Решение задач на расчеты массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества

Алгоритм

1) Прежде всего следует найти массу растворенного вещества. Возможны две ситуации:

А) В условии даны масса раствора и массовая доля растворенного вещества(концентрация). В этом случае масса растворенного вещества рассчитывается по формуле:

$$m(\text{р. в} - \text{ва}) = \frac{m(\text{р}-\text{ра})\cdot\omega(\text{р.в}-\text{ва})}{100\%} \qquad (1)$$

Б) В условии даны объем раствора вещества, плотность этого раствора и массовая доля растворенного вещества в этом растворе. В таком случае следует воспользоваться формулой для расчета массы раствора:

$$m(\text{р} - \text{ра}) = \rho(\text{р} - \text{ра}) \cdot V(\text{р} - \text{ра}) \qquad (2)$$

После чего следует рассчитать массу растворенного вещества по формуле (1).

Алгоритм

2) Рассчитать количество вещества (моль) участника реакции, масса которого стала известна из расчетов выше. Для этого воспользоваться формулой:

$$\nu(\text{в} - \text{ва}) = \frac{m(\text{в}-\text{ва})}{M(\text{в}-\text{ва})}, \qquad (3)$$

где М – молярная масса вещества.

3) Записать уравнение реакции и убедиться в правильности расставленных коэффициентов.

Алгоритм

4) Рассчитать количество вещества интересующего участника реакции исходя из известного участника реакции, зная, что количества веществ любых двух участников реакции A и B относятся друг к другу как коэффициенты перед этими же веществами в уравнении реакции, то есть:

$$\frac{\nu(A)}{\nu(B)} = \frac{k(A)}{k(B)} \qquad (4)$$

Если в условии требовалось рассчитать количество вещества, то действия на этом заканчиваются. Если же требуется найти его массу или объем, следует переходить к следующему пункту.

5) Зная количество вещества, определенного в п.4, мы можем рассчитать его массу по формуле:

$$m = M \cdot \nu \qquad (5)$$

Также, если вещество является газообразным и речь идёт о нормальных условиях (н.у.), его объем может быть рассчитан по формуле:

$$V(\text{газа}) = \nu(\text{газа}) \cdot V_M = \nu(\text{газа}) \cdot 22{,}4\,{}^{\text{л}}/_{\text{моль}} \qquad (6)$$

Пример 1

- Рассчитайте массу осадка, который образуется при добавлении к 147 г 20%-ного раствора серной кислоты избытка раствора нитрата бария.

Решение:

1) Рассчитаем массу чистой серной кислоты:

$$m(H_2SO_4) = \frac{m_{р-ра}(H_2SO_4) \cdot \omega(H_2SO_4)}{100\%} = \frac{147\ г \cdot 20\%}{100\%} = 29{,}4\ г$$

2) Рассчитаем количество вещества серной кислоты:

$$\nu(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{29{,}4\ г}{98\ {}^{г}/_{моль}} = 0{,}3\ моль$$

3) Запишем уравнение взаимодействия серной кислоты с нитратом бария:

$$H_2SO_4 + Ba(NO_3)_2 \rightarrow BaSO_4\downarrow + 2HNO_3$$

Пример 1

4) В результате расчетов стало известно количество вещества серной кислоты. Осадок представляет собой сульфат бария. Зная, что:

$$\frac{\nu(BaSO_4)}{\nu(H_2SO_4)} = \frac{k(BaSO_4)}{k(H_2SO_4)}$$

можем записать:

$$\nu(BaSO_4) = \frac{\nu(H_2SO_4) \cdot k(BaSO_4)}{k(H_2SO_4)} = \frac{0{,}3 \cdot 1}{1} = 0{,}3 \text{ моль}$$

5) Тогда масса осадка, т.е. сульфата бария, может быть рассчитана следующим образом:

$$m(BaSO_4) = M(BaSO_4) \cdot \nu(BaSO_4) = 233\ ^{\text{г}}/_{\text{моль}} \cdot 0{,}3 \text{ моль} = 69{,}9 \text{ г}$$

Ответ: 69,9 г $BaSO_4$.

Пример 2

Какой объем газа (н.у.) выделится при растворении необходимого количества сульфида железа (II) в 20%-ном растворе соляной кислоты с плотностью 1,1 г/мл и объемом 83 мл.

