



*Кто знает, откуда берется вода?
Быть может, из снега? Быть может, из льда?
А может, подземным ключом она бьет
И всем она жизнь на планете дает.*

§ 23. Состав, физические и химические свойства воды

Вода... Это слово, это вещество входит в нашу жизнь с первых дней появления на свет и кажется нам совершенно обыкновенным, привычным. Однако это самое интересное и самое важное вещество, имеющее отношение ко всему живому и неживому на нашей планете. Если вы хотите больше узнать о роли воды в природе и в жизни человека, рассмотрите *Приложение 5* в конце учебного пособия.

Состав молекулы воды

Вода — это сложное вещество H_2O — оксид водорода. Давайте поближе познакомимся с этим химическим соединением. Как любое сложное вещество, оно характеризуется качественным и количественным составом.

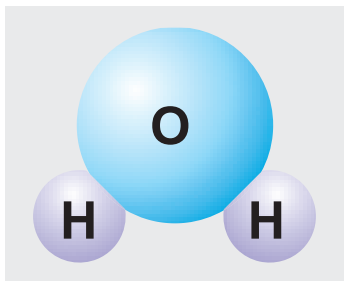


Рис. 70. Модель молекулы воды

Вы уже знаете, что молекула воды состоит из трех атомов — двух атомов водорода и одного атома кислорода (рис. 70). Относительная молекулярная масса воды равна:

$$\begin{aligned} M_r(\text{H}_2\text{O}) &= 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{O}) = \\ &= 2 \cdot 1 + 16 = 18. \end{aligned}$$

Физические свойства воды

Вода — единственное вещество, существующее на Земле одновременно в трех агрегатных состояниях — жидком, твердом и газообразном (рис. 71).



Рис. 71. Три агрегатных состояния воды

При комнатной температуре вода представляет собой жидкость без вкуса и запаха. При температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ она кипит, образуя водяной пар. В твердое состояние (лед) вода переходит при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. В тонком слое вода не имеет цвета, а при его толщине более 2 м она приобретает голубой оттенок. Поэтому Землю из-за большого количества воды называют голубой планетой.

Формула	$M_r(\text{H}_2\text{O})$	Агрегатное состояние при комнатной температуре	Температура замерзания	Температура кипения	Плотность при $4\text{ }^{\circ}\text{C}$	Плотность льда
H_2O	18	Жидкость без цвета и запаха	$0\text{ }^{\circ}\text{C}$	$100\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 г/см^3	$< 1\text{ г/см}^3$

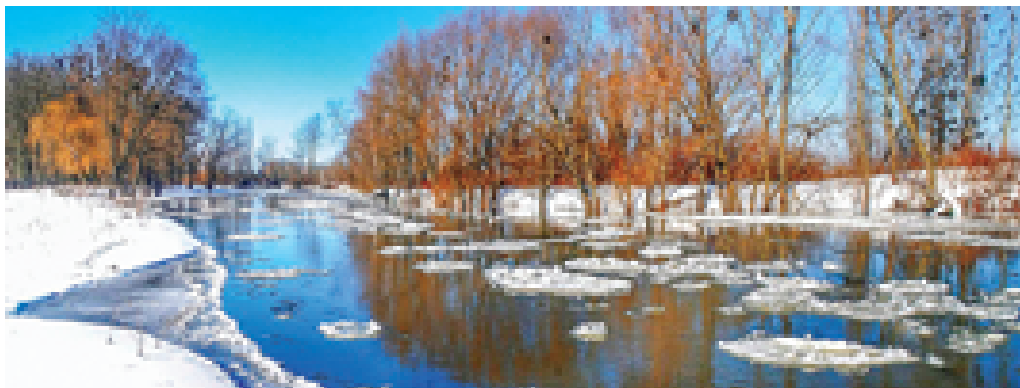


Рис. 72. Ледоход

В отличие от большинства других веществ вода при переходе в твердое агрегатное состояние не сжимается, а наоборот немного расширяется. Этот факт является причиной того, что лед легче воды и не тонет в ней. Именно поэтому водоемы начинают замерзать с поверхности и редко промерзают до самого дна. Это защищает обитателей рек, озер и морей от гибели. Весной лед начинает таять, и мы видим реки с плывущими льдинами (рис. 72).

