

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Кафедра «Физика»

МЕХАНИКА

Рабочая тетрадь
для выполнения лабораторных работ по физике

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 536
ББК 22.36
М55

Рецензент:

А.А. Мосунов – доцент кафедры «Физика», канд. физ.-мат. наук, доцент

Ответственный за выпуск:

Е.В. Савченко – канд. пед. наук, доцент кафедры «Физика»

Составители: О.С. Завьялова, О.В. Рогова, И.В. Скуратовская

М55 Механика: рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ [Электронный ресурс] / Сост. О.С. Завьялова, О.В. Рогова, И.В. Скуратовская. – Электрон. дан. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 20 с. Режим доступа: свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ раздела "Механика" курса общей физики. В пособии дано описание лабораторных установок, краткий ход работы, методика обработки полученных результатов, контрольные вопросы. Рабочие тетради предназначены для выполнения лабораторных работ студентами 1 курса всех специальностей и форм обучения инженерного профиля университета.

УДК 536
ББК 22.36

Рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета Института радиоэлектроники и информационной безопасности Севастопольского государственного университета в качестве методического пособия, протокол № 4 от 27 ноября 2019 г.

Системные требования: Intel, 3,4 GHz; 150 Мб; Windows XP/Vista/7; DVD-ROM; 1 Гб свободного места на жестком диске; программа для чтения pdf-файлов: Adobe Acrobat Reader, Foxit Reader

Изд. № 318/19. Объем 1,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Определение средней силы удара двух упругих шаров и оценка модуля упругости их материалов.....	4
2. Определение момента инерции методом трифилярного подвеса.....	10
3. Изучение движения маятника Максвелла	17

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СИЛЫ УДАРА ДВУХ УПРУГИХ ШАРОВ И ОЦЕНКА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ИХ МАТЕРИАЛОВ

Теоретическая часть	Выполнение работы	Результаты расчетов
Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя

Работу выполнил:

Студент группы _____

Работу проверил:

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение основных законов соударения упругих тел.
2. Определение времени соударения упругих тел.
3. Определение силы соударения упругих тел.
4. Оценка модуля упругости стали.
5. Оценка погрешности измерений.

ХОД РАБОТЫ

1. Шар 1 (левый шар) установите в положении равновесия (вертикальное положение нити подвеса).

2. Шар 2 (правый шар) отклоните вправо от положения равновесия и с помощью рукоятки-защелки удерживайте шар в неподвижном отклоненном состоянии.

3. Определите ЭДС источника тока. Для этого установите пределы измерения постоянного напряжения в положение 20 В. Подключите высокоомный вольтметр к клеммам «1» и «0» и измерьте ЭДС применяемой батареи. Данные занести в табл. 1.

4. Подключите вольтметр к клеммам «2» и «0» параллельно конденсатору. При таком подключении вольтметр будет измерять напряжение на конденсаторе после соударения шаров за время их удара. Переключатель пределов измерения при этом установите в положение 200 мВ.

5. С помощью масштабной линейки определите длину нити l и измерьте расстояние b (рис. 1). Данные занести в табл. 1.

6. Поверните рукоятку-защелку против часовой стрелки до тех пор до тех пор, пока не произойдет отрыв шара 2 от отклоненного состояния. После соударения шар 2 остановится, а шар 1 притянется магнитом или специальным улавливателем. Определите напряжение на конденсаторе непосредственно после соударения шаров.

7. Разрядите конденсатор при помощи ключа К4 «Сброс». Повторите опыт необходимое количество раз.

8. Рассчитайте скорость, время соударения, модуль упругости и силу соударения шаров, данные запишите в табл. 1, 2, 3.

9. Рассчитайте среднее значение модуля упругости и среднюю силу соударения шаров.

10. Рассчитайте среднюю квадратичную погрешность измерения силы соударения шаров.

11. Вычислите величину абсолютной погрешности (величину доверительного интервала) действующей силы для заданной надежности $\alpha = 0,95$, $\Delta F = t_{\alpha}(n)\Delta S$.

12. Рассчитайте относительную погрешность измерения силы соударения.

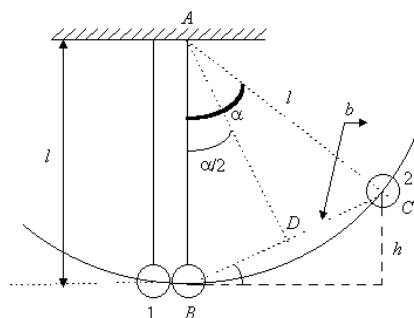


Рис. 1. Соударение шаров

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Часть 1. Определение времени соударения упругих тел и модуля упругости материалов.

