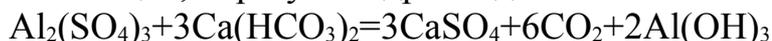


1. Растворы и дисперсные системы (часть 2)

Вода

Вода в природе. Вода - важнейший оксид водорода. Она покрывает $\frac{3}{4}$ поверхности нашей планеты. Образует гидросферу, содержится в литосфере, атмосфере, биосфере земли. Распространенные виды: вода морей и океанов, речная, дождевая(снеговая) вода, подземные воды (почвенные, грунтовые, минеральные). В виде паров она присутствует в воздухе. В организме животных и растений содержится 50-90%(масс) воды. Например, тело человека массой 70кг содержит 49кг воды или 70%(масс). При продолжительности жизни 70 лет человек выпивает 25т воды. В организмах медуз около 98%(масс) H_2O , в огурцах, арбузах- более 90% воды(масс).

Природная вода обычно содержит растворимые и нерастворимые примеси (взвешенная в воде твердая фаза, которую отделяют фильтрованием). Иногда воду подвергают химической очистке, прибавляют к ней сульфат алюминия, который взаимодействуя с находящимся в воде гидрокарбонатом кальция, образует гидроксид алюминия:



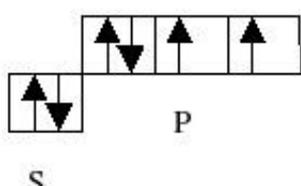
Оседая, $Al(OH)_3$ увлекает нерастворимые примеси. Примеси, растворенные в воде, нельзя удалить таким образом, для очистки от них воду подвергают перегонке (дистилляции), используют деминерализацию с помощью ионов. Для обеззараживания воды от микроорганизмов ее хлорируют, расходуя не более 1,5г Cl_2 на 1т H_2O .

Значение H_2O . Необходима растениям (обеспечивает важные биохимические процессы), животным, человеку. Вода - дешевое природное сырье для промышленности, используется для получения H_2 , O_2 , используется в производстве кислот, щелочей, солей, напитков. Используется в охлаждающих системах, питают паровые котлы в промышленности.

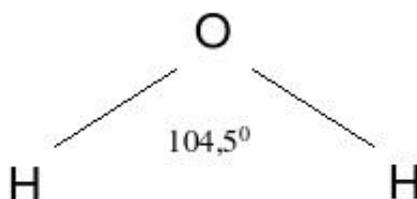
Состав, строение и свойства воды.

Состав- H_2O . Химическая связь - ковалентная полярная.

