

Лабораторная работа 2.2.6

Определение энергии активации по температурной зависимости вязкости жидкости

Татаурова Юлия Романовна

17 апреля 2024 г.

Цель работы:

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

Оборудование: стеклянный цилиндр с исследуемой жидкостью; термостат; секундомер; горизонтальный компаратор; мелкие шарики.

Теоретические сведения

Для того, чтобы молекула жидкости перешла в новое состояние, она должна преодолеть участки с большой потенциальной энергией, превышающей среднюю тепловую энергию молекул. Т.е должна увеличиться на величину энергии активации W . Количество молекул с энергией, превышающей W по формуле Больцмана:

$$\eta \sim Ae^{\frac{W}{kT}} \quad (1)$$

Чтобы исследовать температурную зависимость вязкости жидкости будем использовать метод Стокса. На тело,двигающееся в вязкой жидкости, действует сила сопротивления:

$$F = 6\pi\eta rv \quad (2)$$

Рассмотрим свободное падение шарика в вязкой жидкости (2ЗН):

$$Vg(\rho - \rho_{ж}) - 6\pi\eta rv = V\rho \frac{dv}{dt} \quad (3)$$

где V - объем шарика, ρ - его плотность, $\rho_{ж}$ - плотность жидкости. Тогда из 3 получаем:

$$v(t) = v_{уст} - (v_{уст} - v_0)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

$$v_{уст} = \frac{2}{9}gr^2 \frac{(\rho - \rho_{ж})}{\eta} \quad (5)$$

$$\tau = \frac{2}{9} \frac{r^2 \rho}{\eta} \quad (6)$$

где v_0 - начальная скорость шарика.

Тогда вязкость жидкости можно определить как:

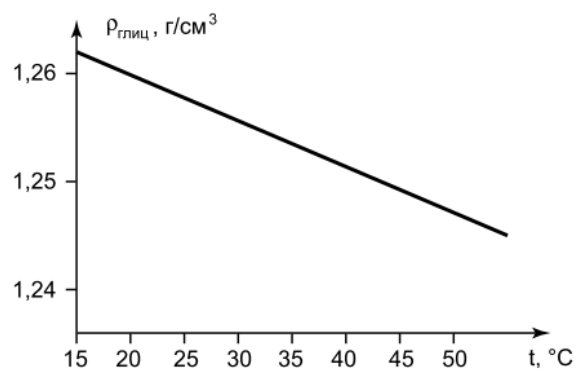
$$\eta = \frac{2}{9}gr^2\frac{\rho - \rho_{\text{ж}}}{v_{\text{уст}}} \quad (7)$$

Однако мы пользовались методикой Стокса, поэтому стоит так же проверить эту теорию. При выводе формулы Стокса предполагалось, что характер течения ламинарный, который можно описать числом Рейнольдса $Re = \frac{vr\rho_{\text{ж}}}{\eta} \approx 0.5$.

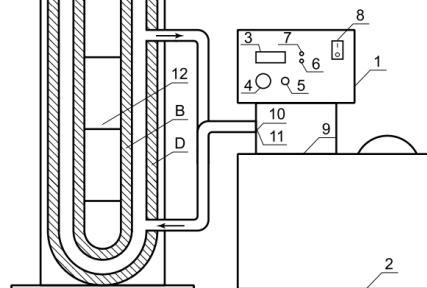
Также должно выполняться условие $t \gg \tau$

Экспериментальная установка

Сосуд В с жидкостью помещен в рубашку D, засчет которой происходит нагрев жидкости. Схема прибора изображена ниже.



(а) Зависимость плотности глицерина от температуры



(b) Экспериментальная установка

Экспериментальные данные

Таблица 1: Зависимость скорости шариков от температуры

d , мм	2.1	2	2	2.1
v , мм/с	3.03	2.98	2.99	3.01

(a) Скорость шариков при $T_1 = 21.6^\circ\text{C}$

d , мм	2.02	2.06	2.02	2
v , мм/с	3.7	4.07	4.39	4.6

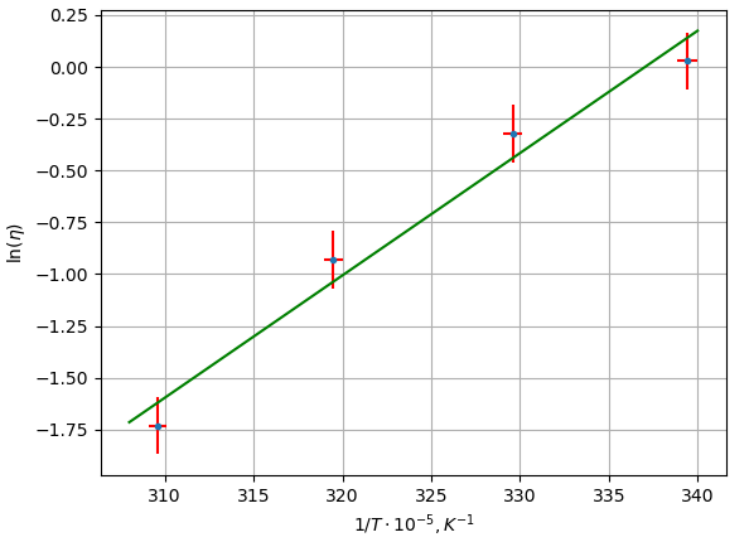
(b) Скорость шариков при $T_2 = 30.4^\circ\text{C}$

d , мм	2.1	2	2.12	2.1
v , мм/с	.47	7.76	7.94	9.18

(c) Скорость шариков при $T_3 = 40^\circ\text{C}$

d , мм	2.12	2	2.02	2
v , мм/с	15.88	16.58	17.67	18.96

(d) Скорость шариков при $T_4 = 50^\circ\text{C}$



$T^\circ\text{C}$	21.6	30.4	40	50
η , Па·с	1.028	0.723	0.395	0.177
τ , с· 10^{-4}	6	8	16	34
$Re \cdot 10^{-3}$	4	7	27	126
S , м· 10^{-7}	18	35	130	590
$\rho_{\text{жид}}$, г/см ³	1256	1254	1251	1248

Таблица 2: Результаты вычислений

Рис. 2: График зависимости $\ln(\eta)(1/T)$

Из гарфика $\frac{W}{k} = 5901 \rightarrow W \approx 0.5$ эВ.

Результаты и выводы

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_{\text{приб}}^2 + \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{\text{cp}})^2}{(n-1)n}} = 0.69 \text{ с} ; \varepsilon_v = \sqrt{\left(\frac{\sigma_t}{t_{\text{min}}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2} = 13.3\%$$

В ходе эксперимента были вычислены значения коэффициента вязкости глицерина при зар-ных температурах. Так же можно заметить, что течение в эксперименте можно считать ламинарным, т.к число Рейнольдса оказалось достаточно маленьким ($\sim 10^{-2}$). Помимо этого во всех экспериментах время релаксации, как и путь релаксации намного меньше измеряемых величин, поэтому движение шарика во время измерений можно действительно считать установившимся.