Таблица 1

Диаметр шара $D, м$	Длина нити $l, м$	Масса шара $m, кг$	$b, м$	E (ЭДС), $В$	$v, м/с$

Сопротивление: $R = \underline{\hspace{2cm}}$ Ом ; Ёмкость конденсатора: $C = \underline{\hspace{2cm}} 10^{-6}$ Ф.

1. Рассчитайте скорость шаров и полученный результат запишите в таблицу 1:

$$v = b \cdot \sqrt{\frac{g}{l}} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \sqrt{\underline{\hspace{2cm}}} = \underline{\hspace{2cm}} (м/с)$$

Таблица 2

№ опыта	U, В	Время(τ), с	E, Па	<E>, Па
1	10^{-3}		10^9	10^9
2	10^{-3}		10^9	
3	10^{-3}		10^9	
4	10^{-3}		10^9	
5	10^{-3}		10^9	

2. Время соударения упругих тел:

$$\tau_1 = R \cdot C \cdot \ln \frac{E}{E - U_1} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \ln \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (с)$$

$$\tau_2 = R \cdot C \cdot \ln \frac{E}{E - U_2} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \ln \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (с)$$

$$\tau_3 = R \cdot C \cdot \ln \frac{E}{E - U_3} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \ln \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (с)$$

$$\tau_4 = R \cdot C \cdot \ln \frac{E}{E - U_4} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \ln \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (с)$$

$$\tau_5 = R \cdot C \cdot \ln \frac{E}{E - U_5} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} \cdot \ln \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (с)$$

3. Модуль упругости материалов:

$$E_1 = \frac{4 \cdot D^2 \cdot \rho}{1,28 \cdot \tau_1^2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

$$E_2 = \frac{4 \cdot D^2 \cdot \rho}{1,28 \cdot \tau_2^2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

$$E_3 = \frac{4 \cdot D^2 \cdot \rho}{1,28 \cdot \tau_3^2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

$$E_4 = \frac{4 \cdot D^2 \cdot \rho}{1,28 \cdot \tau_4^2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

$$E_5 = \frac{4 \cdot D^2 \cdot \rho}{1,28 \cdot \tau_5^2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

4. Среднее значение модуля упругости материалов:

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5}{5}$$

$$\langle E \rangle = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (\text{Па})$$

Часть 2. Определение силы соударения упругих тел. Оценка погрешности измерений.

Таблица 3

№ опыта	F _i , Н	< F >, Н	ΔF _i , Н	(ΔF _i) ² , Н	ΔS	ΔF, Н	ε, %
1							
2							
3							
4							
5							

1. Рассчитайте силу соударения:

$$F_1 = \frac{m \cdot v}{\tau_1} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$F_2 = \frac{m \cdot v}{\tau_2} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$F_3 = \frac{m \cdot v}{\tau_3} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$F_4 = \frac{m \cdot v}{\tau_4} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$F_5 = \frac{m \cdot v}{\tau_5} = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

2. Среднее значение силы соударения:

$$\langle F \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}{5}$$

$$\langle F \rangle = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

3. Рассчитайте абсолютную погрешность силы соударения каждого измерения:

$$\Delta F_1 = |\langle F \rangle - F_1| = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$\Delta F_2 = |\langle F \rangle - F_2| = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$\Delta F_3 = |\langle F \rangle - F_3| = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$\Delta F_4 = |\langle F \rangle - F_4| = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$\Delta F_5 = |\langle F \rangle - F_5| = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

4. Квадраты абсолютных погрешностей:

$$(\Delta F_1)^2 = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$(\Delta F_2)^2 = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$(\Delta F_3)^2 = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$(\Delta F_4)^2 = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

$$(\Delta F_5)^2 = \underline{\hspace{4cm}} = \underline{\hspace{1cm}}(H)$$

5. Вычислите среднеквадратичную погрешность:

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\sum (\Delta F_i)^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(\Delta F_1)^2 + (\Delta F_2)^2 + (\Delta F_3)^2 + (\Delta F_4)^2 + (\Delta F_5)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta S = \sqrt{\underline{\hspace{4cm}}} = \underline{\hspace{1cm}}$$

6. Вычислите среднюю абсолютную погрешность (доверительный интервал) для заданной надежности 0.95:

$$\Delta F = t_{\alpha}(n) \cdot \Delta S = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} (H)$$

7. Рассчитайте относительную погрешность измерения:

$$\varepsilon = \frac{\Delta F}{\langle F \rangle} \cdot 100\% = \underline{\hspace{2cm}} \cdot 100\% = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие законы сохранения выполняются при упругом и неупругом соударениях тел?

