов при стандартных условиях вещества **A** $\Delta_f H^\circ = 1,87$ кДж/г, вещества **B** $\Delta_f H^\circ = -5,93$ кДж/г, вещества **C** $\Delta_f H^\circ = -7,07$ кДж/г.

1. Определите брутто-формулы веществ **X**, **A–C**, напишите их названия. Запишите уравнения упомянутых реакций.

2. Вычислите стандартную энтальпию образования вещества **X**. Приведите расчёты.

3. Вещество **A** всегда содержит примесь ближайшего гомолога. Какая основная примесь будет присутствовать в продукте синтеза по методу 1?

4. Какой из методов более выгоден экономически в России и Европе, если пренебрегать энергетическими затратами, незначительным выходом и стоимостью катализаторов, а рыночная цена 1 тонны вещества **A** в России составляет 15 000 рублей, в Европе 1 000 евро; вещества **B** в России 40 000 рублей, в Европе 600 евро. Подтвердите ответ расчётом.

5. Ещё один распространённый способ получения вещества **X** основан на гидролизе изомера вещества **B** с образованием на первой стадии того же самого продукта **C**. Как называется этот изомер? Требуется ли для его гидролиза более жёсткие условия, чем в случае **B**?

Вещество **X** может использоваться в качестве альтернативного экологически чистого топлива (хотя и требует несколько модифицированные версии двигателей).

6. При какой цене за тонну использование **X** станет экономически выгодно по сравнению с бензином, если себестоимость бензина АИ-95 в России составляет 8 рублей за литр, а теплота сгорания 33 МДж/л? Подтвердите ответ расчётом.

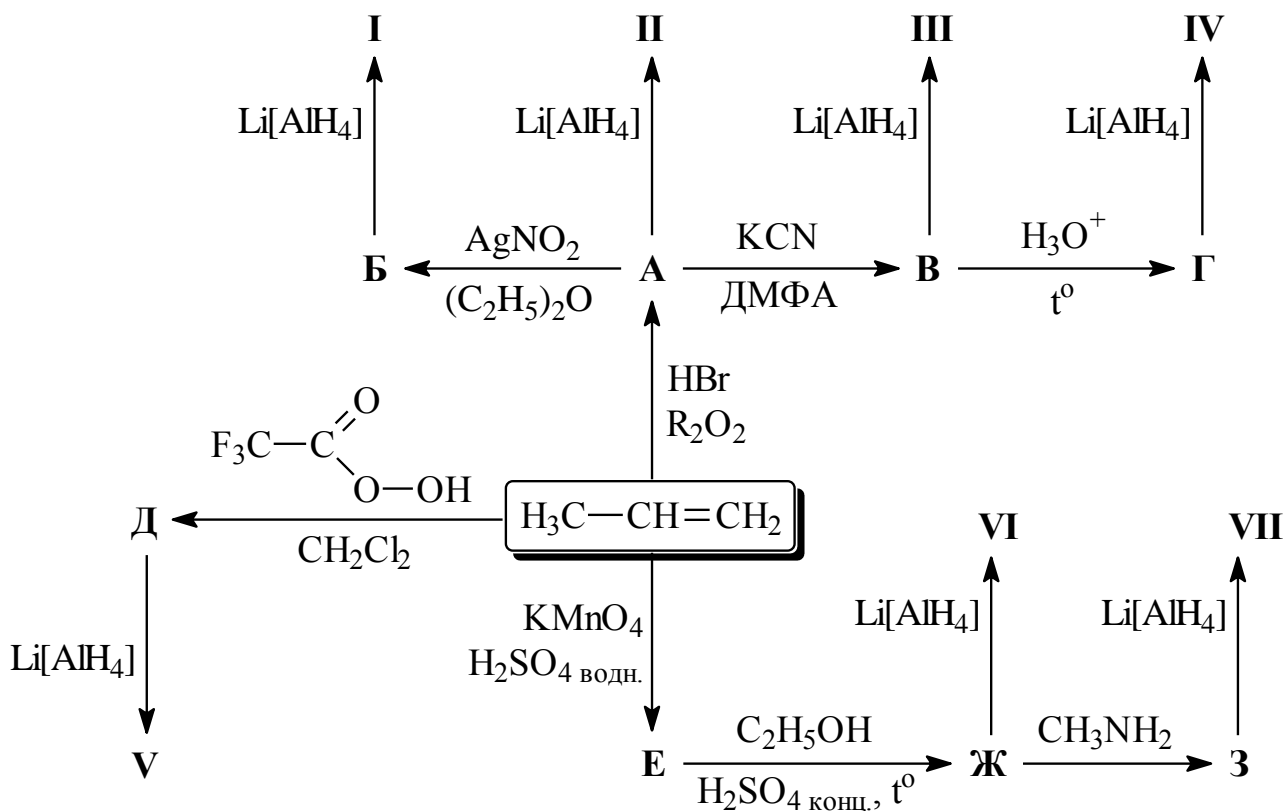
Задача 11-4

Тетрагидридоалюминат лития ($\text{Li}[\text{AlH}_4]$, алюмогидрид лития) часто используется в органическом синтезе в качестве эффективного восстановителя самых разнообразных органических соединений. В лабораторной практике это соединение можно получить при

