

14-25 П/б-16

517

ФИЗИКА

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех специальностей
факультета дистанционного обучения*

Воронеж 2010

Библиотека ВГАСУ

Составители А.И. Никишина, А.К. Тарханов

Физика: метод. указания к выполнению лабораторных работ № 1 – 8 для студ. всех специальностей факультета дистанционного обучения / Воронеж. гос. арх.-строи. ун-т.; сост.: А.И. Никишина, А.К. Тарханов – Воронеж, 2010. – 38 с.

Методические указания содержат восемь лабораторных работ по курсу «Физика». Каждая работа сопровождается краткими теоретическими сведениями и необходимым справочным материалом для выполнения.

Предназначены для студентов всех специальностей факультета дистанционного обучения.

Ил.14. Табл.11. Библиогр.:3 назв.

УДК 53.07

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного архитектурно-строительного
университета*

*Рецензент – В.Н. Нечаев, проф., док. физ.-мат. наук, кафедра
ВМФММ, Воронежского государственного
технического университета*

Основой физики как науки является эксперимент и его интерпретация. Методика проведения эксперимента и расчета, грамотное представление полученных результатов – важные составляющие этой дисциплины. Именно поэтому одной из форм фундаментальной подготовки студентов технических вузов является лабораторный практикум по физике. Его цель — закрепить знания студентов по курсу физики, познакомить их с основными методиками научно-технического эксперимента, развить навыки практического применения изучаемых физических явлений и законов, а также обучить работе с простейшими и наиболее распространенными измерительными приборами.

Подбор лабораторных работ обусловлен программой курса физики, выполняются они фронтальным методом по теме лекции, прочитанной студентом предварительно. Поскольку с теорией студенты знакомятся только на лекции, в практикуме содержится описание оборудования и методики эксперимента. Эту часть пособия студент должен прочитать и понять перед выполнением лабораторного задания. Для справок по теории изучаемого явления приведен список рекомендуемой литературы.

При подготовке к лабораторным работам, студенту необходимо выполнить следующие требования:

1. Записать в специальной лабораторной тетради номер, название и цель данной лабораторной работы.
2. Выполнить схему и/или чертеж лабораторной установки.
3. Выписать необходимые для расчетов формулы с расшифровкой обозначений.
4. Начертить таблицы для записи величин, которые необходимо измерить или рассчитать в процессе выполнения лабораторной работы.

Для предоставления преподавателю отчета о проделанной работе студент обязан:

1. Выполнить в тетради все расчеты в системе СИ.
2. Построить необходимые графики (размеры графиков – не менее половины страницы тетрадного листа).
3. Заполнить таблицы.
4. Сделать письменные выводы.

В постановке, апробировании, наладке макетов лабораторных работ принимали участие все сотрудники и преподаватели кафедры химии и физики Воронежского государственного архитектурно-строительного университета.

Техника безопасности

При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

- входить в лаборатории и выполнять лабораторные работы только в присутствии и по разрешению преподавателя;
- не включать оборудование до тех пор, пока не поняты смысл и последовательность выполнения лабораторной работы;
- выполнять лабораторные работы следует строго в соответствии с рабочим заданием. Отклонения от рабочего задания без разрешения преподавателя не допускаются;
- электропитание установки включать только с разрешения преподавателя (или лаборанта) после ознакомления с описанием данной лабораторной работы и окончания сборки установки!
- во время выполнения лабораторной работы все изменения в электрической схеме установки производить только при отключении питания;
- при обнаружении нарушений в электрической цепи лабораторной установки немедленно обесточить прибор и позвать лаборанта или преподавателя. Не пытаться устранить неполадки самостоятельно;
- не направлять источники лазерного излучения в глаз, так как это может привести к повреждению сетчатки глаза.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

1.1. Цель работы

Усвоение понятий кинематики поступательного движения и закона сохранения и превращения механической энергии на примере движения тела, брошенного горизонтально в поле тяжести Земли.

1.2. Описание оборудования

Представленная на рис. 1.1 установка, предназначенная для исследования движения горизонтально брошенного шарика, состоит из двух основных частей: маятникового разгонного устройства 1 со стопором 2 и поворотной плоскости 3. Для измерения угла α отклонения маятника 1 и положения φ поворотной плоскости 3 служат транспортиры 4 и 5, соответственно. Расстояние l от проекции точки отрыва шарика (x_0) до точки падения шарика на плоскость (x) измеряется линейкой. Линейкой измеряют также длину маятника b и высоту H точки отрыва шарика над измерительной плоскостью.

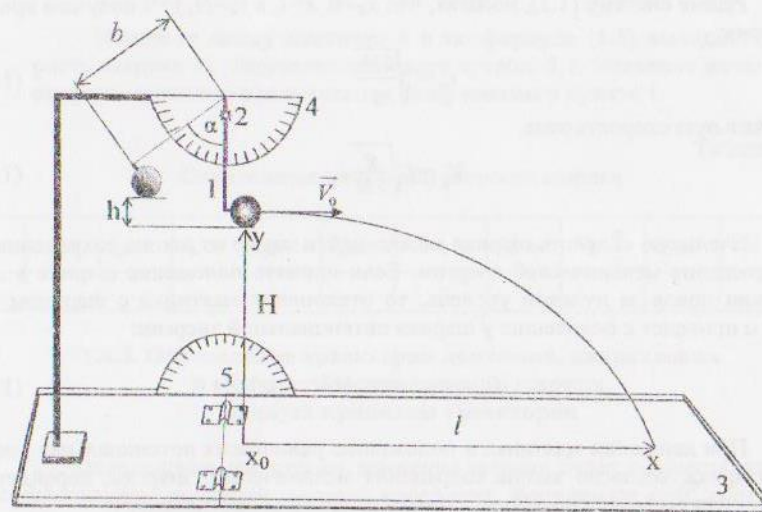


Рис. 1.1. Установка, предназначенная для исследования движения горизонтально брошенного тела

1.3. Расчетные формулы

Движение тела, брошенного горизонтально в поле тяжести Земли, можно представить двумя простыми движениями: равномерным по горизонтали (силой сопротивления воздуха можно пренебречь) и равноускоренным по вертикали (на тело действует сила тяжести). Движение тела описывается следующими законами:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}; \quad (1.1)$$

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a} t. \quad (1.2)$$

Здесь \vec{r}_0 и \vec{r} – радиус-векторы, задающие положение тела в начальный момент времени и в момент времени t , соответственно; \vec{a} – ускорение тела, \vec{V}_0 – его начальная скорость, \vec{V} – скорость тела через время t .

Проекции уравнений (1.1) и (1.2) на оси OX и OY имеют вид:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + V_{0x} t; & y &= y_0 - gt^2 / 2 \\ V_x &= V_{0x} = V_0; & V_y &= gt \end{aligned} \quad (1.3)$$

Решив систему (1.3), полагая, что $x_0=0$, $x=l$, а $y_0=H$, $y=0$ получим время падения:

$$t_n = \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (1.4)$$

и начальную скорость тела

$$V_0 = l \sqrt{\frac{g}{2H}}. \quad (1.5)$$

Начальную скорость шарика можно найти также из закона сохранения и превращения механической энергии. Если принять положение шарика в состоянии покоя за нулевой уровень, то отклонение маятника с шариком на угол α приведет к появлению у шарика потенциальной энергии:

$$E_p = mgh = mgb(1 - \cos\alpha). \quad (1.6)$$

При движении маятника к положению равновесия потенциальная энергия шарика, согласно закона сохранения механической энергии, перейдет в кинетическую (если пренебречь силами трения и сопротивления):

$$mgb(1 - \cos\alpha) = \frac{mV_0^2}{2}. \quad (1.7)$$

Отсюда

$$V_0 = \sqrt{2gb(1 - \cos\alpha)}. \quad (1.8)$$

1.4. Рабочее задание

1.4.1. Определение начальной скорости шарика по дальности его полета

1. Закрепите на горизонтальной плоскости лист белой бумаги. Положите сверху копировальную бумагу красящей поверхностью вниз.

