

УДК 532.612.4.08

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЖИДКОСТИ

Слизов Е.С.

*Министерство образования Республики Беларусь Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Филиал «Минский радиотехнический колледж»*

Руководитель: Гордюнин В.А. – преподаватель специальных дисциплин.

Аннотация. Данный материал посвящён изучению свойств поверхностного натяжения, их параметров, способов определения поверхностного натяжения.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, поверхностная энергия

С явлением поверхностного натяжения жидкости мы сталкиваемся каждый день:

- капли воды стремятся принять форму, близкую к шарообразной (а в невесомости они совсем шарообразные);
- струя воды из-под крана стремится к цилиндрической форме;
- булавка не тонет на поверхности воды в стакане;
- многие насекомые могут скользить по поверхности воды.

Поверхностное натяжение – это величина, которая показывает стремление жидкости сократить свою свободную поверхность, то есть уменьшить избыток своей потенциальной энергии на границе раздела с газообразной фазой. Рисунок 1:



Рисунок 1 – Наглядное поверхностное натяжение

Силы поверхностного натяжения действуют вдоль поверхности жидкости, стремясь сократить ее площадь. Как будто жидкость заключена в упругую пленку, которая стремится сжать свое содержимое.

Потенциальная энергия взаимного притяжения молекул жидкости примерно равна их кинетической энергии. Это позволяет веществу сохранять объем (но не форму), и этот объем ограничивается поверхностью жидкости.

На молекулу жидкости, которая находится внутри, действуют силы притяжения со стороны других молекул, и они уравнивают друг друга. А на ту молекулу, что находится на поверхности, действуют силы притяжения не только со стороны других молекул жидкости, но и со стороны газа (внешней среды) [2]. Эти вторые значительно меньше первых, поэтому равнодействующая сила притяжения направлена внутрь жидкости, что способствует удержанию молекулы на поверхности.

Одним из следствий эффекта поверхностного натяжения является то, что для увеличения площади поверхности жидкости – ее растяжения – нужно проделать механическую работу по преодолению сил поверхностного натяжения. Следовательно, если жидкость оставить в покое, она стремится принять форму, при которой площадь ее поверхности окажется мини-

мальной. Такой формой, естественно, является сфера – вот почему дождевые капли в полете принимают почти сферическую форму (я говорю «почти», потому что в полете капли слегка вытягиваются из-за сопротивления воздуха). По этой же причине капли воды на кузове покрытого свежим воском автомобиля собираются в бусинки.

Силы поверхностного натяжения используются в промышленности – в частности, при отливке сферических форм, например, ружейной дроби. Каплям расплавленного металла просто дают застывать на лету при падении с достаточной для этого высоты, и они сами застывают в форме шариков, прежде чем упадут в приемный контейнер.

Поверхностная энергия жидкости. Формула 1:

$$W = \sigma S \quad (1)$$

Молекулы на поверхности жидкости находятся на немного больших расстояниях друг от друга, по сравнению с молекулами в глубине [1]. Поэтому они обладают некоторой поверхностной энергией. Эта энергия является источником поверхностного натяжения жидкостей, благодаря ей жидкость всегда стремится собраться в капли. Рисунок 2:

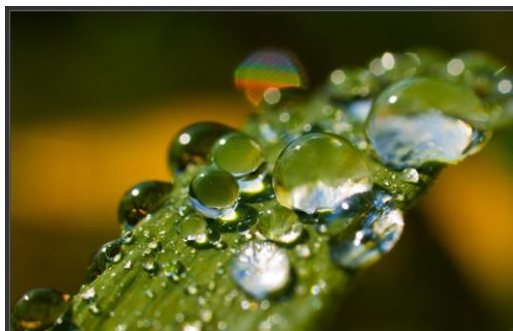


Рисунок 2 – Капли на листке

Коэффициент поверхностного натяжения — это физическая величина, которая характеризует данную жидкость и численно равна отношению поверхностной энергии к площади свободной поверхности жидкости. Формула 2:

$$\sigma = \frac{W}{S} \quad (2)$$

Летучесть (испаряемость) любой жидкости тоже зависит от сил сцепления молекул. Чем меньше поверхностное натяжение, тем более летуча жидкость. Самым низким поверхностным натяжением обладают спирты и другие органические растворители.

А самая большая, оказывается, у ртути: она при проливании сразу собирается в маленькие блестящие шарики. Уровень испаряемости жидкости зависит именно от того, насколько сильно сцеплены молекулы воды. Чем сильнее они друг к другу притягиваются, тем жидкость менее летуча. Удивительно, что поверхностное натяжение можно понизить, например, добавляя биологически активные вещества или нагревая жидкость.

Поверхностное натяжение можно наблюдать и визуально. Если на переполненный стакан посветить, то можно заметить очень тонкую пленку на поверхности. Она-то и не позволяет какое-то время выливаться жидкости из емкости. А когда воду выливают, например, из стакана, выпуклость, образовавшаяся на поверхностном натяжении, постепенно увеличивается, и когда молекулы уже не могут сцепляться друг с другом, «верхняя пленка» разрывается и жидкость начинает литься.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкости зависит [3]:

- от природы жидкости;
- температуры жидкости;

- присутствия каких-либо примесей;
- свойств газа, который граничит с данной жидкостью;
- наличия поверхностно-активных веществ (например, мыло или стиральный порошок), которые уменьшают поверхностное натяжение.

Коэффициент поверхностного натяжения не зависит от площади свободной поверхности жидкости, хотя может быть рассчитан с ее помощью.

