



Московский Физико-Технический Институт
(национальный исследовательский университет)

Отчет по эксперименту

Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

Работа №2.5.1; дата: 08.04.22

Семестр: 2

Выполнил:
Кошелев Александр

Группа:
Б05-105

1. 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

Схема установки:

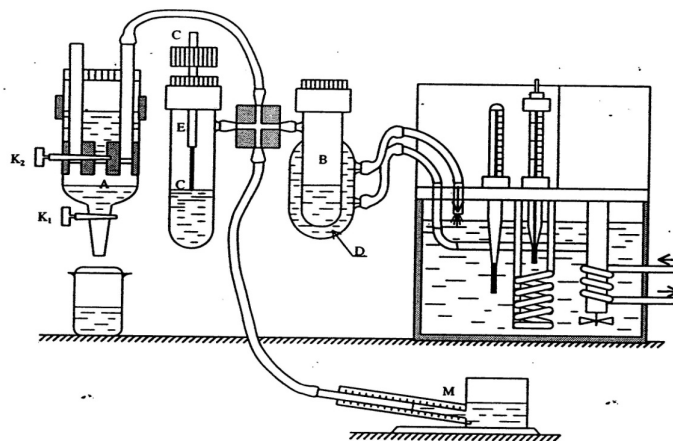


Рис. 1: Схема установки

Исследуемая жидкость (дистиллированная вода) наливается в сосуд (колбу) *В*. 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 , необходимого для прохождения пузырьков (при известном радиусе иглы). Разрежение в системе создается с помощью аспиратора *А*. Кран K_2 разделяет две полости аспиратора. Верхняя полость при закрытом кране K_2 заполняется водой. Затем кран K_2 открывают и заполняют водой нижнюю полость аспиратора. Разрежение воздуха создается в нижней полости при открывании крана K_1 , 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. Для стабилизации температуры исследуемой жидкости через рубашку *Д* колбы *В* непрерывно прогоняется вода из термостата.

В работе используются:

Прибор Ребиндера с термостатом и микроманометром, исследуемые жидкости, стаканы.

2. Теоретические сведения

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:

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

Где σ – коэффициент поверхностного натяжения, $P_{\text{внутри}}$ и $P_{\text{снаружи}}$ – давление внутри пузырька и снаружи, R – радиус кривизны поверхности раздела двух фаз. Эта формула лежит в основе предлагаемого метода определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Измеряется давление ΔP , необходимое для выталкивания в жидкость пузырька воздуха.

3. Проведение эксперимента

Основные параметры при проведении эксперимента

Основными параметрами в данной работе являются плотность эталонной жидкости – этанола $\rho_0 = 809.5 \text{ кг/м}^3$, плотность исследуемой жидкости – воды $\rho = 998.2 \text{ кг/м}^3$, ускорение свободного падения $g = 9.81 \text{ м/с}^2$, пересчетный коэффициент $k = 0.2$, коэффициент поверхностного натяжения этанола $\sigma_0 = 22.75 \text{ мН/м}$.

Измерение диаметра иглы

Вначале двумя способами оценим диаметр иглы. Первый – прямое измерение микроскопом, при этом получаем $d = (1.05 \pm 0.05) \text{ мм}$. Второй – по известному коэффициенту поверхностного натяжения спирта.

i	1	2	3	4	5	среднее
P , дел	47.0 ± 0.5	47.0 ± 0.5	47.0 ± 0.5	47.0 ± 0.5	47.0 ± 0.5	47.0 ± 0.5
\bar{P} , Па	92.18 ± 0.98					
d , мм	0.99 ± 0.01					

Табл. 1: Измерение диаметра иглы

Как видно из полученных значений, они совпадают в пределах стандартного отклонения.

Проверка соотношения давлений

Вначале установим иглу у поверхности воды, а затем опустим ее в глубь воды. При этом соответствующие высоту иглы от неподвижной части установки $h_1 = 1.85 \pm 0.05 \text{ см}$, $h_2 = 0.65 \pm 0.05 \text{ см}$. Получаем первое из значений $\Delta h = 1.2 \pm 0.1 \text{ см}$. Измерения давлений занесем в таблицу:

i	1	2	3	4	5	среднее
P_1 , дел	140.0 ± 0.5	140.0 ± 0.5	140.0 ± 0.5	140.0 ± 0.5	140.0 ± 0.5	140.0 ± 0.5
P_2 , дел	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5
ΔP , дел	64 ± 1	64 ± 1	64 ± 1	64 ± 1	64 ± 1	64 ± 1
Δh , мм	1.3 ± 0.1					

Табл. 2: Проверка соотношения давлений

Вновь наблюдаем совпадение сопоставляемых значений с точностью в пределах стандартного отклонения. Здесь же из формулы 1 рассчитаем коэффициент поверхностного натяжения воды при 20°C :

$$\sigma = \frac{P}{P_0} \sigma_0 = (67.8 \pm 0.76) \text{ мН/м}$$

Определение температурного коэффициента

Оформим полученные данные в виде таблицы.

