

ДЕСЯТЫЙ КЛАСС

Задача 10-1.

В зоне выветривания сульфидных месторождений наряду с другими вторичными минералами часто встречается ярко-синий минерал **азурит** (I), который издревле использовали в качестве синего минерального красителя. При нагревании этого минерала, растертого в порошок, выше 300 °С он приобретает чёрную окраску (II), теряя в массе 30,76 %. Выделяющиеся газы в этих условиях имели плотность по водороду 17,66. При охлаждении до комнатной температуры плотность газа по водороду составила 22, а объём уменьшился приблизительно в три раза. Если нагревать полученный чёрный порошок (II) в потоке водорода, то он приобретает розово-красный цвет и теряет в массе 20,11 % (III).

Как исходный минерал **азурит** (I), так и продукты его разложения (II) и (III) растворяются в серной кислоте, но (III) растворяется только в концентрированной серной кислоте при нагревании выше 200 °С. Количество серной кислоты, расходуемое на растворение эквимольных количеств (I) и (II) равны и вдвое меньше, чем в случае растворения (III).

Вопросы.

1. Определите состав соединений (I), (II) и (III), приведите их формулы.
2. Напишите уравнения реакций образования (II) и (III).
3. Напишите уравнения реакций растворения (I), (II) и (III) в серной кислоте.
4. Рассчитайте массу раствора, полученного растворением 40 г **азурита** (I) в 250 г 15 %-ного раствора серной кислоты.

Задача 10-2.

Минерал цинкит термически устойчив, при сильном прокаливании возгоняется ($T_{\text{возг}} = 1800\text{ °C}$). Цинкит не реагирует с водой, не восстанавливается водородом, но растворим в кислотах, щелочах и водном растворе аммиака.

Вещество **A**, имеющее такой же состав, как и цинкит, широко используют в медицинской практике как вяжущий, подсушивающий, антисептический препарат. Исходным сырьём для получения препарата **A** является шпат. Согласно стандарту Государственной Фармакопеи (ГФ), для определения чистоты препарата **A** его предварительно растворяют либо в кислоте, например, уксусной (**реакция 1**), либо в щёлочи, например, гидроксиде натрия (**реакция 2**). К полученному по реакции 1 раствору добавляют жёлтую кровяную соль, при этом выпадает светло-жёлтый осадок двойной

соли **Б (реакция 3)**, не растворимой в кислотах, но растворимой в щелочах. Соль **Б** содержит 16,07 % Fe.

Специфической реакцией на вещество **А** служит образование зелени Ринмана, при спекании **А** с оксидом кобальта (II) (**реакция 4**).

Согласно стандарту ГФ, при испытании на чистоту препарата **А**, полученного из минерального сырья:

- а) под действием кислот на **А** не должен выделяться газ;
- б) из раствора, полученного действием избытка уксусной кислоты на **А**, при добавлении хромата калия не должен выделяться осадок вещества **В (реакция 5)**, которое применяют как жёлтую краску.

Вопросы.

1. Установите состав **А**, **Б** и **В**.
2. Напишите уравнения **реакций 1–5**
3. Напишите уравнение реакции взаимодействия **А** с избытком водного раствора аммиака (**реакция 6**).
4. Какие примеси должны отсутствовать в препарате **А**?

Задача 10-3.

Однажды юный химик Никита принес домой старинную монету и попытался почистить её. Сначала он решил положить её в нашатырный спирт. Так как не было подходящего сосуда, а нашатырного спирта оказалось немного, использовали рюмку. Монета не легла на дно, а образовала перегородку, разделив раствор на две части. Через некоторое время нижняя часть стала синяя, а верхняя осталась бесцветная. Тогда Никита перемешал раствор. Но через некоторое время часть раствора над монетой снова стала бесцветной, а нижняя часть осталась синей. Это произошло уже через несколько минут после перемешивания.

Вопросы.

