

Материалы заданий олимпиады «Юные таланты» по химии (2020–2021 учебный год)

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	2
1.1 Задания Отборочного теоретического тура	2
1.1.1 Задания 9 класса	2
1.1.2. Задания 10 класса	4
1.1.3. Задания 11 класса	7
1.2 Задания Теоретического тура.....	11
1.2.1 Задания 9 класса	11
1.2.2. Задания 10 класса	14
1.2.3. Задания 11 класса	17
1.3. Задания Экспериментального тура.....	21
1.3.1. Задание 9 класса.....	21
1.3.2. Задание 10 класса.....	21
1.2.3. Задание 11 класса.....	22
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА ...	24
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура	24
2.1.1. Задания 9 класса	24
2.1.2. Задания 10 класса	29
2.1.3. Задания 11 класса	34
2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура	39
2.2.1. Задания 9 класса	39
2.2.2. Задания 10 класса	44
2.2.3. Задания 11 класса	50
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура	57
2.3.1. Задание 9 класса.....	57
2.3.2. Задание 10 класса.....	57
2.3.3. Задание 11 класса.....	59
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА.....	61
3.1 Задания Интернет-тура	61
3.1.1. Задания 9 класса	61
3.1.2 Задания 10 класса	63
3.1.3 Задания 11 класса	66
3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура.....	70
3.2.1 Задания 9 класса	70
3.2.2 Задания 10 класса	71
3.2.3 Задания 11 класса	72

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Азиды – соли слабой азотистоводородной кислоты несмотря на свою низкую устойчивость, высокую химическую активность и высокую токсичность нашли применение в промышленности. Так, некоторые азиды, например, серебра или свинца, используются в качестве взрывчатых веществ, а азид натрия – основной компонент газообразующей смеси подушек безопасности.

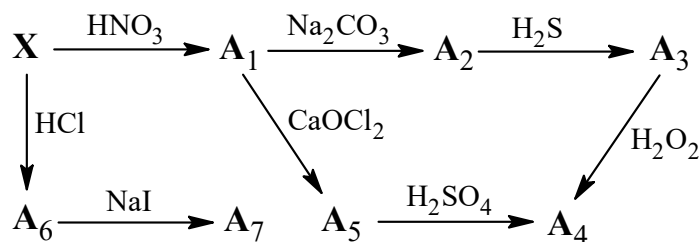
Сплав натрия и лития растворили в жидком аммиаке, а затем обработали оксидом азота (I). Полученную смесь азидов лития и натрия массой 11,4 г прокалили при 300°C, при этом выделилось 7,304 л газа (при 25°C и 720 мм рт. ст.).

1. Напишите уравнения получения и разложения азидов лития и натрия, описанные в тексте.
2. Вычислите массовые доли азидов лития и натрия в смеси перед прокаливанием.

Задача №9-2

Существует множество версий из-за чего пала Римская империя, в одной из них – виноват металл X, который используется многие тысячелетия вследствие его распространенности, легкости получения и обработки.

Металл X растворяется в концентрированной азотной кислотой с образованием соли A₁, содержащей 62,538 мас. % X, а также при нагревании растворяется в хлороводородной кислоте с получением соли A₆, которые способны вступать в превращения, описанные схемой ниже.



Известно, что вещество A₂ и вещество A₆ раньше широко применялись в написании картин, однако вещество A₂ с течением времени на воздухе очень медленно реагирует с сероводородом содержащемся в загрязненной атмосфере с образованием вещества A₃, что обуславливает постепенное изменение некоторых произведений искусства. Также вещество A₃ является полупроводниковым материалом.

1. Определите металл X и вещества A₁ – A₇.
2. Напишите уравнения химических реакций, представленных на схеме.
3. Назовите цвета веществ A₂, A₃ и A₇.

Задача №9-3

Вещество А встречается в природе в виде минералов тенардита и мирабилита, образующихся при естественном испарении рапы соляных озер. В промышленности А может быть получено обработкой минерала Б, имеющего сходное мирабилиту происхождение,

серной кислотой при температуре 500–550°C с одновременным получением газа **В** – бинарного вещества, водные растворы которого проявляют кислотные свойства.

Вещество **А** используется в стекольной промышленности и при производстве моющих средств, а также для получения соединения **Г** – важного аналитического реагента, при взаимодействии **А** с водородом. При взаимодействии 3,9 г вещества **Г** с водным раствором **В** может быть получено 1,7 г газа **Д**, водный раствор которого является слабой кислотой.

Вещество **В** также может быть получено при взаимодействии газообразных продуктов электролиза водного раствора **Б**, так из 1 кг **Б** максимально может быть получено 382,9 л **В** (при н.у.).

1. Определите вещества **А–Д**, если известно, что массовая доля одного из элементов в веществе **В** равна 2,74 %.
2. Напишите все реакции, описанные в тексте задачи.

Задача №9-4

В лабораторных условиях иодид калия можно получить по следующей методике. В колбу необходимо внести 8,0 г железных опилок, 50 мл воды и добавлять небольшими порциями при перемешивании 25 г иода. После этого требуется нагреть смесь до полного растворения иода. Затем темно-желтый раствор соединения **А** отделяют от оставшихся железных опилок и при нагревании приливают раствор 17 г карбоната калия в 50 мл воды. Получившуюся смесь кипятят, после чего отфильтровывают бурый осадок. Полученный раствор иодида калия упаривают до начала кристаллизации и охлаждают. Выпавшие растворы отфильтровывают на вакуумном насосе и высушивают.

1. Определите вещество **А**, если известно, что массовая доля железа в нем равна 14,16 %.
2. Напишите молекулярное уравнение реакции, протекающей на первой стадии получения иодида калия.
3. Какую степень окисления имеют атомы железа в веществе **А**?
4. Какой состав имеет бурый осадок? Напишите молекулярное уравнение его образования.
5. Какую массу иодида калия можно получить по указанной методике, если выход на первой стадии составляет 94%, а на второй 54% соответственно?

Задача №9-5

Вещество **А** встречается в природе в составе доломита, в состав этого минерала также входит вещество **Б**. В промышленности есть два основных способа получения металла **В** (используется для получения лёгких и сверхлёгких литейных сплавов (самолётостроение, производство автомобилей), а также в пиротехнике и военном деле для изготовления осветительных и зажигательных ракет), один из которых подразумевает использование доломита в качестве исходного сырья.

Для простоты возьмем в качестве реакции для рассмотрения обжиг соединения **А** массой 8,43 г, в результате которого образовался оксид металла **В** массой 4,03 г и газ **Г** объемом 2240 мл (при н.у.). При пропускании газа **Г** через известковую воду сначала образуется белый осадок, который при дальнейшем пропускании исчезает.

1. Определите вещества **А–Г**, установите состав доломита, если известно, что вещества **А** и **Б** имеют одинаковый анион, содержатся в доломите в эквимольных

количествах, а при обжиге чистого вещества **Б** массой 5 г образуется оксид металла массой 2,8 г и газ **Г** объемом 1120 мл (при н.у.). Напишите уравнения реакций газа **Г** с известковой водой.

В термодинамических расчетах кроме изменения энтальпии ΔH также применяются изменение энтропии ΔS и энергии Гиббса ΔG . Энтропия S служит мерой вероятности состояния системы, а энергия Гиббса G позволяет отразить взаимосвязь энтальпии и энтропии следующим уравнением (для изобарно-изотермических процессов):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \text{ где } T - \text{абсолютная температура.}$$

Реакция может протекать самопроизвольно только в таком направлении, при котором $\Delta G < 0$.

Дана таблица с данными ΔH и ΔS для веществ А, В и Г.

	$\Delta H^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}$, кДж·моль ⁻¹	$\Delta S^{\circ}_{\text{обр.}}{}^{298}$, Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹
А _(к)	-1095,85	65,10
Оксид В _(к)	-601,50	27,07
Г _(г)	-393,50	213,67

2. Рассчитайте ΔH и ΔS для реакции разложения вещества **А** при стандартных условиях. Определите, при какой температуре возможно самопроизвольное разложение вещества **А** на оксид металла **В** и газ **Г**. Примите, что энтальпия и энтропия не зависят от температуры, а процесс обжига является изобарно-изотермическим.

3. Предложите хотя бы один промышленно доступный способ восстановления оксида металла **В** в чистый металл **В**, напишите уравнение реакции.

1.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Азиды – соли слабой азотистоводородной кислоты несмотря на свою низкую устойчивость, высокую химическую активность и высокую токсичность нашли применение в промышленности. Так, некоторые азиды, например, серебра или свинца, используются в качестве взрывчатых веществ, а азид натрия – основной компонент газообразующей смеси подушек безопасности.

Сплав натрия и лития растворили в жидком аммиаке, а затем обработали оксидом азота (I). Полученную смесь азидов лития и натрия массой 11,4 г прокалили при 300°C, при этом выделилось 7,304 л газа (при 25°C и 720 мм рт. ст.).

1. Напишите уравнения получения и разложения азидов лития и натрия, описанные в тексте.

2. Вычислите массовые доли азидов лития и натрия в смеси перед прокаливанием.

Задача №10-2

Вещество **Х** – сырье для получения промышленно значимого соединения **У**, образованных переходным металлом **Э**. В литературе можно найти следующий способ его получения:

В фарфоровый тигель поместите 1 г хлората калия, прибавьте около 2 г гидроксида калия и нагрейте до получения расплава. В расплав осторожно внесите небольшими

порциями 1 г диоксида Э перемешайте палочкой и нагревайте 5 мин. После охлаждения расплава обработайте его в тигле 10 % раствором гидроксида калия и выдерживают в эксикаторе над концентрированной серной кислотой до образования темно-зеленых, почти черных кристаллов X, которые отделите фильтрованием.


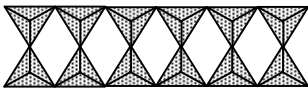
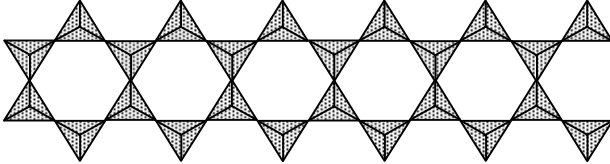
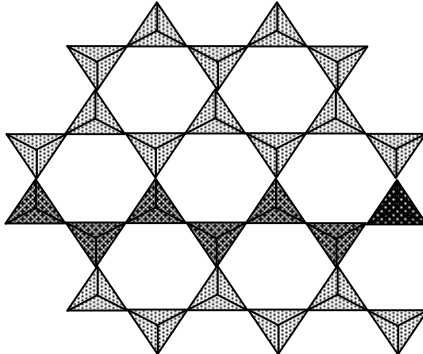
Полученный продукт следует хранить в плотно закрытой склянке заполненной азотом или аргоном. Нагревание кристаллов выше 600°C приводит к их разложению с выделением кислорода. В водных растворах X неустойчиво и разлагается при стоянии или добавлении неорганических кислот, например, хлороводородной, с образованием темно-коричневого осадка и малиновой окраски раствора.

В промышленности Y получают электролизом концентрированного водного раствора X, однако можно разлагать X пропусканием через раствор углекислого газа или хлора, что может быть использовано в лабораторной практике.

1. Определите вещества X, Y и элемент Э, зная, что массовая доля Э в X и Y равна 27,92 и 34,81 % соответственно.
2. Напишите все уравнения реакций, описанные в тексте (7 уравнений). Напишите реакции, которые протекают на электродах при электролизе водного раствора X.
3. Какое применение находит Y в промышленности и быту?

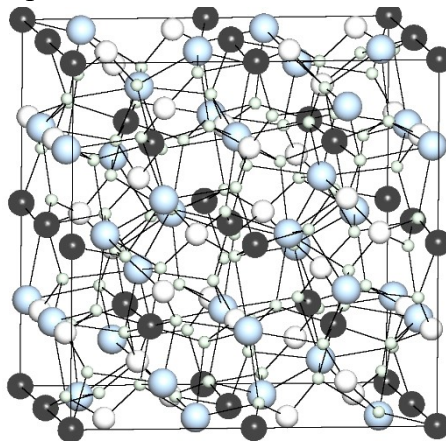
Задача №10-3

Многие природные минералы являются силикатами и алюмосиликатами. В структуре всех силикатов каждый атом кремния окружен тетраэдрически расположенными вокруг него атомами кислорода. Такие тетраэдры могут быть изолированы или сочетаться друг с другом, образуя островные (изолированные) группировки, бесконечные цепочки, слои или трехмерный каркас.

Цепочки I	
Цепочки II	
Цепочки III	
Слои IV	

На рисунках использован один из вариантов изображения тетраэдра (вершины всех треугольников – атомы кислорода, атомы кремния (находятся в центре тетраэдров) не показаны).

Примером силикатов с изолированными тетраэдрами SiO_4^{4-} могут служить гранаты, имеющие общую формулу $\text{R}^{2+}_3 \text{R}^{3+}_2 [\text{SiO}_4]_3$, где R^{2+} и R^{3+} – двух- или трехзарядные катионы. Элементарная ячейка одного из гранатов представлена на рисунке. Роль R^{3+} играют катионы алюминия (черные кружки), которые расположены в вершинах, центрах всех ребер и всех граней кубической элементарной ячейки ($a = 11.525 \text{ \AA}$), а также в центре ячейки и в центрах всех восьми октантов. Плотность граната – 4.3195 г/см^3 .



Структура граната может сохраняться и в соединениях, где атомы кремния частично или полностью замещены атомами алюминия. В частности, для изготовления твердотельных лазеров применяют алюмоиттриевый гранат $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$. Синтез этого граната можно проводить методом спекания оксидов алюминия и иттрия, но такая твердофазная реакция протекает крайне медленно. Альтернативным способом является синтез методом горения раствора. При этом самоподдерживающаяся реакция протекает в гомогенном растворе. В качестве окислителей часто используются нитраты металлов, а в роли восстановителей – мочевины, глицин, гидразин и др. В одном из вариантов раствор нагревается до испарения несвязанной воды и далее до образования геля и возникновения экзотермической реакции по всему объему образца.

1. Определите химические формулы силикат-анионов, описывающие состав структур I–IV.
2. Предложите структуру островного силикат-иона, имеющего простейший состав, аналогичный цепочкам I.
3. Определите катион R^{2+} в составе обсуждаемого граната.
4. Напишите уравнения реакций, протекающих при синтезе $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ методом горения раствора, содержащего нитраты иттрия и алюминия и мочевины, предполагая, что сначала происходит взаимодействие каждого из нитратов с мочевиной (реакция 1 и реакция 2), а затем – взаимодействие продуктов реакций 1 и 2 с образованием целевого граната.

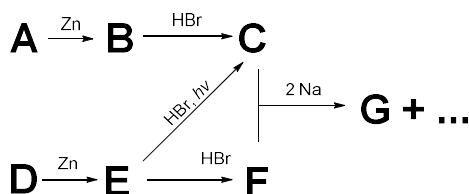
Задача №10-4

Каталитическое окисление газа **A** при высокой температуре приводит к получению воды и бесцветного газа **Б**, быстро буреющего на воздухе. Молярные массы газов **A** и **Б** различаются в 1,765 раз. Данная реакция является важной стадией производства кислоты **В**.

1. Установите формулы веществ **A**, **Б** и **В**.

2. Запишите уравнение каталитического окисления **A** с целыми коэффициентами. Рассчитайте тепловой эффект данной реакции (кДж), если теплоты образования **A**, **B** и воды(г) равны соответственно 46, -91 и 242 кДж/моль.
3. Перечислите факторы, позволяющие повысить выход **B** в данной реакции (учтите, что вода находится в газообразном состоянии).
4. В закрытую вакуумированную колбу при температуре 250°C внесены **A** и кислород в мольном соотношении 1:2. Давление в колбе при этом составило 600 мм. рт. ст. Затем в колбу внесли катализатор и выдержали до окончания изменения давления, которое составило при этом 640 мм. рт. ст. Рассчитайте равновесный выход реакции и константу равновесия K_p (константа выражена через парциальные давления в барах, 1 бар = 750 мм.рт.ст.). Считайте, что порядки реакции по реагентам равны целочисленным коэффициентам в уравнении реакции.
5. Рассчитайте объем реакционного сосуда, если в результате реакции образовалось 300 мг **B**.

Задача №10-5



В данной схеме превращений вещества **A** и **D** являются изомерами. Известно, что при сжигании 2,02 г соединения **A** образуется 672 мл углекислого газа при н.у., 0,54 мл воды при ст.у. и зловонная коричневая жидкость.

1. Установите брутто-формулу вещества **A**.

Продукты полного гидролиза **A** и **D** не дают реакции с 2,4-динитрофенилгидразином. Соединение **B** является простейшим соединением в своем классе, однако может вступать в реакцию присоединения с бромоводородом.

2. Изобразите структуры соединений **A–G**, назовите соединения **A–G** по ИЮПАК. Изобразите все возможные структуры соединения **G**, напишите схемы реакций, представленных выше.

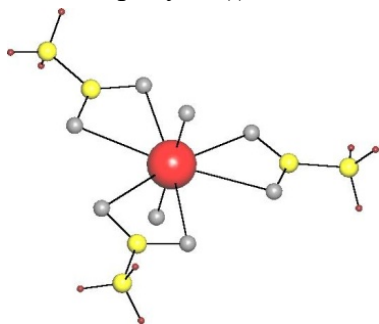
3. За счет чего соединение **B** может вступить в реакцию присоединения? Дайте краткое пояснение.

1.1.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

Для урана ($U\ 5f^3d^1s^2$) наиболее характерна степень окисления +6, основной формой существования которой является практически линейный катион уранила UO_2^{2+} , проявляющий свойства сильного комплексообразователя. Донорные атомы лигандов в комплексах уранила располагаются в плоскости, перпендикулярной линейной уранильной группировке (экваториальная плоскость). Обычно в экваториальной плоскости находятся 5 или 6 донорных атомов лигандов. В качестве примера на рисунке показан триацетатный комплекс уранила. Строение комплексов уранила часто хорошо описывается с точки зрения правила 18 электронов, в соответствии с которым, наиболее устойчивы комплексы, содержащие 18 электронов в валентной оболочке центрального атома-

комплексообразователя. Указанное правило позволяет предсказать состав многих комплексов. Например, зная, что лиганд CO является донором 2 электронов, можно утверждать, что устойчивый карбонил никеля должен иметь состав $\text{Ni}(\text{CO})_4$ (на орбиталях атома никеля имеется 10 электронов ($4s^2 3d^8$), тогда для формирования 18-электронной оболочки необходимо присоединить 4 лиганда CO, предоставляющих 8 электронов). Установлено, что в соединениях уранила средняя электронодонорная способность одного атома кислорода иона уранила составляет 3.9, кислорода молекул воды – 1.9, а одного нитрат- и карбонат-иона (при бидентатно-циклическом типе координации (как и у ацетат-иона на рисунке)) – 3.1 и 3.4 соответственно.



Растворение металлического урана в концентрированной азотной кислоте приводит к образованию желтого раствора (*реакция 1*), из которого при испарении выделяются желто-зеленые кристаллы вещества **A**, рентгенографическое исследование которого показало, что объем элементарной ячейки, в которой содержится 4 атома урана, равен 1215.94 \AA^3 , а плотность кристаллов составила 2.7429 г/см^3 . Добавление к водному раствору **A** карбоната аммония сопровождается образованием устойчивого комплекса **B** (*реакция 2*). При нагревании кристаллов **B** до 300°C происходит термическое разложение с потерей 45.21% массы (*реакция 3*). Твердый продукт разложения легко растворяется в соляной кислоте (*реакция 4*), взаимодействует с водой при кипячении (*реакция 5*), а его фторирование (*реакция 6*) приводит к получению крайне токсичного соединения, широко использующегося в процессе обогащения урана для производства топлива для ядерных реакторов.

1. Определите состав кристаллов **A**.
2. Воспользовавшись правилом 18 электронов, запишите координационную формулу вещества **A**, выделив координационную сферу и указав внешнесферные лиганды.
3. Воспользовавшись правилом 18 электронов, установите наиболее вероятный состав кристаллов **B**.
4. Запишите уравнения реакций 1–6.

Задача №11-2

Вещество **X** – сырье для получения промышленно значимого соединения **Y**, образованных переходным металлом **Э**. В литературе можно найти следующий способ его получения:

*В фарфоровый тигель поместите 1 г хлората калия, прибавьте около 2 г гидроксида калия и нагрейте до получения расплава. В расплав осторожно внесите небольшими порциями 1 г диоксида Э перемешайте палочкой и нагревайте 5 мин (реакция 1). После охлаждения расплава обработайте его в тигле 10 % раствором гидроксида калия и выдерживают в эксикаторе над концентрированной серной кислотой до образования темно-зеленых, почти черных кристаллов **X**, которые отделите фильтрованием.*

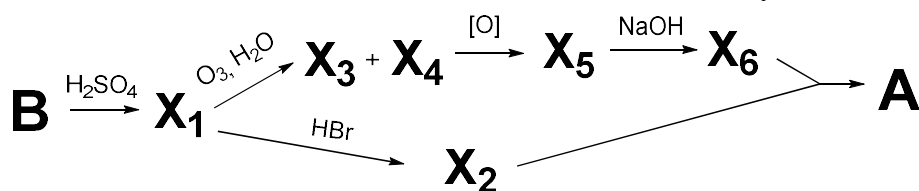
Полученный продукт следует хранить в плотно закрытой склянке заполненной азотом или аргоном. Нагревание кристаллов выше 600°C приводит к их разложению с выделением кислорода (*реакция 2*). В водных растворах **X** неустойчиво и разлагается при стоянии (*реакция 3*) или добавлении неорганических кислот, например, хлороводородной (*реакция 4*), с образованием темно-коричневого осадка и малиновой окраски раствора.

В промышленности **У** получают электролизом концентрированного водного раствора **Х** (реакция 5), однако можно разлагать **Х** пропусканием через раствор углекислого газа (реакция 6) или хлора (реакция 7), что может быть использовано в лабораторной практике.

1. Определите вещества **Х**, **У** и элемент **Э**, зная, что массовая доля **Э** в **Х** и **У** равна 27,92 и 34,81 % соответственно.
2. Напишите все уравнения реакций 1-7. Напишите реакции, которые протекают на электродах при электролизе водного раствора **Х**.
3. Какое применение находит **У** в промышленности и быту?

Задача №11-3

Реакция омыления вещества **А** раствором гидроксида натрия является реакцией второго порядка. Вещество **А** можно получить из соединения **В**, которое применяется в качестве заменителя этанола в медицине (благодаря своим высоким антисептическим свойствам), а также в качестве компонента стеклоомывающих жидкостей, по следующей схеме:



1. Определите вещество **А**, если известно, что при озонолизе вещества **X**₁ образуется два продукта, а при дальнейшем окислении смеси выделяется газ тяжелее воздуха. При 20 °С константа скорости гидролиза вещества **А** равна 0,001 мин⁻¹, а при 40 °С – 0,005 мин⁻¹.
2. Определите энергию активации реакции. При какой температуре константа скорости реакции будет равна 0,003 мин⁻¹?
3. Определите период полураспада вещества **А**, если его начальная концентрация равна 0,05 моль/л, а гидроксида натрия 0,2 моль/л, $T = 40$ °С. Какое значение водородного показателя будет в растворе в этот момент?
4. Как можно замедлить скорость реакции и сместить равновесие в сторону реагентов?

Справочные данные:

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right)$$

$$k = \frac{1}{t([A]_0 - [B]_0)} \ln\left(\frac{[B]_0[A]}{[A]_0[B]}\right)$$

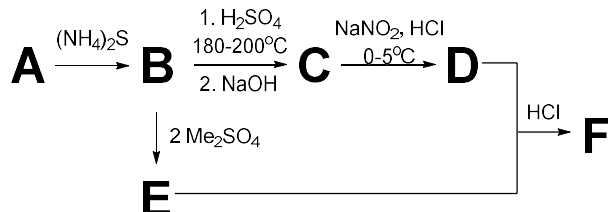
где k – константа скорости химической реакции, мин⁻¹; E_a – энергия активации, Дж; $R = 8,314$ Дж/(моль·К); T – температура процесса, К; $[X]$, $[X]_0$ – равновесная концентрация вещества **X** и ее начальное значение соответственно, моль/л.

Задача №11-4

Смесь газов, полученных после полного сгорания 4,92 г органического вещества **А**, охладили, после этого масса газовой фазы уменьшилась на 1,8 г, оставшиеся газы пропустили через избыток раствора едкого натра, масса раствора увеличилась на 10,56 г. Объем непоглощенного газа составил 0,448 л (при н.у.). Также известно, что вещество **А** не реагирует с щелочью.

1. Установите брутто-формулу вещества **А**, изобразите его структурную формулу.

