

Тема 1.3. Агрегатные состояния и фазовые переходы (4-е занятие)

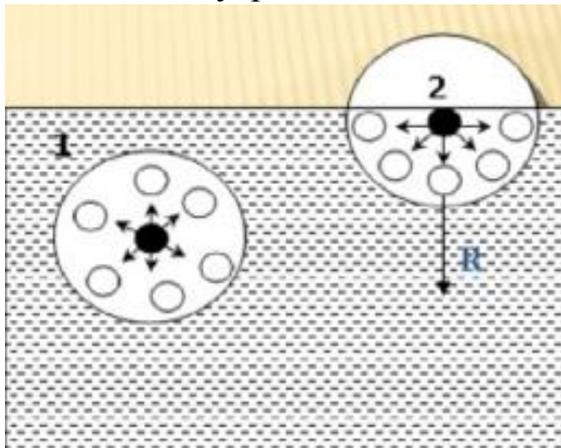
1. Характеристика жидкого состояния вещества. Ближний порядок.
2. Поверхностный слой жидкости.
3. Поверхностное натяжение.

1. Как известно, вещество в жидком состоянии сохраняет свой объем, но не сохраняет свою форму, так как принимает форму сосуда, в котором оно находится. Эти свойства жидкости с точки зрения молекулярно-кинетической теории объясняется так:

Сохранение объема у жидкости доказывает, что между ее молекулами действуют силы притяжения. Отсюда следует, что молекулы жидкости расположены очень близко к друг другу и между собой взаимодействуют. Эти силы взаимодействия удерживают молекулу жидкости около ее временного положения равновесия примерно в течение $10^{-12} - 10^{-10}$ секунды, после чего она перескакивает в новое временное положение равновесия приблизительно на расстояние своего диаметра. Время между двумя переходами молекулы из одного положения в другое называется *временем оседлой жизни*.

В течение времени оседлой жизни молекулы жидкости удерживаются в своих положениях равновесия. Поэтому, в малом объеме жидкости существует упорядоченное расположение молекул, которое называется *ближним порядком*. Он быстро распадается в одном месте и снова возникает в другом. Наличие ближнего порядка у жидкостей дает им механические свойства твердого тела. Например, при резком ударе палкой о поверхность воды палка может вылететь из руки или сломаться. За более длительное время большинство молекул успеет поменять свое местоположение. Поэтому жидкость обладает текучестью, принимая форму сосуда, в котором оно находится.

2. Рассмотрим две молекулы жидкости M_1 и M_2 . Пусть молекула M_1 находится внутри жидкости, а молекула M_2 – на поверхности жидкости (рис. 1).



Опишем вокруг молекул сферы молекулярного действия радиусом r_m (порядка 10^{-9} м). Молекула M_1 взаимодействует со всеми молекулами жидкости, находящимися внутри сферы и поэтому результирующая сила взаимодействия молекул равна нулю. Иначе обстоит дело с молекулой M_2 . Здесь в нижней полусфере находится много молекул, а в верхней – почти нет.

Рис. 1

Поэтому силы молекулярного взаимодействия не уравновешены и результирующая сила R направлена во внутрь жидкости. Таким образом, все молекулы жидкости, находящиеся на поверхности толщиной, равной молекулярного действия, втягиваются внутрь жидкости. Эти молекулы создают некоторый слой на поверхности жидкости, который называется *поверхностным слоем*. Под поверхностным слоем пространство занято другими молекулами

жидкости, поэтому поверхностный слой создает давление на жидкость, которое называется *молекулярным давлением*.

Определить молекулярное давление опытным путем нельзя, так как оно не действует на тела, погруженные в жидкость. Расчеты показывают, что оно очень велико. Например, для воды оно порядка $11 \cdot 10^8$ Па.

3. Как известно, молекулы поверхностного слоя втягиваются во внутрь жидкости и поэтому обладают потенциальной энергией. Эту дополнительную потенциальную энергию молекул поверхностного слоя жидкости называют *свободной энергией*.

Поверхностный слой, как всякая система, тоже стремится уменьшить свою свободную энергию, сократив площадь свободной поверхности. Например, капля воды при отрыве от трубки имеет овальную форму, а после отрыва при свободном падении имеет форму шара. Так как шар, при одинаковом объеме из всевозможных форм, имеет наименьшую площадь поверхности. Поэтому капля жидкости в форме шара имеет наименьшую свободную энергию.

Пусть поверхностный слой жидкости совершает работу A , уменьшая свою свободную энергию на $\Delta\Pi$ и сокращая площадь свободной поверхности на ΔS .

По закону сохранения энергии:

$$\Delta\Pi = A.$$

Здесь $\Delta\Pi$ прямо пропорционально изменению площади свободной поверхности жидкости ΔS :

$$\Delta\Pi = \sigma\Delta S.$$

Поэтому имеем

$$A = \sigma\Delta S,$$

где σ – коэффициент пропорциональности.

Итак, работа молекулярных сил A зависит от уменьшения свободной площади, т.е. прямо пропорциональна ΔS . Кроме этого, эта работа A еще зависит от рода жидкости и внешних условий. Эту зависимость и выражает коэффициент σ .

Величина σ , характеризующая зависимость работы молекулярных сил при изменении площади свободной поверхности жидкости т рода жидкости и внешних условий, называется *поверхностным натяжением*. σ измеряется работой молекулярных сил при уменьшении площади свободной поверхности жидкости на единицу:

$$\sigma = A/\Delta S.$$

Выведем единицу поверхностного натяжения σ в СИ:

$$\sigma = 1 \text{ Дж}/1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Дж}/\text{м}^2.$$

Контрольные вопросы:

1. Какие свойства имеет жидкость? Что такое ближний порядок?
2. Что такое молекулярное давление? Можно ли измерить прибором? 3. Что такое критическое состояние вещества? Критическая температура?
4. Что такое свободная энергия поверхностного слоя?
5. Что такое поверхностное натяжение?