

ОТЧЁТ  
по лабораторной работе №17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ  
МЕТОДОМ ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА

Выполнил студент группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Преподаватель кафедры физики

\_\_\_\_\_

Отметка о защите \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 17

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ  
МЕТОДОМ ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА

Цель работы: определить коэффициент вязкости жидкости.

Приборы и принадлежности: цилиндр с исследуемой жидкостью, секундомер, аналитические весы и разновесы, микрометр, 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.

## Общие положения

Всем реальным жидкостям в большей или меньшей степени присуща вязкость или внутреннее трение. Внутреннее трение (вязкость) – взаимодействие между слоями жидкости, движущимися с различными скоростями. Явление сопровождается переносом импульса направленного движения из более быстрых слоев в более медленные. В результате этого переноса между соприкасающимися слоями возникают силы внутреннего трения, тормозящие движение быстрого слоя и ускоряющие движение медленного.

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 удаленные частицы.

Частицы жидкости более удаленные от тела, движутся медленнее, чем более близкие к нему. В этих условиях между частицами, движущимися с различными скоростями, действуют 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;

$\eta$  – 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 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:

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

Заменим массу шарика через плотность  $\rho$  и объём  $V$ :

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

Выталкивающая сила определяется законом Архимеда:

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

где  $\rho_1$  – 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 значение объёма шарика в уравнение (5) и найдём коэффициент вязкости  $\eta$ :

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

Скорость  $v_0$  можно определить по измерениям времени  $t$ , 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. Взвесить все шарики вместе на аналитических весах.
2. Измерить диаметр каждого шарика 3 раза по различным направлениям.
3. Измерить расстояние  $S$  между метками.
4. Измерить время падения каждого 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.
5. Измерить ареометром плотность  $\rho_1$  жидкости.
6. Измерить температуру воздуха в лаборатории.

## Оформление отчёта

### 1. Расчёты

1. Вычислить среднее значение диаметра  $\bar{d}$  каждого шарика.
2. Определить среднюю плотность  $\rho$  материала шарика по формуле:

$$\bar{\rho} = \frac{m_{\text{общ}}}{V_{\text{общ}}} = \frac{m_{\text{общ}}}{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5} = \frac{6m_{\text{общ}}}{\pi(\bar{d}_1^3 + \bar{d}_2^3 + \bar{d}_3^3 + \bar{d}_4^3 + \bar{d}_5^3)}$$

где  $m_{\text{общ}}$  – общая масса шариков.

3. Рассчитать коэффициент вязкости по формуле (7) по результатам каждого опыта.
4. Найти среднее значение коэффициента вязкости.
5. Абсолютную погрешность  $\Delta\eta$  рассчитать как для прямых измерений.
6. Найти относительную погрешность измерений.
7. Результаты измерений записать в стандартном виде:

$$\eta = (\eta_{\text{ср}} \pm \Delta\eta)$$

### 2. Защита работы

*(ответы представить в письменном виде)*

1. От чего зависит коэффициент вязкости жидкости?
2. С каким явлением переноса Вы ознакомились в данной работе? В чём суть этого явления?
3. Укажите на рисунке, какие силы действуют на шарик, падающий в жидкости? Запишите соотношение между силами, которое выполняется при равномерном движении шарика.
4. Сравните полученное значение вязкости жидкости с табличным значением для исследуемой жидкости при данной температуре. Сделайте вывод.

ПРОТОКОЛ  
измерений к лабораторной работе №17

Выполнил(а) \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Общая масса шариков  $m_{\text{общ}} =$  \_\_\_\_\_Расстояние между метками  $S =$  \_\_\_\_\_Плотность жидкости  $\rho_1 =$  \_\_\_\_\_

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						

Дата \_\_\_\_\_

Подпись преподавателя \_\_\_\_\_