

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.18¹⁾ 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 φ 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 φ 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:

¹⁾ 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 одинаковых массы m и формы. Различным расположением этих грузов достигается изменение момента инерции маятника относительно оси вращения.

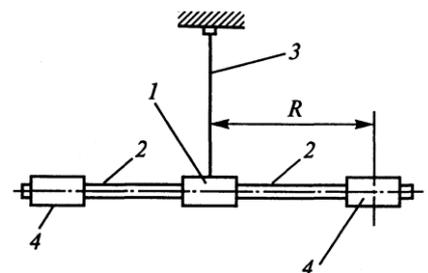


Рис. 1.18.1

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:

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

