

Задание 3. Определение массы и взвешивание твердого вещества

а) *Расчет массы определенного химического количества твердого вещества*

Рассчитайте массу соды Na_2CO_3 (или другого вещества по указанию учителя) химическим количеством 0,02; 0,03; 0,05 моль.

б) *Взвешивание твердого вещества*

Приведите весы с пустым стаканом на левой чаше в равновесие. На правую чашу весов поставьте разновесы, соответствующие рассчитанной массе вещества. Небольшими порциями насыпьте в стакан вещество до уравнивания чаш весов.

Оформите отчет о проделанной работе.

**Домашний эксперимент**

1. Измерьте (в метрах) длину, ширину и высоту вашей комнаты. Рассчитайте ее объем (м^3), перемножив найденные параметры. Рассчитайте объем, химическое количество и число молекул кислорода в вашей комнате, если известно, что его объемная доля в воздухе составляет 21 %.

2. Растворите чайную ложку сахара в стакане воды. Примите, что масса сахара ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) равна 3,42 г, а масса воды — 180 г. Рассчитайте общее число молекул всех веществ в приготовленном растворе.

§ 9. Количественные расчеты по уравнениям химических реакций

Из предыдущих параграфов вы узнали, как связаны между собой важнейшие характеристики порции любого вещества — его масса, химическое количество вещества и число его частиц, а если оно газообразное, то и объем.

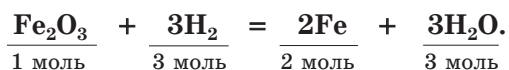
Химия как наука изучает не только вещества, но и их превращения, то есть химические реакции. Какие расчеты можно проводить на основании уравнений химических реакций?

Например, нужно получить новое вещество (продукт) определенной массы или объема. По уравнению реакции можно рассчитать, сколько для этого следует взять исходных веществ (реагентов). И наоборот: если есть определенная порция исходных веществ (реагентов), то необходимо рассчитать, сколько нового вещества (продукта) можно получить из них.

Основой для проведения подобных расчетов в химии является уравнение химической реакции. Как мы уже знаем, коэффициенты в урав-

нении химической реакции показывают соотношение между числом частиц (атомов или молекул), участвующих в реакции. Кроме того, они также показывают соотношение между химическими количествами всех участвующих в реакции веществ. Это мы будем использовать при решении химических задач, в которых необходимо провести расчеты по уравнению реакции.

Для примера рассмотрим уравнение химической реакции между оксидом железа(III) и водородом:



Из этого уравнения видно, что оксид железа(III) химическим количеством 1 моль реагирует с водородом, химическое количество которого равно 3 моль. При этом образуется железо и вода, химические количества которых равны соответственно 2 моль и 3 моль.

А как быть, если для реакции мы возьмем не 1 моль, а 6 моль Fe_2O_3 или любое другое его химическое количество? В этом случае используют математическую пропорцию. Поскольку химическое количество Fe_2O_3 мы увеличили в 6 раз (с 1 моль до 6 моль), то и все остальные химические количества также увеличатся в 6 раз. В этом случае для реакции необходимо 3 моль $\cdot$ 6 = 18 моль H_2 , а в результате реакции образуется 2 моль $\cdot$ 6 = 12 моль Fe и 3 моль $\cdot$ 6 = 18 моль H_2O . Такой же подход можно применить и для любого другого химического количества Fe_2O_3 .

Сравнивая коэффициенты перед формулами разных веществ в приведенном уравнении, мы можем сделать следующие выводы.

1. Поскольку коэффициент перед H_2 (он равен 3) в 3 раза больше коэффициента перед Fe_2O_3 (он равен 1), то химическое количество H_2 , необходимого для реакции с Fe_2O_3 , всегда будет в 3 раза больше взятого химического количества Fe_2O_3 . Математически это можно записать в виде уравнения $n(\text{H}_2) = 3 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$. И наоборот, химическое количество Fe_2O_3 будет всегда в 3 раза меньше взятого химического количества водорода, или в математической форме $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{n(\text{H}_2)}{3}$.