2. Отклоните маятник с шариком на заданный преподавателем угол α . Не сообщая маятнику начальной скорости, отпустите его. Аккуратно, не сдвигая белой бумаги, снимите копировальную бумагу и измерьте дальность полета l (см. рис.1.1). Повторите опыт еще 4 раза. Полученные данные занесите в таблицу 1.1.

3. Вычислите среднее значение $\langle l \rangle$ по формуле

$$\langle l \rangle = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5}.$$

4. Измерьте высоту H и с помощью формулы (1.5), рассчитайте скорость шарика V_0 в точке отрыва от маятника (начальную скорость).

1.4.2. Определение начальной скорости шарика по закону сохранения энергии

Измерьте длину маятника b и по формуле (1.8) вычислите скорость шарика V_0 . Результат запишите в табл. 1.1. Значение начальной скорости сравните с результатом, полученным в пункте 1.

Таблица 1.1

Определение начальной скорости шарика

α	$l_1, \text{ м}$	$l_2, \text{ м}$	$l_3, \text{ м}$	$l_4, \text{ м}$	$l_5, \text{ м}$	$\langle l \rangle, \text{ м}$	$H, \text{ м}$	$V_0, \frac{\text{ м}}{\text{ с}}$	$b, \text{ м}$	$V_0, \frac{\text{ м}}{\text{ с}}$

1.4.3. Определение траектории движения, направления и модуля скорости падения шарика, радиуса кривизны траектории

1. Определение траектории движения шарика будет осуществляться с использованием полярной системы координат. Координате $\varphi=0^\circ$ соответствует координата $r=\langle l \rangle$ из табл. 1.1.

2. Поднимите плоскость 3 с листами белой и копировальной бумаги на угол $\varphi = 15^\circ$ и отклоните маятник с шариком на угол α , заданный в пункте 1. Бросив шарик, опустите плоскость и измерьте длину радиус-вектора r – расстояние от проекции точки отрыва шарика (x_0) до точки падения шарика

на плоскость (x) (рис. 1.1). Занесите в табл. 1.2 полученную координату r , соответствующую координате $\varphi=15^\circ$.

3. Повторите предыдущий опыт при углах наклона φ плоскости 3, указанных в табл. 1.2.

4. По данным табл. 1.2 в полярных координатах постройте график траектории шарика (рис. 1.2).

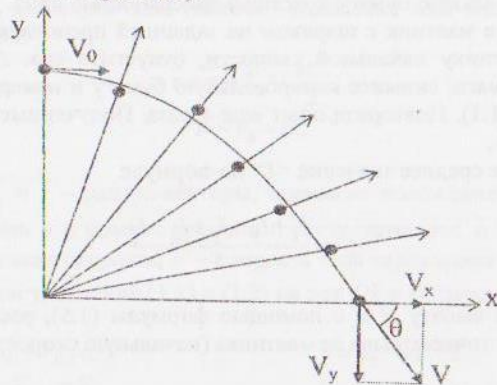


Рис. 1.2. График траектории полета шарика в полярных координатах

5. Постройте касательную (вектор скорости \vec{V}) к траектории в точке падения. С помощью транспортира измерьте угол падения θ .

6. Рассчитайте угол падения θ по отношению проекций скорости падения V_y и V_x :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{V_y}{V_x};$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{V_y}{V_x}.$$

Значение V_y в точке падения шарика при $\varphi=0^\circ$ вычислите, используя последнее уравнение системы (1.3) и формулу (1.4). Значение V_x равно среднему арифметическому начальных скоростей, полученных в пп. 1 и 2. Сравните между собой значения углов θ , полученных в пп. 5 и 6 из 1.4.3.

7. Определите модуль скорости падения по формуле

$$|V| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}.$$

8. Определите радиус кривизны траектории в точке падения:

$$R = \frac{(V_x^2 + V_y^2)^{3/2}}{gV_x}.$$

Все полученные результаты занесите в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Определение траектории и параметров движения шарика

$\varphi, ^\circ$	θ	15	30	45	60	75	90	$\theta, ^\circ$	$V_x, \frac{m}{c}$	$V_y, \frac{m}{c}$	$\theta, ^\circ$	$V, \frac{m}{c}$	R, m
r, m													

Контрольные вопросы

- Дайте определение следующим понятиям:
 - материальная точка;
 - система отчета;
 - траектория, путь, радиус-вектор, вектор перемещения;
 - поступательное движение;
 - равномерное и равнопеременное движение;
 - скорость, ускорение (полное, нормальное, тангенциальное);
 - радиус кривизны траектории.
- Запишите законы движения тела, перемещающегося с постоянной и переменной скоростью.
- Выведите расчетную формулу (1.5).
- Сформулируйте закон сохранения и превращения механической энергии, а также условие выполнения этого закона.
- Выведите расчетную формулу (1.8).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ГАЗОВОЙ ПОСТОЯННОЙ

2.1. Цель работы

Получение навыка применения уравнения состояния идеального газа на примере расчета универсальной газовой постоянной.

2.2. Описание оборудования

Для определения универсальной газовой постоянной R используется установка, представленная на рис. 2.1. Из баллона 1 объемом V откачивается воздух насосом Комовского 3. В результате этого давления в баллоне изменится на величину ΔP . Значение этой величины измеряется манометром 2, проградуированным в кгс/см^2 (техническая атмосфера). Баллон с воздухом соединяется с манометром и насосом резиновыми трубками 4. Для сохранения давления в отсоединенном баллоне используется зажим 5. Для безопасности эксперимента баллон помещен в чехол (коробку).

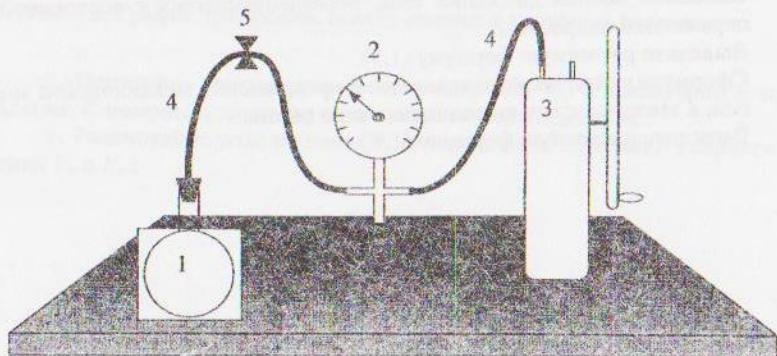


Рис. 2.1. Установка для определения универсальной газовой постоянной

2.3. Расчетные формулы

Состояние воздуха массой m_1 , находящегося в баллоне объемом V при комнатной температуре T и атмосферном давлении P_1 описывается уравнением Менделеева – Клапейрона:

$$P_1 V = \frac{m_1}{\mu} RT, \quad (2.1)$$

где $\mu = 29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса воздуха, R – универсальная газовая постоянная.

Если из баллона откачать часть воздуха до массы m_2 , то при той же температуре T и объеме V уравнение состояния оставшегося в баллоне воздуха будет иметь вид

$$P_2 V = \frac{m_2}{\mu} RT. \quad (2.2)$$

Вычтем из (2.1) (2.2):

$$V(P_1 - P_2) = \frac{RT}{\mu} (m_1 - m_2). \quad (2.3)$$

Полагая, что $P_1 - P_2 = \Delta P$, а $m_1 - m_2 = \Delta m$, получим из (2.3) выражение для определения универсальной газовой постоянной:

$$R = \frac{\mu \Delta P V}{\Delta m T}. \quad (2.4)$$

2.4. Рабочее задание

2.4.1. Определение универсальной газовой постоянной

1. Запишите в табл. 2.1 температуру воздуха, определенную с помощью лабораторного термометра и объем баллона с воздухом, указанный на чехле.
2. Присоедините баллон с воздухом 1 к манометру 2, связанному с насосом 3.
3. Откачайте из баллона столько воздуха, чтобы разность между атмосферным давлением P_1 и установившимся после откачки воздуха давлением P_2 стала равна $\Delta P = 0,8 \text{ кгс/см}^2$. Значение ΔP переведите в систему СИ и занесите в таблицу 2.1 ($1 \text{ кгс/см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$).
4. Зажмите шланг 4 зажимом 5, сохраняя разность давлений ΔP .
5. Отсоедините баллон и уравновесьте его вместе с зажимом на весах.
6. Не снимая баллон с чашки весов, ослабьте зажим (зажим должен оставаться на чашке весов). Это приведет к установлению в баллоне атмосферного давления P_1 . Снова уравновесьте весы дополнительными разновесами, масса которых будет равна массе откачанного воздуха Δm_1 .
7. Повторите задание пп. 1 - 5 из 2.4.1 еще два раза и вычислите $\langle \Delta m \rangle$. Полученные данные занесите в табл. 2.1.
8. По формуле (2.4) рассчитайте значение универсальной газовой постоянной R .

