

Лабораторная работа №

Определение коэффициента поверхностного натяжения

Цель работы: Ознакомиться с явлением поверхностное натяжение, определить его коэффициент

Приборы и принадлежности: Весы Жоли, штангенциркуль, исследуемая жидкость.

Описание целей работы

1. Изучение теории метода	Студент правильно отвечает на вопросы №1-5
2. Практические навыки	<ol style="list-style-type: none">1. Описать весы Жоли2. Определить коэффициенты поверхностного натяжения для воды, мыльного и сахарного растворов.3. Объяснить полученные результаты

С точки зрения молекулярной теории потенциальная энергия макроскопических тел складывается из энергии взаимодействия его молекул. На каждую молекулу жидкости действуют силы притяжения со стороны окружающих молекул, удаленных от нее на расстояние, не превышающее $1.5 \cdot 10^{-7}$ см., т.е. находящихся внутри сферы радиусом $R = 1.5 \cdot 10^{-7}$ см, называемой сферой молекулярного действия. Поскольку радиус самих молекул составляет приблизительно $r = 5 \cdot 10^{-8}$ см, то $R \approx 3r$, т.е. радиус сферы молекулярного действия приблизительно равен полтора диаметрам молекулы. Следовательно, каждая молекула жидкости взаимодействует только с непосредственно прилегающими к ней соседними молекулами.

Молекулы, из которых состоит тело, можно разделить на два класса: «внутренние» молекулы, т.е. молекулы, имеющие полный набор соседей, и молекулы, находящиеся «на поверхности», т.е. молекулы с неполным набором соседей. «Внутреннюю» молекулу окружает в среднем одинаковое количество молекул, поэтому результирующая сил притяжения, действующих на молекулу, в среднем равна нулю. Потенциальную энергию «внутренних» молекул примем за начало отсчета энергии (которую можно, как известно, отсчитывать от любого уровня).

Рассмотрим теперь «наружные» молекулы. Так как концентрация молекул в расположенном над жидкостью газе мала по сравнению с концентрацией молекул в жидкости, то результирующая сил, действующих на молекулу, не равна нулю и направлена внутрь жидкости перпендикулярно ее поверхности. В таком положении будут находиться все молекулы, лежащие в поверхностном слое жидкости толщиной, приблизительно равной радиусу сферы молекулярного действия. Таким образом, поверхностный мономолекулярный слой жидкости толщиной $1.5 \cdot 10^{-7}$ см оказывает на всю жидкость давление, равное сумме результирующих сил, действующих на все молекулы, лежащие в 1 м^2 этого слоя. Это давление называется внутренним или молекулярным. Благодаря тому, что молекулы жидкости находятся близко друг от друга, жидкость оказывается трудно сжимаемой: вступающие в действие на очень малых расстояниях силы отталкивания между молекулами препятствуют сжатию жидкости.

Так как внутренне давление направлено перпендикулярно поверхности жидкости, то масса жидкости, не подверженная действию внешних сил, должна принять форму шара, ибо только в этом случае силы внутреннего давления взаимно уравниваются. Такое явление можно наблюдать на маленьких массах жидкости, для которых действие силы тяжести пренебрежимо мало по сравнению с действием сил внутреннего давления. Форме шара соответствует, как известно, наименьшая поверхность при данном объеме. Напряженное состояние поверхностного слоя жидкости

называется поверхностным натяжением. Оно вызвано силами сцепления между молекулами этого слоя.

«Внутренние» молекулы можно сделать «наружными», удалив от них часть соседей, для этого приходится совершать работу. Потенциальная энергия «наружных» молекул, поэтому положительна. Величина этой энергии, естественно, зависит от числа «наружных» молекул, т.е. от площади поверхности. Эта энергия носит название поверхностной энергии. Обозначим эту энергию через E , а площадь поверхности через S . Тогда, согласно сказанному,

$$E = \alpha S$$

Коэффициент пропорциональности между энергией и площадью поверхности α носит название коэффициента поверхностного натяжения. Величина этого коэффициента зависит от рода обеих сред, образующих поверхность. Как нетрудно убедиться, α имеет размерность энергии, отнесенной к единице площади, или, что тоже, размерность силы, деленной на длину. Т.о. *Коэффициент поверхностного натяжения жидкости равен отношению силы поверхностного натяжения, действующей на контур, ограничивающий поверхность жидкости, к длине этого контура*. Выражается α в ньютон на метр (н/м). Коэффициент поверхностного натяжения жидкости имеет порядок $10^{-2} - 10^{-3}$ н/м. Приведем значения поверхностного натяжения для некоторых жидкостей при температуре 20°C

Вещество	σ , н/м	Вещество	σ , н/м
Вода	0.0725	Спирт	0.022
Желчь	0.048	Сыворотка	0.06
Молоко	0.05	Эфир	0.017
Ртуть	0.47		

С повышением температуры коэффициент поверхностного натяжения уменьшается в связи с увеличением среднего расстояния между молекулами жидкости. Наличие поверхностной энергии сильно сказывается на поведении жидкостей. В частности, форма, которую принимает жидкость, соответствует минимуму потенциальной энергии, складывающейся из энергии поверхностного натяжения и потенциальной энергии в поле тяжести.

При расчетах вместо энергии поверхностного натяжения нередко пользуются «силой поверхностного натяжения», которая вводится следующим образом. Для изотермического увеличения поверхности жидкости на величину dS необходимо затратить энергию

$$dE = \alpha dS = \alpha L dx$$

L – длина некоторой мысленной линии на поверхности жидкости, увеличение поверхности происходит вследствие ее «растяжения» на величину dx в перпендикулярном направлении.

Сила F поверхностного натяжения формально можно определить следующим образом:

$$F = - \partial E / \partial x = - \alpha (\partial S / \partial x) = -\alpha L,$$

Где знак минус указывает на то, что сила направлена в сторону противоположную смещению dx . Таким образом, F можно трактовать как некоторую силу постоянной погонной плотности α , которая действует перпендикулярно произвольной линии и стремится «стянуть» разделенные этой линией участки жидкости 1 и 2. Коэффициент поверхностного натяжения α равен, т.о., силе поверхностного натяжения, отнесенной к единице длины.

На поверхностное натяжение жидкости большое влияние оказывают находящиеся в ней примеси. Например, мыло, растворенное в воде, уменьшает ее коэффициент поверхностного натяжения от 0.073 до 0.045 н/м. Вещество, ослабляющее поверхностное натяжение жидкости, называется

поверхностно-активным. По отношению к воде поверхностно-активными являются нефть, спирт, эфир, мыло и многие другие жидкие и твердые вещества.

Согласно молекулярной теории, влияние поверхностно активных веществ объясняется следующим образом. Силы притяжения между молекулами самой жидкости больше сил притяжения между молекулами жидкости и поверхностно-активной примеси. Поэтому расположенные в поверхностном слое молекулы жидкости притягиваются внутрь жидкости сильнее, чем молекулы примеси. В результате молекулы уходят из поверхностного слоя внутрь жидкости, а молекулы поверхностно-активного вещества вытесняются на поверхность.

Некоторые вещества увеличивают поверхностное натяжение жидкости в связи с тем, что их молекулы взаимодействуют с молекулами жидкости сильнее, чем молекулы жидкости между собой. Очевидно, что молекулы таких примесей будут втянуты внутрь жидкости и в поверхностном слое останутся преимущественно молекулы жидкости. По отношению к воде примером такого рода примесей может служить сахар и соль.

Описание установки

Установка для определения величины α (веса Жоли) изображены на рисунке. Тонкая петля, изготовленная из материала, который хорошо смачивается исследуемой жидкостью, подвешена на пружине динамометра. Подвеска петли осуществляется таким образом, чтобы его ось была вертикальна. На столике устанавливается стеклянная кювета с исследуемой жидкостью (в нашем случае вода). Удлинение пружины (и тем самым силу ее натяжения) можно измерить по шкале динамометра.

Подведем снизу кювету с водой к неподвижно висящей на пружине петле. Петля несколько втянется внутрь жидкости. Этот эффект можно заметить по небольшому растяжению пружины в момент соприкосновения петли с поверхностью воды. Начнем медленно опускать кювету. По мере

опускания кольца пружины динамометра будут растягиваться, пока, наконец, петля не оторвется от поверхности воды. Заметим, при какой силе разорвется пленка. При определении коэффициента поверхностного притяжения нужно иметь в виду, что пленка рвется с обеих сторон, поэтому L берем удвоенной. Таким образом,

$$\alpha = F / 2L \quad (1)$$

Порядок выполнения работы

1. Измерьте штангенциркулем длину петли L .
2. Опустите петлю в исследуемую жидкость и медленно опустите кювету. Заметьте по шкале динамометра значение силы, при которой разорвалась пленка.
3. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения по формуле (1). Повторите опыт 3-5 раз и оцените при этом погрешность измерения.
4. Проведите аналогичные опыты с растворенными в воде мылом и сахаром.

Контрольные вопросы:

1. Как объясняет молекулярно-кинетическая теория явление поверхностного натяжения?
2. Дать определение коэффициенту поверхностного натяжения.
3. Какие силы действуют на петлю в момент отрыва ее от поверхности жидкости?
4. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения с температурой и как объясняет эту температурную зависимость молекулярно-кинетическая теория?