

3. Превращения веществ

Физические и химические превращения

В результате физических процессов может меняться состояние вещества, но не его природа.

Физические процессы:

- ◆ кипение воды
- ◆ затвердевание воды

В этих процессах вода меняет свое агрегатное состояние, но остается водой. Пар, жидкая вода и лед состоят из одних и тех же молекул – H_2O .

- ◆ растворение сахара в воде

В этом процессе частицы сахара распределяются между частицами воды. Сахар можно выделить обратно из раствора физическими способами: выпариванием воды или кристаллизацией сахара при охлаждении с последующим фильтрованием выпавших кристаллов.

Химические процессы:

- ◆ реакция натрия с водой
- ◆ разложение воды электрическим током

В этих процессах исходные вещества (реагенты) превращаются в другие вещества (продукты). В первом процессе вода и натрий превращаются в гидроксид натрия и водород, во втором процессе вода превращается в кислород и водород.

Химические процессы называют **химическими реакциями**.

В чем недостаток описанного разделения процессов на физические и химические? Встает вопрос, куда отнести ядерные реакции. В результате этих реакций природа веществ, безусловно, меняется, но относятся они не к химическим, а к физическим.

Пока нужно просто запомнить: ядерные реакции относятся к физическим процессам. В химических процессах участвуют электронные оболочки атомов, но не ядра.

Переходы между агрегатными состояниями

Когда вода переходит в пар или лед – это новые вещества или то же самое? При этом вещество меняет свой вид, форму, не меняя сущности (и жидкая вода, и пар, и лед состоит из молекул H_2O).

Если нагреть воду в чайнике, она *испаряется*. Если крышка чайника холодная, то на ней *конденсируется* вода.

Если нагреть куски парафина в чашке, то парафин *плавится*, а при охлаждении (через некоторое время) *затвердевает*.

Если зимой вынести жидкий бром на улицу, то он *затвердевает*. Но стоит принести его обратно в теплую комнату, как он *плавится*.



Бром в разных агрегатных состояниях

Может ли твердое вещество перейти сразу в газообразное состояние, минуя жидкое? Редко, но так бывает. Вспомните сушку белья зимой на морозе: вода в белье замерзает, оно становится негнушимся; но через некоторое время вода переходит в водяной пар, а белье становится сухим. Вода при этом *возгоняется*.

Осторожно нагреем кристаллы иода в стакане, закрытом сверху часовым стеклом. Иод быстро превращается в фиолетовые пары, т.е. *возгоняется*. Попадая на часовое стекло, пар иода охлаждается и *конденсируется* в виде серых кристалликов.



Превращения иода при нагревании

Это – **не** химические реакции, а переходы между агрегатными состояниями **одного и того же** вещества. Они не сопровождаются изменением сущности вещества, а только изменением его вида.

Названия переходов между агрегатными состояниями:



Признаки химических реакций

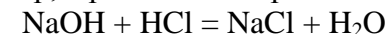
Химические реакции – превращения одних веществ в другие. При этих превращениях кардинально меняются свойства веществ, на основании чего мы и выделяем признаки того, что протекает реакция. На основании изменения каких свойств можно судить о том, протекает ли химическая реакция?

свойства	признаки реакций	реакции
1. Цвет	1. Изменение цвета	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{CoSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} \uparrow$ При прокаливании гептагидрата сульфата кобальта это бордовое вещество превращается в синее, пары воды улетают.
2. Агрегатное состояние	2.1. Выделение газа 2.2. Поглощение газа	$2\text{K} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{KOH} + \text{H}_2 \uparrow$ Если твердый кусочек калия бросить в жидкую воду, бурно выделяется газ (водород). $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ Если бурый газ NO_2 пропускать через воду, то окраска газа на выходе исчезает, т.к. NO_2 взаимодействует с водой с образованием двух кислот.
3. Запах	3. Появление запаха	$\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ При добавлении кислоты к твердому сульфиду железа появляется запах тухлых яиц (выделяется сероводород). Заметим, что запах – плохой признак реакции, многие вещества нюхать вредно, и реакции с ними проводятся под тягой.

4. Вкус	-	В химической практике мы даже не обсуждаем возможность пробовать вещества на вкус ☹. Однако вы можете поэкспериментировать с пищевыми продуктами. Так, если долго жевать хлеб, во рту становится сладко. Это не иллюзия: просто крахмал под действием ферментов слюны начинает расщепляться, давая сладкие моносахариды.
5. Растворимость	5.1. Выпадение осадка 5.2. Растворение осадка	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. При пропускании углекислого газа CO_2 в раствор гидроксида кальция вначале происходит образование осадка карбоната кальция CaCO_3 , а затем, в избытке углекислого газа, карбонат превращается в растворимый гидрокарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, и осадок исчезает.
	6. Выделение тепла и света	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + Q$. Горение бытового газа в плите сопровождается выделением тепла и света.