Строение молекулы: ${}_8O 1s^2 2s^2 2p^4$

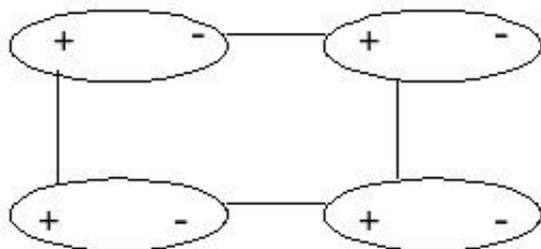


n=2

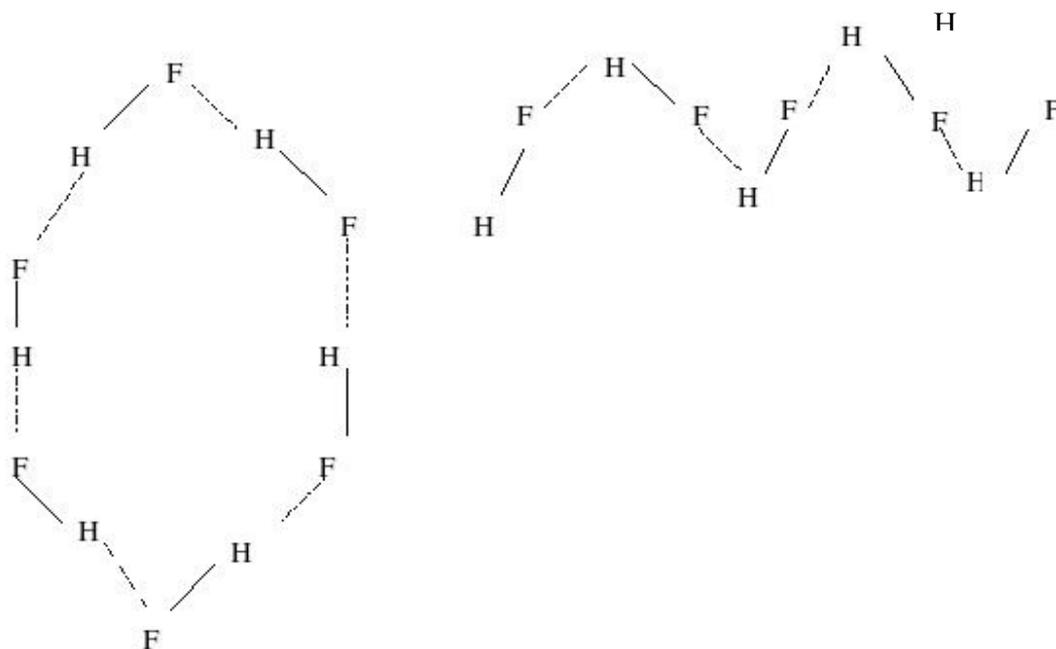


$P_{OH}=5.26 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$, $\sum P_{HO}=6.1 \cdot 10^{-30} \text{ Кл} \cdot \text{м}$ угол должен быть $109^{\circ}28'$, но на двух орбиталях электроны спарены, Молекула полярна(диполь) электронная плотность повышается, угол уменьшается 104.5°

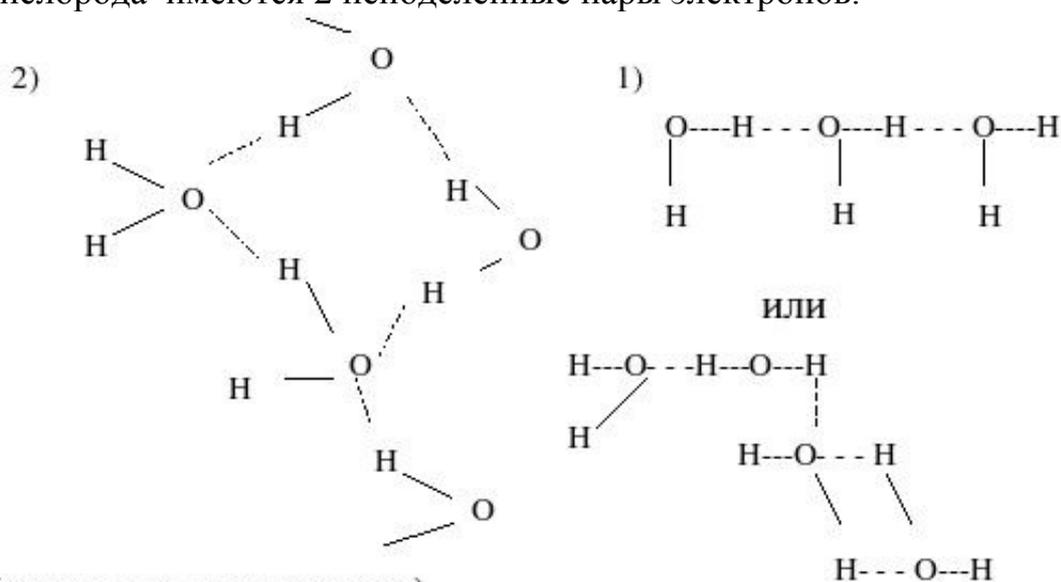
Кристаллическая решетка воды молекулярная.



Строение вещества. Прежде чем говорить о строении вещества, необходимо дать понятие *водородной связи*. Водородная связь - своеобразная химическая связь. Она чаще всего является межмолекулярной, но может быть и внутримолекулярной. Межмолекулярная водородная связь возникает между молекулами, в состав которых входит водород и сильно электроотрицательный элемент: F ($\text{ЭО}=4.1$), O ($\text{ЭО}=3.5$), N ($\text{ЭО}=3.07$), реже Cl ($\text{ЭО}=2.83$), S ($\text{ЭО}=2.6$), H ($\text{ЭО}=2.1$). В такой молекуле общая электронная пара от водорода сильно смещена к атому электроотрицательного элемента, а положительный заряд сосредоточен в малом объеме, образуется протон (голое ядро). Протон взаимодействует с неподеленной электронной парой другого атома или иона, обобществляя ее, т.е. образуется вторая, но более слабая связь. Раньше считали, что это электростатическое притяжение, но сейчас многие ученые склоняются к тому, что в ее образовании вносит вклад донорно-акцепторное взаимодействие. Для водородной связи характерны насыщенность и направленность (как для ковалентной связи). Обозначают водородную связь точками, показывая, что она намного слабее ковалентной (в 15-20 раз). Тем не менее, водородная связь обуславливает ассоциацию молекул. Благодаря водородным связям, молекулы объединяются в димеры и более сложные ассоциаты. *Ассоциация* - соединения молекул в более сложные агрегаты без изменения химической природы вещества.

