

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.18<sup>1)</sup> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ СДВИГА

*Цель работы:* экспериментальное определение модуля сдвига материала проволоки методом крутильных колебаний.

*Литература:* 1. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н. Курс общей физики. Механика» (2001), гл.6.

2. Стрелков С.П. Механика. (4-е изд., 2005), §84.

3. Сивухин Д.В. Общий курс физики в 5-ти томах, т. 1, Механика (4-е изд., 2005), §73-80.

4. Введение в физический практикум.

*Приборы и принадлежности:* крутильный маятник, микрометр, линейка, секундомер.

### ВВЕДЕНИЕ

При закручивании проволоки в ней возникают деформации сдвига. При малых углах поворота  $\varphi$  эти деформации являются упругими, поэтому момент возвращающих сил пропорционален углу закручивания:

$$M = -k\varphi. \quad (1)$$

Коэффициент  $k$  в этом уравнении зависит от упругих свойств вещества проволоки, характеристикой которых в данном случае является модуль сдвига  $G$ . По закону Гука можно найти связь между  $k$  и  $G$  [1]:

$$k = G \frac{\pi r^4}{2l}, \quad (2)$$

где  $r$  - радиус проволоки,  $l$  - ее длина.

С учетом (2) уравнение (1) принимает вид:

$$M = -G \frac{\pi r^4}{2l} \varphi. \quad (3)$$

Это соотношение указывает на два возможных метода экспериментального определения модуля сдвига:

**статический** - путем измерения момента внешних сил (численно равного моменту сил упругости) и соответствующего угла закручивания  $\varphi$  исследуемой проволоки;

**динамический** - путем измерения периода  $T$  крутильных свободных колебаний тела, подвешенного на свободном конце проволоки.

В этом случае уравнение движения будет иметь вид:  $I\ddot{\varphi} = M$ , где  $I$  - момент инерции маятника. Следовательно:

---

<sup>1)</sup> Описание дополнено преподавателями КОЭФ Александровым В.Н. и Васильевой И.А.

$$I\ddot{\varphi} = -G \frac{\pi r^4}{2l} \varphi.$$

Это уравнение описывает гармонические крутильные колебания с периодом:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{G \frac{\pi r^4}{2l}}}, \quad \text{откуда}$$

$$G = \frac{8\pi l}{r^4} \cdot \frac{I}{T^2}. \quad (4)$$

Динамический метод не требует точной аппаратуры для измерения углов и момента сил и находит широкое применение для экспериментального определения модуля сдвига. Именно этот метод и используется в данной работе.

## ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Крутильный маятник (рис.1.18.1) представляет собой стержень 1. При помощи небольшого цилиндра 2 маятник подвешен на проволоке 3, модуль сдвига материала которой определяется в эксперименте. На стержень 2 симметрично надеваются цилиндрические подвижные грузы 4 одинаковой массы  $m$  и формы. Различным расположением этих грузов достигается изменение момента инерции маятника относительно оси вращения.

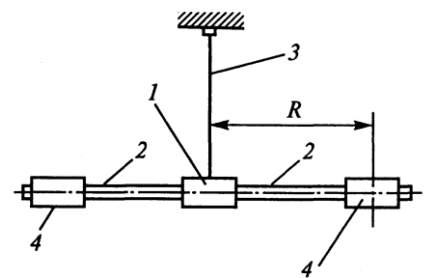


Рис. 1.18.1

Экспериментальное определение модуля сдвига, как видно из уравнения (4), связано с измерениями длины и радиуса испытуемой проволоки, периода колебаний и момента инерции маятника относительно оси вращения.

Первые три величины могут быть измерены непосредственно. Момент инерции определяется следующим образом. Проводятся измерения периода колебаний маятника для двух различных положений грузов на стержне  $R_1$  и  $R_2$  (на первой трети и на концах стержня). Из условия постоянства отношения  $I/T^2$  для данного маятника следует:

$$\frac{I_1 - I_2}{T_1^2 - T_2^2} = \frac{2m(R_1^2 - R_2^2)}{T_1^2 - T_2^2}, \quad (5)$$

где  $I_1 = I_0 + 2I_{ep1}$  – момент инерции прибора относительно оси вращения при положении грузов на расстоянии  $R_1$ ;  $I_2 = I_0 + 2I_{ep2}$  – момент инерции прибора относительно оси вращения при положении грузов на расстоянии  $R_2$ ;  $I_{ep}$  – момент инерции груза, рассчитываемый по теореме Штейнера:

$$I_{ep1} = I_{ep0} + mR_1^2 \quad \text{или} \quad I_{ep2} = I_{ep0} + mR_2^2.$$