Таблица 2.1

Определение универсальной газовой постоянной							
$V, \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$	$\Delta m_1, \text{ кг}$	$\Delta m_2, \text{ кг}$	$\Delta m_3, \text{ кг}$	$\langle \Delta m \rangle, \text{ кг}$	$\Delta P, \text{ Па}$	$R, \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

Контрольные вопросы

1. Дайте следующие определения:
 - а) идеальный газ;
 - б) количество вещества;
 - с) число Авогадро;
 - д) температура с точки зрения молекулярно-кинетической теории;
 - е) парциальное давление.
2. Сформулируйте закон Дальтона.
3. Напишите и объясните уравнение состояния идеального газа.
4. Объясните физический смысл универсальной газовой постоянной.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ ВОЗДУХА

3.1. Цель работы

Экспериментальное знакомство с адиабатическим процессом. Определение показателя адиабаты.

3.2. Описание оборудования

При рассмотрении адиабатического процесса важно знать характерный для каждого газа показатель адиабаты γ – отношение молярной теплоемкости при постоянном давлении C_p к молярной теплоемкости при постоянном объеме C_v :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v}. \quad (3.1)$$

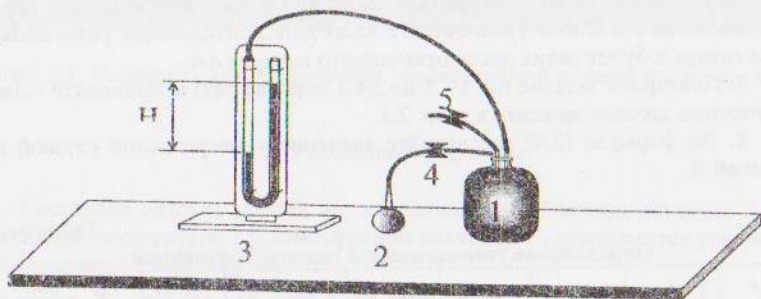


Рис.3.1. Установка Клемана-Дезорма

В настоящей работе определение показателя адиабаты осуществляется с помощью прибора Клемана-Дезорма (рис.3.1), состоящего из баллона с воздухом 1, насоса 2 (резиновая груша), водяного манометра 3, соединительных резиновых трубок и зажимов 4 и 5.

3.3. Расчетные формулы

Если при закрытом кране 5 накачать в баллон немного воздуха и закрыть кран 4, то через некоторое время (после выравнивания температуры воздуха в баллоне с температурой окружающей среды) в баллоне установится давление P_1 больше атмосферного давления P_0 :

$$P_1 = P_0 + \rho g H, \quad (3.2)$$

где $\rho g H$ – давление неуравновешенного столба воды в манометре, H – разность уровней воды в трубках манометра.

Если на короткое время открыть кран 5, то давление в баллоне сравняется с атмосферным:

$$P_2 = P_0. \quad (3.3)$$

Кратковременный процесс выравнивания давлений можно считать адиабатическим, так как за время процесса теплообмен воздуха в баллоне с внешней средой пренебрежимо мал. Начальные и конечные параметры воздуха при адиабатическом процессе связаны соотношением Пуассона:

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma. \quad (3.4)$$

Здесь V_2 – объем, до которого адиабатически расширился воздух.

При адиабатическом процессе температура газа понижается. Очень скоро процесс изменения состояния воздуха перестает быть адиабатическим вследствие теплообмена, приводящего к повышению температуры воздуха в баллоне до температуры окружающей среды. В результате увеличения температуры в баллоне увеличивается давление до

$$P_3 = P_0 + \rho g h. \quad (3.5)$$

При этом давление в баллоне становится таким, как если бы газ был заключен в объеме V_2 , поскольку начальное давление и температура одинаковы, а нагревание происходит при постоянном объеме. Таким образом, в начальном состоянии воздух в баллоне имеет ту же температуру, что и после окончания процесса. По закону Бойля-Мариотта:

$$P_1 V_1 = P_3 V_2. \quad (3.6)$$

Решая уравнения (3.4) и (3.6) относительно γ , получим:

$$\gamma = \frac{\ln P_1 - \ln P_2}{\ln P_1 - \ln P_3} \quad (3.7)$$

Разложим $\ln P_1$ и $\ln P_3$ в ряд Тейлора, ограничиваясь первыми членами:

$$\begin{aligned} \ln P_1 &= \ln(P_0 + \rho g H) \approx \ln P_0 + \frac{\rho g H}{P_0} \\ \ln P_3 &= \ln(P_0 + \rho g h) \approx \ln P_0 + \frac{\rho g h}{P_0} \end{aligned} \quad (3.8)$$

Подставив уравнения системы (3.8) и (3.3) в (3.7), получим расчетную формулу

$$\gamma = \frac{H}{H - h} \quad (3.9)$$

Теоретическое значение показателя адиабаты можно рассчитать, используя уравнение Майера:

$$C_p = C_v + R = \frac{i}{2} R + R, \quad (3.10)$$

где i – число степеней свободы, R – универсальная газовая постоянная. Подставив (3.10) в (3.1), получим:

$$\gamma_{\text{теор}} = \frac{i+2}{i} \quad (3.11)$$

3.4. Рабочее задание

3.4.1. Расчет показателя адиабаты γ

1. С помощью зажима закройте выходной кран 5. Плавно сжимая резиновую грушу 2, установите разность уровней воды в манометре $H = 15$ см и закройте зажимом кран 4.

2. Выждав 2-3 минуты, пока уровни воды в манометре перестанут смещаться друг относительно друга вследствие выравнивания температур, измерьте и запишите в табл. 3.1 разность уровней H .

3. Откройте на одну секунду кран 5 и закройте сразу, как только прекратится звук выходящего из баллона воздуха.

4. Выждав 2-3 минуты, измерьте и запишите в табл. 3.1 установившуюся после действий, описанных в пункте 1.3 разность уровней h .

5. Повторите задание пп. 1 - 4 из 3.4.1 еще три раза, стараясь выдерживать разность уровней H постоянной.

6. Вычислите средние значения $\langle H \rangle$ и $\langle h \rangle$. По формуле (3.9) рассчитайте значение показателя адиабаты γ .

7. Полагая молекулы воздуха двухатомными ($i=5$) вычислите по формуле (3.11) теоретическое значение $\gamma_{\text{теор}}$. Сравните его с экспериментально полученным значением γ . Все результаты занесите в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Определение показателя адиабаты							
разность уровней	1	2	3	4	$\langle h \rangle$	γ	$\gamma_{\text{теор}}$
H							
h							

Контрольные вопросы

1. Объясните, как определить давление с помощью водяного манометра.
2. Охарактеризуйте типы газовых процессов и нарисуйте их графики.
3. Дайте следующие определения:
 - a) адиабатический процесс;
 - b) молярная и удельная теплоемкости (укажите размерности);
 - c) число степеней свободы.
4. Напишите уравнение Пуассона и уравнение Майера. Объясните их.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

4.1. Цель работы

Усвоение закона Ома и правил Кирхгофа на примере определения сопротивления проводника с током и расчета его электрических параметров – удельного сопротивления и подвижности электронов. Проверка законов последовательного и параллельного соединения проводников.

