

## Десятый класс

### Задача 10-1

Неизвестная соль  $X_1$  металла  $X$  растворима в воде, а при электролизе её водного раствора может быть получена хлорная известь (*р-ция 1*). Неизвестная соль  $Y_1$  металла  $Y$  растворима в воде, она окрашивает пламя в жёлтый цвет, водный раствор этой соли окрашивает метилоранж в жёлтый цвет. К раствору  $Y_1$  добавляли по каплям азотную кислоту (*р-ция 2*) до тех пор, пока метилоранж не стал красным. К этому раствору добавили нитрат серебра, наблюдали выпадение жёлтого осадка (*р-ция 3*).

К раствору соли  $Y_1$  по каплям при интенсивном перемешивании прибавили 12,1 мл 40,0%-ного раствора  $X_1$  ( $\rho = 1,396 \text{ г/см}^3$ ) до выпадения белого осадка  $Z$  (*р-ция 4*), массовая доля  $X$  в котором равна 38,03%. Осадок  $Z$  отфильтровали, к фильтрату добавили избыток азотной кислоты и нитрата серебра, масса выпавшего при этом белого творожистого осадка составила 17,45 г. Если образовавшийся осадок  $Z$  не отфильтровать быстро, он постепенно превращается в кристаллический продукт  $M$  (*р-ция 5*), играющий важную роль в организме человека. При прокаливании  $Z$  его масса уменьшается на 1,90% (*р-ция 6*).

#### **Вопросы:**

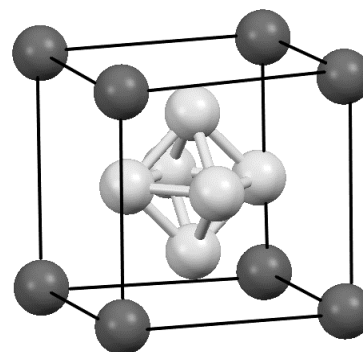
1. Определите металлы  $X$ ,  $Y$  и неизвестные вещества  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Z$ ,  $M$ , зная, что в состав  $Z$  входит три аниона, а в состав  $M$  только два. Ответ обоснуйте, подтвердите расчетом.
2. Запишите уравнения реакций 1 – 6.
3. Найдите массовые доли всех веществ в растворе, полученном смешением 90 г 6%-ной соляной кислоты и 10 г вещества  $Y_1$ .

### Задача 10-2

Простое вещество  $B$ , образованное элементом  $X$ , может быть получено при нагревании белого аморфного порошка  $A$  с небольшим избытком магния (*р-ция 1*). При этом  $B$  загрязнен веществом  $B$  (*р-ция 2*), содержащим 47,08 %  $X$ . При нагревании  $B$  с металлическим барием высокой чистоты в танталовом сосуде образуется вещество  $\Gamma$  (см. рисунок).

Аморфное вещество **Б** растворяется при нагревании в концентрированной азотной кислоте (*р-ция 3*), при упаривании полученного раствора и охлаждении выделяются бесцветные кристаллы **Ж**. При термическом разложении **Ж** на воздухе образуется **А** (*р-ция 4*).

Нагреванием **А** с углем в токе хлора получают бесцветную жидкость **Д**, дымящую во влажном воздухе (*р-ция 5*). Реакцию взаимодействия **Д** с аммиаком при 1000 °С можно использовать для осаждения тонких плёнок вещества **Е** (*р-ция 6*). Вещество **Е** имеет слоистую структуру.



Структура Г

**Вопросы:**

- 1) Определите неизвестный элемент **Х** и вещества **А-Ж**, ответ обоснуйте, подтвердите расчётом, где это необходимо. В уравнение реакции **6** реагенты входят с одинаковыми коэффициентами. Вещество **Е** называют «белый ... », приведите недостающее слово.
- 2) Напишите уравнения реакций **1 – 6**.
- 3) Как можно очистить **Б** от примеси **В**? Запишите уравнение реакции.
- 4) Укажите какие из перечисленных свойств относятся к веществу **Е**: мягкое, твёрдое, легкоплавкое, тугоплавкое, реакционноспособное, инертное, диэлектрик, анизотропный проводник, изотропный проводник.

**Задача 10-3**

В таблице приведены составы газовых смесей бинарных соединений:

Смесь	Компоненты	Массовая доля первого компонента, %	Объёмная доля первого компонента, %	Окраска смеси
<b>I</b>	<b>А + В</b>	26,91	30,00	желтоватая
<b>II</b>	<b>В + С</b>	?	?	бесцветная
<b>III</b>	<b>С + D</b>	91,95	94,74	бесцветная

Все эти смеси при данных температуре и давлении имеют одинаковую плотность. Компоненты смеси образованы двумя элементами **Х** и **У**.

Известно, что молекулы **А-С** четырёхатомные.

Химические свойства соединений **А-D** изучены слабо. Известно, что они

термически нестабильны и достаточно легко разлагаются до простых веществ. При осторожном нагревании разложение идёт не до конца: **A** превращается в **C** (*p-ция 1*), а **D** превращается в **B** (*p-ция 2*). Между тем, **D** можно получить из **B** пропусканием **B** над раскалёнными железными стружками (*p-ция 3*). Смеси данных соединений с водородом взрывоопасны (*p-ции 4-7*). Кроме того, все они в той или иной степени гидролизуются, однако в описании продуктов гидролиза встречаются некоторые противоречия.

**Вопросы:**

- 1) Какова окраска соединений **A-D**?
- 2) Расположите газы **A-D** в порядке возрастания их молярных масс.
- 3) Заполните ячейки с вопросительными знаками в таблице.
- 4) Установите формулы соединений **A-D**.
- 5) Напишите уравнения реакций 1-7.

