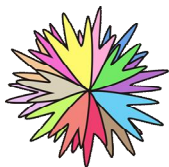


МАТЕРИАЛЫ ФИНАЛЬНЫХ ТУРОВ
II (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА
X ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ «ЮНЫЕ ТАЛАНТЫ»

Задания теоретического тура	2
Задания 9 класса	2
Задания 10 класса	6
Задания 11 класса	11
Задания экспериментального тура	15
Задание 9 класса	15
Задание 10 класса	16
Задание 11 класса	17
Критерии оценивания заданий теоретического тура	18
Критерии оценивания заданий 9 класса	18
Критерии оценивания заданий 10 класса	23
Критерии оценивания заданий 11 класса	30
Критерии оценивания заданий экспериментального тура	37
Критерии оценивания задачи 9 класса	37
Критерии оценивания задачи 10 класса	39
Критерии оценивания задачи 11 класса	40



Задания теоретического тура

Задания 9 класса

Задача №9-1

Читая произведение Гете «Фауст», Николай Пробиркин наткнулся на описание некой алхимической процедуры:

*«Являлся красный лев – и был он женихом,
И в теплой жидкости они его венчали
С прекрасной лилией, и грели их огнем,
И из сосуда их в сосуд перемещали...»*

Полученное вещество (**A**) применяли как лекарство:

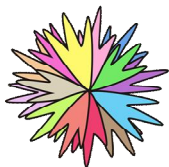
*«И стали мы лечить – удвоились мученья,
Больные гибли все без исключенья...»*

Помогите Николаю узнать какие химические соединения зашифрованы в этом тексте, если известно, что «красный лев» (вещество **B**) является бинарным соединением одного из семи металлов древности (металл **B**). «Красный лев» при 500°C распадается на простые вещества, которые в этих условиях являются газами, плотность газовой смеси (при н.у.) составляет 9,67 кг/м³. Сам металл **B** обладает способностью растворять другие металлы. «Красного льва» можно получить из вещества **A** при действии на него едкого натра. «Прекрасную лилию» (вещество **Г**) алхимики получали действием купоросного масла на поваренную соль.

1. Определите формулы веществ (**A** - **Г**) и запишите уравнения всех реакций.
2. Как называются растворы металлов в металле **B**?
3. Рассчитайте массу «красного льва» и массу 15%-ного водного раствора «прекрасной лилии», необходимых для получения 27,15 г вещества **A**.
4. Почему лечение с помощью вещества **A** часто приводило к смерти больных?

Задача №9-2

Элемент **X** образует несколько аллотропных модификаций. Одно из простых веществ (**A**) этого элемента в обычных условиях имеет твердое агрегатное состояние, темно-серый цвет, металлический блеск и хорошо проводит электрический ток. При сжигании **A** в избытке кислорода получили газообразное при нормальных условиях вещество **B** в 1,52 раза тяжелее воздуха. Пропускание газа **B** через насыщенный раствор вещества **C** приводит к образованию бе-



лого осадка (вещество **D**), который растворяется при продолжительном пропускании газа **B**. Растворение осадка обусловлено образованием хорошо растворимого в воде вещества **E**. При умеренном нагревании **E** образуется несколько продуктов, среди которых газ **B** и бесцветная жидкость **F**. При прокаливании **E** помимо **B** и **F** также образуется соединение **G**, массовая доля кислорода в котором составляет 28,57%.

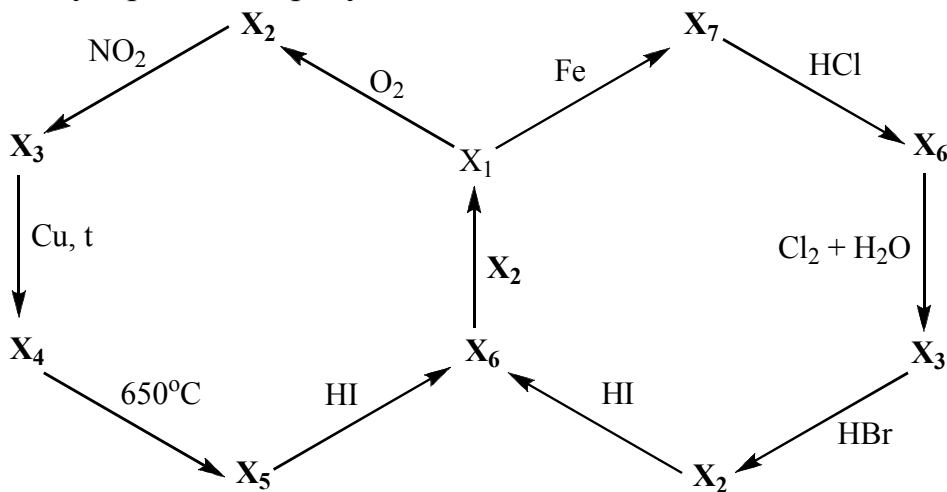
При сжигании **A** в недостатке кислорода образуется газообразное вещество **H**, относительная плотность которого по воздуху при нормальных условиях близка к единице. Вещество **H** при температуре 400 – 500°C способно реагировать с веществом **C** с образованием газообразного вещества **K** и вещества **D**.

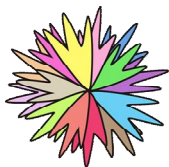
1. Назовите элемент **X** и установите формулы веществ **A** – **K**.
2. Напишите уравнения всех реакций, упомянутых в тексте задачи.
3. Укажите название аллотропной модификации – вещества **A**.

Задача №9-3

Элемент и простое вещество **X₁** известно с древнейших времен. Резкий запах и удушающее действие вещества **X₂** использовались в религиозных обрядах жрецами, поэтому **X₁** являлось символом сверхчеловеческих существ и подземных богов. У алхимиков элемент **X₁** являлся одним из «начал» всех металлов, способ получения вещества **X₃** разработан в XI веке Василием Валентином. Заводское производство **X₃** в России организовано в 1718 году по указу Петра Великого. Сегодня годовой объем промышленного производства **X₃** превышает 70 миллионов тонн.

Приведенная ниже схема иллюстрирует превращения веществ **X₁** – **X₆**, которые содержат элемент **X₁**. Известно, что водные растворы веществ **X₂**, **X₃**, **X₅**, **X₆** имеют кислую реакцию среды.





Вещество X_2 обладает окислительно-восстановительной двойственностью. Например, в реакции с X_6 оно выступает окислителем, а при взаимодействии с раствором темно-красного кристаллического вещества Y_1 , полученного взаимодействием насыщенного раствора хромата натрия с избытком серной кислоты, является восстановителем.

1. Установите формулы веществ $X_1 - X_6$.
2. Напишите уравнение всех представленных на схеме реакций.
3. Напишите реакцию получения Y_1 и взаимодействия его водного раствора с X_2 .

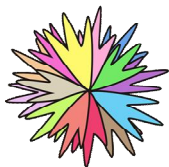
Задача №9-4

Структуру многих соединений можно описать в рамках теории плотнейших шаровых упаковок (ПШУ). При рассмотрении модели ПШУ считают, что атомы представляю собой жесткие шары. Касаясь, они заполняют большую часть пространства, однако между ними имеется незанятое пространство, которое называется пустотой, при этом в пустотах могут располагаться атомы других элементов. Различают два типа пустот: тетраэдрические и октаэдрические, которые называются по форме многогранников, вершины которых находятся в центрах окружающих их атомов. Тетраэдрическая пустота заключена между четырьмя атомами ПШУ, октаэдрическая – между шестью. При этом всегда на один атом ПШУ приходится одна октаэдрическая и две тетраэдрические пустоты. Например, структуру NaCl можно рассматривать как ПШУ ионов хлора, все октаэдрические пустоты в которой заняты ионами натрия; в структуре CaF₂ фторид-ионы занимают все тетраэдрические пустоты ПШУ из ионов кальция.

1. Определите формулу шпинели, в структуре которой атомы кислорода образовали ПШУ, атомы магния занимают 1/8 тетраэдрических, а алюминия – 1/2 октаэдрических пустот. Установите координационные числа (число ближайших соседей) атомов Mg, Al и O.

При твердофазном синтезе шпинели из оксидов на границе раздела Al₂O₃ и MgO сначала образуется зародыши фазы шпинели. Для дальнейшего роста образовавшейся фазы необходима встречная диффузия ионов Al³⁺ и Mg²⁺ через имеющийся слой шпинели. При этом граница раздела Al₂O₃/шпинель сдвигается в три раза быстрее, чем граница шпинель/MgO.

2. Напишите уравнения реакций, протекающих на границах раздела Al₂O₃/шпинель (взаимодействие Al₂O₃ и ионов Mg²⁺) и шпинель/MgO (взаимодействие MgO и ионов Al³⁺) и общее уравнение реакции образования шпинели.



3. Объясните разную скорость роста фазы шпинели на различных границах раздела.

Задача №9-5

Название минерала, о котором пойдет речь в задаче, происходит от греческого словосочетания «камень, высекающий огонь». Другое его название возникло во времена золотой лихорадки и связано с его внешней схожестью с самородным золотом.

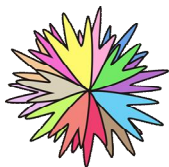
Навеску минерала массой 11,00 г сожгли в токе кислорода. Выделившийся при этом газ полностью поглотили бромной водой. К полученному раствору добавили избыток раствора хлорида бария, образовавшийся белый мелкокристаллический осадок отделили и высушили. Его масса составила 34,95 г.

1. Установите химическую формулу минерала, если известно, что он является бинарным соединением, содержащим 46,6% Fe. Приведите несколько его названий.
2. Вычислите массовую долю негорючих примесей в образце минерала взятого для исследования.
3. Напишите уравнения химических реакций, осуществленных при исследовании минерала.

Твердый остаток, полученный при обжиге минерала, может использоваться для получения металлического железа путем его восстановления газообразным водородом, угарным газом или углем.

4. На основании расчета тепловых эффектов реакций восстановления, определите какой из приведенных восстановителей потребует наименьших затрат энергии для проведения процесса.

Вещество	Q _{обр} , ккал/моль	Вещество	Q _{обр} , ккал/моль
FeO _(т)	62,98	H ₂ O _(г)	57,80
Fe ₃ O _{4(т)}	266,96	CO _(г)	26,42
Fe ₂ O _{3(т)}	196,50	CO _{2(г)}	94,05



Задания 10 класса

Задача №10-1

Читая произведение Гете «Фауст», Николай Пробиркин наткнулся на описание некой алхимической процедуры:

*«Являлся красный лев – и был он женихом,
И в теплой жидкости они его венчали
С прекрасной лилией, и грели их огнем,
И из сосуда их в сосуд перемещали...»*

Полученное вещество (**A**) применяли как лекарство:

*«И стали мы лечить – удвоились мученья,
Больные гибли все без исключенья...»*

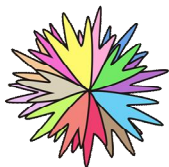
Помогите Николаю узнать какие химические соединения зашифрованы в этом тексте, если известно, что «красный лев» (вещество **B**) является бинарным соединением одного из семи металлов древности (металл **B**). «Красный лев» при 500°C распадается на простые вещества, которые в этих условиях являются газами, плотность газовой смеси (при н.у.) составляет 9,67 кг/м³. Сам металл **B** обладает способностью растворять другие металлы. «Красного льва» можно получить из вещества **A** при действии на него едкого натра. «Прекрасную лилию» (вещество **Г**) алхимики получали действием купоросного масла на поваренную соль.

1. *Определите формулы веществ (A - Г) и запишите уравнения всех реакций.*
2. *Как называются растворы металлов в металле B?*
3. *Рассчитайте массу «красного льва» и массу 15%-ного водного раствора «прекрасной лилии», необходимых для получения 27,15 г вещества A.*
4. *Почему лечение с помощью вещества A часто приводило к смерти больных?*

Задача №10-2

Химический элемент **X**, о котором пойдет речь, чрезвычайно неравномерно распространен на Земле. По содержанию в литосфере он занимает 25 место (0,0046%), а в атмосфере в виде простого вещества **A** входит в тройку наиболее распространенных элементов.

