

Лабораторная работа 2.5.1

Измерение коэффициента поверхностного натяжения ЖИДКОСТИ

Татаурова Юлия Романовна

28 февраля 2024 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.

Оборудование: прибор Ребиндера с термостатом и микроманометром; исследуемые жидкости; стаканы.

Теоретические сведения и экспериментальная установка

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

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

Соответственно эта формула и будет использована для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

Экспериментальная установка изображена ниже.

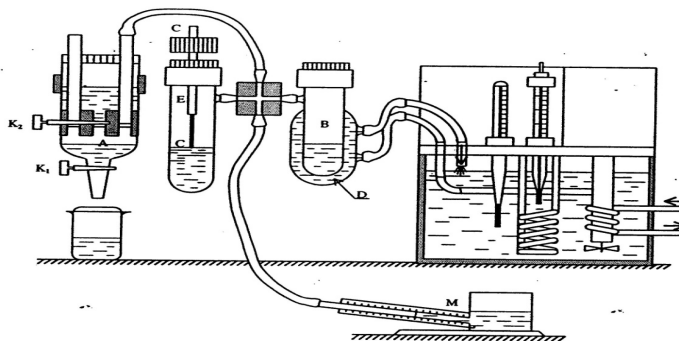


Рис. 1: Экспериментальная установка

В колбе Е находится спирт, в колбе В - дистиллированная вода. Разряжение в системе создается с помощью аспиратора А (вода вытекает при открытии крана К1). А разность давлений измеряется спиртовым микроманометром М

Поверхностное натяжение можно определить по величине разряжения ΔP , необходимого для прохождения пузырьков при известном радиусе иглы.

Стабилизация температуры воды происходит через рубашку D колбы, в которой непрерывно прогоняется вода из термостата.

Чтобы устранить погрешность в измерении давления при погружении иглы (1) температура на конце металлической трубки заметно ниже, чем в глубине жидкости; 2) тепловое расширение поднимает уровень жидкости) погрузим кончик трубы на самое дно. Тогда давление, измеренное микрометром, будет $P = \Delta P + \rho gh$. Последнее слагаемое измерим двумя способами:

- 1) замерим величину P_1 , когда кончик трубы только касается поверхности жидкости. После опустить иглу до дна и замерить P_2 . Разность $P_2 - P_1$ и есть ρgh ;
- 2) измерить линейкой глубину погружение иглы h .

Экспериментальные данные

Игла опущена до прикосновения со спиртом. Таблица максимальных давлений при пробулькивании изображена ниже.

№	1	2	3
$\Delta P_{\text{спирт}}$, Па	78.48	76.518	78.48

Таблица 1: Максимальное давление при пробулькивании пузырьков воздуха через спирт

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_{\text{ср}} - P_i)^2}{N - 1}} + \sigma_{\text{инстр}}^2$$

$$\sigma_{\text{инстр}} = 0.2 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{спирт}} = 77.80 \pm 0.95 \text{ Па}$$

Определим диаметр иглы:

1) **С помощью микроскопа:** $d_{\text{игл}} = 1.05 \pm 0.05 \text{ мм} (\approx 5\%)$

2) **По формуле :** $d_{\text{иглы}} = 1.17 \pm 0.1 \text{ мм} (\approx 5.8\%)$, где $\sigma_d = \frac{\sigma_P}{\rho g} = 0.1 \text{ мм}$

Опустим иглу в проибирку с водой до касания поверхности жидкости и измерим максимальное давление P_1 , при котором происходит пробулькивание. Теперь утопим иглу до предела и так же измерим давление P_2 .

Величины	P_1 , Па	P_2 , Па	h_1 , мм	h_2 , мм	$h_1 - h_2$, мм	$\frac{P_2 - P_1}{\rho g}$, мм
Данные	209.2	315.84	18 ± 1	7 ± 1	11 ± 2	10.9 ± 0.14

Таблица 2: Максимальное давление при пробулькивании воду при различных положениях иглы

$$\sigma_{\Delta h} = \frac{\sqrt{2}\sigma_P}{\rho g} = 0.14 \text{ мм}$$

Теперь снимем зависимость $\sigma(T)$ дистиллированной воды. Время установления заданной температуры в колбе с водой большое, поэтому после достижения указанной на термостате температуры необходимо еще в течение 5-7 минут подождать достижения равновесия в жидкости.

