

Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада 2023-2024 гг.

ХИМИЯ

9 класс

Второй этап

1 вариант

Задание 1

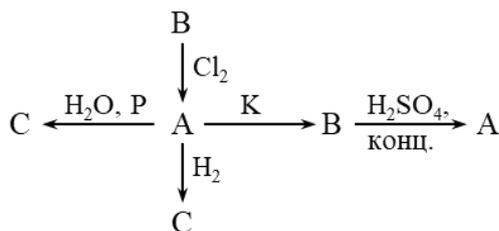
А – простое вещество, красно-бурая летучая ядовитая жидкость с сильным неприятным запахом. Впервые получена в 1825 году студентом Гейдельбергского университета Карл Левигом, однако об этом открытии стало известно позднее, после того как в 1926 году Антуан-Жером Балар выделил её из золы морских водорослей.

В – кристаллический белый порошок, без запаха. Хорошо растворим в воде, очень малорастворим в органических растворителях. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Не ядовит.

С – ядовитый бесцветный газ, с резким удушливым запахом, хорошо растворимый в воде, 2,79 раза тяжелее воздуха.

1. Запишите формулы веществ А, В и С. Назовите вещества по международной номенклатуре. Состав вещества С подтвердите расчетом.

2. Запишите уравнения реакций, согласно схеме:



3. Вычислите массу соли В и объем концентрированной серной кислоты ($C_M = 17$ моль/л), необходимые для получения 5,15 мл вещества А (плотность равна $3,105$ г/см³).

Решение

1. А – Br₂, бром; В – KBr, бромид калия; С – HBr, бромоводород.

6 баллов

За название по 0,5 балла, за формулу по 0,5 балла

$M(\text{HBr}) = 2,79 \times 29 = 80,9$ (г/моль)

4 балла

2.

$\text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{P} = 6\text{HBr} + 2\text{H}_3\text{PO}_3$

2 балла

$\text{Br}_2 + 2\text{K} = 2\text{KBr}$

2 балла

$2\text{KBr} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Br}_2 + \text{SO}_2 + 2\text{KHSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

2 балла

$2\text{KBr} + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{KCl}$

2 балла

$\text{Br}_2 + \text{H}_2 = 2\text{HBr}$

2 балла

1.

$m(\text{Br}_2) = 5,15 \times 3,105 = 15,99$ (г),

1 балл

$n(\text{Br}_2) = 15,99/160 = 0,1$ (моль).

1 балл

$n(\text{KBr}) = 0,2$ (моль), $m(\text{KBr}) = 0,2 \times 119 = 23,8$ (г)

1 балл

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3$ (моль),

1 балл

$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,3/17 = 0,0176$ (л) = **17,6** (мл)

1 балл

ИТОГО

25 баллов

Задание 2

Минерал *халькантит* впервые описан профессором минералогии Минхенского университета Францем фон Коббелем. Это хрупкие прозрачные кристаллы насыщенного синего цвета, иногда зеленые или светло-голубые. Коллекционеры хранят его в специальных контейнерах, после прикосновения к минералу нужно обязательно вымыть руки.

По химическому составу халькантит – кристаллогидрат, содержащий 36 % (масс.) воды, 38,4 % (масс.) кислотного остатка сильной двухосновной кислоты и 25,6 % (масс.) двухвалентного металла. При растворении минерала в воде образуется насыщенный синий раствор, который имеет кислую среду. При добавлении к раствору соли раствора гидроксида натрия образуется синий осадок.

1. Запишите формулу минерала халькантит. Ответ подтвердите расчетом. Назовите соль по международной номенклатуре.

2. Запишите уравнение диссоциации соли в растворе.

3. Объясните кислую среду раствора. Ответ подтвердите уравнением реакции.

4. Запишите уравнение взаимодействия соли с раствором гидроксида натрия в молекулярной и ионной формах.

1) 5. Вычислите массу осадка, если для взаимодействия с 200 мл раствора гидроксида натрия с молярной концентрацией 1,25 моль/л, был взят 10 % (масс.) раствор соли, объемом 180 мл (плотность раствора 1,111 г/см³)

Решение:

1. **CuSO₄·5H₂O**

2 балла

2. пентагидрат сульфата меди (II)

1 балл

Сильная двухосновная кислота – серная, H₂SO₄, кислотный остаток – SO₄²⁻.

Соотношение металла и сульфат-иона 1:1, так как металл двухвалентный.

25,6/М = 38,4/96, М = 64 г/моль, металл – медь.

Формула соли CuSO₄. М = 160 г/моль, это (100–36) = 64 % (масс.) от массы кристаллогидрата, тогда М(кристаллогидрата) = (160×100)/64 = 250 г/моль, М (H₂O) = (250–160) = 90 г/моль, число молекул воды равно 90/18 = 5.

За расчет

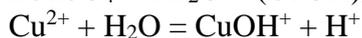
5 баллов

2. CuSO₄ = Cu²⁺ + SO₄²⁻

2 балла

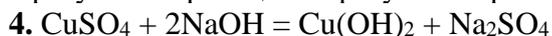
3. В растворе сульфата меди (II) протекает гидролиз по катиону:

3 балла



2 балла

в результате реакции образуются протоны – среда кислая.



2 балла



2 балла

5. m(р-ра CuSO₄) = 180×1,111 = 200 (г), m(CuSO₄) = 0,1×200 = 20 (г), n(CuSO₄) = 20/160 = 0,125 (моль)

2 балла

n(NaOH) = 1,25×0,2 = 0,25 (моль), соотношение реагентов 1:2, стехиометрическое взаимодействие.

2 балла

n(Cu(OH)₂) = 0,125 (моль), m(Cu(OH)₂) = 0,125×98 = **12,25** (г)

2 балла

ИТОГО

25 баллов

Задание 3

Соли **А** и **Б** имеют одинаковый качественный, но разный количественный состав. При контакте с влажным воздухом при комнатной температуре соль **А** превращается в соль **Б** (реакция 1).

При небольшом нагревании обе соли разлагаются без образования твердого остатка (реакции 2, 3). Качественный состав газовых смесей, полученных при разложении солей **А** и **Б**

одинаков, но их объем и соотношение количества газов в смеси различное. При разложении соли **А** выделилось 4,48 л газообразных продуктов (**Г**), а при разложении соли **Б** – газообразных продуктов (**Д**) в 1,5 раза больше.

Полученные газовые смеси осушили и пропустили через известковую воду, что привело в обоих случаях к образованию белого осадка **В** (реакция 4), молекулярная масса **В** равна 100 а.е.м. Пропускание газовой смеси **Г** через трубку с твердой щелочью уменьшает объем смеси в 2 раза, а пропускании газовой смеси **Д** – на 1/3 (реакция 5).

1. Определите качественный и количественный состав **А** и **Б**, вычислите массы солей, подвергнутых разложению.

Без образования твердого остатка разлагаются нитраты и карбонаты аммония, разный состав могут иметь карбонаты. Кроме этого, в условии задачи сказано, что продукт разложения взаимодействует с известковой водой с образованием осадка

Б - $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ **2 балла**

А - NH_4HCO_3 **2 балла**

1. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ **2 балла**

2. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **2 балла**

$$n(\text{газов}) = 4,48 \cdot 1,5 / 22,4 = 0,3 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = n((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m((\text{NH}_4)_2\text{CO}_3) = 96 \cdot 0,1 = 9,6 \text{ г}$$

2 балла

3. $\text{NH}_4\text{HCO}_3 = \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ **2 балла**

$$n(\text{газов}) = 4,48 / 22,4 = 0,2 \text{ моль}$$

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{NH}_4\text{HCO}_3) = 79 \cdot 0,1 = 7,9 \text{ г}$$

2 балла

2. Определите массу осадка, образовавшегося при взаимодействии газовых смесей **Г** и **Д**, с известковой водой.

4. $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ **2 балла**

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,1 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ г}$$

2 баллов

5. $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ **2 балла**

3. Запишите уравнения реакций 1–5.

4. Определите относительную плотность смеси газов **Г** по **Д**

$$\bar{M}(\text{Г}) = \frac{0,1 \cdot 17 + 0,1 \cdot 44}{0,1 + 0,2} = 30,5 \text{ г/моль}$$

2 балла

$$\bar{M}(\text{Д}) = \frac{0,2 \cdot 17 + 0,1 \cdot 44}{0,1 + 0,2} = 26 \text{ г/моль}$$

2 балла

$$D_{(\text{Г/Д})} = 30,5 / 26 = 1,173$$

1 балл

ИТОГО

25 баллов

Задание 4

Через два последовательно соединенных электролизера, заполненных растворами различных солей, в течение 60 минут пропускали постоянный ток. За это время на катоде кулонометра осело 4,025 г серебра, а на катодах выделилось 1,2199 г и 1,1856 г металлов. Определите силу тока и количество электричества, прошедшие через электролизеры. Установите природу металлов, выделившихся на электродах. Запишите уравнения реакций, протекающих на электродах.

Решение:

1. Используя законы Фарадея находят силу тока и количество электричества по массе серебра:

$$I = \frac{mzF}{Mt} = \frac{4.025 \cdot 1.96485}{107.87 \cdot 3600} = 1 \text{ А}$$

$$Q = It = 1 \cdot 3600 = 3600 \text{ Кл}$$

5 баллов

2. Зная массу металла 1 на электроде находят соотношение $\frac{M_1}{z_1} = \frac{m_1 \cdot F}{Q} = \frac{1.2199 \cdot 96485}{3600} = 32.7 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ –

экв.

3 балла

Подбирая целочисленные z устанавливают природу металла: $M = 65.4 \text{ г/моль}$ – Zn.

4 балла

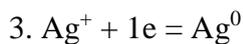
По аналогии находят, что вторым металлом является Cu.

Соотношение $\frac{M_2}{z_2} = \frac{m_2 \cdot F}{Q} = \frac{1.1856 \cdot 96485}{3600} = 31.8 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ – экв.

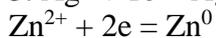
3 балла

Подбирая целочисленные z устанавливают природу металла: $M = 63.6 \text{ г/моль}$ – Cu.

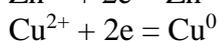
4 балла



2 балла



2 балла



2 балла

ИТОГО

25 баллов