Наиболее важной реакцией в технологии элемента **X** является реакция взаимодействия **A** с газообразным водородом, протекающая при высоком давлении и температуре и приводящая к образованию вещества **B** (реакция 1). Га-



зообразное вещество **Б** (82,35% **X**) проявляет преимущественно основные свойства, в то время как **Б** в жидком состоянии может выступать в роли кислоты.

Окисление газообразного **Б** водным раствором гипохлорита натрия в присутствии желатина приводит к образованию жидкого при комнатной температуре вещества **В**, содержащего 87,50% **X** (реакция 2). Для соединения **В** характерны восстановительные свойства, например при взаимодействии с подкисленным раствором перманганата калия **В** окисляется до **А** (реакция 3). В присутствии сильных восстановителей, например H_2SnCl_4 , вещество **В** может проявлять окислительные свойства (реакция 4).

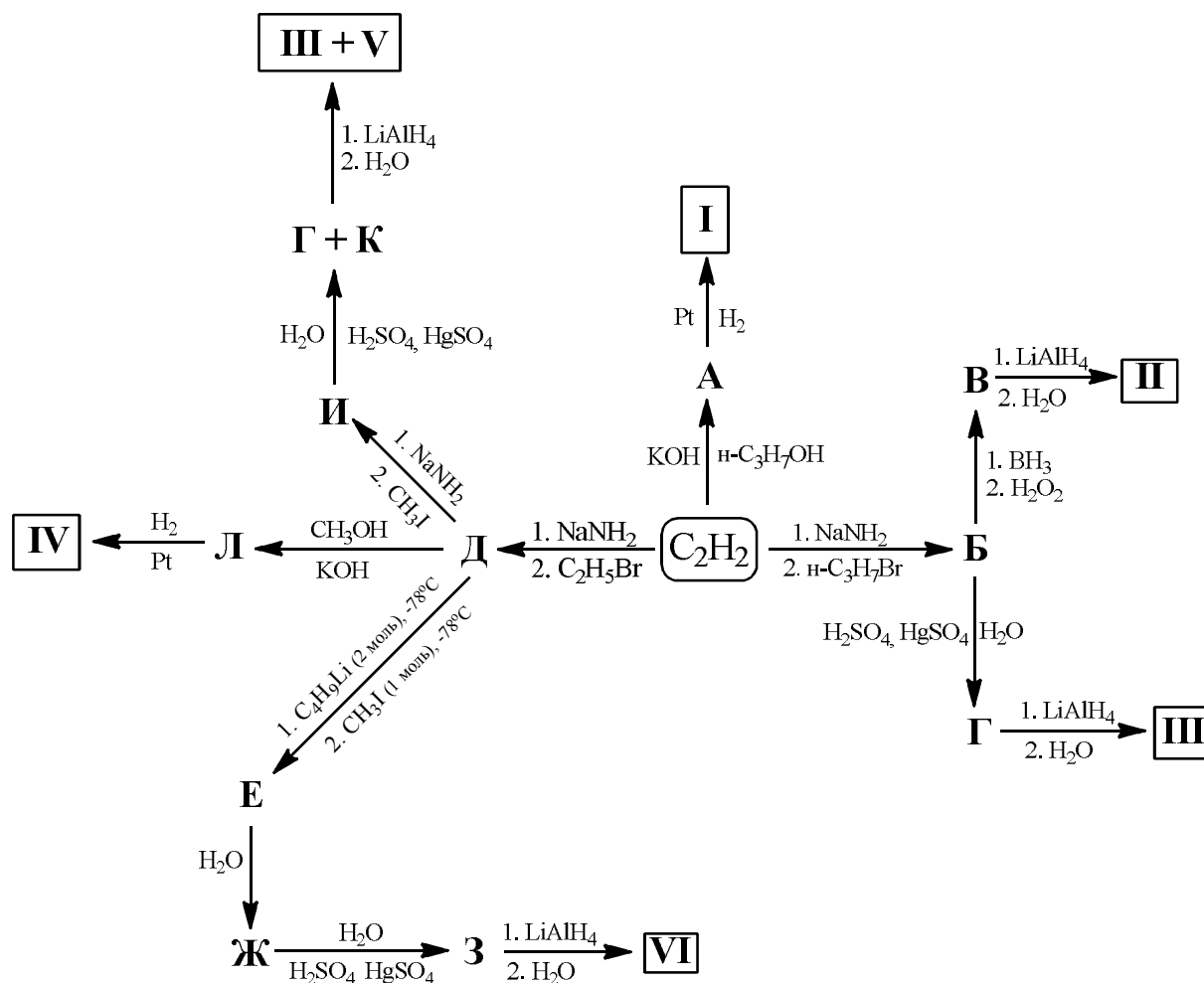
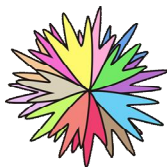
Взаимодействие **В** с азотистой кислотой приводит к образованию вещества **Г** (97,67% **X**, реакция 5), которое проявляет выраженные кислотные свойства. В растворе **Г** медленно диспропорционирует на вещество **А** и **Д** (42,42 % **X**, реакция 6).

Вещество **Д** также можно получить взаимодействием монооксида **X** и водорода на платиновом катализаторе (реакция 7) или восстановлением высшей кислоты, образованной **X**, водородом в момент выделения (реакция 8). **Д** обладает окислительно-восстановительной двойственностью – при реакции с окислителями, например иодом в присутствии щелочи, образует оксид X_2O (реакция 9), а при действии гидроксида железа (II) восстанавливается до соединения **Б** (реакция 10).

- 1. Укажите название элемента X, о соединениях которого идет речь в условии. Дайте аргументированный ответ.*
- 2. Определите вещества А – Д.*
- 3. Напишите уравнения реакций 1 – 10.*
- 4. Приведите два уравнения химических реакций, иллюстрирующих кислотные и основные свойства соединения Б.*
- 5. Объясните как изменяются основные свойства в ряду Б – В – Д. Аргументируйте свой ответ опираясь на знания о взаимном влиянии атомов в молекулах.*

Задача №10-3

Из ацетиленов получают большое количество разнообразных органических соединений – уксусную кислоту, этиловый спирт, ароматические углеводороды, мономеры для производства пластмасс и каучуков. Ниже приведена схема, описывающая получение шести кислородсодержащих изомерных соединений **I** – **VI** из ацетиленов.



Известно, что вещества **A**, **B**, **Г**, **З**, **К**, **Л** – изомеры, каждый из которых содержит атом кислорода, вещества **Б**, **Ж**, **И** – изомерные алкины, а вещества **В**, **Г**, **З**, **К** – карбонильные соединения.

Существует два основных промышленных способа получения ацетилена:

1. Высокотемпературный пиролиз метана или пропан-бутановой смеси, образующийся ацетилен загрязнен этиленом и требует выделения.

2. Чистый ацетилен без примесей получают карбидным методом, который включает стадии термического разложения известняка, получение карбида кальция и его гидролиз.

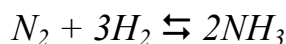
1. Напишите структурные формулы веществ **I–VI** и **A–Л**.

2. Напишите уравнения химических реакций, реализуемых при промышленном получении ацетилена из метана и известняка.

Задача №10-4

Состояние химического равновесия обратимых процессов количественно характеризуется константой равновесия K_c . Например, для реакции синтеза ам-

миака константа равновесия, выраженная через равновесные молярные концентрации веществ, определяется следующим выражением:



$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3},$$

где $[NH_3]$, $[N_2]$ и $[H_2]$ – равновесные концентрации компонентов.

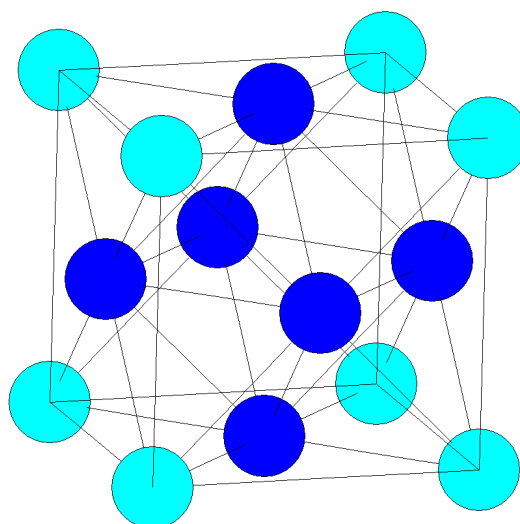
Знание констант равновесия и закономерностей смещения химического равновесия при изменении условий позволяет оптимизировать параметры осуществления различных технологических процессов, например синтез аммиака выгоднее вести при температуре около 500°C и повышенном давлении.

В закрытом сосуде постоянного объема при определенной температуре протекает химическая реакция в соответствии с уравнением $SO_{2(g)} + NO_{2(g)} \rightleftharpoons SO_{3(g)} + NO_{(g)}$. Константа равновесия процесса в данных условиях равна 0,125. После установления равновесия концентрация диоксида серы оказалась равной $0,20$ моль/дм³, а исходная концентрация диоксида азота равна $0,50$ моль/дм³.

1. Определите исходную концентрацию диоксида серы (в моль/дм³).
2. Определите степень превращения диоксида серы (в %).
3. Вычислите, при какой начальной концентрации диоксида азота степень превращения диоксида серы в данных условиях составит 95%.
4. При промышленном получении какого вещества использовалась реакция между диоксидом серы и азота?

Задача №10-5

Многие металлы образуют друг с другом сплавы и интерметаллические соединения (ИМС). Сплавы представляют собой твердые растворы замещения, в их структуре атомы размещаются статистически, в структуре ИМС атомы размещены упорядоченно. Элементарная ячейка одного из ИМС меди и золота представлена на рисунке. В структуре этого ИМС атомы золота расположены в вершинах, а меди – в центрах граней кубической элементарной ячейки. Существует и сплав меди с золотом состава, аналогичного указанному ИМС. В структуре сплава атомы размещаются по таким же позициям, но неупорядоченно, т.е.



нельзя сказать какой именно атом находится в вершине, а какой в центре грани элементарной ячейки.

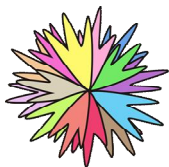
1. Определите формулу ИМС и сплава.

2. Учитывая, что плотность сплава равна $12,2 \text{ г/см}^3$, определите кратчайшее межатомное расстояние в его структуре в ангстремах ($1 \text{ м} = 10^{10} \text{ \AA}$).

Навеску ИМС меди и золота растворили в царской водке. К полученному раствору прилили 30% раствор пероксида водорода, при этом образовался осадок металла.

3. Напишите уравнения реакций растворения ИМС в царской водке и восстановления одного из металлов.

4. Приведите уравнения химических реакций, позволяющих выделить второй металл из раствора полученного после отделения осадка первого металла.



Задания 11 класса

Задача №11-1

При пропускании газа **А** над нагретым твердым бинарным веществом **Б**, расплывающимся на воздухе, образуется твердое белое вещество **В** и отгоняется бесцветная жидкость **Г**. Все вещества могут взаимодействовать с водой. При действии горячей воды на **Б** образуется смесь двух кислот **Д** и **Е**; при растворении **А** образуется только неустойчивая кислота **Ж**, обладающая преимущественно восстановительными свойствами, например обесцвечивает раствор перманганата калия. При растворении в воде **Г** образуются две кислоты **Д** и **Ж**, а **В** поглощает воду, выделяя много тепла и образуя кислоту **Е**.

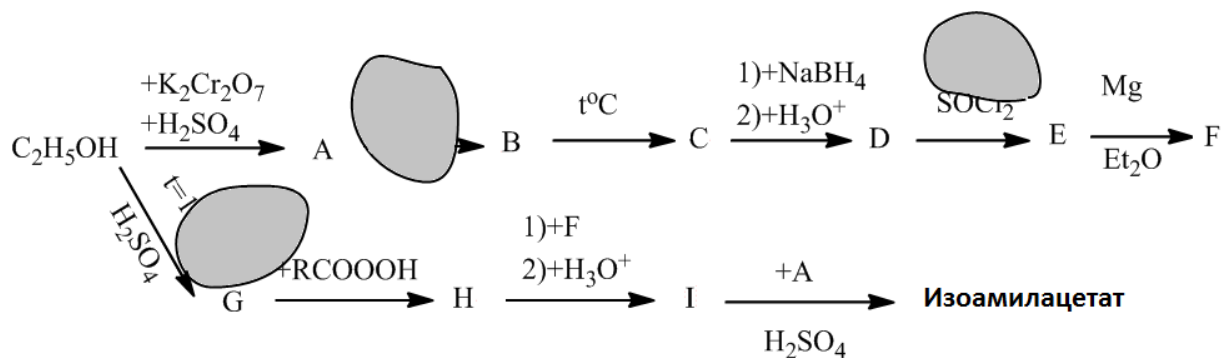
При взаимодействии 0,1 моль **Д** с раствором нитрата серебра выделяется с 14,35 г осадка, а **Е** образует с AgNO_3 желтый осадок. Пропускание газа **А** через насыщенный раствор гидроксида кальция приводит к его помутнению.