4.2. Описание оборудования

В настоящей работе сопротивление нихромового проводника R_X измеряется двумя способами: с помощью закона Ома и мостовым методом. Соответствующие электрические схемы собираются на одном и том же макете (рис.4.1 и рис.4.3). Источник напряжения с ЭДС $\varepsilon=9$ В и внутренним сопротивлением $r = 10$ Ом подключен через дополнительное сопротивление $R_d = 375$ Ом к клеммам 1-2, микроамперметр с внутренним сопротивлением $R_A = 2500$ Ом – к клеммам 3-4. Сопротивление эталонного резистора, подключенного к клеммам 3-5, $R_3 = 3$ Ом. При измерении неизвестного сопротивления первым и вторым способами остальные соединения студен-

ты выполняют самостоятельно на лицевой панели макета в соответствии со схемой.

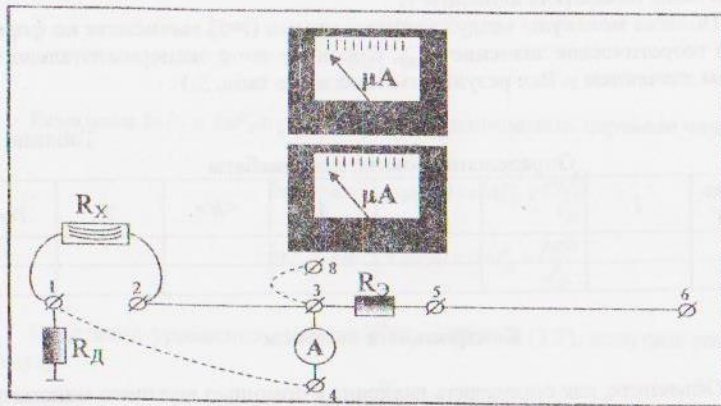


Рис.4.1. Макет для определения неизвестного сопротивления по закону Ома

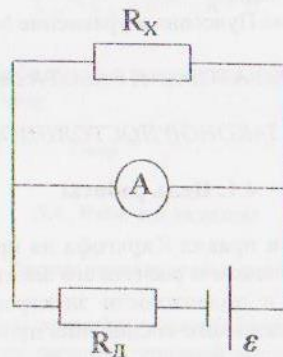


Рис.4.2. Схема определения неизвестного сопротивления по закону Ома

4.3. Расчетные формулы

Схема для расчета неизвестного сопротивления первым способом представлена на рис.4.2. По закону Ома для участка цепи:

$$R_X = \frac{U_X}{I_X}. \quad (4.1)$$

Учитывая, что падения напряжения на параллельно соединенных участках равны, перепишем (4.1):

$$R_X = \frac{U_A}{I_X} = \frac{I_A R_A}{I_X}. \quad (4.2)$$

Используя закон Ома для замкнутой цепи и, зная, что полный ток в цепи равен сумме токов, идущих через параллельно соединенные участки, запишем:

$$I_A + I_X = \frac{\varepsilon}{R + r}. \quad (4.3)$$

Полное сопротивление цепи R с учетом законов последовательного и параллельного соединений проводников, рассчитывается по формуле

$$R = R_D + \frac{R_X R_A}{R_X + R_A}. \quad (4.4)$$

Считая, что $R_X \ll R_A$, $R_X \ll R_D$, $r \ll R_D$ и $I_A \ll I_X$ получим из (4.3) и (4.4), что

$$I_X = \frac{\varepsilon}{R_D}. \quad (4.5)$$

С учетом вышесказанного, формула для расчета неизвестного сопротивления имеет вид: $R_X = \frac{R_D R_A}{\varepsilon} I_A$

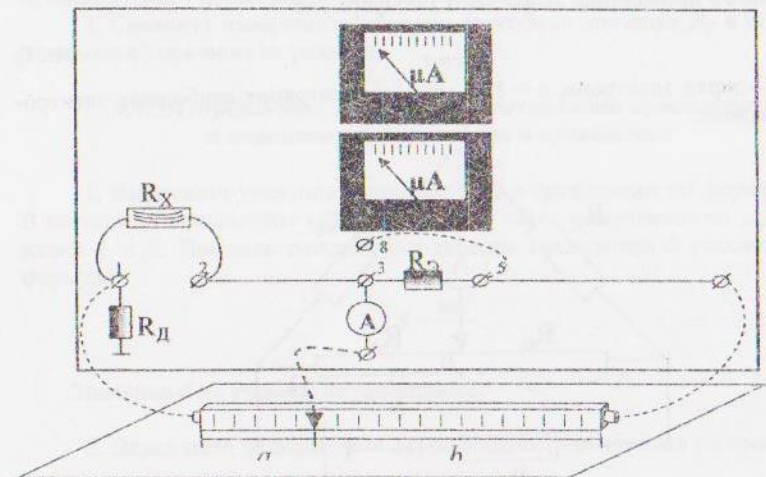


Рис.4.3. Макет для определения неизвестного сопротивления мостовым методом

Схема для расчета неизвестного сопротивления вторым способом представлена на рис.4.4. Сопротивления R_a и R_b представляют собой реохорд – длинную проволоку постоянного сечения с подвижным контактом Д, который делит ее на отрезки длиной a и b . При условии баланса измерительного моста, ток, проходящий через микроамперметр, равен нулю. В этом случае из первого и второго правил Кирхгофа следует, что

$$\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_a}{R_b} \quad (4.7)$$

Зная, что удельное сопротивление ρ проводника длиной l и площадью поперечного сечения S связано с сопротивлением R соотношением

$$\rho = R \frac{S}{l} \quad (4.8)$$

Получим

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{a}{b} \quad (4.9)$$

Таким образом, неизвестное сопротивление рассчитывается по формуле

$$R_x = R_3 \frac{a}{b} \quad (4.10)$$

В соответствии с электронной теорией проводимости подвижность электронов в проводнике вычисляется по формуле

$$v = \frac{I}{en\rho} \quad (4.11)$$

Здесь e – заряд электрона, $n \approx 10^{28} \text{ м}^{-3}$ – концентрация свободных электронов в металле.

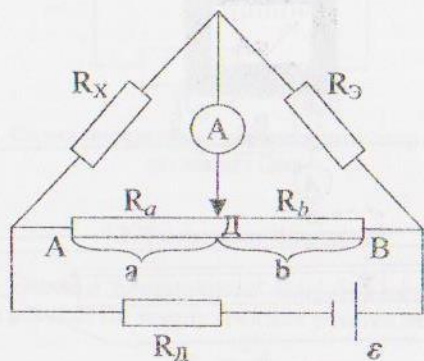


Рис.4.4. Схема для определения неизвестного сопротивления мостовым методом

4.4 Рабочее задание

4.4.1. Определение сопротивления проводника по закону Ома

1. Соберите схему согласно рис. 4.1, НЕ включая питание (НЕ соединяя клеммы 3 и 8). Покажите схему преподавателю.

2. Получив разрешение преподавателя выполнять работу, включите питание схемы и измерьте ток I_A , протекающий через микроамперметр (верхний прибор). Величину I_A , а также результаты всех последующих измерений и расчетов запишите в табл. 4.1.

3. Рассчитайте по формуле (4.6) сопротивление проводника R_x .

Таблица 4.1

Определение сопротивления проводника									
I_A, A	$R_3, Ом$	$a, м$	$b, м$	$R_x, Ом$	$l, м$	$d, м$	$S, м^2$	$\rho, Ом \cdot м$	$v, м^2/В \cdot с$

4.4.2. Определение сопротивления проводника мостовым методом

1. Соберите схему согласно рис. 4.2 и, получив разрешение преподавателя, включите питание – соедините клеммы 8 и 5. Перемещая подвижный контакт Д реохорда АВ, добейтесь баланса измерительного моста, т.е. того, чтобы стрелка микроамперметра не отклонялась ($I_A=0$).

2. Измерьте длины отрезков a и b реохорда и вычислите сопротивление R_x исследуемого проводника по формуле (4.10).

3. Сравните измеренные разными способами значения R_x и объясните (письменно) причины их различия.

4.4.3. Определение удельного сопротивления проводника и подвижности электронов в проводнике

1. Вычислите удельное сопротивление ρ проводника по формуле (4.8). В качестве R используйте среднее значение $\langle R_x \rangle$, полученное по данным заданий 1 и 2. Площадь поперечного сечения проводника S рассчитайте по формуле

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Значения d и l указаны на проводнике.