2. Что называется абсолютно упругим и неупругим ударами?

3. Встречаются ли абсолютно упругие и абсолютно неупругие соударения в природе?

4. Объясните методику определения времени и силы соударения шаров.

5. Объясните методику оценки модуля упругости материалов. Физический смысл модуля упругости.

6. Решите следующую задачу. Пусть скорость первого тела равна v_1 , второго равна нулю. Определите скорости этих тел после упругого и неупругого центральных соударений, если массы тел одинаковы ($m_1 = m_2$).

Лабораторная работа

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МЕТОДОМ ТРИФИЛЯРНОГО ПОДВЕСА»

Теоретическая часть	Выполнение работы	Результаты расчетов
Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя

Работу выполнил:

Студент группы _____

Работу проверил:

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Определение момента инерции тел неправильной формы с помощью трифилярного подвеса.

ХОД РАБОТЫ

1. В табл. 1, 2, 3 запишите данные с установки: массы, радиуса нижнего и верхнего диска. Измерьте длину нити (рис. 1).
2. Сообщите нижней платформе вращательный импульс. При этом амплитуда колебаний трифилярного подвеса не должна превышать 3...5 градусов.
3. Измерьте время 10 – 20 (по заданию преподавателя) полных колебаний трифилярного подвеса. Рассчитайте период колебаний. Результаты измерений занесите в таблицы.
4. Рассчитайте момент инерции платформы, момент инерции тела, относительно оси, проходящей через центр масс, момент инерции платформы с двумя телами цилиндрической формы.

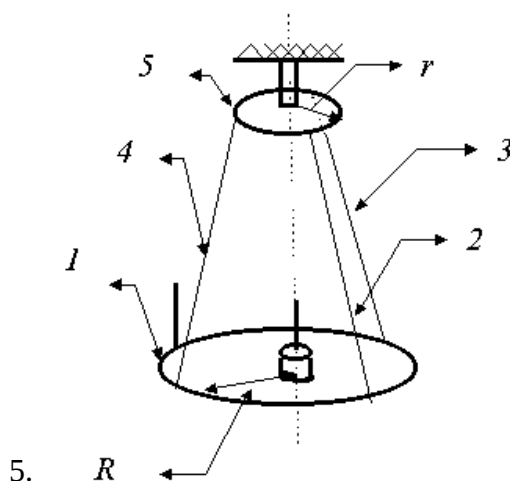


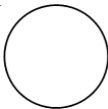
Рис. 1. Трифилярный подвес

Трифилярный подвес представляет собой диск 1 массой m , подвешенный на трех симметричных упругих нитях (2 – 4), укрепленных на диске 5. Верхняя часть круглого диска 5 закреплена неподвижно, нижний диск может осуществлять крутильные колебания вокруг вертикальной оси, проходящей через центр масс дисков (платформы). При такой конструкции центр масс нижнего диска может перемещаться только вдоль вертикальной оси вращения. При этом период колебаний диска определяется величиной момента инерции диска и исследуемых грузов, находящихся на нем.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Часть 1. Определение момента инерции платформы.

Таблица 1

Платформа	Масса $m_{пл}$, кг	Радиус нижнего диска R , м	Радиус верхнего диска r , м	Длина нити L , м	Время колебаний t , с	Число полных колебаний	Период колебаний T , с	Момент инерции $I_{пл}$, кг·м ²	$\langle I_{пл} \rangle$, кг·м ²	$\langle \Delta I_{пл} \rangle$, кг·м ²	ε , %
											

1. Рассчитайте момент инерции платформы:

$$I_{пл} = \frac{m_{пл} g R r T^2}{4\pi^2 L}$$

$$I_{пл1} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

$$I_{пл2} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

$$I_{пл3} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

$$I_{пл4} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

$$I_{пл5} = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

2. Среднее значение момента инерции платформы:

$$\langle I_{пл} \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_i.$$

$$\langle I \rangle = \frac{\text{_____}}{5} = \text{_____} \text{ (кг·м}^2\text{)}$$

3. Вычислить относительную и абсолютную погрешности измерения момента инерции платформы по формулам

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta I \rangle}{\langle I \rangle} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta r}{r} + 2 \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta L}{L}; \quad \langle \Delta I \rangle = \varepsilon \cdot \langle I \rangle,$$

где $\Delta m = 5 \cdot 10^{-4}$ кг; $\Delta R = \Delta r = \Delta L = 1 \cdot 10^{-3}$ м; ΔT – приборная ошибка секундомера.