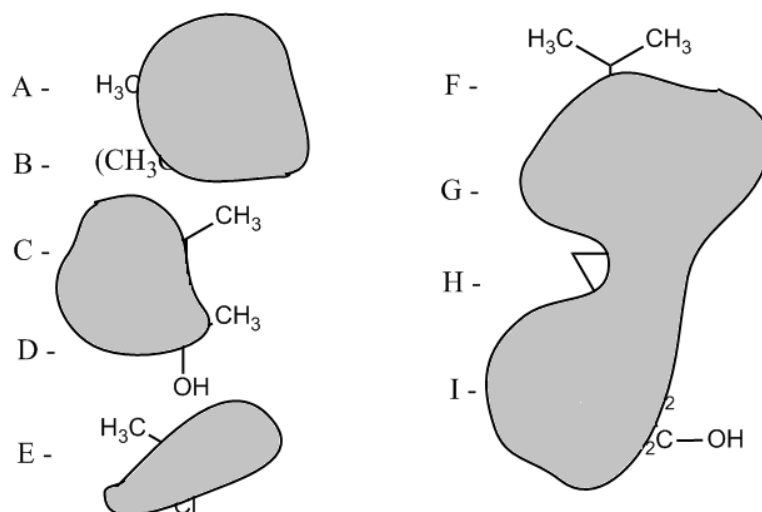
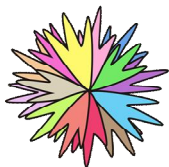
1. Определите вещества **А – Ж**. Формулу вещества **Д** подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций, описанных в тексте.

Задача №11-2

Однажды химику Василию для синтеза понадобился изоамиловый эфир уксусной кислоты. Посмотрев все запасы, Василий не нашел нужного эфира, но обнаружил этанол, диэтиловый эфир и множество неорганических веществ.

В книге по органическому синтезу Василий нашел схему позволяющую получить требуемый эфир, однако на его беду схема и ее расшифровка была испорчена пятнами.

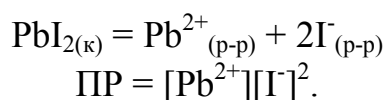




1. Напишите уравнения реакций, отвечающих приведенной схеме.
2. Определите вещества А – I.

Задача №11-3

Состояние равновесия в насыщенных растворах малорастворимых электролитов характеризуют произведением растворимости (ПР). Например, для насыщенного раствора иодида свинца величина ПР определяется следующим выражением:



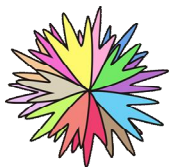
Величина ПР позволяет определить возможность образования осадка малорастворимого соединения, оценить степень соосаждения других ионов. Так, образование осадка иодида свинца возможно, когда произведение равновесных концентрации ионов свинца и иодид-ионов больше, чем величина ПР, то есть выполняется условие:

$$\text{ПР} < [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^{-}]^2$$

Аргентометрическое определение хлорид-ионов по методу Мора основано на титровании раствора, содержащего хлорид-ионы стандартным раствором нитрата серебра в присутствии индикатора – хромата калия.

1. Исходя из величины ПР хлорида серебра ($1,78 \cdot 10^{-10}$) и хромата серебра ($1,1 \cdot 10^{-13}$) вычислите равновесную концентрацию ионов серебра в насыщенном растворе AgCl и Ag_2CrO_4 . Объясните, почему AgCl осаждается в первую очередь.

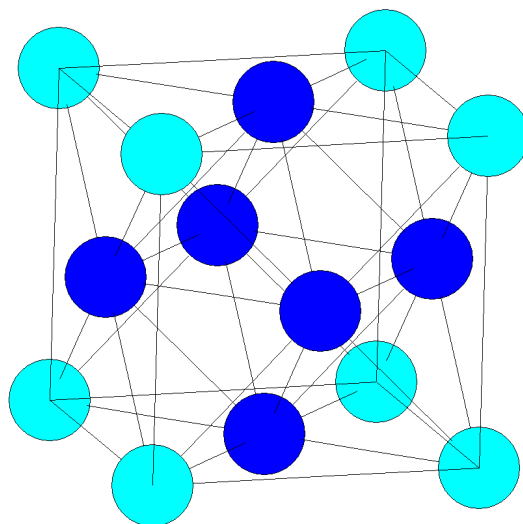
К 100 мл раствора, содержащего 106,5 мг хлорид-ионов добавили 1 мл раствора хромата калия с концентрацией 1 моль/л и осуществили титрование 0,1 моль/л раствором AgNO_3 .



2. Рассчитайте объем раствора $AgNO_3$ необходимого для количественного осаждения хлорид-ионов.
3. Определите, достаточна ли равновесная концентрация ионов серебра в точке эквивалентности для начала осаждения Ag_2CrO_4 .
4. Рассчитайте какой минимальный объем раствора хромата калия с концентрацией 1 моль/л необходимо добавить при титровании в указанных условиях, чтобы осаждение Ag_2CrO_4 началось в точке эквивалентности.

Задача №11-4

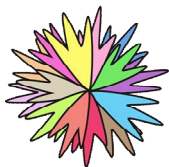
Многие металлы образуют друг с другом сплавы и интерметаллические соединения (ИМС). Сплавы представляют собой твердые растворы замещения, в их структуре атомы размещаются статистически, в структуре ИМС атомы размещены упорядоченно. Элементарная ячейка одного из ИМС меди и золота представлена на рисунке. В структуре этого ИМС атомы золота расположены в вершинах, а меди – в центрах граней кубической элементарной ячейки. Существует и сплав меди с золотом состава, аналогичного указанному ИМС. В структуре сплава атомы размещаются по таким же позициям, но неупорядоченно, т.е. нельзя сказать какой именно атом находится в вершине, а какой в центре грани элементарной ячейки.



1. Определите формулу ИМС и сплава.
2. Учитывая, что плотность сплава равна $12,2 \text{ г/см}^3$, определите кратчайшее межатомное расстояние в его структуре в ангстремах ($1 \text{ м} = 10^{10} \text{ \AA}$).

Навеску ИМС меди и золота растворили в царской водке. К полученному раствору прилили 30% раствор пероксида водорода, при этом образовался осадок металла.

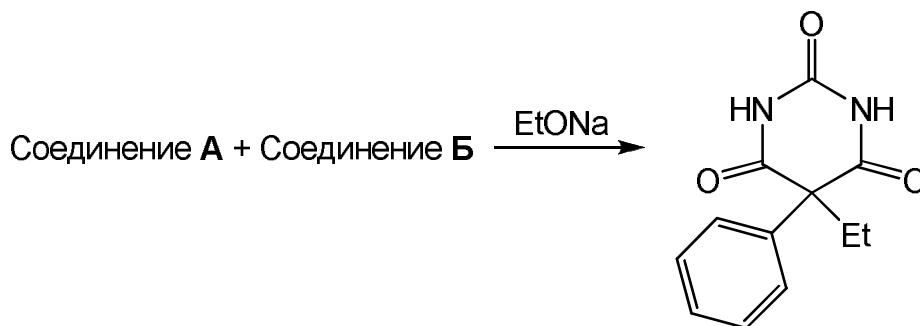
3. Напишите уравнения реакций растворения ИМС в царской водке и восстановления одного из металлов.



4. Приведите уравнения химических реакций, позволяющих выделить второй металл из раствора полученного после отделения осадка первого металла.

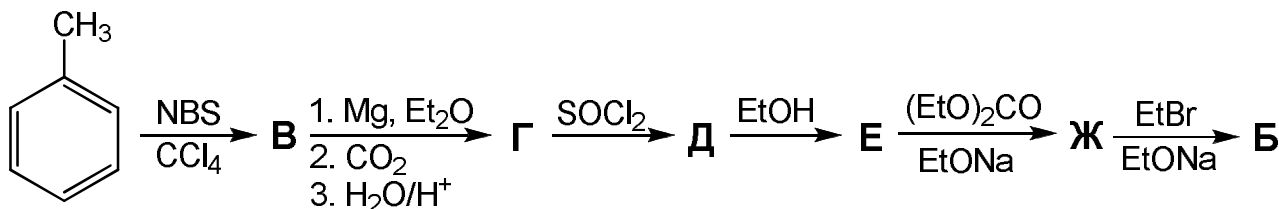
Задача №11-5

Барбитураты – группа лекарственных средств производных барбитуровой кислоты, действующих на центральную нервную систему как антидепрессанты и применяющихся при лечении эпилепсии. В 1912 году компания Bayer выпустила в продажу фенобарбитал под торговым названием Luminal. Данный барбитурат был синтезирован германским химиком Эмилем Фишером в 1904 году из двух соединений **А** и **Б**:



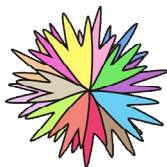
Соединение **А** является промежуточным продуктом обмена веществ и может быть обнаружено в моче человека. Сжигание 0,30 г образца соединения **А** дает 0,22 г углекислого газа и 0,18 г воды. Кипячение такой же массы образца соединения **А** с избытком щелочи, высвобождает весь азот в виде аммиака, для нейтрализации которого достаточно 50 см³ 0,2 М соляной кислоты. Масс-спектрометрия показывает, что соединение **А** обладает относительной молекулярной массой 60 г/моль.

Соединение **Б** можно синтезировать по следующей схеме:



Где NBS (N-бромсукцинимид) – источник радикалов брома, Et – радикал этил.

1. Определите вещество **А**. Ответ подтвердите расчетом.
2. Определите структурные формулы соединений **Б** – **Ж**.



Задания экспериментального тура

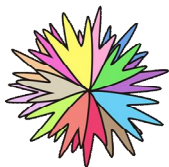
Задание 9 класса

В пронумерованных пробирках находятся растворы семи веществ из следующего списка (7 из 8 возможных): NaNO_3 , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , NaOH , H_2SO_4 , BaCl_2 , ZnSO_4 , AlCl_3 .

1. Не используя других реактивов, установите соответствие между номером пробирки и веществом, раствор которого в ней находится.
2. Заполните таблицу наблюдаемых эффектов реакций между веществами задачи:

	NaNO_3	Na_2SO_4	Na_2CO_3	NaOH	H_2SO_4	BaCl_2	ZnSO_4	AlCl_3
NaNO_3								
Na_2SO_4								
Na_2CO_3								
NaOH								
H_2SO_4								
BaCl_2								
ZnSO_4								
AlCl_3								

3. Напишите уравнения реакций, которые сопровождаются видимыми изменениями для всех восьми веществ.



Задание 10 класса

Метод комплексонометрического титрования применим для определения не только катионов металлов, но и, посредством косвенного титрования, для определения анионов. Например, сульфат-ионы можно определить, используя следующую методику:

Анализируемый раствор количественно переносят из пробирки в термостойкую коническую колбу (или стакан), пробирку промывают 2-3 раза дистиллированной водой, промывные воды приливают к анализируемому раствору.

К полученному раствору добавляют 20 мл раствора BaCl_2 с концентрацией 0,2 моль/л, перемешивают и нагревают содержимое колбы (стакана) до кипения. После охлаждения образовавшуюся суспензию фильтруют, фильтрат собирают в мерную колбу на 100 мл. Осадок на фильтре промывают 2-3 раза дистиллированной водой.

