



Московский Физико-Технический Институт  
(национальный исследовательский университет)

Отчет по эксперименту

---

**Определение вязкости жидкости  
по скорости истечения  
через капилляр**

---

*Работа №2.2.5; дата: 14.02.22*

*Семестр: 2*

Выполнил:  
Кошелев Александр

Группа:  
Б05-105

## 1. Аннотация

В данной работе изучается влияние вязкости жидкости на ее ламинарное течение. При этом рассматривается истечение через капилляр и определяется вязкость воды. Также происходит знакомство с вискозиметром Оствальда и применение его на практике для измерения вязкости растворов глицерина разной концентрации.

**Схема установки:**

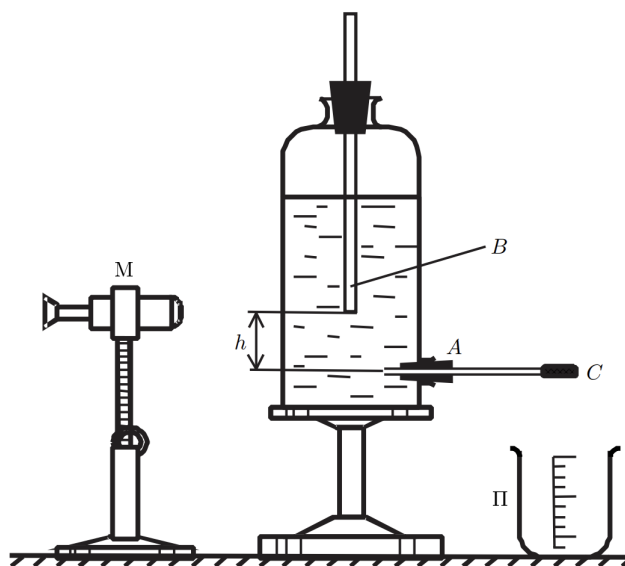


Рис. 1: Схема установки А

**В работе используются:** пробка А с капилляром С, сосуд Мариотта, пробка с толстой трубкой В, микроскоп М на стойке, мензурка П, секундомер.

## 2. Теоретические сведения

Из курса общей физики известна формула Пуазейля:

$$Q = \pi \frac{P_1 - P_2}{8\eta l} R^4$$

Из нее следует, что вязкость жидкости  $\eta$  можно определить, измеряя ее расход  $Q$ , перепад давления  $P_1 - P_2$ , длину капилляра  $l$  и его радиус  $R$ . Также вспомним число Рейнолдса:

$$Re = \frac{vR\rho}{\eta}$$

Из предыдущих уравнений и уравнения Бернулли определяется применимость формулы Пуазейля. В нашем случае ламинарное течение устанавливается после расстояния  $a$ :

$$a \approx 0.2R \cdot Re$$

То есть формула Пуазейля справедлива при длине капилляра  $l \gg a$ .

### 3. Проведение эксперимента

#### 3.1. Определение вязкости воды

##### Измерение параметров установки

Занесем в таблицу длину  $l$  капиллярной трубки и ее диаметр  $d$ .

$l$ , мм	$d$ , мм
$135 \pm 1$	$1.00 \pm 0.05$

Табл. 1: Параметры установки

##### Определение поправки для разницы давлений

Найдем высоту  $\Delta h$ , при которой поток жидкости остановится:

$$\Delta h = (1.0 \pm 0.1) \text{ см}$$

##### Измерение расхода жидкости

№	$h$ , см	$V$ , мл	$\Delta t$ , с	$Q$ , мл/с
1	$2.7 \pm 0.1$	25	$407 \pm 1$	$0.0614 \pm 0.0001$
2	$3.7 \pm 0.1$	25	$282 \pm 1$	$0.0887 \pm 0.0001$
3	$4.7 \pm 0.1$	25	$204 \pm 1$	$0.1225 \pm 0.0001$
4	$5.7 \pm 0.1$	25	$167 \pm 1$	$0.1497 \pm 0.0001$

Табл. 2: Измерение расхода жидкости

Построим график зависимости  $Q(h)$  и по нему рассчитаем  $\gamma$  - коэффициент наклона. При этом, поскольку  $\Delta h$  постоянна, она не влияет на расчет  $\gamma$ .

