

Поверхностное натяжение

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ «РАЗРЫВА ТОНКОГО СЛОЯ ЖИДКОСТИ»

- Формирование тонкого слоя жидкости между кольцом с острой кромкой и поверхностью жидкости при медленном извлечении кольца из жидкости.
- Измерение силы натяжения в момент разрыва тонкого слоя жидкости.
- Определение коэффициента поверхностного натяжения по измеренной силе натяжения.

ВЫВОД РАБОЧЕЙ ФОРМУЛЫ

Поверхностное натяжение жидкости – это её свойство на границе контакта с окружающей средой. Оно обусловлено тем, что молекула жидкости, находящаяся на её поверхности, испытывает действие сил со стороны соседних с ней молекул жидкости только из половины пространства, ограниченной поверхностью этой жидкости, в то время как молекула внутри жидкости испытывает воздействие со всех сторон (см. рис. 1). Поэтому молекула в поверхностном слое испытывает воздействие результирующей силы, направленной перпендикулярно к поверхности внутрь жидкости.

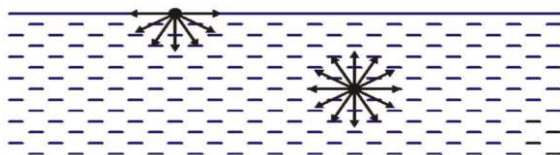


Рис. 1. Силы взаимодействия, действующие со стороны соседних молекул на молекулу на поверхности жидкости или на молекулу в толще жидкости

Действие этой силы приводит к сокращению площади поверхности жидкости. Взаимодействие молекул в поверхностном слое также обуславливает наличие горизонтальной составляющей сил, способствующей стремлению площади поверхности к сокращению. Эти силы получили название сил поверхностного натяжения. Сила поверхностного F_n натяжения направлена по касательной к поверхности жидкости. За счет воздействия сил поверхностного натяжения молекулы жидкости в поверхностном слое обладают дополнительной потенциальной энергией по сравнению с молекулами внутреннего объема. Эта дополнительная энергия называется поверхностной энергией $W_{пов}$ и пропорциональна площади поверхности жидкости S :

$$W_{пов} = \alpha S. \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности α является мерой свободной поверхностной энергии жидкости, приходящейся на единицу площади ее поверхности:

$$\alpha = \frac{W_{пов}}{S}. \quad (2)$$

называется коэффициентом поверхностного натяжения и зависит от природы и состояния как жидкости, так и той среды с которой соприкасается её поверхность. То есть от физико-химических свойств,

определяющих энергию взаимодействия их молекул. Физический смысл коэффициента поверхностного натяжения состоит в том, что он численно равен работе, затрачиваемой на образование 1 м^2 поверхности жидкости при постоянной температуре

$$\alpha = \frac{dA_{пов}}{dS}, \quad (3)$$

и представляет собой силу сцепления поверхностной пленки жидкости, вызванную взаимным притяжением молекул, находящихся по обе стороны линии контура её разрыва, действующую на единицу длины:

$$F_n = \alpha L. \quad (4)$$

Определить коэффициент поверхностного натяжения можно увеличив поверхность жидкости на величину dS переводом в поверхностный слой некоторого числа молекул, совершив тем самым работу $dA_{пов}$. Осуществить это возможно при помощи кольца с острой кромкой, которое изначально полностью погружено в жидкость. Если, приложив внешнюю силу $F_{вн}$, компенсирующую силу поверхностного натяжения F_n , кольцо медленно извлекать из жидкости, тонкий слой жидкости вытягивается вверх за его нижним краем (см. рис. 2):

$$dA_{пов} = F_{вн} \Delta x \quad (5)$$

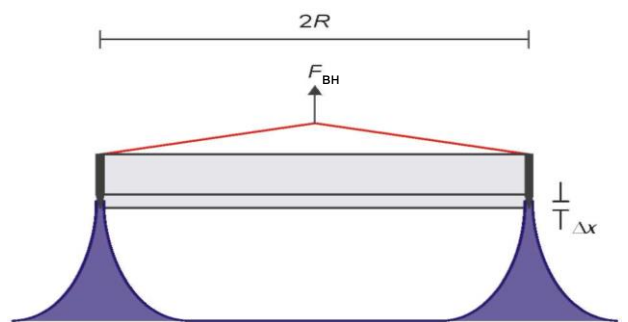


Рис. 2. Схема опыта

Когда кольцо поднимается на высоту Δx , площадь поверхности тонкого слоя увеличивается снаружи и внутри кольца в общем на:

$$dS = 4\pi R \Delta x, \quad (6)$$

где R - радиус кольца.