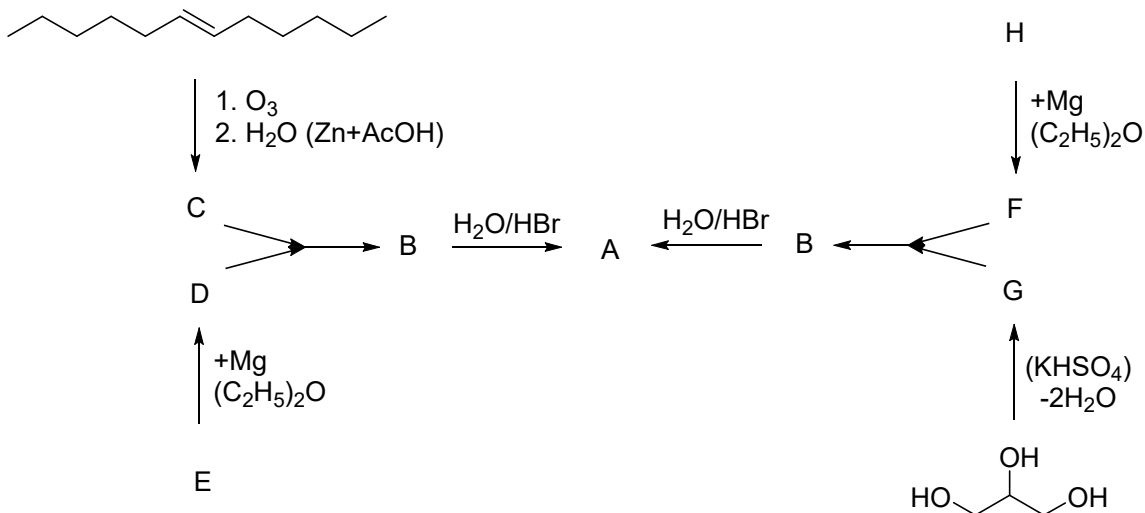
Из вещества **A** с помощью нескольких реакций можно получить соединение **F**, которое проявляет кислотно-основные индикаторные свойства в водных растворах. Схема получения соединения **F** представлена ниже. В кислой среде оно окрашивает растворы в красный цвет, в нейтральной в оранжевый, в основной в желтый соответственно. Реакция получения вещества **B** была открыта в 1842 году Н. Н. Зининым, который впервые восстановил вещество **A** действием сульфида аммония.



- Предложите ещё хотя бы одни условия для проведения реакции восстановления вещества **A** в вещество **B**. Напишите уравнение реакции восстановления в предложенных вами условиях.
- Напишите схемы реакций, представленных в плане получения вещества **F**. Изобразите структуры веществ **A–F**. Напишите тривиальное название вещества **F**. *Me* – обозначение метильной группы.

Задача №11-5

Большинство из нас хотя бы раз использовали средства, способные отпугивать насекомых, например, комаров. Однако существуют вещества, способные наоборот привлекать их. Такие вещества выделяются растениями, грибами и кожей человека. Насекомые могут почувствовать даже следовые количества этих веществ. Одним из таких веществ является соединение **A**, представляющее собой спирт ($\omega(\text{O})=12,5\%$). Ниже представлены два способа получения этого вещества. Известно, что вещества **E** и **H** представляют собой бромпроизводные: $\omega(\text{Br})_{\text{E}}=74,71\%$ и $\omega(\text{Br})_{\text{H}}=52,9\%$.



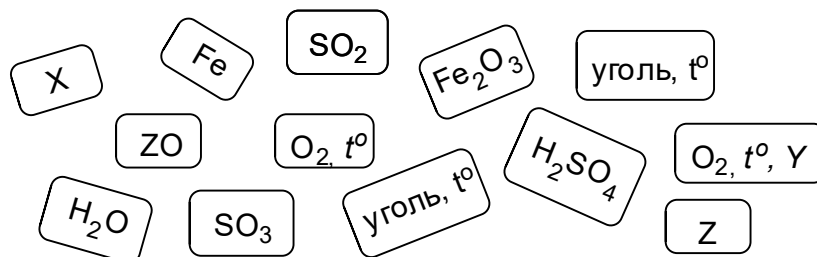
- Напишите схемы реакций получения вещества **A**.
- Назовите соединение **A** по IUPAC.

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Полиция расследовала важное дело: банда преступников незаконно добывала ценный минерал **X** и производила из него три важных продукта: железо, металл **Z** и серную кислоту. При поимке преступники успели сжечь свои записи, остался только разорванный на кусочки лист со списком веществ и реагентов, которые использовали злоумышленники, ниже приведены записи на обрывках:



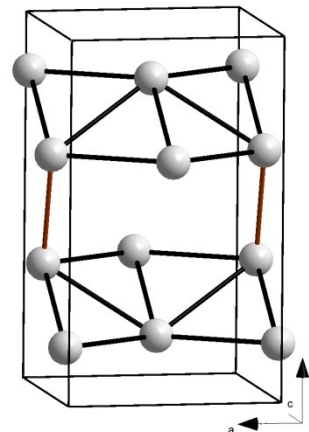
Дополнительно известно, что массовые доли элементов в оксиде **ZO** различаются в 4 раза. Массовые доли серы и **Z** в составе минерала равны. При обжиге (O_2, t°) 1.84 г минерала **X** на воздухе (первая стадия переработки) образуется 448 мл (н.у) сернистого газа и 1.6 г твердой смеси двух оксидов, в которой массовые доли веществ равны по 50%. **Y** – катализатор – оксид, содержащий 43.96% по массе кислорода.

1. Рассчитайте массовую долю серы (%) в составе минерала **X**, считая, что при обжиге вся сера переходит в сернистый газ. Установите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, **ZO**, ответ подтвердите расчетом. Приведите название минерала **X**.
2. Напишите уравнения всех реакций, используемых в переработке минерала (всего 5 уравнений).
3. Установлено, что злоумышленники успели переработать 1 т минерала **X**. Рассчитайте массы железа, металла **Z** и 96% серной кислоты (в кг), которые при этом получили преступники, если общий выход переработки составляет 80%.

Задача №9-2

Существование этого элемента было научно предсказано Д. И. Менделеевым. При создании периодической системы химических элементов в 1869 г. он оставил вакантные места для неизвестных элементов — аналогов алюминия и кремния (экаалюминий и экасилиций). Д. И. Менделеев, основываясь на свойствах соседних, хорошо изученных элементов, достаточно точно описал важнейшие физические и химические свойства. В частности, в статье, датированной 11 декабря 1870 года, опубликованной в «Журнале Русского химического общества», Д.И. Менделеев указал атомный и удельный веса экаалюминия, а также то, что в металлическом состоянии металл будет легкоплавко.

Этот металл был открыт и выделен 20 сентября 1875 г. в виде простого вещества и изучен французским химиком Полем Эмилем Лекоком де Буабодраном. Д.И. Менделеев, узнав об открытии из опубликованного доклада, обнаружил, что описание



нового элемента почти в точности совпадает с описанием предсказанного им ранее экаалюминия. Об этом он отправил письмо Лекоку де Буабодрану, указав, что плотность нового металла определена неверно и должна быть 5,9-6,0, а не 4,7 г/см³. Тщательная проверка показала правоту Д. И. Менделеева, плотность металла 5,91 г/см³, а параметры кристаллической решетки $a = 4,519 \text{ \AA}$, $b = 7,658 \text{ \AA}$, $c = 4,526 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$), 8 атомов находятся в гранях, 4 в объеме ячейки.

Несмотря на то, что этот элемент называли экаалюминием, в отличие от алюминия он реагирует с концентрированной азотной кислотой (реакция 1), при разбавлении и подщелачивании раствора выпадает его гидроксид (реакция 2), отфильтрованный осадок нагретый до 400°C дает метагидроксид (реакция 3) с содержанием кислорода 31,15 %, но если перегреть метагидроксид выше 540 °С то образуется оксид экаалюминия (реакция 4) при этом навеска 5 г метагидроксида экаалюминия уменьшается на 0,438 г.

1. Какой элемент Д.И. Менделеев предсказал и временно назвал экаалюминием, как математически рассчитать его плотность?
2. Почему алюминий не реагирует с концентрированной азотной кислотой?
3. Определите состав метагидроксида экаалюминия и подтвердите его расчетами.
4. Напишите уравнения реакций 1-4.

Задача №9-3

Две пластинки одного и того же металла, способного проявлять степень окисления +2, погрузили в растворы солей двухвалентных металлов одинаковых концентраций. Через некоторое время оказалось, что масса пластинки, помещенной в первый раствор (реакция 1) увеличилась на 8,8%, а второй (реакция 2) – уменьшилась на 5,5%.

Так же известно, что в первом растворе находится соль металла, практически неспособного вытеснять водород из разбавленного раствора серной кислоты (реакция 3). Так же соли этого металла входили в состав красок древних картин, которые легко чернели под воздействием сероводорода (реакция 4).

1. С помощью какого реактива из домашней аптечки можно легко вернуть белый цвет картинам (реакция 5)?
2. Напишите уравнения реакций 1–5.

Про второй металл известно, что его качественно определяют с помощью любимого всеми школьниками перед экзаменами раствора глицина (реакция 6). Количественно же этот металл можно определить с помощью двух последовательных реакций: выделения йода из раствора иодида калия (реакция 7) и дальнейшего титрования выделившегося йода (реакция 8).

3. Напишите уравнения реакций 6–8.

4. Из какого металла изготовлены пластинки? Соли каких металлов находятся в растворах? Ответы мотивируйте расчетами.

Известно, что металл пластинок устойчив в степени +4, в то же время и степень окисления +2 легко достижима в растворе. Оксид (+2) и его гидроксид амфотерны (реакции 9,10).

5. Напишите реакции 9–10, определите металл пластинки.
6. В растворах щелочей преобладает ион металла с $KЧ = 3$, определите геометрическое строение данного иона.

Задача №9-4

Для определения содержания воды в различных образцах их обрабатывают тионилхлоридом SOCl_2 , при этом протекает полный гидролиз последнего (*реакция 1*) за счет воды, содержащейся в образце, с образованием двух газообразных продуктов. Определение этих газообразных продуктов может быть осуществлено различными методами.

Для определения состава кристаллогидрата **A** его навеску массой 2,377 г обработали избытком тионилхлорида. Выделившиеся газы пропустили через избыток раствора, содержащего $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и H_2O_2 (*реакция 2*). При этом выпал белый осадок **B** массой 14,77 г, массовая доля кислорода в котором составляет 27,42%. Если исходную навеску растворить в воде и прибавить к избытку раствора, содержащего $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и H_2O_2 , то также выпадает осадок **B** массой 2,334 г.

1. Напишите уравнения реакций 1 и 2.
2. Что собой представляет осадок **B**?
3. Рассчитайте массовую долю воды в **A**.
4. Установите молекулярную формулу вещества **A**.

Задача №9-5

Вещество **A** в природе является основным компонентом апатитов, в состав этого минерала также входят различные примеси, например, доломит, кальцит и вещество **B**. В промышленности вещество **A** обычно используется для получения минеральных удобрений.

Вещество **B** впервые было получено Хеннингом Брандом в 1669 году. Как и многие алхимики, он искал философский камень, способный превращать металлы в золото, но в итоге впервые со времен античности открыл новый элемент.

Сегодня получить вещество **B** можно при нагревании смеси веществ **A**, **B** и кокса (*реакция 1*) или при нагревании смеси из вещества **A** и кокса (*реакция 2*). Вещество **A** окрашивает пламя в кирпичный цвет, а при добавлении к нему концентрированной азотной кислоты и молибдата аммония образуется яркий желтый осадок (*реакция 3*). Вещество **B** обладает высокой температурой плавления (около 1700°C), является химически стойким, однако вступает во взаимодействие с фтором (*реакция 4*) и с плавиковой кислотой (*реакция 5*). В реакциях 1 и 2 образуется газообразный оксид **Г**, который при нагревании с твердым гидроксидом натрия при повышенном давлении дает соль простейшей органической кислоты (*реакция 6*). В качестве дополнительного продукта в реакции 1 образуется вещество **Д**, а в реакции 2 вещество **Е** соответственно. Вещество **Д** также можно получить сплавлением эквимольных количеств веществ **B** и **Е** (*реакция 7*).

1. Определите вещества **A–Г**, напишите реакции 1–7.

В термодинамических расчетах кроме изменения энтальпии ΔH также применяются изменение энтропии ΔS и энергии Гиббса ΔG . Энтропия S служит мерой вероятности состояния системы, а энергия Гиббса G позволяет отразить взаимосвязь энтальпии и энтропии следующим уравнением (для изобарно-изотермических процессов):

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S, \text{ где } T - \text{абсолютная температура.}$$

Реакция может протекать самопроизвольно только в таком направлении, при котором $\Delta G < 0$.

Дана таблица с данными ΔH и ΔS для веществ **A–Е** и кокса.

	$\Delta H_{\text{обр.}}^{298}$, кДж·моль ⁻¹	$\Delta S_{\text{обр.}}^{298}$, Дж·моль ⁻¹ ·К ⁻¹
A _(к)	-4119,1	236
B _(к)	-903,5	46,86
B _(г)	0	41,09
Г _(г)	-110,5	197,54
Д _(к)	-1579	87,45
Е _(к)	-635,1	38,1
кокс	0	5,74

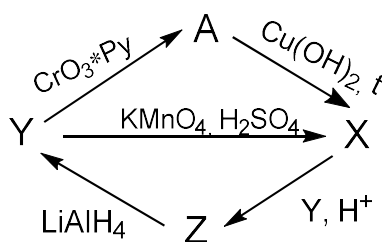
2. Рассчитайте ΔH и ΔS для обеих реакции получения вещества **B** при стандартных условиях. Определите, при какой температуре возможно самопроизвольное протекание реакций получения вещества **B**. Примите, что энтальпия и энтропия не зависят от температуры, а процесс является изобарно-изотермическим.

3. Предположите, какой из способов является более экономически выгодным и почему?

1.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Вещество **X** – известная органическая одноосновная кислота, ее водный раствор можно купить в большинстве продуктовых магазинов. Известно, что при реакции 9 г **X** с избытком гидрокарбоната натрия (реакция 1) выделяется 3.83 л газа (30°C, 740 мм.рт.ст). Кислота **X** участвует во множестве равновесных процессов, некоторые из них мы разберем в этой задаче подробнее. Один из этих процессов – диссоциация **X** в водном растворе (реакция 2). Известно, что константа равновесия этого процесса K_1 – константа кислотности **X** – равна $1.75 \cdot 10^{-5}$. Другой равновесный процесс (реакция 3) связан с парами **X**. Так, плотность паров **X** по воздуху при 120°C (вблизи точки кипения) равна 4.034, а при 230°C – 2.897. Третий равновесный процесс – взаимодействие **X** с веществом **Y** (реакция 4). Данные вещества связаны между собой следующей цепочкой превращений (Py – пиридин):



Для соединений **X**, **Y** и **Z**, а также для воды известны следующие термодинамические данные ($\Delta_f H$ – стандартная энтальпия образования, S_f – стандартная энтропия образования):

Вещество	X _(ж)	Y _(ж)	Z _(ж)	H ₂ O _(ж)
$\Delta_f H$, кДж/моль	-484.9	-277.6	-469.5	-285.8
S_f , Дж/(моль·К)	159.8	160.7	259	70.0

1. Установите брутто-формулу **X** и изобразите структурную формулу, ответ подтвердите расчетом. Запишите уравнение реакции 1.

2. Запишите уравнение диссоциации **X** в водном растворе (реакция 2) и выражение константы равновесия K_1 . Рассчитайте рН 0.1 М водного раствора **X**.

3. Запишите уравнение, описывающее равновесие в парах **X** (реакция 3), используя структурные формулы соединений, учтите, что в данном равновесии участвуют только два вещества. Объясните, с чем связано наличие данного равновесия. Рассчитайте состав равновесных смесей (мол.%) при 120 и 230°C, а также

константы равновесий для данного процесса этих температурах (K_2 и K_3 , выражены через молярные доли). Рассчитайте изменение энтальпии ($\Delta_r H$) для реакции 3.

4. Изобразите структурные формулы веществ A , Y , Z .

5. Напишите уравнение реакции 4. Для данной реакции рассчитайте изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса ($\Delta_r H$, $\Delta_r S$ и $\Delta_r G$) при 25°C , а также значение константы равновесия (K_4) при этой температуре.

6. Вычислите массу Z (грамм) в равновесной смеси, которая может быть получена при взаимодействии 100 мл 96% раствора Y (плотность 0.80 г/мл) и 200 мл 80% раствора X (плотность 1.07 г/мл).

Задача №10-2

Две пластинки одного и того же металла, способного проявлять степень окисления +2, погрузили в растворы солей двухвалентных металлов одинаковых концентраций. Через некоторое время оказалось, что масса пластинки, помещенной в первый раствор (реакция 1) увеличилась на 8,8%, а второй (реакция 2) – уменьшилась на 5,5%.

Так же известно, что в первом растворе находится соль металла, практически неспособного вытеснять водород из разбавленного раствора серной кислоты (реакция 3). Так же соли этого металла входили в состав красок древних картин, которые легко чернели под воздействием сероводорода (реакция 4).

1. С помощью какого реактива из домашней аптечки можно легко вернуть белый цвет картинам (реакция 5)?

2. Напишите уравнения реакций 1–5.

Про второй металл известно, что его качественно определяют с помощью любимого всеми школьниками перед экзаменами раствора глицина (реакция 6). Количественно же этот металл можно определить с помощью двух последовательных реакций: выделения йода из раствора иодида калия (реакция 7) и дальнейшего титрования выделившегося йода (реакция 8).

3. Напишите уравнения реакций 6–8.

4. Из какого металла изготовлены пластинки? Соли каких металлов находятся в растворах? Ответы мотивируйте расчетами.

Известно, что металл пластинок устойчив в степени +4, в то же время и степень окисления +2 легко достижима в растворе. Оксид (+2) и его гидроксид амфотерны (реакции 9,10).

5. Напишите реакции 9–10, определите металл пластинки.

6. В растворах щелочей преобладает ион металла с $KЧ = 3$, определите геометрическое строение данного иона.

Задача №10-3

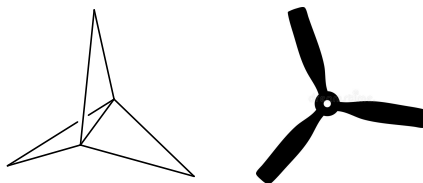
Однажды на складе химического факультета была обнаружена банка с надписью: «Натрий сернистый (Na_2S) 1980 г.». Содержимое представляло собой серый раствор, содержащий большое количество бесцветных кристаллов. Навеску содержимого банки массой 20 г полностью растворили в воде и прибавили 50 мл 10%-го раствора соляной кислоты. Выделяющаяся при кипячении полученного раствора смесь газов была пропущена через раствор гидроксида бария, где образовался осадок массой 13,910 г. Из раствора, оставшегося после подкисления, был отфильтрован светло-желтый осадок массой 1,114 г. Затем к оставшемуся после фильтрования раствору был прибавлен 10% раствор хлорида

бария до прекращения выделения осадка. Масса полученного белого осадка составила 4,101 г.

1. Напишите уравнения реакций, описанных в задаче.
2. Определите массовые доли компонентов в исследуемой навеске соли. Высушивание навески 0,4558 г при 115°C в инертной атмосфере привело к потере 0,0754 г массы.

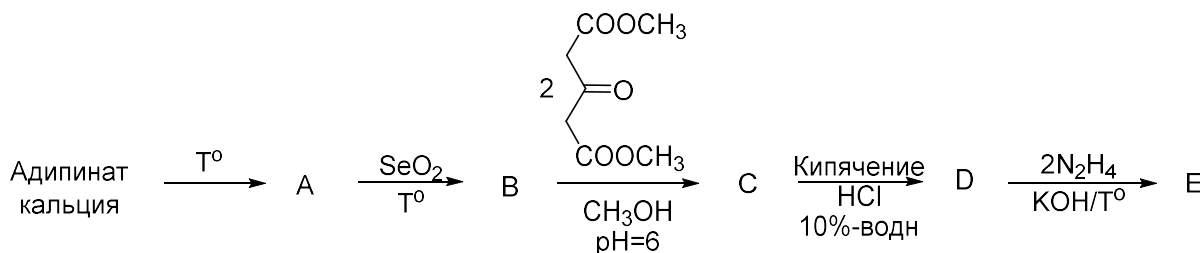
Задача №10-4

Пропелланы – группа химических соединений, представляющие собой три углеводородных цикла, соединенных одной общей стороной. Очевидно сходство строения таких соединений с пропеллером.



[1.1.1] пропеллан

На схеме представлен способ получения одного из представителей пропелланов (соединение **E**). При элементном анализе **соединений C** и **D** установлено, что $\omega(\text{O})_C = 38,99\%$, а $\omega(\text{O})_D = 17,95\%$.



1. Напишите уравнения реакций, описанных в схеме.

Задача №10-5

Растворитель хлороформ (CHCl_3) при комнатной температуре имеет давление пара над раствором 196,80 мм. рт. ст. В 100,0 г хлороформа растворили 2,7 г нелетучего в данных условия простого вещества, давление пара над раствором оказалось 194,34 мм. рт. ст.

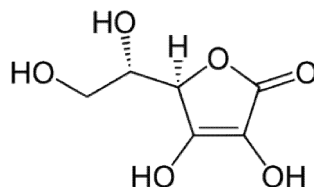
1. Определите формулу простого вещества **X**, если известно, что двухкомпонентная система подчиняется закону Рауля:

$$p = x \cdot p^*$$

где p – давление паров растворителя над раствором, мм. рт. ст.; x – мольная доля растворителя; p^* – давление паров чистого растворителя.

Известно, что загаданное простое вещество имеет большую роль в аналитической химии, а именно в качественном анализе при окислительно-восстановительном титровании. С помощью **X** возможно количественно определить аскорбиновую кислоту. С помощью бинарного вещества, содержащего **X** и суммарно 72 электрона, определяют ионы меди Cu^{2+} . Содержание в растворе самого простого вещества классически определяется раствором тиосульфата натрия.

2. Напишите описанные реакции и уравняйте их, для реакции с аскорбиновой кислотой используйте приведенную ниже структурную формулу.



Вещество *X* легко подвергается возгонке при атмосферном давлении.

3. Напишите определение понятия возгонка. Какие сорбенты можно использовать для адсорбции паров *X*?

Загаданное простое вещество имеет крайне низкую растворимость в воде (0,028 г на 100 г воды) и гораздо большую растворимость в неполярных органических растворителях, например хлороформе (2,7 г на 100 г хлороформа).

4. В водном растворе какой неорганической соли *X* растворяется лучше? Приведите пример данной реакции «хемосорбции». Какой цвет имеет раствор *X* в воде, какой в хлороформе?

1.2.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

Аспирант Михаил нашел образец неизвестного сплава A_xB_y . К образцу массой 53,800 г прилагался отрывок научной статьи, посвященной исследованию фазного равновесия в двухкомпонентной системе **A – B**: «Диаграмма состояния системы **A – B** исследована методами термического и микроструктурного анализа. Она построена на основе экспериментальных данных. Окончательный вид диаграммы состояния системы следует считать еще не установленным. Согласно представленной диаграмме, в системе существует конгруэнтно плавящееся приблизительно при 1350 °С соединение A_xB_y , претерпевающее полиморфное превращение при температуре 1090 °С».

Для опознавания металлов Михаил растворил образец в воде, при этом выделился газ, горящий в 16 л воздуха (н.у.). Воду из реакционной смеси выпарили и осадок растворили в концентрированной азотной кислоте.

Михаилу удалось электрохимическим способом разделить нитраты двух металлов и получить 97,000 г кристаллогидрата соли металла **B**.

Далее поместил в тигель массой 59,9362 г навеску кристаллогидрата массой 1,0000 г и поместил в сушильный шкаф при температуре 120 °С до доведения тигля с навеской до постоянной массы. Она оказалась равна 60,7506.

1. Напишите уравнения всех описанных реакций и определите формулу неизвестного сплава, учитывая, что характерная степень окисления для **A** +2, для **B** +3.

Задача №11-2

Ваня получил важное задание, ему предстояло выяснить состав газообразных веществ **A**, **B**, **B** и **Г**, имеющих одинаковую молярную массу. Известно, что в состав данных веществ входят только элементы первых двух периодов Периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева. Ваня установил, что молекулы веществ **A – B** состоят из атомов двух элементов, а молекула **Г** состоит из атомов трех элементов. В состав веществ **A**, **B** и **Г** входит элемент **X**, а в состав веществ **A**, **B** и **Г** входит элемент **Y**. Эквимольная смесь (мольное отношение 1:1) любого из данных веществ с водородом имеет плотность 1.027 г/л (н. у.). Массовая доля элемента **Y** в газе **Г** составляет 36.36%. Газ **A** является продуктом окисления большинства органических веществ. Так, при сжигании 6.6 г **B** (реакция 1)

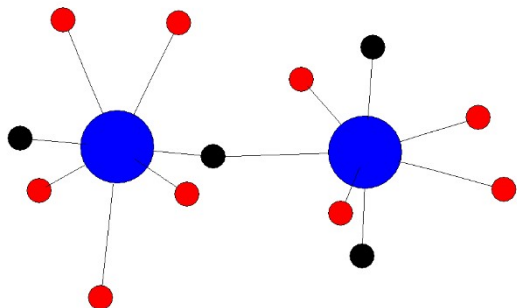
образуется 10.08 л **A** (н. у.) и выделяется 332.85 кДж теплоты. Газ **B** является сильным окислителем, в его атмосфере горят многие вещества, в том числе и **B** (реакция 2), при сжигании 6.6 г **B** в атмосфере **B** выделяется 455.85 кДж теплоты. Окисляющее действие вещества **B** можно объяснить тем, что при небольшом нагревании он разлагается на два простых вещества (реакция 3).

