



Калужский филиал
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
профессионального образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА

"МК"
МК10 "Высшая математика и физика"

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

ДИСЦИПЛИНА: "Физика",

Выполнил студент Суриков И.С. группы ИУК4-21Б

Проверил преподаватель Горбунов А.К.

Номер и наименование лаб. работы	Рейтинг. Баллы (min-2, max-3)	Дата защиты	Подпись
Модуль 1. Физические основы механики			
Лабораторная работа № 1 <i>определение погрешностей при измерении периода колебаний маятника</i>	3	28.02.24	
Лабораторная работа № 11 <i>определение вязкости воздуха капиллярным методом.</i>	3	13.03.24	
Модуль 2. Колебания и волны. Основы теории относительности			
Лабораторная работа № 12 <i>определение коэффициента трения качения методом наклонного маятника.</i>	3	27.03.24	
Лабораторная работа № 13 <i>определение коэффициента внутреннего трения жидкостей по методу Стокса.</i>	3	10.04.24	
Модуль 3. Молекулярная физика. Физические основы термодинамики			
Лабораторная работа № 3 <i>определение коэффициента поверхности натяжения жидкости.</i>	3	31.05	
Лабораторная работа № 6	2	01.06.24	

Калуга 20 23 / 24

Лабораторная работа № 3

"Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости"

Цель работы: определение коэффициента
поверхностного натяжения воды
по методу отрыва кольца.

Приборы и оборудование: дикаламетр;
штатив лабораторный; тонкостенное
кольцо, два сосуда с водой, соединенные
разной трубой; столик-подставка

Теоретическая часть

На молекулу жидкости со стороны
окружающих ее молекул действуют
силы взаимного притяжения, которые с
расстоянием быстро убывают.

Это расстояние (порядка 10^{-3} м) называют
радиусом молекулярного действия,
а сфера радиуса r - сферой молекулярного
действия.

Результирующая сила, действующая на молекулу внутри жидкости со стороны других молекул, равна нулю. (если силы направлены в разные стороны и в среднем скомпенсированы)

Если молекула расположена от поверхности жидкости на расстоянии r , то равнодействующая сила, приложенная к каждой молекуле поверхностного слоя, не равна нулю и направлена внутрь жидкости.

Дополнительная (избыточная) потенциальная энергия молекул поверхностного слоя жидкости называется поверхностной энергией ΔE . Она пропорциональна площади слоя ΔS :

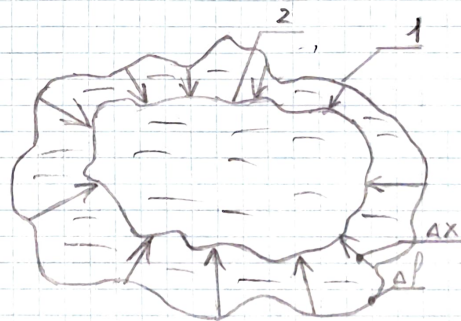
$$\Delta E = \sigma \Delta S \quad (1)$$

где σ - коэффициент поверхностного натяжения

$$\Rightarrow \sigma = \Delta E / \Delta S \quad (2)$$

Условием устойчивого равновесия жидкости является минимум поверхностной энергии

Рассмотрим поверхность жидкости, ограниченную замкнутой контуром Γ .



Силы, действующие со стороны внешнего участка на граничащие с ним участки, совершают работу:

$$\Delta A = f \Delta l \Delta x$$

где $f = F/\Gamma$ - сила поверхн. натяж., действ. на единицу длины контура поверхности жидкости.

тогда:

$$\begin{cases} \Delta A = F_p \Delta l_{\text{пх}}; \\ \Delta l_{\text{пх}} = \Delta S \end{cases} \Rightarrow \Delta A = \frac{F}{l} \Delta S \quad (3)$$

Эта работа ΔA совершается за счёт уменьшения поверхностной энергии:

$$\Delta A = \Delta E \quad (4)$$

Сравнивая (1), (3), (4) получаем:

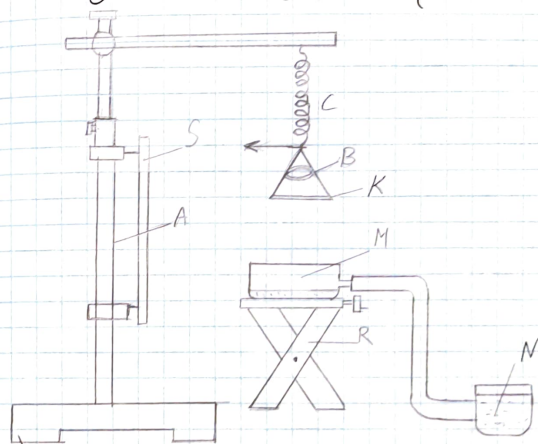
$$\sigma = F/p \quad (5)$$

где σ - коэф. поверхностного натяжения, равный силе поверхностного натяжения, действующей на ед. длины контура, огр. поврх.

