

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа прикладной математики и информатики

Лабораторная работа 2.5.1
Измерение коэффициента поверхностного
натяжения жидкости.

Автор:
Чикин Андрей
Б05-304

Долгопрудный 2024

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:

$$\Delta P = P_{\text{внутри}} - P_{\text{снаружи}} = \frac{2\sigma}{r} \text{ (формула Лапласа)} \quad (1)$$

σ - коэффициент поверхностного натяжения, r - радиус кривизны поверхности.

4 Экспериментальная установка:

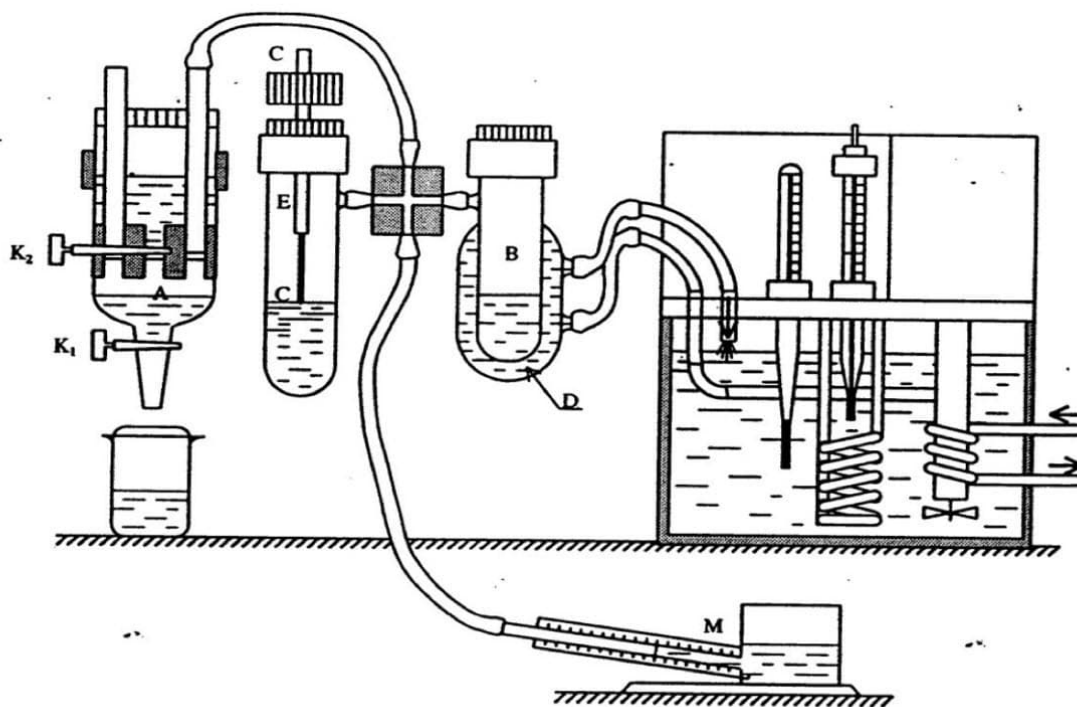


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке ???. 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 пробулькивать, поверхностное натяжение измеряется по величине разряжения. Разряжение 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:

$$\Delta P = P - \rho gh \quad (2)$$

ρ - 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 $\Delta P = 82.38$

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

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

При измерении на микроскопе получается диаметр иглы, равный:

$$d = (1.10 \pm 0.05). \quad (3)$$

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 (??)