Аликвоту фильтрата объемом 10 мл разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, добавляют 5 мл буферного раствора с $\text{pH} = 9-10$, индикатор эриохром черный Т и титруют раствором ЭДТА с концентрацией 0,025 моль/л до появления синей окраски индикатора. Титрование повторяют 2-3 раза до получения результатов отличающихся не более чем на 0,1 мл.

- 1. Используя приведенную методику, определите массу сульфат-ионов в пересчете на сульфат натрия (мг) в выданном растворе.*
- 2. Напишите уравнения химических реакций, протекающих при проведении анализа.*
- 3. Приведите структурную формулу динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА) и ее комплекса с катионом бария.*
- 4. Особенностью буферных растворов является способность сохранять постоянную кислотность среды при добавлении к раствору сильных кислот или оснований. Объясните, зачем необходимо добавление буферного раствора при титровании.*

Реактивы: 0,2 моль/л BaCl_2 , 0,025 моль/л ЭДТА, аммиачный буферный раствор ($\text{pH} = 9-10$), эриохром черный Т (1:100).

Оборудование: колба мерная на 100 мл, колбы конические для титрования, воронка для фильтрования, фильтровальная бумага, пипетка Мора на 10 мл, бюретка на 25 мл, стаканчик для заполнения бюретки, груша, электроплитка.

Задание 11 класса

Задание 1

В семи пронумерованных пробирках находятся водные растворы следующих веществ: глицина (α -аминоуксусной кислоты), винной кислоты (2,3-дигидроксибутандиовая кислота), уксусной кислоты, глюкозы, ксилита, мочевины, и ацетата натрия.

- 1. Используя находящиеся на столе реактивы и оборудование, определите вещества в пробирках.*
- 2. Опишите ход определения. Напишите уравнения реакций, на основании которых произведено определение каждого вещества.*

Реактивы: 10% растворы NaOH, NaHCO₃, CuSO₄, универсальная индикаторная бумага.

Оборудование: штатив с пробирками, водяная баня.

Задание 2

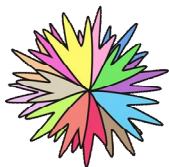
Одним из распространенных методом количественного определения органических веществ является кислотно-основное титрование. Например, содержание вещества обуславливающего свойства столового уксуса можно определить используя следующую методику:

Аликвоту столового уксуса объемом 1 мл разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, добавляют 2-3 капли раствора фенолфталеина и титруют раствором NaOH с концентрацией 0,1 моль/л до перехода окраски индикатора. Титрование повторяют 2-3 раза до получения результатов отличающихся не более чем на 0,1 мл.

- 1. Назовите вещество, которое обуславливает свойства столового уксуса, если известно, что оно было одним из веществ первой задачи.*
- 2. Приведите 2-3 способа получения основного вещества столового уксуса.*
- 3. Используя имеющиеся реактивы и оборудование, вычислите массовую долю основного вещества в столовом уксусе. При расчетах примите, что плотность столового уксуса равна 1,007 г/мл.*

Реактивы: 0,1 моль/л NaOH, 0,1% раствор фенолфталеина.

Оборудование: колбы конические для титрования, пипетка на 1 мл, бюретка на 25 мл, стаканчик для заполнения бюретки, груша.



Критерии оценивания заданий теоретического тура

Критерии оценивания заданий 9 класса

Задача №9-1

В «Фаусте» описано получение сулемы – хлорида ртути (II) HgCl_2 (А).

«Красный лев» – красный оксид ртути (II) HgO (Б).

Данное предположение подтверждается расчетом:



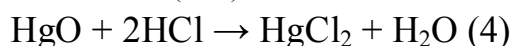
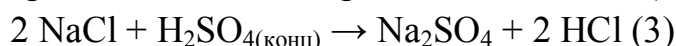
$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$M = \frac{mRT}{pV} = \frac{\rho RT}{p} = \frac{9,67 \cdot 8,314 \cdot 273}{101325} = 0,2166 \text{ кг/моль} = 216,6 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{Hg}) + 0,5 M(\text{O}_2) = 200,6 + 0,5 \cdot 32 = 216,6 \text{ г/моль}$$

Металл **В** – ртуть Hg .

«Прекрасная лилия» - хлороводородная кислота HCl (Г).



Растворы металлов в ртути называются амальгамами.

Рассчитаем массу оксида ртути и хлороводородной кислоты для получения 27,15 г сулемы:

$$n(\text{HgCl}_2) = 27,15/271,5 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HgO}) = n(\text{HgCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HgO}) = 0,1 \cdot 216,5 = 21,65 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{HgCl}_2) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

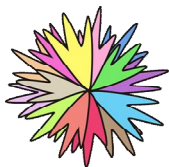
$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5 = 7,3 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 7,3/0,15 = 48,7 \text{ г}$$

Сулему использовали как обеззараживающее средство, однако из-за ее ядовитых свойств уже небольшая передозировка приводит к смертельному исходу.

Разбалловка

Установление формул веществ А – Г	4x0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Название сплавов металлов с ртутью	1 б.
Расчет масс HCl и HgO	2 б.
Объяснение смерти больных при лечении сулемой	1 б.
ИТОГО	10 б.



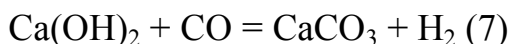
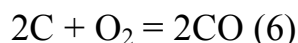
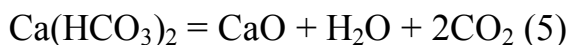
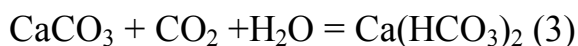
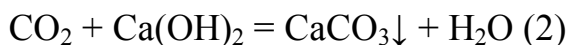
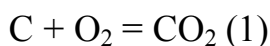
Задача №9-2

Определить элемент X можно исходя из данных по образуемым им оксидам. X образует два оксида при сжигании:

1. при недостатке кислорода – оксид H, имеющий молярную массу около 29 г/моль;
2. в избытке кислорода – оксид B, имеющий молярную массу $1,52 \cdot 29 = 44$ г/моль.

Полученные молярные массы близки к монооксиду и диоксиду углерода.

X	углерод	E	Ca(HCO ₃) ₂
A	графит (C)	F	H ₂ O
B	CO ₂	G	CaO
C	Ca(OH) ₂	H	CO
D	CaCO ₃	K	H ₂



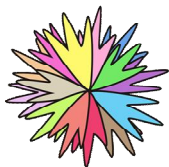
Подтвердить, что C действительно гидроксид кальция можно вычислив массовую долю кислорода в веществе G – оксиде кальция:

$$w(O) = \frac{A_r(O)}{M_r(CaO)} = \frac{16}{56} = 0.2857$$

- 3) Аллотропной модификацией углерода – веществом A является графит.

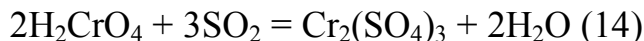
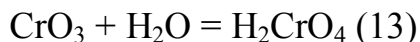
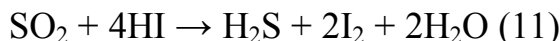
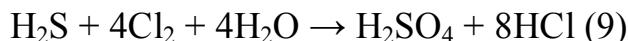
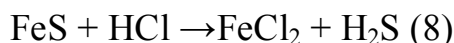
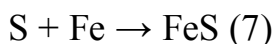
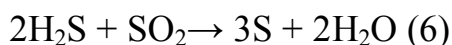
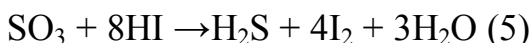
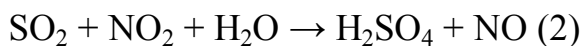
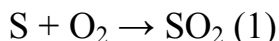
Разбалловка

Определение элемента X	1 б.
Написание формул веществ A – G	9x0,5б. = 4,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (7)	7x0,5б. = 3,5 б.
Указание, что A – графит	1 б.
ИТОГО	10 б.



Задача №9-3

X₁	S	X₄	CuSO₄
X₂	SO₂	X₅	SO₃
X₃	H₂SO₄	X₆	H₂S



Разбалловка

Определение веществ X₁ – X₆ .	6x0,5б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (14)	14x0,5б. = 7 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

1. В рамках теории ПШУ формулу любого соединения можно записать в виде AT_{2n}O_m , где А – атомы плотнейшей упаковки;

Т и О – атомы, занимающие тетраэдрические и октаэдрические пустоты соответственно;

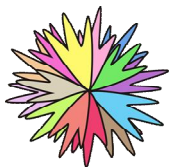
n и m – степень занятости пустот.

Формула шпинели: $\text{OMg}_{2(1/8)}\text{Al}_{1/2} = \text{MgAl}_2\text{O}_4$

Координационное число (КЧ) определяется числом ближайших соседей и по определению для тетраэдрических пустот оно равно 4, для октаэдрических – 6.

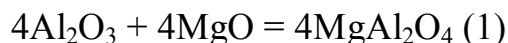
КЧ атома Mg в тетраэдрической пустоте – 4.

КЧ атома Al в октаэдрической пустоте – 6.



Координационное число кислорода можно определить исходя из формульной единицы шпинели: $KЧ(O) = (4 \cdot 1 + 6 \cdot 2) / 4 = 4$.

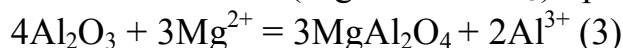
2. В общем виде реакцию образования шпинели твердофазным синтезом из оксидов можно записать в виде уравнения:



На границе шпинель/оксид магния ($MgAl_2O_4/MgO$) протекает реакция:



На границе шпинель/оксид алюминия ($MgAl_2O_4/Al_2O_3$) протекает реакция:



3. Из уравнений (2) и (3) видно, что на границе $Al_2O_3/MgAl_2O_4$ образуется в три раза больше шпинели, чем на противоположной границе, поэтому она движется быстрее.

Разбалловка

Определение формулы шпинели (без обоснования – 1 балл)	2 б.
Определение координационных чисел Mg, Al, O	3x1б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Объяснение различия в скорости движения границ	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-5

Так как сумма массовых долей железа и серы равна 100, то минерал содержит только эти два элемента:

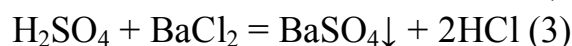
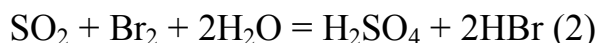
$$Fe : S = 46,6/56 : 53,4/32 = 0,832 : 1,669 = 1 : 2$$

Формула минерала – FeS_2 . Его названия – дисульфид железа, пирит, золото дураков, серный колчедан, железный колчедан.



Твердый остаток сжигания пирита содержит оксид железа (III) и негорючие примеси.

Газообразные продукты сжигания пирита содержат оксид серы (IV).

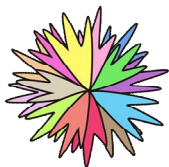


$$n(SO_2) = n(H_2SO_4) = n(BaSO_4) = 34,95/233 = 0,15 \text{ моль}$$

$$n(FeS_2) = 1/2n(SO_2) = 1/2 \cdot 0,15 = 0,075 \text{ моль}$$

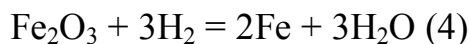
$$m(FeS_2) = 0,075 \cdot 120 = 9,00 \text{ г}$$

Следовательно, массовая доля негорючих примесей равна:

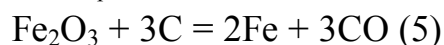


$$w = \frac{11,00 - 9,00}{11,00} \cdot 100 = 18,18\%$$

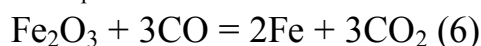
Запишем уравнения реакций восстановления оксида железа (III) и вычислим их эффект:



$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot 57,8 - 196,5 = -23,1 \text{ ккал}$$



$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 3 \cdot 26,42 - 196,5 = -117,24 \text{ ккал}$$

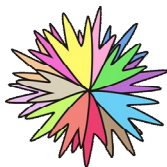


$$Q_p = 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) - 3Q_{\text{обр}}(\text{CO}) = 3 \cdot 94,05 - 196,5 - 3 \cdot 26,42 = 6,39 \text{ ккал}$$

Таким образом, восстановление оксида железа (III) монооксидом углерода требует минимальных затрат энергии.

