Теоритическая часть

Вязкость в газах и жидкостях проявляется в том, что движение, возникшее в жидкости/газе, замедляется с окончанием действия причин, вызвавших движение, и постепенно прекращается. Обуславливается молекулярным движением в средах, взаимодействием мол-л.

Рассмотрим опыт. Верх. пластина движется с V_0 отн. нижней, нижняя неподвижна. Между ними слой воды без вихревых движений. Опыт показывает, что для движения верх. пл. со скоростью V_0 необходимо приложить $F = const$. Опытным путём Ньютон установил: $F_{тр} = \eta \, S \, \frac{v_0}{d}$, где η — коэр динам. вязкости жидкости $\uparrow, S, d, v_0, u$. В общем случае, когда скор меняется плавно в направлении $0 \perp$ скорости, справедл. более общая ф-ла ; формула Ньютона :

$$F_{тр} = \eta \, S \, \frac{dv}{dz}$$

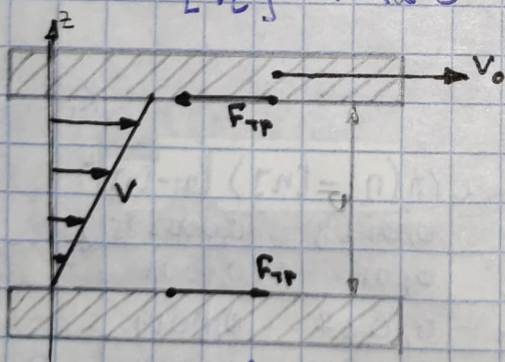В этой СО $[\eta] = 1 \text{ Па} \cdot с$

рис. 1

Метод Стокса: динам. вязкость жидкости η опр-ся из наблюдений за движением шарика в вязкой среде.

На шарик, падающий в вязкой среде, действуют сила тяж. P, сила Архимеда F_1, сила внутр. тр-я F_2 ⇒ при движ. с пост. P уравновешивается $F_{арх}$ и $F_{в.у.}$.

Тогда: $P = F_1 + F_2$

(1) $F_2 = P - F_1$, но $p = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho \cdot g$

По з. Архимеда: $F_1 = m_1 g = m_2 g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_1$
где ρ_1 — плотн. жидкости

Стокс показал, что $F_2 = 6\pi r \eta V$.
Подставив все найденные значения в (1) получим
$$6\pi r \eta V = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \rho_1)g \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \eta = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_1)}{9V} \quad \{V = \tfrac{S}{T}\} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \eta = \frac{2r^2 g(\rho - \rho_1)T}{9S} \quad - \text{выражение для опр.}$$
динамической вязкости

Экспериментальная часть.

Для определения η возьмём цилиндрический сосуд полный глицерина. Шарик движется с k_1 до k_2

Ход работы:

i	ρ_i, г/см³	r_i, мм	T_i, с	η_i, Па·с	$(\eta_i - [\eta])$	$(\eta_i - [\eta])^2$
1		1,5	1.6	0,417	0,0168	0,000285
2	11,3	1,6	1,49	0,442	0,01	0,0001
3		1,5	1,51	0,394	0,037	0,0014
4		1,5	1,60	0,475	0,0418	0,00184

Рис. 1

$\varnothing$ колбы $= 67$ мм $\Rightarrow R = 33,5$ мм
$\rho_{глицерина} = 1,26$ г/см³ $\rho_{свинца} = 11,3$ г/см³
$S_{k_1 k_2} = 18,85$ см $\rho - \rho_{гл} = 10,04$ г/см³

① Из формулы η:

$$\eta_1 = \frac{2r_i^2 g(\rho_i - \rho_{гл})J_i}{9\ell}$$

$$\eta_1 = \frac{2\cdot 2,25\cdot 10^2\cdot 9,8\cdot 10,04\cdot 1,6\cdot 10^2}{9\cdot 18,35\cdot 10^7} = 0,417\ \text{Па·с}$$

$$\eta_2 = \frac{2\cdot 2,56\cdot 10^2\cdot 9,8\cdot 10,04\cdot 1,49\cdot 10^2}{9\cdot 18,35\cdot 10^7} = 0,442\ \text{Па·с}$$

$$\eta_3 = 0,394\ \text{Па·с}$$

$$\eta_4 = 0,475\ \text{Па·с}$$

Среднее значение $[\eta] = \dfrac{\sum\limits_{i=1}^{4}\eta_i}{4} = 0,432$

Определим случайную погрешность:

$$\Delta_{случ}[\eta] = t_{\ell,n}\sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{4}(\eta_i - [\eta])^2}{n(n-1)}},\quad t_{\ell,n}-\text{коэф Стьюдента}$$

для надёжности $\ell = 0,68$

$$\Delta_{случ}[\eta] = 0,68\sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{4}(\eta_i - [\eta])^2}{4\cdot 3}} \approx 0,018\ \text{Па·с}$$

② Полная погрешность $\Delta \approx \Delta_{случ}[\eta]$, т.к. интерв. погрешностью можно пренебречь

③ Рассмотрим систематическую погрешность

Метод измерения основан на ф-ле Стокса, которая справедлива при условии, что происходит ламинарное обтекание шарика безграничной жидкостью.

В данном опыте шарик движется в сосуде огр-х размеров.

Рассчитаем поправку K для движется вдоль о...

$$K = \frac{1}{1 + \frac{3,4r}{R}}$$

r — радиус шарика
R — радиус сосуда.

$(i = 1,3)$ $K_1 = \dfrac{1}{1 + \dfrac{2,4 \cdot 1,5}{33,5}} = 0,9$

$(i = 2)$ $K_2 = \dfrac{1}{1 + \dfrac{2,4 \cdot 1,6}{33,5}} = 0,9$

Относительная погрешность $\dfrac{\Delta[\eta]}{[\eta]} = \dfrac{0,018}{0,432} = 0,0416$

Но т.к $K >$ нор-ти:

испр зн-е: $\eta_{испр} = K[\eta] \Rightarrow \eta_{ип} = 0,388$

$\eta_{ип} = 0,380$

④ $\eta = 0,384 \pm 0,0416$ Па·с

Вывод: Мы нашли значение вязкости жидкости которое явл-ся удовлетворительным, несмотр на огромную погрешность в изм-ии T.