

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**



Санкт-Петербургский горный университет

КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе № 13

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ»

Выполнил: студент гр. ИАС-22-2	_____	/ Тишукова Д.М. /
(шифр группы)	(подпись)	(Ф.И.О)
Проверил:	_____	/ /
(должность)	(подпись)	(Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

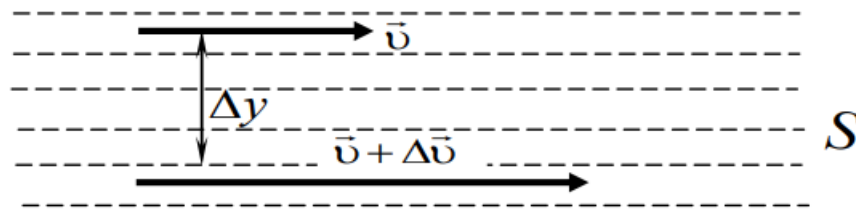
Цель работы – определить коэффициент вязкости жидкости методом Стокса.

Краткое теоретическое содержание.

Явление, изучаемое в работе: вязкость (внутреннее трение) - свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одного слоя вещества относительно другого.

При движении плоских слоев модуль силы трения, согласно закону Ньютона, равен $F_{тр} = \eta \frac{\Delta v}{\Delta y} S$, где η - коэффициент пропорциональности, называемый коэффициентом вязкости или динамической вязкостью; S - площадь соприкосновения слоев.

Отношение $\Delta v / \Delta y$ характеризует быстроту изменения скорости и называется градиентом скорости.



Таким образом, коэффициент вязкости численно равен тангенциальной силе, приходящейся на единицу площади соприкосновения слоев, необходимой для поддержания разности скоростей, равной единице, между двумя параллельными слоями вещества, расстояние между которыми равно единице. В системе СИ единица вязкости - паскаль·секунда.

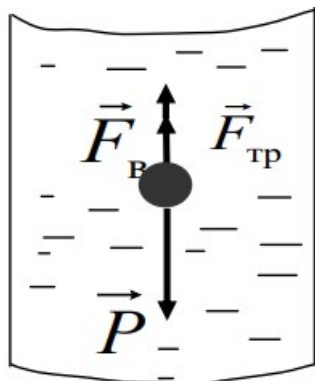
Пусть в заполненном жидкостью сосуде движется шарик, размеры которого значительно меньше размеров сосуда. Слой жидкости, прилегающий к шарика, движется со скоростью шарика. Соседние слои движутся с меньшими скоростями и, следовательно, между слоями жидкости возникает сила внутреннего трения. Стокс показал, что величина этой силы, при малых значениях скорости, пропорциональна скорости движения шарика v и его радиусу r :

$$F_{тр} = 6 \pi \eta r v,$$

где η - коэффициент вязкости.

Схема установки.

На шарик действуют три силы: сила тяжести \vec{P} , направленная вниз; сила внутреннего трения $\vec{F}_{тр}$ и выталкивающая сила $\vec{F}_в$, направленные вверх.



Основные расчетные формулы.

- 1) Сила внутреннего трения шарика, движущегося в сосуде с жидкостью:

$F_{тр} = 6\pi\eta rv$, где η – коэффициент вязкости, Па*с; v – скорость движения шарика, $\frac{м}{с}$; r – радиус шарика, м.

- 2) $P = F_в + F_{тр}$, где P – сила тяжести, Н; $F_в$ – выталкивающая сила, Н; $F_{тр}$ – сила трения, Н.

- 3) Сила тяжести: $P = \rho Vg = \rho g \frac{4}{3}\pi r^3$, где ρ – плотность материала шарика, $\frac{кг}{м^3}$; V – объём шарика $м^3$.

- 4) Модуль выталкивающей силы, согласно закону Архимеда:

$F_в = \rho_{жс} gV = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{жс} g$, где $\rho_{жс}$ – плотность жидкости, $\frac{кг}{м^3}$.

- 5) Коэффициент вязкости: $\eta = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho - \rho_{жс}}{v}$, Па*с.

Формула расчета средней квадратичной погрешности.

$$\sigma_{\eta} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2}$$

Таблица «Технические данные прибора».