$$[\sigma] = \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \right]$$

Большинство жидкостей при температуре 300K имеют коэф. поврх. натяжения порядка $10^2/10^1 \text{ Н/м}$ (Для воды: $\sigma = 7.5 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$)

объём \uparrow т.к. \uparrow между молекулами жидкости. (поверхностно-активные)

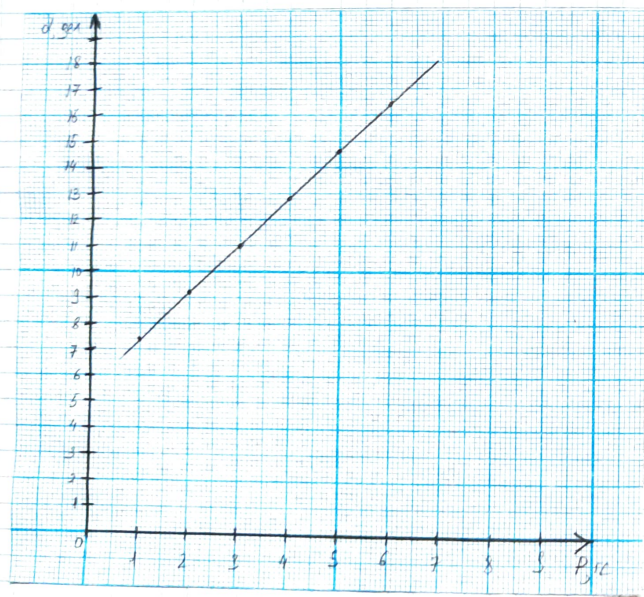


A - стойка; S - миллиметровая шкала;
C - пружина с указателем; B - чашечка;
K - кольцо; M, N - сосуды, соединённые трубкой;
R - столик.

Экспериментальные данные.

P, гс	1	2	3	4	5	6
Δ , см	7,4	9,2	11	12,8	14,6	16,4

График зависимости $\Delta = f(P)$:



$N, n/n$	Δ , см	F_i , гс	F_i , Н	σ_i , МПа	$\langle \sigma \rangle$, МПа	$\langle \sigma \rangle \pm \Delta \sigma$, МПа
1	13	4,1	$40,18 \cdot 10^{-3}$	0,08	0,088.	$0,088 \pm 0,006$.
2	13,4	4,3	$42,14 \cdot 10^{-3}$	0,084		
3	13,6	4,5	$44,1 \cdot 10^{-3}$	0,088		
4	13,8	4,7	$46,06 \cdot 10^{-3}$	0,092		
5	14,2	4,9	$48,02 \cdot 10^{-3}$	0,096		

$$1) F_i, \text{ Н} = F_{i, \text{ гс}} \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$F_1, \text{ Н} = 4,1 \cdot \text{гс} \cdot 9,8 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 40,18 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$$

$$2) \sigma_i = \frac{F}{2\pi(D_1 - b)}, \text{ где } D_1 = 80 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$b = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\sigma_1 = \frac{40,18 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{2\pi(80 \cdot 10^{-3} \text{ м} - 10^{-3} \text{ м})} \approx 0,08 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$3) \langle \sigma \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \text{ где } n = 5$$

$$\langle \sigma \rangle = \frac{1}{5}(0,08 + 0,084 + 0,088 + 0,092 + 0,096) = 0,088 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$4) \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta D_1 + \Delta b}{D_1 + b}, \text{ где}$$

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta \Delta}{\langle \Delta \rangle}, \langle \Delta \rangle - \text{ср. зн. показаний указателя пружины, где}$$

$$\Delta \Delta = 1 \text{ см.}; \Delta D_1 = \Delta b = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\langle \alpha \rangle = 13,6, \quad \langle \alpha_0 \rangle \approx 0,07$$

$$\epsilon = 0,07 + \frac{0,05 \cdot 10^{-3} + 0,05 \cdot 10^{-3}}{80 \cdot 10^{-3} - 10^{-3} \text{ м}} \approx 0,07$$

$$5) \Delta \sigma = \langle \sigma \rangle \cdot \epsilon$$

$$\Delta \sigma = 0,088 \cdot 0,07 \approx 0,006 \text{ Н/м}$$

$$6) \sigma = \langle \sigma \rangle \pm \Delta \sigma$$

$$\sigma = (0,088 \pm 0,006) \text{ Н/м}$$

Вывод: в ходе выполнения лабораторной работы была успешно определён коэффициент поверхностного натяжения воды по методу отрыва кольца

Ответы на вопросы:

1. На молекулы в жидкости действуют силы взаимного притяжения со стороны других молекул. Система стремится достигнуть состояния с наименьшей потенциальной энергией. Площадь поверхности стремится сократиться в следствие чего вода поверхности жидкости по капающей

и ней действуют силы поверхностного натяжения.

2. Сумма сил притяжения молекул жидкости, которые не компенсируются силами отталкивания в результате того, что молекулы в поверхностном слое расположены на больших расстояниях, чем на глубине. Её измеряют $\left[\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right], \left[\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} \right]$.

3. От температуры и примесей.

4. В различных жидкостях сила притяжения молекул различна.