

Задания первого теоретического тура

Девятый класс

Задача 9-1

«Когда разложение протекает не до конца»

Неорганическая соль **X**, присутствующая на полках большинства химических лабораторий, хорошо растворима в воде. В первой серии опытов навеску 0.5000 г соли **X** растворили в воде, раствор разделили на две равные части, к одной из частей прилили избыток раствора AgNO_3 (*р-ция 1*), к другой – избыток $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ (*р-ция 2*). Выпавшие осадки взвесили, по отдельности прибавили к растворам хлорной кислоты, в каждом случае наблюдали выделение газа и полное растворение осадка (*р-ции 3 и 4*).

Массы осадков после обработки половины навески соответствующими реагентами

| Реагенты | AgNO_3 | HClO_4 | $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ | HClO_4 |
|----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| Серия опытов 1 | 0.5873 г | нет осадка | 0.4306 г | нет осадка |
| Серия опытов 2 | m_1 | 0.0836 г | m_2 | 0.2358 г |

Во второй серии опытов соль **X** массой 0.5000 г пред растворением в воде прокалили без доступа воздуха (*р-ция 5*), в результате прокаливании масса твердой навески не изменилась. Последующие процедуры не отличались от первой серии опытов (*р-ции 6 и 7*), однако при растворении в хлорной кислоте оба осадка растворились лишь частично. Массы соответствующих осадков представлены в таблице.

1. Определите формулу соли **X** и составьте полные уравнения всех проведенных реакций (*1–7*).
2. Вычислите степень разложения вещества **X** при прокаливании.
3. Установите массы осадков m_1 и m_2 в таблице.

Задача 9-2

Элементы **X** и **Y** находятся в одной группе периодической системы элементов Д. И. Менделеева. При взаимодействии простых веществ X_2 и Y_2 в различных условиях образуется ряд соединений: **A**, **B**, **B**.

В таблице приведены некоторые свойства этих соединений:

| | X₂ | Y₂ | A | Б | В |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|----------|
| $T_{пл}, ^\circ\text{C}$ | -219.7 | -101,0 | -155.6 | -76.3 | -103 |
| $T_{кип}, ^\circ\text{C}$ | -188.1 | -34,6 | -100 | 11.8 | -13.1 |
| Плотность жидкости, г/мл | 1.51 | 1.56 | 1.62 | 1.83 | 1.90 |
| $\omega(\text{Y}), \%$ | | | 65.11 | 38.35 | 27.18 |

- 1) Вещество **A** образуется при нагревании до 220 °С смеси газообразных простых веществ, взятых в стехиометрическом соотношении.
- 2) Поток газов **X₂** и **Y₂** со скоростью 1.2 л/час и 0.8 л/час (объем измеряли при -34 °С и 1 атм.) пропускают через разогретую до 250 °С печку, затем смесь последовательно проходит через ловушки, охлажденные до -70 °С, -150 °С и -196 °С. За 8 часов в ходе реакции в первой ловушке конденсируется 4.5 мл жидкости, во второй – 19.0 мл, в третью ловушку до начала реакции конденсируют «жидкий воздух».
- 3) Вещество **B** получают, нагревая смесь **B** и **X₂** в мольном отношении 1 : 10 до 200 °С под давлением 100 атм.

Вопросы:

1. Определите вещества **X₂**, **Y₂**, **A**, **Б** и **B**. Ответ обоснуйте.
2. Какие вещества конденсируются в первой и второй ловушках?
3. Какое вещество конденсируется в третьей ловушке? Рассчитайте его массу. С каким из компонентов «жидкого воздуха» оно может реагировать? Напишите хотя бы одно уравнение реакции.
4. Как очистить вещество **B** от избытка **X₂**?
5. Напишите уравнения реакций **A**, **Б** и **B** с холодным раствором NaOH.

Задача 9-3

«Превращение под давлением»

Вещество **X** впервые получено в 2013 году под давлением $1.5 \cdot 10^5$ атмосфер и при температуре около 2000 °С путем нагревания стехиометрической смеси простых веществ **A** и **B** (*p-ция* 1), элементов главных подгрупп. До недавнего времени были известны лишь два вещества **Y** и **Z**, имеющие такой же качественный состав. При взаимодействии веществ **X**, **Y** и **Z** с водой образуется нерастворимое в воде и щелочах вещество, а также выделяются газы **X₁**, **Y₁** и

Z_1 , соответственно (*р-ции* 2 – 4):

| Продукт гидролиза | X_1 | Y_1 | Z_1 |
|----------------------|-------|-------|-------|
| ρ , г/л (н. у.) | 0.714 | 1.161 | 1.786 |

Дополнительная информация:

1) Химические связи **A–B** в структуре каждого из веществ равноценны, атомы элемента **A** сохраняют степень окисления при гидролизе, переходя в состав соответствующего газообразного продукта.

2) В составе одного из веществ (**X**, **Y** или **Z**) массовые доли элементов равны.

