



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Физика»

ПРАКТИКУМ

«Определение момента инерции тел мето- дом физического маятника»

по дисциплине

«Физика»

Авторы

Снежков В.И.,
Брылева М.А.

Ростов-на-Дону, 2022

Аннотация

Указания содержат краткую теорию по теме «Определение момента инерции тел методом физического маятника», описание рабочей установки и методику эксперимента.

Предназначено для обучающихся, изучающих дисциплину «Физика» для выполнения лабораторной работы по программе курса общей физики.

Авторы

д.ф.-м.н., профессор
Снежков В.И.
ассистент
Брылева М.А.



Оглавление

Лабораторная работа № 13 «Определение момента инерции тел методом физического маятника	4
1. Краткая теория	4
3. Измерения	6
Литература	7
Указания по технике безопасности	7

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ ТЕЛ МЕТОДОМ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА»

Цель работы: Экспериментальное определение момента инерции обруча методом физического маятника

Приборы и принадлежности: металлический обруч, измерительная линейка, штангенциркуль, секундомер, штатив.

1. Краткая теория

Физический маятник — это твердое тело, совершающее под действием силы тяжести колебания вокруг неподвижной горизонтальной оси, не проходящей через центр масс тела (рис. 1)

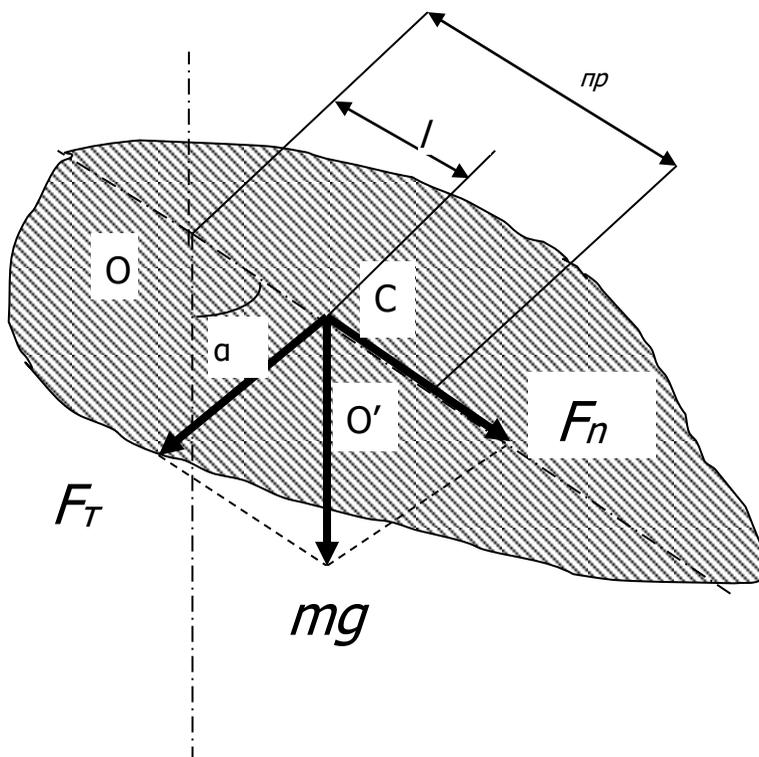


Рис. 1. Сечение физического маятника. Ось вращения перпендикулярна плоскости рисунка и проходит через точку O . Точка C – центр масс

Если маятник выведен из положения равновесия на некоторый угол α , то в соответствии с уравнением динамики вращательного движения твердого тела можно записать:

$$M_z = I_z \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где ε – угловое ускорение ($\varepsilon = \frac{d^2\alpha}{dt^2}$), I_z – момент инерции

маятника относительно оси вращения, проходящей через точку O , M_z – проекция момента возвращающей силы F_τ (F_τ – тангенциальная составляющая силы тяжести mg ; $F_\tau = mg \sin\alpha$). $|M_z| = F_\tau l$, где l – расстояние между центром масс маятника и осью вращения (плечо силы F_τ). Так как момент возвращающей силы F_τ всегда препятствует увеличению угла α , то $M_z = -mgl \sin\alpha$, и уравнение (1) примет вид $-mgl \sin\alpha = I_z \varepsilon$. Для малых колебаний маятника (малых отклонений маятника от положения равновесия и малых значений угла α) $\sin\alpha \approx \alpha$. Тогда уравнение (1) можно записать в виде $d^2\alpha/dt^2 + \omega^2 \alpha = 0$, где $\omega^2 = mgl/I_z$. (2)