2. Определите по формуле (4.11) подвижность электронов v в проводнике.

4.4.4. Проверка законов последовательного и параллельного соединения проводников

1. Соберите схему по рис. 4.1 или 4.3. (по указанию преподавателя). В качестве проводника с неизвестным сопротивлением R_X используйте два последовательно соединенных проводника с известными сопротивлениями R_{X1} и R_{X2} , определенными по методике, описанной в пункте 1 или 2. Экспериментально полученный результат сравните с теоретическим значением сопротивления, вычисленного по формуле последовательного соединения проводников:

$$R_X = R_1 + R_2$$

2. Повторите задание пункта 4.1. для двух параллельно соединенных проводников. Полученное опытным путем значение R_X сравните с теоретическим значением сопротивления, вычисленного по формуле параллельного соединения проводников:

$$\frac{1}{R_X} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Результаты занесите в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Проверка законов последовательного и параллельного соединений проводников

Последовательное соединение	Параллельное соединение
$R_{X \text{ экспериментальное}} =$	$R_{X \text{ экспериментальное}} =$
$R_{X \text{ теоретическое}} =$	$R_{X \text{ теоретическое}} =$

Контрольные вопросы

- Дайте следующие определения:
 - электрический ток;
 - сила тока;
 - постоянный ток;
 - напряжение;
 - электродвижущая сила;
 - удельное сопротивление, удельная проводимость;
 - подвижность электронов.
- Напишите закон Ома для:
 - однородного участка цепи;
 - неоднородного участка цепи;
 - для замкнутой цепи.
- Сформулируйте правила Кирхгофа.
- Объясните, как составляются уравнения, выражающие правила Кирхгофа.
- Выведите расчетную формулу (4.10).
- Напишите и объясните закон Джоуля-Ленца.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

5.1. Цель работы

Закрепление знания характеристик магнитного поля, структуры магнитного поля Земли, получение навыка применения принципа суперпозиции для расчета магнитных полей.

5.2. Описание оборудования

Работа выполняется на измерительной установке, схематично представленной на рис. 5.1. Ток I , текущий по обмотке соленоида 1, помещенного в деревянный короб, измеряется верхним амперметром, который зашунтирован резистором $R_{ш}$. Шунтирование позволяет увеличить максимальное значение измеряемого тока до 0,1 А. Таким образом, цена деления амперметра равна $1 \cdot 10^{-3}$ А. Величина тока соленоида изменяется путем последовательного включения в электрическую схему сопротивлений разной величины (R_1, R_2, R_3, R_4, R_5), направление – тумблером Т. Для определения направления магнитного поля B служит компас К.

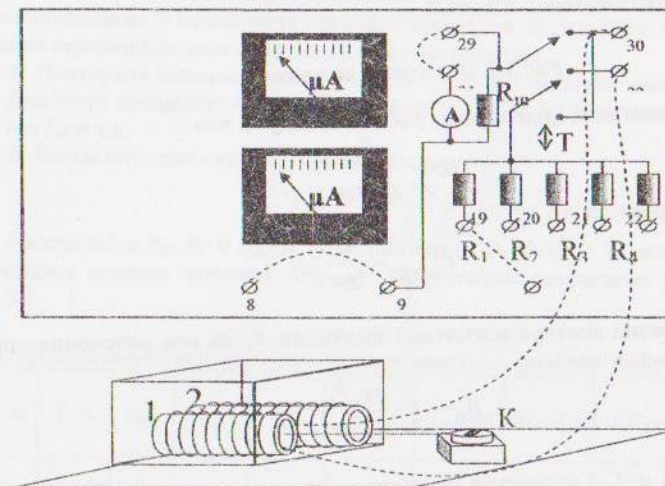


Рис. 5.1. Макет для определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

5.3. Расчетные формулы

Направление горизонтальной составляющей магнитного поля Земли $B_{згор}$ определяется по направлению стрелки компаса, указывающей на северный магнитный полюс. Если рядом с компасом расположить соленоид так, чтобы его ось и центр компаса находилась на одной линии, перпендикулярной магнитному меридиану (вектору $B_{згор}$) и пропустить через соленоид ток, то в окружающем соленоид пространстве возникнет дополнительное магнитное поле – поле соленоида B_C (рис.5.2). Поле соленоида направлено перпендикулярно магнитному полю Земли. Наличие поля соленоида приводит к изменению направления результирующего магнитного поля на угол α .

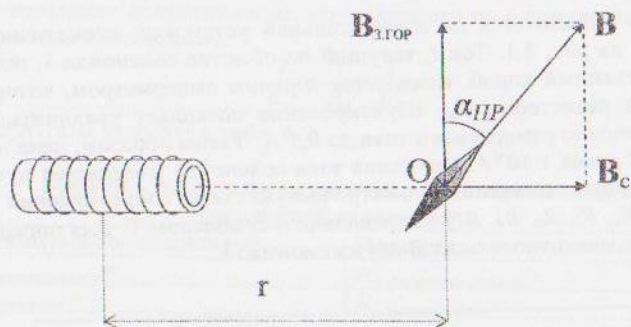


Рис.5.2. Векторная диаграмма

Из векторной диаграммы (рис. 5.2) следует, что

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_C}{B_{згор}}. \quad (5.1)$$

Следовательно:

$$B_{згор} = \frac{B_C}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (5.2)$$

Величина вектора магнитной индукции B_C на оси соленоида определяется выражением

$$B_C = \frac{\mu \mu_0 P_C}{2\pi(R^2 + r^2)^{3/2}}. \quad (5.3)$$

Здесь $\mu=1$ – магнитная проницаемость воздуха, $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная, $R=2$ см – радиус витка соленоида, r – расстояние от центра

соленоида до точки, где определяется значение вектора B_C . P_C – магнитный момент соленоида:

$$P_C = INS. \quad (5.4)$$

I – ток соленоида, $N=1600$ – число витков соленоида, $S=\pi R^2$ – площадь одного витка соленоида.

5.4. Рабочее задание

5.4.1. Измерение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

1. Определите такое местоположение компаса на столе, чтобы северный конец магнитной стрелки был ориентирован по магнитному меридиану – по горизонтальной составляющей магнитного поля Земли $B_{згор}$. Совместите нулевую отметку лимба компаса с направлением магнитной стрелки.

2. Соберите схему согласно рис. 5.1, НЕ включая питание (НЕ соединяя клеммы 8 и 9). Расположите соленоид так, чтобы его ось была перпендикулярна магнитному меридиану (т.е. стрелке компаса). При этом центр компаса должен находиться на оси соленоида (на уровне центра отверстия деревянного короба) на расстоянии $r \approx 10$ см от его центра.

3. Получив разрешение преподавателя выполнять работу, включите питание установки (соедините клеммы 8 и 9).

4. Запишите в табл. 5.1 значение тока I_1 и отклонение стрелки компаса от нулевой отметки вправо $\alpha_{пр}$ в градусной мере. Не меняя значения тока, измените тумблером Т полярность (направление) тока. Запишите в таблицу отклонение стрелки компаса от нулевой отметки влево $\alpha_{л}$.

5. Повторите задание пункта 3 из 5.4.1 еще для четырех значений силы тока. Для этого соедините клемму 10 сначала с 20 (ток I_2). Затем соедините 10 с 21 (ток I_3) и т.д.

6. Вычислите для каждого значения тока:

$$\langle \alpha \rangle = \frac{\alpha_{пр} + \alpha_{л}}{2} \text{ и } \operatorname{tg} \langle \alpha \rangle.$$

Рассчитайте P_C , B_C и $B_{згор}$ по формулам (5.4), (5.3), (5.2), соответственно. Найдите среднее значение $\langle B_{згор} \rangle$. Полученные результаты запишите в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли

r , м	I , А	$\alpha_{пр}$	$\alpha_{л}$	$\langle \alpha \rangle$	$\operatorname{tg} \langle \alpha \rangle$	P_C , А·м ²	B_C , Тл	$\langle B_{згор} \rangle$, Тл
	$I_1 =$							
	$I_2 =$							
	$I_3 =$							
	$I_4 =$							
	$I_5 =$							

Контрольные вопросы

1. Укажите причины возникновения магнитного поля.
2. Дайте определение следующим понятиям:
 - a) соленоид;
 - b) магнитный момент;
 - c) магнитная индукция;
 - d) магнитный меридиан.
3. Объясните как:
 - a) обнаружить магнитное поле;
 - b) определить направление магнитного поля;
 - c) изобразить магнитное поле графически.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

6.1. Цель работы

Изучение закономерностей движения физического маятника методом анализа зависимостей периода колебаний, приведенной длины и момента инерции от положения оси вращения.