1. Помогите Ване, установите молекулярные формулы и названия газов **A – Г**, ответ подтвердите расчетом плотности эквимолярной смеси с водородом. Для вещества **Г** приведите структурную формулу (учтите, что в данном веществе нет кратных связей).
2. Определите элементы **X** и **Y**, напишите их символы и конфигурации электронных оболочек в виде $1s^2 \dots$. Укажите, атом какого из элементов имеет больший радиус и у какого из данных элементов сильнее выражены неметаллические свойства.
3. Приведите один лабораторный способ получения газа **B** и один промышленный способ получения газа **Г** (уравнения реакций).
4. Напишите уравнения реакций 1–3, используя целочисленные коэффициенты. Рассчитайте тепловые эффекты реакций 1 и 2 в кДж на 1 моль **B**, запишите термохимические уравнения.
5. Используя данные тепловых эффектов реакций 1 и 2, рассчитайте тепловой эффект реакции 3 в кДж на 2 моль **B**.

Задача №11-3

Окисление на воздухе при высоких температурах металла **M**, название которого образовано от названия одной из планет Солнечной системы, приводит к оксиду, в структуре которого атомы **M** расположены в вершинах и центрах всех граней кубической ячейки ($a = 5.4333 \text{ \AA}$), а атомы кислорода – внутри ячейки в центрах всех восьми октантов. Плотность оксида составляет 11.1397 г/см^3 . На практике указанный оксид получают окислением кислородом оксалата **M(IV)** (реакция 1). Оксид M_2O_5 образуется при термическом разложении $\text{MO}_2(\text{OH})_2$ (реакция 2), а смешанновалентный M_3O_8 – при разложении $(\text{NH}_4)_2\text{M}_2\text{O}_7$ (реакция 3). Растворение M_3O_8 в разбавленной хлорной кислоте (реакция 4) приводит к образованию MO_2^+ и оксокатионов, содержащих **M** в другой степени окисления.

Линейные катионы MO_2^+ проявляют свойства сильного комплексообразователя. Донорные атомы лигандов в таких комплексах располагаются в плоскости,



перпендикулярной линейной группировке MO_2^+ (экваториальная плоскость). При этом атомы кислорода иона MO_2^+ могут одновременно входить в экваториальную плоскость соседнего иона MO_2^+ (смотри рисунок, атомы кислорода ионов MO_2^+ выделены черным цветом). Такого типа контакты принято называть катион-катионными взаимодействиями. Строение комплексов MO_2^+ часто хорошо описывается с точки зрения правила

18 электронов, в соответствии с которым, наиболее устойчивы комплексы, содержащие 18 электронов в валентной оболочке центрального атома-комплексообразователя. Указанное правило позволяет предсказать состав многих комплексов. Например, зная, что лиганд C_5H_5 является донором 5 электронов, можно утверждать, что для железа будет устойчив комплекс

состава $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ (на орбиталях атома железа имеется 8 электронов ($4s^23d^6$), тогда для формирования 18-электронной оболочки необходимо присоединить 2 лиганда C_5H_5 , предоставляющих 10 электронов). Установлено, что в комплексах MO_2^+ средняя электронодонорная способность одного атома кислорода составляет 3.41, кислорода молекул воды – 1.81, а одного кислорода иона MO_2^+ (когда, как в примере на рисунке, он выступает в качестве лиганда по отношению к соседнему иону MO_2^+) – 1.93.

1. Определите M .

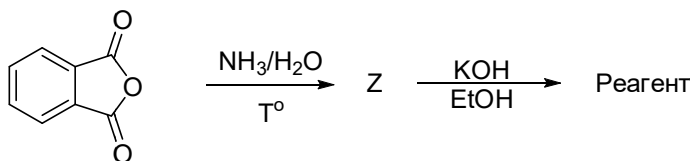
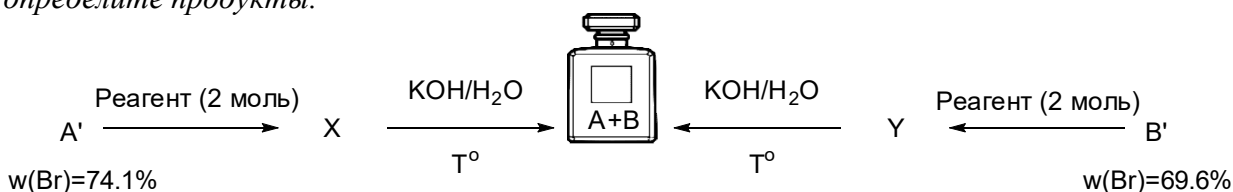
2. Воспользовавшись правилом 18 электронов, предложите координационные формулы наиболее устойчивых аквакомплексов MO_2^+ , считая, что: а) катион-катионные взаимодействия в структуре отсутствуют; б) один атом кислорода катиона MO_2^+ принимает участие в катион-катионных взаимодействиях; в) оба атома кислорода катиона MO_2^+ принимают участие в катион-катионных взаимодействиях. Укажите координационные числа атомов M в этих комплексах. Считайте, что все атомы M в структурах кристаллов, указанных аквакомплексов, эквивалентны.

3. Запишите уравнения реакций 1–4.

Задача №11-4

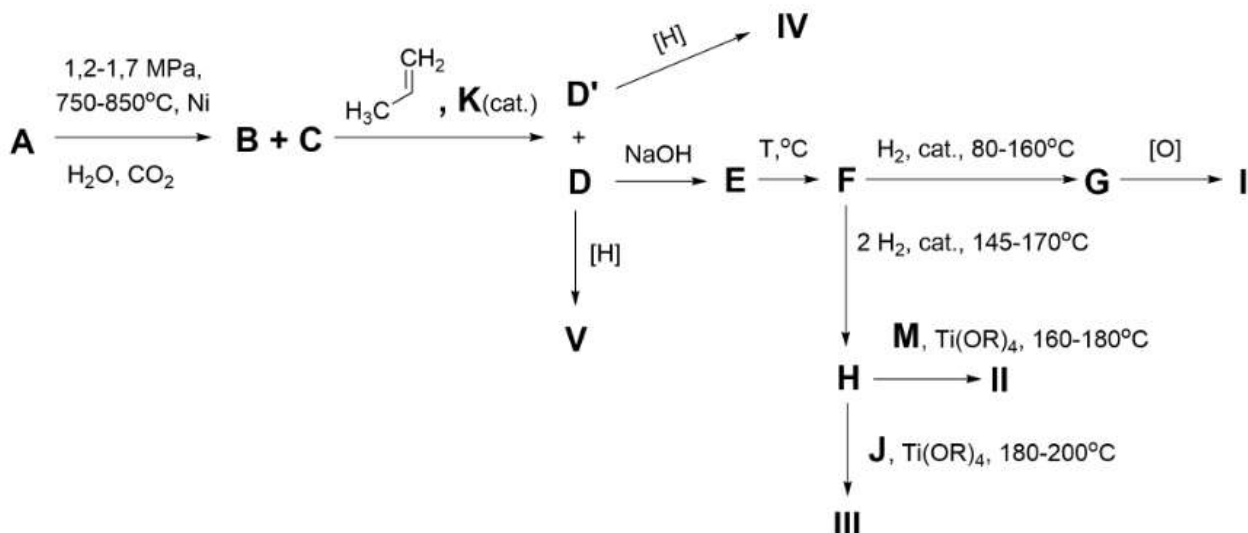
Дмитрий проснулся среди ночи, по радио снова передавали предупреждение о смертельном вирусе, превращающем людей в зомби. Внезапно в квартиру ворвался сосед, который рассказал, что на улице на него напали зомби, но он смог вырваться от них. К сожалению, один из зомби успел его укусить. Дмитрий понял, что у него есть лишь пара часов, пока вирус полностью не превратит соседа в зомби, и тот не съест его. На ум пришла мысль, что зомби ориентируются по запаху, а значит, можно замаскироваться и найти новое убежище. Для получения «Духов зомби» Дмитрий решил смешать два компонента – вещества **A** и **B**. Оставалось совсем мало времени, и Дмитрий решил синтезировать эти соединения из аммиака и галогеналканов **A'** и **B'** – гомологов. В разные миниреакторы он поместил **A'** и **B'** и добавил водного раствора аммиака в соотношении 1:4 (мольн.). В то время, как вирус полностью сделал из соседа зомби, Дмитрий смешал по 2 мл обеих реакционных масс и обработал этой смесью себя. К несчастью, сосед все равно почувствовал запах Дмитрия и схватил его... «Неужели синтез не удался» – промелькнуло у него в голове! В это время Дмитрий проснулся. На улице светило солнце, о страшном вирусе никто ничего не слышал. Как хорошо, что это был сон, подумал Дмитрий!

1. Предлагаем вам схему получения «Духов зомби». Напишите схемы реакций и определите продукты.



2. Выскажите предположения, о побочных продуктах реакций, проведенных Дмитрием, почему получить смесь «Духов зомби» без побочных продуктов в таком синтезе невозможно?

Задача №11-5



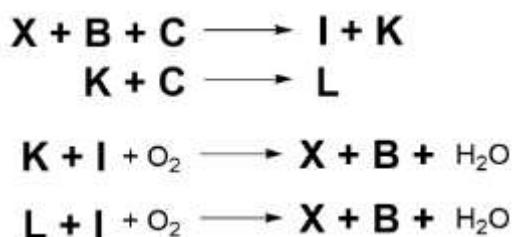
В данной схеме превращений вещества I-V являются важными продуктами промышленного органического синтеза. Вещество I используется в производстве растворителей, сиккативов и в косметической промышленности. Вещества II и III являются пластификаторами, используются в производстве резинотехнических изделий, искусственных кож, ПВХ пластиков. Вещество III является значительно менее токсичным, чем вещество II и постепенно вытесняет его из оборота. Вещества IV и V используются в качестве растворителей, а также в качестве исходных веществ для дальнейших синтезов.

Исходным соединений является вещество A – основной компонент природного газа и самый легкий углеводород. Вещество A вступает во взаимодействие с водой (*реакция 1*) и с углекислым газом (*реакция 2*), в результате обеих реакций получается смесь веществ B и C, будем считать, что вещество B имеет большую молярную массу, чем вещество C.

1. Напишите реакции 1 и 2. Как называется смесь веществ B и C?

Вещества D и D' являются основными продуктами реакции взаимодействия пропилена со смесью веществ B и C в присутствии катализатора K. Вещество IV имеет меньшую температуру кипения, чем вещество V. При превращении вещества E в вещество F массовые потери составляют 12,5%. Вещества IV, V и H относятся к одному классу. При сжигании вещества J в избытке кислорода оно горит коптящим пламенем, из 0,332 г вещества J образуется 0,3584 л углекислого газа (при н.у.) и 0,108 см³ воды (при н.у.). В ЯМР-спектре вещества J видны 2 типа сигналов протонов. Вещество M является производным соединения J' изомерного J, получение вещества M возможно в результате окисления нафталина. Вещество H вступает в реакции с веществами M и J в двукратном избытке.

2. Изобразите структуры соединений I-V и A-H, J, M, назовите соединения I-V и A-H, J, M по ИЮПАК.



В данной схеме представлено получение катализаторов **K** и **L**, которые используются в реакции получения веществ **D** и **D'**. Вещество **K** содержит 34,46% металла по массе, вещество **L** содержит 34,26% металла по массе. Оба этих вещества являются комплексными соединениями, вещество **K** имеет красно-оранжевый цвет и при нагревании легко разлагается на чистый металл и вещество **B**. Вещества **L** и **I** можно отнести к одному классу соединений.

*3. Напишите формулы соединений **K**, **L**, дайте им названия. При составлении формулы соединения **K** не забудьте воспользоваться правилом 18 электронов.*

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 9 класса

Карбонаты и гидрокарбонаты цветных и редкоземельных металлов являются сырьем для синтеза наноразмерных порошков оксидов и чистых металлов. Карбонаты и гидрокарбонаты цветных металлов в свою очередь могут быть получены при взаимодействии растворов карбонатов щелочных металлов и водорастворимых солей цветных металлов, например вещество **X** может быть получено по методике:

50 мл раствора ацетата меди отмеряют с помощью мерного цилиндра и переносят в химический стакан. В другом химическом стакане приготовьте раствор, содержащий эквивалентное ацетату меди количество карбоната калия в воде объемом 10 мл, после чего к полученному раствору добавить раствор ацетата меди и при перемешивании нагреть полученную смесь до 50–70°C. Полученный осадок промыть горячей водой методом декантации три – четыре раза, отфильтровать на Воронке Бюхнера и перенести в чашку для взвешивания.

Реактивы: 0,25 моль/л раствор ацетата меди, карбонат калия, 1 моль/л растворы хлороводородной кислоты, аммиака, сульфида натрия.

Оборудование: мерный цилиндр объемом 50 мл, термостойкие химические стаканы объемом 100 мл (2 шт), стеклянная палочка, фарфоровая чашка или чашка Петри, установка для вакуумного фильтрования, бумажные фильтры, штатив с чистыми пробирками, спиртовка, электрическая плитка.

*1. Осуществите синтез вещества **X** и вычислите практический выход вещества **X**. Напишите формулу вещества **X**.*

*2. Исследуйте свойства вещества **X**, для чего:*

*2.1. Растворите несколько кристаллов **X** в растворе хлороводородной кислоты, полученный раствор разделите на две пробирки и добавьте к ним раствор аммиака по каплям (в первую пробирку) и раствор сульфида натрия (во вторую пробирку).*

*2.2. Несколько кристаллов **X** поместите в сухую пробирку и прокалите её в пламени спиртовки.*

Напишите уравнения осуществленных реакций.

1.3.2. Задание 10 класса

Соли аммония являются распространенными азотными удобрениями. Наибольшее распространение в сельском хозяйстве получили аммиачная селитра, сернокислый аммоний

и аммофос. Количество питательных веществ в удобрении (в нашем случае азота) вычисляют в мас. % или кг азота / т удобрения.

Наиболее простым способом определения содержания аммиачного азота в удобрениях является метод заместительного кислотно-основного титрования. При взаимодействии солей аммония с формальдегидом образуется гексаметилентетраамин (уротропин) и соответствующая кислота, количества, которых эквиваленты количеству взятой соли. Титрованием образовавшейся кислоты определяют содержание соли аммония в растворе или навеске.

Методика эксперимента

К аликвоте исследуемого раствора объемом 10,0 мл прибавляют 5,0 мл предварительно нейтрализованного 20 % раствора формальдегида и 2–5 капель 1% раствора фенолфталеина. Смесь перемешивают и оставляют на 3–5 минут, после чего титруют ее раствором гидроксида натрия до появления не исчезающей розовой окраски. Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл.

Реактивы: 0,10 моль/л NaOH, 20 % водный раствор формальдегида, 1% р-р фенолфталеина.

Оборудование: мерная колба на 100 мл с задачей, бюретка на 25 мл, пипетка Мора на 10 мл, мерный цилиндр, колбы для титрования (150–200 мл)

1. *Какими солями образованы описанные выше удобрения? Каким образом их получают в промышленности?*
2. *Напишите уравнения химических реакций, используемых для определения солей аммония в растворе?*
3. *В мерной колбе выдан раствор сернокислого аммония, доведите его до метки дистиллированной водой. Зная массу навески, из которой приготовлен раствор, определите массовую долю сульфата аммония в удобрении и вычислите массовую долю азота в удобрении.*

1.2.3. Задание 11 класса

Фенолы являются одним из распространенных техногенных загрязнителей поверхностных вод, поступающих со сточными водами предприятий нефтеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической промышленности и ряда других отраслей. Кроме того, фенолы образуются в процессе метаболизма некоторых организмов, а также при биохимической деструкции органических веществ.

В силу того, что фенолы оказывают влияние на органолептические свойства воды и являются токсичными для большинства живых организмов и человека, контроль их содержания в сточных водах является актуальной задачей. Несмотря на то, что в сточных водах могут содержаться различные по структуре фенолы, на практике расчет ведут на фенол.

Методика количественного определения фенолов

Аликвоту анализируемого раствора объемом 10 мл переносят пипеткой в коническую колбу для титрования, прибавляют пипеткой 20 мл бромат-бромидной смеси¹, 10 мл раствора серной кислоты, тщательно перемешивают, закрывают пробкой и оставляют на 30 мин. Затем прибавляют 10 мл раствора иодида калия, перемешивают и снова закрывают

¹Бромат-бромидная смесь представляет собой раствор, содержащий бромат и бромид калия.

пробкой. Через 5 мин титруют раствором тиосульфата натрия, прибавляя в конце титрования, когда окраска раствора станет светло-желтой, 1 мл раствора крахмала. Титрование продолжают до исчезновения синей окраски раствора. Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся не более чем на 0,1 мл. После выполнения определения фенолов проводят холостой опыт с целью определения точной концентрации бромид-броматной смеси, для чего в коническую колбу для титрования вносят 20 мл бромат-бромидной смеси, 10 мл раствора серной кислоты, 10 мл раствора иодида калия, смесь тщательно перемешивают, закрывают пробкой и оставляют на 5–10 минут, после чего раствор титруют тиосульфатом натрия аналогично анализируемой пробе.

Реактивы: 0,10 моль/л раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 1 моль/л H_2SO_4 , бромат-бромидная смесь, 10 % раствор иодида калия, 1,0 % коллоидный раствор крахмала

Оборудование: мерная колба на 100 мл с задачей, пипетки Мора на 10 и 20 мл, бюретка на 25 мл, колбы конические для титрования с пробкой.

1. Доведите объем раствора в мерной колбе до 100 мл дистиллированной водой и определите содержание фенола (в мг/л) в полученном растворе.
2. Напишите уравнения реакций, протекающих при определении фенола.

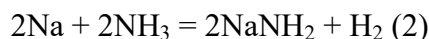
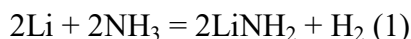
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

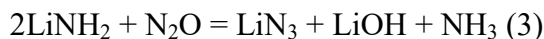
2.1.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

При растворении щелочных металлов в жидком аммиаке образуются амиды:



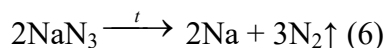
При взаимодействии амидов с оксидом азота (I) образуются азиды:



Термическое разложение азидов идёт по уравнениям:



1 моль LiN_3 даёт 1,33 моль N_2 (29,87 л при н. у.)



1 моль NaN_3 дают 1,5 моль N_2 (33,60 л при н. у.)

Приведем объём выделившегося газа к н. у., предварительно выразив давление в кПа, а температуру в К:

$$\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} \Rightarrow V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{96 \cdot 7,304 \cdot 273}{298 \cdot 101,325} = 6,34 \text{ л.}$$

Составим систему уравнений для расчета масс азидов в исходной смеси, приняв, что x и y – соответственно массы азидов лития и натрия в смеси.

$$x + y = 11,4 \text{ г}$$

$$\frac{29,87}{49}x + \frac{33,60}{65}y = 6,34$$

Второе уравнение представляет собой связь объёма выделившегося азота с массами азидов.

Решая полученную систему уравнений, найдем массы азидов лития и натрия:

$$m(\text{LiN}_3) = x = 4,87 \text{ г,}$$

$$m(\text{NaN}_3) = y = 6,53 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовые доли азидов:

$$\omega(\text{LiN}_3) = \frac{4,87}{11,4} \cdot 100 = 42,72 \%,$$

$$\omega(\text{NaN}_3) = \frac{6,53}{11,4} \cdot 100 = 57,28 \%$$

Разбалловка

Написание уравнений (1) – (4)	4 x 1 б. = 4 б.
Написание уравнений (5) и (6)	2 x 1 б. = 2 б.
Вычисление масс азидов лития и натрия в смеси	3 б.
Вычисление массовых долей азидов лития и натрия	2 x 0,5 б. = 1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

Определим металл **X**, зная его массовую долю в нитрате.

$$w(X) = \frac{A}{A + 62x} = 0.62538 \quad \text{или } A = 103,33n$$

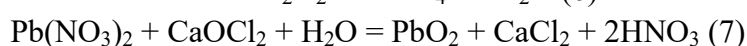
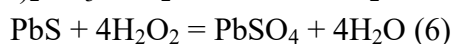
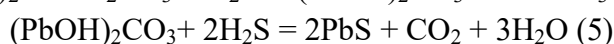
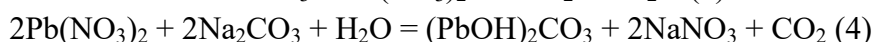
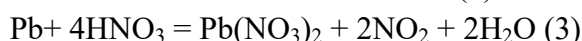
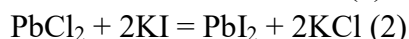
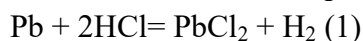
где A – атомная масса металла **X**, n – его валентность.

При $n = 1$ $A = 103,33$, что близко к родию.

При $n = 2$ $A = 206,67$, что соответствует свинцу.

В силу того, что родий является редким благородным металлом, то **X** – это свинец.

Напишем все уравнения реакций, отвечающих цепочке превращений:



A ₁	Pb(NO ₃) ₂	A ₄	PbSO ₄	A ₆	PbCl ₂
A ₂	(PbOH) ₂ CO ₃	A ₅	PbO ₂	A ₇	PbI ₂
A ₃	PbS				

Вещество **A**₂ – белое, **A**₃ – черное, **A**₇ – желтое.

Разбалловка

Определение металла X (без расчета – 0,5 б.)	1 б.
Написание уравнений (1) – (8)	8 x 0,5 б. = 4 б.
Определение веществ A ₁ – A ₇	7 x 0,5 б. = 3,5 б.
Названы цвета осадков	3 x 0,5 б. = 1,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Определим вещество **B**, зная, что это бескислородная кислота, формулу которой можно представить как H_nЭ, где n – валентность элемента Э. Предположим, что нам дана массовая доля водорода – 2,74 %, тогда:

$$w(H) = \frac{1 \cdot n}{1 \cdot n + A(\text{Э})} = 0,0274$$

$$36,5n = n + A(\text{Э})$$

$$A(\text{Э}) = 35,5n$$

При $n = 1$, $A(\text{Э}) = 35,5$, что соответствует хлору;

При $n = 2$, $A(\text{Э}) = 71,0$, нет подходящего элемента;

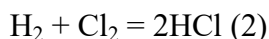
При $n = 3$, $A(\text{Э}) = 106,5$, что соответствует палладию;

При $n = 4$, $A(\text{Э}) = 142,0$, нет подходящего элемента.

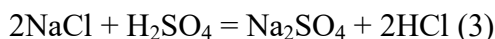
Так как палладий не образует водородных соединений, обладающих кислотными свойствами, то **B** – это хлороводород (HCl).

Так как В получается при обработке Б серной кислотой, можно предположить, что А – сульфат, а Б – хлорид металла, распространенного в природе. Это может быть натрий или калий, магний или кальций. Подсказкой служит название минералов. Мирабилит – декагидрат сульфата натрия, тенардит – безводный сульфат натрия. Таким образом, А – сульфат натрия, Б – хлорид натрия. Доказать, что катион – натрий можно используя результаты получения хлороводорода (В) из продуктов электролиза раствора хлорида натрия (Б).

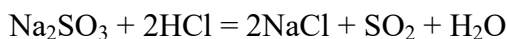
Запишем уравнения реакций:



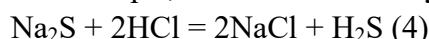
Согласно уравнениям 2 моль хлороводорода образуется из 2 моль хлорида натрия. В нашем случае, $n(\text{HCl}) = 382,9 / 22,4 = 17,09$ моль образуется из $n(\text{NaCl}) = 1000/58,5 = 17,09$ моль. Что подтверждает выбор катиона натрия.



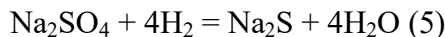
Вещество Г образуется при восстановлении А, то есть это может быть либо сульфит, либо сульфид натрия. Напишем уравнение взаимодействия сульфита натрия и сульфида натрия с хлороводородной кислотой:



При взаимодействии $3,9 / 126 = 0,031$ моль сульфита натрия с хлороводородной кислотой образуется $0,031 \cdot 64 = 1,98$ г диоксида серы, что не соответствует условиям задачи.



При взаимодействии $3,9 / 78 = 0,05$ моль сульфида натрия с хлороводородной кислотой образуется $0,05 \cdot 34 = 1,70$ г сероводорода, что соответствует условиям задачи. То есть Г – сульфид натрия, Д – сероводород.



Разбалловка

Определение веществ А–Д	5x1 б. = 5 б.
Написание уравнений (1)–(5)	5x1 б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Определим вещество А, предполагая, что это бинарное соединение железа и иода, формулу которой можно представить в виде Fe_nI_m . Возможные варианты значений это $[n=1, m=2]$ для иодида железа (II), $[n=1, m=3]$ для иодида железа (III), $[n=3, m=8]$ для смешанного иодида железа (II, III). Также нам дана массовая доля железа в соединении – 14,16 %, тогда произведем расчеты и выберем необходимое нам соединение:

$$w(\text{Fe}) = \frac{A(\text{Fe}) \cdot n}{A(\text{Fe}) \cdot n + A(\text{I}) \cdot m} = 0,1416$$

Под данные условия подходит смешанный иодид железа (II, III), значит соединение А – Fe_3I_8 .

Уравнение получения выглядит следующим образом:



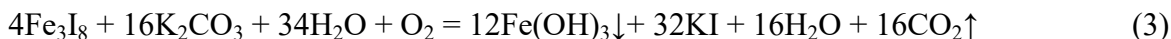
Степени окисления железа в веществе А +2 и +3.

Поскольку происходит процесс гидролиза и кипячения, бурый осадок имеет формулу $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ или более привычного вида $Fe(OH)_3$. $Fe(OH)_2$ в процессе кипячения окисляется до $Fe(OH)_3$, поэтому в осадке отсутствует.