Разбалловка

Установление химической формулы минерала	1 б.
Названия минерала (1 название – 0,5 б., 2 и более – 1 б.)	1 б.
Расчет массовой доли негорючих примесей	1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (6)	6x0,5б. = 3 б.
Расчет тепловых эффектов реакций (4) – (6)	3x1 б. = 3 б.
Выбор восстановителя и его обоснование	1 б.
ИТОГО	10 б.



Критерии оценивания заданий 10 класса

Задача №10-1

В «Фаусте» описано получение сулемы – хлорида ртути (II) HgCl_2 (А).

«Красный лев» – красный оксид ртути (II) HgO (Б).

Данное предположение подтверждается расчетом:

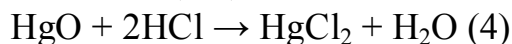
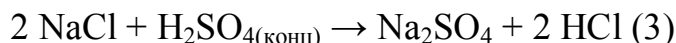


$$M(\text{смеси}) = 108,3 \cdot 2 = 216,6 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Hg}) + 0,5 M(\text{O}_2) = 200,6 + 0,5 \cdot 32 = 216,6 \text{ г/моль}$$

Металл **В** – ртуть Hg .

«Прекрасная лилия» - хлороводородная кислота HCl (Г).



Растворы металлов в ртути называются амальгамами.

Рассчитаем массу оксида ртути и хлороводородной кислоты для получения 27,15 г сулемы:

$$n(\text{HgCl}_2) = 27,15/271,5 = 0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{HgO}) = n(\text{HgCl}_2) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{HgO}) = 0,1 \cdot 216,5 = 21,65 \text{ г}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{HgCl}_2) = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{HCl}) = 0,2 \cdot 36,5 = 7,3 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = 7,3/0,15 = 48,7 \text{ г}$$

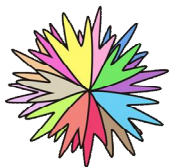
Сулему использовали как обеззараживающее средство, однако из-за ее ядовитых свойств уже небольшая передозировка приводит к смертельному исходу.

Разбалловка

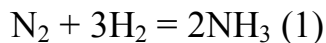
Установление формул веществ А – Г	4x0,5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Название сплавов металлов с ртутью	1 б.
Расчет масс HCl и HgO	2 б.
Объяснение смерти больных при лечении сулемой	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

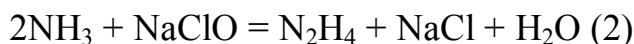
В атмосфере Земли наибольшую объемную (и массовую) долю имеют азот, кислород и аргон. Однако кислород широко распространен и в литосфере, а аргон



не образует химических соединений, поэтому X – это азот. Кроме , из указанных соединений только для азота важную роль в технологии его соединений играет реакция с водородом – получение аммиака – NH_3 (вещество Б):



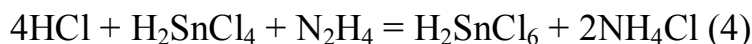
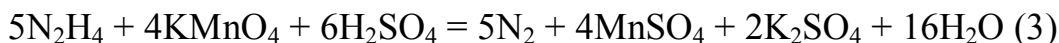
Окисление Б гипохлоритом натрия в присутствии желатина приводит к образованию гидразина – N_2H_4 (В):



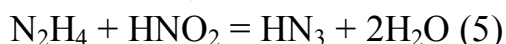
Формулу вещества В можно получить исходя из массовой доли элемента X. Так как она незначительно отличается от массовой доли азота в аммиаке, то считаем, что элементный состав Б и В одинаков. Тогда, приняв общую формулу В как N_aH_b :

$$a:b = 87,5/14 : 12,5/1 = 6,25 : 12,5 = 2 : 4.$$

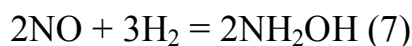
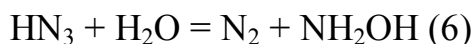
В окислительно-восстановительных реакциях гидразин восстанавливается до аммиака и окисляется до молекулярного азота:



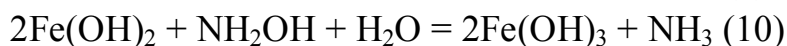
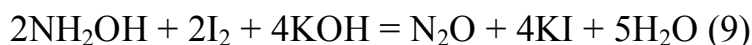
Взаимодействие гидразина и азотистой кислоты приводит к образованию азидоводорода – HN_3 (Г), который в водном растворе является кислотой по силе сопоставимой с уксусной. Определить молекулярную формулу Г можно аналогично гидразину, предположив, что Г содержит только азот и водород, что вполне оправдано, учитывая массовую долю азота в Г.



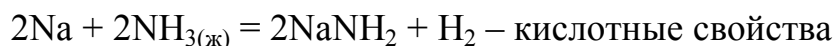
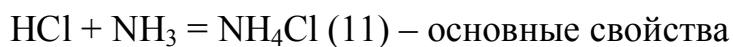
Вещество Д – это гидроксилламин (NH_2OH), что можно подтвердить расчетом массовой доли азота.

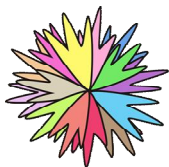


В окислительно-восстановительных реакциях гидроксилламин восстанавливается до аммиака аналогично гидразину, но окисляется до оксида азота (I):

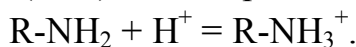


Кислотно-основные свойства аммиака можно проиллюстрировать следующими реакциями:





В ряду $\text{NH}_3 - \text{N}_2\text{H}_4 - \text{NH}_2\text{OH}$ основные свойства уменьшаются, что связано с понижением электронной плотности на атоме азота за счет электроноакцепторных свойств соседней амино- (NH_2) или гидроксильной (OH) группы:

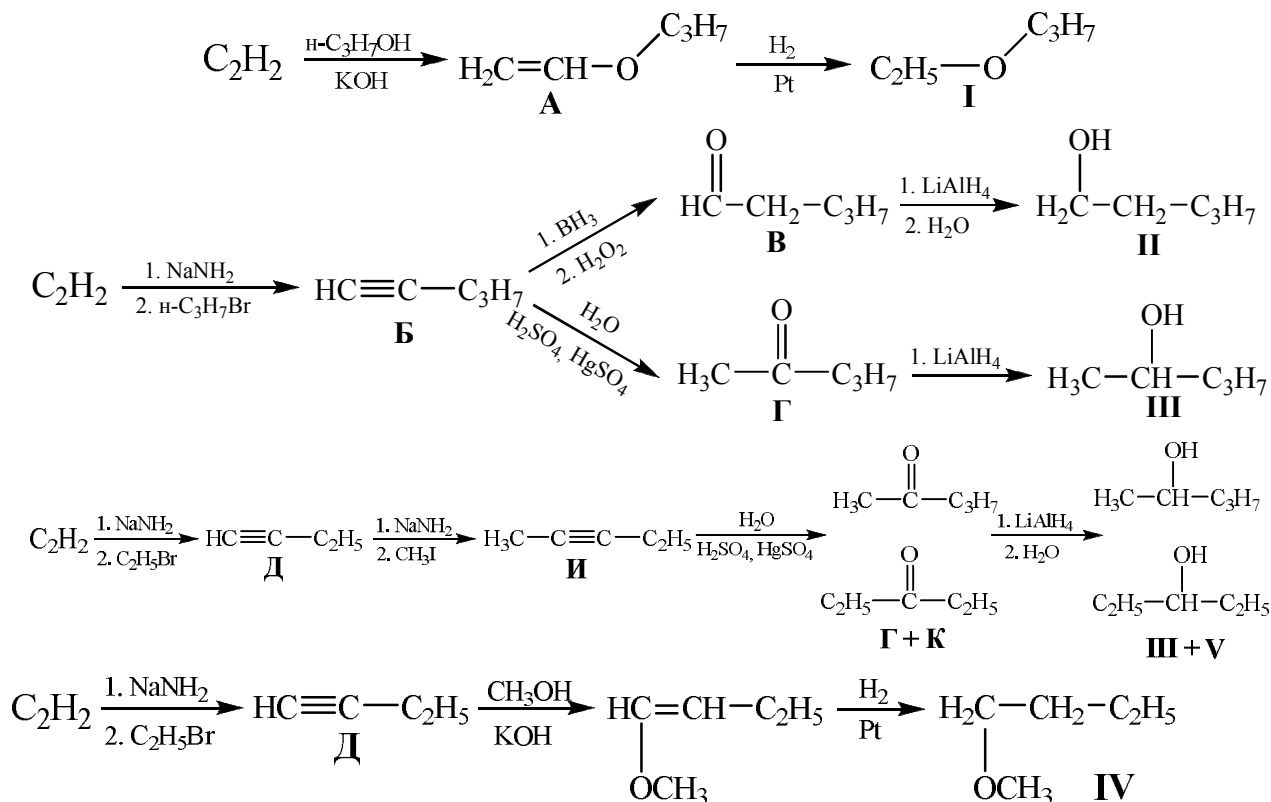


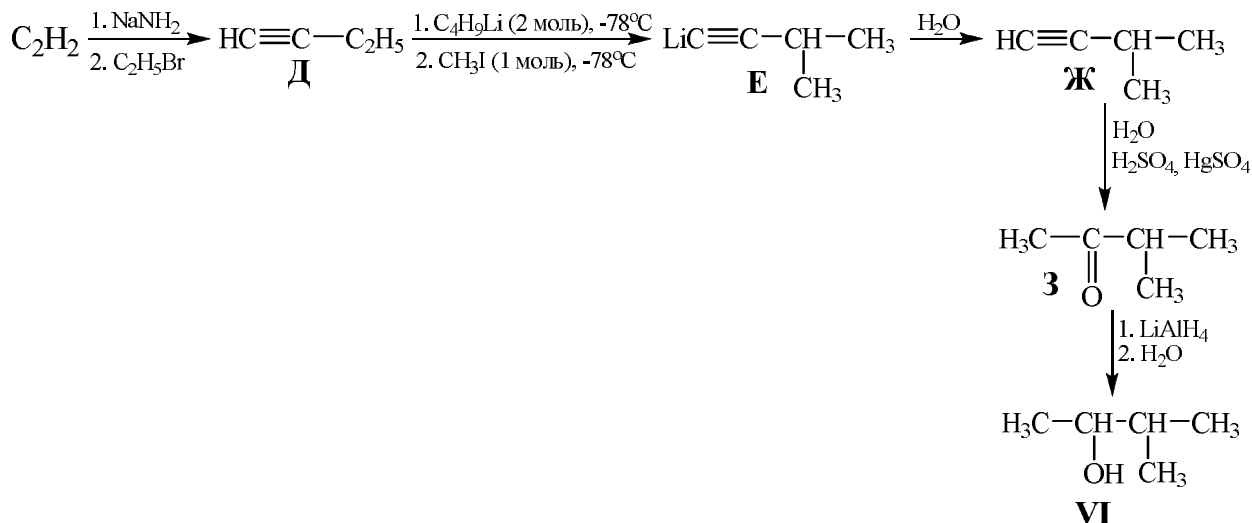
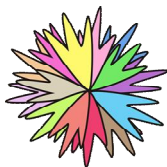
Очевидно, чем сильнее заместитель снижает электронную плотность на атоме азота аминогруппы, тем слабее соответствующее основание.

Разбалловка

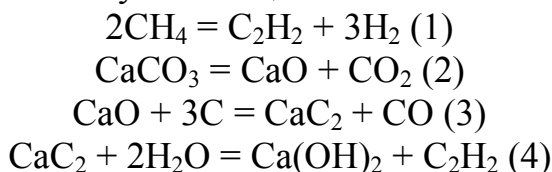
Указание элемента X (без обоснования – 0,5 б.)	2 б.
Определение веществ А – Д	5x0,5б. = 2,5 б.
Написание уравнений реакций (1), (2), (5) – (8)	6x0,25б. = 1,5 б.
Написание уравнений реакций (3), (4), (9), (10)	4x0,5б. = 2 б.
Примеры реакций кислотно-основных свойств аммиака	2x0,5б. = 1 б.
Указание на снижение основности в ряду $\text{NH}_3 - \text{N}_2\text{H}_4 - \text{NH}_2\text{OH}$ (без объяснения – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3





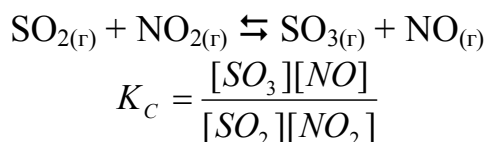
Способы промышленного получения ацетилена:



Разбалловка

Структурные формулы веществ I – VI	6x0,5б. = 3 б.
структурные формулы веществ А – Л	10x0,5б. = 5 б.
Написание уравнений (1) – (4)	4x0,5 б. = 2 б.
ИТОГО	10 б.