6.2. Описание оборудования

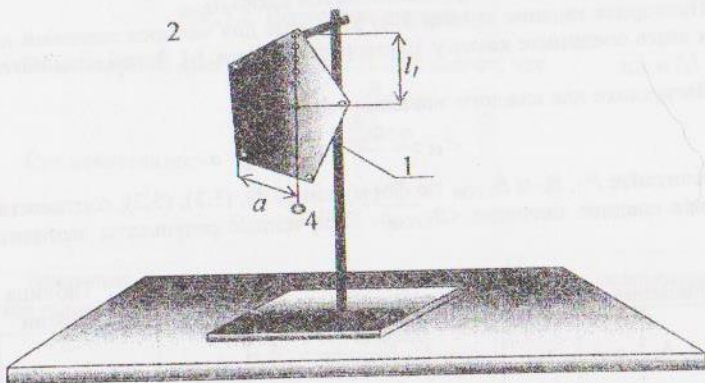


Рис.6.1. Установка для исследования колебаний физического маятника

Физическим маятником является любое твердое тело произвольной формы, подвешенное так, что точка подвеса (ось вращения) не совпадает с его центром инерции. Для выполнения лабораторной работы используется штатив 1 (рис. 6.1) с горизонтально закрепленным стержнем 2, конец которого сточен в виде трехгранной призмы с шириной грани 3 мм. На призму подвешивается физический маятник – плоское тело 3, имеющее для подвешивания несколько отверстий диаметром 5 мм. Таким образом, верхнее ребро призмы является осью вращения физического маятника.

6.3. Расчетные формулы

При малых отклонениях от положения равновесия (малой амплитуде колебаний) физический маятник совершает гармонические колебания. Параметром гармонических колебаний физического маятника является период T :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_{пр}}{g}}, \quad (6.1)$$

где g – ускорение свободного падения, $I_{пр}$ – приведенная длина физического маятника:

$$I_{пр} = \frac{J}{ml}. \quad (6.2)$$

Здесь m – масса физического маятника; l – расстояние от точки подвеса до центра инерции (центра масс) тела; J – момент инерции тела относительно оси вращения (точки подвеса), не проходящей через центр инерции тела.

С учетом (6.2) уравнение (6.1) принимает вид

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}. \quad (6.3)$$

Таким образом, и период колебаний T , и приведенная длина физического маятника $I_{пр}$ являются функциями расстояния l от точки подвеса до центра инерции тела. Кроме того, момент инерции тела J , согласно теореме Штейнера, также зависит от расстояния l :

$$J = J_C + ml^2. \quad (6.4)$$

Здесь J_C – момент инерции тела относительно оси вращения, параллельной данной и проходящей через центр инерции тела.

Для определения расстояния l необходимо найти положение центра инерции тела. Известно, что центр инерции подвешенного тела лежит на вертикали, проходящей через точку подвеса. Подвесив тело поочередно в трех точках, можно найти положение центра инерции тела как точку пересечения трех пересекающихся вертикалей.

6.4. Рабочее задание

6.4.1. Определение центра инерции пластины

1. Сделайте в тетради чертеж пластины 3 (рис. 6.1) со всеми отверстиями в масштабе 1:1. Массу пластины (указана на самой пластине) запишите в табл. 6.1.

2. Подвесьте пластину 3 и отвес 4 за одно из периферийных отверстий на призму 2. Измерьте линейкой расстояние a вдоль нижней грани пластины от нити отвеса до угла пластины и проведите на чертеже линию отвеса. Аналогично проведите линии отвеса еще для двух отверстий, выбранных так, чтобы направления трех линий отвеса отличались на угол близкий к 60° . Точка пересечения линий отвеса является центром инерции тела C . Обозначьте ее положение на чертеже.

6.4.2. Определение зависимости периода колебаний физического маятника от расстояния точки подвеса до центра инерции ($T(l)$)

1. Измерьте расстояние l (рис. 6.1) от центра инерции до наиболее удаленного от него отверстия и запишите в табл. 6.1.

2. Подвесьте пластину этим отверстием на призму 2. Отклоните пластину от положения равновесия на 1-2 см и, отпуская, включите секундомер. В момент завершения двадцатого полного колебания ($N=20$) выключите секундомер. Время t двадцати колебаний запишите в табл. 6.1.

3. Вычислите период колебаний T по формуле

$$T = \frac{t}{N}$$

4. Повторите задание пп. 1 – 3 из 6.4.2 для каждого из четырех оставшихся отверстий, расположенных в ряд от центра инерции C до отверстия на краю пластины.

5. Постройте график зависимости $T(l)$.

6.4.3. Определение зависимости приведенной длины физического маятника от расстояния точки подвеса до центра инерции ($l_{пр}(l)$)

1. По найденным значениям периодов T_1-T_5 вычислите по формуле (6.1) соответствующие приведенные длины физических маятников $l_{пр1}-l_{пр5}$ и запишите их в табл. 6.1.

2. Постройте график зависимости $l_{пр}(l)$.

6.4.4. Определение зависимости момента инерции физического маятника от расстояния точки подвеса до центра инерции ($J(l)$)

1. По найденным значениям $l_{пр1}-l_{пр5}$ и l_1-l_5 , используя формулу (6.2), вычислите соответствующие моменты инерции J_1-J_5 и запишите их в табл. 6.1.

2. Постройте график зависимости $J(l)$.

6.4.5. Определение момента инерции физического маятника относительно оси, проходящей через центр инерции

1. Используя формулу (6.4) по найденным значениям J_1-J_5 и l_1-l_5 , рассчитайте соответствующие моменты инерции J_C-J_C5 и вычислите среднее значение $\langle J_C \rangle$.

2. По графику $J(l)$ определите точку пересечения зависимости с осью J . Полученное значение сравните с результатом пункта 5.1, сделайте выводы.

Таблица 6.1

Изучение закономерностей колебаний физического маятника

$m = \dots$, кг	1	2	3	4	5
l , м					
t , с					
T , с					
$l_{пр}$, м					
J , кг·м ²					

Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующим понятиям:

- колебание; период, частота (линейная и угловая), амплитуда колебания;
- физический маятник;
- приведенная длина физического маятника;
- момент инерции.

2. Напишите дифференциальное уравнение гармонических колебаний и объясните его.

3. Нарисуйте график гармонического колебания и объясните его параметры.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

7.1. Цель работы

Усвоить закономерности затухающих колебаний, получить навыки измерения и расчета характеристик затухающих колебаний.

7.2. Описание оборудования

Исследование затухающих колебаний проводится на модели математического маятника. Для выполнения работы используется штатив 1 (рис. 7.1) с горизонтально закрепленным стержнем 2. На стержне на расстоянии 10-15 см закреплены два зажима. Зажимы держат концы нити, на середину которой подвешивается груз. Такой подвес обеспечивает колебания маятника в одной плоскости. Для отсчета отклонения маятника от положения равновесия на штативе укреплен шкала 3. Длина маятника l измеряется от центра тяжести груза до середины линии, соединяющей точки зажима верхних концов нити. Для изучения зависимости параметров колебаний от массы тела используются три груза одинаковые по размерам, но имеющие разные массы. Для исследования зависимости параметров колебаний от площади сечения тела используются три груза одинаковой массы, но с разной площадью сечения S . Увеличить площадь сечения позволяет «парус», надеваемый на груз (рис. 7.1).