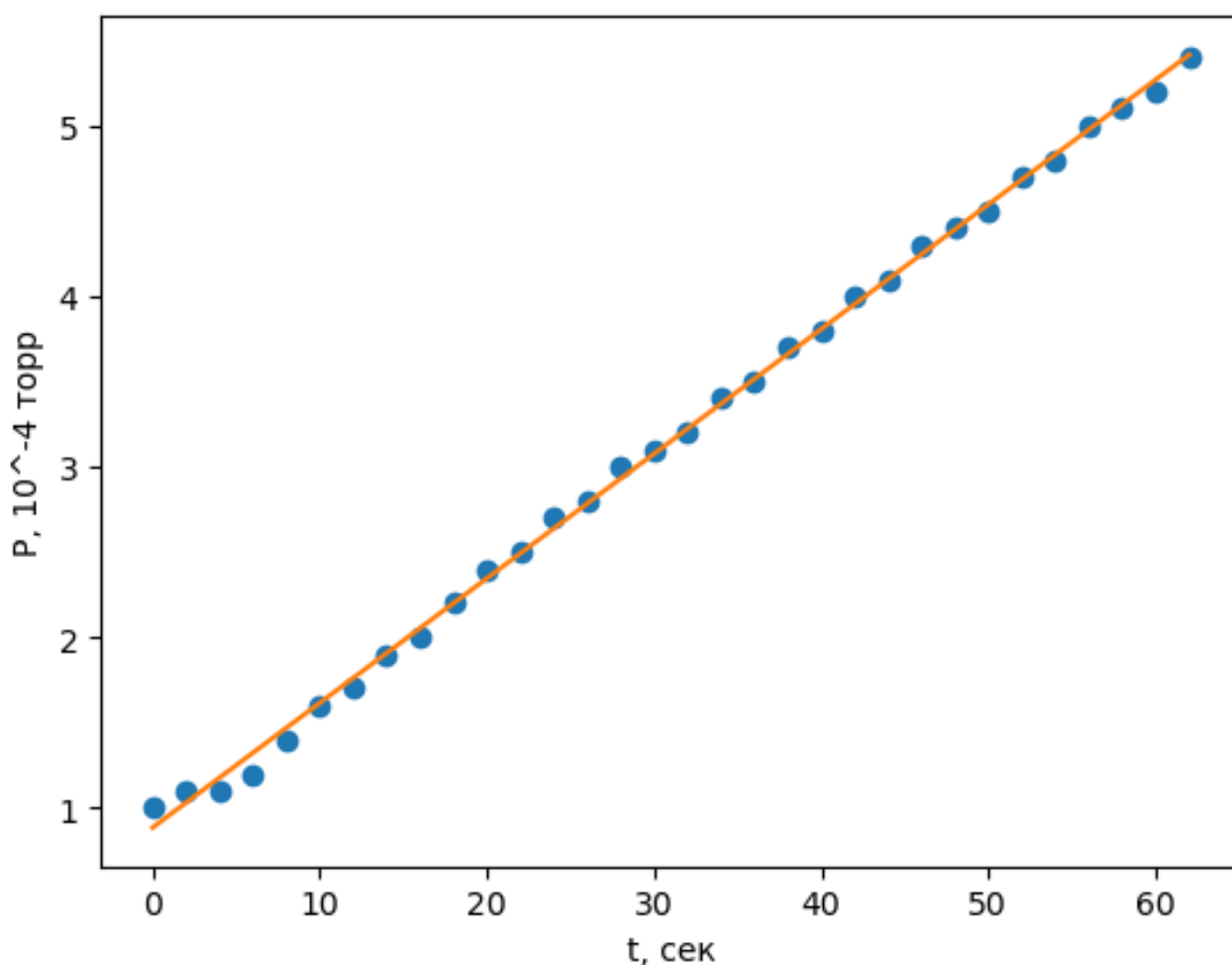


Рис. 2: Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры

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.

Таблица 2: Зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры

$\frac{d\sigma}{dt}, 10^{-3} \frac{\text{мН}}{\text{м}\cdot\text{К}}$	$\sigma_{\sigma}, 10^{-3} \frac{\text{мН}}{\text{м}\cdot\text{К}}$	$\varepsilon, \%$
-0.129	0.040	20

(??)

