

Отчёт о выполнении лабораторной работы 2.5.1

Измерение коэффициента поверхностного натяжения ЖИДКОСТИ

Комкин Михаил, группа Б01-303

Февраль 2024

Цель работы: 1) измерение коэффициента поверхностного натяжения исследуемой жидкости при разной температуре с использованием известного коэффициента поверхностного натяжения другой жидкости; 2) определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности жидкости.

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

1 Теория.

Наличие поверхностного слоя приводит к различию давлений по разные стороны от искривлённой границы раздела двух сред. Для сферического пузырька внутри жидкости избыточное давление даётся формулой Лапласа:

$$\Delta P = P - P_0 = \frac{2\sigma}{r}$$

2 Экспериментальная установка.

Исследуемая жидкость (анилин) наливается в сосуд В. Дистиллированная вода наливается в сосуд Е. Сосуды закрыты пробками. Через пробку сосуда, в котором проводятся измерения, проходит полая металлическая игла С, нижний конец которой погружен в жидкость, а верхний открыт в атмосферу. Если другой сосуд герметично закрыт, то в сосуде с иглой создаётся разрежение, и пузырьки воздуха начинают пробужливаться через жидкость. Поверхностное натяжение можно найти по величине разрежения, необходимого для прохождения пузырьков. При приоткрытом кране К1 из аспиратора А по каплям вытекает вода, создавая разрежение, которое измеряется наклонным спиртовым манометром М. Показания манометра, умноженные на зависящий от наклона коэффициент (обычно 0,2), дают давление в $\frac{1}{2}$. Для стабилизации температуры исследуемой жидкости через рубашку D непрерывно прогоняется вода из термостата.

Кончик иглы должен касаться лишь поверхности жидкости, чтобы исключить влияние гидростатического давления столба жидкости. Однако при измерении температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения возникает ряд сложностей. Во-первых, большая теплопроводность металлической трубки приводит к тому, что температура на конце трубки заметно ниже, чем в глубине жидкости. Во-вторых, тепловое расширение поднимает уровень жидкости при увеличении температуры.

Обе погрешности можно устранить, погрузив кончик трубки до самого дна. Полное давление, измеренное при этом микроманометром, $P = \Delta P + pgh$. pgh от температуры практически

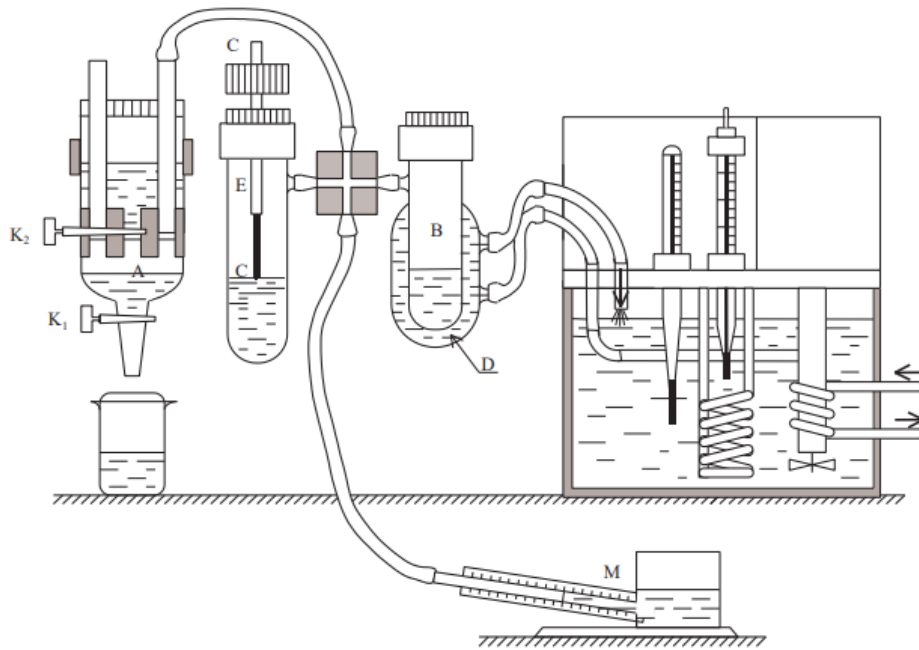


Рис. 1: Схема установки для измерения температурной зависимости коэффициента поверхностного натяжения