7.3. Расчетные формулы

Одним из параметров, характеризующим затухающие колебания является коэффициент затухания δ :

$$\delta = \frac{\ln(A_0/A_N)}{NT} = \frac{\ln(A_0/A_N)}{t} \quad (7.1)$$

Здесь T – период затухающих колебаний; N – число колебаний, совершаемых за время t уменьшения амплитуды от A_0 до A_N . Для определения коэффициента затухания δ удобно брать такие N и t , при которых амплитуда колебаний уменьшается в 2 раза:

$$A_N = \frac{A_0}{2} \quad (7.2)$$

Тогда уравнение (7.1) запишем следующим образом:

$$\delta = \frac{\ln 2}{t} = \frac{0,693}{t} \quad (7.3)$$

Быстрота затухания колебаний – уменьшение амплитуды колебаний во времени – характеризуется логарифмическим декрементом затухания Θ , который связан с коэффициентом затухания δ :

$$\Theta = \delta T \quad (7.4)$$

С коэффициентом затухания также связан коэффициент сопротивления воздуха r , зависящий от площади сечения тела, перпендикулярного направлению его движения:

$$\delta = \frac{r}{2m} \quad (7.5)$$

где m – масса груза маятника.

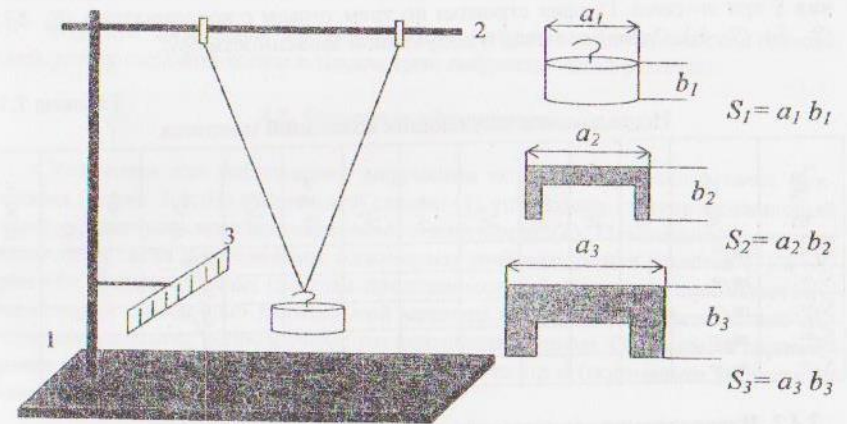


Рис.7.1. Установка для исследования затухающих колебаний

7.4. Рабочее задание

7.4.1. Исследование зависимости параметров колебаний от площади сечения тела

1. Запишите в табл. 7.1. по возрастанию массы грузов, значения которых на них написаны. Вычислите и занесите в таблицу площади сечения S_1 , S_2 , S_3 , как указано на рис. 7.1.

2. Подвесьте на нить длиной $l \approx 30-40$ см самый легкий груз m_1 с площадью сечения S_1 .

3. Отклоните груз маятника на четное количество делений шкалы 3. Отпуская груз, включите секундомер и считайте количество колебаний маятника N до уменьшения амплитуды вдвое. В момент, когда $A_n = A_0/2$, выключите секундомер и запишите N и t в табл. 7.1. Опыт повторите три раза.

4. Вычислите и запишите в табл. 7.1 средние значения $\langle N \rangle$ и $\langle t \rangle$, а также коэффициент затухания δ по формуле (7.3), период колебаний $T = \frac{t}{N}$, логарифмический декремент затухания Θ по формуле (7.4) и коэффициент сопротивления r по формуле (7.5).

5. Вставьте в легкий груз m_1 малый парус площадью S_2 , подвесьте груз на нить и повторите задание пп. 3 - 4.

6. Вставьте в легкий груз m_1 большой парус площадью S_3 , подвесьте груз на нить и повторите задание пп. 3 - 4.

7. Постройте зависимость коэффициента затухания δ от площади сечения S при $m = \text{const}$. График строится по трем точкам с координатами (S_1, δ_1) , (S_2, δ_2) , (S_3, δ_3) . Сделайте вывод о полученной зависимости $\delta(S)$.

Таблица 7.1

Исследование затухающих колебаний маятника

$S, \text{мм}^2$	$m, \text{кг}$	$t_1, \text{с}$	N_1	$t_2, \text{с}$	N_2	$t_3, \text{с}$	N_3	$\langle t \rangle, \text{с}$	$\langle N \rangle$	$\delta, \text{с}^{-1}$	$T, \text{с}$	Θ	$r, \text{кг/с}$
$S_1 = \dots$	$m_1 = \dots$									$\delta_1 = \dots$			
$S_2 = \dots$	$m_1 = \dots$									$\delta_2 = \dots$			
$S_3 = \dots$	$m_1 = \dots$									$\delta_3 = \dots$			
$S_1 = \dots$	$m_2 = \dots$									$\delta_1 = \dots$			
$S_2 = \dots$	$m_2 = \dots$									$\delta_2 = \dots$			

7.4.2. Исследование зависимости параметров колебаний от массы груза

1. Вставьте большой парус площадью S_3 в груз средней массы m_2 , подвесьте груз на нить, проверьте длину маятника и повторите задание пп. 3 - 4 из 7.4.1.

2. Вставьте большой парус площадью S_3 в самый тяжелый груз массой m_3 , подвесьте груз на нить и повторите задание пп. 3 - 4 из 7.4.1.

3. Постройте зависимость коэффициента затухания δ от массы груза m при $S = \text{const}$ ($S = S_3$). График строится по трем точкам с координатами (m_1, δ_1) , (m_2, δ_2) , (m_3, δ_3) . Сделайте вывод о полученной зависимости $\delta(m)$.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующим понятиям:

- коэффициент затухания;
- логарифмический декремент затухания;

с) коэффициент сопротивления.

- Объясните, какие силы действуют на колеблющееся тело в реальных условиях.
- Напишите дифференциальное уравнение затухающих колебаний и объясните его. Нарисуйте график затухающих колебаний
- Запишите закон, по которому изменяется амплитуда затухающих колебаний во времени.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА НА ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКЕ

8.1. Цель работы

Изучить дифракции Фраунгофера на дифракционной решетке, определить длину световой волны и параметров дифракционной решетки.

8.2. Описание оборудования

Установка для наблюдения дифракции монохроматического света приведена на рис. 8.1. На оптической скамье (1) установлен полупроводниковый лазер - источник монохроматического излучения (2). Перпендикулярно оси источника света расположены одномерная дифракционная решетка (3) и экран (4). Дифракционная решетка представляет собой пластиковую пластину, на которой с помощью делительной машины через строго определенные интервалы нанесены непрозрачные параллельные штрихи. Основными параметрами дифракционной решетки являются ее период d (постоянная решетки) и число штрихов (щелей) N .

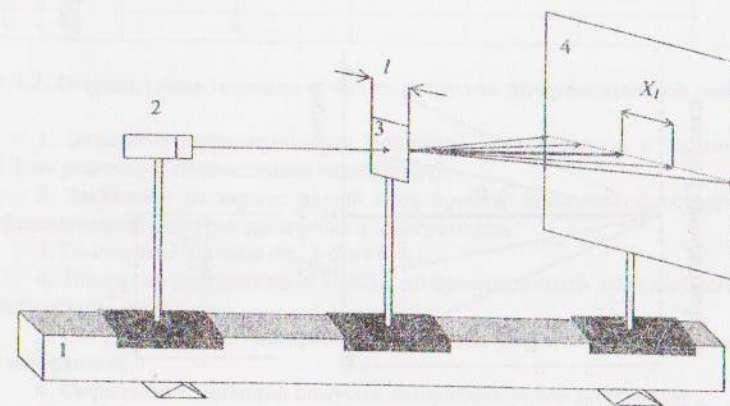


Рис. 8.1. Схема установки для наблюдения дифракции Фраунгофера

8.3. Расчетные формулы

Период дифракционной решетки d можно определить из условия максимума интенсивности света при дифракции на дифракционной решетке:

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda. \quad (8.1)$$

Здесь φ – угол дифракции (угол отклонения света от прямолинейного распространения), m – порядок (номер) дифракционного максимума (рис. 8.2), λ – длина волны.