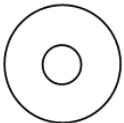
$$\varepsilon = \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---}$$

$$= \text{---} \%$$

$$\langle \Delta I \rangle = \text{---} \cdot \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

Часть 2. Определение момента инерции тела, относительно оси, проходящей через его центр масс

Таблица 2

Платформа с телом в центре	Масса m_1 , кг	Радиус нижнего диска R , м	Радиус верхнего диска r , м	Длина нити L , м	Время колебаний t , с	Число полных колебаний	Период колебаний T , с	Момент инерции I_1 , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$\langle I_1 \rangle$, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$\langle \Delta I_1 \rangle$, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	ε , %
											

1. Рассчитайте момент инерции тела, относительно оси, проходящей через центр масс:

$$I_1 = \frac{m_1 g R r T^2}{4\pi^2 L},$$

где $m_1 = m_{\text{пл}} + m_{\text{т}}$, $m_{\text{т}}$ – масса тела цилиндрической формы.

$$I_{1.1} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{1.2} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{1.3} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{1.4} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{1.5} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

2. Среднее значение момента инерции:

$$\langle I_1 \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{1i}.$$

$$\langle I_1 \rangle = \frac{\text{---}}{5} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

3. Вычислить относительную и абсолютную погрешности измерения момента инерции по формулам:

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta I_1 \rangle}{\langle I_1 \rangle} = \frac{\Delta m}{m_1} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta r}{r} + 2 \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta L}{L}; \quad \langle \Delta I \rangle = \varepsilon \cdot \langle I \rangle,$$

где $\Delta m = 5 \cdot 10^{-4}$ кг; $\Delta R = \Delta r = \Delta L = 1 \cdot 10^{-3}$ м; ΔT – приборная ошибка секундомера.

$$\varepsilon = \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} = \text{---} \%$$

$$\langle \Delta I_1 \rangle = \text{---} \cdot \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

4. Найти момент инерции тела относительно его оси симметрии

$$I_0 = \langle I_1 \rangle - \langle I_{\text{пл}} \rangle:$$

$$I_0 = \text{---} - \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

Часть 3. Определение момента инерции платформы с двумя телами цилиндрической формы, расположенными симметрично по краям платформы

Таблица 3

Платформа с двумя телами	Масса m_2 , кг	Радиус нижнего диска R , м	Радиус верхнего диска r , м	Длина нити L , м	Время колебаний t , с	Число полных колебаний	Период колебаний T , с	Момент инерции I_2 , кг·м ²	$\langle I_2 \rangle$, кг·м ²	$\langle \Delta I_2 \rangle$, кг·м ²	ε , %
											

1. Рассчитайте момент инерции платформы с двумя телами цилиндрической формы:

$$I_2 = \frac{m_2 g R r T^2}{4 \pi^2 L},$$

где $m_1 = m_{\text{пл}} + 2m_{\text{т}}$, $m_{\text{т}}$ – масса тела цилиндрической формы.

$$I_{2.1} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{2.2} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{2.3} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{2.4} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

$$I_{2.5} = \text{---} = \text{---} (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

2. Среднее значение момента инерции:

$$\langle I_2 \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{1i}.$$

$$\langle I_2 \rangle = \frac{\quad}{5} = \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

3. Вычислить относительную и абсолютную погрешности измерения момента инерции по формулам

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta I_2 \rangle}{\langle I_2 \rangle} = \frac{\Delta m}{m_2} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta r}{r} + 2 \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta L}{L}; \quad \langle \Delta I \rangle = \varepsilon \cdot \langle I \rangle,$$

где $\Delta m = 5 \cdot 10^{-4}$ кг; $\Delta R = \Delta r = \Delta L = 1 \cdot 10^{-3}$ м; ΔT – приборная ошибка секундомера.

$$\varepsilon = \quad + \quad + \quad + \quad + \quad = \quad \%$$

$$\langle \Delta I_2 \rangle = \quad \cdot \quad = \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

4. Вычислить момент инерции одного тела относительно оси, не проходящей через его центр масс:

$$I_0 = \frac{\langle I_2 \rangle - \langle I_{\text{пл}} \rangle}{2}$$

$$I_0 = \frac{\quad}{2} = \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

5. Измерить расстояние между центром платформы и центром тела на краю платформы – а.

