

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Отчет о выполнении лабораторной работы №1.2.3

**Определение моментов инерции
твердых тел с помощью трифилярного
подвеса**

Выполнил студент группы Б03-405
Тимохин Даниил

4 декабря 2024 г.

1. Аннотация

В работе измеряются моменты инерции твердых тел с помощью трифилярного подвеса. Сравниваются с моментом инерции, вычисленным по теоретическим формулам. Проверяется справедливость теоремы Гюгенса-Штейнера, а также аддитивность моментов инерции.

2. Теоретическая справка

В данной работе используется трифилярный подвес. С его помощью можно определить момент инерции, тела, расположенного на нём.

При этом энергию подвеса с грузом можно оценить так:

$$\frac{I\dot{\varphi}^2}{2} + mg(z_0 - z) = E \quad (1)$$

Первое слагаемое - энергия вращательного движения, а второе - потенциальная энергия. Потери на трение в креплениях и неупругие деформации в нитях мы не учитываем. Считаем, что потери энергии небольшие при небольшом количестве колебаний.

Теперь запишем длину нити CC' от угла поворота φ .

$$(R \cos \varphi - r)^2 + R^2 \sin^2 \varphi + z^2 = L^2 \quad (2)$$

И так как угол φ мал, то можно считать $\cos \varphi = 1 - \frac{\varphi^2}{2}$

$$z^2 = L^2 + R^2 + r^2 + 2Rr \cos \varphi = z_0^2 + 2Rr(1 - \cos \varphi) \approx z_0^2 - Rr\varphi^2 \quad (3)$$

$$z^2 \approx \sqrt{z_0^2 - Rr\varphi^2} = z_0 \sqrt{1 - \frac{Rr\varphi^2}{z_0^2}} \approx z_0 - \frac{Rr\varphi^2}{2z_0} \quad (4)$$

В итоге получем, что

$$\frac{I\dot{\varphi}^2}{2} + mg \frac{Rr\varphi^2}{2z_0} = E \quad (5)$$

Берём первую производную с учётом, что мы пренебрегаем потерями энергии

$$I\ddot{\varphi} + mg \frac{Rr\varphi}{z_0} = 0 \quad (6)$$

Получаем, что период колебаний трифилярного подвеса с грузом равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{Iz_0}{mgRr}} \quad (7)$$

Тогда для момента инерции получаем

$$I = \frac{mgRrT^2}{4\pi^2 z_0} \quad (8)$$

$$I = k m T^2, \text{ где } k = \frac{gRr}{4\pi^2 z_0} \quad (9)$$

и k - константа для установки

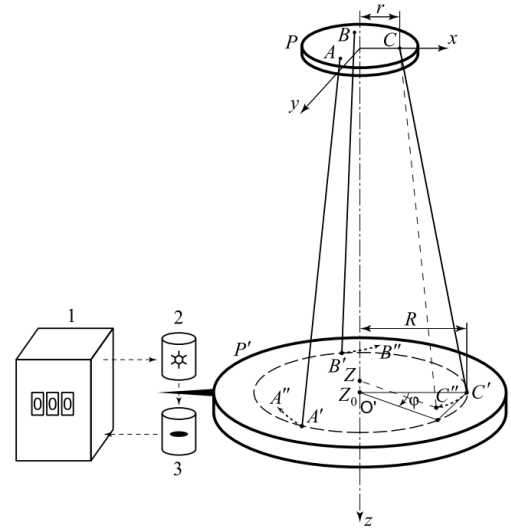


Рис. 1. Трифилярный подвес

3. Оборудование

Трифилярный подвес
Автоматический таймер
Брус
Кольцо
Диск
Два полуцилиндра(сыр)

4. Результаты измерений и обработка данных

Измерение проходит так: На подвес ставится изучаемый образец. Затем нужно сделать так, чтобы трифилярный подвес почти не совершал колебаний. Тогда можно нажать специальную кнопку для раскрутки подвеса. И с помощью специального таймера замеряем время.

Так как у таймера абсолютная и систематическая погрешность практически равна 0, то будем проводить два измерения времени и считать систематическую погрешность двух измерений.

Сначала измерим пустой подвес и посмотрим, когда амплитуда колебаний начнёт уменьшаться. Это соответствует 15 колебаниям.

Теперь сделаем измерение подвеса в 15 колебаний. Получим $T = 4.42 \pm 0.01$ с. И измерим длину нити подвеса.

Значение k , полученное с помощью длины нити подвеса. $k = (406.4 \pm 7.6) \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$

Значение $I = (7.8 \pm 0.14) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, а по формулам $I = (7.6812 \pm 0.0007) \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Видно, что экспериментальный момент инерции соответствует теоретическому. Поэтому возьмём далее $k = (400.2 \pm 3.6) \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$.

Предметы	$T, \text{с}$	$I, 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
Подвес	4.418 ± 0.002	7.68 ± 0.08
Подвес+Кольцо	4.1850 ± 0.0008	12.34 ± 0.11
Подвес+Диск	3.9513 ± 0.0007	9.79 ± 0.09
Подвес+Брус	3.7620 ± 0.0005	12.36 ± 0.11
Подвес+Кольцо+Диск	3.9227 ± 0.0026	14.44 ± 0.15
Подвес+Брус+Диск	3.6020 ± 0.0016	14.37 ± 0.14
Подвес+Брус+Кольцо	3.783 ± 0.003	16.95 ± 0.19