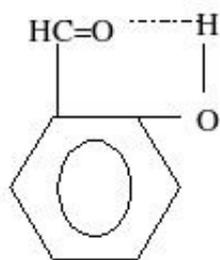


Для H_2O возможно существование даже в парах воды димеров и тримеров, а в растворах возникают ассоциаты типа 1 и даже более сложные (2), т.к. у атома кислорода имеются 2 неподеленные пары электронов.



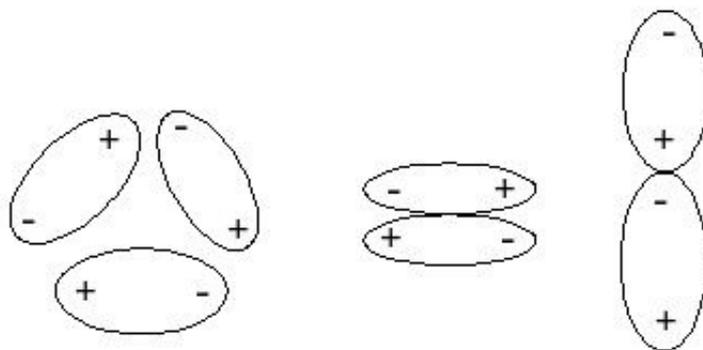
(эта схема плоскостная)

Внутримолекулярная

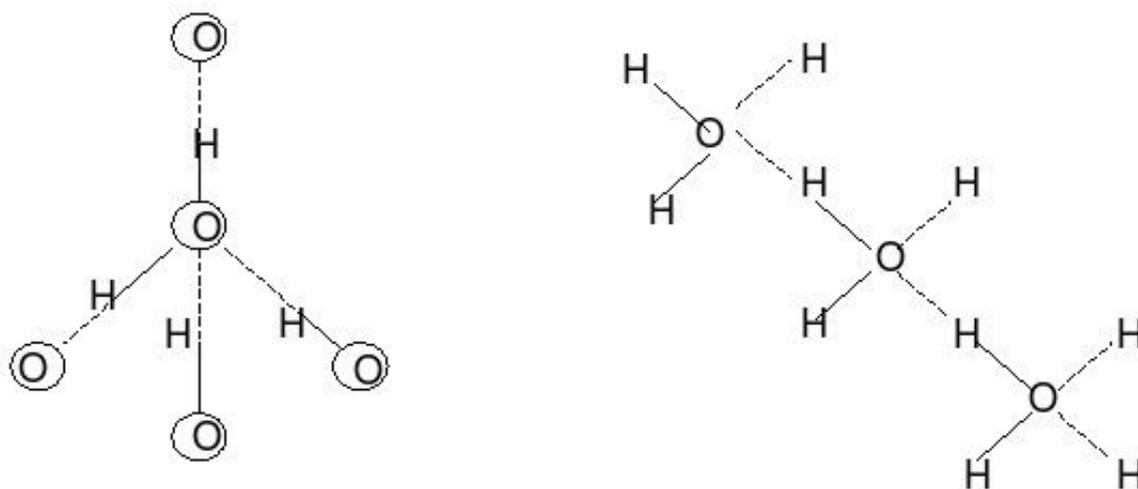


Салициловый альдегид

Водородные связи в значительной мере определяют структуру белков, нуклеиновых кислот и других биологически важных веществ и играют важную роль в химии жизненных процессов. В рамках знания водородных связей еще раз вернемся к строению вещества воды. Итак: даже в парах присутствуют димеры и тримеры:



В растворах могут возникать длинные цепи или даже ассоциаты более сложного вида. В кристаллах льда молекулы воды тетраэдрически связаны водородными связями с четырьмя ближайшими к ней молекулами, что и изображают плоскостной схемой:



Тетраэдрическим расположением водородных связей кристалл льда напоминает алмазоподобную структуру. Но поскольку водородная связь длиннее ковалентной, структура льда получается рыхлой, содержит свободные полости этим и объясняется малая плотность льда, свойства его образовывать *клатраты* - соединения включения. У льда вся структура упорядочена, а в воде остаются фрагменты структуры льда. В плотнейшей упаковке лед имел бы $\rho=2\text{г/см}^3$, а в действительности $\rho=0.9\text{г/см}^3$ (точнее 0.924г/см^3). При повышении $t^\circ\text{C}$ доля разорванных водородных связей составляет – 0°C - 9%; 25°C - 11% 60°C - 16% 100°C - 20%, то есть большая часть водородных связей, соединяющих молекулы H_2O , сохраняется и в воде.

