

### 1.1.3. Задания 11 класса

#### Задача №11-1

##### Кристаллогидрат

Как-то раз юный химик нашел банку с полуистлевшей этикеткой, на которой можно было прочесть только слово «кристаллогидрат». Внутри банки оказались красные кристаллы вещества **A** не имеющие запаха и хорошо растворимые в воде.



Юный химик взвесил 3,45 г вещества **A** и стал осторожно нагревать на плитке при температуре 150°C. При этом наблюдалось выделение водяного пара и уменьшение вещества в объеме (*реакция 1*). Через 10 минут масса вещества перестала изменяться и стала равна 1,83 г. После увеличения температуры до 350°C начал выделяться бурый газ с резким запахом (*реакция 2*). Дождавшись окончания процесса, юный химик получил 0,75 г темно-зеленого, почти черного бинарного вещества **B**, содержащего 21,33 % кислорода.

Взяв еще немного вещества **A** из банки юный химик растворил его в воде и продолжил исследования. При добавлении раствора гидроксида натрия (*реакция 3*) был получен розовый аморфный осадок. При добавлении раствора сульфида натрия к раствору **A** (*реакция 4*) выпал серый осадок. Этих данных оказалось более чем достаточно для определения точной формулы **A**.

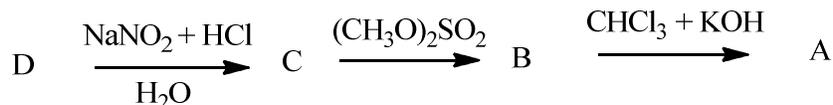
- 1) Определите формулы веществ **A** и **B**, ответы подтвердите расчетами.
- 2) Напишите уравнения реакций 1-4.
- 3) Рассчитайте массу вещества **A** и массу воды, которые нужно взять для приготовления 200 г раствора с массовой долей растворенного безводного вещества 9,45%.

#### Задача №11-2

Каждый день мы встречаемся с большим количеством химических веществ. Добавлением некоторых из них можно получить необходимый аромат пищевых продуктов. Например, с помощью бутилацетата создают запах дюшеса, аллилфеноксиацетата – ананаса, а метилантранилата – винограда. Подобные вещества называют ароматизаторами.

1. Напишите структурные формулы указанных ароматизаторов.

Вещество **A** ( $C_8H_8O_3$ ) так же используется в кулинарии в качестве ароматизатора при получении кондитерских изделий и шоколада. Впервые оно было выделено из соответствующих плодов в 1858 году. В лаборатории его можно получить по следующей схеме:



2. Определите вещества **A** – **D** назовите их, используя номенклатуру ИЮПАК, если известно, что вещество **D** дает фиолетовое окрашивание с раствором  $\text{FeCl}_3$ , а заместители находятся в орто-положении по отношению друг к другу.
3. Напишите все уравнения реакций.

**Задача №11-3**

Название этого элемента означает «небесно-голубой», но ни простое вещество в твердом виде, ни соединения голубыми не являются. Алумосиликатный минерал, наиболее богатый данным элементом, также не имеет синей окраски. В чистом виде соответствующее простое вещество выделяют через последовательность стадий: вскрытие минерала соляной кислотой, осаждение хлоридом сурьмы (III) в виде комплексного соединения, последующее разложением комплекса, электролиз. Возможно также сульфатное вскрытие, в результате которого получается соль, называемая «... квасцы». Простое вещество трудно хранить, даже со льдом оно взаимодействует при  $-120^{\circ}\text{C}$ , однако это вещество находит широкое применение в связи с уникальным значением некоего свойства данного элемента.

1. Какова формула комплексного соединения, если в его составе 41,45 мас. % описываемого элемента и 25,35% сурьмы?
2. Какой это элемент?
3. Чем обусловлено название элемента?
4. Как надо осуществлять электролиз, чтобы выделить описываемое простое вещество?
5. Почему простое вещество трудно хранить?
6. Предложите формулу квасцов, образующихся при сульфатном вскрытии минерала. Какова массовая доля цезия в этом веществе?
7. Напишите реакцию взаимодействия простого вещества со льдом.
8. О какой области применения идет речь? На каком свойстве элемента оно основано?

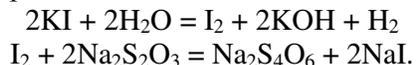
**Задача №11-4**

Через 10,21 г стирола пропустили газ, образовавшийся при взаимодействии бромида натрия с концентрированной серной кислотой. В результате получили 18,73 г реакционной массы.

1. Напишите уравнения взаимодействия бромида натрия с серной кислотой и полученного газа со стиролом
2. Определите состав реакционной массы (в мас. %) и объясните полученный результат.

**Задача №11-5**

Одним из способов количественного определения веществ является кулонометрическое титрование. Суть его заключается в том, что при пропускании тока через раствор анализируемого вещества происходит электролиз раствора с образованием титранта, который в свою очередь реагирует с определяемым веществом. Например, электролиз раствора KI приводит к образованию  $\text{I}_2$ , который в свою очередь реагирует с определяемым веществом – тиосульфатом натрия:



Достоинством кулонометрического титрования является то, что не нужно заранее готовить раствор титранта (он образуется сразу на электродах), при этом количество добавленного титранта, который пропорционален количеству электричества, прошедшему через раствор, можно регулировать с достаточной точностью изменяя силу тока.

1. Определите содержание хлорид-ионов (мг/л) в водопроводной воде, если титрантом являлись ионы серебра, получаемые из серебряного анода, а на все титрование было затрачено 19,93 минут при силе тока 500 мА. Постоянная Фарадея  $F=96485$  Кл/моль.
2. Напишите реакции, которые протекают на аноде и при титровании.

