

Лабораторная работа №2.5.1

Измерение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

Цель работы:

- Измерение коэффициента поверхностного натяжения исследуемой жидкости с использованием известного коэффициента поверхностного натяжения другой жидкости
- Определение полной поверхностной энергии и теплоты, необходимой для изотермического образования единицы поверхности жидкости.

Оборудование: прибор Ребиндера с термостатом; исследуемые жидкости; стаканы

1. Теория

1. Формула Лапласа: Под искривленной поверхностью жидкости, то по разные стороны от поверхностного слоя существует разность давлений ΔP , пропорциональная кривизне поверхности:

$$\Delta p = \sigma \left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right] \quad (1)$$

Если поверхностных слоев несколько, то следует умножить разность давлений на их количество.

2. Полная поверхностная энергия:

$$U_s = \left(\sigma - T \frac{d\sigma}{dT} \right) S \quad (2)$$

3. Изотермическое образование единицы площади пленки: Из первого начала термодинамики:

$$\delta Q = dU - \sigma dS = \left(-T \frac{d\sigma}{dT} \right) dS \quad (3)$$
$$q = -T \frac{d\sigma}{dT}$$

2. Ход работы

1. Определение радиуса иглы Сначала на известной жидкости при комнатной температуре определим внутренний радиус иглы. Для этого необходимо опустить иглу чуть ниже поверхности жидкости, так, чтобы гидростатическое давление оставалось малым. Затем добьемся медленного роста давления и определим максимальное, при котором воздух выходит из иглы.

ΔP , мм сп. ст.	ΔP , Па	σ , Н/м	d , мм
$53 \cdot 0.2$	84.2	$23 \cdot 10^{-3}$	1.10

Погрешность метода:

$$\frac{\Delta d}{d} = \frac{\Delta P}{P} = \frac{3}{53} \approx 0.06$$

Откуда:

$$d = 1.10 \pm 0.07 \text{ мм}$$

Теперь измерим диаметр иглы с помощью микроскопа:

$$d = 1.00 \pm 0.05 \text{ мм}$$

2. Определение коэффициента поверхностного натяжения Тщательно промоем иглу, затем поместим ее в воду, и измерим $h_1 = 7$ мм. Максимальное давление в этом случае: $\Delta P = 133 \cdot 0.2$ мм. сп. ст.

Опустим иглу до упора, $h_1 = 22$ мм, $\Delta h = 15$ мм

При этом разность давлений по манометру: $\Delta P = 14.9$ мм вод. ст.

Теперь снимем зависимость $\sigma(T)$: будем медленно нагревать воду и снимать точки:

t°, C	T , К	L , мм	ΔP	σ , $\frac{\text{Н}}{\text{м}}$
22	295.2	225	220.2345	0.055
28	301.2	223	217.05606	0.054
32	305.2	221	213.87762	0.0534
38.7	311.9	219	210.69918	0.052
43.8	317	217	207.52074	0.0518
49.7	322.9	215	204.3423	0.0510
54.7	327.9	213	201.16386	0.0502
60	333.2	212	199.57464	0.049

Теперь мы можем построить график $\sigma(T)$, вычислить МНК и определить $\frac{d\sigma}{dT}$

3. определение полной поверхностной энергии и теплоты :

Полная поверхностная энергия и теплота изотермического образования дается выражением:

$$U = S \left(\sigma - T \frac{d\sigma}{dT} \right)$$

тогда на единицу площади в изотермическом процессе подведенное тепло равно

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

Вычислив их для каждой точки построим график:

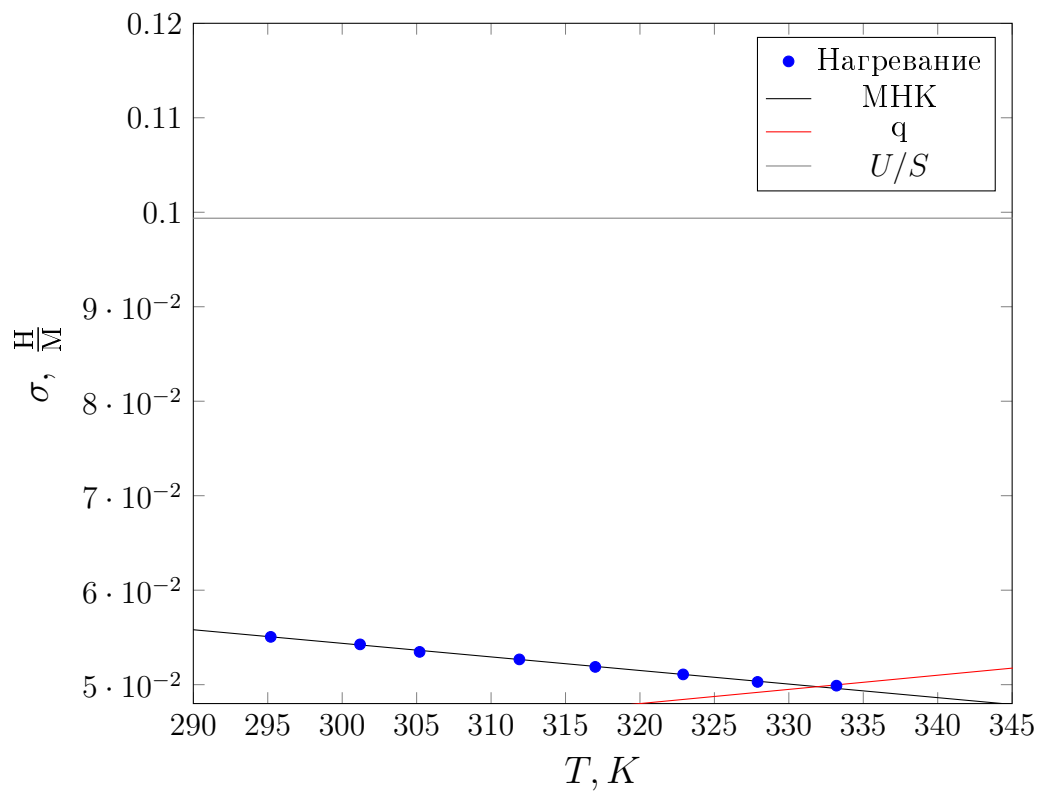


Рис. 1: График зависимости σ от T

3. Результат

1. Погрешности :

Приборные погрешности:

$$\varepsilon_{man} \simeq 0.015$$

$$\varepsilon_{line} \simeq 0.035$$

$$\varepsilon_{term} \simeq 0.02$$

МНК:

$$\varepsilon_{OLS} \simeq 0.02$$

2. Полученные величины :

$$\frac{d\sigma}{dT} = -1.5 \cdot 10^{-4} \pm 7 \cdot 10^{-6}$$

$$\frac{U}{S} = 0.099 \pm 0.004$$

Значения $\sigma(T)$ представлены в таблице. Погрешность $\frac{\Delta\sigma}{\sigma} \simeq 0.04$