

Определение энергии активации по температурной зависимости вязкости жидкости

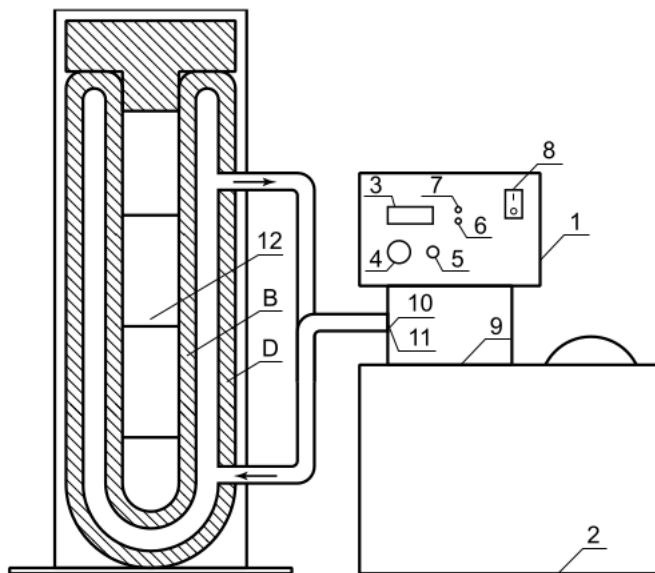
1 Цель работы:

- 1) Измерение скорости падения шариков при разной температуре жидкости;
- 2) Вычисление вязкости жидкости по закону Стокса и расчет энергии активации.

2 В работе используются:

Стеклянный цилиндр с глицерином, термостат, микроскоп, мелкие шарики, секундомер.

3 Экспериментальная установка:



4 Теоретическая часть

Рассмотрим свободное падение шарика в вязкой жидкости. На шарик действуют три силы: сила тяжести, архимедова сила и сила вязкости, зависящая от скорости.

Найдем уравнение движения шарика в жидкости. По второму закону Ньютона:

$$Vg(\rho - \rho_{ж}) - 6\pi\eta rv = V\rho \frac{dV}{dt}$$

Решая это уравнение, найдём:

$$v(t) = v_{уст} - [v_{уст} - v(0)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_{уст} = \frac{Vg(\rho - \rho_{ж})}{6\pi\eta rv} = \frac{2}{9} gr^2 \frac{\rho - \rho_{ж}}{\eta}$$

$$\eta = \frac{2}{9} gr^2 \frac{\rho - \rho_{жс}}{v_{уст}} \quad (1)$$

5 Обработка результатов измерений:

$\rho_{стекла}$	$\rho_{стали}$	L_0	L_1	L_2	$d_{тр}$
$2.5 \frac{г}{см^3}$	$7.8 \frac{г}{см^3}$	$2.5 \pm 0.05 см$	$10.0 \pm 0.05 см$	$10.0 \pm 0.05 см$	$3.0 \pm 0.05 см$
T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	
$293.0 \pm 0.3 K$	$303.0 \pm 0.3 K$	$313.0 \pm 0.3 K$	$323.0 \pm 0.3 K$	$333.0 \pm 0.3 K$	

T_1	1 стекл.	2 стекл.	1 сталь.	2 сталь.
$d, мм$	2.10	2.20	0.85	0.80
$t, с$	4.81	4.61	5.30	6.10
$t_1, с$	17.13	17.15	19.05	20.36
$t_2, с$	17.45	17.13	18.83	20.29

T_2	1 стекл.	2 стекл.	1 сталь.	2 сталь.
$d, мм$	2.10	2.10	0.70	0.75
$t, с$	2.60	2.65	3.96	3.60
$t_1, с$	8.72	8.54	15.82	13.33
$t_2, с$	8.64	8.73	15.64	13.79

T_3	1 стекл.	2 стекл.	1 сталь.	2 сталь.
$d, мм$	2.05	2.05	0.80	0.80
$t, с$	1.29	1.31	1.48	1.58
$t_1, с$	5.29	5.29	5.03	5.33
$t_2, с$	5.43	5.47	5.19	5.39