Обратите внимание:

1. Не все химические реакции сопровождаются видимыми изменениями. Например, в реакции нейтрализации



не меняется цвет, не выделяется и не поглощается газ, раствор остается таким же прозрачным, как и был, не выделяется свет. Если исходные растворы кислоты и щелочи достаточно разбавлены, то и выделение тепла не фиксируется.

Но отсутствие видимых признаков реакции (наблюдений) не означает, что реакция не протекает.

2. Отдельные признаки химических реакций могут сопровождать и физические процессы. Например:

- при конденсации газа в жидкость выделяется тепло;
- при охлаждении раствора растворимость многих веществ уменьшается, и выпадает осадок;

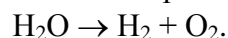
- при нагревании жидкости до температуры кипения она кипит ("выделяется газ").

Изменение цвета - наиболее надежный признак химической реакции. Увы, не все реакции сопровождаются изменением цвета!

Химическое уравнение

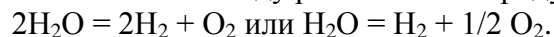
Химические реакции записывают с помощью химических уравнений. В левой части записывают химические формулы реагентов, в правой части – продуктов.

Как записать реакцию разложения воды электрическим током? Реагент один – вода; продукты – кислород и водород:



Это еще не уравнение реакции, а ее схема. **Схема реакции** показывает, какие вещества вступают в реакцию и какие продукты при этом образуются, но ничего не говорит о количественных отношениях этих веществ.

Уравнение реакции обязательно содержит информацию о количественных отношениях между реагентами и продуктами:



Числа, выражающие количества реагентов и продуктов, называются **коэффициентами**. Обратите внимание: если перед формулой вещества ничего не стоит, то коэффициент – не 0, а 1!

Знак равенства можно ставить только в уравнении. В схеме ставится стрелка, указывающая направление протекания процесса.

Как читать уравнение реакции?

"Два аш-два-о равно два аш-два плюс о-два" – это дурной тон. Правильное прочтение уравнения реакции выглядит так: "Два моля воды разлагаются, и образуются два моля водорода и один моль кислорода" или "В результате разложения двух молей воды образуются два моля водорода и один моль кислорода".

Обратите внимание:

1) Речь идет не о молекулах, а о молях! Вещества, участвующие в реакциях, не обязательно имеют молекулярное строение.

2) При чтении уравнения мы произносим не формулы веществ, а их названия.

Химическое уравнение демонстрирует закон сохранения материи в химических процессах: число атомов одного элемента слева и справа должно быть одинаково. Если это не так, то перед нами не уравнение, а всего лишь схема.

Полезные советы:

1. При написании уравнений проверяйте число атомов слева и справа.

2. Если атомы какого-либо элемента входят в состав только одного вещества слева и только одного вещества справа, начинайте уравнивание именно с этих веществ.

3. Не бойтесь ставить дробные коэффициенты (1/2, 3/2...). Если они вам не нравятся, потом (после окончания уравнивания) можно будет коэффициенты перед всеми веществами умножить на 2.

Закон сохранения массы в химических реакциях

Масса всех веществ, вступивших в реакцию, равна массе всех продуктов реакции.

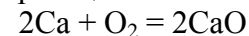
С точки зрения атомно-молекулярного учения закон сохранения массы объясняется так: в результате химических реакций атомы не исчезают и не возникают, а происходит их перегруппировка. Так как число атомов до реакции и после остается неизменным, то их общая масса также не изменяется.

На основании этого закона проводятся все расчеты по уравнениям химических реакций.

Разбор задач

1. Кальций массой 2 г прореагировал с кислородом. Какая масса кислорода вступила в реакцию? Какая масса оксида кальция образовалась?

Запишем уравнение реакции:



Два моля кальция реагируют с одним молем кислорода, и образуется два моля оксида кальция.

Но у нас не 2 моля кальция. А сколько? Найдем:

$$v(\text{Ca}) = m(\text{Ca})/M(\text{Ca}) = 2/40 = 1/20 \text{ моля.}$$

Если 2 моля кальция реагируют с одним молем кислорода, то кислорода требуется в 2 раза меньше, чем кальция. Значит, для реакции с 1/20 моля кальция потребуется 1/40 моля кислорода.

Найдем массу кислорода:

$$m(\text{O}_2) = \nu(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 1/40 \cdot (16 \cdot 2) = 32/40 = 0,8 \text{ г.}$$

Дальше можно поступить двумя способами:

1) Если из 2 молей кальция получается 2 моля оксида кальция, то из 1/20 моля кальция получится 1/20 моля оксида кальция.

