

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

**Отчёт о выполнении лабораторной работы 2.5.1**  
Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

Автор:  
Чикин Андрей Павлович  
Б05-304

Долгопрудный, 2023

## Список иллюстраций

1	Схема экспериментальной установки . . . . .	3
2	Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры . . . . .	5
3	Зависимость теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры и поверхностной энергии единицы площади . . . . .	6

## Список таблиц

1	Радиус иглы, измеренный через эталонную жидкость (спирт). . . . .	4
2	Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры. . . . .	5

## 1 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.

## 2 В работе используются:

Прибор Ребиндера с термостатом и микроманометром; исследуемые жидкости; стаканы.

## 3 Теоретическая часть:

Из-за поверхностного натяжения возникают разные давления с разных сторон искривленной поверхности жидкости:

$$\Delta P = P_{\text{внутри}} - P_{\text{снаружи}} = \frac{2\sigma}{r} \text{ (формула Лапласа)} \quad (3.1)$$

$\sigma$  - коэффициент поверхностного натяжения,  $r$  - радиус кривизны поверхности.

## 4 Экспериментальная установка:

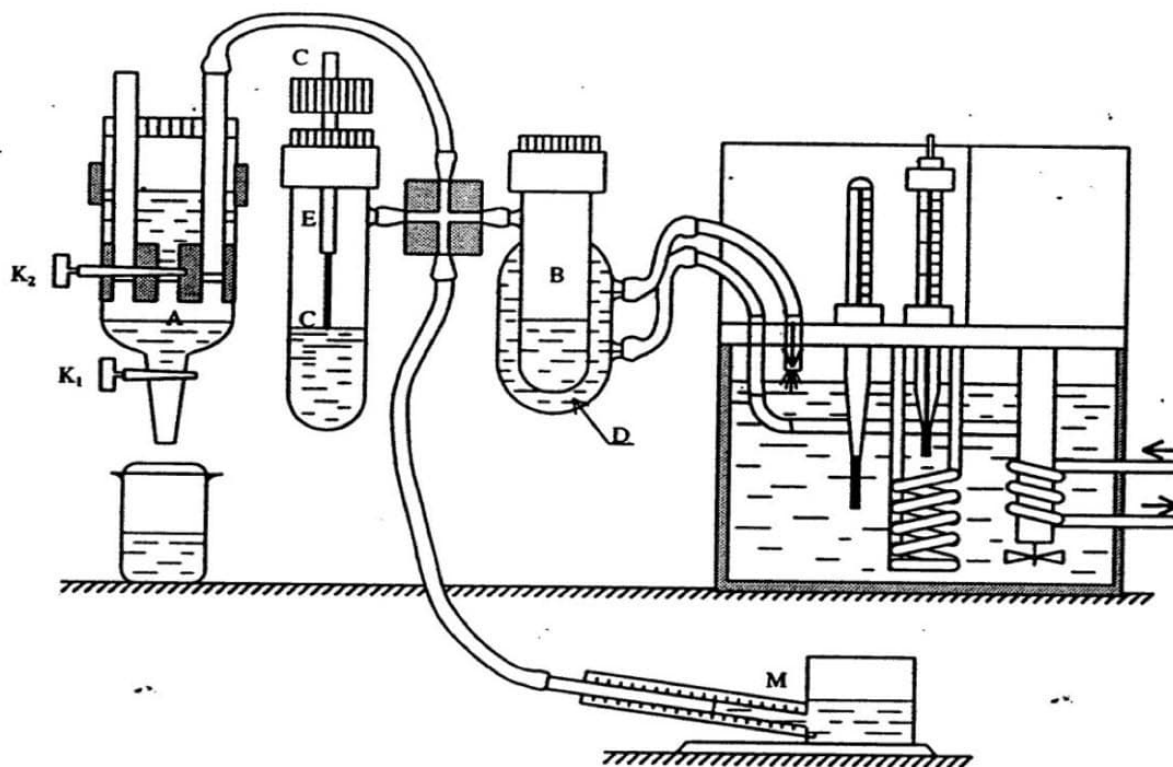


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. Тестовая жидкость (этиловый спирт) наливается в сосуд, через пробку в него входит полая металлическая игла. При создании достаточно разреженного воздуха в колбе пузырьки воздуха начинают пробужливаться, поверхностное натяжение измеряется по величине разрежения. Разрежение создается с помощью аспиратора, разность давлений измеряется спиртовым микроманометром.

