

Характеристика жидкого состояния вещества. Поверхностный слой жидкости. Энергия поверхностного слоя. Явления на границе жидкости с твердым телом. Капиллярные явления.

Цель занятия. Сформировать у учащихся понятия «поверхностное натяжение», «сила поверхностного натяжения», «коэффициент поверхностного натяжения», развить представления о свойствах жидкостей.

Свойства поверхностного слоя жидкости

По своим физическим свойствам жидкости занимают промежуточное положение между реальными газами и твердыми телами. Подобно газам и в отличие от твердых тел жидкости не обладают определенной формой, а принимают форму сосуда, в котором находятся. Подобно твердым телам и в отличие от газов жидкости сохраняют свой объем. На границе с газом жидкости образуют свободную поверхность. Особыми свойствами обладает поверхностный слой жидкости, имеющий толщину, равную радиусу сферы молекулярного действия ($=1 \cdot 10^{-9}$ м). Наблюдения показывают, что *со стороны молекул поверхностного слоя жидкости на каждый элемент длины произвольной линии, расположенной в этом слое, действует сила, перпендикулярная этому элементу длины и направленная по касательной к поверхности жидкости. Эту силу называют силой поверхностного натяжения* .

Поверхностный слой жидкости ведет себя подобно растянутой резиновой пленке, т. е. все время стремится сократить площадь своей поверхности до минимальных размеров, возможных при данном объеме. Наглядным примером этого является тот факт, что в невесомости капли жидкости имеют сферическую форму (как известно, среди всех геометрических тел одинакового объема сфера имеет минимальную поверхность). Сравнивая поверхностный слой жидкости с резиновой пленкой, необходимо помнить, что сходство между ними является внешним, так как в отличие от сил упругости сила поверхностного натяжения не уменьшается при сокращении площади поверхности пленки.

Поверхностное натяжение

Установлено, сила f_n поверхностного натяжения пропорциональна длине L произвольной линии, находящейся в нем слое жидкости:

$$f_n = \sigma \cdot l,$$

где α - коэффициент пропорциональности, называемый поверхностным натяжением. Отсюда следует, что $\alpha = f_H/l$, т. е. коэффициент поверхностного натяжения численно равен силе поверхностного натяжения, с которой поверхностный слой жидкости действует на поверхность единичной длины, расположенную в этом слое. Из последней формулы видно, что коэффициент поверхностного натяжения выражают в СИ в ньютонах на метр.

Значение поверхностного натяжения зависит от вещества жидкости и от температуры, а также от наличия примесей. С увеличением температуры поверхностное натяжение уменьшается. При критической для данной жидкости температуре ее поверхностное натяжение становится равным нулю. Наличие примесей уменьшает поверхностное натяжение. *Вещества, приводящие к ослаблению поверхностного натяжения жидкости, называют поверхностно-активными* для данной жидкости (например, для воды поверхностно-активными веществами являются спирт, эфир, мыло, различные стиральные порошки).

Энергия поверхностного слоя жидкости

Переход молекул из глубины жидкости в ее поверхностный слой возможен только при совершении работы против молекулярных сил. Эта работа совершается за счет кинетической энергии молекул жидкости и приводит к увеличению потенциальной энергии молекул поверхностного слоя. Поэтому молекулы, находящиеся в поверхностном слое жидкости, обладают дополнительной (избыточной) потенциальной энергией по сравнению с молекулами, находящимися внутри жидкости. Энергия поверхностного слоя представляет собой ту часть внутренней энергии жидкости, которую можно превратить в механическую работу в изотермическом процессе. За счет этой энергии молекулы поверхностного слоя способны совершить работу при уменьшении площади поверхностного слоя жидкости.

Связь поверхностного натяжения жидкости с энергией ее поверхностного слоя:

$$\Delta W = \alpha \Delta S, \text{ где}$$

ΔW – изменение энергии поверхностного слоя

ΔA – работа, совершаемая силами поверхностного натяжения

Отсюда следует, что $\alpha = \Delta W / \Delta S$.

Поверхностное натяжение численно равно тому изменению энергии поверхностного слоя жидкости, которое происходит при сокращении

силами поверхностного натяжения площади поверхностного слоя жидкости на единичную площадь.

Смачивание. Капиллярные явления.

Смачивание и несмачивание

В зависимости от характера взаимодействия между молекулами жидкости и твердого тела на границе их соприкосновения наблюдают явления смачивания или несмачивания. Для объяснения этих явлений обозначим f_{11} - модуль силы притяжения между молекулами жидкости, а f_{21} - модуль силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела.

а) Если $f_{21} > f_{11}$, наблюдается явление смачивания, т. е. жидкость смачивает твердое тело. Если при этом жидкость находится внутри сосуда (**рис. а**), образуется вогнутый мениск, а если жидкость находится на открытой поверхности твердого тела (**рис. б**), происходит ее растекание по этой поверхности (на рисунках цифра 1 означает газ, 2 - жидкость, 3 - твердое тело).

Угол θ , образованный между поверхностью твердого тела и касательной, проведенной к поверхности жидкости в точке ее соприкосновения с твердым телом, называют краевым углом. Краевой угол всегда отсчитывают от твердого тела до касательной через жидкость.) Наблюдения показывают, что при смачивании краевой угол является острым углом, т. е. $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ (Случай $\theta = 0$ называют полным смачиванием.)

б) Если $f_{21} < f_{11}$, жидкость не смачивает твердое тело, т. е. наблюдается явление *несмачивания*. Если при этом жидкость находится внутри сосуда (**рис. а**), образуется выпуклый мениск, а если жидкость находится на открытой поверхности твердого тела (**рис. б**), площадь ее соприкосновения с этой поверхностью оказывается тем меньшей, чем больше несмачивание.

При несмачивании краевой угол является тупым, т. е. $\pi/2 < \theta < \pi$. (Случай $\theta = \pi$ называют *полным несмачиванием*.) Следует отметить, что одно и то же твердое тело одни жидкости смачивают, а другие - не смачивают. Например, вода смачивает стекло, а ртуть стекло не смачивает.

Капиллярность

С явлениями смачивания и несмачивания связано явление капиллярности: при капиллярности жидкость поднимается или

опускается в трубках очень малого диаметра - капиллярах. При смачивании жидкость в капилляре поднимается относительно уровня жидкости в сосуде (рис. а), а при несмачивании опускается (рис. б) .

Высота h поднимания (или опускания) жидкости в капилляре радиусом r .

$$h = \frac{2\alpha}{\rho g r}$$

Формула определяет высоту поднимания (или опускания) жидкости в капилляре. С помощью этой же формулы, измерив h и зная $\rho_{ж}$ и r , можно определить значение поверхностного натяжения α .