Совершенно чистую воду, не содержащую примесей других веществ, можно встретить лишь в химических лабораториях. Вода, с которой мы сталкиваемся в повседневной жизни, представляет собой растворы различных веществ. Например, в водопроводной воде всегда содержатся растворенные соли. Если дома вы посмотрите в чайник, то увидите на его внутренних стенках желтовато-серый налет. Он образовался из солей, содержащихся в водопроводной воде.

Кроме солей, в воде растворяются различные газы. Если стакан с холодной водой из-под крана поместить в теплое место, то через некоторое время можно увидеть на стенках внутри стакана маленькие пузырьки. В них содержатся



Рис. 73. Пузырьки на стенках стакана с водой

газы, которые выделяются из воды при ее нагревании до комнатной температуры (рис. 73). В воде растворимы также и многие жидкости.

Химические свойства воды

Вода — достаточно активное химическое вещество. При комнатной температуре и тем более при нагревании вода реагирует с рядом простых и сложных веществ. Рассмотрим некоторые реакции, которые характеризуют химические свойства воды.

Взаимодействие воды с металлами

Простые вещества металлы различаются между собой по химической активности. С самыми активными из них (**K**, **Na**, **Ca** и др.) вода бурно реагирует даже при комнатной температуре. Возьмем небольшой, с горошину, кусочек натрия и поместим его в воду. Что же мы увидим? Натрий легче воды и поэтому не тонет в ней. Он превращается в шарик, который энергично, с «шипением», движется по поверхности воды. В ходе этой реакции каждый атом натрия вытесняет из молекулы воды **НОН** один атом водорода, образуя вещество **NaOH**. Вытесненные атомы водорода, соединяясь попарно, образуют молекулы водорода **H₂**. Пузырьки этого газа подталкивают снизу шарик натрия и заставляют его «бегать» по воде (рис. 74).



Рис. 74. Реакция воды с натрием

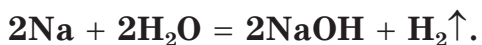




Рис. 75. Реакция воды с кальцием

Также энергично вода реагирует с активным металлом кальцием, который, как и натрий, вытесняет из нее водород (рис. 75):



Какие же вещества, кроме водорода, получаются в этих реакциях? Как видно, в состав каждого из них входят атомы металла и группы атомов **ОН**. С такими веще-

ствами вы еще не встречались. Они относятся к новому для вас классу сложных веществ, которые называются **основаниями**. Растворимые в воде основания имеют общее название — **щёлочи**.

Вода взаимодействует и с менее активными металлами. Вспомните, что в присутствии воды достаточно быстро ржавеют железные изделия. А вот с такими металлами, как золото, серебро, платина, вода не реагирует.

Вода реагирует и со сложными веществами, например с оксидами. Как вам известно, оксиды образованы атомами двух химических элементов, один из которых — кислород. Второй элемент может быть как металлом, так и неметаллом.

Взаимодействие воды с оксидами металлов

Исследуем взаимодействие воды с оксидом кальция **СаО** (негашеной известью). Поместим это вещество в фарфоровую чашку и небольшими порциями будем добавлять к нему воду. Мы увидим, как бурно протекает реакция, в результате которой выделяется много теплоты (рис. 76).

