Лабораторная работа №6.
Физический маятник.

Цель: Исследовать зависимость периода колебаний однородного стержня (физического маятника) от положения точки подвеса.

Определить ускорение свободного падения с помощью физического маятника.

Оборудование: Однородный стальной стержень с регулируемым положением точки подвеса, секундомер, линейка.

Содержание и метод выполнения работы.

Физический маятник – это любое твёрдое тело, способное совершать колебания вокруг закреплённой горизонтальной оси.

В случае малой амплитуды колебаний (что и будет рассматриваться в дальнейшем) центр масс расположен ниже точки подвеса.

Практическое применение физический маятник нашёл, в частности, в гравиметрах – приборах, исследующих зависимость ускорения свободного падения от географического положения. Также метод физического маятника используется для экспериментального определения моментов инерции массивных колёс – маховиков.

Рассмотрим колебания физического маятника на простейшей модели – однородном стержне длиной ℓ. При отклонении стержня на малый угол β возникает возвращающий момент силы тяжести

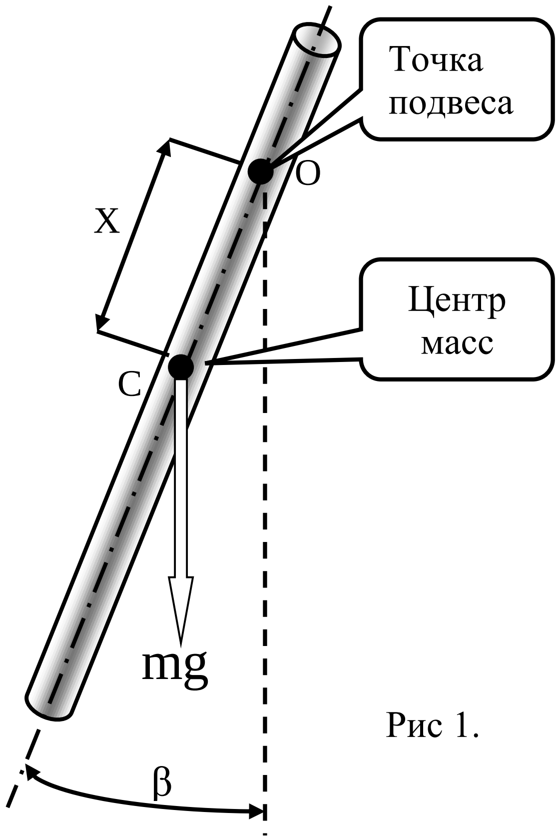

Рис 1.

$$M = mqx\sin\beta \approx mqx\beta ,$$

где m – масса стержня,

q – ускорение свободного падения,

x – расстояние между точкой подвеса O и центром масс C стержня.

Тогда уравнение движения маятника при допущении отсутствия трения можно представить в виде:

$$I\ddot{\beta} = -mqx\beta \qquad (1).$$

Где $I = \dfrac{m\ell^2}{12} + mx^2$ (2).

- момент инерции маятника относительно точки С.

Введём обозначения: $y=\dfrac{x}{\ell}$ - безразмерная величина, характеризующая координату точки подвеса; $T_O = 2\pi\sqrt{\dfrac{\ell}{g}}$ - период колебаний математического маятника с длиной нити ℓ .

Уравнение (1) описывает гармонические колебания β(t):

$$\beta = \beta_O cos(\frac{2\pi}{T}t),$$

где β_O – амплитуда колебаний;

T – период колебаний.

$$T = T_O\sqrt{y+\frac{1}{12y}} = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}\sqrt{\frac{x}{\ell}+\frac{\ell}{12}}\ \mathrm{T} \qquad (3).$$

Зависимость T(y) имеет минимум $T=\dfrac{T_0}{(2\sqrt{3})^{0,5}}$

при $y=\dfrac{1}{2\sqrt{3}}$, т.е. при $x=\dfrac{\ell}{2\sqrt{3}}$.

Так как $x \le \dfrac{\ell}{2}$, то график имеет вид (рис 2):

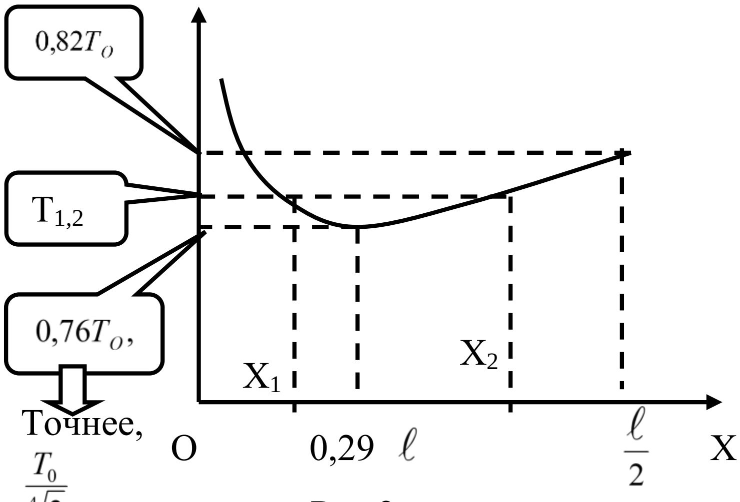

Рис 2.

Следствием соотношения (3) является следующий факт. Пусть x_1 и x_2 – координаты точек подвеса, при которых периоды колебаний равны

T_1=T_2 (рис 2),

тогда из соотношения (3) получим:

$$y_2 = \frac{1}{12y_1} \to T_{1,2} = T_0\sqrt{y_1+y_2} = 2\pi\sqrt{\frac{x_1+x_2}{g}} \qquad (4)$$

Порядок выполнения работы.

1. Измерьте длину стержня.
2. Найдите экспериментально центр масс стержня.
3. Разметьте стержень так, чтобы точка подвеса имела как минимум 10 положений от центра масс до края стержня.
4. Для каждой из точек подвеса определите периоды колебаний с малой амплитудой, измеряя время 20-30 колебаний. Найдите экспериментально хотя бы пару точек подвеса с одинаковыми периодами.

5. На одной координатной плоскости постройте экспериментальный и теоретический графики зависимости T(x). для теоретического графика используйте данные об ускорении свободного падения.
6. На основании данных эксперимента определите величину ускорения свободного падения g тремя способами:

   А) по значению наименьшего периода $T = \dfrac{T_0}{\sqrt[4]{3}}$.

   Б) используя соотношение (3).

   В) используя соотношение (4).

x, м	N	t, с	T, с	$g_А$, м/с^2	$g_Б$, м/с^2	$g_В$, м/с^2

Контрольные вопросы.

1. Какой из способов экспериментального определения g (А, Б или С) точнее?
2. Опишите измерения (в рамках данной лабораторной работы), которые надо проделать, чтобы ответить на вопрос – какой длины надо взять нить математического маятника, чтобы его период колебаний был таким же, как период колебаний используемого физического маятника? Предложите два варианта таких измерений [используя (3) и (4)].