

# Строение и свойства жидкостей и твердых тел. Водяной пар. Влажность

Любое вещество при определенных условиях может находиться в различных агрегатных состояниях – твердом, жидком и газообразном. Переход из одного состояния в другое называется фазовым переходом. Испарение и конденсация являются примерами фазовых переходов.

Испарение – это фазовый переход из жидкого состояния в газообразное. С точки зрения молекулярно-кинетической теории, испарение – это процесс, при котором с поверхности жидкости вылетают наиболее быстрые молекулы, кинетическая энергия которых превышает энергию их связи с остальными молекулами жидкости. Это приводит к уменьшению средней кинетической энергии оставшихся молекул, т. е. к охлаждению жидкости (если нет подвода энергии от окружающих тел).

Конденсация – это процесс, обратный процессу испарения. При конденсации молекулы пара возвращаются в жидкость.

В закрытом сосуде жидкость и ее пар могут находиться в состоянии *динамического равновесия*, когда число молекул, вылетающих из жидкости, равно числу молекул, возвращающихся в жидкость из пара, т. е. когда скорости процессов испарения и конденсации одинаковы. Пар, находящийся в равновесии со своей жидкостью, называют *насыщенным*.

Число молекул, вылетающих с единицы площади поверхности жидкости за одну секунду, зависит от температуры жидкости. Число молекул, возвращающихся из пара в жидкость, зависит от концентрации молекул пара и от средней скорости их теплового движения, которая определяется температурой пара. Отсюда следует, что для данного вещества концентрация молекул пара при равновесии жидкости и ее пара определяется их равновесной температурой. Установление динамического равновесия между процессами испарения и конденсации при повышении температуры происходит при более высоких концентрациях молекул пара. Так как давление газа (пара) определяется его концентрацией и температурой, то можно сделать вывод: *давление насыщенного пара  $p_0$  данного вещества зависит только от его температуры и не зависит от объема.*

В атмосферном воздухе всегда присутствуют пары воды при некотором парциальном давлении  $p$ , которое, как правило, меньше давления насыщенного пара  $p_0$ . Отношение  $p / p_0$ , выраженное в процентах, называется относительной влажностью воздуха:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\% \quad (7.26)$$

Давление  $p_0$  насыщенного пара очень быстро возрастает с ростом температуры  $T$ . Зависимость  $p_0(T)$  нельзя получить из законов идеального газа. Давление газа при постоянной концентрации молекул растет прямо пропорционально температуре. В насыщенном паре при повышении температуры возрастает не только средняя кинетическая энергия движения молекул, но и их концентрация. Поэтому давление насыщенного пара при повышении температуры возрастает быстрее, чем давление идеального газа при постоянной концентрации молекул.

Испарение может происходить не только с поверхности, но и в объеме жидкости. В жидкости всегда имеются мельчайшие пузырьки газа. Если давление насыщенного пара жидкости равно внешнему давлению (т. е. давлению газа в пузырьках) или превышает его, жидкость будет испаряться внутрь пузырьков. Пузырьки, наполненные паром, расширяются и всплывают на поверхность. Этот процесс называется кипением. Таким образом, *кипение жидкости начинается при такой температуре, при которой давление ее насыщенных паров становится равным внешнему давлению.*

В частности, при нормальном атмосферном давлении вода кипит при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Это значит, что при такой температуре давление насыщенных паров воды равно 1 атм. При подъеме в горы атмосферное давление уменьшается, и поэтому температура кипения воды понижается (приблизительно на  $1^\circ\text{C}$  на каждые 300 метров высоты). На высоте 7 км давление составляет примерно 0,4 атм, и температура кипения понижается до  $70^\circ\text{C}$ .

### **Жидкости. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение.**

Молекулы вещества в жидком состоянии расположены почти вплотную друг к другу. В отличие от твердых кристаллических тел, в которых молекулы образуют упорядоченные структуры во всем объеме кристалла и могут совершать тепловые колебания около фиксированных центров, молекулы жидкости обладают большей свободой. Каждая молекула жидкости, также как и в твердом теле, «зажата» со всех сторон соседними молекулами и совершает тепловые колебания около некоторого положения равновесия. Однако, время от времени любая молекула может переместиться в соседнее вакантное место. Такие перескоки в жидкостях происходят довольно часто; поэтому молекулы не

привязаны к определенным центрам, как в кристаллах, и могут перемещаться по всему объему жидкости. Этим объясняется текучесть жидкостей. Из-за сильного взаимодействия между близко расположенными молекулами они могут образовывать локальные (неустойчивые) упорядоченные группы, содержащие несколько молекул. Это явление называется *ближним порядком*.