не зависит, так как подъём уровня жидкости компенсируется уменьшением её плотности. Величину $pg h$ будем измерять экспериментально двумя методами. Во-первых, замеряем величину $P_1 = \Delta P'$, когда кончик трубки только касается поверхности жидкости. Затем при этой же температуре опустить иглу до дна и замерить $P_2 = pg h + \Delta P''$. Из-за несжимаемости жидкости можно положить $\Delta P' = \Delta P''$ и тогда $pg h = P_2 - P_1$. Во-вторых, при измерениях P_1 и P_2 замерить линейкой глубину погружения иглы h_1 и h_2 . Это легко сделать, замеряя расстояние между верхним концом иглы и любой неподвижной частью прибора.

3 Выполнение.

3.1 Измерение радиуса иглы

Давление при котором происходит пробукливание рассчитаем по формуле: $P = \rho g h * 0,2$, где (2)

h - высота на которую поднялась вода

Рассчитаем r используя формулу (1)

$P_{\text{проб}}$	$\sigma_{P_{\text{проб}}}$	$r_{\text{пр}}, \text{мм}$
37 мм	2	0,52
38 мм	2	0,51
37 мм	2	0,52

Таблица 1: Измерение радиуса углы

Получаем

$$r_{\text{пр}} = (0.52 \pm 0,1)\text{мм}$$

Значение отличается от измеренного под микроскопом

$$r_{\text{микро}} = (0.6 \pm 0.05)\text{мм}$$

в пределах погрешности.

3.2 Нахождение зависимости σ от температуры T

Перенесем иглу в сосуд с анилином. Измеряем максимальное давление в пузырьках, когда вода едва касается жидкости, измеряем h_1

Утопим иглу до предела. Снова измеряем максимальное давление в пузырьках. По разности давлений определим глубину погружения, сравним полученный результат ΔP с $\Delta h = h_1 - h_2$

$$h_1 = 1.6\text{см}$$

$$h_2 = 0.8\text{см}$$

$$\Delta h = 0.8\text{см}$$

$$P_1 = 114$$

$$P_2 = 165$$

$$\Delta P = 51\text{мм}$$

$$\Delta h_{\text{теор}} = 0.98\text{см}$$

Проведем измерения, в ходе которых найдем максимальное $P_{\text{проб}}$ при различных температурах. Начнем измерения с 20 градусов по цельсию отмечая давление при повышении температуры на каждые 5 градусов.

T, C	$P_{\text{проб}}, \text{мм}$	$\sigma, \text{мН/м}$	$\Delta\sigma, \text{мН/м}$
20	165	66.4	0.4
25	165	66.4	0.4
30	165	66.4	0.4
35	163	65.6	0.4
40	162	65.6	0.4
45	161	64.8	0.4
50	159	64.0	0.4
55	158	63.6	0.4