Уравнение (2) является дифференциальным уравнением гармонических колебаний. Решением этого дифференциального уравнения является функция $a(t)$:

$$a = a_0 \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (3)$$

т.е. функция гармонических колебаний величины a (a_0 и φ_0 – амплитуда и начальная фаза колебаний). Таким образом, при малых отклонениях от положения равновесия физический маятник совершает гармонические колебания, циклическая частота которых определяется выражением:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{mgl}{I_z}}. \quad (4)$$

В соответствии с выражением (4) период колебаний физического маятника определяется следующим образом:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_z}{mgl}}. \quad (5)$$

Величины ω и T зависят от массы физического маятника, расстояния между центром масс маятника и осью вращения, а также от момента инерции маятника относительно оси вращения. Момент инерции маятника относительно оси вращения в свою очередь зависит от расстояния между центром масс маятника и осью вращения, в соответствии с теоремой Штейнера: $I_z = I_c + m l^2$,

где I_c – момент инерции маятника относительно оси, парал-

лельной оси вращения и проходящей через центр масс.

3. Измерения

1. Определить массу обруча m и его радиус R .
2. Поместить обруч на кронштейн штатива.
3. Отклонить обруч в его плоскости на 10° и измерить время

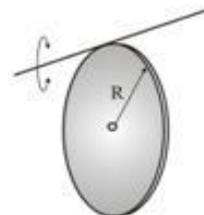
$N = 10$ колебаний (записать в таблицу). Повторить три раза.

4. Найти среднее время десяти колебаний обруча и вычислить его период колебаний по формуле: $T = t_{\text{ср}} / N$.

5. Вычислить момент инерции I обруча, используя формулу его периода колебаний: $T = \sqrt{I/(mgR)}$.

Таблица

N	t_1	t_2	t_3	$\langle t \rangle \pm \Delta t$	$M \pm \Delta m$	$R \pm \Delta R$	$T \pm \Delta T$



6. Оцените относительную погрешность в определении момента инерции по формуле:

$$\delta I = \sqrt{(\Delta T/T)^2 + (\Delta m/m)^2}.$$

7. Вычислить абсолютную погрешность момента инерции обруча: $\Delta I = I \cdot \delta T$.

8. Записать ответ в виде: $I = \langle I \rangle \pm \Delta I$.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение физического маятника.
2. Дайте определение математического маятника.
3. Для вопросов и задач, приведенных далее, выберите правильный вариант ответа:

3.1. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой 5 см и циклической частотой 2 рад/с. Определить амплитуду скорости v_0 и ускорения a_0 .

- 1) $v_0=0.1$ м/с, $a_0=0.1$ м/с²;
- 2) $v_0=0.2$ м/с, $a_0=0.1$ м/с²;
- 3) $v_0=0.1$ м/с, $a_0=0.2$ м/с²;
- 4) $v_0=0.2$ м/с, $a_0=0.2$ м/с².

3.2. Охарактеризуйте превращение энергии в колебательном процессе с периодом T :

1. Полная энергия колеблется по гармоническому закону с периодом T ;
2. Полная энергия колеблется по гармоническому закону с периодом $2T$;
3. Полная энергия колеблется по гармоническому закону с периодом $T/2$;
4. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в фазе с периодом T ;
5. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в фазе с периодом $2T$;
6. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в фазе с периодом $T/2$;
7. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в противофазе с периодом T ;
8. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в противофазе с периодом $2T$;
9. Полная энергия постоянна, кинетическая и потенциальная энергия колеблются в противофазе с периодом $T/2$.

3.3. Велосипедное колесо радиуса 50 см подвешено на горизонтальной оси за обод и совершает малые колебания. Чему равен период T колебаний?

1. 0,5 с;
2. 1 с;
3. 1,5 с;
- 4. 2 с.**

Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высшая школа. 2003.
2. Савельев В.И. Курс общей физики. Т.1.- М.: Высшая школа. 1989.

Указания по технике безопасности

Внимание! Лица, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к проведению лабораторной работы не допускаются.

1. Запрещается:

- 1.1. Включать или выключать электрические рубильники силовых щитов;
 - 1.2. Включать схему (подавать электрическое напряжение) без предварительной проверки её лаборантом или преподавателем;
 - 1.3. Производить любые изменения в схеме в процессе работы;
 - 1.4. Оставлять без присмотра включенную установку.
2. При работе с нагревательными приборами

соблюдайте меры противопожарной безопасности, не касайтесь нагревательных элементов руками и горючими предметами.

3. При обнаружении неисправного оборудования, электрических розеток и вилок немедленно сообщайте об этом лаборанту или преподавателю. На неисправном оборудовании работать запрещается.

4. По окончании лабораторной работы обязательно отключите установку от электрического напряжения.