Уравнение образования бурого осадка выглядит следующим образом:



или



или



Для решения задачи рассчитаем количества веществ иода и железа, которые вступают в реакцию:

$$n(Fe) = \frac{m(Fe)}{M(Fe)} = \frac{8,0}{55,85} = 0,143 \text{ моль}$$

$$n(I_2) = \frac{m(I_2)}{M(I_2)} = \frac{25,0}{253,8} = 0,099 \text{ моль}$$

Поскольку иод в недостатке, расчеты будем проводить по нему. Из уравнения реакции (1) видно, что на каждые 4 моль иода мы получаем 1 моль конечного продукта, также учтем выход в 94%:

$$n(Fe_3I_8) = \frac{n(I_2)}{4} \cdot 0,94 = \frac{0,099}{4} \cdot 0,94 = 0,023 \text{ моль}$$

Из любого из уравнений реакций (2–4) видно, что из 1 моль иодида железа (II, III) образуется 8 моль иодида калия, также учтем выход в 56%:

$$n(KI) = n(Fe_3I_8) \cdot 8 \cdot 0,56 = 0,023 \cdot 8 \cdot 0,56 = 0,103 \text{ моль}$$

Рассчитаем массу иодида калия:

$$m(KI) = n(KI) \cdot M(KI) = 0,103 \cdot 166 = 17,098 \text{ г}$$

Разбалловка

Определение вещества А	2 б.
Написание уравнения (1)	1 б.
Определение степеней окисления железа в веществе А	1 б.
Определение состава бурого осадка, при упоминании присутствия в осадке гидроксида железа (II) – 0 б.	1 б.
Написание любого из уравнений (2) – (4)	3 б.
Вычисление массы иодида калия	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

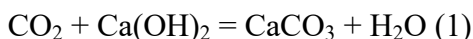
Определим вещество А по продуктам разложения В и Г.

$$m(\Gamma) = m(A) - m(B) = 4,40 \text{ г}$$

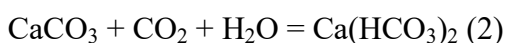
$$V(\Gamma) = 2240 \text{ мл} = 2,24 \text{ л}$$

$$\implies M(\Gamma) = 44 \text{ г/моль, под подобные условия}$$

подходит несколько газов, например, N_2O , C_3H_8 , CO_2 , однако только CO_2 будет давать осадок с известковой водой по реакции:

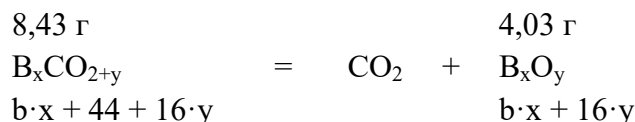


И осадок карбоната кальция будет растворяться при дальнейшем пропускании углекислого газа:



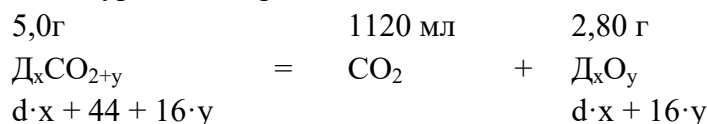
Следовательно, газ Г – CO₂.

Из этого запишем уравнение разложения А в более точном виде:



После преобразований получим уравнение вида $b \cdot x + 16 \cdot y = 40,3$. Перебором коэффициентов получим, что искомый металл В – магний, вещество А – карбонат магния.

Для вещества Б известно, что анион идентичен, следовательно можно записать уравнение разложения, аналогичное уравнению разложения А:



После преобразований получим уравнение вида $d \cdot x + 16 \cdot y = 56$. Перебором коэффициентов получим, что искомое вещество Б – карбонат кальция.

Формула доломита – CaCO₃·MgCO₃.

1. Запишем уравнение реакции разложения карбоната магния:



Рассчитаем ΔH реакции по закону Гесса:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}^{298}} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}^{298}} \text{исходных веществ} = \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{MgO}_{(\text{к})}) - \Delta H^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{MgCO}_{3(\text{к})}) = -393,50 - 601,50 + 1095,85 = 100,85 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Рассчитаем ΔS реакции по закону Гесса:

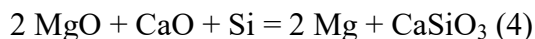
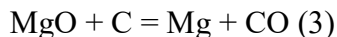
$$\Delta S^{\circ}_{298} = \sum \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}^{298}} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}^{298}} \text{исходных веществ} = \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{CO}_{2(\text{г})}) + \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{MgO}_{(\text{к})}) - \Delta S^{\circ}_{\text{обр.}^{298}}(\text{MgCO}_{3(\text{к})}) = 213,67 + 27,07 - 65,10 = 175,64 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Точкой, после которой станет возможно самопроизвольное протекание процесса, является состояние, при котором $\Delta G = 0$. Рассчитаем его: $\Delta G = \Delta H - T \Delta S = 100\,850 - T \cdot 175,64 = 0$

$$T = \frac{100\,850}{175,64} = 574,19 \text{ К}$$

Таким образом, при температуре выше 574,19 К возможно самопроизвольное протекание реакции.

2. К промышленным способам получения магния из оксида магния можно отнести восстановление углеродом (чистый оксид магния) с образованием угарного газа или кремнием (в смеси с оксидом кальция) по следующим реакциям:



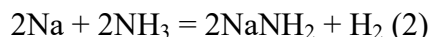
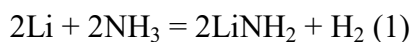
Разбалловка

Определение веществ А–Г и доломита	5x0,5 б. = 2,5 б.
Написание уравнений (1), (2)	2x0,5 б. = 1 б.
Написание уравнения разложения карбоната магния с указанием фазовых состояний веществ, без указания – 0,5 б.	2 б.
Расчет ΔH и ΔS для реакции разложения карбоната магния, расчет температуры, при которой становится возможным самопроизвольное протекание процесса	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнения (3) или (4)	1,5 б.
ИТОГО	10 б.

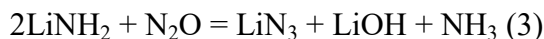
2.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

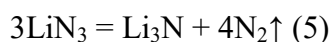
При растворении щелочных металлов в жидком аммиаке образуются амиды:



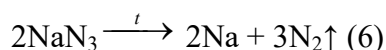
При взаимодействии амидов с оксидом азота (I) образуются азиды:



Термическое разложение азидов идёт по уравнениям:



1 моль LiN_3 даёт 1,33 моль N_2 (29,87 л при н. у.)



1 моль NaN_3 дают 1,5 моль N_2 (33,60 л при н. у.)

Приведем объём выделившегося газа к н. у., предварительно выразив давление в кПа, а температуру в К:

$$\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{PV}{T} \Rightarrow V_0 = \frac{PVT_0}{TP_0} = \frac{96 \cdot 7,304 \cdot 273}{298 \cdot 101,325} = 6,34 \text{ л.}$$

Составим систему уравнений для расчета масс азидов в исходной смеси, приняв, что x и y – соответственно массы азидов лития и натрия в смеси.

$$x + y = 11,4 \text{ г}$$

$$\frac{29,87}{49}x + \frac{33,60}{65}y = 6,34$$

Второе уравнение представляет собой связь объёма выделившегося азота с массами азидов.

Решая полученную систему уравнений, найдем массы азидов лития и натрия:

$$m(\text{LiN}_3) = x = 4,87 \text{ г,}$$

$$m(\text{NaN}_3) = y = 6,53 \text{ г.}$$

Рассчитаем массовые доли азидов:

$$\omega(\text{LiN}_3) = \frac{4,87}{11,4} \cdot 100 = 42,72 \%,$$

$$\omega(\text{NaN}_3) = \frac{6,53}{11,4} \cdot 100 = 57,28 \%$$

Разбалловка

Написание уравнений (1) – (4)	4 x 1 б. = 4 б.
Написание уравнений (5) и (6)	2 x 1 б. = 2 б.
Вычисление масс азидов лития и натрия в смеси	3 б.
Вычисление массовых долей азидов лития и натрия	2 x 0,5 б. = 1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Предположим, что металл Э – это марганец. Такой вывод можно сделать на основании следующих заключений:

– элемент проявляет различные степени окисления, причем максимальная степень окисления выше +4;

– соединения элемента в различных степенях окисления имеют малиновую и зеленую окраски.

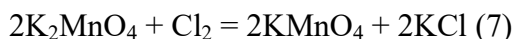
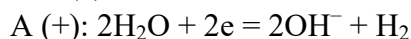
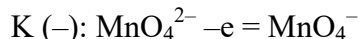
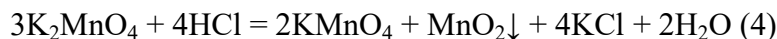
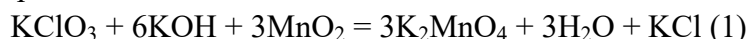
Так как **X** образуется при окислении диоксида марганца в щелочной среде, то вероятно это – манганат калия (K_2MnO_4), что подтверждается вычислением массовой доли марганца:

$$w(Mn) = \frac{55}{39 \cdot 2 + 55 + 16 \cdot 4} \cdot 100 = 27,92\%$$

Так как **Y** может быть получен при окислении **X** (электролиз или реакция с хлором), то это перманганат калия. Предположение подтверждается расчетом массовой доли марганца:

$$w(Mn) = \frac{55}{39 + 55 + 16 \cdot 4} \cdot 100 = 34,81\%$$

Запишем уравнения реакций:



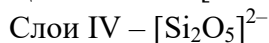
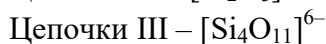
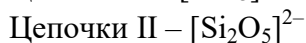
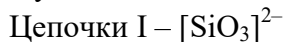
Перманганат калия (**Y**) используется в медицине и быту в качестве антисептического средства, основное применение в промышленности и лабораторной практике – окислитель в синтезе органических и неорганических веществ.

Разбалловка

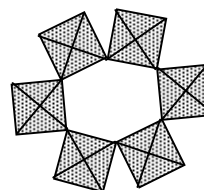
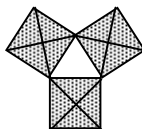
Определение веществ X , Y и элемента Э	3x0,5 б. = 1,5 б.
Написание уравнений (1)–(7)	7x1 б. = 7 б.
Написание процессов на электродах при электролизе X	0,5 б.
Написание применения перманганата калия	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3

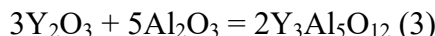
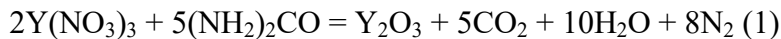
Для определения состава цепочек и слоев необходимо выделить повторяющиеся фрагменты и установить их состав:



Состав $[SiO_3]^{2-}$ будут иметь любые циклические островные силикаты, например:



$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot z}{V}$, где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³. Для расчета Z достаточно сведений, приведенных в тексте, анализировать рисунок не требуется. По описанию ясно, что в ячейке содержится 16 атомов алюминия, что, с учетом формулы граната, дает $Z = 8$, $M = 498$, $R = \text{Fe}$.



Разбалловка

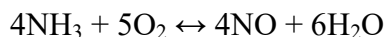
Определены химические формулы силикат-анионов, описывающие состав структур I–IV	4x1 б. = 4 б.
Предложена структура островного силикат-иона, имеющего простейший состав, аналогичный цепочкам I	1 б.
Определите катион Fe^{2+} в составе обсуждаемого граната	2 б.
Написаны уравнения реакций (1) – (3)	3x1 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

По описанию, А – это аммиак (NH_3), который при каталитическом окислении превращается в оксид азота (II) NO . Данная реакция является важной стадией производства азотной кислоты HNO_3 . $M(\text{NO}) / M(\text{NH}_3) = 1.765$, что соответствует условию.

А – NH_3 , Б – NO , В – HNO_3 .

Уравнение реакции:



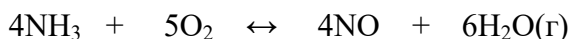
Тепловой эффект реакции:

$$Q = 6Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) + 4Q_{\text{обр}}(\text{NO}) - 4Q_{\text{обр}}(\text{NH}_3) = 6 \cdot 242 + 4 \cdot (-91) - 4 \cdot 46 = \mathbf{904 \text{ кДж}}$$

3. Факторы, позволяющие повысить выход **NO** в данной реакции:

- уменьшение температуры;
- уменьшение давления;
- увеличение концентраций (парциальных давлений) аммиака и кислорода;
- уменьшение концентраций (парциальных давлений) NO и воды(г);

4. Если NO и кислород введены в мольном соотношении 1:2, и общее давление в колбе при этом составило 600 мм. рт. ст., то парциальное давление NO равно 200 мм.рт.ст, а парциальное давление кислорода – 400 мм.рт.ст. Составим схему:



исходные давления (в мм.рт.ст)	200	400			
вступило в реакцию	4x	5x			
осталось/образовалось	200 – 4x	400 – 5x	4x	6x	(200 – 4x) +
равновесное давление в мм.рт.ст.	40	200	160	240	(400 – 5x) + 4x
равновесное давление в барах	0.0533	0.2667	0.2133	0.32	+ 6x = 640, x = 40

Равновесный выход реакции:

$$\eta = 4 \times 40 / 200 = 0.8 \text{ или } 80\%$$

Константа равновесия:

$$K_p = \frac{(0.2133)^4 \times (0.32)^6}{(0.0533)^4 \times (0.2667)^5} = 204$$

$$5. n(\text{NO}) = 0.3 / 30 = 0.01 \text{ моль}$$

$$p(\text{NO}) = 101.325 \times 160 / 760 = 21.33 \text{ кПа}$$

$$V = n \times R \times T / p = 0.01 \times 8.31 \times 523 / 21.33 = 2 \text{ л}$$

Разбалловка

Формулы веществ А, Б и В	1x3 = 3 б.
Уравнение реакции	1 б.
Тепловой эффект	1 б.
Факторы, позволяющие повысить выход Б	1 б.
Равновесный выход реакции	2 б.
Константа равновесия	1 б.
Объем реакционного сосуда	1 б.
ИТОГО	10 баллов

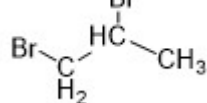
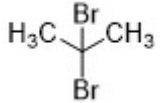
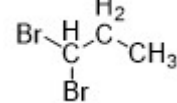
Задача №10-5

Определим вещество А по продуктам горения. Зловонная коричневая жидкость – бром, после приведения продуктов реакции горения к стандартным условиям сконденсировалась вода. Из количеств веществ элементов в этих соединениях сможем посчитать простейшую формулу вещества А.

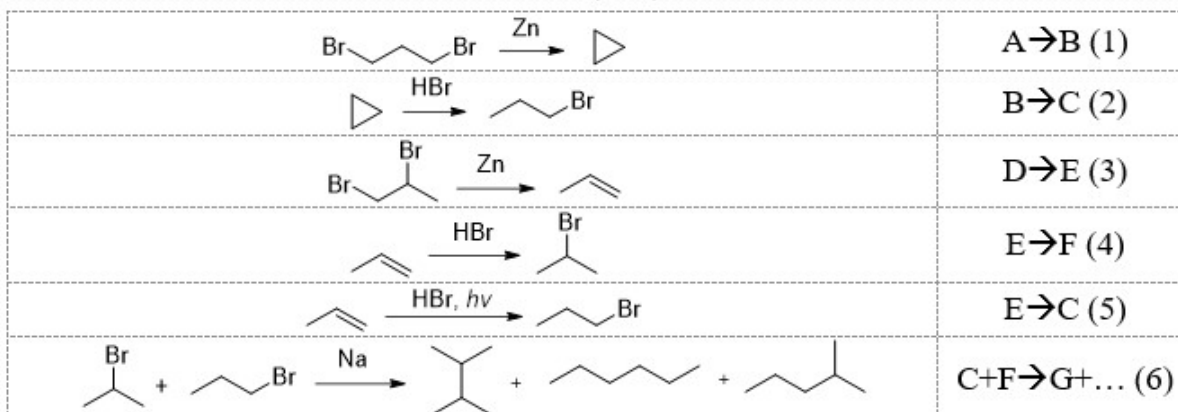
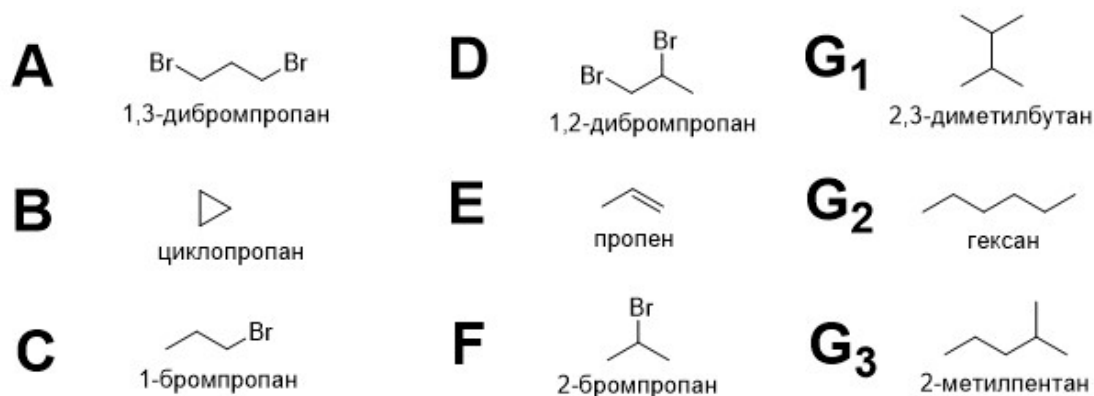
	Углерод	Водород	Бром
Масса/объем соединений после сжигания	0,672 л (CO ₂)	0,54 г (H ₂ O)	Проведем расчеты позже
Количество в-ва продуктов	0,03 моль (CO ₂)	0,03 моль (H ₂ O)	
Количество в-ва элементов	0,03 моль (C)	0,06 моль (H)	
Соотношение	3	6	X

Предварительный простейший состав описывается формулой C₃H₆Br_x. Теперь необходимо понять, какая масса брома образовалась при горении. Просуммируем вычисленные массы элементов и вычтем из массы исходной пробы. $m_{\text{(вычисл)}} = \sum(n_{\text{элемента}} \cdot M_{\text{элемента}}) = n_{\text{C}} \cdot M_{\text{C}} + n_{\text{H}} \cdot M_{\text{H}} = 0,03 \cdot 12 + 0,06 \cdot 1 = 0,42 \text{ г}$. Масса элементов меньше массы исходной навески, следовательно, оставшиеся 1,6 г приходятся на бром, $n_{\text{Br}} = m_{\text{Br}} / M_{\text{Br}} = 1,6 / 80 = 0,02 \text{ моль}$, значит полный простейший состав описывается формулой C₃H₆Br₂.

1. По условиям задачи составим таблицу для выяснения веществ А и D.

	Структура 1	Структура 2	Структура 3	Структура 4
Формула				
Название	1,3-Дибромпропан	1,2-Дибромпропан	2,2-Дибромпропан	1,1-Дибромпропан
Продукт полного гидролиза	Пропан-1,3-диол	Пропан-1,2-диол	Ацетон	Пропаналь
Реакция с 2,4-ДНФГ	-	-	+	+

При дегалогенировании образует простейшее вещество нового класса	+	-		
Вывод	Вещество А	Вещество D	Не подходят по условиям задачи	



2. В соединении В, циклопропане, внутренний угол равен 60° , в то время как нормальный угол между связями для sp^3 -гибридизированных электронных орбиталей составляет $109^\circ 28'$. Из-за этого напряжения валентных углов происходит искажение орбиталей, они частично оказываются в состоянии sp^2 -гибридизации, что обеспечивает значительно более высокую реакционную способность и способность вступать в реакции присоединения за счет раскрытия цикла.

Разбалловка

Определение брутто-формулы вещества А	1 б.
Изображение структур веществ А–G ₃	9x0,25 б. = 2,25 б.
Написание названий веществ А–G ₃	9x0,25 б. = 2,25 б.
Написание схем реакций (1) – (6)	6x0,5 б. = 3 б.
Объяснение способности В вступать в реакции присоединения	1,5 б.
ИТОГО	10 б.

2.1.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

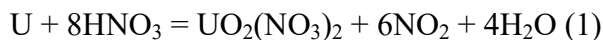
Продукт взаимодействия урана с азотной кислотой – нитрат уранила. Из водного раствора может кристаллизоваться безводный нитрат или его гидраты.

$$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot z}{V}$$

, где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³. Если формульную единицу записывать на 1 атом урана, то нахождение в ячейке 4 атомов указывает на $Z = 4$, тогда $M \approx 502$, что соответствует $A = UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.

В координационную сферу иона уранила могут входить не только нитрат-ионы, но и молекулы воды. Уран в степени окисления +6 не имеет “собственных” валентных электронов, значит вклады могут давать только уранильные атомы кислорода и лиганды. Наиболее близкое к 18 значение реализуется в комплексе $[UO_2(NO_3)_2(H_2O)_2]$ ($3.9 \cdot 2 + 3.1 \cdot 2 + 1.9 \cdot 2 = 17.8$), тогда формула – $[UO_2(NO_3)_2(H_2O)_2] \cdot 4H_2O$.

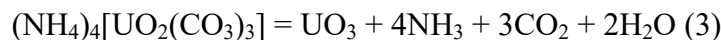
Добавление карбоната к нитрату может приводить к образованию карбонатных комплексов. Для $[UO_2(CO_3)_3]^{4-}$ реализуется идеальная 18-электронная оболочка ($3.9 \cdot 2 + 3.4 \cdot 3 = 18$), тогда $B = (NH_4)_4[UO_2(CO_3)_3]$. На этот же состав указывает потеря массы.



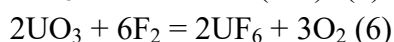
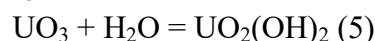
(допускается запись продукта в виде $[UO_2(NO_3)_2(H_2O)_2]$)



(допускается запись нитрата в виде $[UO_2(NO_3)_2(H_2O)_2]$)



(соответствует указанной потере массы)

**Разбалловка**

Определен состав кристаллов A	2 б.
Записана координационная формула вещества A	3 б.
Установлен состав кристаллов B .	2 б.
Записаны уравнения реакций (1) – (5)	6x0,5 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-2

Предположим, что металл Э – это марганец. Такой вывод можно сделать на основании следующих заключений:

- элемент проявляет различные степени окисления, причем максимальная степень окисления выше +4;
- соединения элемента в различных степенях окисления имеют малиновую и зеленую окраски.

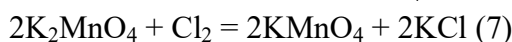
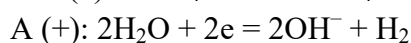
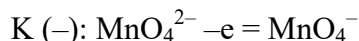
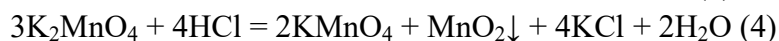
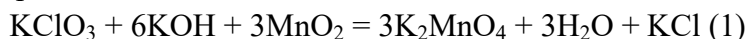
Так как **X** образуется при окислении диоксида марганца в щелочной среде, то вероятно это – манганат калия (K_2MnO_4), что подтверждается вычислением массовой доли марганца:

$$w(\text{Mn}) = \frac{55}{39 \cdot 2 + 55 + 16 \cdot 4} \cdot 100 = 27,92\%$$

Так как Y может быть получен при окислении X (электролиз или реакция с хлором), то это перманганат калия. Предположение подтверждается расчетом массовой доли марганца:

$$w(\text{Mn}) = \frac{55}{39 + 55 + 16 \cdot 4} \cdot 100 = 34,81\%$$

Запишем уравнения реакций:



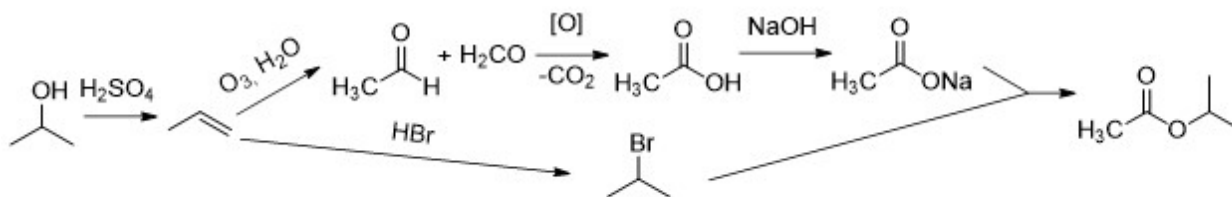
Перманганат калия (Y) используется в медицине и быту в качестве антисептического средства, основное применение в промышленности и лабораторной практике – окислитель в синтезе органических и неорганических веществ.

Разбалловка

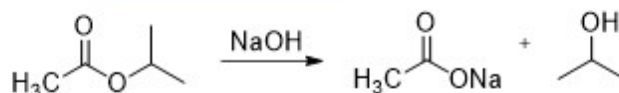
Определение веществ X, Y и элемента Э	3x0,5 б. = 1,5 б.
Написание уравнений (1)–(7)	7x1 б. = 7 б.
Написание процессов на электродах при электролизе X	0,5 б.
Написание применения перманганата калия	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-3

Вещество В – изопропанол, вещество А – изопропилацетат, газ тяжелее воздуха – углекислый газ.