Для стабилизации температуры через рубашку колбы с исследуемой жидкостью прогоняется вода из термостата. Из-за большой теплопроводности трубки температура в разных частях трубки заметно различна и ввиду теплового расширения поднимается уровень жидкости при изменении температуры. Поэтому при температурном измерении кончик иглы опускают до самого дна сосуда, тогда:

$$\Delta P = P - \rho gh \quad (4.1)$$

$\rho$  - плотность жидкости,  $h$  - высота погружения иглы.

## 5 Измерения и обработка данных

### Измерение радиуса иглы

Измерение радиуса иглы проводится двумя различными способами: с помощью коэффициента поверхностного натяжения спирта и непосредственно на микроскопе. При измерении давления нужно умножить показания прибора на  $0.2 \cdot 9.80665$ . Для спирта максимальное давление  $\Delta P = 82.38$

$r, 10^{-3} \text{ м}$	$\sigma_r, 10^{-3} \text{ М}$	$\varepsilon, \%$
0.55	0.009	1.9

Таблица 1: Радиус иглы, измеренный через эталонную жидкость (спирт).

При измерении на микроскопе получается диаметр иглы, равный:

$$d = (1.10 \pm 0.05) \text{ мм} \quad (5.1)$$

В дальнейшем примем  $d$ , равный измеренному микроскопом, так как результаты измерений близки друг к другу.

### Измерения глубины погружения

При погружении получаем значение, измеренное линейкой, равное 2.1 см, а перепад давлений равен 93 пункта или 182.4 Па, что соответствует 1.9 см столба воды.

### Коэффициент поверхностного натяжения от температуры

После обработки с известным радиусом иглы и перепадом высот, получим значения коэффициента поверхностного натяжения, представим в виде графика (2)

