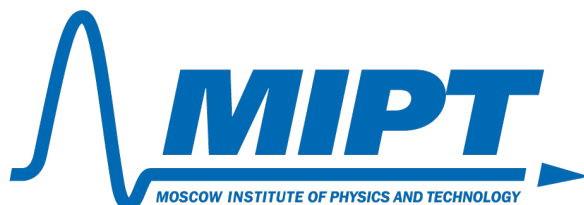


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ



Лабораторная работа № 2.5.1
**Измерение коэффициента поверхностного натяжения
жидкости**

Баранов Даниил
Группа Б02-103

Долгопрудный, 2022 г.

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.

В работе используются: прибор Ребиндера с термостатом и микроманометром; исследуемые жидкости; стаканы.

1 Теоретическая часть

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:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{r}, \quad (1)$$

где σ — коэффициент поверхностного натяжения, ΔP — разница давлений внутри и снаружи пузырька, r — радиус кривизны поверхности раздела двух фаз. Эта формула лежит в основе предлагаемого метода определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

2 Экспериментальная установка

Исследуемая жидкость (дистиллированная вода) наливается в сосуд (колбу) **В** (рис. 1). 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 погружен 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 ΔP (1), необходимого для прохождения пузырьков (при известном радиусе иглы). Разрежение в системе создается с помощью аспиратора **А**. Кран **К2** разделяет две полости аспиратора. Верхняя полость при закрытом кране **К2** заполняется водой. Затем кран **К2** открывают и заполняют водой нижнюю полость аспиратора. Разрежение воздуха создается в нижней полости при открывании крана **К1**, когда вода вытекает из неё по каплям. В колбах **В** и **С**, соединённых трубками с нижней полостью аспиратора, создается такое же пониженное давление. Разность давлений в полостях с разреженным воздухом и атмосферой измеряется спиртовым микроманометром.

В таблице 4 приведены результаты измерений, позволяющих исследовать зависимость $\sigma = \sigma(T)$.

Таблица 4: Результаты измерений.

$T, ^\circ\text{C}$	$h, \text{мм}$	$\Delta P, \text{Па}$	$\sigma, \text{мН/м}$	$\sigma_\sigma, \text{мН/м}$	$\sigma_\sigma/\sigma, \%$
21,4	231,0	257,0	66,8	1,5	2,3
25,4	230,0	255,3	66,4	1,5	2,3
30,3	228,0	251,3	65,3	1,5	2,3
35,2	227,0	249,4	64,8	1,5	2,3
39,9	226,0	247,4	64,3	1,5	2,3
45,0	224,0	243,5	63,3	1,5	2,3
49,9	222,5	240,5	62,5	1,5	2,3
54,9	219,0	233,7	60,8	1,5	2,3
59,8	218,0	231,7	60,2	1,5	2,3

По полученным данным построим график зависимости $\sigma = \sigma(T)$ (рис. 2) и проанализируем его (5).