Гидролиз натриевой щелочью изопропилацетата



1)

$$k_1 = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT_1}\right)$$

$$k_2 = k_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT_2}\right)$$

$$\frac{k_1}{k_2} = \exp\left(-\frac{E_a}{RT_1} + \frac{E_a}{RT_2}\right)$$

$$\ln \frac{k_1}{k_2} = \frac{E_a(T_1 - T_2)}{RT_1 T_2} \Rightarrow E_a = \frac{RT_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \frac{k_1}{k_2}$$

$$E_a = 61357,3 \text{ Дж}$$

$$\ln \frac{0,003}{0,005} = \frac{61357,3(T_1 - 313)}{8,314 T_1 313}$$

$$T_1 = 306,4 \text{ К}$$

2)

$$t = \frac{1}{k([A]_0 - [B]_0)} \ln\left(\frac{[B]_0[A]}{[A]_0[B]}\right)$$

Изопропилацетат взять в недостатке, его концентрация после полураспада будет равна 0,025 моль/л; концентрация щелочи $0,2 - 0,025 = 0,175$ моль/л. Подставим данные в кинетическое уравнение, получим $t_{1/2} = 746,2$ мин.

$$\text{pOH} = -\lg 0,175 = 0,76$$

$$\text{pH} = 14 - 0,76$$

3) Добавление кислот, уменьшение температуры.

Разбалловка

Выяснена структура вещества А	16.
Написано уравнение щелочного гидролиза эфира.	16.
Выведена формула для энергии активации.	16.
Рассчитана энергия активации.	26.
Рассчитана температура.	26.
Рассчитан период полураспада.	16.
Рассчитан рН.	16.
Сделан вывод о смещении равновесия.	16.
ИТОГО	106.

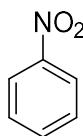
Задача №11-4

Определим вещество А по продуктам горения. Непоглощаемый газ, образующийся при сжигании органических соединений – азот, после охлаждения сконденсировалась вода, все остальное – углекислый газ. Из количеств веществ элементов в этих соединениях сможем посчитать простейшую формулу вещества А.

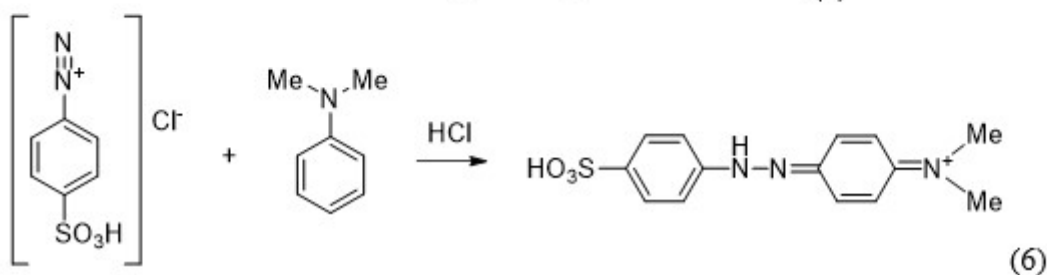
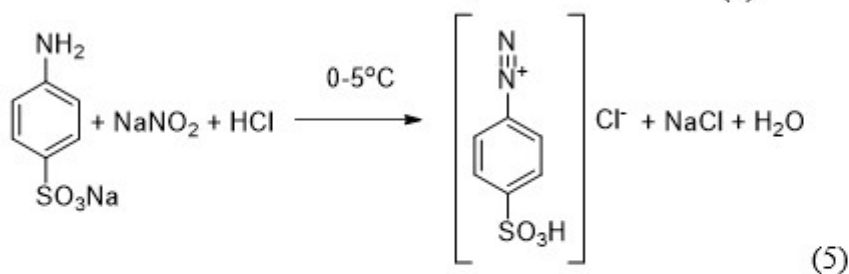
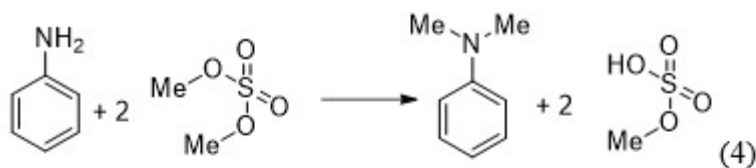
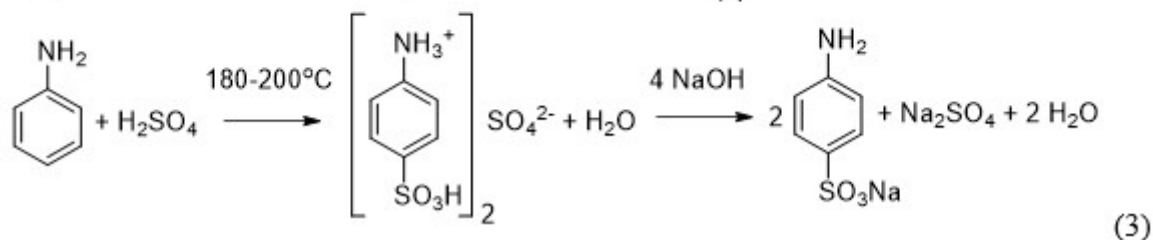
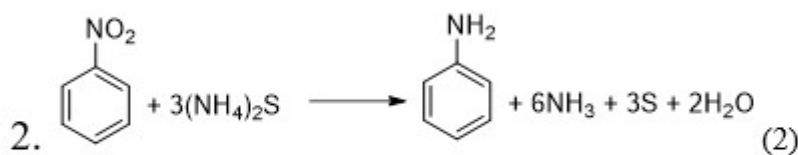
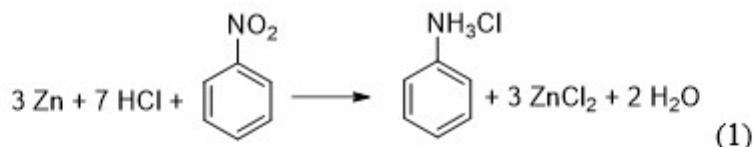
	Углерод	Водород	Азот
Масса/объем соединений после сжигания	10,56 г (CO ₂)	1,8 г (H ₂ O)	0,448 л (N ₂)
Количество в-ва продуктов	0,24 моль (CO ₂)	0,10 моль (H ₂ O)	0,02 моль (N ₂)
Количество в-ва элементов	0,24 моль (С)	0,20 моль (Н)	0,04 моль (N)
Соотношение	6	5	1

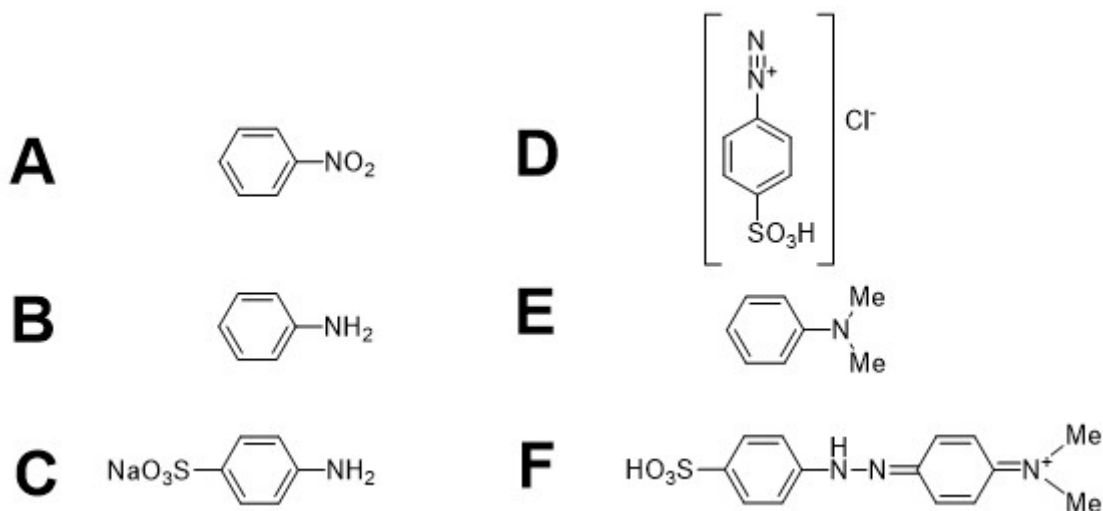
Предварительный простейший состав описывается формулой C₆H₅N. Теперь необходимо понять, есть ли ещё какие-то элементы в составе, или найден простейший состав вещества. Просуммируем вычисленные массы элементов и сравним с массой исходной пробы. $m = \sum(n_{\text{элемента}} \cdot M_{\text{элемента}}) = n_{\text{C}} \cdot M_{\text{C}} + n_{\text{H}} \cdot M_{\text{H}} + n_{\text{N}} \cdot M_{\text{N}} = 0,24 \cdot 12 + 0,20 \cdot 1 + 0,04 \cdot 14 = 3,64$ г. Масса элементов меньше массы исходной навески, следовательно, оставшиеся 1,28 г приходятся на кислород, $n_{\text{O}} = m_{\text{O}}/M_{\text{O}} = 1,28/16 = 0,08$ моль, значит полный простейший

состав описывается формулой $C_6H_5O_2N$. Судя по составу и отсутствию реакции с щелочью искомое соединение – нитробензол.



1. Условиями для проведения реакции могут выступить стружки железа или цинка в соляной кислоте, при взаимодействии которых выделяется водород.





Вещество F – метиловый оранжевый.

Разбалловка

Определение брутто-формулы вещества А и изображение его структурной формулы	2x1 б. = 2 б.
Предложение условий для реакции восстановления вещества А в В, написание уравнения реакции	2x1 б. = 2 б.
Изображение структур веществ В–F	5x1 б. = 5 б.
Написание тривиального названия вещества F	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

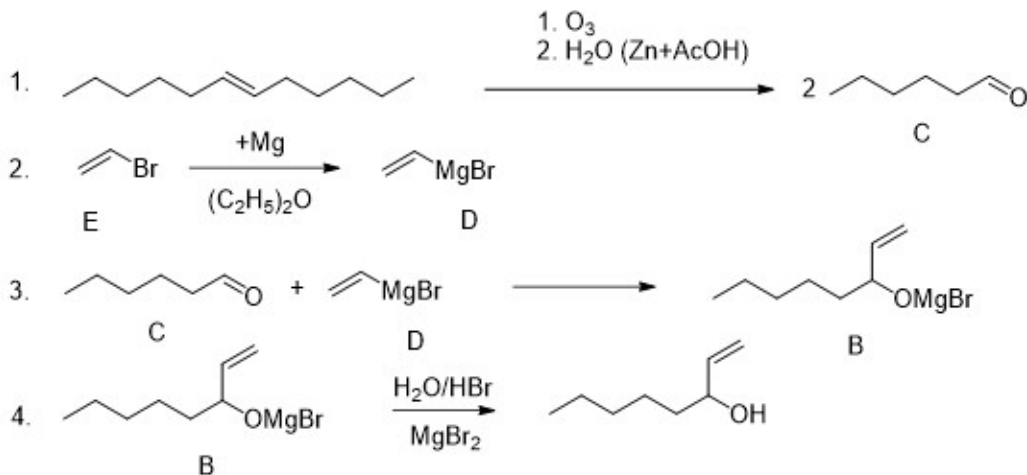
Соединение А содержит гидроксо-группу/группы, где $\omega(\text{O})=12,5\%$, а значит:

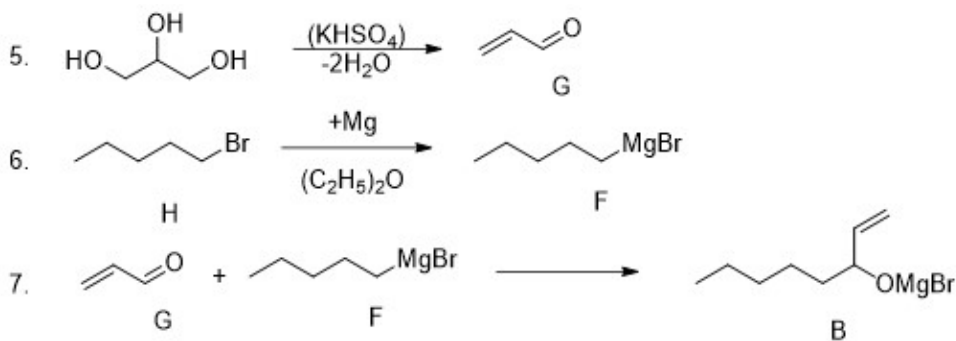
Молярная масса вещества А зависит от количества кислорода и выражается формулой: $M(\text{A}) = M(\text{O}) \cdot x(\text{O}) / \omega(\text{O}) = 16x / 0.125 = 128x$ г/моль

Соединения Е и Н содержат бром, где $\omega(\text{Br})_{\text{E}}=74.71\%$ и $\omega(\text{Br})_{\text{H}}=52.9\%$, а значит:

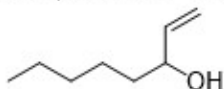
Молярная масса вещества Е зависит от количества брома и выражается формулой: $M(\text{E}) = M(\text{Br}) \cdot x(\text{Br}) / \omega(\text{Br})_{\text{E}} = 80x / 0.7471 = 107x$ г/моль.

Молярная масса вещества Н зависит от количества брома и выражается формулой: $M(\text{H}) = M(\text{Br}) \cdot x(\text{Br}) / \omega(\text{Br})_{\text{H}} = 80x / 0.529 = 151x$ г/моль





Вещество А – окт-3-ен-1-ол



Разбалловка

Написание реакций (1) – (7)	7x1=76.
Окт-1-ен-3-ол	26.
Структура вещества А	16.
ИТОГО	106.

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

2.2.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

1. Наиболее вероятно, что оксид ZO содержит 20% кислорода и 80% Z. Молярная масса оксида ZO: $M(ZO) = A_r(O) / \omega(O) = 16 / 0.2 = 80$ г/моль, тогда

$M(Z) = 80 - 16 = 64$ г/моль – это медь Cu

Представим оксид Y как $\text{Э}_2\text{O}_n$, где n – валентность элемента Э. Выразим атомную массу Э через n:

$M_r(\text{Э}_2\text{O}_n) = A_r(O) \cdot n / \omega(O) = 16n / 0.4396 = 36.4n$

$A_r(\text{Э}) = (36.4n - 16n) / 2 = 10.2n$

Перебором n от 1 до 8 получаем единственный разумный ответ при n = 5:

$A_r(\text{Э}) = 10.2n = 51$ г/моль – ванадий, тогда формула оксида V_2O_5 .

Формулу минерала X можно представить как $\text{Cu}_n\text{Fe}_m\text{S}_k$

При обжиге минерала на воздухе вся сера переходит в сернистый газ, то есть $n(\text{S}) = n(\text{SO}_2) = V / V_M = 0.448 / 22.4 = 0.02$ моль,

$m(\text{S}) = M(\text{S}) \times n(\text{S}) = 32 \times 0.02 = 0.64$ г

Тогда массовая доля серы в составе минерала

$\omega(\text{S}) = m(\text{S}) / m(\text{минерала}) = 0.64 / 1.84 = 0.3478$ или **34.78%**

Массовая доля меди в составе минерала также равна 34.78%

$\omega(\text{Fe}) = 100 - 34.78 \times 2 = 30.44\%$, тогда

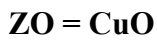
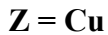
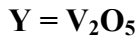
$n : m : k = (34.78 / 64) : (30.44 / 56) : (34.78 / 32) = 0.543 : 0.543 : 1.086 = 1 : 1 : 2$, то есть простейшая формула минерала – CuFeS_2

Данная формула также подтверждается составом твердого остатка после обжига:

$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{CuO}) = 0.8$ г

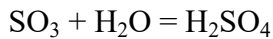
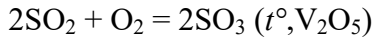
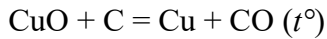
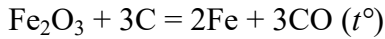
Итак, формулы искомым веществ:

X = CuFeS₂



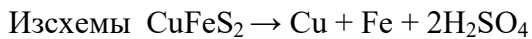
Минерал **X** называется **халькопирит**

2. Уравнения реакций:



3. Исходное количество минерала:

$$n(CuFeS_2) = m / M = 1000000 / 184 = 5434.78 \text{ моль}$$



получаем, что $n(Cu)_{\text{теор}} = n(Fe)_{\text{теор}} = n(CuFeS_2) = 5434.78 \text{ моль}$

$$n(Cu)_{\text{практ}} = n(Fe)_{\text{практ}} = n(CuFeS_2) \times \eta = 5434.78 \times 0.8 = 4347.83 \text{ моль}$$

$$m(Cu)_{\text{практ}} = n(Cu) \times M(Cu) = 4347 \times 64 = 278261 \text{ г} = \mathbf{278.26 \text{ кг}}$$

$$m(Fe)_{\text{практ}} = n(Fe) \times M(Fe) = 4347 \times 56 = 243478 \text{ г} = \mathbf{243.49 \text{ кг}}$$

$$n(H_2SO_4)_{\text{практ}} = 2n(CuFeS_2) \times \eta = 2 \times 5434.78 \times 0.8 = 8695.6 \text{ моль}$$

$$m(96\% H_2SO_4)_{\text{практ}} = n(H_2SO_4) \times M(H_2SO_4) / \omega(H_2SO_4) = \\ = 8695.6 \times 98 / 0.96 = 887681 \text{ г} = \mathbf{887.68 \text{ кг}}$$

Разбалловка

Расчет массовой доли серы	0.5 б.
Формулы веществ X , Y , Z , ZO	1×4 = 4б.
Название минерала X	0.5б.
Уравнения реакций	0.5×5 = 2.5 б.
Расчет массы железа,	0.5 б.
Расчет масс металла Z и 96% серной кислоты	1×2 = 2 б.
ИТОГО	10 баллов

Задача №9-2

1. Из кристаллической решетки видно, что сингония орторомбическая при этом из 12 атомов металла принадлежит элементарной ячейки 8 атомов, 4 в объеме и 4 из 8 атомов расположенных на двух гранях, итого 8 атомов.

Определим молекулярную массу по уравнению $\rho = \frac{A \cdot z}{a \cdot b \cdot c \cdot N_a}$, где ρ -плотность, A -

относительная атомная масса, z -количество атомов принадлежащих элементарной ячейке, a, b, c -геометрические параметры элементарной ячейки, N_a -число Авогадро.

$$A = \frac{\rho \cdot a \cdot b \cdot c \cdot N_a}{z} = \frac{5,91 \cdot 10^6 \cdot 4,519 \cdot 10^{-10} \cdot 7,658 \cdot 10^{-10} \cdot 4,526 \cdot 10^{-10} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{8}$$

$A = 69,68$ что соответствует Галлию $A_{Ga} = 69,723$.

2. С кислотами окислителями алюминий не реагирует из-за окисления поверхности металла и образования плотной оксидной пленки, процесс называют пассивацией.

3. При прокаливании гидроксидов выделяется вода и образуется оксид. Массовая доля воды $\omega = 0,438 / 5 = 0,0876$, молекулярная масса $M = 18 / 0,0876 = 207,61 \text{ г/моль}$.

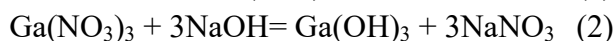
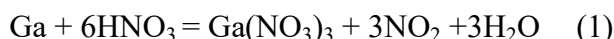
Исходя из уравнения $Me_x(OH)_y = Me_xO_{y-z} + zH_2O$ составим таблицу:

x \ y-z	1	2	3
1	189,61 (Os)	171,61	153,61
2	94,805	85,805 (Rb)	76,805 (Ga)

Только галлий из гидроксида при прокаливании дает оксид галлия III.

Метагидроксид галлия содержит 31,15 % кислорода, молекулярная масса на галлий и водород в зависимости от количества кислорода: 1O – 35,36, 2O – 70,72, 3O – 106,09 г/моль. Ближе всего к атомной массе галлия при 2 кислородах GaOOH метагидроксид галлия или метagalлиевая кислота HGaO₂.

4. Уравнения реакций:



Разбалловка

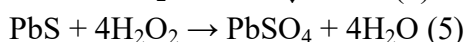
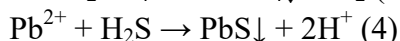
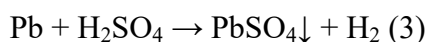
Определение металла и расчет по параметрам кристаллической решетки	2x1б. = 2 б.
Описание процесса пассивации алюминия	1 б.
Определение состава с расчетами	3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 = 4 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

1) Определим металлы в растворе

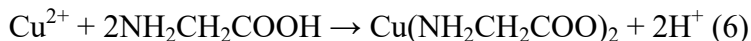
Раствор 1:

Очевидно, что по описанию это свинец

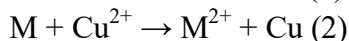
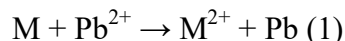


Раствор 2:

Из описания можно сделать вывод, что это медь



2)

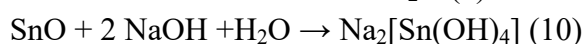
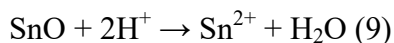


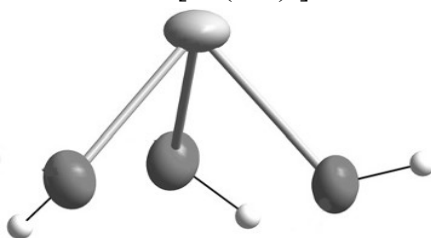
$$\frac{207n - \text{M}(\text{M})n}{X} = \frac{8,8}{100}$$

$$\frac{\text{M}(\text{M})n - 64n}{X} = \frac{5,5}{100}$$

Откуда M(M) = 119 г/моль, что соответствует Sn

3)



Ион $[\text{Sn}(\text{OH})_3]^-$ 

Геометрия – тетраэдр, пространственная форма треугольной пирамиды

Разбалловка

Написаны уравнения (1)-(8).	$8 \times 0,256 = 26.$
Написаны уравнения (9)-(10).	$2 \times 16 = 26.$
Определен металл пластинки.	46.
Определена геометрия иона.	26.
ИТОГО	106.

Задача №9-4

Гидролиз тионилхлорида протекает по уравнению:



Пропускание смеси $\text{SO}_2 + \text{HCl}$ через раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и H_2O_2 приводит к образованию осадка BaSO_4 за счет окисления образующегося сульфита бария.



Осадок **Б** – сульфат бария BaSO_4 , что подтверждается данными по массовой доле кислорода в этом соединении.

В ходе анализа образца на содержание воды образовалось $\frac{14,47}{233,4} = 0,0620$ моль BaSO_4 .

Из стехиометрии реакций следует, что в исходной навеске содержалось также 0,0620 моль воды или $0,0620 \cdot 18,02 = 1,117$ г H_2O . Массовая доля воды в образце равна $\frac{1,117}{2,377} = 0,4700$ или 47,00%.

Образование осадка сульфата бария свидетельствует о том, что в состав соли входил анион, содержащий серу. Это могли быть сульфид-, сульфит-, сульфат-, тиосульфат-анион и другие, поскольку в системе присутствовал окислитель – пероксид водорода.

Образовалось $\frac{2,334}{233,4} = 0,0100$ моль сульфата бария, следовательно в исходной навеске соли содержалось 0,0100 моль серы в составе некоторого аниона.

Ранее было найдено содержание воды в образце – 1,117 г.

Тогда в составе навески содержится 1,260 г соли, значит её молярная масса равна $\frac{1,260}{0,010} \cdot x = 126 \cdot x$ г/моль, где x – число атомов серы в формульной единице.

При $x=1$ получаем $M = 126$ г/моль, что соответствует сульфиту натрия, следовательно в исходной навеске содержался кристаллогидрат $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

Массовая доля сульфита натрия в образце составляет 53,00%. Также должно выполняться соотношение: $0,530 = \frac{126}{126+1 \cdot n}$, откуда $n = 6,20$.

Таким образом, молекулярная формула соли $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 6,2 \text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка

Написание уравнений (1), (2)	2x1 б. = 2 б.
Определение осадка Б	1 б.
Установление массовой доли воды в соединении А	2 б.
Установление формулы сульфита натрия	2,5 б.
Установление конечной формулы кристаллогидрата	2,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

Кирпичное окрашивание пламени – наличие в веществе катионов Ca^{2+} . Образование желтого осадка в присутствии молибдата аммония – наличие фосфат-ионов в веществе, значит вещество **А** – фосфат кальция.

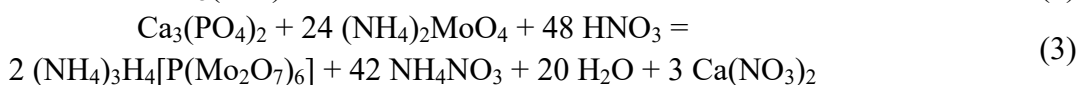
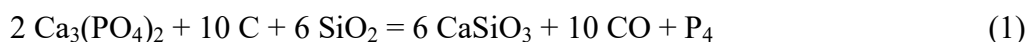
Стойкое вещество **Б** с высокой температурой плавления, которое подвержено действию фтора и плавиковой кислоты – диоксид кремния.

Вещество **В** – фосфор, поскольку при нагревании с восстановителем в виде кокса будет восстанавливаться фосфат-анион.

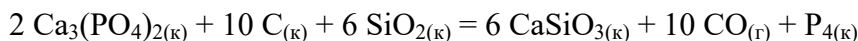
Вещество **Г** – монооксид углерода, дающий формиат натрия при нагреве с кристаллической щелочью.

