

*Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования*

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

Лабораторная работа №1.3.2(2)

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

*Работу выполнил:
Никифоров Дмитрий
(группа Б02-205)*

Долгопрудный
14 октября 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, φ - угол поворота стержня от положения равновесия, M - момент сил, действующий на стержень при закручивании;

При малых φ 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:

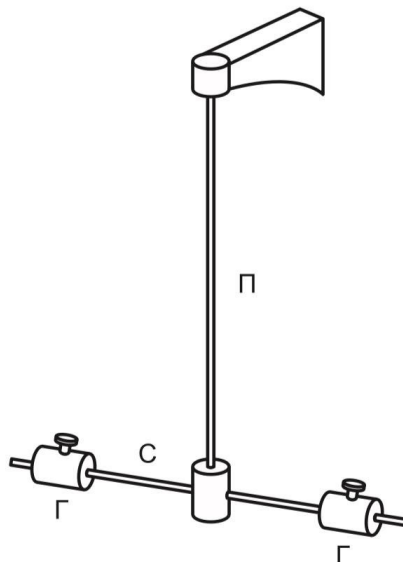


Рис. 1: схема установки

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	0,04	0,08	0,12	0,16	0,2
T, с	1,799	2,582	3,428	4,415	5,931
$r^2, \text{м}^2$	0,0016	0,0064	0,0144	0,0256	0,04
$T^2, \text{с}^2$	3,236	6,667	11,751	19,492	35,177

Таблица 2: экспериментальные данные T и посчитанные T^2

5 Обработка результатов эксперимента

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

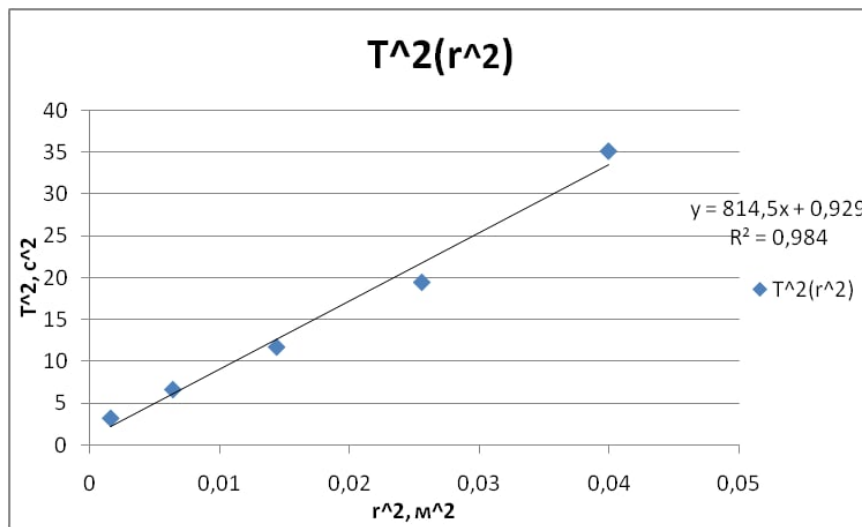


Рис. 2: схема установки

Из графика: $k = 814,5 \Rightarrow G = 98,4 * 10^9 \text{ Па}$ $\sigma_G = 2,1 * 10^9 \text{ Па}$

6 Выводы

Проволока скорее всего сделана из стали. Табличное значение модуля сдвига стали 83 ГПа. Экспериментально полученный модуль сдвига - $98,4 \pm 2,1$ ГПа. Отличие от табличного значения составило $\varepsilon = 16\%$ Это можно объяснить тем, что проволока сделана из сплава или с добавлением примесей.