Таблица 2: Значения $P_{\text{пробулькивания}}$ от температуры

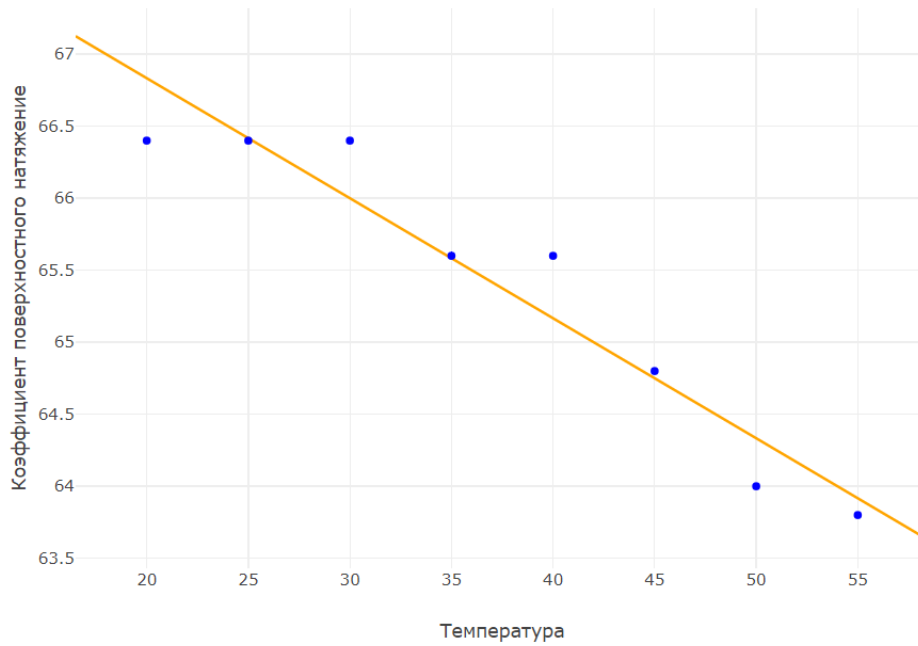


Рис. 2: График зависимости $\sigma(T)$

По данным из таблицы построим график зависимости σ от T . Найдем коэффициент наклона прямой: $k = 0.087$ С его помощью можем рассчитать величины $\frac{U}{\Pi}$ и q .

$$U/\Pi = (\sigma - T \frac{d\sigma}{dT})$$

$$q = -T \frac{d\sigma}{dT}$$

T, C	U/Π	q
20	40.9	25.5
25	40.5	25.9
30	40.0	26.4
35	38.8	26.8
40	38.4	27.2
45	37.1	27.7
50	35.9	28.1
55	35.1	28.5

Таблица 3: Зависимости U/Π от температуры T

Также построим графики зависимости $\frac{U}{\Pi}$ и q от T .

4 Вывод.

В ходе работы был измерен радиус иглы с помощью микроскопа, также он был вычислен с помощью формулы Лапласа