Найдем массу оксида кальция:

$$m(\text{CaO}) = \nu(\text{CaO}) \cdot M(\text{CaO}) = 1/20 \cdot (40 + 16) = 56/20 = 2,8 \text{ г.}$$

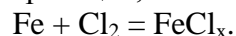
2) Согласно закону сохранения массы, масса продуктов равна общей массе реагентов. Следовательно, если масса реагентов равна 2 + 0,8 = 2,8 г, то и масса продукта тоже 2,8 г.

Ответ: 0,8 г кислорода; 2,8 г оксида кальция.

2. При хлорировании 5,6 г железа получилось 16,25 г хлорида.

Установите формулу хлорида железа.

Поскольку протекает реакция, запишем сначала ее уравнение:



Согласно уравнению реакции, из 1 моля железа образуется 1 моль хлорида. Найдем количество железа, имеющееся у нас:

$$\nu(\text{Fe}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) = 5,6/56 = 0,1 \text{ моль.}$$

Значит, количество хлорида железа также 0,1 моль. Найдем его молярную массу:

$$M(\text{FeCl}_x) = m(\text{FeCl}_x)/\nu(\text{FeCl}_x) = 16,25/0,1 = 162,5 \text{ г/моль.}$$

С другой стороны,

$$M(\text{FeCl}_x) = M(\text{Fe}) + x \cdot M(\text{Cl}) = 56 + 35,5x = 162,5 \text{ г/моль.}$$

Отсюда $x = 3$, и формула хлорида FeCl_3 .

Ответ: FeCl_3 .

Обратите внимание, что если требуются какие-то расчеты по химическим уравнениям, они делаются через переход к молям, а не через пропорции, которые, возможно, привычны Вам из школьной практики. Использование пропорций не приветствуется. Надо учиться решать химические задачи химически грамотным способом с самого начала.

Закон сохранения энергии в химических реакциях

Энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно, но отдельные ее виды могут переходить друг в друга по строго определенным эквивалентным соотношениям.

Так, если энергия химических связей в продуктах реакции больше, чем в реагентах, то освобожденная энергия выделяется в виде тепла, света, либо за счет нее производится работа (например, взрыв или движение поршня).

Химические реакции сопровождаются выделением или поглощением энергии, которое называется тепловым эффектом и обозначается Q .

Экзотермические реакции – реакции, в результате которых энергия выделяется.

При горении бытового газа в плите



энергия выделяется в виде тепла и света (пламя), давая возможность использовать ее для нагревания кастрюль и сковородок.

Наверное, самая распространенная экзотермическая реакция – горение органических соединений в кислороде. **Горение** – это реакция, сопровождающаяся выделением тепла и света. При горении на воздухе в реакции участвует кислород. Он «отбирает» электроны у других участников реакции горения, т.е. окисляет их.



Эндотермические реакции – реакции, в результате которых энергия поглощается.

Фотосинтез – эндотермическая реакция, использующая энергию солнечного света. Существует баланс кислорода в атмосфере. Кислород потребляется растениями и животными (дыхание), а также затрачивается на процессы горения. Регенерацию кислорода осуществляют растения в процессе фотосинтеза:



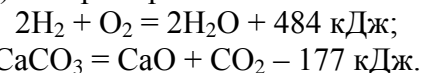
Обратите внимание: это процесс, фактически обратный горению и дыханию (сравните продукты и реагенты этих процессов)!

Значок «Q» означает энергию. То, что в этой реакции Q имеет знак «минус», значит, что в ее результате энергия поглощается. А откуда она берется? От солнца. Фотосинтез происходит под действием солнечных лучей красной области спектра.

В процессе приготовления пищи происходят эндотермические реакции – частичное разрушение связей в молекулах белков и углеводов.

Термохимическое уравнение - это химическое уравнение, которое в явном виде содержит тепловой эффект.

Тепловые эффекты измеряются в джоулях Дж (или килоджоулях кДж – киломасштаб лучше отвечает эффектам химических реакций). Например:



Как понять 1-е уравнение? "При взаимодействии двух молей водорода и одного моля кислорода образуется два моля воды и выделяется 484 килоджоуля энергии".

Как понять 2-е уравнение? "При разложении одного моля карбоната кальция образуется по одному молю оксида кальция и углекислого газа, на это затрачивается 177 килоджоулей энергии".

Разбор задачи

При сгорании кальция массой 8 г количество выделившейся теплоты составило 127 кДж. Составьте термохимическое уравнение реакции.

Напишем уравнение реакции:



При взаимодействии двух молей кальция с одним молем кислорода образуется два моля оксида кальция и выделяется x килоджоулей тепла.

Найдем количество кальция в 8 г:

$$v(\text{Ca}) = m(\text{Ca})/M(\text{Ca}) = 8/40 = 0,2 \text{ моль}.$$

Если при сгорании 0,2 моль кальция выделяется 127 кДж, то при сгорании 2 молей - в 10 раз больше, т.е. $127 \cdot 10 = 1270 \text{ кДж}$.

Ответ:

