

## Лабораторная работа №

### ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

**Цель работы:** определение коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца.

**Приборы и оборудование:** опытная установка, пружина, кольца, чашка для жидкостей.

#### КРАТКАЯ ТЕОРИЯ

Важнейший признак всякой жидкости – существование свободной поверхности. Молекулы поверхностного слоя жидкости, имеющего толщину порядка  $10^{-7}$  см, находятся в ином состоянии, чем молекулы в толще жидкости. Поверхностный слой оказывает на жидкость давление, называемое молекулярным. Молекулярное давление направлено внутрь жидкости, перпендикулярно к свободной поверхности.

Силы поверхностного натяжения в любой точке поверхности направлены по касательной к ней и по нормали к любому элементу линии, мысленно проведенной на поверхности жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения численно равен силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины линии, разделяющей поверхность на части:

$$\sigma = \frac{F}{L}. \quad (1)$$

С другой стороны, коэффициент поверхностного натяжения можно определить как величину, численно равную свободной энергии единицы площади поверхности жидкости. Под свободной энергией понимают ту часть энергии системы, за счет которой может быть получена работа при изотермическом процессе по увеличению площади поверхности жидкости.

В системе СИ коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma$  измеряется в Н/м. Существует несколько методов косвенного измерения поверхностного натяжения. Один из них – метод отрыва кольца.

Коэффициент поверхностного натяжения можно определить путем измерения силы, которую нужно приложить перпендикулярно к поверхности жидкости для отрыва различных твердых тел от этой поверхности. Так как отрываемое тело смачивается жидкостью, то вместе с ним поднимается некоторое количество жидкости, т.е. свободная поверхность жидкости будет увеличиваться. Вследствие стремления этой поверхности сократиться, возникает сила поверхностного натяжения. Если сила, действующая на тело, равна по величине силе поверхностного натяжения, то тело оторвется.

Рассмотрим кольцо с внешним диаметром  $d_1$  и внутренним диаметром  $d_2$ , касающееся поверхности жидкости. Толщина кольца  $b$ .

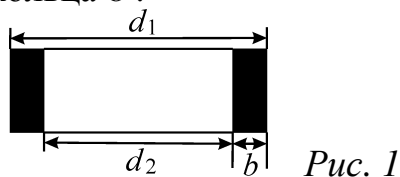


Рис. 1

При поднятии кольца над поверхностью жидкости между кольцом и поверхностью образуется пленка. Внешняя поверхность этой пленки тянет кольцо вниз с силой  $F_1 = \sigma \pi d_1$ , внутренняя поверхность также тянет вниз с силой  $F_2 = \sigma \pi d_2$ . Результирующая сила, удерживающая кольцо, в момент отрыва равна

$$F = \sigma \pi d_1 + \sigma \pi d_2 = \sigma \pi (d_1 + d_2). \quad (2)$$

Из (2) можно найти коэффициент поверхностного натяжения  $\sigma = \frac{F}{\pi(d_1 + d_2)}$

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Принципиальная схема установки для определения коэффициента поверхностного натяжения изображена на рис. 2. К пружине подвешивается металлическое кольцо. Перед началом каждого опыта кольцо протирают и просушивают. Вращением винта опускаем кольцо до соприкосновения с поверхностью жидкости, при этом нужно следить, чтобы жидкости не касался столик для разновесов, вписанный в кольцо.

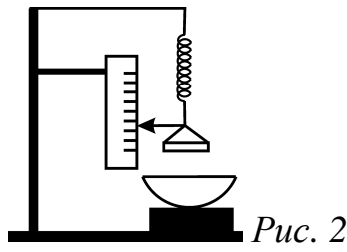


Рис. 2

**Задание 1. Определение длины границы разрыва**

1. Измерьте штангенциркулем внешний диаметр кольца  $d_1$  и внутренний диаметр кольца  $d_2$ , или любой диаметр и толщину кольца  $b$ .
2. Длину границы разрыва можно рассчитать по одной из следующих формул:  

$$L = \pi(d_1 + d_2) = \pi(d_1 + (d_1 - b)) = 2\pi(d_1 - b) = 2\pi(d_2 + b). \quad (5)$$
3. Определите погрешность измерений для длины границы разрыва.

**Задание 2. Определение силы упругости в момент отрыва кольца.**

1. Отсчитайте по шкале положение стрелки-указателя при свободно висащем кольце.
2. Приведите кольцо в соприкосновение с жидкостью, при этом показание стрелки не должно изменяться.
3. Медленным и плавным вращением винта поднимайте кольцо. Заметьте показание стрелки-указателя в момент отрыва кольца
4. Рассчитайте среднюю силу упругости, которая в момент отрыва кольца равна силе поверхностного натяжения:

$$F = k\Delta x, \quad (6)$$

где  $\Delta x$  – среднее удлинение пружины в момент отрыва кольца.

5. Результаты измерений занесите в таблицу 2.

| № п/п | Жидкость | $d_1$ , м | $d_2$ , м | L, м | k, Н/м | $\Delta x$ , м | F, Н | $\sigma$ , Н/м | $\bar{\sigma}$ , Н/м | $\epsilon$ , % |
|-------|----------|-----------|-----------|------|--------|----------------|------|----------------|----------------------|----------------|
| 1     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 2     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 3     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 1     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 2     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 3     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 1     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 2     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |
| 3     |          |           |           |      |        |                |      |                |                      |                |

**Задание 4. Определение коэффициента поверхностного натяжения.**

1. Рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения по формуле (1).
2. Определите погрешность определения коэффициента поверхностного натяжения.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Объяснить явление поверхностного натяжения. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения? От каких факторов зависит коэффициент поверхностного натяжения?
2. Какие косвенные методы определения коэффициента поверхностного натяжения Вы знаете, их суть?
3. Можно ли методом отрыва кольца определить коэффициент поверхностного натяжения, если жидкость не смачивает кольцо, почему?
4. Объясните поднятие и опускание жидкостей в капиллярных трубках, можно ли определить  $\sigma$ , используя капиллярные трубки и как?