

## Лабораторная работа 3(Б)

### Определение коэффициента вязкости жидкостей по методу Стокса

**Цель работы:** экспериментальное определение коэффициента вязкости жидкостей методом Стокса.

**В теоретическом введении** к работе самостоятельно разобрать и законспектировать следующие вопросы:

1. Внутреннее трение жидкости и газа. Природа силы внутреннего трения.
2. Формула Ньютона для силы вязкости:

$$F = \eta S \frac{\Delta V}{\Delta x}. \quad (1)$$

3. Ламинарное и турбулентное течение жидкости. Число Рейнольдса (Re).
4. Движение тел в жидкости и газах. Силы трения и лобового сопротивления. Подъемная сила.
5. Формула Стокса — сила сопротивления движению шарика в жидкостях при малых значениях Re.

$$F = 6\pi\eta rV \quad F = 6\pi\eta rV = 3\pi\eta dV .. \quad (2)$$

### Описание установки

Экспериментальная установка для определения коэффициента внутреннего трения по методу Стокса, представляет собой два стеклянных цилиндрических сосуда 1 (рис. 1), наполненных жидкостями разной вязкости. На вертикальной стойке 2, расположенной между сосудами, смонтированы два подвижных указателя 3 и 4, расстояние между которыми  $L$  измеряется по линейке 5.

Для каждой жидкости проводят серию опытов. В сосуд через пробку 6 опускают поочередно пять небольших шариков, плотность которых  $\rho_{\text{ш}} > \rho_{\text{ж}}$  больше плотности жидкости  $\rho_{\text{ж}}$ . Диаметры шариков предварительно измеряют с помощью микрометра. Расстояние между поверхностью жидкости и верхним указателем 3 подбирают так, чтобы на этом участке скорость шарика стабилизировалась, при этом на участке  $L$  между указателями 3 и 4 движение шарика будет равномерным.

В опыте измеряют диаметр шариков микрометром, расстояние между указателями — линейкой и время движения каждого шарика на этом участке — секундомером. Температуру измеряют по комнатному термометру.

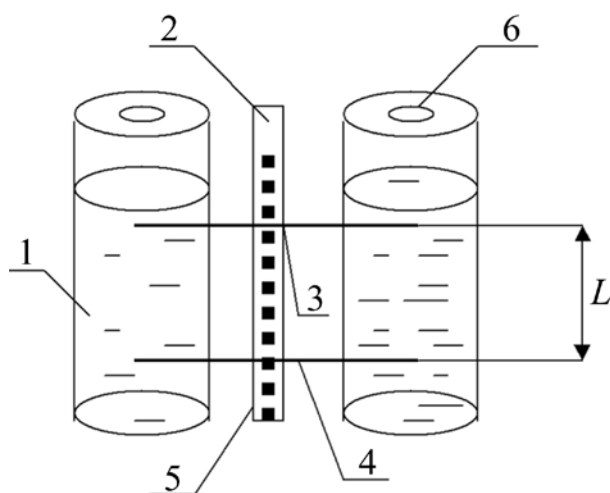


Рис. 1

При движении шарика в вязкой жидкости с постоянной скоростью  $V_0$  на него будут действовать следующие силы (рис. 2): сила тяжести  $F_{\text{тяж}} = \rho_1 g V = F_1$ , сила Архимеда  $F_A = \rho_2 g V = F_2$ , сила Стокса  $F_C = 3\eta d V_0 / L = F_3$ .

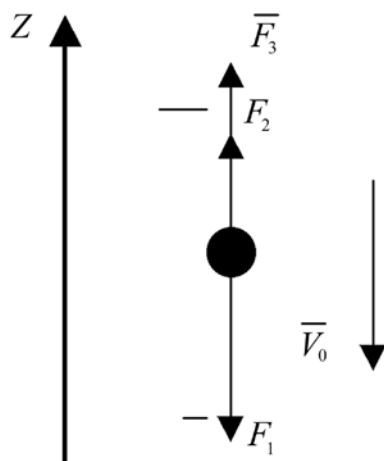


Рис. 2

Так как скорость шарика  $V_0$  постоянна, то уравнение второго закона Ньютона в проекции на вертикальную ось можно записать в виде:

$$-F_1 + F_2 + F_3 = 0. \quad (3)$$

Подставляя в (3) выражения для сил  $F_1, F_2, F_3$ , а также учитывая, что объем шарика:

$$V = (1/6)\pi d^3, \quad (4)$$

где:  $d$  — диаметр шарика, получаем выражение для коэффициента внутреннего трения жидкости:

$$\eta = (1/18)(\rho_1 - \rho_2)gd^2/V_0. \quad (5)$$

Установившуюся скорость движения шарика на участке  $L$  вычисляют по формуле:

$$V_0 = L/\tau,$$

где:  $\tau$  — время движения шарика между указателями.

Окончательно формула для подсчета коэффициента внутреннего трения принимает вид:

$$\eta = (1/18)(\rho_1 - \rho_2)g\tau d^2/L. \quad (6)$$

### Порядок выполнения работы

1. Измерить диаметр шариков с помощью микрометра. Измерение каждого шарика повторить не менее трех раз, всякий раз поворачивая шарик (его форма может отличаться от сферической). Результаты измерений занести в табл. 1.
2. Определить температуру  $T$  воздуха в лаборатории, считая ее равной температуре жидкости. Включить подсветку сосудов.
3. Аккуратно через пробку 6 опустить шарик в сосуд.
4. Секундомером измерить время ( $\square$ ) прохождения шариком расстояния  $L$  между указателями 3 и 4. Следить, чтобы в моменты включения и выключения секундомера глаз наблюдателя располагался на уровне соответствующего указателя. Результаты измерения времени  $\square$  занести в табл. 2. Рассчитать среднее значение диаметра шарика.

Таблица 1

№ п/п	Измерение диаметра шарика			
	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм	$d_3$ , мм	$d_{\text{ср}}$ , мм
1				
2				
3				
4				
5				

Таблица 2      Расстояние  $L =$  [мм]

		№ шарика				
		1	2	3	4	5
Жидкость 1	$\tau$ (с)					
	$\eta$ (Па · с)					
Жидкость 2	$\tau$ (с)					
	$\eta$ (Па · с)					

5. Прodelать подобный эксперимент для второй жидкости.

### Обработка результатов измерений

1. По формуле (6) рассчитать коэффициент внутреннего трения жидкости для каждого опыта.
2. Определить среднее значение коэффициента внутреннего трения  $\bar{\eta}$  для каждой жидкости.
3. Рассчитать погрешность измерения коэффициента вязкости  $\square\square$
4. Окончательный результат представить в виде  $\square\square\square\square\bar{\eta} \pm \Delta\eta\square$

### Плотность веществ

Вещество	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Свинец	$11.3 \cdot 10^3$
Водный раствор глицерина	$1.26 \cdot 10^3$
Касторовое масло	$0.9 \cdot 10^3$