T_4	1 стекл.	2 стекл.	1 сталь.	2 сталь.
$d, мм$	2.05	2.10	0.70	0.75
$t, с$	0.83	0.76	0.70	0.96
$t_1, с$	2.70	2.69	3.45	3.39
$t_2, с$	2.83	2.80	3.73	3.73

T_5	1 стекл.	2 стекл.	1 сталь.	2 сталь.
d , мм	2.00	2.05	0.75	0.85
t , с	0.45	0.53	0.58	0.46
t_1 , с	1.54	1.72	2.23	1.67
t_2 , с	1.89	1.90	2.27	1.96

Вычислим значения η для каждого опыта по формуле (1):

$$[\eta] = Pa \cdot c$$

η_1	η_2	η_3	η_4	η_5
2.04 ± 0.1224	1.04 ± 0.0624	0.61 ± 0.0366	0.31 ± 0.0186	0.18 ± 0.0108

Оценим время релаксации τ и путь релаксации S по формуле:

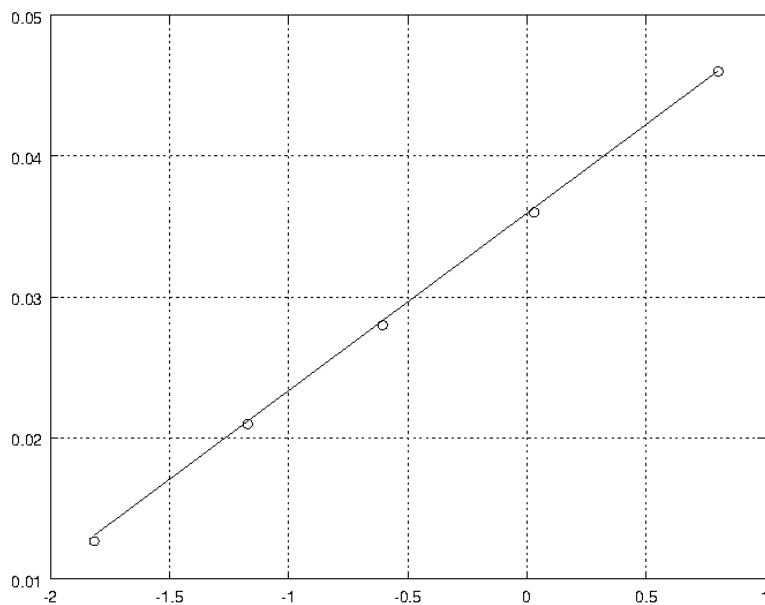
$$\tau = \frac{V\rho}{6\pi\eta r} = \frac{2r^2\rho}{9\eta}, \quad S = v_{ycm} \cdot t$$

τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5
0.0012 с	0.0024 с	0.0038 с	0.072 с	0.0075 с

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
$7.05 \cdot 10^{-3}$ мм	$2.7 \cdot 10^{-2}$ мм	$7.2 \cdot 10^{-2}$ мм	0.2 мм	0.5 мм

Путь релаксации $S \ll L_0 \Rightarrow$ скорость после L_0 является постоянной.

Построим график зависимости $\ln \eta$ от $\frac{1}{T}$:



Угловым коэффициентом наклона равен $a = \frac{d \ln \eta}{d(1/T)} = 75.628$
Оценим погрешности:

$$\varepsilon_L = \frac{\Delta_L}{L} = 0.02$$

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta_T}{T} = 0.02$$

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta_r}{r} = 0.048$$

$$\varepsilon_\eta = 0.0634$$

$$\varepsilon_W = 0.08452$$

Найдём энергию активации молекулы:

$$W = k \frac{d \ln \eta}{d(1/T)} = (1.04416 \pm 0.08825) \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

Посчитаем число Рейнольдса:

Re_1	Re_2	Re_3	Re_4	Re_5
0.008	0.032	0.08	0.03	0.07

Каждое значение числа Рейнольдса $Re < 0.5 \Rightarrow$ обтекание можно считать ламинарным.