6. По теореме Штейнера найти момент инерции тела относительно оси, не проходящей через центр масс:

$$I = \langle I_0 \rangle + m_T a^2$$

$$I_0 = \quad = \quad (\text{кг} \cdot \text{м}^2)$$

где $\langle I_0 \rangle$ – момент инерции тела относительно оси, проходящей через его центр масс.

7. Сравнить полученный результат со значением, полученным в пункте 3 данного упражнения.

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Получите выражение для кинетической энергии вращающегося тела, дайте определение величин, входящих в него.
2. Получите рабочую формулу для определения момента инерции с помощью трифилярного подвеса.
3. Получите выражение для определения кинетической энергии при вращательном движении твердого тела.
4. Дайте определение момента инерции твердого тела. Каков физический смысл момента инерции?
5. Сформулируйте и докажите теорему Штейнера.
6. Оцените приборную погрешность при определении момента инерции твердого тел.
7. Объясните методику определения момента инерции тел правильной и неправильной формы с помощью трифилярного подвеса.
8. Объясните методику проверки теоремы Штейнера с помощью трифилярного подвеса.

Лабораторная работа

ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКА МАКСВЕЛЛА

Теоретическая часть	Выполнение работы	Результаты расчетов
Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя	Дата, подпись преподавателя

Работу выполнил:

Студент группы _____

Работу проверил:

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение характера движения маятника Максвелла.
2. Определение момента инерции маятника Максвелла.

ХОД РАБОТЫ

1. Измерьте геометрические размеры маятника: r - радиус стержней D , м (рис.1);
2. l_1 и l_2 - длину стержней D , м (рис.1);
3. R - радиус диска маятника C , м (рис.1);
4. l_3 - толщину диска маятника C , м (рис.1);

Результаты измерений запишите в табл. 1 для расчета момента инерции маятника.

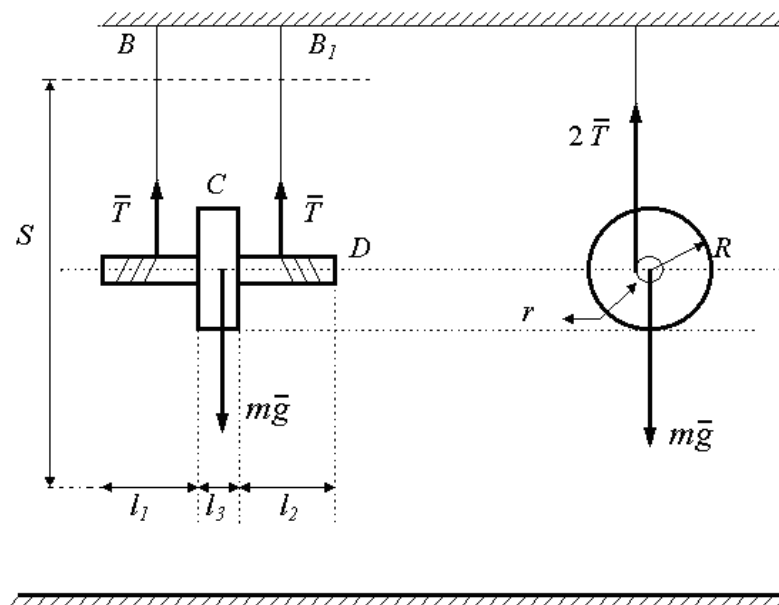


Рис. 1. Маятник Максвелла

5. Рассчитайте момент инерции маятника по формуле, приведенной в отчете.
6. Измерьте массу маятника m , намотайте нити на стержни и определите высоту S подъема центра масс маятника от положения равновесия.
7. Измерьте время движения t центра масс маятника при прохождении пути S . Измерение времени повторите несколько раз. Результаты измерений занесите в табл. 2.
8. Рассчитайте по формуле, предложенной в отчете, момент инерции маятника Максвелла. Результаты расчетов запишите в табл. 3.
9. Оцените погрешности измерений по формулам, предложенным в отчете.