3) **Y** получают нагреванием **B** с Y_1 (*р-ция* 5); **Z** получают нагреванием **B** с бинарным веществом Z_2 , содержащим 16.67 % водорода (*р-ция* 6); **Y** разлагается выше 580 °C с образованием **Z** (*р-ция* 7).

Вопросы:

1. Определите элемент **A** и состав газообразных соединений X_1 , Y_1 , Z_1 и жидкости Z_2 . Изобразите структурные формулы веществ X_1 , Y_1 и Z_1 с учетом данных условия.

2. Определите **B**, **X**, **Y** и **Z**. Составьте полные уравнения всех упомянутых реакций (1 – 7).

3. Составьте уравнения взаимодействия веществ **X**, **Y** и **Z** с серной кислотой (*р-ции* 8 – 10). Рассчитайте массовую долю H_2SO_4 в растворе, полученном в результате взаимодействия 1.00 г **Y** с 41.3 г 10 %-ной серной кислоты.

Задача 9-4

Для получения веществ X_3 и X_4 в лаборатории использовали вещества **X**, X_1 и X_2 , а также газ **Y** и аргон. Проведены четыре опыта: два (опыт 1 и опыт 3) в атмосфере аргона, а два других (опыт 2 и опыт 4) – в атмосфере горючего газа **Y**. В замкнутый реактор объемом 100 мл загружали вещества, массы которых указаны в таблице, и нагревали реактор до 1000 °C. Все реакции проходят количественно.

| № опыта | масса X, г | масса X ₁ , г | масса X ₂ , г | давление в автоклаве до синтеза, атм* | давление в автоклаве после синтеза, атм* | продукт |
|---------|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--|----------------|
| 1 | – | 1.00 | 0.378 | 1 (Ar) | 1 (Ar) | X ₃ |
| 2 | 0.360 | 1.00 | – | 17.06 (Y) | 14.87 (Y) | X ₃ |
| 3 | – | 1.00 | 2.27 | 1 (Ar) | 1 (Ar) | X ₄ |
| 4 | 2.162 | 1.00 | - | 17.06 (Y) | 3.66 (Y) | X ₄ |

*в скобках приведен газ, которым заполнен реактор. Давление измерено при 25 °С.

Полученные вещества представляют собой бесцветные кристаллы, которые при нагревании на воздухе сгорают, давая пламя кирпично-красного цвета. При растворении 1 г X₃ в избытке раствора серной кислоты выпадает 2.249 г белого осадка X₅, нерастворимого в кислотах, и выделяется 292.6 мл (н. у.) газа Y.

Известно, что в состав веществ X₁ – X₅ входит элемент X, а X₅ встречается в природе в виде минерала. Вещество X₁ используют в качестве осушителя.

Вопросы:

1. Определите неизвестные вещества X, X₁ – X₅ и Y, ответ подтвердите расчетом.
2. Напишите уравнения реакций образования X₃ и X₄ (1 – 4), а также реакции X₃ и X₄ с серной кислотой (5 – 6).
3. Как называется минерал X₅?
4. Какие частицы находятся в узлах кристаллических решеток X₃ и X₄?

Задача 9-5

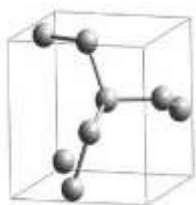
Атомные и молекулярные кристаллы

Газообразное вещество X можно перевести в твердое состояние двумя способами: сильным охлаждением при обычном давлении или сильным сжатием (до 1.5 млн. атм) при высокой температуре (1400 К). В первом случае (вещество А) образуются молекулярные кристаллы, во втором (вещество В) – атомные. У обоих твердых веществ элементарная ячейка имеет форму куба и содержит 4 частицы. Длина ребра ячейки составляет 0.567 нм для А и 0.345 нм для В. Плотность А равна 1.02 г/см³.

В структуре А каждая молекула имеет 12 ближайших соседей, энергия

взаимодействия между соседями составляет 1.1 кДж/моль, а энергия связи в молекуле – 945 кДж/моль. Вещество **В** имеет алмазоподобную структуру (см. рисунок), все химические связи в ней одинаковы и имеют энергию 160 кДж/моль.

Оба твёрдых вещества неустойчивы при обычных давлении и температуре и превращаются в газ **Х**.



Элементарная ячейка вещества **В**

Вопросы:

1. Из каких частиц состоят вещества **А** и **В**? Напишите их формулы, ответ подтвердите расчетом.

2. Определите плотность **В**. Во сколько раз увеличивается объем, если **В** превращается в **Х** при нормальных условиях?

3. Вещество **В** называют «высокоэнергетичным», потому что оно обладает большим запасом энергии, которая выделяется, когда **В** разлагается и превращается в газ **Х**. Сколько энергии можно получить из 1 грамма **В**? А можно ли получить энергию при переходе **А** в **Х**? Кратко объясните.

4. Кристаллы **В** можно получить из газа **Х** в более мягких условиях посредством осаждения из плазмы, полученной действием на **Х** радиочастотного излучения. А как получить чистое вещество **Х** из твердого вещества (не **А** и не **В**)? Напишите уравнения не менее 3-х таких реакций.

Дополнительные сведения: $1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-7} \text{ см}$.