P	163	166	167	171	169	167	166	165
	164	166	167	170	169	167	166	165
	164	166	166	171	170	166	166	165
$T^{\circ}C$	25	30	35	40	45	50	55	60

Таблица 3: Зависимость давления воды от температуры

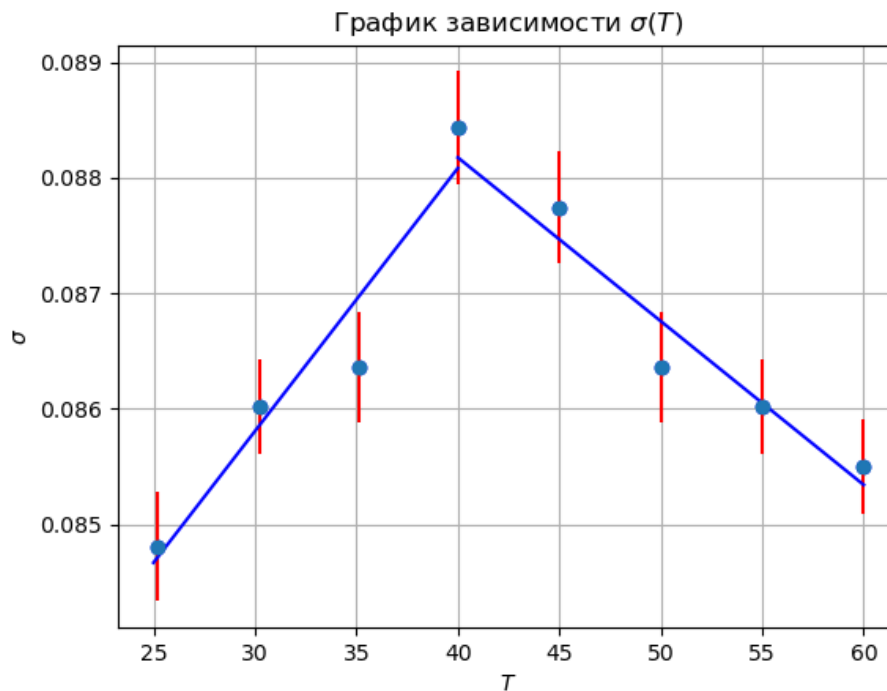


Рис. 2: График зависимости $\sigma(T)$ поверхностного натяжения воды от температуры

$$k_1 = 22 \cdot 10^{-5} \text{ Н}/(\text{м}^{\circ}C); k_2 = 14 \cdot 10^{-5} \text{ Н}/(\text{м}^{\circ}C)$$

Выводы и результаты

- 1) Сравнение диаметров иглы, полученных с помощью микроскопа и измерений:**
Диаметр иглы, посчитанный по формуле получился порядка 1мм, что в пределах погрешности совпадает с измерениями на микроскопе.
- 2) Сравнение разности высот погружения иглы:**