2. Химическое количество образующегося Fe всегда будет в 2 раза больше химического количества взятого для реакции Fe_2O_3 , или в математической форме: $n(\text{Fe}) = 2 \cdot n(\text{Fe}_2\text{O}_3)$. И наоборот: $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} n(\text{Fe})$.

3. Химическое количество образующейся H_2O всегда будет равно химическому количеству прореагировавшего H_2 , или $n(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2)$.

Соответственно, в данном случае справедливо и обратное утверждение, $n(\text{H}_2) = n(\text{H}_2\text{O})$.

При решении задач может понадобиться одно или несколько таких соотношений. С их помощью мы сможем легко рассчитать химическое количество любого вещества, его массу и число частиц, а для газов — еще и объем.

Очень важно не забыть, что перед выполнением расчетов по уравнению химической реакции в нем обязательно следует расставить коэффициенты. Если они не расставлены или расставлены неверно, то приведенные выше соотношения между количествами веществ также будут неверными. Даже при правильной последовательности математических действий это приведет к неверному конечному результату.

Итак, для решения химической задачи следует:

- 1) проанализировать условие задачи и установить, нужно ли для ответа на поставленный вопрос использовать расчет по уравнению химической реакции;
- 2) если такой расчет необходим, то из условия задачи необходимо понять, какие вещества являются реагентами, а какие — продуктами;
- 3) исходя из природы веществ и приведенных внешних условий следует установить, какая химическая реакция протекает между этими веществами;
- 4) составить схему протекающей химической реакции;
- 5) расставить коэффициенты в схеме, превратив ее в уравнение химической реакции;
- 6) исходя из коэффициентов в уравнении реакции, установить математическую зависимость между химическими количествами веществ, о которых идет речь в задаче;
- 7) провести необходимые математические расчеты.

В заключение отметим, что при решении задач по уравнениям химических реакций наряду с соотношениями химических количеств веществ можно использовать и соотношения их масс, а также соотношение массы одного вещества и объема другого вещества. Это значит, например, что по массе одного вещества можно рассчитать массу или объем другого вещества (и наоборот), не используя соотношения их химических количеств. Такие примеры решений задач приведены в *Приложениях 1 и 2*.

Вопросы и задания

1. При проведении расчетов чаще всего химики используют молярную массу, выраженную в г/моль. Но в некоторых случаях для этих целей удобнее использовать и другие единицы. Чему равна молярная масса серной кислоты, выраженная в: а) кг/моль; б) мг/моль; в) т/моль?
2. Рассчитайте химическое количество воды, образующейся в результате сгорания водорода в кислороде химическим количеством 5 моль.
3. Какие из приведенных расчетных формул верные:

$$\text{а) } n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})};$$

$$\text{д) } n(\text{CH}_4) = \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{H}_2)};$$

$$\text{б) } m(\text{P}_4) = n(\text{P}_4) \cdot M(\text{P});$$

$$\text{е) } m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3);$$

$$\text{в) } n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)};$$

$$\text{ж) } M(\text{CuO}) = \frac{m(\text{Cu})}{n(\text{O}_2)};$$

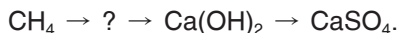
$$\text{г) } V(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot V_m;$$

$$\text{з) } V(\text{C}) = n(\text{C}) \cdot V_m?$$

4. При сгорании водорода в кислороде образуется вода. Какое химическое количество:
а) кислорода необходимо для полного сжигания водорода химическим количеством 8 моль;
б) водорода вступило в реакцию, если образовалась вода химическим количеством 12 моль;
в) воды образуется, если в реакцию вступит кислород химическим количеством 9 моль;
г) водорода вступило в реакцию, если израсходовался кислород химическим количеством 6 моль?
5. Составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



6. Дополните схему и составьте уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Рассчитайте химическое количество азотной кислоты, необходимой для полной нейтрализации смеси KOH и NaOH общей массой 20 г, в которой массовая доля вещества с меньшей молярной массой равна 16 %.