

Явление взаимного притяжения молекул

Чигинёва Лидия Александровна

7 класс, МАОУ «Школа №49», ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.А. Ананичев,
старший лаборант-исследователь ИПФ РАН



В работе исследовано взаимное притяжение молекул различных жидкостей путем опускания на их поверхность пластинок разной площади из стекла или пенопласта и измерения силы отрыва. Обнаружено, что сила притяжения молекул зависит от площади образца, температуры, плотности и вязкости жидкости, и не зависит от материала образца. Показано, что сила притяжения двух смоченных тел намного больше, чем сила притяжения молекул жидкости при отрыве тела от поверхности жидкости.

Клей, сварка, различные пластичные материалы используют явление взаимного притяжения молекул. Можно разрабатывать новые составы или продолжать улучшать свойства имеющихся материалов, чтобы расширить спектр их применения. Для этого необходимо исследовать межмолекулярное взаимодействие в различных веществах и материалах.

Цель работы: доказать что сила взаимодействия молекул зависит от типа вещества, температуры вещества и площади соприкасающихся поверхностей.

Известно, что все физические тела состоят из огромного количества молекул. При сближении молекул до расстояния, сравнимого с размерами самих молекул, заметнее проявляется притяжение, а при дальнейшем сближении — отталкивание. Молекулы устанавливаются на таком расстоянии, когда обе эти силы, направленные противоположно, уравниваются [1]. Притяжение может быть и между разными объектами и веществами. В наших опытах это смачивание поверхности стекла и пенопласта молекулами воды или других жидкостей. Явление смачивания возникает между твердыми телами и жидкостями. Это явление зависит от сил притяжения молекул твердого тела и жидкости [2].

Если взять две плоские пластинки и поместить между ними каплю воды, то капля примет форму диска с вогнутой боковой поверхностью, так как давление снаружи и внутри капли будет отличаться. Это связано с силами поверхностного натяжения. Сила притяжения между пластинками определяется формулой [3]:

$$F = S \Delta P \approx S \frac{2\sigma}{d}, \quad (1)$$

где S – площадь пластинок, ΔP – разность давлений снаружи и внутри жидкости, σ – поверхностное натяжение воды (равное 0,072 Н/м при температуре 25 °С), d – расстояние между пластинками. Из формулы (1) следует, что сила притяжения пластинок обратно пропорциональна расстоянию между ними. Эту силу мы также изучали в работе.

В эксперименте использовали два типа образцов с разной площадью соприкосновения: стекло и пенопласт. Схема эксперимента изображена на рис. 1. Кювету наполняли жидкостью, на поверхность которой ставили образец. Далее тянули образец вертикально вверх и с помощью динамометра измеряли приложенную для этого силу.

Сначала вычислили площадь каждого образца из стекла. После этого вырезали два куска пенопласта аналогичной площади. Далее с помощью динамометра 1 (погрешность измерений составляла $\pm 0,1$ Н) мы измерили вес каждого образца и вычислили их массу. Результаты всех измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры образцов (S – площадь, P – вес, m – масса)

	$S \pm 0,25, \text{ см}^2$	$P \pm 0,1, \text{ Н}$	$m \pm 10, \text{ г}$
Стекло 1	172,63	0,8	82
Стекло 2	108,13	0,6	61
Пенопласт 1	172,63	0,3	31
Пенопласт 2	108,13	0,1	10

Далее мы провели ряд опытов, опуская каждый образец в воду разной температуры. Измерения силы взаимодействия молекул воды проводили с помощью динамометра 1. Температуру измеряли с помощью лабораторного термометра.

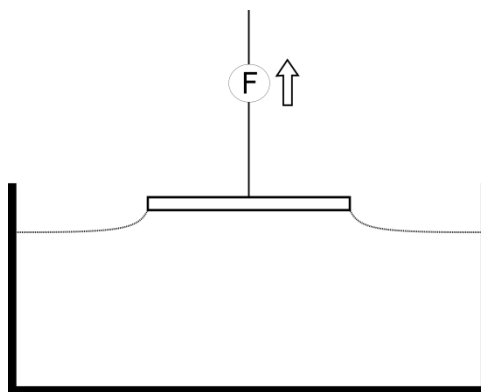


Рис.1 – Кювета с жидкостью и стекло, подвешенное на проволоку к динамометру. Стрелкой обозначено направление действия силы.