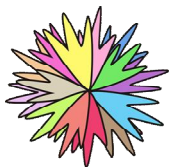
Задача №10-4



Пусть концентрация вступившего в реакцию диоксида серы равна x моль/дм³, тогда концентрация вступившего в реакцию диоксида азота – x моль/дм³, а концентрации образовавшихся веществ SO₃ и NO равны по x моль/дм³.

Так как в условии задачи ничего не сказано о начальных концентрациях веществ, являющихся продуктами реакции, то примем, что начальные концентрации этих веществ равны 0. Учитывая, что концентрации исходных веществ при протекании реакции уменьшаются, а концентрации продуктов – увеличиваются, заполним таблицу:

Исходные концентрации веществ, моль/дм ³		Равновесные концентрации веществ, моль/дм ³	
SO ₂	0,20 + x	SO ₂	0,20
NO ₂	0,50	NO ₂	0,50 – x



SO ₃	0	SO ₃	x
NO	0	NO	x

В выражение константы равновесия подставляем равновесные концентрации веществ и решаем полученное уравнение.

$$K_c = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]} = \frac{x \cdot x}{0,20 \cdot (0,50 - x)} = 0,125$$
$$x^2 = 0,0125 - 0,025x$$
$$x^2 + 0,025x - 0,0125 = 0$$

Решая данное уравнение получим, что $x_1 = 0,1$ и $x_2 = -0,125$. Второй корень не удовлетворяет условиям, так как концентрация вещества не может быть отрицательной.

Тогда исходная концентрация диоксида серы была равна $0,2 + 0,1 = 0,3$ моль/дм³.

Вычислим степень превращения диоксида серы:

$$\alpha = \frac{C_{исх}(SO_2) - [SO_2]}{C_{исх}(SO_2)} \cdot 100 = \frac{0,3 - 0,2}{0,3} = 33,33\%$$

Если степень превращения диоксида серы составит 95%, то равновесная концентрация SO₂ будет равна:

$$[SO_2] = 0,3 - 0,95 \cdot 0,30 = 0,015 \text{ моль/дм}^3$$

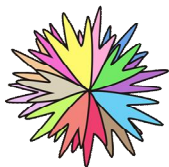
Исходные концентрации веществ, моль/дм ³		Равновесные концентрации веществ, моль/дм ³	
SO ₂	0,20	SO ₂	0,015
NO ₂	y	NO ₂	y - 0,285
SO ₃	0	SO ₃	0,285
NO	0	NO	0,285

При постоянных условиях константа равновесия является постоянной величиной, поэтому зная её величину, можем вычислить начальную концентрацию диоксида азота:

$$K_c = \frac{[SO_3][NO]}{[SO_2][NO_2]} = \frac{0,285 \cdot 0,285}{0,015 \cdot (y - 0,285)} = 0,125$$
$$0,081 = 0,002y - 0,0005$$
$$y = 40,75 \text{ моль/дм}^3$$

Следовательно, если начальная концентрация диоксида азота будет равна 40,75 моль/дм³, то степень превращения диоксида серы составит 95%.

Приведенная реакция является одной из стадий получения серной кислоты нитрозным методом, а именно стадия окисления диоксида серы до триоксида серы, которая в настоящее время заменена более эффективным каталитическим окислением кислородом.



Разбалловка

Написание выражения для константы равновесия реакции	1 б.
Расчет начальной концентрации диоксида серы	4 б.
Расчет степени превращения диоксида серы	1 б.
Расчет начальной концентрации диоксида азота	3 б.
Указание на нитрозный способ получения серной кислоты	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

1. Как видно из рисунка элементарная ячейка содержит 6 атомов меди, каждый из которых принадлежащих элементарной ячейке на 1/2 и 8 атомов золота, принадлежащих ячейке на 1/8. Следовательно состав ячейки и формула ИМС – Cu_3Au .

2. Приняв, что плотность металла равна отношению массы атомов металла в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки ($V_{\text{эя}}$) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{эя}}}$$

Так как мы имеем дело с кубической элементарной ячейкой, то $V_{\text{эя}} = a^3$

Массу атомов в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества формульных единиц (Z) на массу одной формульной единицы, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношение массы 1 моля металла к числу атомов металла в 1 моле):

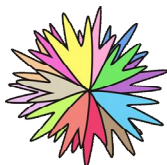
$$m = Z \frac{M}{N_A}$$
$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^3} \left[\frac{\text{г / моль}}{1 / \text{моль} \cdot \text{см}^3} = \frac{\text{г}}{\text{см}^3} \right]$$

Отсюда параметр элементарной ячейки равен:

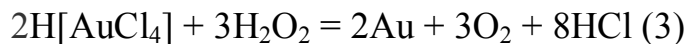
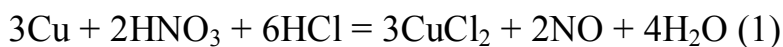
$$a = \sqrt[3]{\frac{ZM}{N_A \rho}} = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 387,5}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 12,2}} = 3,75 \cdot 10^{-8} = 3,75 \text{ \AA}$$

Кратчайшее межатомное расстояние равно расстоянию между атомами меди и золота, то есть половине гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника образованного тремя атомами золота, лежащими в на одной из граней куба. Вычислим кратчайшее межатомное расстояние (r) используя теорему Пифагора:

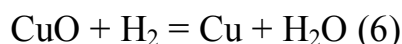
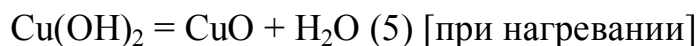
$$(2r)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$



$$r = \frac{\sqrt{2a^2}}{2} = \frac{\sqrt{2 \cdot (3,75)^2}}{2} = 2,65 \text{ \AA}$$

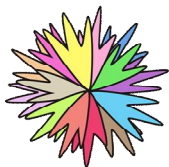


Для выделения меди можно воспользоваться следующей последовательностью действий:



Разбалловка

Определение формулы ИМС	2 б.
Расчет параметра элементарной ячейки	3 б.
Расчет кратчайшего межатомного расстояния	1 б.
Написание уравнений (1) – (3)	3х1б. = 3 б.
Способ выделения меди из раствора	1 б.
ИТОГО	10 б.



Критерии оценивания заданий 11 класса

Задача №11-1

Определим вещество Д. Очевидно, что осадок, образующийся с нитратом серебра, является галогенидом:



$$n(\text{AgX}) = n(\text{HX})$$

$$14,35/M(\text{AgX}) = 0,1$$

$$M(\text{AgX}) = 14,35 \cdot 0,1 = 143,5 = 108 + M(\text{X})$$

$$M(\text{X}) = 143,5 - 108 = 35,5 \text{ г/моль, что соответствует хлору}$$

Соответственно, вещество Д – HCl.

Желтый осадок – ортофосфат серебра, следовательно Е – H₃PO₄:



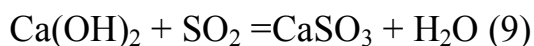
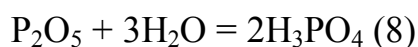
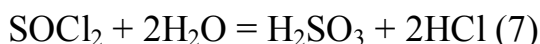
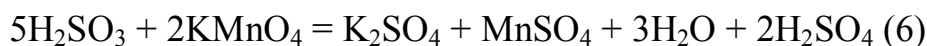
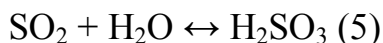
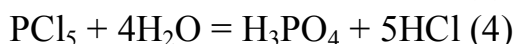
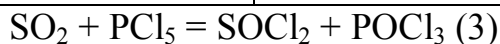
Фосфорная и хлороводородная кислота образуются при гидролизе хлорида или оксохлорида фосфора (V). Так как Б – бинарное вещество, то это PCl₅.

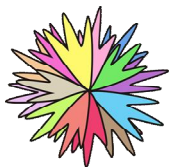
Газ А – это SO₂, о чем свидетельствует образование неустойчивой сернистой кислоты при взаимодействии с водой, восстановительные свойства соединений серы (+4) и помутнение раствора Ca(OH)₂.

Так как гидролиз В приводит к образованию ортофосфорной кислоты, то В – оксид фосфора (V).

При растворении Г в воде образуется хлороводородная и сернистая кислота, следовательно Г содержит хлор и серу в степени окисления +4, то есть Г – SOCl₂ (тионилхлорид).

А	SO ₂	Д	HCl
Б	PCl ₅	Е	H ₃ PO ₄
В	P ₂ O ₅	Ж	H ₂ SO ₃
Г	SOCl ₂		



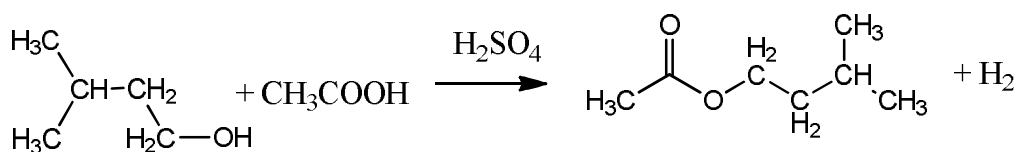
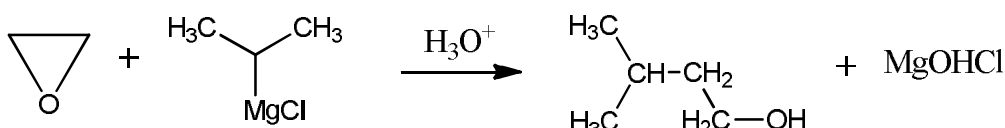
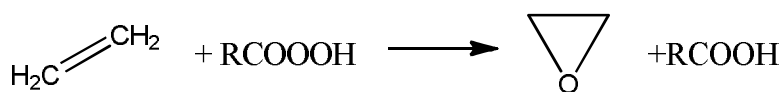
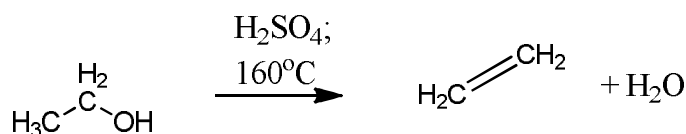
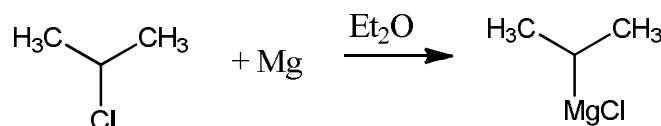
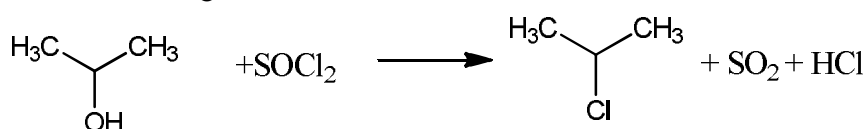
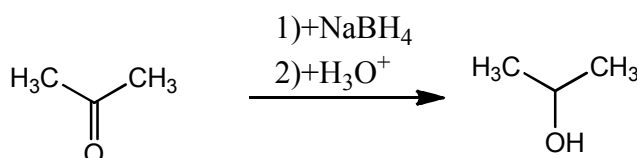
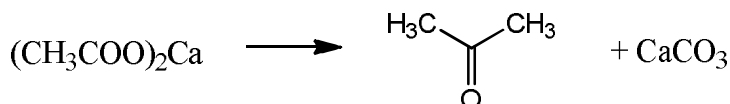
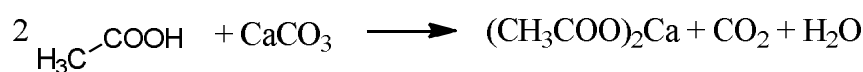
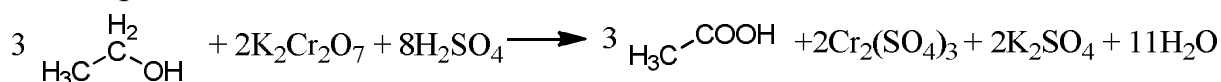


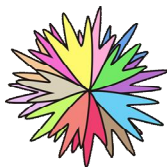
Разбалловка

Определение веществ А – Ж	7x0,5б. = 3,5 б.
Подтверждение вещества Д расчетом	2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (9)	9x0,5б. = 4,5 б.
ИТОГО	10 б.