Решение:

1) Рассчитаем раствора соляной кислоты:

$$m_{\text{р}-\text{ра}}(HCl) = V_{\text{р}-\text{ра}}(HCl) \cdot \rho_{\text{р}-\text{ра}}(HCl) = 83 \text{ мл} \cdot 1{,}1 \ {}^{\text{г}}/_{\text{мл}} = 91{,}3 \text{ г}$$

Далее рассчитаем массу чистого хлороводорода:

$$m(HCl) = \frac{m_{\text{р}-\text{ра}}(HCl) \cdot \omega(HCl)}{100\%} = \frac{91{,}3 \text{ г} \cdot 20\%}{100\%} = 18{,}26 \text{ г}$$

2) Рассчитаем количество вещества хлороводорода:

$$\nu(HCl) = \frac{m(HCl)}{M(HCl)} = \frac{18{,}26 \text{ г}}{36{,}5 \ {}^{\text{г}}/_{\text{моль}}} = 0{,}5 \text{ моль}$$

Пример 2

3) Запишем уравнение реакции сульфида железа (II) с соляной кислотой:

$$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S\uparrow$$

4) Исходя из уравнения реакции следует, что количество прореагировавшей соляной кислоты с количеством выделившегося сероводорода связано соотношением:

$\frac{\nu(HCl)}{\nu(H_2S)} = \frac{2}{1}$, где 2 и 1 – коэффициенты перед HCl и H_2S соответственно.

Следовательно:

$$\nu(H_2S) = \frac{\nu(HCl)}{2} = \frac{0{,}5}{2} = 0{,}25 \text{ моль}$$

5) Объем любого газа, находящегося при нормальных условиях, можно рассчитать по формуле $V(\text{газа}) = \nu(\text{газа}) \cdot V_M$, тогда:

$$V(H_2S) = \nu(H_2S) \cdot V_M = 0{,}25 \text{ моль} \cdot 22{,}4 \ {}^{\text{л}}/_{\text{моль}} = 5{,}6 \text{ л}$$

Задачи

1. Сколько литров хлора (н.у.) выделится, если к 200 мл 35%-ной соляной кислоты (плотностью 1,17 г/мл) добавить при нагревании 26,1 г оксида марганца (IV)? Сколько граммов гидроксида натрия в холодном растворе прореагирует с этим количеством хлора?
2. Рассчитайте, какой объем 10%-ного раствора хлороводорода плотностью 1,05 г/мл пойдет на полную нейтрализацию гидроксида кальция, образовавшегося при гидролизе карбида кальция, если выделившийся при гидролизе газ занял объем 8,96 л (н. у.).
3. Газообразный аммиак, выделившийся при кипячении 160 г 7%-ного раствора гидроксида калия с 9,0 г хлорида аммония, растворили в 75 г воды. Определите массовую долю аммиака в полученном растворе.
4. При обработке карбида алюминия раствором соляной кислоты, масса которого 320 г и массовая доля HCl 22%, выделилось 6,72 л (н.у.) метана. Рассчитайте массовую долю соляной кислоты в полученном растворе.
5. Карбид кальция обработан избытком воды. Выделившийся газ занял объем 4,48 л (н. у.). Рассчитайте, какой объем 20%-ной соляной кислоты плотностью 1,10 г/мл пойдет на полную нейтрализацию щелочи, образовавшейся из карбида кальция.

Задачи

6. На нейтрализацию 7,6 г смеси муравьиной и уксусной кислот израсходовано 35 мл 20%-ного раствора гидроксида калия (плотность 1,20 г/мл). Рассчитайте массу уксусной кислоты и её массовую долю в исходной смеси кислот.
7. Определите массу Mg_3N_2, полностью подвергшегося разложению водой, если для солеобразования с продуктами гидролиза потребовалось 150 мл 4%-го раствора соляной кислоты плотностью 1,02 г/мл.
8. Сероводород, выделившийся при взаимодействии избытка концентрированной серной кислоты с 1,44 г магния, пропустили через 160 г 1,5%-ного раствора брома. Определите массу выпавшего при этом осадка и массовую долю кислоты в образовавшемся растворе.
9. Оксид фосфора (V) массой 1,42 г растворили в 60 г 8,2%-ной ортофосфорной кислоты и полученный раствор прокипятили. Какая соль и в каком количестве образуется, если к полученному раствору добавить 3,92 г гидроксида калия?
10. Смешали 200 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотностью 1,22 г/мл) и 150 мл 30%-ного раствора соляной кислоты (плотностью 1,15 г/мл). Определите среду полученного раствора и массовую долю хлорида натрия в нём.