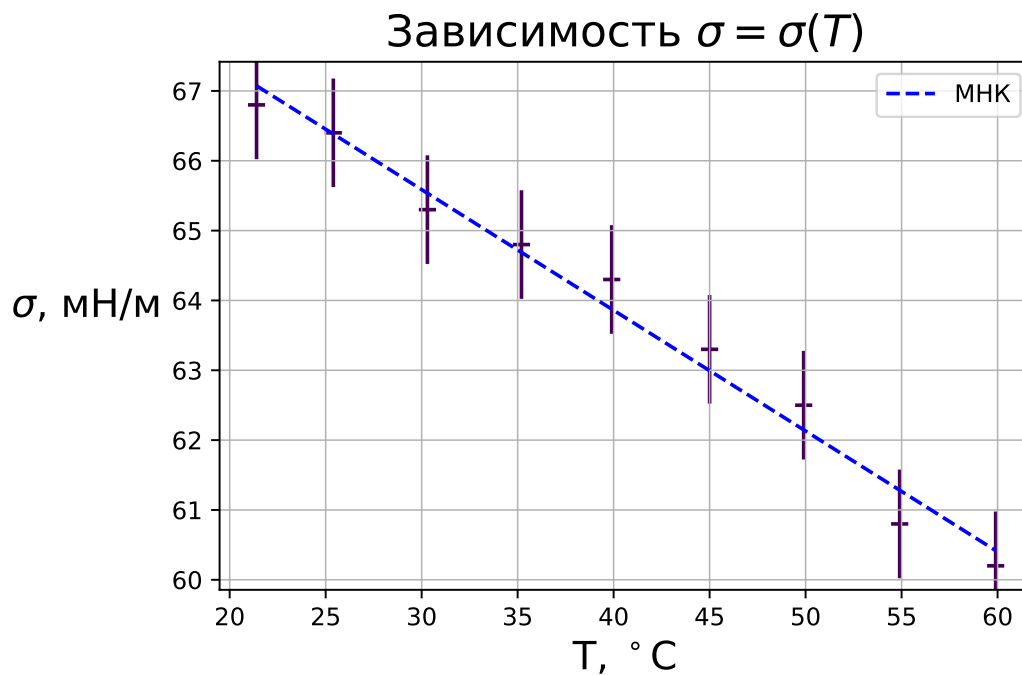


Рис. 2: Зависимость $\sigma = \sigma(T)$.

Таблица 5: Анализ зависимости $\sigma = \sigma(T)$.

$d\sigma/dT, \text{мН/м}\cdot^\circ\text{C}$	Погрешность, $\text{мН/м}\cdot^\circ\text{C}$	$\epsilon, \%$
-0,17	0,01	5,9

Дополнительно найдем зависимость теплоты образования единицы поверхности жидкости $q = -T \frac{d\sigma}{dT}$ и поверхностной энергии единицы площади $U/\Pi = \sigma + q$ от

температуры. Результаты вычислений представлены в таблице 6, а графики на рис. 3 и рис. 4.

Таблица 6: Результаты дополнительных вычислений.

$T, \text{ К}$	294,4	298,4	303,3	308,2	312,9	318	322,9	327,9	332,8
$q, \text{ мДж/м}^2$	50	51	52	52	53	54	55	56	57
$U/\Pi, \text{ мДж/м}^2$	116,8	117,4	117,3	116,8	117,3	117,3	117,5	116,8	117,2