Вещество **Е** – оксид кальция, вещество **Д** – силикат кальция.

Реакции:



1. Запишем уравнение реакции 1:



Рассчитаем ΔH реакции по закону Гесса:

$$\Delta H_{298}^{\circ} = \sum \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298} \text{исходных веществ} = 10 \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{CO}_{(\text{г})}) + 6 \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{CaSiO}_{3(\text{к})}) - 6 \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{SiO}_{2(\text{к})}) - 2 \Delta H_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_{2(\text{к})}) = -10 \cdot 110,50 - 6 \cdot 1579 + 2 \cdot 4119,10 + 6 \cdot 903,50 = 3080 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Рассчитаем ΔS реакции по закону Гесса:

$$\Delta S_{298}^{\circ} = \sum \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298} \text{исходных веществ} = 10 \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{CO}_{(\text{г})}) + 6 \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{CaSiO}_{3(\text{к})}) + \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{P}_{4(\text{к})}) - 6 \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{SiO}_{2(\text{к})}) - 2 \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_{2(\text{к})}) - 10 \Delta S_{\text{обр.}}^{\circ, 298}(\text{C}_{(\text{к})}) = 10 \cdot 197,54 + 6 \cdot 87,45 + 1 \cdot 41,09 - 6 \cdot 46,86 - 2 \cdot 236 - 10 \cdot 5,74 = 1730,63 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

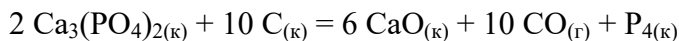
Точкой, после которой станет возможно самопроизвольное протекание процесса, является состояние, при котором $\Delta G = 0$. Рассчитаем его:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S = 3080000 - T \cdot 1730,63 = 0$$

$$T = \frac{3080000}{1730,63} = 1779,7 \text{ К}$$

Таким образом, при температуре выше 1779,7 К возможно самопроизвольное протекание реакции 1.

Запишем уравнение реакции 2:



Рассчитаем ΔH реакции по закону Гесса:

$$\Delta H^\circ_{298} = \sum \Delta H^\circ_{\text{обр.}}{}^{298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta H^\circ_{\text{обр.}}{}^{298} \text{исходных веществ} = 10 \Delta H^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CO}(\text{г})) + 6 \Delta H^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CaO}(\text{к})) - 2 \Delta H^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{к})) = -10 \cdot 110,50 - 6 \cdot 635,1 + 2 \cdot 4119,10 = 3322,6 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Рассчитаем ΔS реакции по закону Гесса:

$$\Delta S^\circ_{298} = \sum \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298} \text{продуктов реакции} - \sum \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298} \text{исходных веществ} = 10 \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CO}(\text{г})) + 6 \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{CaO}(\text{к})) + \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{P}_4(\text{к})) - 2 \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{к})) - 10 \Delta S^\circ_{\text{обр.}}{}^{298}(\text{C}(\text{к})) = 10 \cdot 197,54 + 6 \cdot 38,1 + 1 \cdot 41,09 - 2 \cdot 236 - 10 \cdot 5,74 = 1715,69 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}.$$

Точкой, после которой станет возможно самопроизвольное протекание процесса, является состояние, при котором $\Delta G = 0$. Рассчитаем его:

$$\Delta G = \Delta H - T \Delta S = 3322600 - T \cdot 1715,69 = 0$$

$$T = \frac{3322600}{1715,69} = 1936,6 \text{ К}$$

Таким образом, при температуре выше 1936,6 К возможно самопроизвольное протекание реакции 2.

2. Вероятно, экономически более выгодным способом является способ получения фосфора по реакции 1, поскольку он требует более низкой температуры, что способствует меньшим капитальным затратам при построении и проектировании установки. Более точное предположение построить трудно, поскольку мы обладаем недостаточной информацией о стоимости диоксида кремния и затратах на проведение процесса при более высокой температуре (разница в 157 К).

Разбалловка

Определение веществ А–Е и доломита	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений (1) – (7)	7x0,5 б. = 3,5 б.
Расчет ΔH и ΔS для реакций 1 и 2, расчет температуры, при которой становится возможным самопроизвольное протекание процесса	6x0,5 б. = 3 б.
Написание любого аргументированного решения в пользу реакции 1 или невозможности построить точное предположение.	0,5 б.
ИТОГО	10 б.

2.2.2. Задания 10 класса

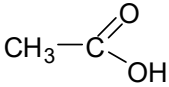
Задача №10-1

1. При реакции карбоновых кислот с NaHCO_3 выделяется углекислый газ, для одноосновных кислот $n(\text{кислоты}) = n(\text{CO}_2)$. Рассчитаем $n(\text{CO}_2)$ по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$n(\text{CO}_2) = PV/(RT) = 98.658 \times 3.83 / (8.314 \times 303) = 0.15 \text{ моль}$$

Таким образом, $n(\text{X}) = 0.15 \text{ моль}$ и $M(\text{X}) = 9 / 0.15 = 60 \text{ г/моль}$ – данная молярная масса соответствует уксусной кислоте:

Брутто-формула X: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

Структурная формула X: 



$$K_1 = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

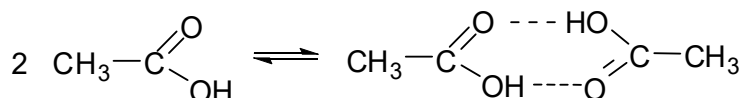
При $C \gg K$ получим $K_1 = [H^+]^2 / C$,

$$[H^+] = \sqrt{K_1 \times C} = \sqrt{1.75 \cdot 10^{-5} \times 0.1} = 1.323 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 2.88$$

3. При 120°C средняя молярная пара X равна $4.034 \times 29 = 117$ г/моль, что почти вдвое больше молярной массы уксусной кислоты. Это наталкивает на мысль о димеризации X .

Действительно, в парах уксусная кислота образует димеры за счет прочных водородных связей (реакция 3):



Обозначим за x мольную долю димера и рассчитаем состав равновесной смеси.

При 120°C : $120x + 60(1-x) = 117$, $x = 0.95$, то есть смесь содержит **95% димера и 5% мономера**.

При 230°C : $120x + 60(1-x) = 2.897 \times 29 = 84$, $x = 0.4$, то есть смесь содержит **40% димера и 60% мономера**.

Если обозначить димер как X_2 , то константа равновесия данной процесса: $K = \chi(X_2) / \chi(X)^2$

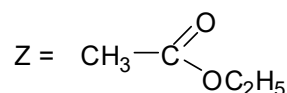
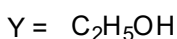
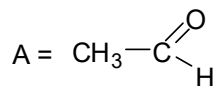
$$\text{При } 120^\circ\text{C}: K_2 = 0.95 / (0.05)^2 = 380$$

$$\text{При } 230^\circ\text{C}: K_3 = 0.4 / (0.6)^2 = 1.111$$

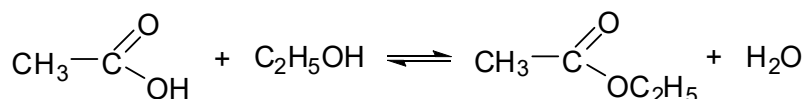
Если известны константы равновесия для двух температур, изменение энтальпии процесса можно найти по формуле:

$$\Delta H = \frac{R \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot \ln(K_3/K_2)}{T_2 - T_1} = \frac{8.314 \cdot 393 \cdot 503 \cdot \ln(1.111/380)}{110} = -87179 \text{ Дж} = -87.179 \text{ кДж}$$

4. Структурные формулы:



5. Реакция 4:



Значения $\Delta_r H$, $\Delta_r S$ рассчитаем по следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r H = -285.8 + (-469.5) - (-484.9) - (-277.6) = 7.2 \text{ кДж}$$

$$\Delta_r S = 70 + 259 - 160.7 - 159.8 = 8.5 \text{ Дж/К}$$

$$\Delta_r G = \Delta_r H - T \times \Delta_r S = 7200 - 298 \times 8.5 = 4667 \text{ Дж} = 4.67 \text{ кДж}$$

Константа равновесия:

$$\ln K = -\Delta_r G / (RT) = -4667 / (8.314 \times 298) = -1.884, K_4 = 0.152$$

6. Исходная смесь содержит:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 100 \times 0.8 \times 0.96 / 46 = 1.67 \text{ моль}$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 200 \times 1.07 \times 0.8 / 60 = 2.85 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = (100 \times 0.8 \times 0.04 + 200 \times 1.07 \times 0.2) / 18 = 2.56 \text{ моль}$$

Пусть, в состоянии равновесия образуется по x моль $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ и H_2O

Состав равновесной смеси:

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 1.67 - x$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 2.85 - x$$

$$n(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = x$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2.56 + x$$

$$K_4 = x(2.56 + x) / (2.85 - x)(1.67 - x), \text{ откуда } x = 0.21 \text{ моль}$$

$$m(\text{Z}) = m(\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5) = 0.21 \times 88 = \mathbf{18.48 \text{ г}}$$

Разбалловка

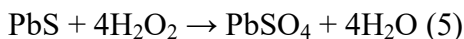
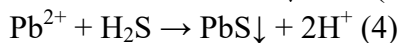
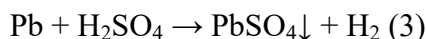
Брутто-формула X	0.5 б
Структурная формула X	0.5 б
Уравнение реакции 1.	0.5 б
Уравнение реакции 2	0.5 б
Выражение константы K ₁	0.5 б
pH 0.1 М водного раствора X	0.5 б
Уравнение реакции 3	0.5 б
Объяснение про водородные связи	0.5 б
Состав равновесных смесей (мол.%) при 120 и 230°C	0.5 б
Значения K ₂ и K ₃	0.5 б
Изменение энтальпии (Δ _r H) для реакции 3.	0.5 б
Структурные формулы веществ A, Y, Z.	0.5×3 = 1.5 б
Уравнение реакции 4	0.5 б
Значения Δ _r H, Δ _r S и Δ _r G	0.5×3 = 1.5 б
Значение K ₄ .	0.5 б
Масса Z	0.5 б
ИТОГО	10 баллов

Задача №10-2

1) Определим металлы в растворе

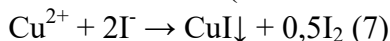
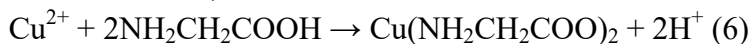
Раствор 1:

Очевидно, что по описанию это свинец

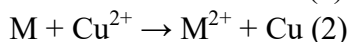
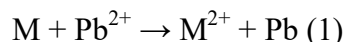


Раствор 2:

Из описания можно сделать вывод, что это медь



2)

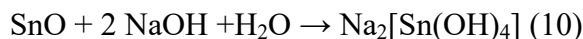
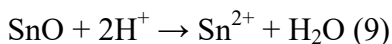
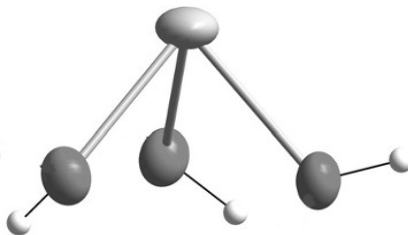


$$\frac{207n - \text{M}(\text{M})n}{X} = \frac{8.8}{100}$$

$$\frac{\text{M}(\text{M})n - 64n}{X} = \frac{5.5}{100}$$

Откуда M(M) = 119 г/моль, что соответствует Sn

3)

Ион $[\text{Sn}(\text{OH})_3]^-$ 

Геометрия – тетраэдр, пространственная форма треугольной пирамиды

Разбалловка

Написаны уравнения (1)-(8).	8×0,256.=26.
Написаны уравнения (9)-(10).	2×16.=26.
Определен металл пластинки.	46.
Определена геометрия иона.	26.
ИТОГО	106.

Задача №10-3

При хранении сульфид натрия окисляется кислородом воздуха до сульфата, тиосульфата и сульфита натрия. Таким образом, навеска может представлять собой смесь воды, сульфида натрия, сульфата натрия, сульфита натрия и тиосульфата натрия, о чем свидетельствуют проведенные реакции.

- $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{NaCl}$
- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl} \rightarrow$ не идет
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S} + 2\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 \downarrow + \text{BaS} + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$

Из реакций 1-4 становится ясно, что желтый осадок – сера, образующаяся из тиосульфата натрия.

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = n(\text{S}) = m(\text{S})/M(\text{S}) = 1.114/32 = 0.03481 \text{ моль}$$

В подкисленном растворе, оставшемся после фильтрования возможно осадить только сульфат-ионы.

$$n(\text{NaSO}_4) = n(\text{BaSO}_4) = m(\text{BaSO}_4)/M(\text{BaSO}_4) = 4.101/233 = 0.0176 \text{ моль}$$

А осадок, образующийся из смеси газов после пропускания их через гидроксид бария – BaSO_3 . Таким образом:

$$n(\text{SO}_2) = n(\text{BaSO}_3) = m(\text{BaSO}_3)/M = 13.910/217 = 0.0641 \text{ моль}$$

SO_2 мог образоваться только из тиосульфат- или сульфит-ионов, содержащихся в смеси.

Видим, что $n(\text{SO}_2) \neq n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, а значит сульфит-ионы в растворе присутствуют.

$$n(\text{SO}_3^{2-}) = n(\text{SO}_2) - n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,0641 - 0,03481 = 0.02929 \text{ моль}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M = 0.03481 \cdot 158 = 5.5004 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = n(\text{Na}_2\text{SO}_3) \cdot M = 0.02929 \cdot 126 = 3,6905 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot M = 0.0176 \cdot 142 = 2,4993 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{навески}) \cdot \omega(\text{H}_2\text{O}) = 20 \cdot 0.0754 / 0.4558 = 3,3085 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{S}) = 20 - 3,3085 - 5.5004 - 2.4993 - 3,6905 = 5.0013 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 5.5004 / 20 = 27,5\%$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 3,6905 / 20 = 18,45\%$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{S}) = 5,0013 / 20 = 25\%$$

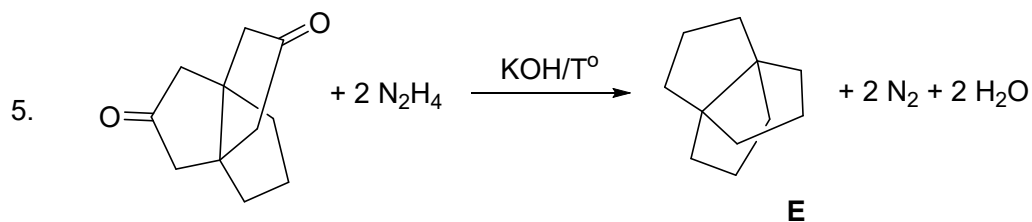
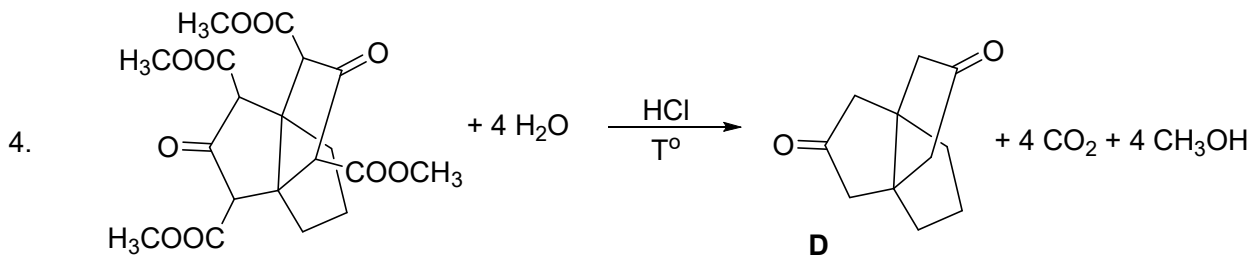
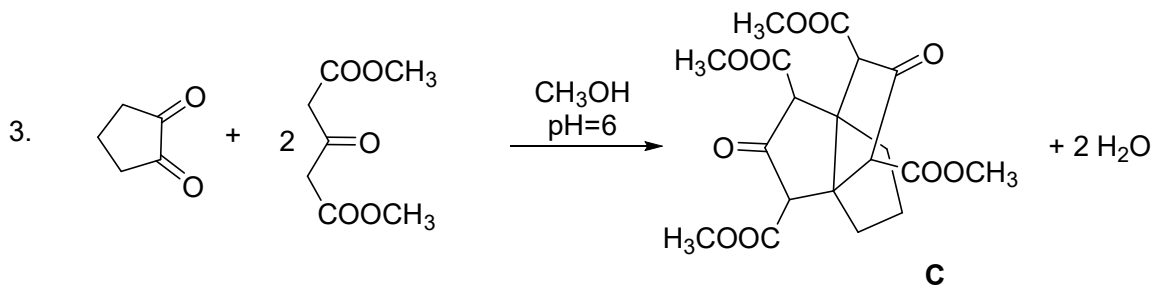
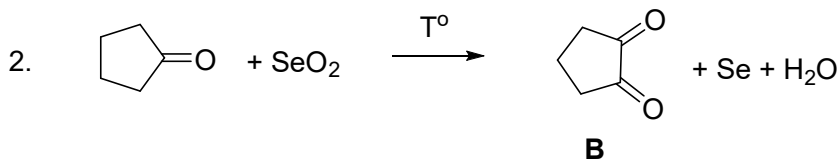
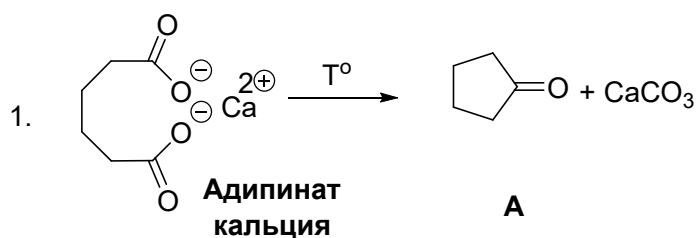
$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2,4993 / 20 = 12,5\%$$

$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = 16,55\%$$

Разбалловка

Написание реакций 1-3,5,6	5x16. =56.
За предположение о наличии $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_3^{2-} и SO_4^{2-}	3x0,56. =1,56.
Определение массовых долей веществ, составляющих смесь	5x0,76. =3,56.
ИТОГО	106.

Задача №10-4



Разбалловка

Написание уравнений (1) – (5)	5x26. =106.
ИТОГО	106.

Задача №10-5

1) Определим формулу простого вещества

$$p = x \cdot p^*$$

$$\begin{cases} x = \frac{n(\text{CHCl}_3)}{n(\text{CHCl}_3) + n(\text{вещество})} \\ x = \frac{p}{p^*} \end{cases}$$

$$n(\text{CHCl}_3) = 100/119,5 = 0,8368 \text{ моль}$$

$$\frac{0,8368}{0,8368 + n(\text{вещество})} = \frac{0,8368}{196,80}$$

$$n(\text{вещество}) = 0,0106 \text{ моль}$$

$$M(\text{вещество}) = 27/0,0106 = 254,7 \text{ г/моль}$$

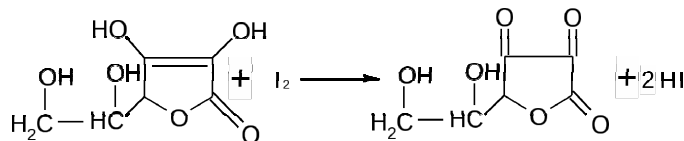
$$254,7/2 = 127,35 - \text{это } \text{I}_2$$

$$254,7/4 = 63,68 - \text{Cu}_4 \text{ не существует}$$

$$254,7/8 = 31,84 - \text{S}_8 \text{ не подходит условию}$$

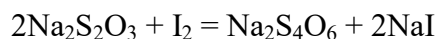
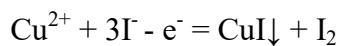
Значит простое вещество – йод I_2

2)



Очевидно, что бинарное вещество KI

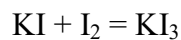
$$19+53=72$$



3) Возгонка – переход вещества из твердого состояния в газообразное.

Сорбенты: активированный уголь, пористый оксид алюминия, силикагель и др. (Балл ставится при упоминании хотя бы одного сорбента)

4)



Йод в воде коричневый

Йод в хлороформе фиолетовый

Разбалловка

Найдено количество вещества хлороформа;	16.
Найдено количество неизвестного вещества;	16.
Определена молекулярная масса простого вещества;	16.
Определено вещества X.	26.
Написаны уравнения реакций (1)-(2).	2×16.=26.
Написаны уравнения реакций (3)-(4).	2×0,56.=16.
Верно интерпретировано понятие возгонки;	0,56.
Приведен хотя бы 1 разумный сорбент.	0,56.
Верно написаны цвета растворов X в воде и хлороформе.	16.
ИТОГО	106.

2.2.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

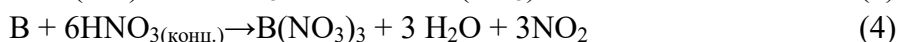
1) Обозначим состав соединения как A_xB_y

Допустим, что с водой реагирует металл А:

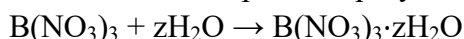


$n(O_2) = (16 \cdot 0,21) / 22,4 = 0,15$ моль, тогда $n(H_2) = 0,3$ моль, следовательно $n(A) = 0,3$ моль

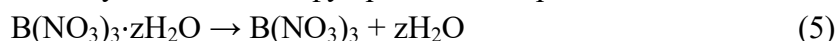
2) В азотной кислоте растворяется как гидроксид А, так и металл Б:



Выделенный нитрат В образует кристаллогидрат:



При выдерживании тигля в сушильном шкафу кристаллогидрат обезвоживается:



$n(H_2O) = (60,9362 - 60,7506) / 18 = 0,01031$ моль

$m(H_2O) = 0,01031 \cdot 18 = 0,1856$ г

$m[B(NO_3)_3] = 1,0000 - 0,1856 = 0,8144$ г

$n[B(NO_3)_3] = m/M = 0,8144 / [M(B) + 186]$

$n(H_2O) = z \cdot n[B(NO_3)_3] = z \cdot [0,8144 / (M(B) + 186)] = 0,01031$

Откуда $M(B) = z \cdot 78,9913 - 186,0039$

$z = 1 \dots$

...

$z = 5$, $M(B) = 209$ г/моль, что соответствует Вi

$n(Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O) = n(Bi) = 97/485 = 0,2$ моль

3) Таким образом, $n(A) = 0,3$ моль, $n(Bi) = 0,2$ моль, что соответствует составу соединения A_3Bi_2 . Определим металл А, допустив, что $n(A_3Bi_2) = 0,1$ моль:

$M(A_3B_2) = 53,800 / 0,1 = 538$ г/моль = $3 \cdot M(A) + 2 \cdot 209$.

Решив уравнение получим, что $M(A) = 40$ г/моль, что соответствует кальцию. Тогда искомое соединение имеет состав: Ca_3Bi_2

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1), (3), (4)	3x1б.= 3б.
Написание уравнений реакций (2), (5)	2x0,5б.= 1б.
Определение металла В – Вi, 0,5 б. без подтверждения расчетами	2б.
Определение металла А – Са, 0,5 б. без подтверждения расчетами	2б.
Определение простейшей стехиометрической формулы сплава, 0,5 б. без подтверждения расчетами	2б.
ИТОГО	10б.

Задача №11-2

Основным газообразным продуктом окисления органических веществ является углекислый газ, поэтому, А – CO_2 ($M = 44$ г/моль). Значение молярной массы можно подтвердить расчетом эквимольной смеси с водородом:

$$M(\text{смеси}) = \frac{1}{2}(M(\text{CO}_2) + M(\text{H}_2)) = (44 + 2) / 2 = 23 \text{ г/моль}$$

$$\rho(\text{смеси}) = M / V_m = 23 / 22,4 = 1.027 \text{ г/л}$$

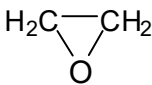
Молярную массу 44 г/моль также имеют: пропан (C_3H_8), оксид азота (I) (N_2O) и этиленоксид (оксиран, $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, $\omega(\text{O}) = 16 / 44 = 36.36\%$).

Из условия задачи следует, что

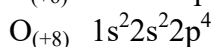
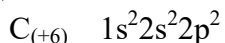
А – CO_2 – углекислый газ или оксид углерода (IV),

Б – C_3H_8 – пропан,

В – N_2O – оксид азота (I), оксид диазота

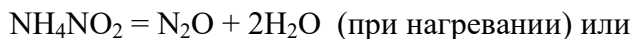
Г – $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  этиленоксид, эпоксид или оксиран,
Х – углерод **С**, а **У** – кислород **О**.

Электронные конфигурации атомов этих химических элементов:

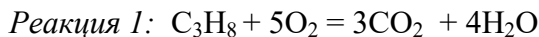
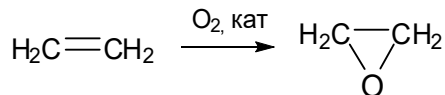


По периоду ПСХЭ слева направо происходит уменьшение радиусов атомов, следовательно, у углерода, расположенного левее кислорода, радиус атома больше. С уменьшением радиуса атома происходит увеличение электроотрицательности и усиление неметаллических свойств. Поэтому у кислорода, расположенного правее в периоде ПСХЭ, неметаллические свойства выражены сильнее.

