

Отчет о выполнении лабораторной работы 2.5.1

Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

Костылев Влад, Б01-208

28 апреля 2023 г.

Аннотация

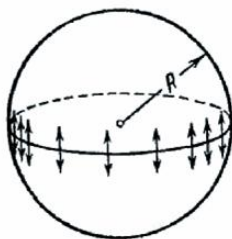
Цель работы: 1) измерение температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения дистиллированной воды с использованием известного коэффициента поверхностного натяжения спирта; 2) определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности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

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

1 Теоретическая справка

Для сферического пузырька с воздухом внутри жидкости избыточное давление даётся формулой Лапласа:

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



где σ – коэффициент поверхностного натяжения, $P_{\text{внутри}}$ и $P_{\text{снаружи}}$ – давление внутри пузырька и снаружи, R – радиус кривизны поверхности раздела двух фаз.

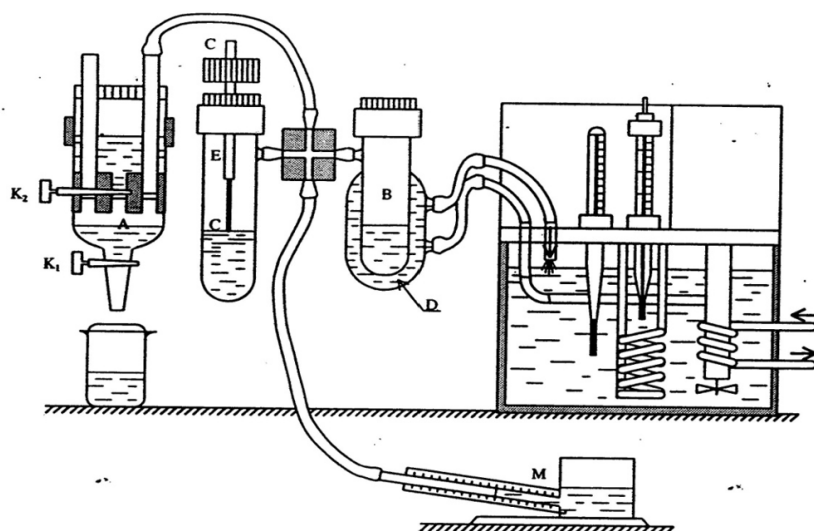
2 Используемое оборудование

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

3 Методика измерений

Исследуемая жидкость (дистиллированная вода) и тестовая жидкость (этиловый спирт) наливаются в сосуд (см. рис. ниже). При создании достаточного разряжения воздуха в колбе с иглой пузырьки воздуха начинают побулькивать через жидкость. Поверхностное натяжение можно определить по величине разряжения ΔP (1), необходимого для прохождения пузырьков (при известном радиусе иглы).

Разряжение в системе создается с помощью аспиратора А. 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.



4 Результаты измерений и обработка данных

Убедившись в герметичности системы, начнем измерения. Откроем кран K1 аспиратора и подберем частоту падения капель из него так, чтобы максимальное давление манометра не зависело от этой частоты (не чаще, чем 1 капля в 5 секунд).

При пробулькивании спирта:

$$\Delta P_{\text{спиртmax}} = 39 \text{ мм.спирт.ст}$$

Сделаем несколько пробулькиваний, полученные данные внесем в таблицу и рассчитаем радиус:

dP	dP, Па	r_тр, мм
39	60,34938	0,75493733
37	57,25454	0,79574476
38	58,80196	0,77480411
38	58,80196	0,77480411
37	57,25454	0,79574476

Тогда получаем радиус:

$$R = 0.78 \pm 0.02 \text{ мм}$$

Измерив данный радиус микрометром мы получаем значение 0.55 мм. Вы еще раз можете убедиться в моей криворукости.

Теперь, утопим иглу на максимальную высоту, оставив небольшое расстояние до дна, чтобы пузырек его не касался. И сравним посчитанные значения со значениями микроманометром ($P_2 - P_1$).

h1, см	P1_макс	h2, см	P1_макс	dP	dP, Па	dP_h, Па
1,5	107	0,7	146	39	76,518	78,48

Можем заметить, что полученные разницы очень близки друг другу.

