

*Федеральное государственное автономное образовательное  
колледж*

**«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**Лабораторная работа №1.3.2(2)**

по курсу общей физики на тему: *«Определение модуля кручения»*

*Работу выполнил:  
Санёчек Третьяков  
(группа Б02-206)*

Маями Бич  
5 декабря 2022 г.

# 1 Аннотация

**Цель работы:** измерение углов закручивания в зависимости от приложенного момента сил, расчет модуля сдвига проволоки по измерениям периодов крутильных колебаний подвешенного на ней маятника (динамическим методом).

**В работе используются:** проволока из исследуемого материала, грузы, секундомер, микрометр, рулетка, линейка.

## 2 Теоретическая справка

Вращение описывается формулой:

$$I_y \frac{d\omega}{dt} = M_y \Rightarrow I \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -M$$

,где  $I$  - момент инерции стержня,  $\varphi$  - угол поворота стержня от положения равновесия,  $M$  - момент сил, действующий на стержень при закручивании;

При малых  $\varphi$  момент сил описывается формулой:

$$M = \frac{\pi R^4 G}{2l} \varphi = f \varphi, \text{ где } f \text{ модуль кручения, связанный с модулем сдвига } G$$

Тогда получаем следующие уравнения для незатухающих колебаний:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{f}{I} \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \varphi_0 \sin\left(\sqrt{\frac{f}{I}} t + \theta\right) \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{f}}$$

Таким образом модуль сдвига  $G$  выражается через  $f$  следующей формулой:

$$G = \frac{2lf}{\pi R^4}, \text{ где } R = \frac{d}{2}$$

$$f = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 I}{f}$$

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + I_0 = 2mr^2 + I_0$$

$$T^2 = \frac{8\pi^2 m}{f} r^2 + \frac{4\pi^2 I_0}{f}$$

Можно заметить, что зависимость  $T^2(r^2)$  имеет вид  $y = kx + b$ , причем

$$k = \frac{8\pi^2 m}{f} \Rightarrow f = \frac{8\pi^2 m}{k}, \quad G = \frac{16\pi l m}{k R^4}$$

$$\sigma_G = G \sqrt{\left(\frac{\sigma_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_l}{l}\right)^2 + 16\left(\frac{\sigma_d}{d}\right)^2}$$

### 3 Методика измерений

Экспериментальная установка состоит из исследуемой проволоки "П" и прикрепленного к ее нижнему концу стержня "С" с двумя симметрично расположенными грузами "Г". Верхний конец проволоки может спокойно проворачиваться вокруг вертикальной оси. Установка для определения модуля сдвига проволоочки представлена на рисунке ниже:

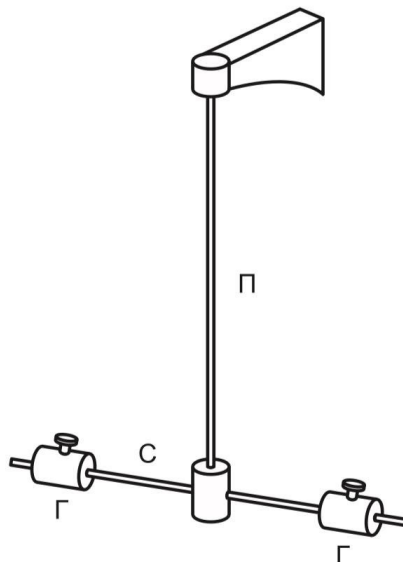


Рис. 1: схема установки

### 4 Результаты эксперимента

Массы грузиков:  $m = (337 \pm 1)\text{г}$ .

Длина проволоочки:  $l = (171,6 \pm 0,1)\text{см}$

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее
d, мм	1,56	1,56	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,552

Таблица 1: экспериментальные данные d

Диаметр проволоочки:  $d_{\text{ср}} = (1,552 \pm 0,011)\text{мм}$ .

г, м	0,205	0,210	0,215	0,220	0,225
T, с	5,178	5,294	5,41	5,524	5,674
$r^2, \text{м}^2$	0,042	0,044	0,046	0,048	0,051
$T^2, \text{с}^2$	26,8	28,02	29,27	30,51	32,19

Таблица 2: экспериментальные данные T и посчитанные  $T^2$

## 5 Обработка результатов эксперимента

По полученным из эксперимента данным построим график  $T^2(r^2)$ :

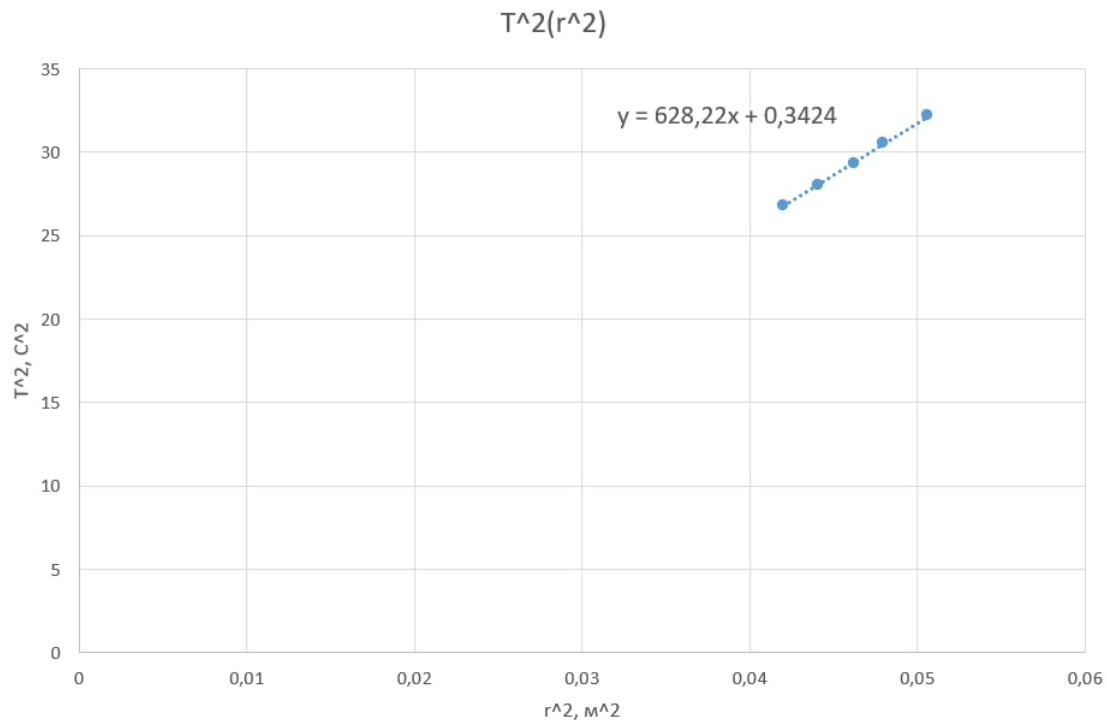


Рис. 2: схема установки

1.3.2 здесь вроде все нормально получилось (погрешность из воздуха взял) Из графика:  $k = 628,22 \Rightarrow G = 7,6 * 10^{10} \text{ Па}$   $\sigma_G = 0,6 * 10^{10}$

## 6 Выводы

Проволока скорее всего сделана из стали. Табличное значение модуля сдвига стали 83 ГПа. Экспериментально полученный модуль сдвига -  $76 \pm 6 \text{ ГПа}$ . Отличие от табличного значения составило  $\varepsilon(G) = 8\%$  Это можно объяснить тем, что проволока сделана из сплава или с добавлением примесей.