взаимодействии безводного хлорида алюминия с гидридом лития в абсолютном (безводном) диэтиловом эфире.

1. Почему получение $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ важно осуществлять в безводных условиях? Поясните свой ответ с помощью соответствующего уравнения реакции.
2. Можно ли получить безводный AlCl_3 а) при взаимодействии металлического алюминия с концентрированной соляной кислотой; б) при взаимодействии металлического алюминия с хлором; в) при прокаливании кристаллогидрата $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ на воздухе? Дайте необходимые пояснения и напишите уравнения упомянутых в пунктах а–в реакций.

На приведённой ниже схеме превращений соединения **I–VII** получены с помощью восстановления алюмогидридом лития соединений **A–З**, принадлежащих к восьми различным классам органических соединений.



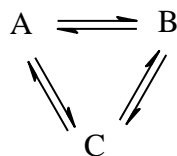
Примечание: $\text{R} = \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}-$; ДМФА – диметилформамид (растворитель)

3. Напишите структурные формулы органических соединений **A–З** и **I–VII**.
4. Напишите уравнение реакции (со всеми продуктами и стехиометрическими коэффициентами) окисления пропена перманганатом калия в сернокислой среде (получение соединения **E**).

Задача 11-5

Равновесие изомеризации

В реакции изомеризации, протекающей в газовой фазе, участвуют три изомера **A**, **B** и **C**. При некоторой температуре T в системе устанавливается равновесие:



Реакциям $A \rightleftharpoons B$, $A \rightleftharpoons C$ и $B \rightleftharpoons C$ соответствуют константы равновесия K_1 , K_2 и K_3 .

Вопросы:

1. Выразите константы равновесия K_1 , K_2 и K_3 через равновесные мольные доли изомеров, содержащихся в смеси.
2. Сколько из этих констант равновесия (одна, две или три) необходимо для расчёта состава равновесной смеси в указанной системе? Объясните свой ответ.
3. Выведите формулы для расчёта равновесных мольных долей изомеров **A**, **B** и **C** в смеси через константы равновесия.
4. Изомер **A** нагревали при температуре 500 К до достижения равновесия. Выход изомера **B** составил 28 %, а изомера **C** 56 %. Рассчитайте значения констант K_1 , K_2 и K_3 .
5. При 600 К стандартные энергии Гиббса образования трёх изомерных веществ **A**, **B** и **C** – *n*-пентана, изопентана (2-метилбутана) и неопентана (2,2-диметилпропана) равны 141, 138 и 145 кДж/моль соответственно. Рассчитайте значения констант равновесия K_1 , K_2 и K_3 и мольные доли изомерных пентанов в равновесной смеси.

Необходимые знания:

Стандартная энергия Гиббса образования вещества – изменение энергии Гиббса для реакции образования данного вещества из простых веществ при стандартных условиях. Обозначается $\Delta_f G^\circ$ (индекс *f* обозначает «formation» (образования), значок $^\circ$ обозначает стандартные условия).

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K, \text{ или } K = e^{-\frac{\Delta G^\circ}{RT}}.$$

$$R = 8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

Экспериментальный тур

Девятый класс

Задание: В семи пронумерованных пробирках находятся растворы следующих веществ: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, KI , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 , Na_2SO_4 , AgNO_3 , Na_2CO_3 . Используя растворы только этих веществ, определите соединение в каждой пробирке. Решение представьте в виде таблицы с указанием цветов осадков и наблюдаемых явлений при добавлении избытка реактивов, нагревании и охлаждении раствора. Напишите уравнения реакций $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и AgNO_3 с $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, взятом в недостатке и избытке. Будут ли эти соли растворяться в избытке реагента? Если будут, то почему?

Реактивы: 0,5 М растворы $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, KI , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, BaCl_2 , Na_2SO_4 , AgNO_3 , Na_2CO_3 .

Оборудование: штатив с пронумерованными пробирками (7 пробирок с веществами и 7 чистых пробирок), пипетка глазная, палочка для перемешивания, водяная баня, стакан для промывания пипетки.