Из (8.1) следует, что d определяется выражением

$$d = \frac{m \lambda}{\sin \varphi}. \quad (8.2)$$

Угол дифракции φ_m , соответствующий m -у дифракционному максимуму, можно найти, как видно из рис. 8.2, по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi_m = \frac{X_m}{L}, \quad (8.3)$$

где L – расстояние от дифракционной решетки до экрана, X_m – расстояние между m -м и центральным дифракционными максимумами (рис. 8.2).

Теперь, зная тангенс угла дифракции, можно найти сам угол, а затем по формуле (8.1) найти период дифракционной решетки. Число штрихов N дифракционной решетки определяется соотношением

$$N = \frac{l}{d}, \quad (8.4)$$

где l – длина дифракционной решетки.

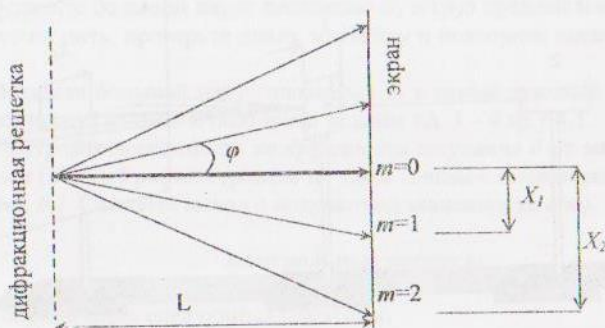


Рис. 8.2. Схема положений дифракционных максимумов на экране

8.4. Рабочее задание

8.4.1. Определение длины световой волны

1. Закрепите на экране лист бумаги. Измерьте расстояние от экрана до дифракционной решетки с известным (указанным преподавателем) периодом d .
2. Включите источник света и убедитесь, что дифракционная картина развернута по горизонтали, а дифракционные максимумы положительных и отрицательных порядков расположены симметрично относительно максимума нулевого порядка, который выделяется из числа других наибольшей яркостью.
3. Отметьте на экране положения всех дифракционных максимумов.
4. Снимите лист с отмеченными дифракционными максимумами с экрана.
5. Линейкой измерьте расстояние X_1 между дифракционными максимумами нулевого и первого порядков (рис. 8.2).
6. По формуле (8.3) рассчитайте тангенс угла и соответствующий угол дифракции.
7. Определите синус найденного угла дифракции.
8. Используя формулу (8.1), вычислите длину световой волны λ .
9. Повторите задание пп. 5-8 для максимумов второго, третьего, и четвертого порядков.
10. Вычислите среднее значение длины световой волны $\langle \lambda \rangle$. Все результаты занесите в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Определение длины световой волны

m	$L, \text{ м}$	$X, \text{ м}$	$\operatorname{tg} \varphi$	φ	$\sin \varphi$	$\lambda, \text{ м}$	$\langle \lambda \rangle, \text{ м}$
1	105,5						
2							
3							
4							

8.4.2. Определение периода и числа штрихов дифракционной решетки

1. Замените дифракционную решетку, используемую в задании 1 из 8.4.1 на решетку с неизвестным периодом d .
2. Закрепите на экране новый лист бумаги. Измените расстояние L от дифракционной решетки до экрана и измерьте его.
3. Повторите задание пп. 3-5 из 8.4.1.
4. Измерьте расстояние X между дифракционными максимумами соответствующих порядков.
5. По формуле (8.3) рассчитайте тангенсы углов и соответствующие углы дифракции.
6. Определите значения синусов найденных углов дифракции.

7. По формуле (8.2) вычислите период дифракционной решетки, используя значение длины световой волны из табл. 8.1.

8. Вычислите среднее значение периода дифракционной решетки $\langle d \rangle$.

9. Линейкой измерьте длину l дифракционной решетки. По формуле (8.4) рассчитайте число штрихов N . Все результаты занесите в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Определения параметров дифракционной решетки

m	$L, м$	$X, м$	$tg\varphi$	φ	$sin\varphi$	$d, м$	$\langle d \rangle, м$	N
1								
2								
3								
4								

Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующим понятиям:

- волновая поверхность;
- плоская, сферическая волна;
- монохроматическая волна;
- длина волны.

2. Дайте определение дифракции Фраунгофера. Укажите условия и методы ее наблюдения.

3. Дайте определение дифракционной решетки и ее периода. Где применяется дифракционная решетка?

4. Выведите и запишите условия максимума и минимума интенсивности света при дифракции на дифракционной решетке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Савельев, И.В. Курс общей физики в пяти книгах: учеб. пособие для вузов, кн.1-3. — М.: ООО «Издательство Арстель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. - 256с.
- Детлаф, А.А. Курс физики: учеб. пособие для вузов/ А.А. Детлаф, Б. М Яворский. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 720 с.
- Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. — М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 560 с.

СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Фундаментальные физические постоянные

Постоянная	Значение
Ускорение свободного падения на Земле	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
Число Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Заряд электрона	$e = -1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Масса покоя электрона	$m_e = 9,10 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Греческий алфавит

Альфа	Α α	Эта	Η η	Ню	Ν ν	Тау	Τ τ
Бета	Β β	Тета	Θ θ	Кси	Ξ ξ	Ипсилон	Υ υ
Гамма	Γ γ	Йота	Ι ι	Омикрон	Ο ο	Фи	Φ φ
Дельта	Δ δ	Каппа	Κ κ	Пи	Π π	Хи	Χ χ
Эпсилон	Ε ε	Лямбда	Λ λ	Ро	Ρ ρ	Пси	Ψ ψ
(Д)зета	Ζ ζ	Мю	Μ μ	Сигма	Σ σ	Омега	Ω ω

Множители и приставки СИ для десятичных кратных и дельных единиц

Приставка	Обозначение (рус., межд.)	Множитель	Приставка	Обозначение (рус., межд.)	Множитель
экса	Э, E	10^{18}	деци	д, d	10^{-1}
пета	П, P	10^{15}	санци	с, c	10^{-2}
тера	Т, T	10^{12}	милли	м, m	10^{-3}
гига	Г, G	10^9	микро	мк, μ	10^{-6}
мега	М, M	10^6	нано	н, n	10^{-9}
кило	к, k	10^3	пико	п, p	10^{-12}
гекто	г, h	10^2	фемто	ф, f	10^{-15}
дека	да, da	10^1	атто	а, a	10^{-18}

Удельное сопротивление ρ , 10^{-8} Ом·м проводников (при 20°C)

Проводник	ρ	Проводник	ρ	Проводник	ρ
Алюминий	2,69	Латунь	1-20	Ртуть	94,07
Вольфрам	5,50	Медь	1,57	Серебро	1,6
Железо	9,71	Нихром	110	Серебро	1,6
Золото	2,4	Платина	10	Чугун	50-80

Интервалы длин волн сплошного спектра

Цвет	λ , нм
Красный	760 - 620
Оранжевый	620 - 590
Желтый	590 - 560
Зеленый	560 - 500
Голубой	500 - 480
Синий	480 - 450
Фиолетовый	450 - 380

*Границы цветов спектра определяются лишь условно

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Техника безопасности.....	5
Лабораторная работа №1. <i>Изучение движения тела, брошенного горизонтально.....</i>	6
Лабораторная работа №2. <i>Определение универсальной газовой постоянной.....</i>	10
Лабораторная работа №3. <i>Определение отношения теплоемкостей воздуха.....</i>	12
Лабораторная работа №4. <i>Изучение законов постоянного тока.....</i>	14
Лабораторная работа №5. <i>Определение горизонтальной составляющей магнитного поля земли.....</i>	19
Лабораторная работа №6. <i>Изучение колебаний физического маятника.....</i>	23
Лабораторная работа №7. <i>Исследование затухающих колебаний маятника.....</i>	26
Лабораторная работа №8. <i>Изучение дифракции монохроматического света на дифракционной решётке.....</i>	29
Рекомендуемая литература.....	32
Приложение. Справочные сведения.....	33

Физика

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех специальностей
факультета дистанционного обучения*

Составители: Андрей Константинович Тарханов,
Анна Игоревна Никишина

Подписано в печать 28.12.2010. Формат 60×84 1/16. Уч.-изд. л. 2,4. Усл.-печ. л. 2,5.
Бумага писчая. Тираж 250 экз. Заказ № 16/

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского государственного
архитектурно-строительного университета
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84