$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{ дел}$						$\overline{P}, \text{ дел}$
20.0 ± 0.1	204.0 ± 0.5	203.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	203.8 ± 0.5
24.2 ± 0.1	203.0 ± 0.5	203.0 ± 0.5	203.0 ± 0.5	204.0 ± 0.5	203.0 ± 0.5	203.0 ± 0.5	203.2 ± 0.5
29.6 ± 0.1	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5	202.0 ± 0.5
35.5 ± 0.1	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5	201.0 ± 0.5
41.4 ± 0.1	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5	199.0 ± 0.5
44.3 ± 0.1	198.0 ± 0.5	198.0 ± 0.5	198.0 ± 0.5	197.0 ± 0.5	198.0 ± 0.5	198.0 ± 0.5	197.8 ± 0.5
50.3 ± 0.1	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5	195.0 ± 0.5
56.0 ± 0.1	193.0 ± 0.5	194.0 ± 0.5	194.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.6 ± 0.5
59.0 ± 0.1	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5	193.0 ± 0.5

Табл. 3: Зависимость $P(t)$

На основе этих данных построим график, и определим тепературный коэффициент для коэффициента поверхностного натяжения.

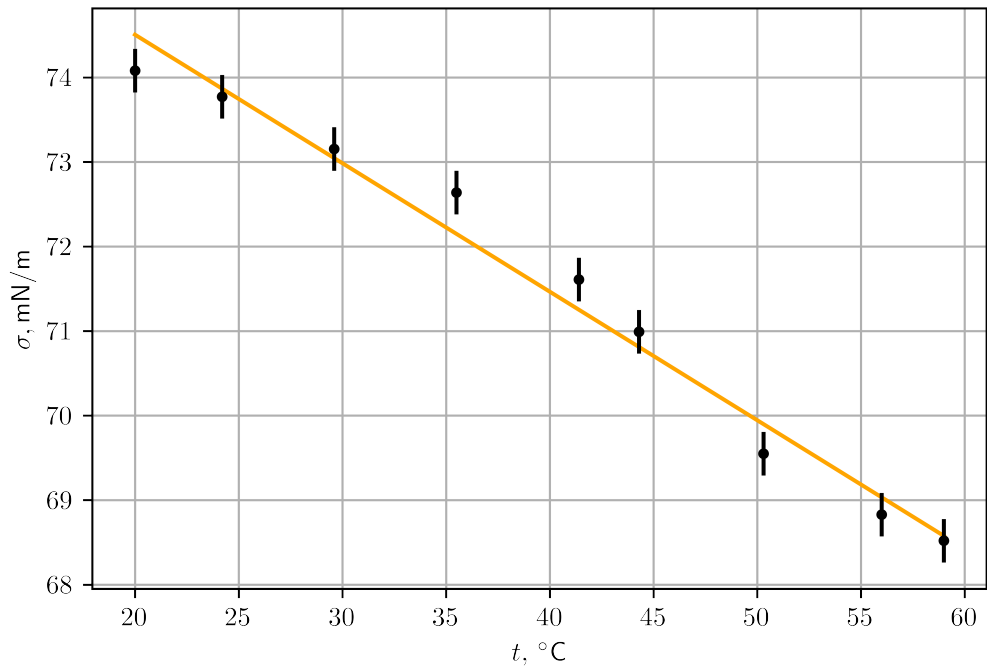


Рис. 2: График зависимости $\sigma(t)$

$$\frac{d\sigma}{dT} = (-0.152 \pm 0.008) \frac{\text{мН}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Построение оставшихся графиков

В этом пункте приведем графики зависимости теплоты образования единицы поверхности и энергии образования единицы поверхности.