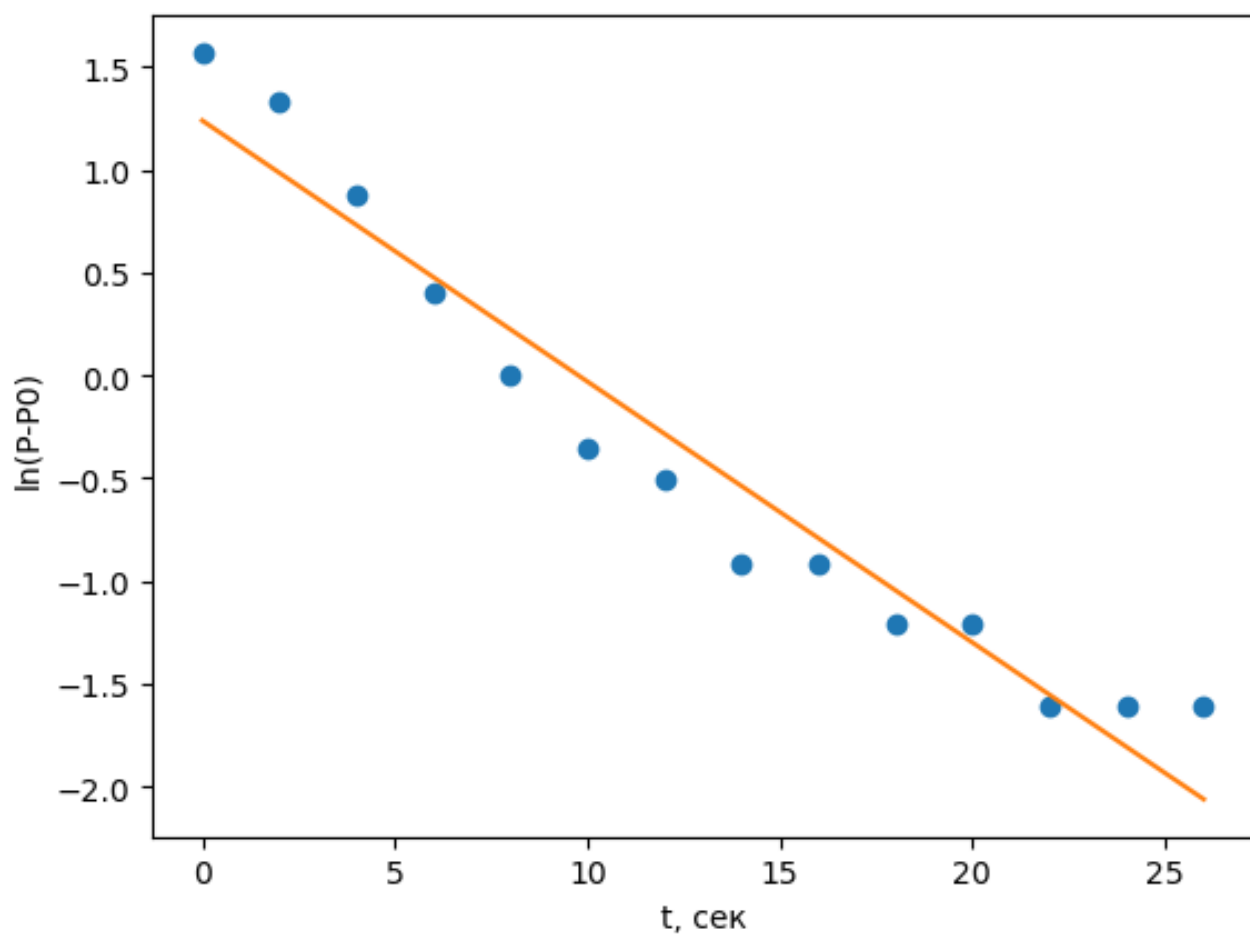


Рис. 3: Теплота образования единицы поверхности жидкости и поверхностная энергия единицы площади

(??)

