

## § 2. Закон сохранения массы веществ, закон сохранения и превращения энергии при химических реакциях, закон постоянства состава

**Закон сохранения массы веществ** был впервые сформулирован русским ученым М. В. Ломоносовым в 1748 г. Открыл и доказал этот закон экспериментально (прокаливанием металлов в запаянных ретортах) в 1756 г. французский ученый А. Л. Лавуазье. Современная формулировка закона следующая:

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

С точки зрения атомно-молекулярной теории суть этого закона совершенно понятна. Ведь в результате химических реакций происходит только перегруппировка атомов, т. е. разрушаются связи, существующие между атомами, и образуются новые, но *число атомов* до и после реакции остается неизменным. Поэтому *общая масса веществ* в химических реакциях изменяться не должна.

Однако М. В. Ломоносов этот закон понимал гораздо глубже, о чем свидетельствует данная им формулировка:

Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что, сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупляется к другому. Так, ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте. Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое движение получает.

Из этой формулировки видно, что закон сохранения массы веществ Ломоносов рассматривал в единстве с законом сохранения энергии и понимал его как всеобщий закон природы.

Закон сохранения энергии впервые сформулировал немецкий ученый Р. Майер. А взаимосвязь массы и энергии доказал А. Эйнштейн своим знаменитым математическим уравнением

$$E = mc^2,$$

где  $E$  — энергия покоя свободного тела,  $m$  — масса тела и  $c$  — скорость света в вакууме.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ,  
ЧТО ...

...при превращении белого фосфора в красный выделяется 20,934 Дж/моль, при этом убыль в массе составляет  $2 \cdot 10^{-10}$  г.

ЗНАЕТЕ ЛИ ВЫ,  
ЧТО...

...отклонения от закона постоянства состава для веществ немолекулярного строения были обнаружены академиком Н. С. Курнаковым. По его предложению вещества молекулярного строения, которые подчиняются закону постоянства состава, названы *дальтонидами* (в память английского ученого Дж. Дальтона), а вещества немолекулярного строения — *бертоллидами* (в память французского химика К. Бертолле, который предвидел существование таких соединений).

Возникает вопрос: почему же изменение массы за счет выделения энергии нельзя было обнаружить в химических реакциях? Ответить на этот вопрос можно, если вспомнить, что величина  $c^2$  исключительно большая. В связи с этим энергии, которая выделяется или поглощается в химических реакциях, соответствует очень маленькая масса. Так, например, при образовании одного моля хлороводорода  $\text{HCl}$  в результате реакции хлора с водородом выделяется 92,3 кДж. Этой энергии соответствует масса всего лишь  $10^{-9}$  г.

Практически справедливость уравнения Эйнштейна, т. е. взаимосвязь массы и энергии, удалось доказать при осуществлении ядерных реакций, в которых выделяется энергии в миллионы раз больше, чем при химических реакциях.

Как вам известно, *закон сохранения массы* — один из основных законов химии. На его основе составляют уравнения химических реакций и проводят различные расчеты.

На основе *закона сохранения и превращения энергии* составляют термохимические уравнения, учитывающие не только массу, но и энергию, которая выделяется или поглощается в химических реакциях.

Ответьте на вопросы 4–6 (с. 7).

**Закон постоянства состава веществ** был открыт и сформулирован на основе представлений, что все вещества состоят из молекул. Дальнейшие исследования показали, что *лишь около 5% из всех неорганических веществ имеет молекулярное строение*. И только для них справедлив закон постоянства состава. Вещества немолекулярного строения этому закону в полной мере не подчиняются. Так, например, на основе точных современных исследований установлено, что состав сульфида железа(II) следует изображать не формулой  $\text{FeS}$ , а формулой  $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ , где  $x$  принимает значения от 0 до 0,05, а оксида титана(IV) — не формулой  $\text{TiO}_2$ , а формулой  $\text{TiO}_{1,9-2,0}$ . Но эти отклонения незначительны, и при составлении химических формул мы их учитывать не будем.



Всякое чистое вещество молекулярного строения независимо от способа получения имеет постоянный качественный и количественный состав.

Вещества немолекулярного строения не обладают строго постоянным составом. Их состав зависит от условий получения.

Современные представления о молекулярном и немолекулярном строении вещества позволяют уточнить и другие важные понятия химии. Так, например, если принято валентность определять числом связей, то это касается только органических веществ и небольшого числа неорганических, имеющих молекулярное строение. Поэтому для веществ с немолекулярным строением следует применять понятие «степень окисления», а для веществ с молекулярным строением — «валентность». Все это необходимо учитывать и при использовании понятия «структурная формула». Часто это понятие, так же как и понятие «молекула», условно относят и к веществам немолекулярного строения.

Выполните упражнение 7. Решите задачи 1, 2.

?

1. Химический элемент, атом которого содержит 19 протонов, называется

1) селен 2) технеций 3) калий 4) хлор

2. Изотопы одного элемента отличаются друг от друга

- 1) числом нейтронов
- 2) числом протонов
- 3) числом электронов
- 4) зарядом ядра

3. Установите соответствие между названием химического элемента и числом протонов в ядре.

- 1) калий                    А. 16
- 2) хлор                     Б. 19
- 3) сера                    В. 12
- 4) магний                 Г. 17

1. Вычислите объем оксида углерода(IV) (н. у.), выделившегося при прокаливании 1 кг мела, массовая доля загрязняющего песка в котором равна 15%.

1	2	3	4

4. Какое значение имеет закон сохранения массы в химической науке и практике?

5. Кто первый предвидел единство закона сохранения массы и закона сохранения и превращения энергии и кто обнаружил взаимосвязь массы и энергии и обосновал это математически? Каково значение этих научных открытий?

6. Какими экспериментами в физике и химии доказана взаимосвязь массы и энергии?

7. Вспомните формулировку закона постоянства состава веществ и поясните, почему эту формулировку потребовалось уточнить.

2. Провели реакцию между  $67,2 \text{ м}^3$  водорода и  $44,8 \text{ м}^3$  азота (н. у.). Каким газом загрязнен полученный аммиак?