Сначала мы взяли воду комнатной температуры $+23^{\circ}\text{C}$ и опускали на её поверхность стекло и пенопласт. Далее воду нагрели на плитке до $+65^{\circ}\text{C}$ и опускали на её поверхность образцы пенопласта. После этого вода остыла до $+44^{\circ}\text{C}$, и дальше измерения со стеклом проводили при этой температуре. Обнаружено, что при погружении тела в холодную воду, притяжение молекул сильнее, чем при погружении того же самого тела в тёплую воду. Очевидно, что при нагревании возрастает скорость движения молекул жидкости и увеличивается расстояние между ними, что приводит к ослаблению сил молекулярного притяжения.

Наши опыты показали, что сила притяжения не зависит от материала образца, поскольку при отрыве образцов от поверхности жидкости всегда разрываются одни и те же связи между молекулами воды. Однако сила притяжения зависит от площади образца. Чем больше площадь, тем больше молекул воды прилипает к поверхности образца, и тем труднее оторвать образец от воды.

Следующий опыт показал, что сила притяжения молекул машинного масла примерно в 4,5 раза больше, чем для бензина. Это может быть связано с большей плотностью и вязкостью масла, так как молекулы в нем расположены ближе друг к другу и притягиваются сильнее. Как и в предыдущих опытах, сила притяжения увеличивается с увеличением площади образца.

Интересно отметить, что плотность воды больше, чем плотность машинного масла. Однако сила притяжения для масла больше, чем для воды. По-видимому, здесь играет роль не только степень смачивания поверхностей разными жидкостями, но и вязкость этих жидкостей. Мы визуально наблюдали, что при опускании образцов в масло и последующем отрывании на поверхности образца оставался толстый слой этой вязкой жидкости. Тогда как слой воды на образце оставался намного тоньше.

Мы провели второй эксперимент, смачивая два куска стекла (или пенопласта) разными жидкостями и прижимая их друг к другу. Далее верхний образец за треугольную петлю подвешивался на дисковый динамометр 2 и отрывался от нижнего образца. Таким образом измерялась сила притяжения образцов. Погрешность измерений составляла $\pm 1 \text{ Н}$.

Оказалось, что для образцов стекла сила притяжения всегда больше, чем для образцов пенопласта. Если пенопласт ничем не смачивать, то никакого эффекта нет. В то время как два стекла притягиваются даже в сухом состоянии. Здесь, как и в предыдущих опытах, сказывается то, что стекло имеет достаточно плоскую поверхность для того, чтобы обеспечить расстояние между образцами, на котором проявляется притяжение молекул. В случае пористого пенопласта этот эффект намного слабее. Он проявляется только при наличии смачивающей жидкости, например, воды.

Сравнивая данные двух экспериментов, мы увидели, что сила притяжения двух смоченных тел намного больше, чем сила притяжения молекул жидкости при отрыве тела от поверхности жидкости. Когда мы прижимаем друг к другу два образца стекла, смоченных, например, водой, то получаем очень маленькое расстояние между ними. Согласно формуле (1) сила притяжения образцов при этом возрастает обратно пропорционально уменьшению расстояния.

Из данных таблицы 1 и формулы (1) для силы притяжения в опыте с двумя кусками стекла, смоченными водой и прижатыми друг к другу, можно оценить расстояние, которое получилось между образцами стекла. Для $S = 108,13 \text{ см}^2$; $\sigma = 0,072 \text{ Н/м}$; $F = 9,4 \text{ Н}$ получим:

$$d = (2 \times S \times \sigma) / F \approx 165 \text{ (мкм)}.$$

За счет высокой гладкости поверхности стекол удалось сблизить их на очень маленькое расстояние.

Заключение:

Мы доказали, что сила взаимодействия молекул зависит от типа вещества, температуры вещества и площади соприкасающихся поверхностей. Сила притяжения смоченных жидкостью пластинок возрастает с увеличением плотности и вязкости жидкости.

Данная работа поможет при разработке новых видов клея, которые могут стать либо более универсальными, либо могут улучшить склеивающие свойства в более узком направлении использования.

Список литературы

1. Ирлык А. Наука.Club | Образовательный портал => Физика [Электронный ресурс]. URL: <http://nauka.club/fizika/vzaimnoe-prityazhenie-i-ottalkivanie-molekul.html>
2. Взаимное притяжение и отталкивание молекул. 7 класс. [Электронный ресурс]. URL: <http://class-fizika.ru/u7-10.html>
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. М.: Наука, 1975. 522с.