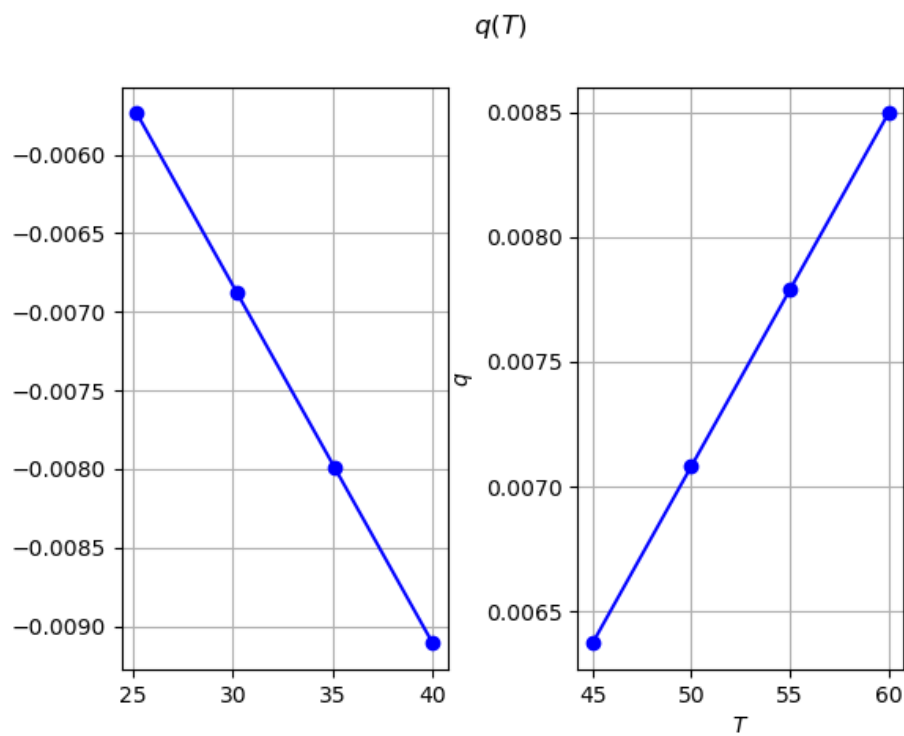


Рис. 3: График зависимости $q(T)$ теплоты образования единицы поверхности жидкости от температуры

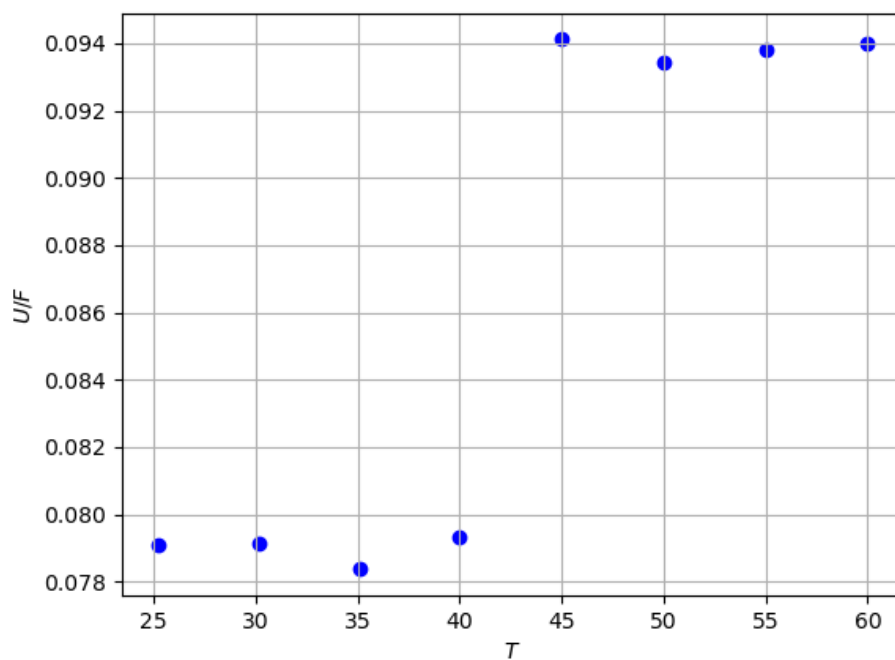


Рис. 4: График зависимости $\frac{U}{F}(T)$ поверхностной энергии единицы воды от температуры

Разность, посчитанная по формуле так же совпадает с разностью, измеренной линейкой в пределах погрешности.

3) Зависимость коэф. поверхностного натяжения воды от температуры:

При увеличении температуры жидкости σ должна убывать, однако в эксперименте она сначала увеличивалась, а потом уже уменьшалась. С чем это может быть связано? Во-первых, из-за недостаточного времени ожидания при прогреве жидкости. Термостат показывает текущую температуру на дне сосуда, в то время, как игла воткнута на середину возможного погружения. Из-за чего жидкость не успевала прогреваться. Поэтому полученные данные нельзя считать корректными. К тому времени, как жидкость действительно начала прогреваться, σ начала падать, что можно увидеть на графике.