

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени
Т. Ф. Горбачева»

Кафедра физики

Отчет по лабораторной работе №1
«Определение коэффициента внутреннего трения жидкости
методом Стокса»

Выполнил ст. группы АТс-221
Мещеряков Илья
Проверил:
Фофанов Андрей Алексеевич

Допуск		
Отчёт		

г. Кемерово 2023 г.

1. Цель работы: а) изучить особенности движения тела в вязкой среде; б) познакомиться с методами определения коэффициента внутреннего трения; в) определить коэффициент внутреннего трения жидкости методом Стокса.

2. Описание и схема лабораторной установки:

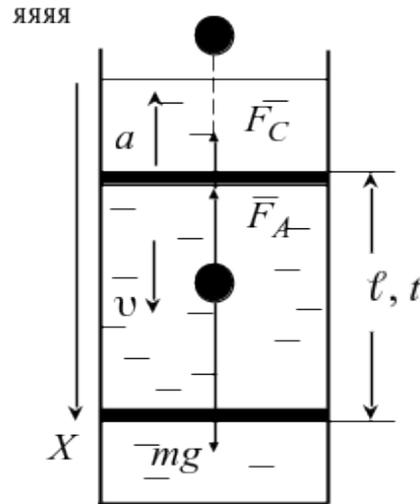


Рис. 1. Схема сил, действующих на движущийся в жидкости шарик

$m\vec{g}$ – сила тяжести; \vec{F}_A – сила Архимеда; \vec{F}_C – сила сопротивления среды; l – расстояние между метками на измерительном цилиндре с маслом; t – время равномерного движения шарика между этими метками; \vec{v} – скорость; a – ускорение; X – ось

В трубках различные слои жидкости движутся с разными скоростями, причем, чем дальше слой от стенки сосуда, тем его скорость больше. При этом слой жидкости с большей скоростью увлекает рядом находящийся слой, движущийся с меньшей скоростью. Слой же с меньшей скоростью, в свою очередь, действует на слой, движущийся с большей скоростью, и тормозит его.

При установившемся движении скорости слоев остаются постоянными.

3. Основные расчетные формулы:

1. Абсолютная погрешность:

$$\Delta d_i = \langle d \rangle - d_i$$

Δd_i – абсолютная погрешность

d_i – диаметр шарика

$\langle d \rangle$ – среднее арифметическое

2. Среднее арифметическое значение результатов измерений:

$$\langle d \rangle = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

n – число измерений

3. Среднеквадратичная погрешность от среднего арифметического из n измерений:

$$\sigma_{\langle d \rangle} = \sqrt{\frac{\sum \Delta d_i^2}{n(n-1)}}$$

4. Абсолютная погрешность (доверительный интервал):

$$\Delta d = \sqrt{\Delta d_{\text{сл}}^2 + \Delta d_{\text{пр}}^2}$$

Δd – абсолютная погрешность

5. Относительную погрешность прямых измерений:

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{\langle d \rangle} \cdot 100\%$$

Δd – относительная погрешность прямых измерений диаметра

6. Коэффициент внутреннего трения:

$$\eta = \frac{(\rho - \rho_0) g d^2 t}{18 \ell}$$

η – коэффициент внутреннего трения

ρ – плотность материала шарика

ρ_0 – плотность жидкости

t – время равномерного движения шарика между этими метками

ℓ – расстояние между метками на измерительном цилиндре с маслом

7. Относительная погрешность результата косвенных измерений коэффициента внутреннего трения:

$$\varepsilon_{\eta} = \sqrt{4\varepsilon_d^2 + \varepsilon_t^2 + \varepsilon_{\ell}^2}$$

$\varepsilon_d, \varepsilon_t, \varepsilon_{\ell}$ – относительные погрешности прямых измерений диаметра шарика d , времени t и расстояния ℓ его равномерного движения в жидкости

ε_{η} – относительная погрешность результата косвенных измерений коэффициента внутреннего трения

8. Случайная погрешность

$$\Delta d_{\text{сл}} = t_{\alpha, n} \sigma_{\langle d \rangle}$$

$\sigma_{\langle d \rangle}$ – среднеквадратичная погрешность

$t_{\alpha, n}$ – коэффициент Стьюдента

9. Абсолютная погрешность косвенного измерения

$$\Delta \eta = \langle \eta \rangle \varepsilon_{\eta}$$

10. Относительная погрешность прямых измерений диаметра шарика

$$\varepsilon_{\ell} = \frac{\Delta \ell}{\ell};$$

$\Delta \ell$ – абсолютная погрешность, которая равна цене деления шкалы линейки

4. Таблицы

Таблица 1

Результаты измерения диаметра шарика и расчета погрешностей

№ П/ П	d_i	$\langle d \rangle$	Δd_i	Δd_i^2	$\sum \Delta d_i^2$	$\sigma_{\langle d \rangle}$	$t_{\alpha, n}$	$\Delta d_{\text{ср}}$	$\Delta d_{\text{пр}}$	Δd	ε_d	$\langle d \rangle \pm \Delta d$	
	мм	мм	мм	мм ²	мм ²	мм	$\alpha = 0,95$	мм	мм	мм	%	мм	
1							2.78						
2													
3													
4													
5													

Таблица 2

Результаты прямых измерений времени и расчет относительной погрешности

№ П/ П	t_j	$\langle t \rangle$	Δt_j	Δt_j^2	$\sum \Delta t_j^2$	$\sigma \langle t \rangle$	$t_{\alpha, n}$	Δt_{ca}	Δt_{np}	Δt	ε_t	$\langle t \rangle \pm \Delta t$
	с	с	с	с ²	с ²	с	$\alpha = 0,95$	с	с	с	%	с
1							2.78					
2												
3												
4												
5												

Таблица 3

Результаты измерения коэффициента внутреннего трения

$\langle d \rangle$	l	$\langle t \rangle$	ρ	ρ_0	$\langle \eta \rangle$	ε_η	$\Delta\eta$
м	м	с	кг/м ³	кг/м ³	Па · с	%	Па · с

5. Примеры расчетов.

6. Вывод