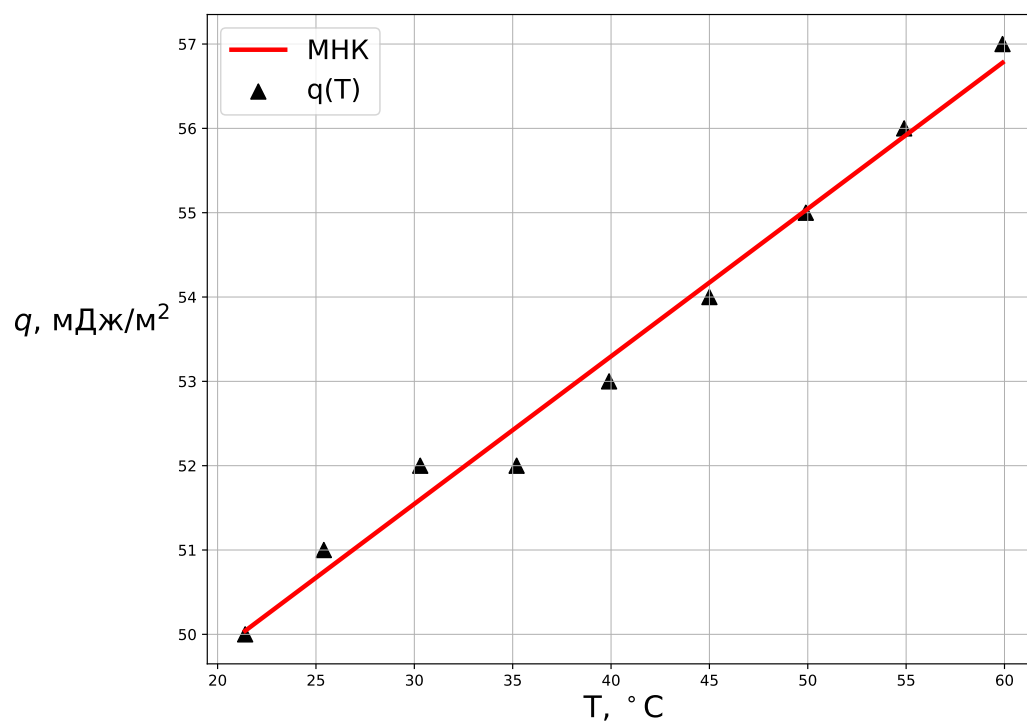


Рис. 3: Зависимость $q = q(T)$.

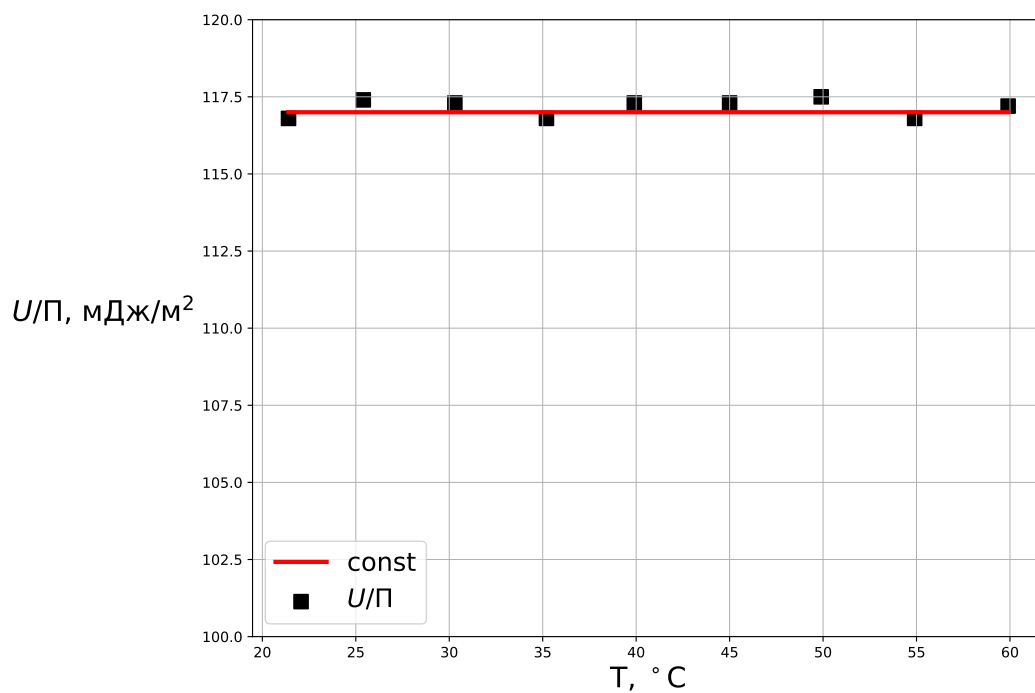


Рис. 4: Зависимость U/Π от T .

Обсуждение полученных результатов

- В интервале температур от 23°C до 60°C зависимость $\sigma = \sigma(T)$ является линейной с коэффициентом наклона $d\sigma/dT = (-0,17 \pm 0,01) \text{ мН/м}\cdot^{\circ}\text{C}$. Стоит отметить, что наш результат в пределах погрешности совпадает с табличным значением $d\sigma/dT \approx -0,16$.
- Теплоты образования единицы поверхности жидкости $q = q(T)$ линейно зависит от температуры на исследуемом интервале температур.
- Внутренняя энергия поверхности U/Π не зависит от температуры и есть константа $U = 117 \text{ мДж/м}^2$.