

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Лабораторная работа № 2.5.1

## **Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости.**

Выполнил  
студент группы Б04-006  
Вовк Дмитрий

Долгопрудный, 2021

## Цель работы:

1) измерение температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения дистиллированной воды с использованием известного коэффициента поверхностного натяжения спирта; 2) определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности жидкости при различной температуре.

## Оборудование:

Прибор Ребиндера с термостатом и микроманометром, спирт и вода, стакан.

## 1. Теория

Наличие поверхностного слоя приводит к различию давлений по разные стороны от искривленной границы раздела двух сред. Для сферического пузырька с воздухом внутри жидкости избыточное давление даётся формулой Лапласа:

$$\Delta P = P_{\text{внутри}} - P_{\text{снаружи}} = \frac{2\sigma}{R}$$

## 2. Установка

На рисунке ниже изображена экспериментальная установка. Исследуемая жидкость (дистиллированная вода) наливается в сосуд (колбу) В. Тестовая жидкость (этиловый спирт) наливается в сосуд Е. При измерениях колбы герметично закрываются пробками. Через одну из двух пробок проходит полая металлическая игла С. Этой пробкой закрывается сосуд, в котором проводятся измерения. Верхний конец иглы открыт в атмосферу, а нижний погружён в жидкость. Другой сосуд герметично закрывается второй пробкой. При создании достаточного разрежения воздуха в колбе с иглой пузырьки воздуха начинают пробулькивать через жидкость. Поверхностное натяжение можно определить по величине разрежения  $\Delta P$ , необходимого для прохождения пузырьков (при известном радиусе иглы).

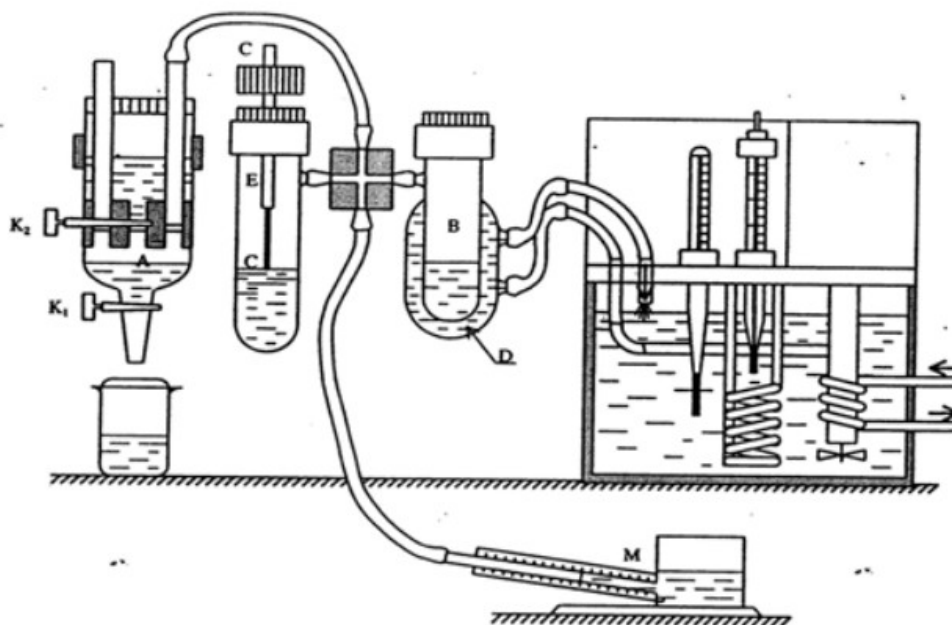


Рисунок 1 - Схема установки.

Разряжение в системе создается с помощью аспиратора А. Кран К2 разделяет две полости аспиратора. При закрытом кране К2 открывают кран К1, разряжение воздуха в колбе создаётся когда вода вытекает из крана К1 по каплям. В колбах В и С, соединённых трубками с нижней полостью аспиратора, создается такое же пониженное давление. Разность давлений в полостях с разряженным воздухом и атмосферой измеряется спиртовым микроманометром. Для стабилизации температуры исследуемой жидкости через рубашку D колбы В непрерывно прогоняется вода из термостата.

Обычно кончик иглы лишь касается поверхности жидкости, чтобы исключить влияние гидростатического давления столба жидкости. Однако при измерении температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения возникает ряд сложностей. Во-первых, большая теплопроводность металлической трубки приводит к тому, что температура на конце трубки заметно ниже, чем в глубине жидкости. Во-вторых, тепловое расширение поднимает уровень жидкости при увеличении температуры.

Обе погрешности можно устранить, погрузив кончик трубки глубже в жидкость. Полное давление, измеренное при этом микроманометром,  $P = \Delta P + \rho gh$  не зависит от температуры жидкости. Величину  $\rho gh$  следует измерить двумя способами. Во-первых, замерить величину  $P_1 = \Delta P'$ , когда кончик трубки только касается поверхности жидкости. Затем при этой же температуре опустить иглу глубже в жидкость и замерить  $P_2 = \rho gh + \Delta P''$ . Из-за несжимаемости жидкости можно положить  $\Delta P' = \Delta P''$  и тогда  $\rho gh = P_2 - P_1$ . Во-вторых, при измерениях  $P_1$  и  $P_2$  замерить линейкой глубину погружения иглы  $h$ .