Ну а теперь самая долгая часть работы, снятие зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры (от 20 до 60 градусов цельсия с шагом в 5):

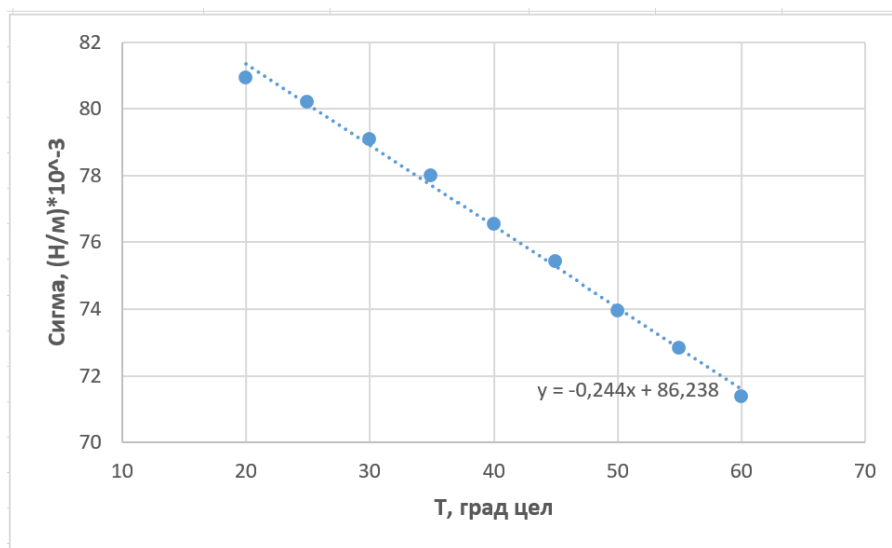
T, град цел	dP	dP, Па	сигма
20	149	292,338	80,9325
25	148	290,376	80,19675
30	146,5	287,433	79,09313
35	145	284,49	77,9895
40	143	280,566	76,518
45	141,5	277,623	75,41438
50	139,5	273,699	73,94288
55	138	270,756	72,83925
60	136	266,832	71,36775

Сравним их с табличными значениями:

температура, °C	поверхностное натяжение, (Н/м) *10 ⁻³
5	74,90
10	74,22
15	73,49
18	73,05
20	72,75
25	71,97
30	71,18
40	69,56
50	67,91
60	66,18
70	64,40
80	62,60
100	58,90

Видим, все значения отличаются на небольшую константу, это связано с проблемами измерения радиуса иглы.

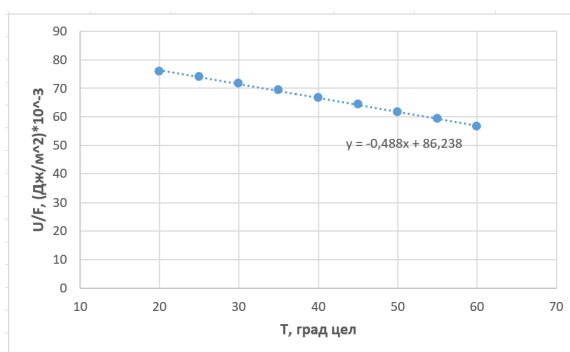
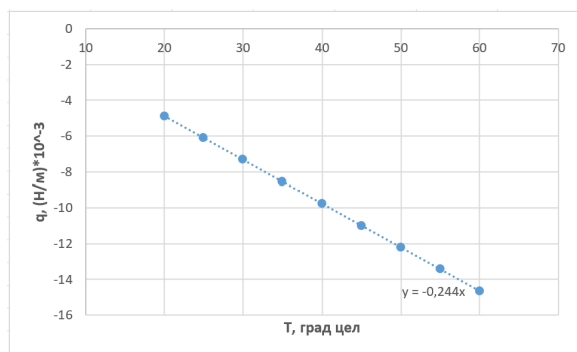
По посчитанным данным построим график, проаппроксимируя их:



Тогда из графика находим:

$$\frac{d\sigma}{dT} = -0.244 \times 10^{-3} \frac{H}{м * K}$$

Построим еще два графика: теплоты образования единицы поверхности жидкости ($q = -T \frac{d\sigma}{dT}$) и поверхностной энергии U единицы площади F ($\frac{U}{F} = (\sigma - T \frac{d\sigma}{dT})$):



5 Заключение

В данной работе мы научились довольно точно измерять коэффициент поверхностного натяжения жидкости, а именно дистиллированной воды, также в ходе выполнения лабораторной мы научились пользоваться спиртовым микроманометром.