

Всероссийская олимпиада школьников 2025-2026 учебный год

Муниципальный этап

Химия

9 класс

Теоретический тур

Продолжительность – 240 минут

Максимальный балл – 100

Ключи, критерии оценивания заданий

Задача 1.

Соединение X используется для разделения изотопов элемента А, используемого как ядерное топливо в ядерных реакторах. Зависимость плотности газообразного X ρ (в г/л) от давления p (в Па) и температуры T (в К) имеет следующий вид:

$$\rho = 4,291 \cdot 10^{-2} \frac{p}{T} + 1,2328 \cdot 10^4 \frac{p}{T^3}.$$

При давлении 0.7 атм и температуре 423 К 1 моль X имеет объем 18.78 л.

А) Рассчитайте плотность X при 0.7 атм и 423 К и его молярную массу (1 атм – 101325 Па).

Б) Определите формулу X, если молекула X состоит из 7 атомов и содержит всего 146 электронов. Также известно, что формула соединения имеет вид $AЭ_6$ и Э является элементом второго периода, элемент А относится к семейству актиноидов.

В) Изотоп элемента А, используемый в качестве ядерного топлива, содержит в ядре нейтронов на 51 больше, чем протонов. Запишите его обозначение (в виде x_yA).

20 баллов

Решение

А) Плотность X при давлении $p = 0.7 \cdot 101325 = 70927,5$ Па, температуре $T = 423$ К:

$$\rho = 4,291 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{70927,5}{423} + 1,2328 \cdot 10^4 \cdot \frac{70927,5}{423^3} = 18,75 \text{ г/л} \quad (4 \text{ балла})$$

Объем по условию равен при этих условиях 18,78 л/моль. Масса равна произведению плотности на объем.

$$M = V \cdot \rho = 18.78 \cdot 18.75 = 352.12 \text{ г/моль} \quad (3 \text{ балла})$$

Б) В качестве ядерного топлива чаще всего используются изотопы урана. Пусть формула вещества $UЭ_6$, исходя из того, что молекула состоит из 7 атомов. Тогда

$$238 + 6M(Э) = 352$$

$M(Y) = 19 \text{ г/моль}$, $Y = F$.

Проверим UF_6 на количество электронов в молекуле: в атоме урана их 92, в атоме фтора – 9, значит в молекуле $UF_6 - 92 + 54 = 146$. Значит, UF_6 удовлетворяет всем условиям задачи.

Формула $X - UF_6$.

(7 баллов)

В) В ядре любого изотопа урана 92 протона, значит, в ядре нужного нам изотопа нейтронов $92 + 51 = 143$. Значит, атомная масса изотопа равна $143 + 92 = 235$. Обозначение изотопа - ${}^{235}_{92}U$.

(6 баллов)

Задача 2.

Тяжелые сплавы – это сплавы на основе вольфрама, обладающие высокой плотностью. Один из таких сплавов был получен спеканием порошков 3,870 г вольфрама, 0,301 г никеля и $2,33 \cdot 10^{-3}$ моль металла X. Таким образом было получено $0,253 \text{ см}^3$ сплава плотностью $17,00 \text{ г/см}^3$. Определите металл X.

20 баллов

Решение

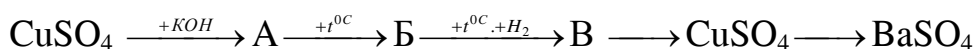
1. $m(\text{сплава}) = V \cdot \rho = 0,253 \cdot 17,00 = 4,301 \text{ г}$ (7 баллов)

2. $m(\text{сплава}) = m(W) + m(Ni) + m(X)$. Тогда $m(X) = m(\text{сплава}) - (m(Ni) + m(W)) = 4,301 - (3,870 + 0,301) = 0,13 \text{ г}$. (7 баллов)

3. $M = m/\nu = 0,13 / 2,33 \cdot 10^{-3} = 55,8 \text{ г/моль}$. Это железо (Fe) (6 баллов)

Задача 3.

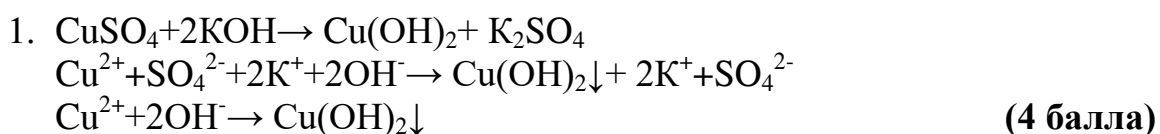
Осуществите цепочку превращений, если известно, что А, Б и В – соединения меди:

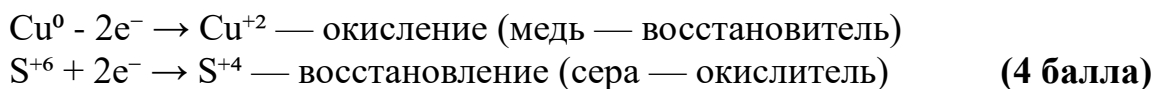
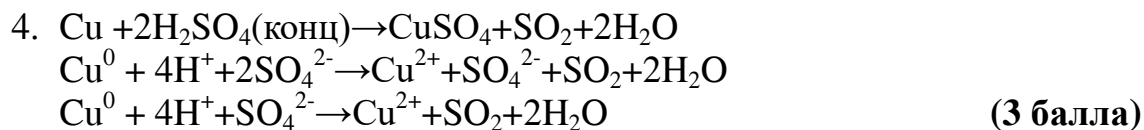
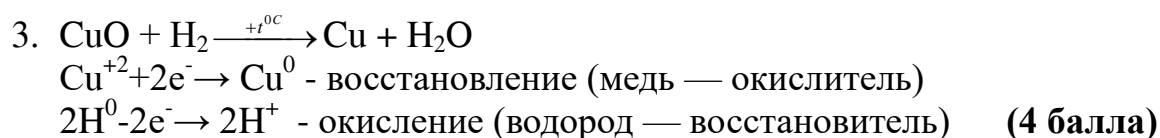


Напишите уравнения реакций в молекулярном и ионно – молекулярном виде (полном и сокращенном). При необходимости проведите уравнивание методом электронного баланса.

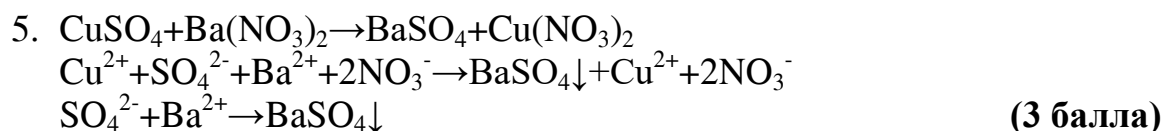
20 баллов

Решение





Примечание: Принимается любое одностадийное уравнение, приводящее к получению сульфата меди



Задача 4.

Повар варил суп. Изначально объем жидкости составлял 5,0 л. В супе содержалось 10 г поваренной соли. Плотность жидкости до кипячения составляла 1,04 г/мл. После часа кипячения полученный суп имел плотность 1,1 г/мл. По оценкам повара, за время кипячения из супа выкипело около 250 г воды.

Рассчитайте: А) на сколько % уменьшилась масса супа за время кипячения;

Б) на сколько % уменьшился объем супа за время кипячения;

В) массовую долю поваренной соли в супе до и после кипячения;

20 баллов

Решение

А) Масса супа до кипячения:

$$m_1 = V_1 \cdot \rho_1 = 5000 \text{ мл} \cdot 1,04 \text{ г/мл} = 5200 \text{ г} \quad (2,5 \text{ балла})$$

Масса супа в ходе кипячения уменьшилась на 250 г, то есть на

$$250 : 5200 \cdot 100\% = 4,81\% \quad (2,5 \text{ балла})$$

Б) Объем супа до кипячения равен 5000 мл.

Масса супа после кипячения равна

$$m_2 = 5200 - 250 = 4950 \text{ г} \quad (2,5 \text{ балла})$$

Объем супа после кипячения

$$V_2 = m_2 : \rho_2 = 4950 : 1,1 = 4500 \text{ мл} \quad (2,5 \text{ балла})$$

Объем изменился на $5000 - 4500 = 500$ мл, или

$$500 : 5000 \cdot 100\% = 10.0\% \quad (2,5 \text{ балла})$$

В) Массовая доля соли до кипячения

$$\omega_1 = 10 : 5200 \cdot 100\% = 0.19\% \quad (2,5 \text{ балла})$$

Масса соли в ходе кипячения не изменилась и осталась равна 10 г, изменилась лишь масса супа. (2,5 балла)

Массовая доля соли после кипячения:

$$\omega_2 = 10 : 4950 \cdot 100\% = 0.20\% \quad (2,5 \text{ балла})$$

Задача 5.

При полном сгорании образца дисульфида железа (II) выделилось 249,6 кДж теплоты. Найдите массу образовавшегося при этом оксида железа (III), если теплота сгорания дисульфида железа (II) равна 832 кДж/моль.

20 баллов

Решение

Составим уравнение реакции и пропорцию:



Отсюда : $x = 249,6 \cdot 2 / 4 \cdot 832,0 = 0,15$ моль (2,5 балла)

Тогда масса образовавшегося оксида железа (III) будет равна:

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = v(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,15 \cdot 160 = 24 \text{ г} \quad (2,5 \text{ балла})$$