1. Все ли наблюдения юного химика были правильно описаны? Дайте обоснованный ответ.
2. Напишите уравнения химических реакций, происходящих в рюмке.
3. Напишите электронную конфигурацию атома металла в степени окисления 0. Объясните, чем объясняется высокая склонность этого металла к образованию комплексных соединений.
4. Рассчитайте, сможет ли раствориться такая монета массой 16,8 г, брошенная в закрытый сосуд, наполовину заполненный 88,726 мл раствора аммиака ($\rho = 0,958$ г/мл, $\omega = 10$ %)

(считать, что монета полностью покрыта оксидной пленкой CuO массой 4 г, а в стакане содержится 840 мл кислорода (н. у.))

5. Предположите, что будет происходить, если попытаться очистить такую монету разбавленным раствором соляной кислоты (опишите наблюдаемые при этом явления).

6. Предложите способы получения **всех** оксидов этого металла из его гидроксида (II).

Задача 10-4.

В зависимости от условий реакции одни и те же реагенты могут образовывать разные продукты и, наоборот, разные реагенты могут давать одни и те же продукты. Например, при реакции углеводорода **X** ($\omega(\text{C}) = 85,7\%$) с бромистоводородной кислотой образуется преимущественно соединение **A** и лишь очень незначительное количество изомерного продукта **B**. Однако если **X** реагирует с газообразным HBr при нагревании или облучении в присутствии перекисей, основным продуктом является **B**, а соединение **A** образуется, наоборот, в очень небольшом количестве. Если **A** смешать с бензолом в отношении 1 : 1 и добавить бромид железа (III) (метод 1), поначалу образуется только соединение **C**, но если реакцию смесь выдерживать очень долгое время (метод 2), то более половины **C** превращается в изомер **D**. Смесь **C** и **D** точно такого же состава образуется при реакции бензола с **B**, проведённой по методу 2. При взаимодействии **C** с бромом при облучении образуется в основном монобромид **E**, который при обработке спиртовым раствором щёлочи превращается в единственный продукт **F**. При бромировании в тех же условиях соединения **D** образуется преимущественно монобромид **G**, который при действии спиртового раствора щёлочи даёт два продукта **H** и **I** с преобладанием последнего.

Вопросы.

1. Напишите структурную формулу **X**, если известно, что при обработке 8,4 г **X** подкисленным раствором перманганата калия при нагревании выделяется 4,48 л газа (в пересчете на н.у.). Напишите уравнение данной реакции.

2. Напишите структурные формулы соединений **A–I**.

Для окисления **C** и **D** 6,4 г KMnO_4 растворили в 60 мл 1 М H_2SO_4 . Половину полученной смеси нагрели с 0,6 г **C**, а вторую половину – с 0,6 г **D**.

3. Напишите уравнения протекающих реакции.

4. Рассчитайте, какой объём 0,5 М раствора NaOH потребуется для полной нейтрализации реакционных смесей, образовавшихся при окислении **C** и **D**, считая, что все реакции протекают количественно, а побочных продуктов не образуется.

Задача 10-5.

Гетерогенный катализ

При гетерогенном катализе, когда катализатор и реагенты находятся в разных агрегатных состояниях, реакция происходит на поверхности катализатора, причем её скорость, в простом приближении, прямо пропорциональна площади этой поверхности.

Вопросы.

1. Приведите пример реакции, протекающей в присутствии гетерогенного катализатора.
2. Для приведённой вами реакции изобразите на одном графике (качественно) энергетические кривые (зависимости энергии от координаты реакции) в присутствии катализатора и без него. На графике покажите тепловой эффект реакции и энергии активации.
3. При измельчении катализатора скорость реакции растёт. Предположим, что частицы катализатора имеют сферическую форму. Во сколько раз надо уменьшить радиус частицы, чтобы увеличить скорость реакции в x раз? Ответ подтвердите расчётом. Общий объём катализатора при измельчении не меняется.
4. Какая частица – сферическая или кубическая – имеет бóльшую площадь поверхности при равном объёме? Ответ подтвердите расчётом.

Объём шара $V = 4/3 \pi r^3$, площадь поверхности $S = 4\pi r^2$.