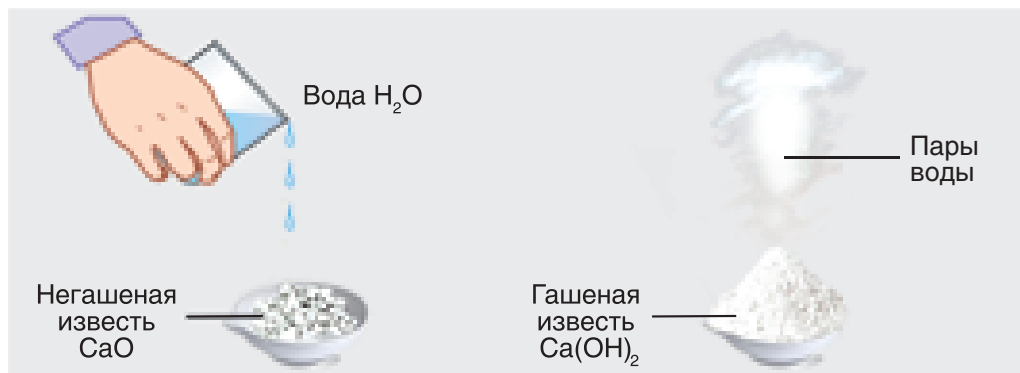
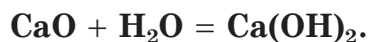


Рис. 76. Реакция воды с оксидом кальция

При этом часть воды закипает, образуя пар, как при гашении костра водой. Поэтому данную реакцию химики называют **гашением извести**, а ее продукт Ca(OH)_2 — **гашеной известью**:



Это вещество является основанием и относится к щелочам.

Модель реакции воды с оксидом кальция приведена на рисунке 77.

Сходным образом реагируют с водой оксиды натрия и калия. При этом также образуются растворимые основания — щёлочи:

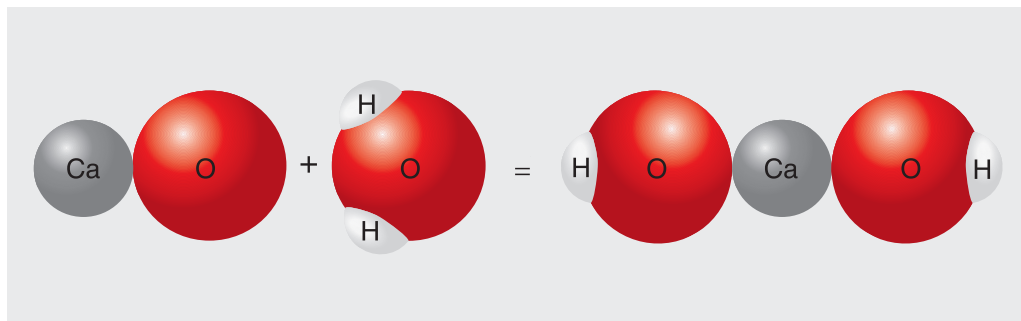
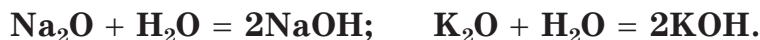
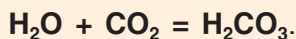


Рис. 77. Модель реакции воды с оксидом кальция

Подробнее с основаниями вы познакомитесь в следующем параграфе.

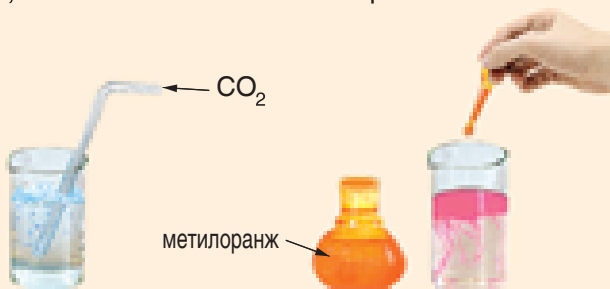


Исследуем, взаимодействуют ли с водой оксиды неметаллов. Если струю газообразного оксида углерода(IV) CO_2 (углекислого газа) направить в воду, то часть его в ней растворится. Образующийся раствор в быту называют газированной водой. Добавим к ней одну каплю индикатора метилоранжа и увидим, что его окраска изменится с оранжевой на красную. Это, как вы уже знаете, свидетельствует о наличии в растворе кислоты. Следовательно, при растворении в воде оксида углерода(IV) образуется кислота:



Вам уже знакома формула H_2CO_3 .

Вспомните, как называется это вещество.



Вода реагирует и со многими другими веществами, но об этом вы узнаете при дальнейшем изучении химии.