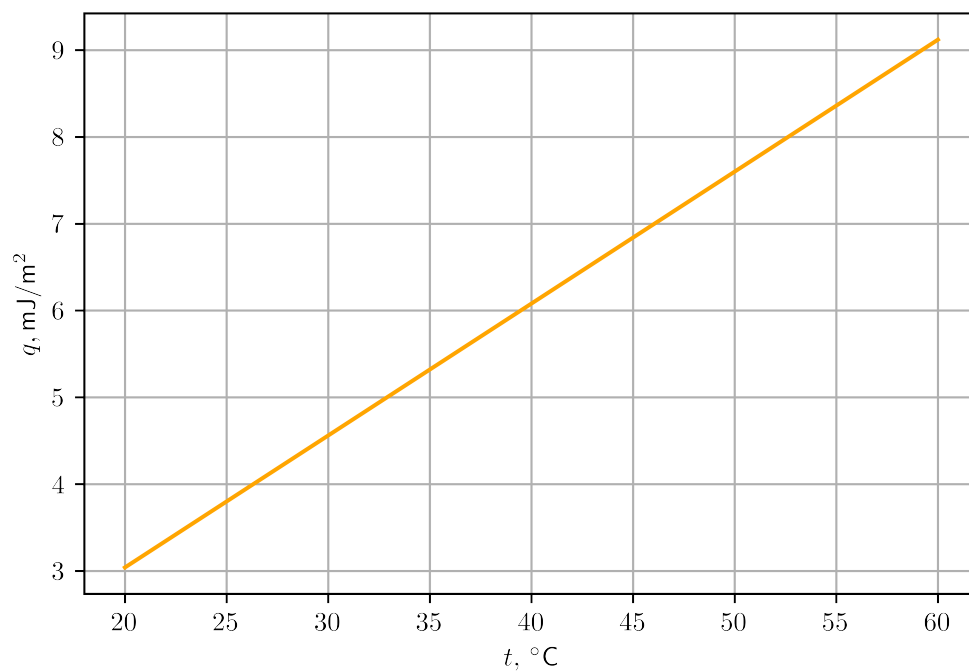


Рис. 3: График зависимости $q(t)$

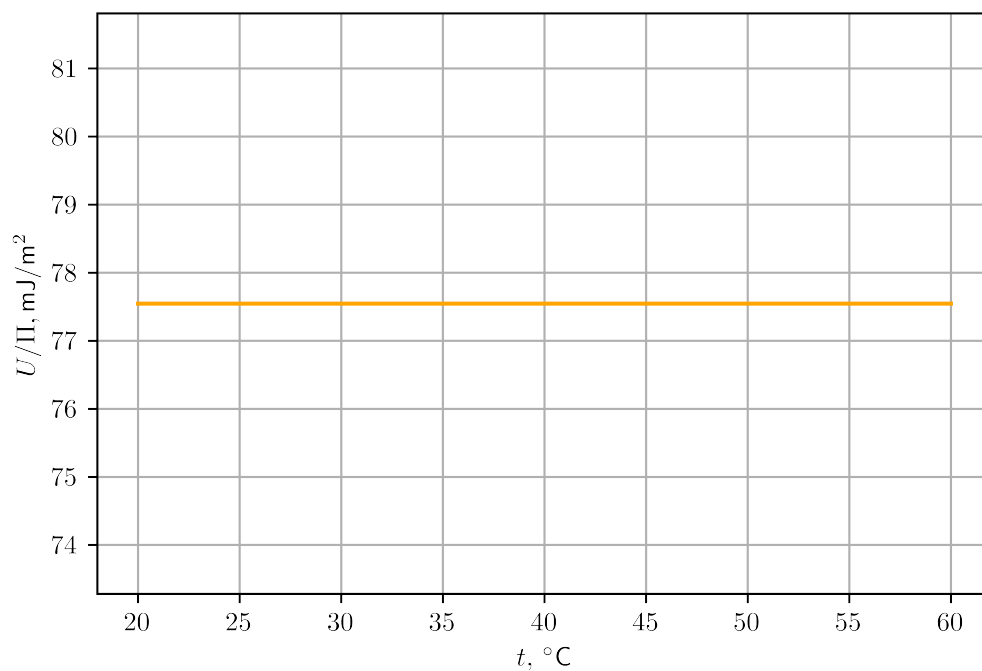


Рис. 4: График зависимости $U/\Pi(t)$

4. Выводы

- 1) В результате работы определено, что в нашем диапазоне температур зависимость коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры линейна, причём убывает. Соответствующий коэффициент:

$$\left| \frac{d\sigma}{dT} \right| = (0.152 \pm 0.008) \frac{\text{мН}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Что близко к табличному значению $\alpha = 0.154 \frac{\text{мН}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ в пределах стандартного отклонения.

- 2) Получены зависимости теплоты и энергии образования единицы поверхности жидкости при данных температурах. Они приведены на Рис. 3-4.