

Отчет о выполнении
лабораторной работы 2.5.1

Измерение коэффициента
поверхностного натяжения
жидкости

Выполнил: Тимонин Андрей
Группа: Б01-208

Дата: 20.04.2023

1 Введение

Цели работы:

1. Измерение коэффициента поверхностного натяжения исследуемой жидкости при разной температуре с использованием известного коэффициента поверхностного коэффициента другой жидкости;
2. Определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности жидкости.

В работе используются:

1. Прибор Ребиндера с термостатом;
2. Исследуемые жидкости;
3. Стаканы;
4. Микроскоп;
5. Линейка.

2 Экспериментальная установка

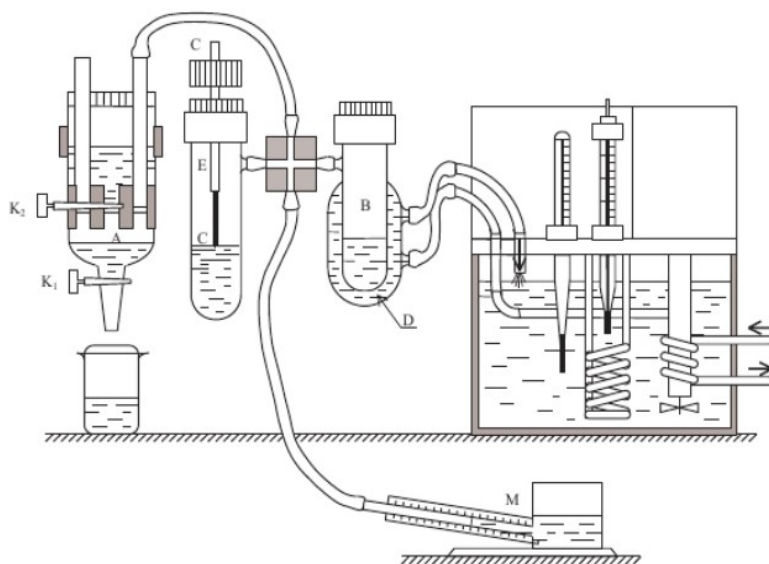


Рис. 1 Схема экспериментальной установки

3 Экспериментальные данные

3.1 Измерение радиуса иглы

Измерим радиус иглы двумя способами:

1. При помощи микроскопа;
2. Используя формулу и показания спиртового манометра.

При измерении микроскопом имеем:

d_{total} , мм	d_{inner} , мм	r_1 , мм
1.4 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.6 ± 0.1

Таблица 1. Результаты измерения иглы микроскопом

Используя формулу и полученные данные:

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

Получаем:

$$r_2 = \frac{2 \cdot 22.78}{44.0 \cdot 0.2 \cdot 9.80665} = 0.5 \quad (2)$$

Найдем погрешность r_2 :

$$\Delta r_2 = \frac{1}{44.0} \cdot 0.50 = 0.01 \quad (3)$$

Значит $r_2 = 0.50 \pm 0.01$ мм

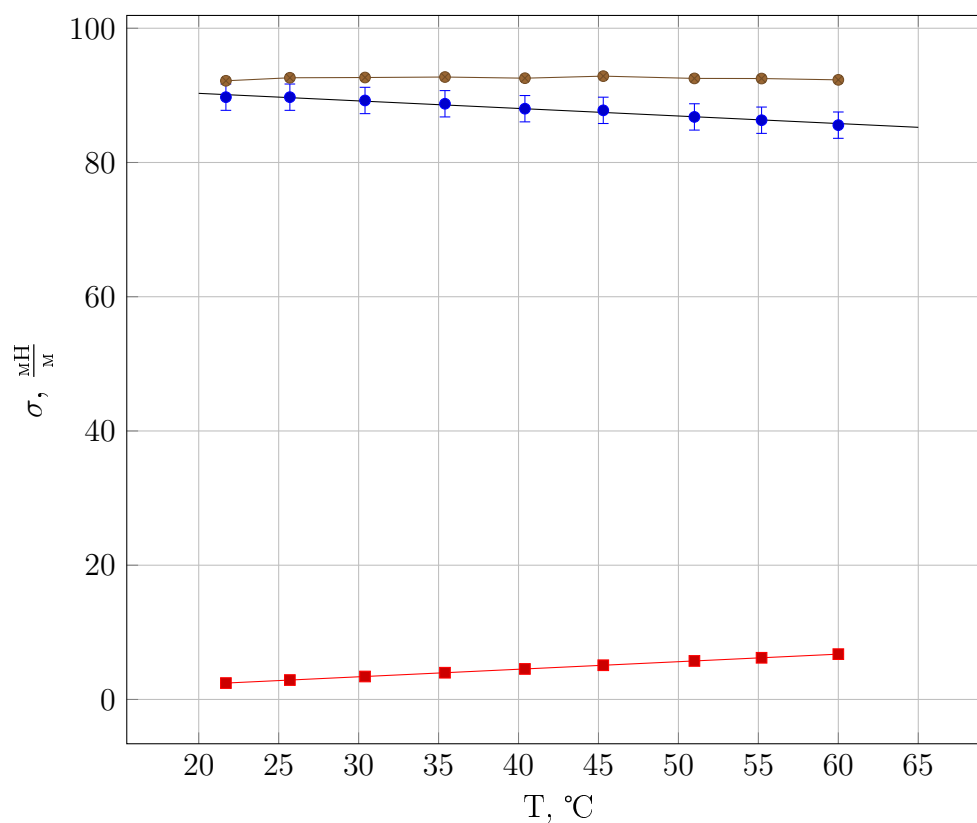
3.2 Измерение температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения

№	T , °C	h , мм	P , Па	σ , $\frac{\text{мН}}{\text{м}}$	q , $\frac{\text{мН}}{\text{м}}$	$\frac{U}{\Pi}$, $\frac{\text{мН}}{\text{м}}$
1	21.7 ± 0.1	183.0 ± 0.5	358.9 ± 0.9	89.7	2.4	92.2
2	25.7 ± 0.1	183.0 ± 0.5	358.9 ± 0.9	89.7	2.8	92.6
3	30.4 ± 0.1	182.0 ± 0.5	356.9 ± 0.9	89.2	3.4	92.7
4	35.4 ± 0.1	181.0 ± 0.5	355.0 ± 0.9	88.7	3.9	92.7
5	40.4 ± 0.1	179.5 ± 0.5	352.1 ± 0.9	88.0	4.5	92.6
6	45.3 ± 0.1	179.0 ± 0.5	351.1 ± 0.9	87.8	5.1	92.9
7	51.0 ± 0.1	177.0 ± 0.5	347.2 ± 0.9	86.8	5.7	92.5
8	55.2 ± 0.1	176.0 ± 0.5	345.2 ± 0.5	86.3	6.2	92.5
9	60.0 ± 0.1	174.5 ± 0.5	342.3 ± 0.9	85.6	6.7	92.3

Таблица 3. Результаты эксперимента

Коэффициенты графика наилучшей прямой получены методом наименьших квадратов:

- $a = -0.11248$;
- $b = 92.55050$.



Найдем погрешность коэффициента a

$$\Delta_a = \sqrt{\frac{1}{9-2} \cdot \left(\frac{2.04}{158.9} - (-0.11248)^2 \right)} = 0.07 \quad (4)$$

Относительная погрешность: $\epsilon_a = \frac{0.07}{0.11248} = 0.62 \approx 62\%$ - достаточно большая погрешность. На это указывает и разброс значения y на графике.

Таблицы

Таблица 1

Плотность (ρ), коэффициенты поверхностного натяжения (σ) и объемного расширения (α), удельная теплоемкость (C_p) воды при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\sigma, \text{мН/м}$	$\alpha \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	$C_p, \text{Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
2	999,9	75,36	-0,328	4210,7
4	1000,0	75,08	0,003	4204,8
6	999,9	74,79	0,313	4199,9
10	999,7	74,23	0,880	4192,1
15	999,1	73,50	1,509	4185,6
20	998,2	72,75	2,068	4181,7
25	997,0	71,99	2,572	4179,5
30	995,6	71,20	3,033	4178,5
35	994,0	70,41	3,457	4178,2
40	992,2	69,60	3,853	4178,6
45	990,2	68,78	4,224	4179,4
50	988,0	67,94	4,575	4180,7
55	985,7	67,1	4,909	4182,35
60	983,2	66,24	5,230	4184,4
65	980,6	65,36	5,539	4186,85
70	977,8	64,47	5,838	4189,7
80	971,8	62,67	6,411	4196,5
90	965,3	60,82	6,962	4205,0
100	958,4	58,91	7,500	4216,4

Рис. 2 Характеристики воды при разных температурах

Таблица 2

Плотность (ρ), коэффициенты поверхностного натяжения (σ) и объемного расширения (α), удельная теплоемкость (C_p) этанола при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$\sigma, \text{мН/м}$	$\alpha \cdot 10^3, \text{K}^{-1}$	$C_p, \text{Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
10	797,9	23,63	1,059	2321
20	789,5	22,78	1,079	2398
30	781,0	21,90	1,103	2483
40	772,2	21,00	1,133	2576
50	763,3	20,10	1,170	2677
60	754,1	19,20	1,217	2785
70	744,6	18,30	1,275	2902
80	734,8	17,39	1,346	3027
90	725,1	16,45	1,346	3160
100	715,7	15,48	1,534	3302

Рис. 3 Характеристики этанола при разных температурах

4 Выводы

- Формула (1) верна для нахождения радиуса капилляра. $r_2 \approx r_1$. Относительная погрешность равна 11.7%. Используя формулу (1) можно найти радиус иглы с большей точностью;

- Коэффициент поверхностного натяжения действительно слабо зависит от изменения температуры, это видно из таблицы и графика (При изменении $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ имеем изменение $\Delta\sigma = -4.1 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$);
- Полученный коэффициент наклона наилучшей прямой $\frac{d\sigma}{dT}$ отрицательна, что соответствует теории (поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры);
- При этом поверхностная энергия единицы площади практически остается const, а значит тепло идет на увеличение поверхности пленки.