

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра Физики

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №2
Тема: «Исследование динамики свободных
гармонических колебаний в поле силы тяжести»

Студент гр. 2381

Рыжиков И.С.

Преподаватель

Агабабаев В.А.

Санкт-Петербург
2022

Цель работы

Изучение закономерностей колебательного движения тела в однородном поле силы тяжести; исследование процессов превращения энергии в консервативных системах; определение момента инерции физического маятника.

Приборы и принадлежности

Физический маятник; секундомер; масштабная линейка, чертежный треугольник.

Конструкция оборотного маятника представлена на рис. 1. На стержне 1 закреплены два диска – D1 и D2. Маятник может быть подвешен на кронштейне к легкой призме, трение в которой пренебрежимо мало.

Исследуемые закономерности

Физический маятник - это тело с распределенной массой или система тел, ось вращения которого расположена выше центра масс маятника. Относительно этой оси маятник колеблется с периодом

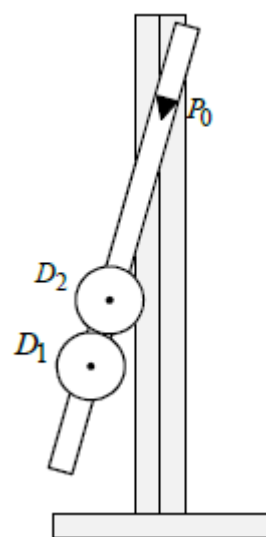


Рис. 1

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgx_c}} = 2\pi \sqrt{\frac{l_0}{g}} \quad (1)$$

где для составного маятника $m = \sum m_i$ - масса маятника, $x_c = \frac{1}{m} \sum m_i x_{ci}$ - положение его центра масс относительно оси вращения, m_i и x_{ci} - масса i -го тела и положение его центра масс относительно оси вращения, $I = \sum I_i$ - полный момент инерции маятника, $I_i = I_{0i} + m_i x_{ci}^2$ - момент инерции i -го тела, рассчитанный относительно оси вращения по теореме Штейнера, I_{0i} - момент инерции этого тела относительно его центра масс. Длина математического маятника, период которого совпадает с периодом колебаний данного физического маятника называется приведенной длиной физического маятника. Ее можно найти как $l_0 = I/mx_c = gT_0^2/4\pi^2$. Ее можно определить экспериментально, если найти новую ось O' , называемую осью качания, относительно которой маятник колеблется с тем же периодом

T_0 , что и относительно оси вращения O . Расстояние между осями вращения и качания $OO' = l_0$ и будет приведенной длиной физического маятника. Полный момент инерции маятника может быть представлен в виде:

$$I = I_0 + m\overline{x_c^2}$$

где $I_0 = \sum I_{0i}$, $\overline{x_c^2} = \frac{1}{m} \sum m_i x_{ci}^2$ – средний квадрат положений центров масс системы тел, составляющих маятник.

Если период колебаний маятника определен экспериментально, то из (1) можно найти момент инерции маятника:

$$I = mgx_c T_0^2 / 4\pi^2. \quad (2)$$

Сохранение энергии гармонических колебаний.

Поскольку физический маятник, качающийся под действием силы тяжести, является консервативной системой, можно проанализировать процесс перехода потенциальной энергии маятника в кинетическую и обратно.

Потенциальная энергия при достижении амплитудного значения угла отклонения маятника равна:

$$W_{\text{pm}} = mgh_c = mgx_c (1 - \cos \varphi_m) = 2mgx_c \sin^2 \frac{\varphi_m}{2} \approx \frac{1}{2} mgx_c \varphi_m^2$$

где h_c - высота поднятия центра масс маятника при его максимальном отклонении от положения равновесия, x_c – положение центра масс маятника относительно его точки подвеса, φ_m – максимальный угол отклонения маятника от положения равновесия.

При малых углах отклонения маятника (до 20°) максимальная потенциальная энергия равна:

$$W_{\text{pm}} \approx \frac{1}{2} mgx_c \varphi_m^2.$$

Максимальная кинетическая энергия физического маятника

$$W_{\text{km}} = \frac{I\omega_m^2}{2} = \frac{mgx_c T_0^2 \omega_m^2}{8\pi^2},$$

где момент инерции маятника выражен по формуле (2) через период его колебаний. Из закона сохранения полной механической энергии

$$W = W_k + W_p = W_{\text{km}} = W_{\text{pm}} = \text{const}$$

можно найти максимальную угловую скорость маятника при прохождении им положения равновесия $\omega_{\text{m}} = 2\pi\varphi_{\text{m}}/T_0$.

Вопросы

9. Напишите уравнение для кинетической и потенциальной энергии физического маятника. Найдите полную энергию. Какой характер сил, действующих на качающееся тело, консервативный или диссипативный?

Ответ: Потенциальная энергия равна:

$$W_p = mgh_c = mgx_c (1 - \cos \varphi) = 2mgx_c \sin^2 \frac{\varphi}{2} \approx \frac{1}{2}mgx_c \varphi^2$$

где h_c - высота поднятия центра масс маятника при его максимальном отклонении от положения равновесия, x_c - положение центра масс маятника относительно его точки подвеса, φ - угол отклонения маятника от положения равновесия.

Кинетическая энергия маятника

$$W_k = \frac{I\omega^2}{2}$$

На качающееся тело действуют сила тяжести и сила упругости, которые являются консервативными силами.

1. Какие силы называются консервативными?

Ответ:

Консервативные силы — силы, работа которых по замкнутой траектории равна 0.

ПРОТОКОЛ НАБЛЮДЕНИЙ
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
«Определение коэффициента трения покоя»

Таблица 1

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | θ |
|--------|---|---|---|---|---|----------|
| t, c | | | | | | |

Таблица 2

| l | d | $D_1 = D_2$ | $h_1 = h_2$ | m | ρ | x_c | x_1 | x_2 | x_3 |
|-----|-----|-------------|-------------|-----|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | | | | | | |

Выполнил Рыжиков И.С.

Факультет КТИ

Группа № 2381

“ _____ ” _____

Преподаватель: _____ Агабабаев В.А.