Вследствие плотной упаковки молекул сжимаемость жидкостей, т. е. изменение объема при изменении давления, очень мала; она в десятки и сотни тысяч раз меньше, чем в газах. Например, для изменения объема воды на 1 % нужно увеличить давление приблизительно в 200 раз.

Тепловое расширение воды имеет интересную и важную для жизни на Земле аномалию. При температуре ниже 4 °С вода расширяется при понижении температуры. Максимум плотности  $\rho_v = 10^3 \text{ кг/м}^3$  вода имеет при температуре 4 °С.

При замерзании вода расширяется, поэтому лед остается плавать на поверхности замерзающего водоема. Температура замерзающей воды подо льдом равна 0 °С. В более плотных слоях воды у дна водоема температура равна 4 °С. Благодаря этому жизнь может существовать в воде замерзающих водоемов.

## Твердые тела

По своим физическим свойствам и молекулярной структуре твердые тела разделяются на два класса – аморфные и кристаллические.

Характерной особенностью аморфных тел является их *изотропность*, т. е. независимость всех физических свойств (механических, оптических и т. д.) от направления внешнего воздействия. Молекулы и атомы в изотропных твердых телах располагаются хаотично, образуя лишь небольшие локальные группы, содержащие несколько частиц (ближний порядок). По своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям. Примерами аморфных тел могут служить стекло, различные затвердевшие смолы (янтарь), пластики и т. д. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур.

В кристаллических телах частицы располагаются в строгом порядке, образуя пространственные периодически повторяющиеся структуры во всем объеме тела. Для наглядного представления таких структур используются пространственные кристаллические решетки, в узлах которых располагаются центры атомов или

молекул данного вещества. Чаще всего кристаллическая решетка строится из ионов (положительно и отрицательно заряженных) атомов, которые входят в состав молекулы данного вещества. Например, решетка поваренной соли содержит ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , не объединенные попарно в молекулы  $\text{NaCl}$  (рис. 7.4). Такие кристаллы называются *ионными*.

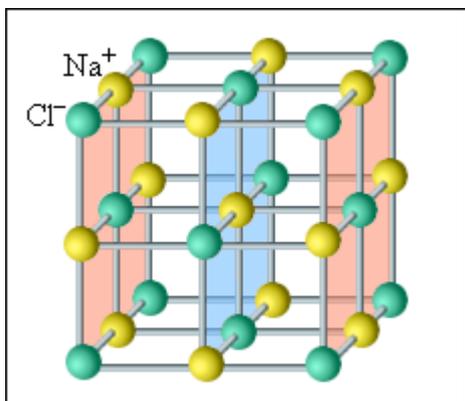


Рис.7.4. Кристаллическая решетка поваренной соли

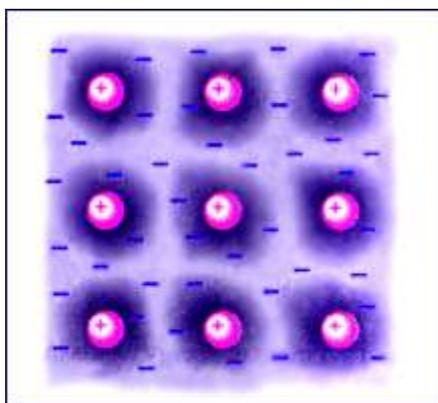


Рис.7.5. Структура металлического кристалла

Кристаллические тела могут быть *монокристаллами* и *поликристаллами*. Поликристаллические тела состоят из многих сросшихся между собой хаотически ориентированных маленьких кристалликов, которые называются *кристаллитами*. Большие монокристаллы редко встречаются в природе и технике. Чаще всего кристаллические твердые тела, в том числе и те, которые получают искусственно, являются поликристаллами.

В отличие от монокристаллов, поликристаллические тела изотропны, т. е. их свойства одинаковы во всех направлениях. Поликристаллическое строение твердого тела можно обнаружить с помощью микроскопа, а иногда оно видно и невооруженным глазом (чугун).

Структуры кристаллических решеток экспериментально изучаются с помощью дифракции рентгеновского излучения на монокристаллах или поликристаллических образцах.

Кристаллические структуры металлов имеют важную особенность. Положительно заряженные ионы металла, образующие кристаллическую решетку, удерживаются вблизи положений равновесия силами взаимодействия со **свободными электронами** (рис. 7.5). Свободные электроны образуются за счет одного или нескольких валентных электронов, отданных каждым атомом при образовании кристалла. Свободные электроны способны перемещаться по всему объему кристалла.