Десятый класс

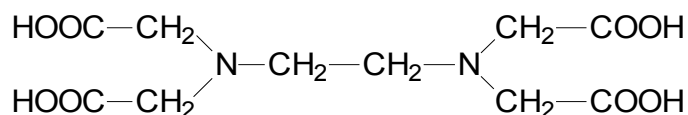
Задание: Лаборант, разлив по склянкам растворы кислот: HCl , H_2SO_4 и H_3PO_4 , обнаружил, что забыл наклеить на них этикетки. Лаборант не огорчился, так как у него был раствор BaCl_2 . Используя имеющиеся на рабочем столе реактивы и растворы кислот, определите в какой из склянок находится каждая из кислот, а также определите концентрацию H_2SO_4 в моль/л. Напишите уравнения реакций взаимодействия кислот с раствором BaCl_2 .

Реактивы: $\sim 0,1 \text{ M HCl}$, $\sim 0,05 \text{ M H}_2\text{SO}_4$, $\sim 0,05 \text{ M H}_3\text{PO}_4$, $\sim 0,1 \text{ M BaCl}_2$, $\sim 0,1 \text{ M NaOH}$, $0,0500 \text{ M H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, индикатор фенолфталеин.

Оборудование: пронумерованные склянки с кислотами (3 шт), штатив с пробирками (3 шт), бюретка на 25 мл, колбы для титрования (2–3 шт), пипетка Мора на 10 мл, глазная пипетка, стеклянная палочка, воронка, стакан для промывания пипетки.

Одиннадцатый класс

Возможность образования ионами переходных металлов комплексов может быть использована для их титриметрического определения, когда титрантом является соединение, диссоциирующее с образованием лигандов этих комплексов. Интересными представителями таких соединений являются этилендиаминтетраацетаты (ЭДТА) – соли этилендиаминтетрауксусной кислоты:



С ионами металлов ЭДТА образует очень прочные комплексы состава 1:1, что обеспечивает резкий переход окраски индикатора в конце титрования и высокую точность. Важность этого и других подобных соединений (комплексон) настолько велика, что соответствующий метод титрования получил собственное название – комплексонометрическое титрование.

Задание: Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, по приведённой ниже методике проведите комплексонометрическое титрование и определите содержание (г/л) ионов свинца в выданном Вам растворе ($M(\text{Pb}) = 207,2$ г/моль).

При заполнении лабораторного журнала выполните следующие задания:

1. Перерисуйте формулу этилендиаминтетрауксусной кислоты и отметьте в её составе атомы, образующие связи с ионами металла в структуре комплекса. Сколько таких атомов?
2. Комплексы, в которых лиганд образует с металлом-комплексообразователем 2 и более связей, называются хелаты (от греч. *chele* – клешня). В структуре хелатов имеются циклы с участием атома металла. Наличие таких циклов повышает устойчивость комплекса, особенно когда это 5- и 6-членные циклы (правило Чугаева). Посчитайте, сколько 5-членных циклов с участием атома металла можно выделить в структуре комплексов металлов с ЭДТА.
3. Объясните, почему комплексонометрическое титрование Zn^{2+} и Pb^{2+} не проводят в сильноокислой и сильнощелочной средах. Ответ подтвердите соответствующими уравнениями химических реакций в сокращённом ионном виде.

Методика определения

Стандартизация раствора ЭДТА

В колбу для титрования вносят аликвотную порцию 10 мл раствора ZnSO_4 , добавляют ~5 мл аммиачного буферного раствора, несколько капель индикатора эриохромового чёрного Т и титруют раствором ЭДТА до изменения окраски индикатора из красно-фиолетовой в синюю. Титрование повторяют до получения трёх результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Эти результаты усредняют и используют для дальнейших расчётов.

Методика определения концентрации ионов свинца

В колбу для титрования вносят аликвотную порцию 10 мл анализируемого раствора свинца, добавляют ~5 мл ацетатного буферного раствора, несколько капель индикатора ксиленолового оранжевого и титруют раствором ЭДТА до изменения окраски индикатора из красной в жёлтую. Титрование повторяют до получения трёх результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. Эти результаты усредняют и используют для дальнейших расчётов.

Реактивы: ~0,025 М ЭДТА, 0,0250 М ZnSO_4 , ацетатный буферный раствор (рН = 5), аммиачный буферный раствор (рН 9,5 – 9,8). Индикаторы: ксиленоловый оранжевый и эриохромовый чёрный Т.

Оборудование: бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, воронка, мерная колба на 100 мл, колбы для титрования на 100 мл (2 шт.), резиновая груша для отбора проб.