

Лабораторная работа № 5 (М21)

Определение коэф. вязкости жидкости по методу Стокса

Цель: познакомиться с явлениями вязкости и методами определения динамической вязкости жидкости

Силы вязкости (внутреннего трения) - силы сопротивления при движении жидкости

$$F_{тр} = \eta S \frac{v_0}{d} - \text{силы трения (при безвихревом движении жидкости и лин. проф. слое)}$$

η - коэф. динам. вязкости жидкости [Па·с] ($\frac{кг}{м \cdot с}$)

S - площадь пластины

d - расстояние между пластинами

В общем случае:
$$F_{тр} = \eta S \frac{dv}{dz}$$

$\frac{dv}{dz}$ - градиент скорости

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} - \text{кинематическая вязкость} \left[\frac{м^2}{с} \right]$$

ρ - плотность жидкости

С увел. температуры, вязкость уменьшается

По методу Стокса определяется по движению шарика в вязкой среде

$$P = F_1 + F_2$$

$$P = mg = 4\pi r^3 \rho g \frac{1}{3}$$

r - радиус шарика

ρ - плотность шарика

F_1 - выталкивающая сила

$$F_1 = m_1 g = 4\pi r^3 \rho_1 g \frac{1}{3}$$

m_1 - масса жидкости в объеме шарика

ρ_1 - плотность жидк.

F_2 - сила вязкости

$$F_2 = 6\pi r \eta v \quad v - \text{скорость движения шарика}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho_1)}{9v}$$

$$v = \frac{s}{t}$$

$$\eta = \frac{2r^2 g (\rho - \rho_1) t}{9s}$$

| i | $\rho_i, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ | $r_i, \text{мм}$ | $t_i, \text{с}$ | $\eta_i, \text{Па} \cdot \text{с}$ | $\eta_i - \langle \eta \rangle$ | $(\eta_i - \langle \eta \rangle)^2$ |
|-----|--|------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 11,3 | 2 | 4,13 | 0,899 | 0,071 | 0,005 |
| 2 | 11,3 | 2 | 4,06 | 0,884 | 0,056 | 0,003 |
| 3 | 11,3 | 1,5 | 6,02 | 0,737 | -0,091 | 0,008 |
| 4 | 11,3 | 1,5 | 6,45 | 0,79 | -0,038 | 0,001 |

$\text{Жалбы} = 3,5 \text{ мм}$

Смешивание K_1 и $K_2 = 410 \text{ мм}$

$\rho_{\text{жидк}} = 7,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\rho_{\text{шарика}} = 11,3 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

$\rho_{\text{шарика}} = 1,26 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Определим погрешность измерений η .

$$\Delta\eta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \langle \eta \rangle)^2}{n(n-1)}} = 0,04$$

$$\eta = 0,828 \pm 0,04 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Ответы на контр. вопросы:

1. Нужно чтобы при некоторой скорости движения шарика его сила тяжести полностью уравновешивалась силой вязкости и силой Архимеда.
2. Значение вязкости, измеренные в разные дни, для 1ой и той же жидкости может различаться из-за разницы температур в эти дни.
3. Поправка для системат. погрешности - погр. K , на котор. нужно умножить $\langle \eta \rangle$
4. В этом эксперименте преобладают случайные погрешности.
5. В СИ динамич. вязкость изм. в [Па·с]