

Лабораторная работа № 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА

Выполнил студент _____ Группа _____
Отметка о защите _____

Цель работы – определить коэффициент вязкости жидкости.

Приборы и принадлежности: цилиндр с исследуемой жидкостью, секундомер, микрометр, свинцовые шарики.

Описание экспериментальной установки

Прибор для определения коэффициента вязкости представляет собой стеклянный цилиндр, заполненный исследуемой жидкостью. На поверхности цилиндра имеются две метки, расположенные на расстоянии S друг от друга (см. рис. 1).

Общие положения

Внутреннее трение (вязкость) – взаимодействие между слоями жидкости, движущимися с различными скоростями. Явление сопровождается переносом импульса направленного движения из более быстрых слоёв в более медленные.

Рассмотрим падение тела (шарика) внутри покоящейся жидкости. При соприкосновении тела с жидкостью к его поверхности прилипают молекулы жидкости, образуя мономолекулярный слой. Этот слой жидкости движется вместе с телом со скоростью движения тела и увлекает соседние частицы, которые в свою очередь увлекают более удалённые частицы.

Частицы жидкости более удалённые от тела, движутся медленнее, чем более близкие к нему. При этом между частицами, движущимися с различными скоростями, возникают силы трения. Они тормозят движение тела, являясь силами сопротивления, и направлены в сторону, противоположную перемещению тела.

Сила сопротивления среды, действующая на шарик, падающий в покоящейся жидкости, рассчитывается по формуле Стокса:

$$F = 3\pi\eta v d \quad (1)$$

где d – диаметр шарика;

v – скорость шарика;

η – коэффициент внутреннего трения (коэффициент вязкости жидкости или просто вязкость). В СИ коэффициент вязкости измеряется в Па·с (читается: паскаль-секунда). Коэффициент вязкости жидкостей зависит от природы жидкости и температуры: с повышением температуры он сильно уменьшается.

Кроме силы сопротивления, на шарик, находящийся в жидкости, действуют сила тяжести mg и выталкивающая сила (сила Архимеда) F_A (рис. 1).

Сила сопротивления возрастает по мере увеличения скорости шарика. Когда сумма сил станет равной нулю, шарик будет дальше двигаться равномерно. Обозначим скорость равномерного движения через v_0 . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на направление движения:

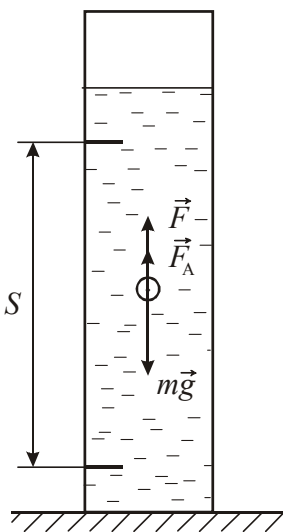


Рисунок 1

$$mg - F_A - F = 0. \quad (2)$$

Выразим массу шарика через плотность ρ и объём V :

$$m = \rho V \quad (3)$$

Выталкивающая сила определяется законом Архимеда:

$$F_A = \rho_1 g V, \quad (4)$$

где ρ_1 – плотность жидкости,

g – ускорение свободного падения.

Подставим соотношения (1), (3) и (4) в уравнение (2) и, заменив скорость на v_0 , получим:

$$\rho V g - \rho_1 g V - 3\pi\eta v_0 d = 0, \quad (5)$$

где $V = \frac{\pi d^3}{6}$ – объём шарика.

Подставим выражение для объёма шарика в уравнение (5) и найдём коэффициент вязкости η :

$$\eta = \frac{1}{18} g d^2 \frac{\rho - \rho_1}{v_0}. \quad (6)$$

Скорость v_0 выразим через время t , за которое шарик проходит путь S . Тогда:

$$\eta = \frac{1}{18} g d^2 t \frac{\rho - \rho_1}{S}. \quad (7)$$

Подготовка к работе

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит цель работы?
2. Какие физические величины измеряются непосредственно (прямые измерения)?
3. По какой формуле Вы будете рассчитывать коэффициент вязкости жидкости? Поясните смысл обозначений, входящих в формулу.

Выполнение работы

1. Измерить расстояние S между метками.
2. Измерить диаметр первого шарика 3 раза по различным направлениям.
3. Измерить время падения этого шарика между метками. Для этого, фиксируя глазом верхнюю метку, бросить шарик в цилиндр (ближе к центру) и включить секундомер в момент прохождения шарика через метку. Затем, фиксируя глаз на нижней метке, в момент прохождения шарика через неё выключить секундомер.
4. Прodelать аналогичные измерения для остальных шариков.
5. Записать значение плотности ρ_1 жидкости, указанное на установке.
6. Измерить температуру воздуха в лаборатории.

Оформление отчёта

1. Расчёты

1. По справочным материалам определить плотность шариков.
2. Вычислить среднее значение диаметра \bar{d} каждого шарика.

3. Рассчитать коэффициент вязкости по формуле (7) по результатам каждого опыта.
4. Найти среднее значение коэффициента вязкости.

2. Защита работы

(ответы представить в письменном виде)

1. В чём состоит явление вязкости?
2. От чего зависит коэффициент вязкости жидкости?
3. Сравните полученное значение коэффициента вязкости с табличным значением для исследуемой жидкости при данной температуре. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ

измерений к лабораторной работе №17

Выполнил(а) _____

Группа _____

Плотность шарика $\rho =$ _____

Плотность жидкости $\rho_1 =$ _____

Расстояние между метками $S =$ _____

Температура воздуха в лаборатории _____ °С

№ п/п	$d_1,$ мм	$d_2,$ мм	$d_3,$ мм	$\bar{d},$ мм	$t,$ с	$\eta,$ Па·с
1						
2						
3						
4						
5						
Среднее						

Табличное значение коэффициента вязкости для исследуемой жидкости:

$\eta =$ _____

Дата _____

Подпись преподавателя _____