Указание: все газы в задаче считать идеальными.

**Задача 10-4**

В 2003 году сотрудники Института катализа им. Г. К. Борескова СО РАН в сотрудничестве со своими коллегами из Института катализа в городе Эйнховен (Нидерланды) опубликовали статью, где описан одностадийный способ получения вещества **X**, использующегося при синтезе некоторых красителей, в частности, входящих в состав гуашевых красок.

Суть разработанного процесса заключается во взаимодействии бинарных веществ **A** и **B** в присутствии железосодержащего цеолита Fe-ZSM-5. Химически инертное вещество **A**, как правило, вступает в реакции только в присутствии катализаторов. Соединение **X** же, напротив, легко взаимодействует с различными реагентами. Например, и **A**, и **X** реагируют с бромом, однако **A** – только в присутствии катализатора, а **X** – без катализатора и в водной среде. Соединение **B** (содержит 36,36% кислорода по массе) в малых концентрациях присутствует в атмосфере и способствует образованию озоновых дыр. Вещество **A** сгорает с образованием большого количества сажи.

В таблице ниже приведены некоторые характеристики указанных веществ.

Вещество	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>X</b>
$T_{\text{плавления}}, ^\circ\text{C}$	5,5	-90,9	40,9
$T_{\text{кипения}}, ^\circ\text{C}$	80,1	-88,5	181,8
Дипольный момент, Д	0	0,16	1,40
Растворимость в 100 г $\text{H}_2\text{O}$ , г	0,073	0,15	6,5

В настоящее время известно ещё несколько способов получения **X**. Среди них:

- окисление углеводорода **C** кислородом с последующей обработкой полученного промежуточного соединения серной кислотой; в ходе данного процесса образуется также ацетон в эквимольном соотношении с **X**;
- прокаливание **D** (трёхэлементное, массовая доля хлора равна 31,56%) со щелочами при повышенном давлении с последующей нейтрализацией;
- прокаливание натриевой соли одноосновной кислоты **E** (массовая доля серы в кислоте равна 20,25%) с твёрдым гидроксидом натрия при повышенном давлении.

В лаборатории **X** можно получить из **A** в три стадии. Для этого **A** вначале нагревают со смесью  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (*стадия 1*), полученное вещество **F** выделяют и восстанавливают оловянной стружкой в среде соляной кислоты при нагревании (*стадия 2*). После окончания реакции в растворе остаётся соль **G**, которую обрабатывают нитритом натрия в среде соляной кислоты при нагревании (*стадия 3*). В результате получается вещество **X**. Если стадию **3** проводить при охлаждении, а не при нагревании, продуктом реакции будет соль **H**.

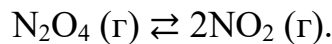
### Вопросы:

1. Расшифруйте вещества **A – E** и **X** и приведите их структурные формулы.
2. Приведите структурные формулы продуктов взаимодействия **A** и **X** с бромом. Какое вещество будет образовываться при бромировании **X** большим избытком брома? Приведите пример катализатора, который можно использовать для бромирования вещества **A**.
3. Предложите одностадийные схемы получения веществ **C**, **D** и кислоты **E** из **A**.
4. Напишите уравнение процесса, разработанного в Институте катализа им. Г. К. Борескова СО РАН.
5. Изобразите структурные формулы веществ **F – H**.

### Задача 10-5

#### Оксиды азота и равновесия

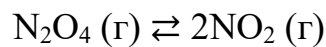
1. Оксид азота  $\text{NO}_2$  находится в равновесии со своим димером:



**Выразите** степень диссоциации ( $\alpha$ ) оксида  $\text{N}_2\text{O}_4$  через общее давление ( $P$ ) в реакторе и константу равновесия этой реакции, выраженную через давления ( $K_p$ ).

Как изменятся константа равновесия и степень диссоциации при увеличении давления? Как изменятся константа равновесия и степень диссоциации при увеличении температуры? Объясните свой ответ в каждом случае.

2. Константа равновесия реакции



при  $25^\circ\text{C}$  равна  $K_p = 0,142$ .

Примечание: При расчёте констант равновесия  $K_p$  давления газов следует выражать в барах ( $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ ).

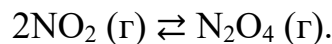
В вакуумированный сосуд объёмом 5 л поместили 4,6 г  $\text{N}_2\text{O}_4$  и выдержали при  $25^\circ\text{C}$  до установления равновесия.

**Рассчитайте** степень диссоциации  $\text{N}_2\text{O}_4$ , состав смеси газов в сосуде (в мольных долях), парциальные давления газов и общее давление (в бар), среднюю молярную массу и плотность смеси. Газы считайте идеальными.

3. Оксид азота  $\text{N}_2\text{O}_3$  в газовой фазе подвергается термической диссоциации по реакции



В свою очередь, образующийся в этой реакции оксид азота  $\text{NO}_2$  димеризуется с образованием  $\text{N}_2\text{O}_4$ :



При температуре  $33^\circ\text{C}$  константа равновесия первой реакции равна  $K_{p1} = 3,0$ .

В вакуумированный реактор объёмом 1,25 л поместили 15,7 г чистого оксида  $\text{N}_2\text{O}_3$ , нагрели до  $33^\circ\text{C}$  и дождалась установления равновесия. Равновесное давление  $\text{NO}$  оказалось равно 3,5 бар.

**Рассчитайте** равновесные парциальные давления всех газов (в бар) и общее равновесное давление газов в реакторе, а также константу равновесия второй реакции  $K_{p2}$ . Считайте все газы идеальными.