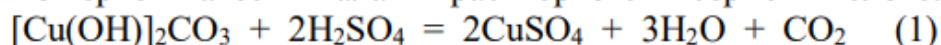


3. В тигле смешали стружку металлической меди и порошок малахита, после чего разделили полученную смесь на две части. К первой добавили 120 мл 20%-го раствора купоросного масла ( $\rho = 1.14$  г/мл), при этом выделилось 1.2 л газа (нормальные условия). Вторую часть прокалили при 1070 К в печи, где циркулировал воздух, а затем к полученному остатку прилили такую же порцию купоросного масла, как и к первой части. Затем обе растворённые пробы поставили в холодильник с температурой 273 К, при этом из обоих растворов выпал пентагидрата сульфата меди. Из второго раствора выпало 17.14 г. Растворимость  $\text{CuSO}_4$  при 273 К составляет 12.9 г на 100 г воды.

- 1) Рассчитайте массу начальной смеси, а также массовую долю компонентов, входящих в её состав. Учтите, что купоросное масло было взято в избытке.
- 2) Напишите уравнения описанных реакций.
- 3) Рассчитайте массу пентагидрата сульфата меди, выпавшего из первого раствора.
- 4) Что будет, если вторую часть прокалывать в печи без доступа воздуха? Изменится ли масса осадка, полученного при охлаждении раствора второй части, при этом? Ответ подтвердите расчётами.

### №3

Из первой навески малахит растворяется в серной кислоте:



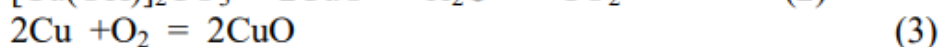
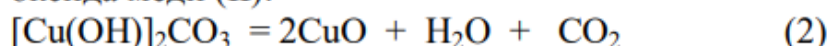
По объему выделившегося углекислого газа находим:

а) массу малахита в навеске:  $(1,2:22,4)*222 = 11,89$  (г).

б) массу сульфата меди:  $(1,2:22,4)*2*160 = 17,14$  (г).

в) массу образовавшейся воды:  $(1,2:22,4)*3*18 = 2,89$  (г).

При прокаливании на воздухе второй навески малахит разлагается, а медь окисляется до оксида меди (II):

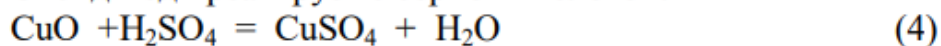


Масса оксида меди из малахита:  $(11,89:222)*2*80 = 8,57$  (г).

Масса оксида меди из меди:  $(m:64)*80 = 1,25m$ , где  $m$  – масса меди в навеске.

Общая масса оксида меди в результате прокалывания:  $8,57 + 1,25m$ .

Оксид меди реагирует с серной кислотой:



По этому уравнению находим массу образовавшегося сульфата меди:

$$[(8,57 + 1,25m):80]*160 = (17,14 + 2,5m)(\text{г}).$$

Масса образовавшейся при этом воды:

$$[(8,57 + 1,25m):80]*18 = 1,928 + 0,28m$$

Масса воды в растворе серной кислоты:  $120*1,14*0,8 = 109,44$  (г).

При кристаллизации выпадает кристаллогидрат -  $\text{CuSO}_4*5\text{H}_2\text{O}$

Масса сульфата меди, ушедшего в кристаллогидрат из раствора второй навески:

$$(17,14:250)*160 = 10,97 \text{ (г)}, \text{ а масса воды } 17,14 - 10,97 = 6,17 \text{ (г)}.$$

Масса сульфата меди в растворе второй навески после охлаждения:

$$(17,14 + 2,5m) - 10,97 = (6,17 + 2,5m) \text{ г}.$$

$$\text{Масса воды в растворе: } 109,44 + 1,928 + 0,28m - 6,17 = 105,198 + 0,28m$$

$$\text{Тогда: } (6,17 + 2,5m):(105,198 + 0,28m) = 0,129 \text{ или } m = 3,00 \text{ (г)}$$

Масса меди в навеске – 3,00 г

$$\text{Общая масса навески: } 2*(11,89 + 3,00) = 29,78 \text{ (г)}.$$

$$W(\text{Cu}) = 3,00/14,89 = 0,201 \text{ или } 20,1\%; W(\text{малахита}) = 79,9\%$$

Из первой навески при обработке серной кислотой образовалось 17,14 г сульфата меди и 2,89 г воды. При охлаждении этого раствора часть сульфата меди выпадет в виде кристаллогидрата –  $m_1$

Масса сульфата меди ушедшей в кристаллогидрат:

$$(m_1 : 250) \cdot 160 = 0,64m_1$$

Масса воды в этом кристаллогидрате:  $m_1 : 250 \cdot 5 \cdot 18 = 0,36m_1$

Масса воды в холодном растворе из первой навески:

$$109,44 + 2,77 - 0,36m_1 = 112,33 - 0,36m_1$$

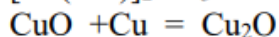
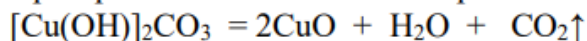
Масса сульфата меди в холодном растворе первой навески:  $(17,14 - 0,64m_1)$

Зная растворимость сульфата меди при  $0^\circ\text{C}$ , находим массу кристаллогидрата из первой навески:

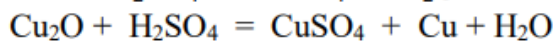
$$(17,14 - 0,64m_1) : (112,21 - 0,36m_1) = 0,129; m_1 = 4,49$$

Масса медного купороса из раствора первой навески – **4,49 г.**

При прокаливании смеси в инертной атмосфере протекают реакции:



При обработке серной кислотой протекают реакции:



В итоге, количество вещества сульфата меди равняется количеству вещества образовавшегося оксида меди(II).

Масса образовавшегося сульфата меди равна:

$$(8,57:80) \cdot 160 = 17,14 \text{ (г)}.$$

Таким образом, масса выпавшего медного купороса будет такой же, как и в первом опыте - **4,49 г.**

#### Рекомендации к оцениванию:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Определение массы навески и её состава – 3 балла.   | 3 балла                  |
| 2. Уравнение реакций 1-4 – каждое по 0.5 балла (если в уравнении неверно расставлены коэффициенты, за него ставится 0.25 балла).               | $0.5 \times 4 = 2$ балла |
| 3. Масса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ из раствора первой навески – 3 балла.   | 3 балла                  |
| 4. Масса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при прокаливании без доступа воздуха с обоснованием – 2 балла (без обоснования – 0 баллов). | 2 балла                  |

**ИТОГО:** **10 баллов**