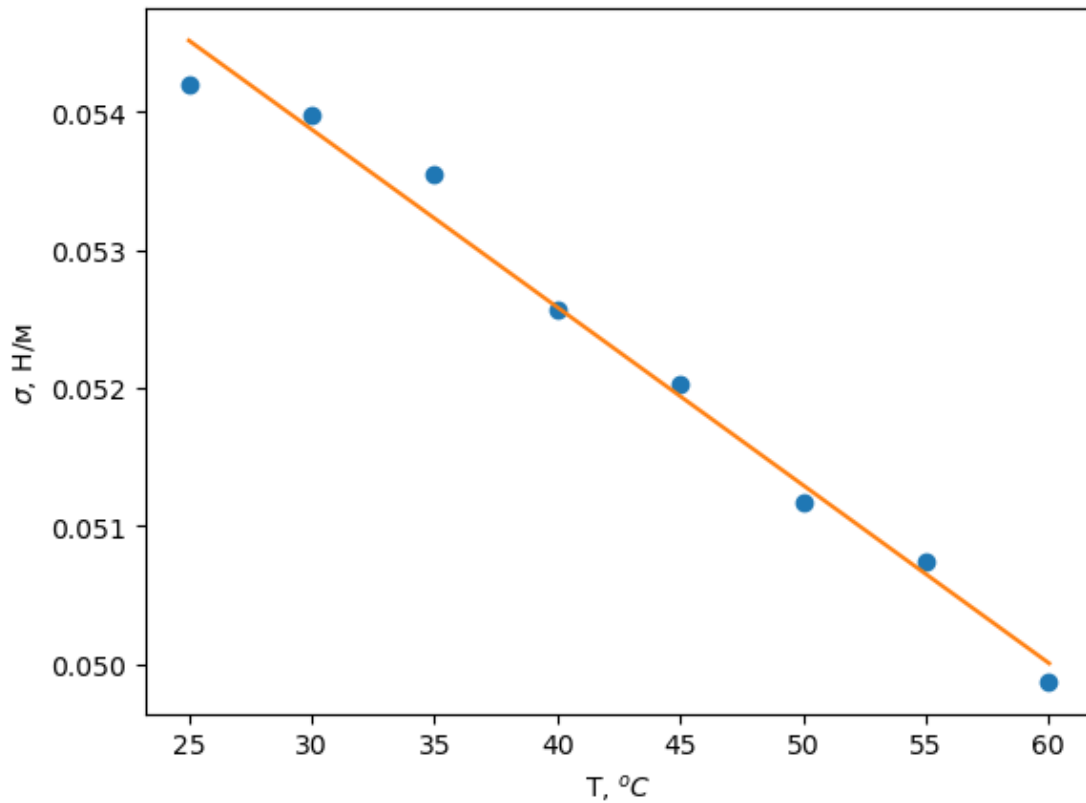


Рис. 2: Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры

Значения коэффициента натяжения при измерениях на глубине сосуда близки к табличным, их и будем учитывать при дальнейших расчетах. Несовпадение с результатами измерений на поверхности жидкости объясняется теплопроводностью металла.

Из аппроксимации графика найдем  $\frac{d\sigma}{dt}$ , а также построим график теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры и график поверхностной энергии единицы площади.

$\frac{d\sigma}{dt}, 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\sigma_{\sigma}, 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$\varepsilon, \%$
-0.13	0.04	20

Таблица 2: Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры.

$$q = -T \frac{d\sigma}{dT} \quad (5.2)$$

$$U_{\Pi} = (\sigma + q) \cdot \Pi \quad (5.3)$$

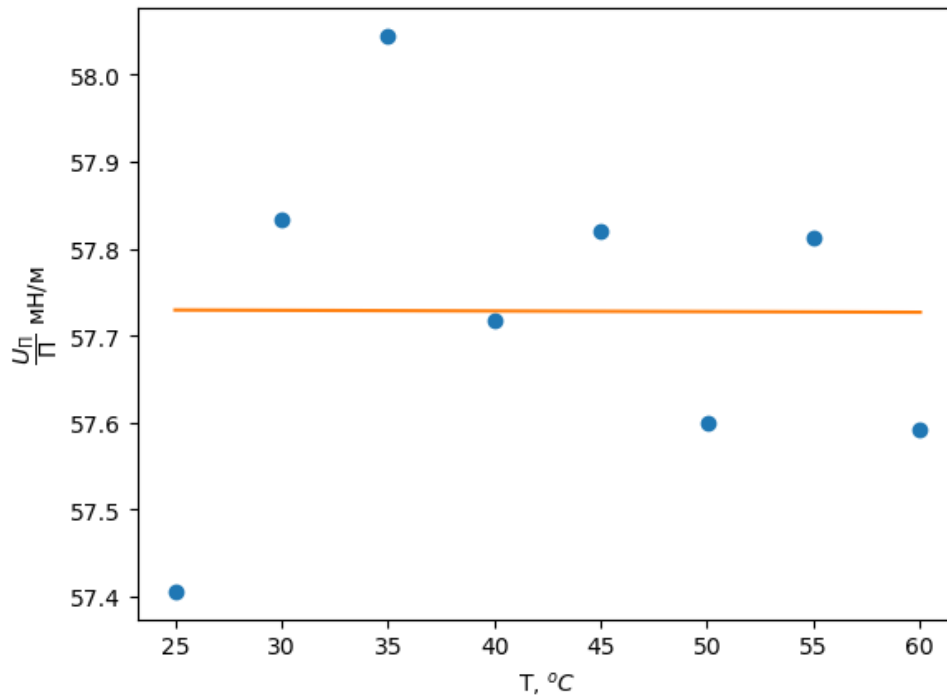


Рис. 3: Зависимость теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры и поверхностной энергии единицы площади

## 6 Выводы

1. Измерены коэффициенты поверхностного натяжения при разных температур, пронаблюдалась близость полученных результатов к табличным значениям.

(см. рис. 2)

2. Получена температурная зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры.

$$\frac{d\sigma}{dt} = (-0.13 \pm 0.04) \text{ мН}/(\text{м} \cdot \text{K})$$

при теоретическом значении

$$\frac{d\sigma}{dt} = -0.15 \text{ мН}/(\text{м} \cdot \text{K})$$

3. Вычислены зависимости теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры и поверхностной энергии единицы площади, постоянство второй из них подтверждается теоретически.