### 1.2.3. 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**.

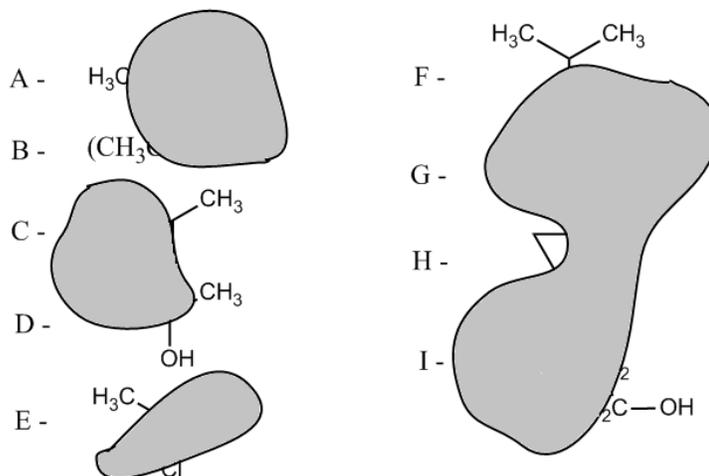
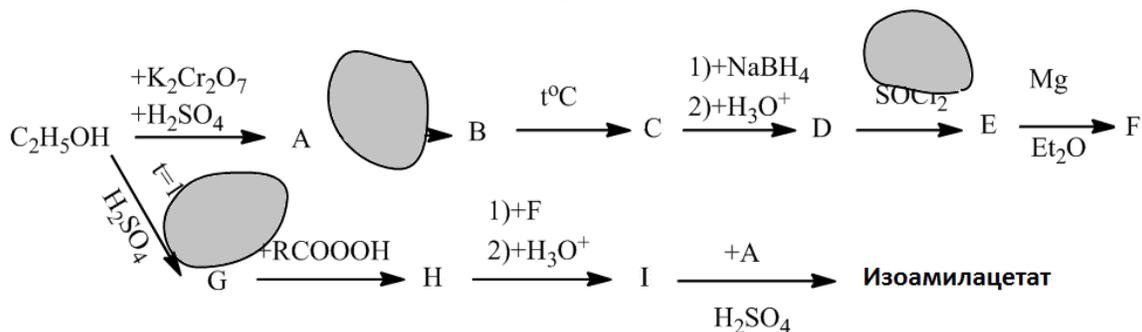
При взаимодействии 0,1 моль **Д** с раствором нитрата серебра выделяется с 14,35 г осадка, а **Е** образует с  $\text{AgNO}_3$  желтый осадок. Пропускание газа **А** через насыщенный раствор гидроксида кальция приводит к его помутнению.

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:

$$\begin{aligned}
 \text{PbI}_{2(\text{к})} &= \text{Pb}^{2+}_{(\text{р-р})} + 2\text{I}^{-}_{(\text{р-р})} \\
 \text{ПР} &= [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^{-}]^2.
 \end{aligned}$$

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  $\text{AgCl}$  и  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ . Объясните, почему  $\text{AgCl}$  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  $\text{AgNO}_3$ .

2. Рассчитайте объем раствора  $\text{AgNO}_3$  необходимого для количественного осаждения хлорид-ионов.
3. Определите, достаточна ли равновесная концентрация ионов серебра в точке эквивалентности для начала осаждения  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ .

4. Рассчитайте какой минимальный объем раствора хромата калия с концентрацией 1 моль/л необходимо добавить при титровании в указанных условиях, чтобы осаждение  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  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 ( $1 \text{ м} = 10^{10} \text{ \AA}$ ).

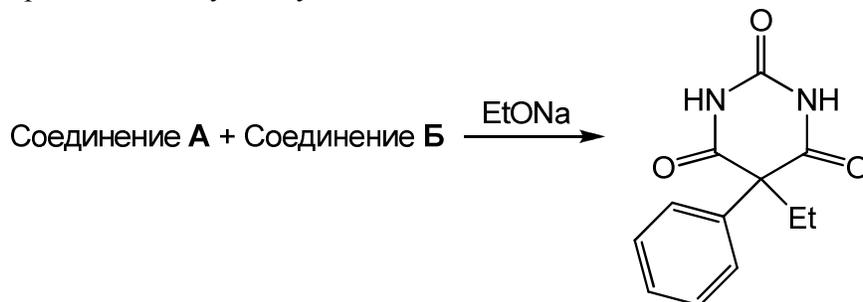
Навеску ИМС меди и золота растворили в царской водке. К полученному раствору прилили 30% раствор пероксида водорода, при этом образовался осадок металла.

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.

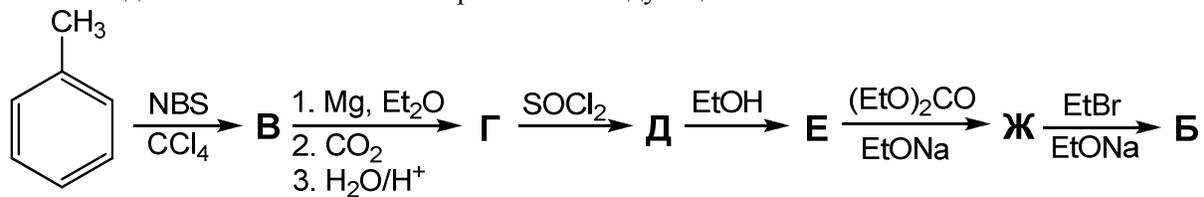
#### Задача №11-5

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  $50 \text{ см}^3$  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**.

### 1.2.3. Задание 11 класса

#### *Задание 1*

В семи пронумерованных пробирках находятся водные растворы следующих веществ: глицина ( $\alpha$ -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, NaHCO<sub>3</sub>, CuSO<sub>4</sub>, 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.