Физические свойства воды (аномальные)

Вода - бесцветная, прозрачная жидкость, без запаха и вкуса.

1. вода имеет высокую удельную теплоемкость ($4.18 \text{ Дж/г} \cdot \text{K}$), это объясняется тем, что энергия водородной связи (O- -H) 21 кДж/моль , т.е. столько энергии надо затратить для разрыва одной связи. С этим связан тот факт, что ночное время и при переходе от лета к зиме вода остывает медленно, а днем, или при переходе от зимы к лету, так же медленно нагревается, являясь регулятором температуры на Земном шаре;
2. $\rho(\text{льда}) < \rho(\text{воды})$ при 0°C . При замерзании объем воды увеличивается на 9%. При 0°C вода содержит одновременно ледяные агрегаты и отделившиеся от них молекулы, которые могут *внедряться* в пустоты т.е. достигается более плотная упаковка, объем воды уменьшается, плотность *увеличивается*. Вода опускается вниз, а лед поднимается вверх. У льда плохая теплопроводность, нижестоящие слои не промерзают зимой, вода охладившись до 4°C опускается на дно и процесс идет до тех пор пока вся вода не охладится до этой температуры. В интервале $0-4^\circ\text{C}$ вода становится менее плотной и всегда находится в верхних слоях превращаясь в лед при дальнейшем понижении температуры. Вода, охлажденная до 0°C , становится своеобразным экраном и как шубой укрывает нижние слои, препятствуя их замерзанию, т.е. складываются благоприятные условия для жизни обитателей. Такая закономерность сохраняется до 4°C , при этой температуре $\rho(\text{воды})$ максимальна и равна 1 г/см^3 , т.е. эти самые тяжелые слои – на дно, более охлажденные – выше. При дальнейшем повышении температуры начинает преобладать эффект теплового расширения над эффектом уплотнения структуры (этот эффект уплотнения структуры преобладает в интервале $0-4^\circ\text{C}$);
3. вода имеет высокую теплоту испарения, плавления, конденсации. Высокая теплота испарения (или просто теплота испарения) – энергия необходимая для перевода молекулы из жидкости в газовую фазу без изменения температуры. Теплота испарения в расчете на 1 г при $373 \text{ K} (100^\circ\text{C})$ для воды является самой высокой теплотой испарения из всех известных жидкостей. Это объясняется большим числом водородных связей. При $298 \text{ K} (25^\circ\text{C})$ испарение 1 моль воды требует 43 кДж/моль . Когда при постоянном давлении чистое вещество подвергается изменению состояния: плавлению, затвердеванию, испарению, конденсации или возгонке, то происходит обмен тепловой энергией с внешней средой. Температура при этом остается постоянной. Испарение – парообразование происходит не только с поверхности жидкости, но и внутри жидкости путем образования пузырьков во всем объеме. Испарение происходит с той или иной скоростью всегда, при любой температуре, а кипение только при температуре, когда давление насыщенного пара достигает или превосходит величину внешнего давления. Вода имеет и высокую

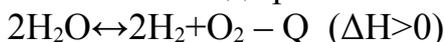
скрытую теплоту плавления(или скрытая теплота плавления, или удельная). Здесь переход вещества из более упорядоченного состояния в менее упорядоченное происходит с поглощением энергии из внешней среды, т.е. вещество переводят из твердого в жидкое состояние, а энергия связи между частицами твердого вещества больше, чем в жидкости – для уменьшения взаимодействия частиц надо затратить энергию (т.е. разорвать связи – в случае льда – это часть водородных связей, всего рвется 15% от общего числа связей) и скрытая теплота плавления льда при 273К составляет 6.05кДж/моль (для разрыва всех водородных связей потребовалось бы 40.5кДж/моль на 1моль воды). Теплоту плавления можно продемонстрировать так: если в жаркие дни кубики льда положить в сок, будет охлаждение, т.к. на таяние льда тратится энергия, а она берется из окружающей среды и за счет этого сок охлаждается. Теплота испарения воды в 7раз больше теплоты плавления. Процессы превращения в пар идут медленней, т.к. на плавление такого же количества снега и льда тратится в 7раз меньше энергии, чем на испарение энергии – таяние идет более интенсивно, а превращение в пар медленней. Это позволяет сохранить воду на Земле. Теплота плавления и теплота испарения (парообразования) регулирует климат на Земле. Сравнительно высокая теплота конденсации способствует постепенным температурным переходам. Если при плавлении энергия тратится, то при конденсации этого же количества воды столько же энергии выделится. Это также используют люди. Во время заморозков ставят огромные сосуды с водой, при замерзании она отдает тепло.