Если сила $F_{вн}$, прилагаемая при подъеме кольца, превышает F_n , тонкий слой жидкости рвется. В этот момент можно определить:

$$\alpha = \frac{F_{вн}}{4\pi R}. \quad (7)$$

ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ

Таблица 1 – Состав лабораторной установки

№	Наименование	Количество, шт
1-	кольцо для изучения поверхностного натяжения	1
2-	точный динамометр, 0,1 Н	1
3-	стакан из комплекта дополнительного оборудования	1
4-	Лабораторный подъемный столик со штативом из нержавеющей стали и крючком	1
5-	штангенциркуль, 150 мм	1

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В этой работе металлическое кольцо с острой нижней кромкой свисает в горизонтальном положении с точного динамометра. Сначала кольцо полностью погружено в испытываемую жидкость (например, в воду), затем оно медленно извлекается из жидкости. Тонкий слой жидкости разрывается, когда сила вытягивания $F_{вн}$ превышает предельное значение $F_{н}$.



Рис. 3. Лабораторная установка для измерения поверхностного натяжения

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Установить лабораторный подъемный столик на минимальный уровень подъема.
- 2 Подвесить динамометр на вертикальный штатив с крючком.
- 3 Измерить диаметр кольца и подвесить его к динамометру. Значение диаметра занести в таблицу 1.
- 4 Наполнить стакан исследуемой жидкостью и поставить его на лабораторный подъемный столик.
- 5 Поднять стакан подъемным столиком до погружения в жидкость острой нижней кромки кольца.
- 6 Записать показание динамометра F_1 в таблицу 2.
- 7 Медленно опустить лабораторный подъемный столик со стаканом до момента разрыва пленки (отрыва кольца от жидкости).
- 8 В момент разрыва снять показание динамометра F_2 и занесите его в таблицу 2.
- 9 Рассчитать и занести в таблицу 2 разницу между двумя значениями силы:

$$F_{вн} = F_2 - F_1. \quad (8)$$

- 10 Повторить измерение несколько раз и проверить воспроизводимость.
- 11 Используя полученные данные, вычислить по формуле (7) значение коэффициента поверхностного натяжения α исследуемой жидкости для каждого измерения и занести в таблицу 2.
- 12 Определить среднее значение коэффициента поверхностного натяжения $\alpha_{ср}$, абсолютную погрешность $\Delta\alpha$ и среднее значение абсолютной погрешности $\Delta\alpha_{ср}$. Занести полученные данные в таблицу 2. (Значение коэффициента поверхностного натяжения эталонной жидкости $\alpha_{табл}$ для расчетов взять из справочных данных таблицы П1 приложения.)
- 13 Записать полученный результат в таблицу 2 виде $\alpha_{ср} \pm \Delta\alpha_{ср}$.
- 15 Вычислить относительную погрешность измерений δ по формуле:

$$\delta = \left(\frac{\Delta\alpha_{ср}}{\alpha_{ср}} \right) \cdot 100\%. \quad (9)$$

- 16 Сравнить полученное значение коэффициента поверхностного натяжения с его табличным значением (таблица П1 приложения). Сравнить расхождение экспериментально полученного и табличного значений по формуле:

$$\Delta\Sigma = \left(\frac{|\alpha_{ср} - \alpha_{табл}|}{\alpha_{табл}} \right) \cdot 100\%. \quad (10)$$

Таблица 2 – Результаты лабораторной работы

№ опыта	Диаметр кольца D_k , м	Показание динамометра		Действующая сила $F_{вн}$, Н	Коэффициент поверхностного натяжения			Погрешность измерения			Полученный результат, $\alpha_{ср} \pm \Delta\alpha_{ср}$	Расхождение с табличным значением $\Delta\Sigma$, %
		F_1 , Н	F_2 , Н		Измеренный α , Н/м	Среднее $\alpha_{ср}$, Н/м	Табличный $\alpha_{табл}$, Н/м	Абсолютная $\Delta\alpha$, Н/м	Средняя $\Delta\alpha_{ср}$, Н/м	Относительная δ , %		
1												
2												
3												
4												
5												

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Чем обусловлено поверхностное натяжение жидкостей.
2. От чего зависит и как направлена сила поверхностного натяжения?
3. В чем заключается физический смысл коэффициента поверхностного натяжения?
4. Выведите рабочую формулу для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом разрыва.
5. Опишите порядок проведения работы.