ОТЧЕТ ПО РАБОТЕ

Часть 1. Расчет теоретического значения момента инерции маятника Максвелла

Таблица 1

$l_1, м$	$l_2, м$	$l_3, м$	$r, м$	$R, м$	$I, кг \cdot м^2$	$\Delta I, кг \cdot м^2$	$\varepsilon, \%$

1. Рассчитайте момент инерции маятника по формуле

$$I = \frac{m_1 r^2}{2} + \frac{m_2 r^2}{2} + \frac{m_3 r^2}{2} = \frac{\rho \pi r^4 l_1}{2} + \frac{\rho \pi r^4 l_2}{2} + \frac{\rho \pi R^4 l_3}{2} = \frac{\pi \rho}{2} (l_1 r^4 + l_2 r^4 + l_3 R^4) =$$

$$= \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

Плотность материала маятника $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$

2. Оцените величину абсолютной погрешности расчета момента инерции:

$$\Delta I = \frac{\pi \rho}{2} (2r^4 \Delta l + 8l r^3 \Delta r + R^4 \Delta l_3 + 4R^3 l_3 \Delta R) =$$

$$= \text{_____} \cdot (\text{_____}) = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

$\Delta l = \Delta l_3 = \Delta r = \Delta R = 0,001 \text{ м}$ – приборные погрешности измерения геометрических размеров маятника Максвелла.

3. Оцените величину относительной погрешности расчета момента инерции:

$$\varepsilon = \frac{I}{\Delta I} \cdot 100\% = \text{_____} \cdot 100\% = \text{_____} \%$$

4. Запишите результат в виде:

$$I_{\text{теор}} = (I \pm \Delta I) = (\text{_____} \pm \text{_____}), \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad \varepsilon = \text{_____} \%$$

Часть 2. Экспериментальное определение момента инерции маятника Максвелла

Таблица 2

N_2	$m, кг$	$r, м$	$S, м$	$t, с$	$I_b, кг \cdot м^2$	$\langle I \rangle, кг \cdot м^2$	$\Delta I, кг \cdot м^2$	$\Delta I^2, кг \cdot м^2$	ΔS	$\langle \Delta I \rangle, кг \cdot м^2$	$\varepsilon, \%$
1											
2											
3											
4											
5											

1. Рассчитайте момент инерции по формуле

$$I_1 = m r^2 \left(\frac{g t_1^2}{2S} - 1 \right) = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

$$I_2 = m r^2 \left(\frac{g t_2^2}{2S} - 1 \right) = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

$$I_3 = m r^2 \left(\frac{g t_3^2}{2S} - 1 \right) = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

$$I_4 = m r^2 \left(\frac{g t_4^2}{2S} - 1 \right) = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

$$I_5 = m r^2 \left(\frac{g t_5^2}{2S} - 1 \right) = \text{_____} = \text{_____} \text{ (кг} \cdot \text{м}^2 \text{)}$$

2. Рассчитайте среднее значение момента инерции $\langle I \rangle$:

$$\langle I \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{n} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5}{5} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

3. Рассчитайте абсолютные погрешности каждого измерения:

$$\Delta I_1 = | \langle I \rangle - I_1 | = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

$$\Delta I_2 = | \langle I \rangle - I_2 | = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

$$\Delta I_3 = | \langle I \rangle - I_3 | = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

$$\Delta I_4 = | \langle I \rangle - I_4 | = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

$$\Delta I_5 = | \langle I \rangle - I_5 | = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}$$

4. Квадраты абсолютных погрешностей:

$$|\Delta I_1|^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}^2$$

$$|\Delta I_2|^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}^2$$

$$|\Delta I_3|^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}^2$$

$$|\Delta I_4|^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}^2$$

$$|\Delta I_5|^2 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (кг}\cdot\text{м}^2\text{)}^2$$

5. Вычислите среднеквадратичную погрешность:

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\Delta I_1^2 + \Delta I_2^2 + \Delta I_3^2 + \Delta I_4^2 + \Delta I_5^2}{20}} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Вычислите среднюю абсолютную погрешность (доверительный интервал) для заданной надежности 0.95:

$$\langle \Delta I \rangle = t_{\alpha}(n) \cdot \Delta S = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Рассчитайте относительную погрешность измерения момента инерции:

$$\varepsilon = \frac{\langle \Delta I \rangle}{\langle I \rangle} = \underline{\hspace{2cm}} \cdot 100\% = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение момента инерции. Каков физический смысл момента инерции?

2. Получите выражение для определения момента инерции диска, стержня, кольца.

3. Получите рабочую формулу для определения момента инерции маятника Максвелла.

4. Получите выражения для определения кинетической энергии при вращательном движении.

5. Запишите закон сохранения энергии для маятника Максвелла.