Вода — химически активное вещество. При обычных условиях она реагирует с наиболее активными металлами. Продуктами реакции являются растворимые основания (щёлочи) и водород.

В результате взаимодействия воды с оксидами активных металлов также образуются растворимые основания (щёлочи).

Вопросы и задания

1. Охарактеризуйте физические свойства воды.
2. Укажите правильные ответы. Испарение воды с поверхностей рек, озер, морей — это: а) химический процесс; б) физический процесс; в) причина образования облаков; г) причина дождей.
3. Во сколько раз молекула воды тяжелее молекулы водорода и легче молекулы кислорода?
4. Рассчитайте массу воды (кг) в вашем организме, приняв, что ее массовая доля в теле человека составляет в среднем 63 %.
5. Некоторые фокусники показывают удивительный фокус «горения воды». Они незаметно бросают в воду кусочек некоторого металла, и выделяющийся при этом невидимый газ загорается. Подумайте о сути фокуса и дайте ответы на следующие вопросы:
 - а) какие металлы вы бы использовали для этого фокуса? Составьте уравнения соответствующих реакций;
 - б) о каком газе говорится в описании? Составьте уравнение реакции его горения в кислороде;
 - в) какие вещества образуются в растворе? К какому классу соединений они относятся?
6. Замените знак вопроса на формулу соответствующего вещества и расставьте коэффициенты в полученных схемах реакций:
 - а) $K_2O + ? \rightarrow KOH$; б) $K + H_2O \rightarrow ?$.
7. Напишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения: $Ca \rightarrow CaO \rightarrow Ca(OH)_2$.
8. Ознакомившись с *Приложением 5*, рассчитайте общий объем воды, который потребляет ваша семья в течение суток, недели. Предложите варианты экономии потребления воды у вас дома.

§ 24. Основания как сложные вещества

В предыдущем параграфе вы узнали, что при взаимодействии активных металлов и их оксидов с водой образуются основания. Эти соединения не принадлежат ни к одному из известных вам классов веществ — оксидов, солей или кислот.

Продукты взаимодействия воды с оксидами называются гидратами оксидов или **гидроксидами**. В удобном для запоминания стихотворном выражении это звучит так:

вода «гидро» плюс «оксид» — вместе будет «гидроксид»!



Поэтому основания NaOH и Ca(OH)_2 называются соответственно гидроксид натрия и гидроксид кальция.

В названиях гидроксидов металлов, имеющих переменную валентность, она указывается римскими цифрами после названия металла. Например, Cu(OH)_2 — гидроксид меди(II) и CuOH — гидроксид меди(I).

Общей чертой всех оснований является то, что в их состав входят атомы металлов и группы OH , называемые **гидроксогруппами**.

Основания — сложные вещества, состоящие из атомов металлов и гидроксогрупп.

Валентность группы OH всегда равна I. Поэтому в формулах оснований число групп OH численно равно валентности металла.

Например, если валентность атома меди Cu равна II, то формула соответствующего основания содержит 2 группы OH : Cu(OH)_2 . Поскольку валентность атома железа Fe равна III, формула соответствующего основания — Fe(OH)_3 . Теперь вы можете объяснить, почему в формулах оснований NaOH и Ca(OH)_2 число групп OH равно соответственно 1 и 2.

Нетрудно понять, что в любом основании валентность металла равна числу групп OH в его формуле. Поэтому, например, в основании Fe(OH)_2 валентность железа равна II, а в Al(OH)_3 валентность алюминия равна III.

Большинство оснований в воде не растворяются — это **нерастворимые основания**. **Растворимые в воде основания** называются щелочами.

Щёлочи

Определить, относится ли основание к щелочам, можно по таблице растворимости, которая имеется в кабинете химии. Присутствие растворимых в воде оснований (щелочей) определяется по изменению окраски индикаторов.

Небольшое количество порошка гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ внесем в стакан с водой и перемешаем смесь. После отстаивания образовавшийся прозрачный раствор нальем в две пробирки. В первую из них добавим несколько капель индикатора метилоранжа, который сразу же изменит окраску на желтую. Во вторую пробирку добавим немного лакмуса, и он окрасится в синий цвет.