Если на жидкость не действуют другие силы или их действие мало, жидкость будет стремиться принимать форму сферы, как капля воды или мыльный пузырь. Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, стягивающие эту поверхность. Эти силы называются силами поверхностного натяжения. Формула 3:

$$F = \sigma l \quad (3)$$

В химической промышленности в воду часто добавляют специальные реагенты-смачиватели, не дающие ей собираться в капли на какой-либо поверхности. Например, их добавляют в жидкие средства для посудомоечных машин. Попадая в поверхностный слой воды, молекулы таких реагентов заметно ослабляют силы поверхностного натяжения, вода не собирается в капли и не оставляет на поверхности пятен после высыхания.

Примеры в окружающей среде:

- движение водомерки по воде (ее лапки покрыты воскообразным веществом);
- капля росы, дождя, из пипетки;
- цилиндрическая форма струи воды;
- мыльный пузырь;
- выпуклая пленка в переполненном стакане водой.

Способы определения поверхностного натяжения делятся на статические и динамические. В статических методах поверхностное натяжение определяется у сформировавшейся поверхности, находящейся в равновесии. Динамические методы связаны с разрушением поверхностного слоя [4]. В случае измерения поверхностного натяжения растворов (особенно полимеров или ПАВ) следует пользоваться статическими методами. В ряде случаев равновесие на поверхности может наступать в течение нескольких часов (например, в случае концентрированных растворов полимеров с высокой вязкостью). Динамические методы могут быть применены для определения равновесного поверхностного натяжения и динамического поверхностного натяжения. Например, для раствора мыла после перемешивания поверхностное натяжение 58 мДж/м², а после отстаивания – 35 мДж/м². То есть поверхностное натяжение меняется. До установления равновесного оно будет динамическое.

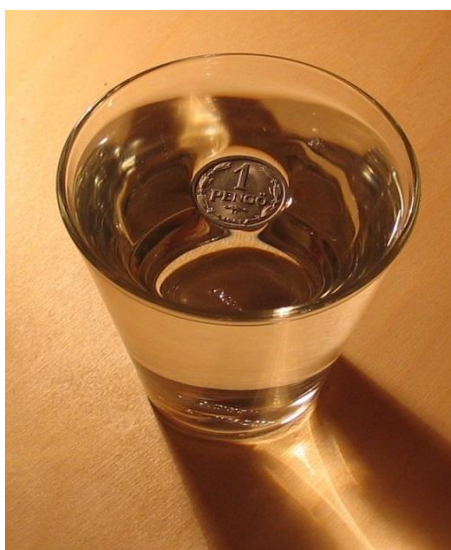


Рисунок 3 – Способ определения поверхностного натяжения

Статические методы:

Метод вращающейся капли.

Сущностью метода является измерение диаметра капли жидкости, вращающейся в более тяжелой жидкости. Этот способ измерения годится для измерения низких или сверхнизких значений межфазного натяжения. Он широко применяется для микроэмульсий, измерения эффективности поверхностно-активных веществ (ПАВ) в нефтедобыче, а также для определения адсорбционных свойств [5].

Динамические методы:

Метод Дю Нуи (метод отрыва кольца).

Метод является классическим. Сущность метода вытекает из названия. Кольцо из платиновой проволоки плоскость которого параллельна поверхности жидкости медленно поднимают из жидкости, смачивающей его, усилие в момент отрыва кольца от поверхности и есть сила поверхностного натяжения и может быть пересчитано в поверхностную энергию. Метод подходит для измерения поверхностного натяжения ПАВ, трансформаторных масел и т. д.

Из-за сохранения объёма жидкость способна образовывать свободную поверхность. Такая поверхность является поверхностью раздела фаз данного вещества: по одну сторону находится жидкая фаза, по другую – газообразная (пар), и, возможно, другие газы, например, воздух.

Если жидкая и газообразная фазы одного и того же вещества соприкасаются, возникают силы, которые стремятся уменьшить площадь поверхности раздела – силы поверхностного натяжения. Поверхность раздела ведёт себя как упругая мембрана, которая стремится стянуться.

Поверхностное натяжение может быть объяснено притяжением между молекулами жидкости. Каждая молекула притягивает другие молекулы, стремится «окружить» себя ими, а значит, уйти с поверхности. Соответственно, поверхность стремится уменьшиться.

Поэтому мыльные пузыри и пузыри при кипении стремятся принять сферическую форму: при данном объёме минимальной поверхностью обладает шар. Если на жидкость действуют только силы поверхностного натяжения, она обязательно примет сферическую форму – например, капли воды в невесомости.

Маленькие объекты с плотностью, большей плотности жидкости, способны «плавать» на поверхности жидкости, так как сила тяготения меньше силы, препятствующей увеличению площади поверхности.

Список литературы

1. Жилко В.В. Физика: Учеб. пособие для 11-го кл. общеобразоват. шк. с рус. яз. обучения / В.В. Жилко, А.В. Лавериненко, Л.Г. Маркович. – Мн. Нар. асвета, 2002. – 382 с.
2. Остроумов С.А., Лазарева Е.В. Поверхностное натяжение водных растворов додецилсульфата натрия в присутствии водных растений – Вода: технология и экология. 2008 № 3 с. 57-60.
3. Элементарный учебник физики: Учебное пособие. В 3 т./ Под ред. Г.С. Ландсберга: Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика – 13-е изд. – М.: Физматлит, 2003. – 608 с.
4. <https://works.doklad.ru/view/T7JBUZbBCSk.html>
5. <https://kopilkaurokov.ru/fizika/prochee/nou-povierkhnostnoie-natiazhieniie-zhidkostiei>