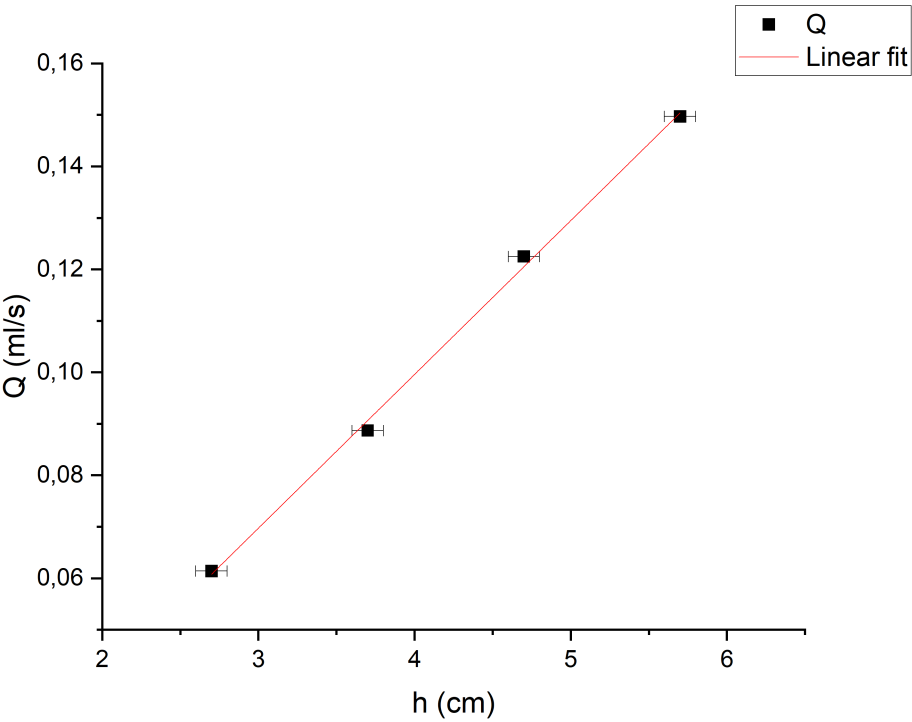


Рис. 2: График зависимости  $Q(h)$

Методом линейной аппроксимации получаем:

$$\gamma = (2.99 \pm 0.09) \cdot 10^{-2} \text{ мл/см} \cdot \text{с}$$

Теперь при помощи формулы Пуазейля выразим нужную нам вязкость:

$$\eta = \frac{\pi R^4 \rho g}{8 l \gamma} = (7.9 \pm 0.9) \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

### 3.2. Определение вязкости растворов глицерина вискозиметром Оствальда

Измерение времени протекания жидкостей

Раствор	$\tau_i, \text{ с}$					$\overline{\tau}, \text{ с}$
Вода	$6.24 \pm 0.20$	$6.42 \pm 0.20$	$6.45 \pm 0.20$	$6.28 \pm 0.20$	$6.30 \pm 0.20$	$6.34 \pm 0.20$
Глицерин 10%	$8.92 \pm 0.20$	$8.81 \pm 0.20$	$8.79 \pm 0.20$	$8.71 \pm 0.20$	$8.90 \pm 0.20$	$8.86 \pm 0.20$
Глицерин 20%	$11.86 \pm 0.20$	$11.40 \pm 0.20$	$11.44 \pm 0.20$	$11.52 \pm 0.20$	$11.88 \pm 0.20$	$11.62 \pm 0.20$
Глицерин 30%	$15.08 \pm 0.20$	$15.90 \pm 0.20$	$15.46 \pm 0.20$	$15.38 \pm 0.20$	$15.25 \pm 0.20$	$15.41 \pm 0.20$

Табл. 3: Измерение времени протекания

Теперь вспомним формулу для вязкости исследуемой жидкости:

$$\eta_x = \eta_0 \frac{\rho_x t_x}{\rho_0 t_0}$$

Необходимые данные и результаты вычислений оформим таблицей, при этом вязкость воды возьмем из предыдущей части эксперимента:

Жидкость	$\rho_x, \text{ г/см}^3$	$t_x, \text{ с}$	$\eta_x, \text{ Па} \cdot \text{с}$
Вода	1.000	$9.32 \pm 0.20$	$(7.9 \pm 0.9) \cdot 10^{-4}$
Глицерин 10%	1.019	$13.96 \pm 0.20$	$(1.13 \pm 0.14) \cdot 10^{-3}$
Глицерин 20%	1.042	$19.45 \pm 0.20$	$(1.51 \pm 0.20) \cdot 10^{-3}$
Глицерин 30%	1.065	$29.21 \pm 0.20$	$(2.05 \pm 0.31) \cdot 10^{-3}$

### 4. Выводы

В ходе работы определено значение вязкости воды  $\eta = (7.9 \pm 0.9) \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , что близко к табличному значению  $\eta_0 = (8.9 \pm 0.9) \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$  в пределах двух величин стандартного отклонения. Также при помощи вискозиметра Оствальда определены вязкости нескольких растворов глицерина  $\eta_{10\%} = (1.13 \pm 0.14) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $\eta_{20\%} = (1.51 \pm 0.20) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ ,  $\eta_{30\%} = (2.05 \pm 0.31) \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ , что также близко к табличным значениям в пределах двух стандартных отклонений.