Лабораторный способ получения оксида азота (I):



Промышленный способ получения этиленоксида:

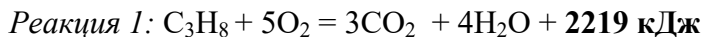


$$n(\text{C}_3\text{H}_8) = m / M = 6.6 / 44 = 0.15 \text{ моль, тогда}$$

$$\text{тепловой эффект реакции 1: } Q_1 = 332.85 / 0.15 = \mathbf{2219 \text{ кДж}}$$

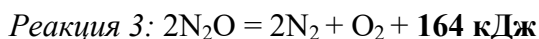
$$\text{тепловой эффект реакции 2: } Q_2 = 455.85 / 0.15 = \mathbf{3039 \text{ кДж}}$$

Термохимические уравнения:



Если вычтем из уравнения 2 уравнение 1, получим:

$$10\text{N}_2\text{O} = 10\text{N}_2 + 5\text{O}_2 \quad Q = 3039 - 2219 = 820 \text{ кДж, тогда на 2 моль } \text{N}_2\text{O} \text{ тепловой эффект} = 820 / 5 = \mathbf{164 \text{ кДж/моль}}$$



Разбалловка

Формулы газов А–Г	4x0,56.= 26.
Названия газов А–Г	4x0,256.= 16.
Структурная формула Г	0,56.
Определены элементы Х и У	2x0,56.= 16.
Расписаны электронные конфигурации элементов Х и У	2x0,56.= 16.

Написано, какой из элементов обладает более сильными неметаллическими свойствами и почему	0,5б.
Написаны один лабораторный и один промышленный способ получения газа Г	2x0,5б.= 1б.
Написаны уравнения реакций (1) – (3)	3x0,5б.= 1,5б.
Рассчитаны тепловые эффекты реакций (1) – (3)	3x0,5б.= 1,5б.
ИТОГО	10б.

Задача №11-3

$$\rho = \frac{1.66 \cdot M \cdot z}{V}$$

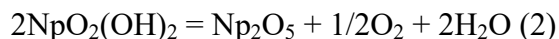
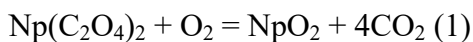
, где ρ – плотность кристаллического вещества, г/см³; M – молярная масса вещества, г/моль; Z – число формульных единиц, содержащихся в одной элементарной ячейке; V – объем элементарной ячейки, Å³. По описанию понятно, что оксид – MO_2 , $Z = 4$, тогда молярная масса оксида ≈ 269.09 , что соответствует $M = \text{Np}$.

Без учета катион-катионных взаимодействий наиболее близкое к 18 значение реализуется в комплексе $[\text{NpO}_2(\text{H}_2\text{O})_5]$ ($2 + 3.41 \cdot 2 + 1.81 \cdot 5 = 17.87$), КЧ = 7
С учетом катион-катионных взаимодействий одного атома кислорода: наиболее устойчив комплекс $[\text{NpO}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ ($2 + 3.41 \cdot 2 + 1.81 \cdot 4 + 1.93 \cdot 1 = 17.99$), КЧ = 7

Проявление катион-катионного взаимодействия приводит к тому, что один из кислородов катиона NpO_2^+ становится “мостиковым”, т.е. принадлежит атому Np на $\frac{1}{2}$, но одновременно в экваториальной плоскости появляется “мостиковый” кислород от соседнего катиона NpO_2^+ , в связи с чем “состав” катиона не изменяется, но КЧ повышается до 7, что напрямую не видно из формулы $[\text{NpO}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$.

С учетом катион-катионных взаимодействий двух атома кислорода: наиболее устойчив комплекс $[\text{NpO}_2(\text{H}_2\text{O})_3]^+$ ($2 + 3.41 \cdot 2 + 1.81 \cdot 3 + 1.93 \cdot 2 = 18.11$), КЧ = 7

Проявление катион-катионного взаимодействия приводит к тому, что оба из кислорода катиона NpO_2^+ становятся “мостиковым”, т.е. принадлежат атому Np на $\frac{1}{2}$, но одновременно в экваториальной плоскости появляется два “мостиковых” кислорода от соседних катионов NpO_2^+ , в связи с чем “состав” катиона не изменяется, но КЧ повышается до 7, что напрямую не видно из формулы $[\text{NpO}_2(\text{H}_2\text{O})_3]^+$.



Разбалловка

Определен элемент М	1,5б.
Указание без расчета	0,5б.
Проведен расчет комплекса без учета катион-катионных взаимодействий	0,5б.
Установлена формула комплекса без учета катион-катионных взаимодействий	0,5б.
Проведен расчет КЧ комплекса без учета катион-катионных взаимодействий	0,5б.
Проведен расчет комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	0,5б.

Установлена формула комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	16.
Проведен расчет КЧ комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	16.
Проведен расчет комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	0,56.
Установлена формула комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	16.
Проведен расчет КЧ комплекса с учетом одного атома кислорода в катион-катионных взаимодействиях	16.
Написаны уравнения реакций (1) – (4)	4x0,56.= 26.
ИТОГО	106.

Задача №11-4

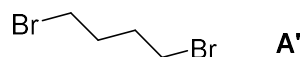
При определении веществ А' и В' необходимо применить формулы расчета по брутто-формуле. В цепочке можно заметить использование двух молекул фталимида калия, а значит используются дибромпроизводные.

$C_nH_{2n}Br_2$ – общая формула соединений А' и В'.

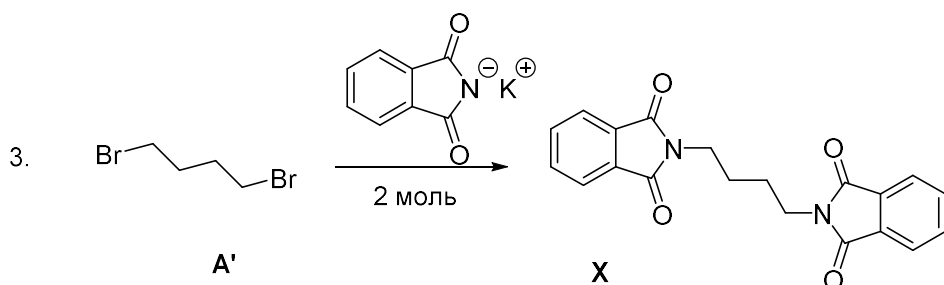
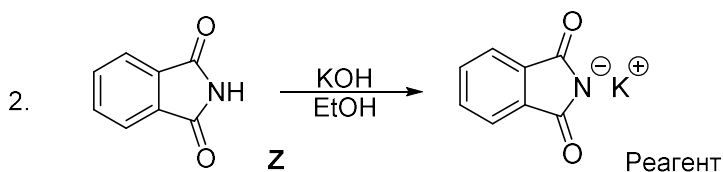
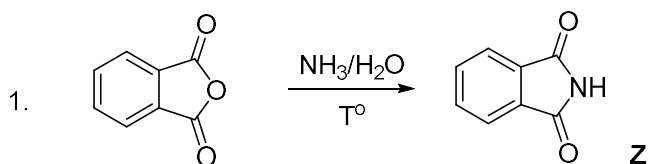
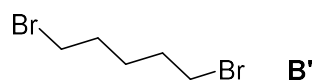
$$2 \cdot 80 / (14n + 2 \cdot 80) = 0.741$$

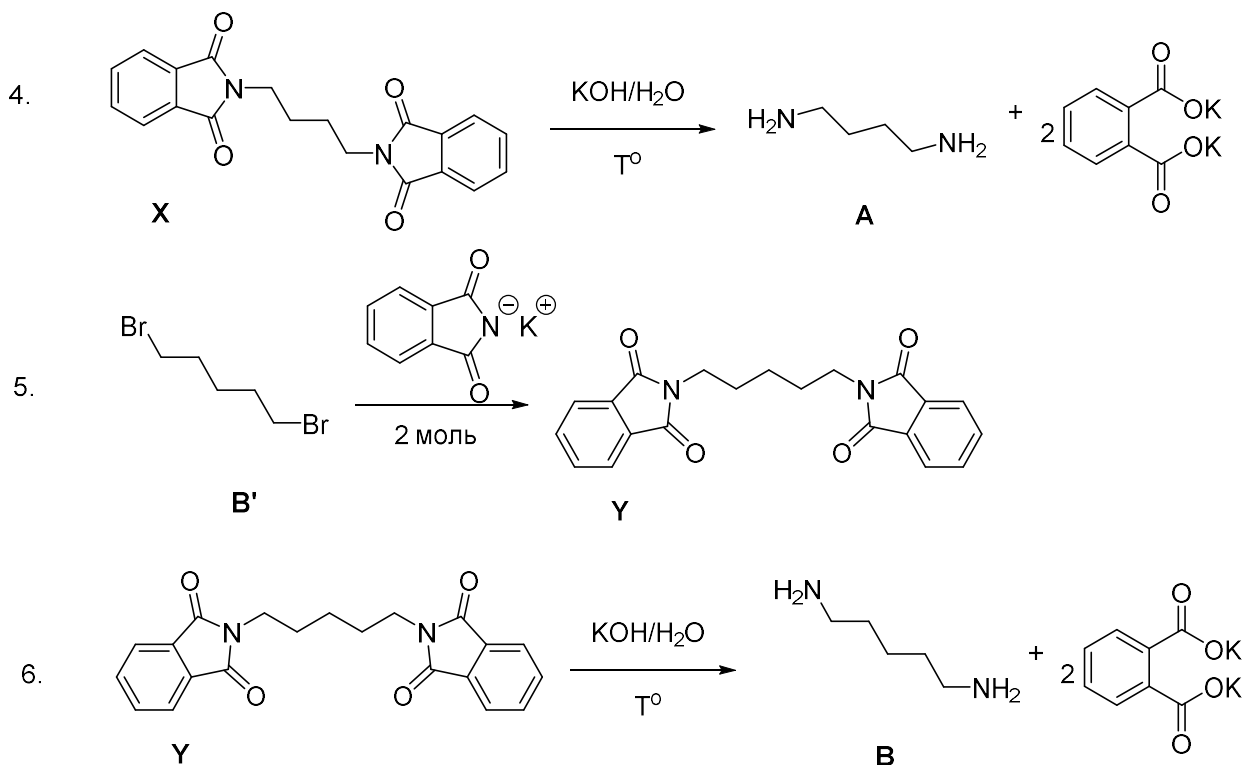
$$2 \cdot 80 / (14n + 2 \cdot 80) = 0.696$$

$$n=4$$

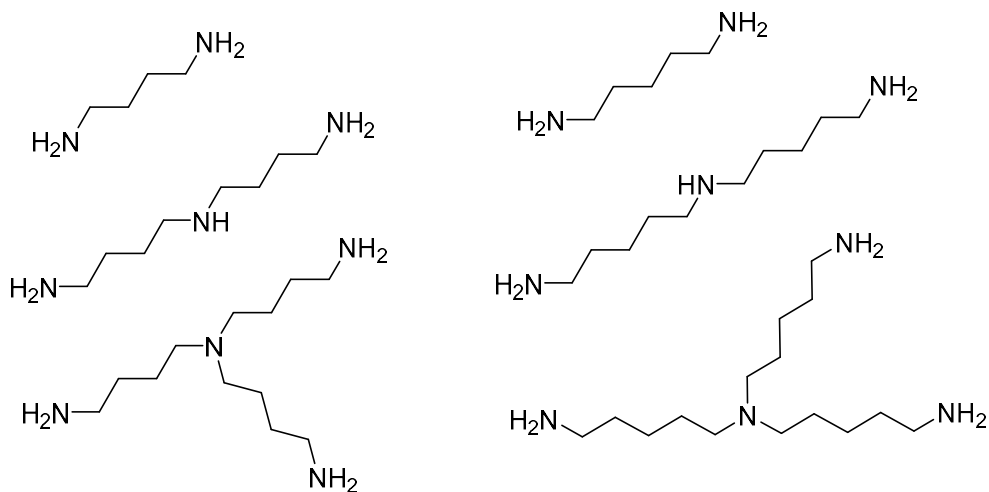


$$n=5$$





В реакциях, проведенных Дмитрием происходит постадийное образование солей между аммиаком (амином) и галогеналканом и дальнейшее образование первичного, вторичного или третичного амина. Таким образом в его реакторе образовывались (в т.ч. полимерные):

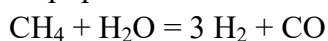


Разбалловка

Написание реакций 1 – 6	6x16. =66.
Установление формул А' и В'	2x16. =26.
Написание побочных продуктов или описание реакции с объяснением получаемых побочных продуктов	2б.
ИТОГО	106.

Задача №11-5

1. Основной компонент природного газа – метан или CH_4 .



(1)



Вещество **A** – CH_4 , метан,

Вещество **B** – CO , оксид углерода (II),

Вещество **C** – H_2 , водород.

Смесь веществ **B** и **C** – синтез-газ.

2. Поскольку вещество **IV** имеет меньшую температуру кипения, чем вещество **V**, то можно утверждать, что оно имеет разветвленное строение, а вещество **V** соответственно линейное. Таким образом, вещество **V** – бутанол-1, вещество **IV** – 2-метилпропанол-1 или изобутанол, соответственно вещество **D** – бутаналь, вещество **D'** – изобутаналь. Вещество **E** – продукт альдольной конденсации бутанала, 3-гидрокси-2-этилгексаналь. При нагревании вещества **E** отщепляется вода, что составляет 12,5% массы, и образуется вещество **F** – 2-этилгекс-2-еналь. Далее происходит восстановление двойной связи и образование вещества **G** – 2-этилгексанала, который окисляется в вещество **I** – 2-этилгексановую кислоту. При получении вещества **H** происходит восстановление двойной связи и альдегидной группы с образованием 2-этилгексанола. Определим вещество **J** по продуктам горения. Из количеств веществ элементов в этих соединениях сможем посчитать простейшую формулу вещества **A**.

	Углерод	Водород	Кислород
Масса/объем соединений после сжигания	0,3584 л (CO_2)	0,108 г (H_2O)	Посчитаем чуть позже
Количество в-ва продуктов	0,016 моль (CO_2)	0,006 моль (H_2O)	
Количество в-ва элементов	0,016 моль (C)	0,012 моль (H)	
Масса элемента	0,192 г	0,012 г	0,128 г
Количество в-ва элементов	0,016 моль (C)	0,012 моль (H)	0,008 моль
Соотношение	4	3	2

Предварительный простейший состав описывается формулой $\text{C}_4\text{H}_3\text{O}_2$. Поскольку при такой формуле тяжело нарисовать искомую формулу, а также проблематично вступление 2-этилгексанола в реакцию в двукратном избытке, поэтому умножим на два и запишем новую формулу $\text{C}_8\text{H}_6\text{O}_4$. Условия данных по протонному ЯМР-спектру ограничивают выбор только терефталевой кислотой в качестве вещества **J**. Соответственно вещество **III** это бис(2-этилгексил)терефталат. Вещество **M** можно получить окислением нафталина, также оно является производным одного из изомеров терефталевой кислоты, по этим данным можно решить, что **M** – фталевый ангидрид.

3. Вещества **I**, **B**, **C** известны из условий задачи ранее, судя по подсказке про правило 18 электронов и 2-этилгексановую кислоту в качестве второго продукта, вещество **K** – комплекс металла с оксидом углерода (II) в качестве лигандов.

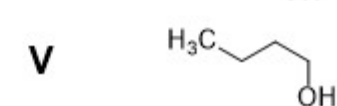
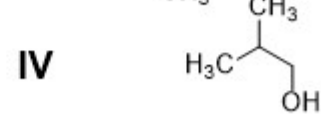
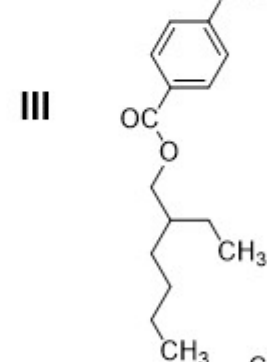
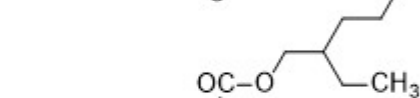
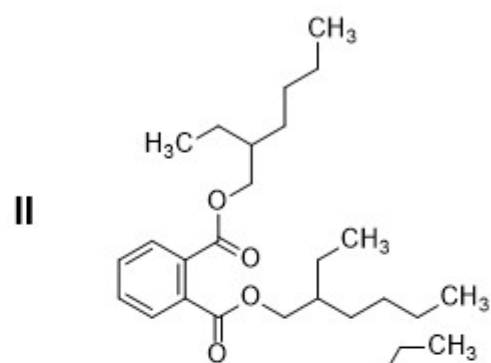
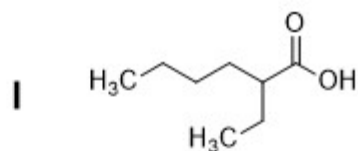
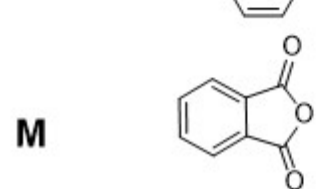
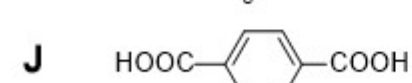
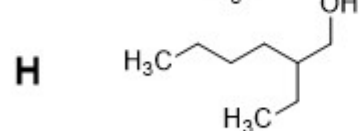
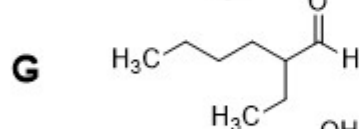
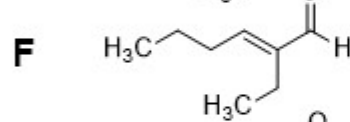
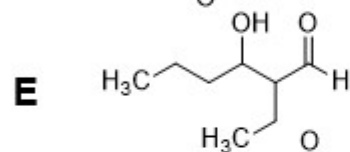
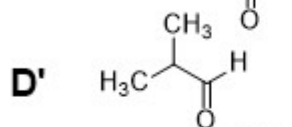
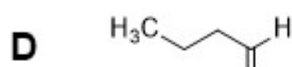
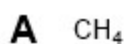
Посчитаем массу металла из массовой доли:

Массовая доля CO – 65,54%, металла – 34,46%, тогда M металла = $\frac{34,46 * M(\text{CO})}{65,54} * n(\text{CO}) = 14,72 * n(\text{CO})$, для $n=4$ подходит Co . Таким образом простейшая формула комплекса – $(\text{Co}(\text{CO})_4)_n$, однако $n=1$ не соответствует правилу 18 электронов, поскольку у кобальта электронная конфигурация $3d^7 4s^2$, 4 лиганда CO дает ещё 8, итого 17 электронов. При удвоении кобальт может образовать связь Co-Co и дополнить уровень до 18 электронов.

Вещество **K** – $\text{Co}_2(\text{CO})_8$, октокарбонилдикобальт, **L** – $\text{HCo}(\text{CO})_4$, тетракарбонилкобальтовая кислота.

Разбалловка

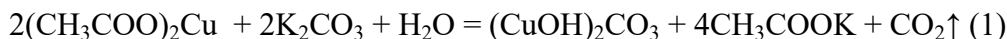
Написание уравнений реакций (1) – (2)	2x0,25 б. = 0,5 б.
Название смеси веществ В и С	0,5 б.
Написание названий веществ А–Н, J–M, I–V	18x0,25 б. = 4,5 б.
Написание формул веществ А–Н, J–M, I–V	18x0,25 б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.



2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

2.3.1. Задание 9 класса

При взаимодействии ацетата меди и карбоната калия в водном растворе образуется карбонат гидроксомеди (II):



Рассчитаем массу навески карбоната калия:

$$n(\text{K}_2\text{CO}_3) = n[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}] = C[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}] \cdot V = 0,25 \cdot 0,05 = 0,0125 \text{ моль}$$

$$m(\text{K}_2\text{CO}_3) = n(\text{K}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{K}_2\text{CO}_3) = 0,0125 \cdot 138 = 1,73 \text{ г}$$

Рассчитаем максимально возможную массу карбоната гидроксомеди, которую можно получить:

$$n[(\text{CuOH})_2\text{CO}_3] = 1/2 \cdot n[(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Cu}] = 0,00625 \text{ моль}$$

$$m[(\text{CuOH})_2\text{CO}_3] = 0,00625 \cdot 221 = 1,38 \text{ г}$$

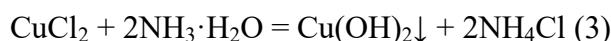
Выход продукта можно вычислить по следующей формуле:

$$\eta = \frac{m(\text{практическая})}{m(\text{теоретическая})} \cdot 100\%$$

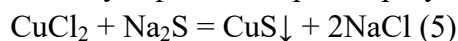
При взаимодействии карбоната гидроксомеди с хлороводородной кислотой образуется хлорид меди (II) и выделяется углекислый газ:



Хлорид меди при взаимодействии с раствором аммиака образует гидроксид меди (II), который в избытке аммиака образует комплексное соединение – гидроксид тетраамминмеди (II):



Хлорид меди при взаимодействии с сульфидом натрия образует сульфид меди:



При нагревании карбоната гидроксомеди он разлагается с образованием оксида меди (II):



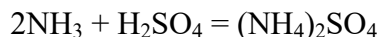
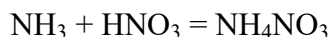
Разбалловка

Расчет необходимой массы карбоната калия	2 б.
Расчет выхода карбоната гидроксомеди	2 б.
Написание уравнений (1)–(6)	6х2 б. = 12 б.
Оценка выполнения экспериментальных процедур синтеза	4 б.
ИТОГО	20 б.

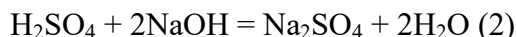
2.3.2. Задание 10 класса

Удобрение	соль
Аммиачная селитра	нитрат аммония – NH_4NO_3
Сернокислый аммоний	сульфат аммония – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
Аммофос	смесь гидрофосфата аммония и дигидрофосфата аммония – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

Указанные удобрения в промышленности получают нейтрализацией газообразным аммиаком соответствующих кислот – азотной, серной или фосфорной:



При осуществлении заместительного титрования солей аммония протекают следующие реакции (на примере сульфата аммония):



Приведем расчетные формулы для вычисления массовой доли сульфата аммония в сернокислом аммонии и массовой доли азота в нем. Исходя из уравнений (1) и (2) количество сульфата аммония, содержащегося в мерной колбе:

$$n[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5n(\text{NaOH}) = 0,5C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot P, \text{ где}$$

$C(\text{NaOH})$ – молярная концентрация раствора гидроксида натрия (моль/л),

$V(\text{NaOH})$ – объем раствора гидроксида натрия затраченный на титрование (л),

$P = 10$ – отношение объема аликвоты к объему мерной колбы.

Тогда масса сульфата аммония и его массовая доля в удобрении равна:

$$m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = n[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] \cdot M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$$

$$w[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] / m(\text{навески})$$

Чтобы вычислить массовую долю азота в удобрении, вычислим массовую долю азота в сульфате аммония:

$$w(N) = \frac{2A_r(N)}{M[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]} = \frac{2 \cdot 14}{132,14} = 0,2119$$

Массовую долю азота в удобрении найдем следующим образом:

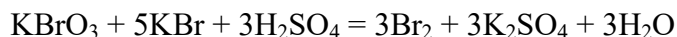
$$w(N / \text{удобрение}) = \frac{m[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] \cdot w(N)}{m(\text{навески})} = w[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] \cdot w(N)$$

Разбалловка

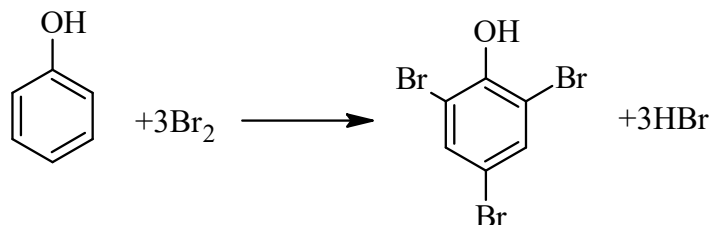
Написание солей, образующих удобрение	3x0,5 б. = 1,5 б.	
Предложение промышленного способа получения удобрений – солей аммония (достаточно написание одной реакции)	0,5 б.	
Написание уравнений реакций, используемых при заместительном определении солей аммония	2 б.	
Верный вывод формул для расчета массовой доли сульфата аммония и массовой доли азота в сернокислом аммонии (без учета точности анализа)	3 б.	
Оценка точности определения содержания сульфата аммония (по объему затраченного гидроксида натрия):	до 13 баллов	
Ошибка, %		балл
< 5 %		13
5–10 %		11
11–15 %		9
16–20 %		7
21–25 %		5
26–30 %		3
> 30 %	1	
ИТОГО		20 б.

2.3.3. Задание 11 класса

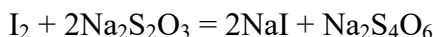
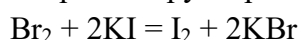
Компоненты бромат-бромидной смеси при добавлении серной кислоты образуют молекулярный бром:



Образующийся бром взаимодействует с фенолом с образованием 2,4,6-трибромфенола:



Избыток брома, который не вступил в реакцию с фенолом, при взаимодействии с иодидом калия образует молекулярный иод, который титруют раствором тиосульфата натрия:



Количество фенола пропорционально количеству брома вступившему в реакцию, которое в свою очередь можно найти как разность количества брома введенного и количества брома, который эквивалентен выделившемуся иоду и соответственно тиосульфату натрия, затраченному на титрование:

$$n(\text{фенол}) = 1/3 \cdot n(\text{Br}_2) = 1/3 \cdot [n_0(\text{Br}_2) - n'(\text{Br}_2)]$$

$$n'(\text{Br}_2) = n(\text{I}_2) = 1/2 \cdot n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1/2 \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3),$$

где $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – молярная концентрация раствора тиосульфата натрия (моль/л),

$V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – объем раствора тиосульфата натрия, затраченный на титрование выделившегося иода (л).