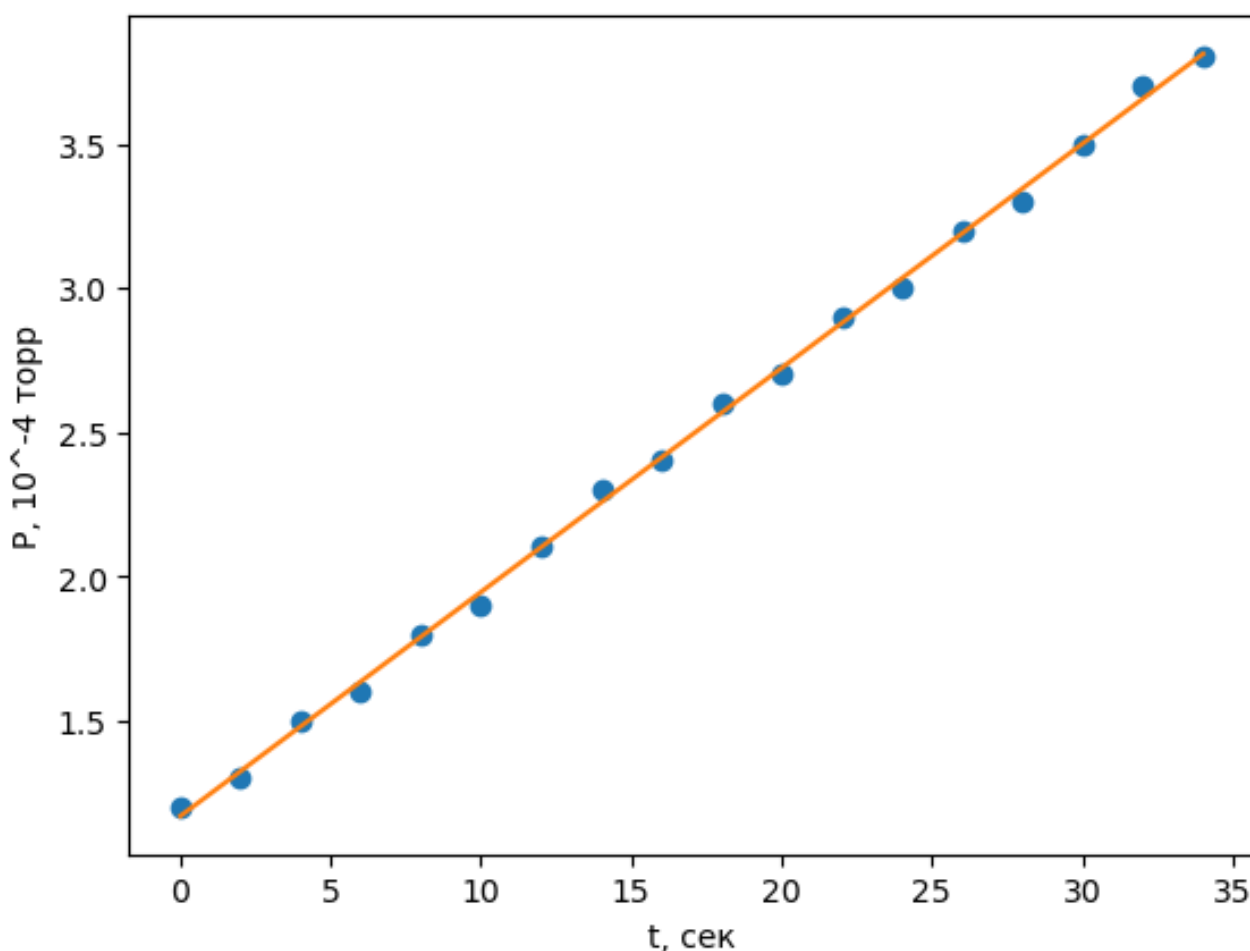


Рис. 4: Зависимость теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры и поверхностной энергии единицы площади

6 Выводы

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

2. Получена температурная зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры. $\frac{d\sigma}{dt} = -0.129 \pm 0.040, 10^{-3} \frac{\text{мН}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ при теоретическом значении $\frac{d\sigma}{dt} = -0.15, 10^{-3} \frac{\text{мН}}{\text{м}\cdot\text{К}}$

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