$$r_{\text{пр}} = (0.52 \pm 0.1) \text{ мм}$$

$$r_{\text{мкр}} = (0.6 \pm 0.05) \text{ мм}$$

Были построены графики зависимости $\sigma(T)$, $q(T)$, $U/\Pi(T)$

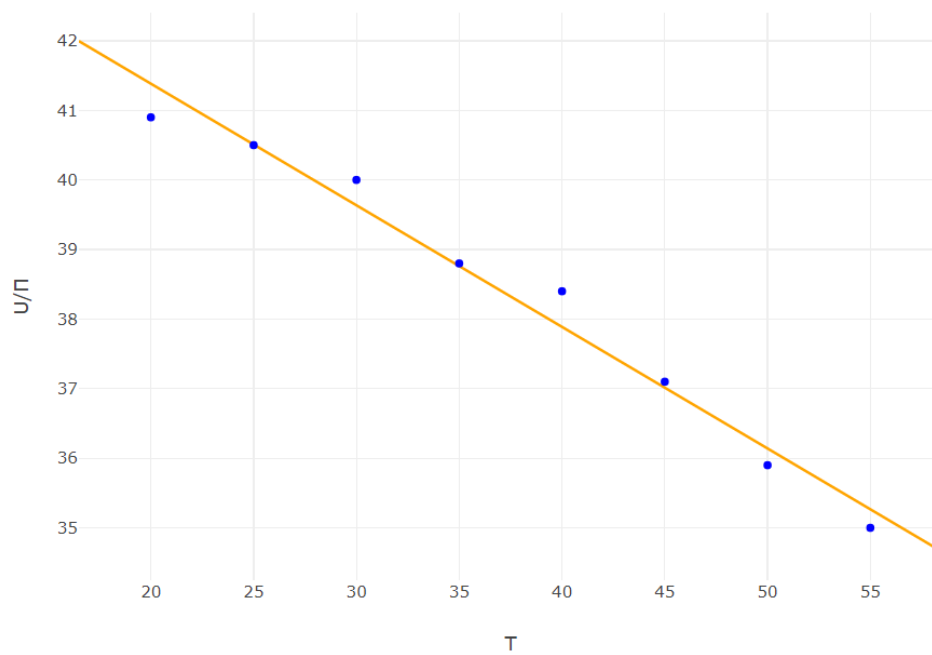


Рис. 3: График зависимости $U/\Pi(T)$

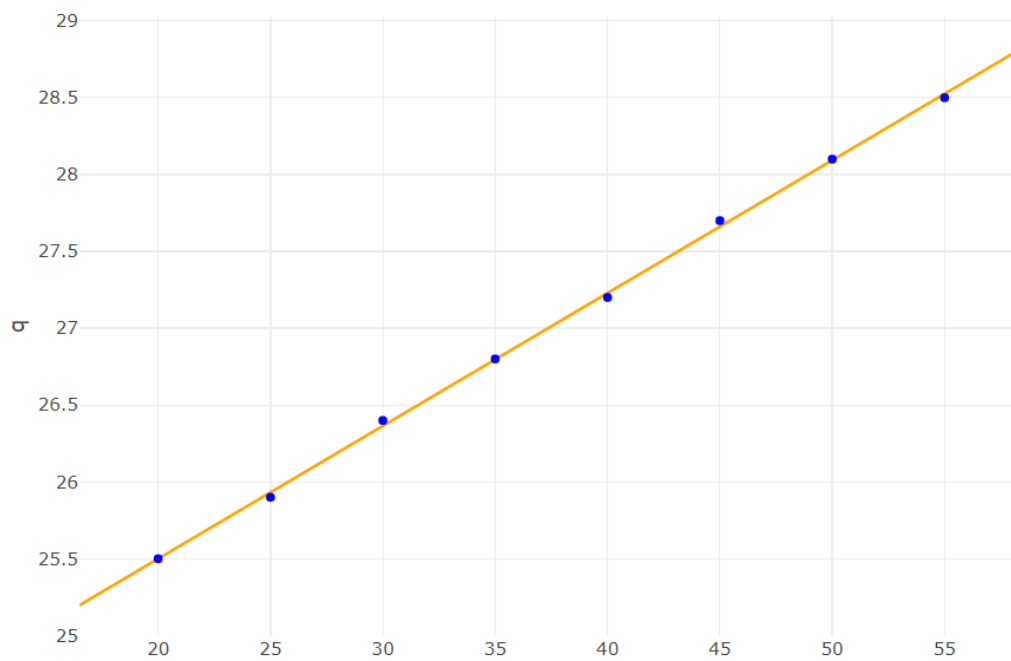


Рис. 4: График зависимости $q(T)$

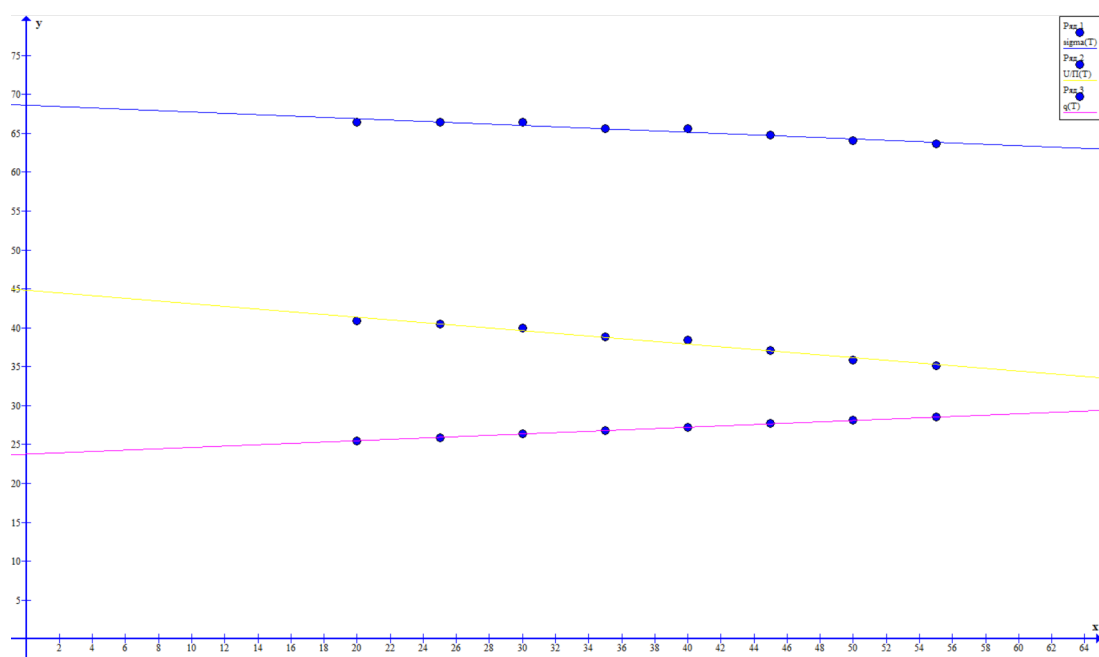


Рис. 5: Сравнение скорости убывания величин