Название прибора	Пределы измерений	Число делений	Цена деления	Класс точности	Абсолютная приборная погрешность
Микроскоп МБС-9	2	-	0,05	-	1 деление
Термометр	25°	5	-	-	0,1 °С
Секундомер	-	-	-	-	0,01 с
Измерения на сосуде	1000 мм	10	1 мм	-	0,5 мм

Таблица 1 «Зависимость вязкости касторового масла от температуры».

Вязкость жидкостей η , 10^{-3} Па · с в зависимости от температуры							
Температура	t , °С	18	20	22,5	26,5	50	70
Масло касторовое	η , 10^{-3} Па · с	138	987	795	600	129	49

Таблица 2 «Результаты измерений и вычислений».

Физ. величина	T	$\rho_{ж}$	ρ	d	r	t	l	v	η	$\Delta\eta$
Ед. измерений	°С	$\frac{кг}{м^3}$	$\frac{кг}{м^3}$	д.	м	с	м	$\frac{м}{с}$	Па*с	Па*с
1	25	$0,96 \cdot 10^3$	$11,35 \cdot 10^3$	65	$1,625 \cdot 10^{-3}$	3,98	0,2	0,0502	1,190233	0,068753

2	25	$0,96 \cdot 10^3$	$11,35 \cdot 10^3$	69	$1,725 \cdot 10^{-3}$	3,62	0,2	0,0552	1,219742	0,068753
3	25	$0,96 \cdot 10^3$	$11,35 \cdot 10^3$	60	$1,5 \cdot 10^{-3}$	4,20	0,2	0,0476	1,069559	0,068753
4	25	$0,96 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^3$	72	$1,8 \cdot 10^{-3}$	4,91	0,2	0,0407	1,185824	0,068753
5	25	$0,96 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^3$	61	$1,525 \cdot 10^{-3}$	7,09	0,2	0,0282	1,228458	0,068753
6	25	$0,96 \cdot 10^3$	$7,8 \cdot 10^3$	60	$1,5 \cdot 10^{-3}$	6,46	0,2	0,0309	1,084660	0,068753

Пример вычислений.

Исходные данные:

$$\rho_{ж} = 0,96 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}; \rho \text{ стали} = 7,8 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}; \rho \text{ свинца} = 11,35 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}.$$

$$T = 25^\circ C; l = 0,2 \text{ м.}$$

Погрешности прямых измерений.

$$\Delta l = 1 \text{ см}; \Delta T = 0,05^\circ C; \Delta t = 0,01 \text{ с.}$$

Вычисления величин и погрешностей косвенных измерений.

$$d1 = 65 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3,25 \text{ мм} = 3,25 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$d2 = 69 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3,45 \text{ мм} = 3,45 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$d3 = 60 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$d4 = 72 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3,6 \text{ мм} = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$d5 = 61 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3,05 \text{ мм} = 3,05 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$d6 = 60 \text{ д} * 0,05 \frac{\text{мм}}{\partial} = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Образец вычисления коэффициента вязкости.

$$\eta_1 = \frac{2}{9} r^2 g \frac{\rho - \rho_{ж}}{\nu} = \frac{2}{9} \cdot 9,8 \cdot (1,625 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \frac{11,35 \cdot 10^3 - 0,96 \cdot 10^3}{0,0502} = 1,190233 \text{ Па}\cdot\text{с.}$$

Погрешность косвенных измерений.

$$\sigma_{\eta} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2} = \sqrt{\frac{0,000737 + 0,003211 + 0,008746 + 0,000517 + 0,004274 + 0,006150}{5}} = \sqrt{\frac{0,023653}{5}} = 0,068753 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

$$\bar{\eta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i = 1,163079 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Результат.

$$\eta = \bar{\eta} \mp \sigma_{\eta} = 1,163079 \mp 0,068753 \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Вывод.

В данной работе экспериментально был определен коэффициент вязкости жидкости. Путем проведения 6 опытов со стальными и свинцовыми шариками, удалось установить среднее значение вязкости жидкости, в которую опускали шарики, $1,1630793 \mp 0,068753 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Сравнивая это значение с табличным значением, представленным в методических материалах к данной лабораторной работе, можно заметить, что полученный результат имеет большую погрешность, что позволяет говорить о том, что данная жидкость не является касторовым маслом..