### 3. Ход работы

#### 3.1 Измерение внутреннего диаметра иглы

1. Измеряем  $\Delta P$  на поверхности спирта при температуре 298K:

46	46	46	46	46	46
----	----	----	----	----	----

Здесь и далее показания манометра учитываются по формуле:

$P = C * h * k * 9,81$  , где  $k = 0,2$ ,  $C = 1$ ,  $h$  – показания манометра.

$$R = \frac{2\sigma}{\Delta P} \text{ , } \sigma \text{ этилового спирта} = 22,75 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Приборная погрешность = 0,5.  $\rightarrow \epsilon \Delta P = 0,5/46 = 0,01$

$R = 0,504 \text{ mm}$ ;  $\epsilon R = \epsilon \Delta P = 0,01$ ;  $\sigma R = 0,005 \text{ mm}$

$R = (504 \pm 5) \cdot 10^{-4} \text{ mm}$

2. Теперь измерим диаметр через микроскоп

$$D = 1,40 \pm 0,05 \text{ mm}$$

Через давление получилось намного точнее. В дальнейшем буду использовать это значение.

3. Теперь погружаем иглу в воду и измеряю разность давлений на поверхности и у дна, параллельно измеряя высоту положения иглы при той же температуре 298K:

1)  $h_1 = 18 \text{ mm}$

130	131	130,5	130,5	130,5
-----	-----	-------	-------	-------

$$\langle \Delta P_1 \rangle = 130,5$$

Случайная погрешность примерно равна приборной. Здесь и далее принимаю ее равной 1.

2)  $h_2 = 36 \text{ mm}$

219	219	219	219	219
-----	-----	-----	-----	-----

$$\langle \Delta P_2 \rangle = 130,5$$

$$g \rho (h_2 - h_1) = 173,6 \text{ Па}$$

$$\Delta P' = \Delta P_2 - \Delta P_1 = 176,6 \text{ Па}$$

4. Теперь проведем серию замеров у дна при разных температурах

t, K	$\Delta P$						$\langle \Delta P \rangle - \Delta P'$	$\sigma, \text{H/м} \cdot 10^{-3}$
298	219	219	219	219	219	219	130	64,3
303	218	218	218	218	218	218	129	63,7
308	217	216,5	217	216	216,5	216	127,5	63,0
313	215	215	215	215	215	214,5	126	62,3
318	214	213,5	213,5	213,5	213	212,5	124,5	61,6

323	211,5	212	212	212	211	211	122,5	60,6
328	209,5	209	209	209	209	209	120	59,3
333	208	208	208	208	208	208	119	58,8

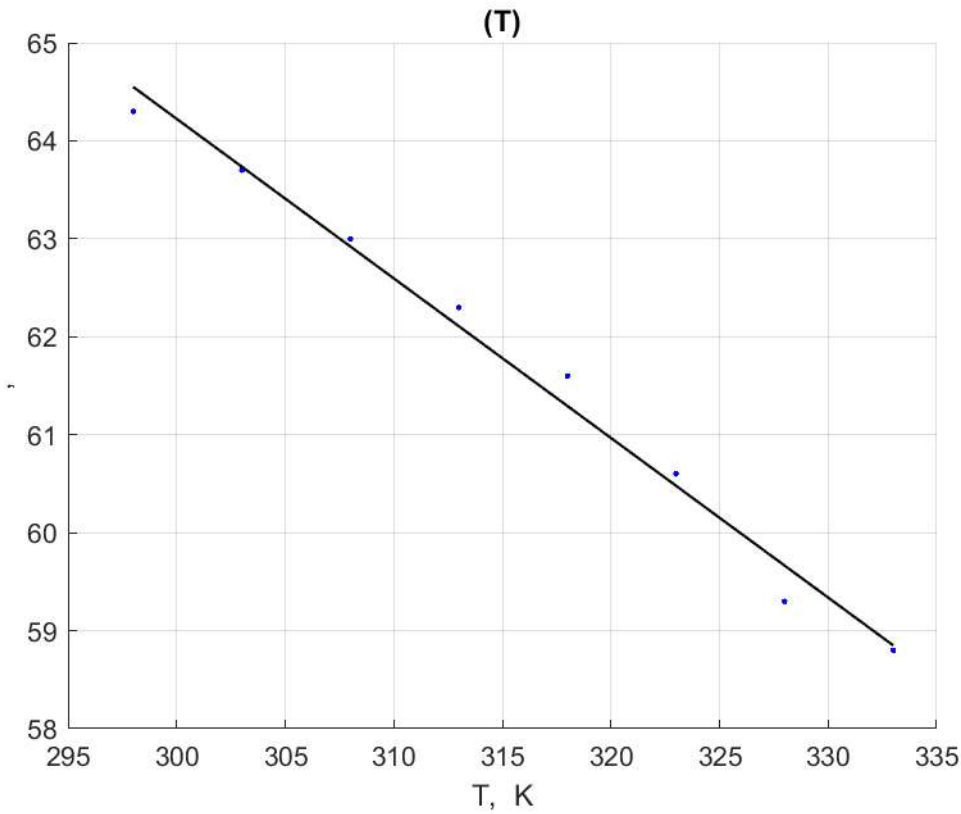


Рисунок 2 -  $\sigma(T)$

$d\sigma/dT$	$\Delta(d\sigma/dT)$	$\varepsilon(d\sigma/dT)$
-0,163	0,006	0,04

5. Теперь построим зависимость теплоты образования единицы поверхности и потенциально энергии на единицу площади от температуры

$$q=-T\frac{d\sigma}{dT}$$

$$\frac{U}{F}=\sigma+q$$

T, K	q, Н/м	U/F, Н/м
298	48,57	112,87
303	49,39	113,09

308	50,2	113,2
313	51,02	113,32
318	51,83	113,43
323	52,65	113,25
328	53,46	112,76
333	54,28	113,08