Введенное количество брома найдем по результатам титрования «холостого» опыта – титрования 20,0 мл бромат-бромидной смеси:

$$n_0(\text{Br}_2) = n_0(\text{I}_2) = 1/2 \cdot n_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1/2 \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3),$$

где $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – молярная концентрация раствора тиосульфата натрия (моль/л),

$V_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – объем раствора тиосульфата натрия, затраченный на титрование выделившегося иода в «холостом» опыте (л).

Тогда количество фенола можем рассчитать по формуле:

$$n(\text{фенол}) = 1/3 \cdot [1/2 \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) - 1/2 \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)] = \\ = 1/6 \cdot C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot [V_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) - V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)].$$

Тогда концентрация фенола в анализируемом растворе (мг/л):

$$C(\text{фенол}) = \frac{n(\text{фенол}) \cdot M(\text{фенол})}{V_{ал}} = \\ = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot [V_0(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) - V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)] \cdot M(\text{фенол}) \cdot 1000}{6V_{ал}}$$

где $V_{ал} = 0,01$ – объем аликвоты раствора фенола взятого для анализа (л)

Разбалловка

Написание уравнений, протекающих при анализе	4х1 б. = 4 б.
Вывод формулы для расчета концентрации фенола в выданном растворе	3 б.

Оценка точности определения содержания фенола (по объему затраченного тиосульфата натрия на титрование пробы):		до 13 баллов
Ошибка, %	балл	
< 5 %	13	
5–10 %	11	
11–15 %	9	
16–20 %	7	
21–25 %	5	
26–30 %	3	
> 30 %	1	
ИТОГО		20 б.

3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА

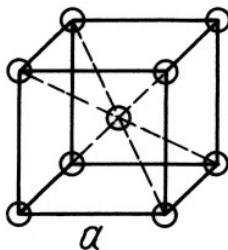
Для проведения тренировочного тура олимпиады использовали задания прошлых лет

3.1 Задания Интернет-тура

Интернет-тур проходил в режиме on-line с использованием электронной площадки <http://ege.psu.ru> Пермского государственного национального исследовательского университета. Время выполнения заданий – 3 часа.

3.1.1. Задания 9 класса

1. Простое вещество с плотностью $7,19 \text{ г/см}^3$, образованное этим элементом металлом, имеет объемно-центрированную кубическую кристаллическую решетку (см. рис) с параметром элементарной ячейки (a) $0,2885 \text{ нм}$.

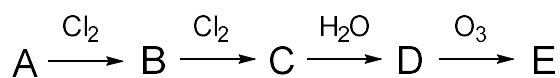


Укажите в ответе русское название этого элемента (например, железо).

2. Выберите химические явления из перечисленного списка:
 1. Получение озона из кислорода;
 2. Таяние снега;
 3. Возгонка йода;
 4. Жарка мяса;
 5. Выпекание хлеба.
3. За высокую твердость зубной эмали человеческого зуба отвечает гидроксиапатит. Катион какого металла входит в его состав:
 1. Вольфрам;
 2. Скандий;
 3. Германий;
 4. Кальций;
 5. Полоний.
4. Массовые доли элементов в кислоте **G** следующие: $\omega(\text{C}) = 44.44\%$; $\omega(\text{H}) = 3.73\%$; $\omega(\text{N}) = 51.83\%$. Ее комплексные соли применяются при добыче золота. Напишите тривиальное название кислоты **G** (например, лимонная кислота).
5. Наличие йодид-ионов в растворе можно доказать прибавлением раствора:
 1. Cl_2 ;
 2. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$;
 3. $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$;
 4. $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$;
 5. H_2SO_4 (10%);
 6. CH_3COOH .

6. Определите продукты, образующиеся при пропускании озона через раствор бромида натрия:
1. Br_2 , NaOH , O_2
 2. HBr , O_2 , NaOH
 3. Br_2 , NaOH
 4. O_2 , Na_2O_2 , HBrO_3
7. Какую степень окисления имеет углерод в алмазной аллотропной модификации?
1. -2;
 2. 0;
 3. 2;
 4. 4;
 5. 1.
8. Изотоп ^{239}Pu широко используется в качестве топлива для ядерных реакторов и сырья для синтеза трансплутониевых элементов. На первом этапе радиоактивного распада изотоп ^{239}Pu превращается в изотоп ^{235}U в результате ...
1. α -распада;
 2. β -распада;
 3. γ -распада;
 1. e -захвата.
9. Одной из ключевых стадий производства серной кислоты является конверсия обжигового газа, в процессе которой диоксид серы окисляется до триоксида серы: $\text{SO}_{2(\text{г})} + 0,5\text{O}_{2(\text{г})} = \text{SO}_{3(\text{г})}$. Вычислите выход триоксида серы, если при окислении 1000 м^3 обжигового газа (10 об. % SO_2 , 15 об. % O_2 , 75 об. % N_2) получено 960 м^3 газа состава 2,1 об. % SO_2 , 8,3 об. % SO_3 , 11,5 об. % O_2 , 78,1 об. % N_2 . Выход выразите в процентах и округлите до целых, например, 50.
10. В 50 мл воды растворили 8,68 г пентагидрата тиосульфата натрия. Потом к первому раствору прилили 10 мл раствора 2 М серной кислоты ($\rho=1,121 \text{ г/см}^3$). Рассчитайте и напишите в ответе массовую долю воды в растворе после окончания реакции, ответ округлите до десятых (например, 25,3).
11. Смесь карбоната металла **A** и гидрокарбоната металла **B** массой 100 г растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось 22,4 литра газа (н.у.). Известно, что масса металла **A** в смеси на 8,4 г больше массы металла **B**, металл **A** находится во второй группе, металл **B** в первой, масса карбонат-аниона в смеси на 11,6 г больше массы гидрокарбонат-аниона.
1. Напишите в ответе символ металла **A**, например, V.
 2. Напишите в ответе символ металла **B**, например, V.
 3. Напишите в ответе массовую долю металла **A** в смеси, ответ округлите до целых, например, 50.
 4. Напишите массу выделившегося углекислого газа в граммах, ответ округлите до целых, например, 50.

12.



В данной цепочке превращений для соединения **B** $\omega(\text{Cl}) = 68,93\%$; для соединения **C** $\omega(\text{Cl}) = 81,61\%$, в соединении **E** элемент **A** находится в максимальной степени окисления, вещество **A** – простое.

1. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **B**, например, рс13.
2. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **C**, например, рс13.
3. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **D**, например, рс13.
4. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **E**, например, рс13.



В известных конечных продуктах данной реакции представлены все элементы, которые принимают в ней участие. Также известно, что вещество **A** является сильнейшим окислителем, вещество **B** – простое газообразное вещество, а сульфат железа (III) – продукт восстановления.

1. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **A**, например, рс13.
2. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **B**, например, рс13.
3. Напишите в ответе сумму коэффициентов в уравнении реакции, например, 27.
4. Напишите, какой объем вещества **B** мы получим в л (при н.у.), если в реакцию вступит 1980 г вещества **A**, ответ округлите до целых, например, 50.

14. В пробирке сплавили 5 г кварцевого песка и магний при 800°C. Образовавшийся продукт смешали с горячей водой, при этом на реакцию горения выделившегося газа израсходовалось 3,27 л кислорода (при н.у.). На полную нейтрализацию образовавшегося раствора потребовалось 100 мл соляной кислоты с концентрацией 5,84 моль/л.

1. Напишите в ответе массу магния, взятого для реакции, в граммах. Ответ округлите до целых, например, 50.
2. Напишите в ответе массовую долю примесей в песке. Ответ округлите до десятых, например, 15,5.
3. Напишите в ответе брутто-формулу горючего газа, например, рс13.
4. Напишите в ответе объем воды в мл при н.у., образовавшейся при горении газа. Ответ округлите до десятых, например, 15,5.

15. Часто туристами для разогрева пищи используется сухое горючее, которое представляет собой таблетки или брикеты из уротропина ($C_6H_{12}N_4$). Напишите уравнение горения уротропина. Не забудьте, что углерод и водород окисляются до оксидов, а азот выделяется в виде простого вещества.

1. Укажите в ответе сумму коэффициентов в полученном уравнении, например, 50.
2. Продукты сгорания 10,0 г уротропина в закрытом сосуде охладили до 0°C. Вычислите объем газообразных продуктов сгорания, если давление в сосуде равно 760 мм рт. ст. В ответе укажите объем в литрах, округлив его до десятых, например, 25,3.
3. Вычислите, какое количество теплоты выделяется при сгорании 1 моль уротропина. Ответ выразите в кДж и округлите до целых, например, 50.

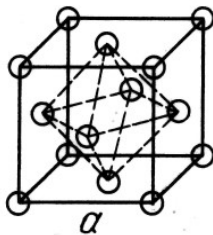
Вещество	$C_6H_{12}N_4$	CO_2	H_2O
$Q_{обр}$, кДж/моль	99,2	393,5	241,8

4. Вычислите, какое количество теплоты выделяется при сгорании 1 таблетки сухого горючего массой 10 г. Ответ выразите в кДж и округлите до целых, например, 50.

3.1.2 Задания 10 класса

1. Простое вещество с плотностью 8920 кг/м³, образованное этим элементом металлом, имеет гранецентрированную кубическую кристаллическую решетку (см. рис) с

параметром элементарной ячейки (a) $3,615 \text{ \AA}$.



Укажите в ответе русское название этого элемента (например, железо).

2. Выберите физические явления из перечисленного списка:
 1. Получение озона из кислорода;
 2. Таяние снега;
 3. Возгонка йода;
 4. Жарка мяса;
 5. Выпекание хлеба.
3. Болезнь, вызванная отравлением органическими соединениями металла **Н**, впервые была обнаружена в Японии, в префектуре Кумамото в городе Минамата в 1956 году. Металл **Н** это:
 1. Платина;
 2. Ртуть;
 3. Золото;
 4. Скандий;
 5. Иридий.
4. Массовые доли элементов в аминокислоте **В** следующие: $\omega(\text{C}) = 32.00\%$; $\omega(\text{H}) = 6.71\%$; $\omega(\text{N}) = 18.66\%$; $\omega(\text{O}) = 42.63\%$. Напишите тривиальное название кислоты **В** (например, анилин).
5. Растворы каких солей можно различить прибавлением раствора аммиака?
 1. NaCl , Na_2SiO_3 ;
 2. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, AlCl_3 ;
 3. KI , KBr ;
 4. FeCl_3 , NaCl ;
 5. Br_2 , FeCl_2 ;
 6. Na_2SO_4 , BaCl_2 .
6. Восстановите пропущенные вещества. В ответе напишите сумму коэффициентов реакции (например, 50).
 1. $\text{Au} + \text{NaCN} + \dots + \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2] + \dots$
7. Какую валентность имеет фосфор в белой аллотропной модификации?
 1. 0;
 2. 1;
 3. 2;
 4. 3;
 5. 4;
 6. 5.
8. Изотоп ^{99}Tc несмотря на свою радиоактивность используется в медицинской диагностике. Обладая периодом полураспада в $65,94$ часа, он самопроизвольно превращается в изотоп ^{99}Ru в результате ...

1. α -распада;
 2. β -распада;
 3. γ -распада;
 4. e -захвата.
9. Одной из ключевых стадий производства серной кислоты является конверсия обжигового газа, в процессе которой диоксид серы окисляется до триоксида серы: $\text{SO}_{2(\text{г})} + 0,5\text{O}_{2(\text{г})} = \text{SO}_{3(\text{г})}$. Вычислите выход триоксида серы, если при окислении 1000 м^3 обжигового газа (10 об. % SO_2 , 15 об. % O_2 , 75 об. % N_2) получено 960 м^3 газа состава 2,1 об. % SO_2 , 8,3 об. % SO_3 , 11,5 об. % O_2 , 78,1 об. % N_2 . Выход выразите в процентах и округлите до целых, например, 50.
10. При разложении 10,0 г какого из веществ можно получить бóльший объем кислорода? Объем кислорода измерен при н.у.
1. KMnO_4 ;
 2. H_2O_2 ;
 3. KNO_3 ;
 4. HgO .
11. Смесь карбоната металла **A** и гидрокарбоната металла **B** массой 100 г растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось 22,4 литра газа (н.у.). Известно, что масса металла **A** в смеси на 8,4 г больше массы металла **B**, металл **A** находится во второй группе, металл **B** в первой, масса карбонат-аниона в смеси на 11,6 г больше массы гидрокарбонат-аниона.
1. Напишите в ответе символ металла **A**, например, V.
 2. Напишите в ответе символ металла **B**, например, V.
 3. Напишите в ответе массовую долю металла **A** в смеси, ответ округлите до целых, например, 50.
 4. Напишите массу выделившегося углекислого газа в граммах, ответ округлите до целых, например, 50.
- 12.
- $$\text{A} \xrightarrow{\text{Cl}_2} \text{B} \xrightarrow{\text{Cl}_2} \text{C} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{D} \xrightarrow{\text{O}_3} \text{E}$$
- В данной цепочке превращений для соединения **B** $\omega(\text{Cl}) = 68,93\%$; для соединения **C** $\omega(\text{Cl}) = 81,61\%$, в соединении **E** элемент **A** находится в максимальной степени окисления, вещество **A** – простое.
1. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **B**, например, rcl_3 .
 2. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **C**, например, rcl_3 .
 3. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **D**, например, rcl_3 .
 4. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **E**, например, rcl_3 .
13. 10,0 г малорастворимого в воде сульфида одновалентного металла растворили в концентрированной азотной кислоте при нагревании. При этом выделился бурый газ и образовался осадок бледно-желтого цвета.
1. Сульфид какого металла растворили в кислоте, если массовая доля серы в сульфиде равна 20,13 %. В ответе укажите название металла на русском языке, например, натрий.
 2. Какое вещество выпало в осадок при осуществлении реакции. Укажите в ответе формулу этого соединения, например, NaCl .
 3. Напишите химическую реакцию взаимодействия сульфида металла с азотной

кислотой и укажите в ответе сумму коэффициентов в уравнении, например, 50.

4. Вычислите объем выделившегося бурового газа при протекании реакции (в л, при н.у.). Ответ округлите до десятых, например, 15,5.

14. В пробирке сплавили 5 г кварцевого песка и магний при 800°C. Образовавшийся продукт смешали с горячей водой, при этом на реакцию горения выделившегося газа израсходовалось 3,27 л кислорода (при н.у.). На полную нейтрализацию образовавшегося раствора потребовалось 100 мл соляной кислоты с концентрацией 5,84 моль/л.

1. Напишите в ответе массу магния, взятого для реакции, в граммах. Ответ округлите до целых, например, 50.

2. Напишите в ответе массовую долю примесей в песке. Ответ округлите до десятых, например, 15,5.

3. Напишите в ответе брутто-формулу горючего газа, например, pCl_3 .

4. Напишите в ответе объем воды в мл при н.у., образовавшейся при горении газа. Ответ округлите до десятых, например, 15,5.

15. Метанол в промышленности получают из синтез-газа по уравнению обратимой реакции $\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$.

Реактор объемом 10,0 л заполнили синтез-газом. После установления химического равновесия в реакторе находится 1,0 моль угарного газа, 0,5 моль водорода и 1,5 моль метанола.

1. Вычислите молярную концентрацию угарного газа (моль/л) в синтез-газе. Ответ округлите до сотых, например, 1,50.

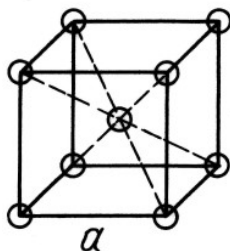
2. Вычислите молярную концентрацию водорода (моль/л) в синтез-газе. Ответ округлите до сотых, например, 1,50.

3. Вычислите константу равновесия реакции. Ответ округлите до целых, например, 5.

4. Вычислите степень превращения водорода (в процентах). Ответ округлите до целых, например, 50.

3.1.3 Задания 11 класса

1. Простое вещество с плотностью 10220 кг/м^3 , образованное этим элементом металлом, имеет объемно-центрированную кубическую кристаллическую решетку (см. рис) с параметром элементарной ячейки (a) 3,147 Å.



Укажите в ответе русское название этого элемента (например, железо).

2. Выберите химические явления из перечисленного списка:

1. Получение кислорода из озона;
2. Таяние снега;
3. Возгонка йода;
4. Жарка мяса;

5. Выпекание хлеба.

3. Массовые доли элементов в соединении **A**, которое применяется в качестве нормотимика в медицинской практике, следующие: $\omega(\text{C}) = 16,2\%$; $\omega(\text{O}) = 65\%$, остальную долю занимает катион металла. В ответе напишите символ этого металла (например, V).
4. Массовые доли элементов в аминокислоте **D** следующие: $\omega(\text{C}) = 40,44\%$; $\omega(\text{H}) = 7,92\%$; $\omega(\text{N}) = 15,72\%$; $\omega(\text{O}) = 35,91\%$. Назовите кислоту **D** по ИЮПАК, если известно, что в ней присутствует метильная группа (например, 3-меркаптобутановая кислота).
5. Как можно определить наличие иона аммония в растворе?
1. Добавлением раствора хлорида бария;
 2. Добавлением оксида фосфора(+5);
 3. Добавлением раствора гидроксида натрия с последующим посинением поднесенной лакмусовой бумаги;
 4. Нагреванием раствора и последующее покраснение поднесенной лакмусовой бумаги;
 5. Прибавлением раствора реактива Несслера;
 6. Прибавление раствора сульфата кадмия.
6. Выберите вещества, которыми возможно заполнить пропуски в реакции:



1. и
2. и
3. и
4. и
5. и
6. и

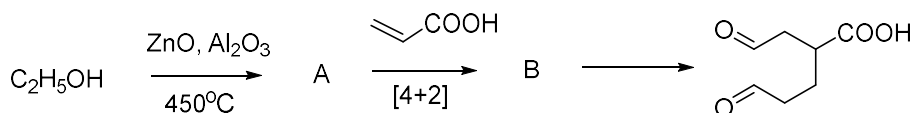
7. Какую валентность имеет фосфор в фосфорноватистой кислоте?
1. 0;
 2. 1;
 3. 2;
 4. 3;
 5. 4;
 6. 5.
8. Изотоп урана ^{235}U является самым распространенным топливом в ядерных реакторах, так как в нем возможна самоподдерживающаяся цепная реакция, на первой стадии

которой изотоп ^{235}U превращается в изотоп ^{231}Th в результате ...

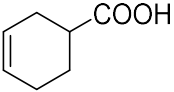
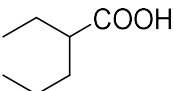
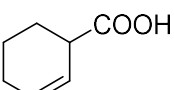
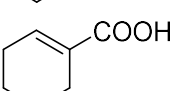
1. α -распада;
2. β -распада;
3. γ -распада;
4. e -захвата.

9. Метанол в промышленности получают из синтез-газа по уравнению обратимой реакции $\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$. Вычислите выход метанола, если из 100 м^3 синтез-газа (25 об. % CO , 75 об. % H_2) получено 70 м^3 газовой смеси состава 14,3 об. % CO , 21,4 об. % CH_3OH , 64,3 об. % H_2 . Выход выразите в процентах и округлите до целых, например, 50.
10. При разложении 10,0 г какого из веществ можно получить бóльший объем кислорода? Объем кислорода измерен при н.у.
1. KMnO_4 ;
 2. H_2O_2 ;
 3. KNO_3 ;
 4. HgO .
11. Смесь карбоната металла **A** и гидрокарбоната металла **B** массой 100 г растворили в избытке соляной кислоты. При этом выделилось 22,4 литра газа (н.у.). Известно, что масса металла **A** в смеси на 8,4 г больше массы металла **B**, металл **A** находится во второй группе, металл **B** в первой, масса карбонат-аниона в смеси на 11,6 г больше массы гидрокарбонат-аниона.
1. Напишите в ответе символ металла **A**, например, V.
 2. Напишите в ответе символ металла **B**, например, V.
 3. Напишите в ответе массовую долю металла **A** в смеси, ответ округлите до целых, например, 50.
 4. Напишите массу выделившегося углекислого газа в граммах, ответ округлите до целых, например, 50.

12.



1. Напишите фамилию ученого, в честь которого названа первая реакция, например, Эйнштейн.
2. Укажите название вещества **A** по ИЮПАК, например, пент-2-ен.
3. Укажите вещество **B**:

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 

4. Напишите название реакции окисления вещества **B** в конечное вещество, например, гидролиз.

13. 10,0 г малорастворимого в воде сульфида одновалентного металла растворили в концентрированной азотной кислоте при нагревании. При этом выделился бурый газ и образовался осадок бледно-желтого цвета.
1. Сульфид какого металла растворили в кислоте, если массовая доля серы в сульфиде равна 20,13 %. В ответе укажите название металла на русском языке, например, натрий.
 2. Какое вещество выпало в осадок при осуществлении реакции. Укажите в ответе формулу этого соединения, например, NaCl.
 3. Напишите химическую реакцию взаимодействия сульфида металла с азотной кислотой и укажите в ответе сумму коэффициентов в уравнении, например, 50.
 4. Вычислите объем выделившегося бурового газа при протекании реакции (в л, при н.у.). Ответ округлите до десятых, например, 15,5.
14. Смесь органических веществ **A** и **B** в эквимольных количествах массой 26 г окислили с помощью 2,8 л кислорода. Полученную смесь растворили в воде и довели до объема в 1 л. На полную нейтрализацию аликвоты раствора объемом 20 мл ушло 40 мл раствора NaOH с концентрацией 10 г/л. После нейтрализации в растворе остались катионы натрия и одноосновной кислоты. Затем приготовили смесь аналогичную исходной и разбавили её водой до объема в 1 литр. На полную нейтрализацию аликвоты раствора объемом 15 мл ушло 15 мл раствора NaOH с концентрацией 10 г/л.
1. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **A**, например, rCl_3 .
 2. Напишите в ответе брутто-формулу соединения **B**, например, rCl_3 .
 3. Напишите в ответе массовую долю соединения **A** в исходной смеси в процентах, ответ округлите до десятых, например, 25,3.
 4. Напишите в ответе массовую долю соединения **B** в исходной смеси в процентах, ответ округлите до десятых, например, 25,3.
15. Метанол в промышленности получают из синтез-газа по уравнению обратимой реакции $\text{CO}_{(г)} + 2\text{H}_{2(г)} \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}_{(г)}$. Реактор объемом 10,0 л заполнили синтез-газом. После установления химического равновесия в реакторе находится 1,0 моль угарного газа, 0,5 моль водорода и 1,5 моль метанола.
1. Вычислите молярную концентрацию угарного газа (моль/л) в синтез-газе. Ответ округлите до сотых, например, 1,50.
 2. Вычислите молярную концентрацию водорода (моль/л) в синтез-газе. Ответ округлите до сотых, например, 1,50.
 3. Вычислите константу равновесия реакции. Ответ округлите до целых, например, 5.
 4. Вычислите степень превращения водорода (в процентах). Ответ округлите до целых, например, 50.

3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

3.2.1 Задания 9 класса

№	Балл	
1	6	хром
2	4	1, 4, 5
3	4	4
4	6	Синильная кислота
5	6	1, 3, 4
6	6	1
7	4	2
8	6	1
9	4	80
10	6	89.7
11.1	4	Ca
11.2	4	K
11.3	4	24
11.4	4	44
12.1	4	scl2
12.2	4	scl4
12.3	4	so2
12.4	4	so3
13.1	4	k2feo4
13.2	4	o2
13.3	4	33
13.4	4	168
14.1	4	7
14.2	4	12,4
14.3	4	sih4
14.4	4	2,6
15.1	4	24
15.2	4	22,4
15.3	4	3712,6
15.4	4	265
ИТОГО	132	

3.2.2 Задания 10 класса

№	Балл	
1	6	медь
2	4	2,3
3	4	2
4	6	Глицин
5	6	2, 4, 5
6	6	23
7	4	5
8	6	2
9	4	80
10	6	2
11.1	4	Ca
11.2	4	K
11.3	4	24
11.4	4	44
12.1	4	sc12
12.2	4	sc14
12.3	4	so2
12.4	4	so3
13.1	4	медь
13.2	4	S
13.3	4	20
13.4	4	5,6
14.1	4	7
14.2	4	12
14.3	4	sih4
14.4	4	2,6
15.1	4	0,25
15.2	4	0,35
15.3	4	6
15.4	4	86

3.2.3 Задания 11 класса

№	Балл	
1	6	молибден
2	4	1, 4, 5
3	4	Li
4	6	2-аминопропановая кислота
5	6	3, 5
6	6	3, 5
7	4	6
8	6	1
9	4	60
10	6	2
11.1	4	Ca
11.2	4	K
11.3	4	24
11.4	4	44
12.1	4	Лебедев
12.2	4	бута-1,3-диен или бутадиен-1,3
12.3	4	а
12.4	4	озонолиз
13.1	4	медь
13.2	4	S
13.3	4	20
13.4	4	5,6
14.1	4	c2h4o или c2h4o2
14.2	4	c2h4o2 или c2h4o
14.3	4	42,3 или 57,7
14.4	4	57,7 или 42,3
15.1	4	0,25
15.2	4	0,35
15.3	4	6
15.4	4	86