Рис. 78. Окраска фенолфталеина в растворе щёлочи

Кроме известных вам лакмуса и метилоранжа, для этих целей можно использовать еще один индикатор — **фенолфталеин**. В воде или в растворах кислот он бесцветен, но в растворах щелочей окрашивается в малиновый цвет (рис. 78).

Окраска важнейших индикаторов в растворах щелочей приведена в таблице 8.

Таблица 8. Окраска индикаторов в воде и в растворах щелочей

Индикаторы Вещества	Лакмус	Метил- оранж	Фенол- фталеин	Универ- сальная индикатор- ная бумага
Вода	фиолето- вый	оранже- вый	нет окраски (бесцвет- ный)	желтый
Щёлочь	синий	желтый	малино- вый	синий



Давайте на практике убедимся в том, что наличие щелочей в растворах можно доказать с помощью индикаторов. Умение распознавать щёлочи является очень важным, т. к. они представляют собой едкие вещества и довольно часто встречаются не только в лаборатории, но и в быту.

Лабораторный опыт 5

Действие щелочей на индикаторы

Проведем наше исследование в трех пробирках, в каждую из которых налит раствор гидроксида натрия (или другой щёлочи). В первую пробирку добавим 1—2 капли лакмуса, во вторую — столько же метилоранжа, а в третью — фенолфталеина. Что наблюдается? Сравните окраску полученных растворов с окраской индикатора в водном растворе. Сделайте вывод о действии щелочей на индикаторы.

Меры предосторожности при работе с водными растворами щелочей

Водные растворы щелочей являются едкими, вызывают ожоги кожи и разрушают ткани. Поэтому при работе с ними следует избегать попадания капель раствора в глаза, на кожный покров и одежду. Для защиты от вредного действия щелочей используют защитные очки, резиновые перчатки и халаты. Если раствор щёлочи все же попал на кожу или в глаза, их необходимо сразу же промыть большим количеством холодной воды, а затем — раствором борной кислоты из аптечки.

Основания — сложные вещества, состоящие из атомов металлов и гидроксогрупп.

Основания делятся на нерастворимые и растворимые в воде (щёлочи).

Растворы щелочей изменяют окраску индикаторов.

Вопросы и задания

1. Из каких частиц состоят основания?
2. Из предложенных названий веществ: гидроксид натрия, азотная кислота, оксид серы (VI), вода, гидроксид калия — выберите названия тех веществ, которые можно определить при помощи фенолфталеина.
3. Из предложенного ряда выберите формулы оснований: NaCl , NaOH , H_2SO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, KNO_3 , CuO , KOH , Fe_2O_3 .
4. В какой цвет и почему окрасится лакмус в растворах, полученных при внесении в воду следующих веществ: CaO , K_2O ?
5. При взаимодействии каких веществ с водой образуется основание $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Составьте уравнения соответствующих реакций.
6. Составьте формулы оснований, которые соответствуют следующим оксидам: Fe_2O_3 , K_2O , CaO .
7. Чему равна валентность металла в следующих основаниях: CuOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Fe}(\text{OH})_2$?
8. Массовая доля гидроксида натрия в его смеси с гидроксидом кальция равна 15 %. Рассчитайте массу этой смеси, в которой масса гидроксида кальция равна 170 г.



Домашний эксперимент

Одним из свойств щелочей является то, что их растворы скользкие или «мыльные» на ощупь. Вы знаете, что таким же свойством обладают растворы стирального порошка и мыла. Но значит ли это, что в них содержится щёлочь?

Для проведения исследования приготовьте в двух сосудах растворы стирального порошка и мыла. В качестве домашнего индикатора используйте сок черники или черноплодной рябины, либо черничное варенье. Их окраска изменяется так же, как у лакмуса. Добавьте к раствору мыла и стирального порошка несколько капель сока или раствора варенья. Что вы наблюдаете? О чем свидетельствуют результаты вашего эксперимента? Расскажите о них в классе. Возможно, вы предложите свой вариант обнаружения щелочей. Какой именно?