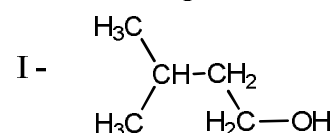
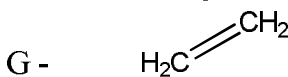
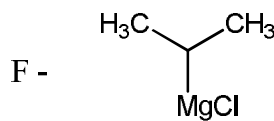
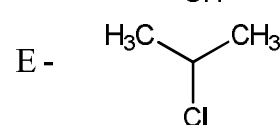
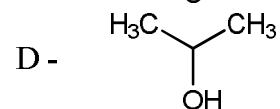
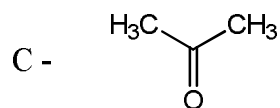
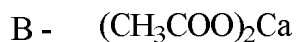
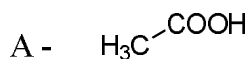
Задача №11-2

Уравнения реакций:





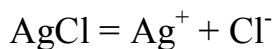
Вещества:



Разбалловка

Написание уравнений реакций	10x0,5б. = 5 б.
Определение форму А – I и изоамилацетата	10x0,5б. = 5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-3



$$PP = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = [\text{Ag}^+]^2,$$

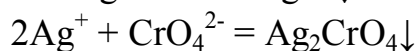
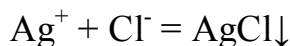
$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{PP} = \sqrt{1,78 \cdot 10^{-10}} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$



$$PP = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = [\text{Ag}^+]^2 \cdot (0,5[\text{Ag}^+]) = 0,5[\text{Ag}^+]^3$$

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt[3]{2PP} = \sqrt[3]{2 \cdot 1,1 \cdot 10^{-13}} = 6,03 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Так как концентрация ионов серебра в насыщенном растворе хромата серебра выше, чем в насыщенном растворе хлорида серебра, поэтому AgCl осаждается в первую очередь.



$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Cl}^-) = 0,1065/35,5 = 0,003 \text{ моль}$$

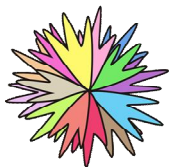
$$V(\text{AgNO}_3) = 0,003/0,1 = 0,03 \text{ л (30 мл)}$$

Определим состав раствора в точке эквивалентности. В насыщенном растворе хлорида серебра содержится:

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л}$$

Рассчитаем концентрацию хромат-ионов в растворе. При расчете пренебрежем изменением объема вследствие осаждения хлорида серебра.

$$V(p-pa) = 100 + 1 + 30 = 131 \text{ мл}$$



$$[CrO_4^{2-}] = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{0,131} = 7,63 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$$

Рассчитаем концентрацию ионов-серебра необходимую для начала осаждения хромата серебра в данных условиях:

$$PP = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}]$$

$$[Ag^+] = \sqrt{\frac{PP}{[CrO_4^{2-}]}} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-13}}{7,63 \cdot 10^{-3}}} = 3,79 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

Следовательно, концентрация ионов серебра в точке эквивалентности достаточна, для начала осаждения хромата серебра.

Исходя из величины PP хромата серебра и равновесной концентрации ионов серебра в точке эквивалентности определим концентрацию хромат-ионов достаточную для осаждения Ag_2CrO_4 :

$$PP = [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}]$$

$$[CrO_4^{2-}] = PP / [Ag^+]^2 = 1,1 \cdot 10^{-13} / (1,33 \cdot 10^{-5})^2 = 6,22 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$n(CrO_4^{2-}) = 6,22 \cdot 10^{-4} \cdot (0,130 + x) \text{ моль,}$$

где 0,130 – объем раствора в точке эквивалентности, л;

x – объем добавленного раствора хромата калия, л.

$$V(K_2CrO_4) = \frac{n(CrO_4^{2-})}{C(K_2CrO_4)}$$

$$x = \frac{6,22 \cdot 10^{-4} (0,13 + x)}{1} = 8,09 \cdot 10^{-5} + 6,22 \cdot 10^{-4} x$$

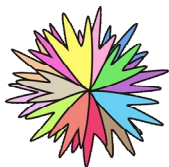
$$x = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ л (0,081 мл)}$$

Разбалловка

Написание выражений для PP хлорида и хромата серебра	2x0,5б. = 1 б.
Расчет $[Ag^+]$ для $AgCl$ и Ag_2CrO_4	2x1б. = 2 б.
Объяснение того, что первым осаждается $AgCl$	1 б.
Расчет объема раствора $AgNO_3$	2 б.
Подтверждение расчетом, что в точке эквивалентности начнется осаждение Ag_2CrO_4	2 б.
Расчет объема раствора K_2CrO_4	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-4

1. Как видно из рисунка элементарная ячейка содержит 6 атомов меди, каждый из которых принадлежащих элементарной ячейке на 1/2 и 8 атомов золота,



принадлежащих ячейке на 1/8. Следовательно состав ячейки и формула ИМС – Cu_3Au .

2. Приняв, что плотность металла равна отношению массы атомов металла в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки ($V_{\text{эя}}$) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{эя}}}$$

Так как мы имеем дело с кубической элементарной ячейкой, то $V_{\text{эя}} = a^3$

Массу атомов в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества формульных единиц (Z) на массу одной формульной единицы, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношение массы 1 моля металла к числу атомов металла в 1 моле):

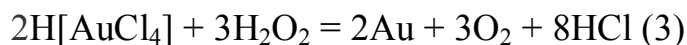
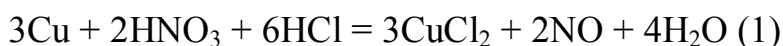
$$m = Z \frac{M}{N_A}$$
$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^3} \left[\frac{g/\text{моль}}{1/\text{моль} \cdot \text{см}^3} = \frac{g}{\text{см}^3} \right]$$

Отсюда параметр элементарной ячейки равен:

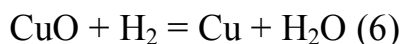
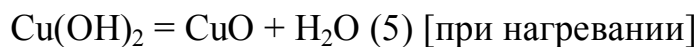
$$a = \sqrt[3]{\frac{ZM}{N_A \rho}} = \sqrt[3]{\frac{1 \cdot 387,5}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 12,2}} = 3,75 \cdot 10^{-8} = 3,75 \text{ \AA}$$

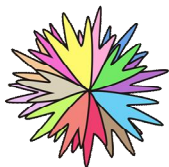
Кратчайшее межатомное расстояние равно расстоянию между атомами меди и золота, то есть половине гипотенузы равнобедренного прямоугольного треугольника образованного тремя атомами золота, лежащими в на одной из граней куба. Вычислим кратчайшее межатомное расстояние (r) используя теорему Пифагора:

$$(2r)^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$$
$$r = \frac{\sqrt{2a^2}}{2} = \frac{\sqrt{2 \cdot (3,75)^2}}{2} = 2,65 \text{ \AA}$$



Для выделения меди можно воспользоваться следующей последовательностью действий:



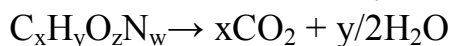


Разбалловка

Определение формулы ИМС	2 б.
Расчет параметра элементарной ячейки	3 б.
Расчет кратчайшего межатомного расстояния	1 б.
Написание уравнений (1) – (3)	3х1б. = 3 б.
Способ выделения меди из раствора	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

Допустим, что соединение **A** имеет формулу $C_xH_yO_zN_w$

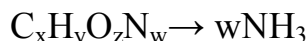


$n(H_2O) = 0,18/18 = 0,01$ моль, тогда в веществе **A** $n(H) = 2n(H_2O) = 0,02$ моль

$n(CO_2) = 0,22/44 = 0,005$ моль, в веществе **A**: $n(C) = 0,005$ моль



$n(NH_3) = n(HCl) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} = 0,01$ моль



$n(N) = 0,01$ моль

Вычислим количество моль кислорода в веществе **A**:

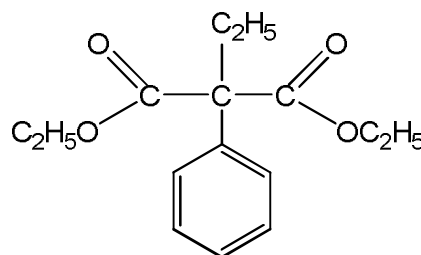
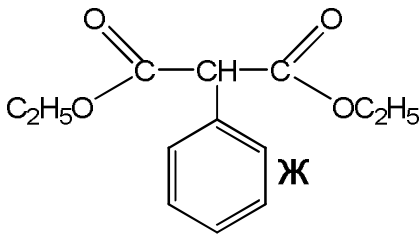
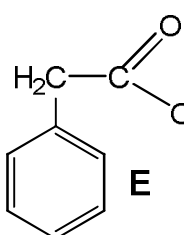
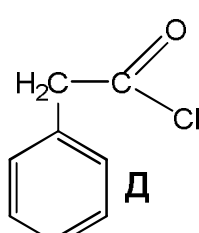
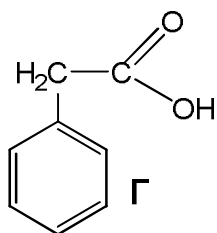
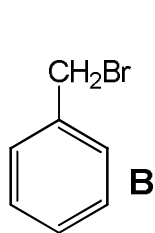
$$m(O) = 0,30 - 0,005 \cdot 12 - 0,02 \cdot 1 - 0,01 \cdot 14 = 0,08 \text{ г}$$

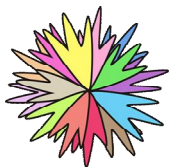
$$n(O) = 0,08/16 = 0,005 \text{ моль}$$

$$x : y : z : w = 0,005 : 0,02 : 0,005 : 0,01 = 1 : 4 : 1 : 2$$

Формула вещества **A** – CH_4ON_2 . Так как вещество **A** обнаружено в моче, то разумно предположить, что это мочевины $(NH_2)_2CO$.

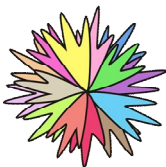
Вещества, отвечающие схеме получения **B**:





Разбалловка

Определение вещества A (без расчетов – 1 балл)	4 б.
Определение веществ Б – Ж	6x1б. = 6 б.
ИТОГО	10 б.

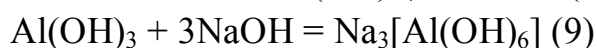
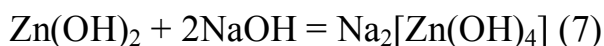
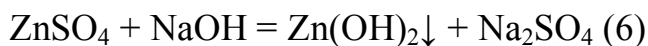
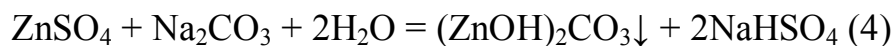


Критерии оценивания заданий экспериментального тура

Критерии оценивания задачи 9 класса

	NaNO_3	Na_2SO_4	Na_2CO_3	NaOH	H_2SO_4	BaCl_2	ZnSO_4	AlCl_3
NaNO_3	-	-	-	-	-	-	-	-
Na_2SO_4	-	-	-	-	-	↓ белый (2)	-	-
Na_2CO_3	-	-	-	-	↑ газ (1)	↓ белый (3)	↓ белый (4)	↓ белый (5)
NaOH	-	-	-	-	-	-	↓ белый (6) растворим в избытке (7)	↓ белый (8) растворим в избытке (9)
H_2SO_4	-	-	↑ газ (1)	-	-	↓ белый (10)	-	-
BaCl_2	-	↓ белый (2)	↓ белый (3)	-	↓ белый (10)	-	↓ белый (11)	-
ZnSO_4	-	-	↓ белый (4)	↓ белый (6) растворим в избытке (7)	-	↓ белый (11)	-	-
AlCl_3	-	-	↓ белый (5)	↓ белый (8) растворим в избытке (9)	-	-	-	-

Уравнения реакций:



Примечание:

В реакциях (1), (3) допускается написание Na_2SO_4

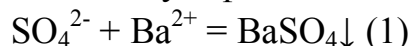
В реакции (8) допускается написание $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

Разбалловка

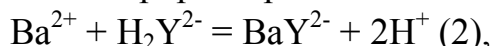
Определение соответствия веществ и номера пробирки (за каждое вещество – 1 балл)	7x1б. = 7 б.
Составление таблицы эффектов	2 б.
Написание уравнений реакций (1) – (11)	11x1б. = 11 б.
ИТОГО	20 б.

Критерии оценивания задачи 10 класса

Первая стадия анализа – осаждение сульфат-ионов в анализируемой пробе:



Вторая стадия – определение непрореагировавшего количества ионов бария:



где H_2Y^{2-} – анион ЭДТА

Очевидно, что количество моль бария, вступившего в реакцию (1) эквивалентно содержанию сульфат-ионов и может быть найдено, как разница между общим количеством хлорида бария введенным в анализируемую пробу и непрореагировавшим количеством катионов бария, найденных вторым титрованием:

$$n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{Ba}^{2+}) = n_{\text{об}}(\text{Ba}^{2+}) - n_{\text{изб}}(\text{Ba}^{2+})$$

Общее количество моль введенного катиона бария найдем по формуле:

$$n_{\text{об}}(\text{Ba}^{2+}) = C(\text{BaCl}_2) \cdot V(\text{BaCl}_2) \cdot 10^{-3} = C(\text{BaCl}_2) \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ (моль)}$$

Избыток катионов бария найдем по результатам титрования:

$$n_{\text{изб}}(\text{Ba}^{2+}) = n(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) = C(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) \cdot V(\text{H}_2\text{Y}^{2-}) \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ (моль)},$$

где 10 – множитель, учитывающий разбавление анализируемой пробы.

Зная количество сульфат-ионов в анализируемом растворе пересчитаем их на сульфат натрия:

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = n(\text{SO}_4^{2-}) \cdot M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot 10^3 \text{ (мг)}$$

Как видно из реакции (2) при взаимодействии катионов бария с ЭДТА образуются ионы водорода. Добавление буферного раствора при определении бария необходимо, чтобы избежать подкисления раствора и тем самым сохранить благоприятные условия для количественного определения бария.

Разбалловка

Приведение расчетов, позволяющих определить массу Na_2SO_4 в анализируемом растворе (без учета точности результатов)	6 б.
Количественная характеристика результата: при относительной ошибке менее 5 % каждые дополнительные 5% ошибки – снижение на 2 балла	8 б.
Написание уравнений (1) и (2)	2x1б. = 2 б.
Структурные формулы ЭДТА и ее комплекса с Ba^{2+}	2x1б. = 2 б.
Объяснение необходимости добавления буферного раствора	2 б.
ИТОГО	20 б.

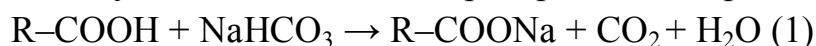
Критерии оценивания задачи 11 класса

Задача 1

Предложенный набор веществ включает органические соединения различных классов: карбоновые кислоты, их производные, многоатомный спирт, моносахарид, амин. Некоторые соединения содержат несколько различных функциональных групп (глицин, глюкоза, винная кислота). Поэтому начать анализ следует с определения групп веществ, содержащих какую-либо функциональную группу, например, карбоксильную группу. Рассмотрим следующий вариант:

1. Определим вещества, содержащие карбоксильную группу.

а) Проведем качественную реакцию на карбоксильную группу с гидрокарбонатом натрия. Карбоновые кислоты, будучи более сильными кислотами чем угольная, вытесняют углекислый газ из гидрокарбоната натрия.



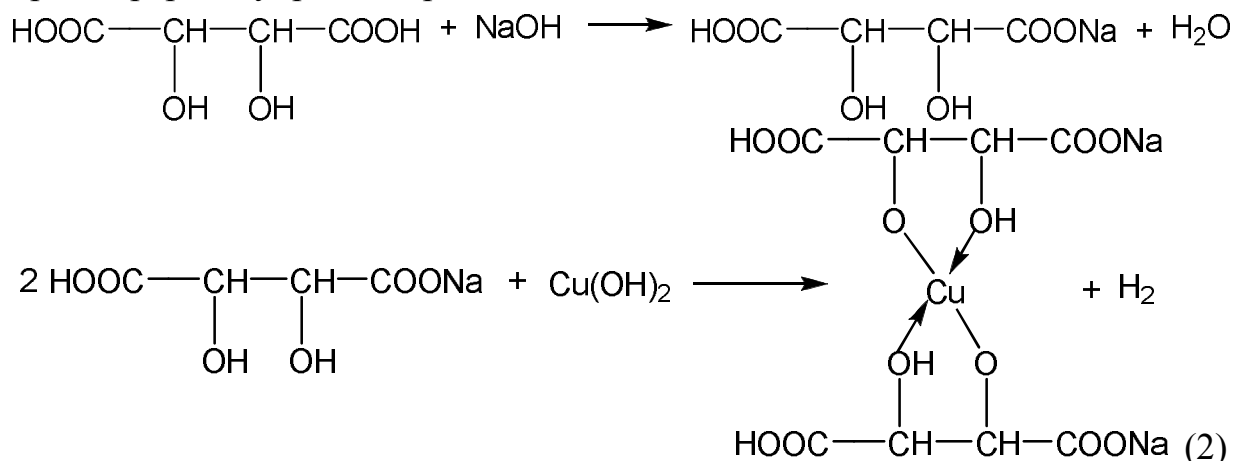
В трёх пробирках наблюдается выделение углекислого газа. Это глицин, уксусная и винная кислоты.

б) Затем растворы проверяем универсальной индикаторной бумагой.

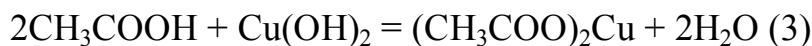
В двух пробирках наблюдаем покраснение. Это растворы винной и янтарной кислот. В одной пробирке посинение - это раствор ацетата натрия. В остальных среда нейтральная.

На основании проделанных опытов можем определить глицин (нейтральная среда и выделение CO_2 при взаимодействии с $NaHCO_3$) и ацетат натрия (щелочная среда раствора).

Для того чтобы идентифицировать винную кислоту используем реакцию с гидроксидом меди. При добавлении к свежеприготовленному осадку $Cu(OH)_2$ раствора виннокислого натрия осадок растворяется и образуется тёмно-синий раствор дитартратокупрата натрия:

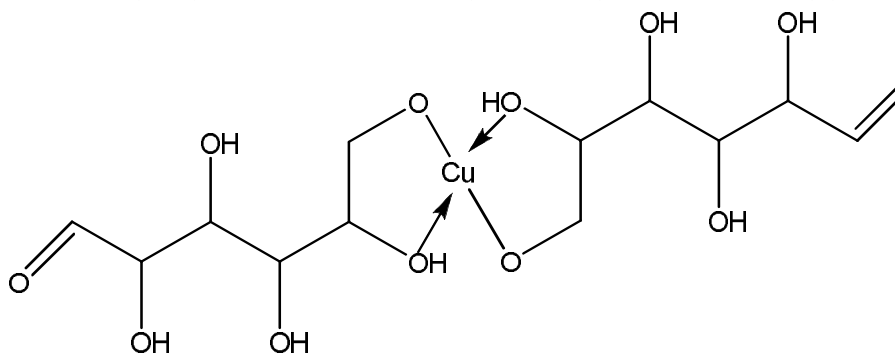
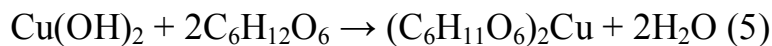
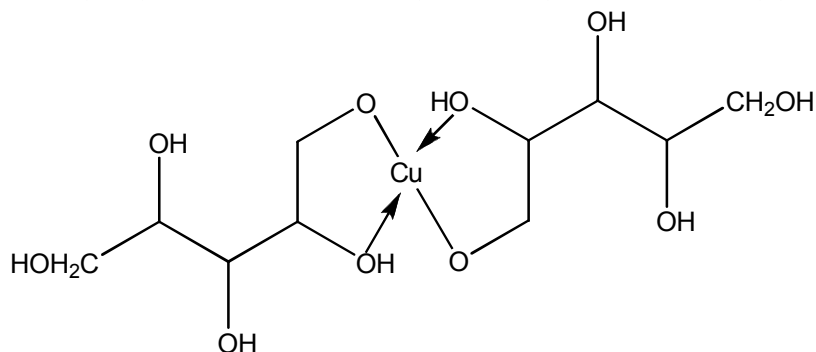
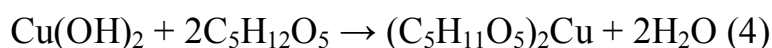


Уксусная кислота в данных условиях образует голубой раствор ацетата меди (II):



3. Для идентификации веществ, водные растворы которых имеют нейтральную реакцию среды, исследуем их отношение к свежеприготовленному гидроксиду меди (II):

При добавлении к $\text{Cu}(\text{OH})_2$ раствора глюкозы или ксилита осадок растворяется и образуется тёмно-синий раствор комплексного соединения. С мочевиной такая реакция не идет.

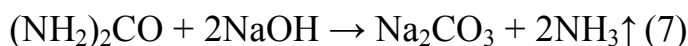


При нагревании пробирки с глюкозой синяя окраска исчезает и выпадает оранжевый осадок Cu_2O :



Таким образом? определяем ксилит и глюкозу, а методом исключения мочевины.

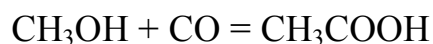
Кроме того, подтвердить наличие мочевины можно с помощью щелочного гидролиза: В пробирку наливаем 1 мл раствора определяемого вещества, прилить ~ 1 мл гидроксида натрия и нагреваем. Выделение аммиака определяем по запаху или с помощью влажной индикаторной бумаги (посинение):



	NaHCO_3	Индика- тор	Cu(OH)_2	$\text{Cu(OH)}_2, t$	NaOH, t
Глицин	$\text{CO}_2 \uparrow (1)$	желтый	Голубой раствор	-	-
Уксусная кислота	$\text{CO}_2 \uparrow (1)$	красный	Голубой раствор (3)	-	-
Винная кислота	$\text{CO}_2 \uparrow (1)$	красный	Синий раствор (2)	-	-
Ксилит	-	желтый	Синий раствор (4)	-	-
Глюкоза	-	желтый	Синий раствор (5)	Оранжевый осадок (6)	-
Ацетат натрия	-	синий	-	-	-
Мочевина	-	желтый	-	-	$\text{NH}_3 \uparrow (7)$

Задача 2

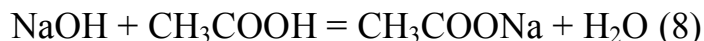
Основные свойства столового уксуса определяет уксусная кислота. В промышленности её получают окислением ацетальдегида или каталитическим карбонилированием метанола:



Уксусную кислоту, предназначенную для использования в пищевой промышленности, получают путем микробиологического окисления этанола:



В задаче представлена методика позволяющая определить уксусную кислоту по реакции:



Рассчитаем массовую долю уксусной кислоты в столовом уксусе, исходя из результатов титрования. По уравнению реакции (8):

$$n(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{NaOH}) = C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot 10^{-3} \text{ (моль)},$$

где $V(\text{NaOH})$ – объем раствора NaOH , ушедшего на титрование (мл).

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH})$$

$$m_{\text{p-ра}} = V_{\text{p-ра}} \cdot \rho$$

$$w(\text{CH}_3\text{COOH}) = m(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot 100 / m_{\text{p-ра}}$$

Разбалловка

Написание уравнений (1) – (8)	8x0,5б. = 4 б.
Указание вещества, определяющего свойства уксуса	1 б.
Способы получения уксусной кислоты (2 и более)	1 б.
Приведение расчетов, позволяющих определить массу уксусной кислоты (без учета точности результатов)	2 б.
Определение соответствия номера пробирки и вещества (задача 1) – по 1 баллу за каждое вещество	7x1б. = 7 б.
Количественная характеристика точности (задача 2): относительная ошибка менее 5 % каждые дополнительные 5% ошибки – снижение на 2 балла	5 б.
ИТОГО	20 б.