4. летучесть воды аномально мала по сравнению с аналогами H_2S , H_2Se , H_2Te – газы(объясняется образованием водородных связей);
5. вязкость и диэлектрическая постоянная аномально высоки. В воде имеются элементы кристаллической структуры, у молекул воды большой дипольный момент, это обуславливает большое значение относительной диэлектрической проницаемости воды (ϵ), при 25°C $\epsilon=79.5$, то есть электрическое взаимодействие между заряженными частицами в воде примерно в 80 раз слабее, чем в вакууме. Благодаря этому, все ионные соединения в водных растворах диссоциируют. В отличие от растворителей с меньшим значением ϵ , диссоциация в водной среде является практически полной. В воде диссоциируют соединения с ионной и полярной связью. В связи с таким высоким значением ϵ вода является наиболее универсальным растворителем и хорошо растворяет соединения с ионными и полярными молекулами, но плохо с неполярными;
6. высокое поверхностное натяжение. Если стальную иглу положить на поверхность воды (осторожно), то иголка не утонет, а ведь плотность металла значительно больше плотности воды. Внутри капли силы, действующие между молекулами, уравнивают друг друга, а к поверхностному слою это не относится. Молекулы, которые

расположены на границе вода - воздух ведут себя по другому. На поверхности силы межмолекулярного притяжения действуют только с одной стороны и как бы стягивают жидкость. На стыке 2-х фаз осуществляется сложный переход, где нет равномерного распределения молекул, можно сказать, что молекулы воды имеют несимметричную конфигурацию зарядов. Именно этот фактор приводит к аномально высокому взаимодействию сил, равнодействующая которых направлена к центру “сферы” молекулы воды. Молекулы как бы “примагничивают” друг друга и стремятся втянуться внутрь от поверхностного слоя, поэтому в свободном состоянии вода приобретает шарообразную форму (капля дождя, мыльный пузырь). Поверхностное натяжение (σ) воды равно 58.8 Дж/м^2 больше всех жидкостей, кроме ртути. Поверхностному натяжению (σ) вода легко поднимается по капиллярам на поверхность земли, движется в тканях растений и клетках животных. Силы поверхностного натяжения защищают каждую каплю воды от внешних воздействий, стремящихся ее разрушить.

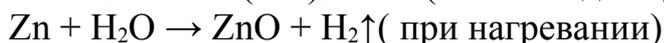
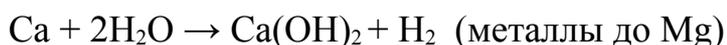
Химические свойства воды

1. при температуре выше 1000°C вода разлагается:



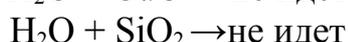
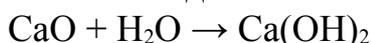
(термическая диссоциация или электрический ток).

2. взаимодействие со щелочными металлами и щелочно-земельными металлами и другими менее активными (стоят в ряду напряжений до H_2):

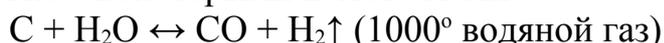


$\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ не идет (медь находится после водорода в ряду напряжений)

3. с основными и кислотными оксидами:



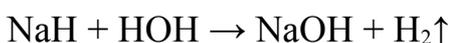
4. взаимодействие с некоторыми неметаллами:



5. образование гидратов ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) при взаимодействии соединений с водой;

6. способность вступать в реакции гидролиза(рассматривается в отдельном разделе);

7. взаимодействие с гидридами щелочных и щелочноземельных металлов:



Контрольные вопросы

1. Каково строение молекулы воды?
2. Почему молекула воды полярная?
3. Какая кристаллическая решетка у воды в твердом состоянии?
4. В чем особенности водородной связи? Приведите примеры веществ с водородной связью.
5. Чем объясняется аномалия свойств воды?
6. К чему приводит тот факт, что плотность воды больше плотности льда при 0°C?
7. Что такое гидраты?
8. С какими оксидами взаимодействует вода? Приведите примеры.
9. Закончите уравнения реакции, если они возможны: а) $\text{Li} + \text{H}_2\text{O} = \dots$ б) $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = \dots$ в) $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \dots$
10. Осуществите превращения:
 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$.