

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

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 **A**, **B** и **B** 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 **B** массой 0,5180 г (*реакции 1 и 2*).

Опыт 2

Осадок вещества **B** 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 **E** (*реакция 4*) массой 0,5982 г. При отжиге **E** 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 коричневый осадок **К** отделили, промыли, высушили и взвесили (масса – 0,1828 г).

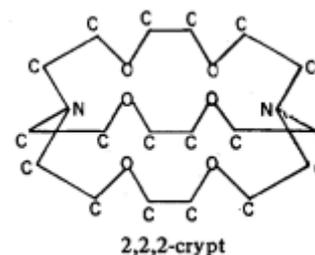
Вопросы

1) Определите вещества **A–K**. 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 **A**, **B** и **B** в исходной навеске.

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



Na	B	C	N	H
2,506 %	56,459 %	23,564 %	3,053 %	3,955 %

Рассчитайте состав **Y**.

5) Известно, что в состав аниона **Y** 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 **A** окисляется при нагревании на платино-родиевом катализаторе с образованием бесцветного газа **B** (*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**, используемого 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 **З**, не содержащему третичных атомов углерода. На нейтрализацию 2.19 г **З** требуется 3.75 г раствора $NaOH$ с массовой долей 32 %.

Х в реакции с хлороформом, $CHCl_3$ (*реакция 6*) в присутствии хлорида алюминия даёт красное окрашивание; продуктом, однако, является бесцветный твёрдый углеводород **С**. При действии на **С** металлического натрия выделяется водород и образуется соль красного цвета (соединение **Д**) (*реакция 7*), которая при добавлении водного раствора хлорида аммония превращается обратно в **С** (*реакция 8*). Окисление **Д** действием $K_3[Fe(CN)_6]$ 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.