

Министерство образования Оренбургской области
ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОРЕНБУРГСКИЙ АГРАРНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «ФИЗИКА»
Специальность 35.02.07 «Механизация
сельского хозяйства»
(базовый уровень подготовки)

Преподаватель:

_____ О.А. Приходкова

с.Подгородняя Покровка
2016г.

Данные методические рекомендации содержат методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Физика» и предназначена для обучающихся специальностям среднего профессионального образования.

Цель: Оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных работ по дисциплине «Физика»

Разработчик:
ГАОУ СПО
«Оренбургский
аграрный колледж

преподаватель физики

Приходкова О.А.

Одобрено на заседании ПЦК общих математических и естественнонаучных дисциплин

Протокол № _____ от « _____ » _____ 20 _____ г.

Председатель ЦК _____ / _____ /

Пояснительная записка

Лабораторные работы служат связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, полученных на уроках теоретического обучения, а так же для получения практических знаний. Практические задания выполняются студентами самостоятельно, с применением знаний и умений, полученных на уроках, а так же с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя при выполнении практического задания. Проведению лабораторных работ предшествует предварительная подготовка, которую должен получить каждый студент. Список литературы и вопросы, необходимые для подготовки, обучающийся получает перед занятием из методических рекомендаций к практическому занятию.

Практические задания должны быть разработаны в соответствии с учебной программой. В зависимости от содержания они могут выполняться обучающимися индивидуально или фронтально.

Зачёт по каждой лабораторной работе обучающийся получает после её выполнения и предоставления отчета в печатном или письменном виде. В отчете должны быть отражены полученные знания и умения в ходе выполнения лабораторной работы, а также ответы на вопросы преподавателя, если таковые возникнут при проверке выполненного задания.

Выполнение лабораторных работ предусматривает формирование умений и навыков по изучаемой дисциплине.

Содержание:

Лабораторная работа №1 «Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести».....	5
Лабораторная работа №2 «Проверка закона Бойля-Мариотта».....	7
Лабораторная работа №3 «Определение относительной влажности воздуха с помощью гигрометра и психрометра».....	8
Лабораторная работа №4 «Определение электрической емкости заряженного конденсатора».....	10
Лабораторная работа №5 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника электрической энергии».....	12
Лабораторная работа №6 «Изучение явления электромагнитной индукции».....	13
Лабораторная работа №7 «Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника».....	15
Лабораторная работа №8 «Определение показателя преломления стекла».....	16
Лабораторная работа №9 «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки».....	18
Лабораторная работа №10 «Наблюдение спектров испускания и поглощения».....	20
Требования к оформлению и оценка лабораторной работы.....	22

Инструкционная карта к лабораторной работе № 1

ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА ПО ОКРУЖНОСТИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ УПРУГОСТИ И ТЯЖЕСТИ

Цель работы: определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

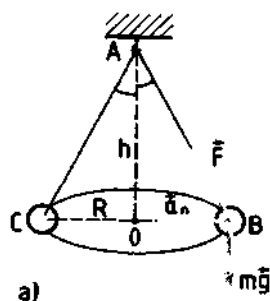
Студент должен знать:

- понятие центростремительного ускорения;
- Формулировку второго закона Ньютона

Студент должен уметь:

- Раскладывать силы на их составляющие;
- Экспериментально определять период обращения тела по окружности;
- Сравнивать центростремительное ускорение шарика, измеренное различными способами.

Теоретическая часть работы.



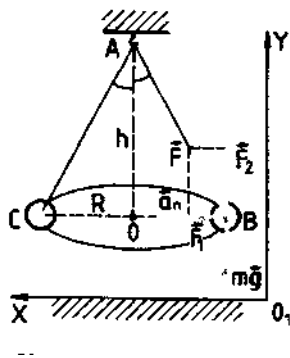
Эксперименты проводятся с коническим маятником. Небольшой шарик движется по окружности радиуса R . При этом нить AB , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести mg и натяжение нити F (рис. а). Они создают центростремительное ускорение \vec{a}_n , направленное по радиусу к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период обращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также, используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона $ma = mg + F$. Разложим силу F на составляющие F_1 и F_2 , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.



Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$ma = mg + F_1 + F_2$$

Направление координатных осей выберем так, как показано на рисунке б. В проекциях на ось O_1Y уравнение движения шарика примет вид: $0 = F_2 - mg$. Отсюда $F_2 = mg$: составляющая F_2 уравновешивает силу тяжести mg , действующую на шарик.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось O_1X : $ma_n = F_1$.

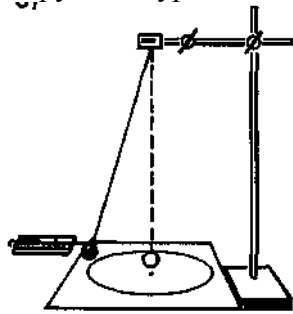
$$\text{Отсюда} \quad a_n = \frac{F_1}{m}$$

Модуль составляющей F_1 можно определить различными способами. Во-первых, это можно сделать из подобия треугольников OAB и FBF_1 :

$$\frac{F_1}{R} = \frac{mg}{h}$$

$$\text{Отсюда } F_1 = \frac{mgR}{h} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

Во-вторых, модуль составляющей F_1 можно непосредственно измерить динамометром. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу R окружности (рис. в), и определяем показание динамометра. При этом сила упругости пружины уравнивает составляющую F_1 .



в)

Сопоставим все три выражения для a_n :

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, \quad a_n = \frac{gR}{h}, \quad a_n = \frac{F_1}{m}$$

и убедимся, что они близки между собой.

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника, уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик с точностью, которую могут дать лабораторные весы, нет необходимости. Вполне достаточно взвешивать с точностью до 1 г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1 см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Указания к работе.

1. Определяем массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Нить продеваем сквозь отверстие и зажимаем пробку в лапке штатива (рис. в).
3. Вычерчиваем на листе бумаги окружность, радиус которой около 20 см. Измеряем радиус с точностью до 1 см.
4. Штатив с маятником располагаем так, чтобы продолжение шнура проходило через центр окружности.
5. Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращаем маятник так, чтобы шарик описывал окружность, равную начерченной на бумаге.
6. Отсчитываем время, за которое маятник совершает к примеру, $N = 50$ оборотов.
7. Определяем высоту конического маятника. Для этого измеряем расстояние по вертикали от центра шарика до точки подвеса.
8. Находим модуль центростремительного ускорения по формулам:

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

9. Оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измеряем модуль составляющей F_1 . Затем вычисляем ускорение по формуле

$$a_n = \frac{F_1}{m}.$$

10. Результаты измерений заносим в таблицу:

Номер опыта	R	N	Δt	$T = \frac{\Delta t}{N}$	h	m	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$a_n = \frac{gR}{h}$	$a_n = \frac{F_1}{m}$

Сравнивая полученные три значения модуля центростремительного ускорения, убеждаемся, что они примерно одинаковы.

Инструкционная карта к лабораторной работе № 2

Тема: Проверка закона Бойля-Мариотта

Цель: Изучить зависимость давления от объема при постоянной температуре.

Студент должен знать:

- понятие идеального газа, давления газа, температуры;
- уравнение Менделеева – Клапейрона;
- газовые законы

Студент должен уметь:

- строить и читать графики изопроцессов в координатах pV , VT , pT ;
- решать задачи с использованием уравнения Менделеева – Клапейрона;
- переводить значения температуры из шкалы Цельсия в шкалу Кельвина и обратно.

Теория: Закон Бойля-Мариотта для изотермического процесса, т.е. процесса, протекающего при постоянной температуре ($T_1=T_2$) является частным случаем объединенного газового закона:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ или } P_1/P_2 = V_2/V_1$$

Можно сказать, что давление данной массы газа при постоянной температуре изменяется обратно пропорционально его объему.

ОБОРУДОВАНИЕ: 1. Прибор для изучения газовых законов.
2. Барометр.
3. Испытуемый газ-воздух.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание

Порядок выполнения работы:

1. Определить цену деления шкалы манометра.
2. Собрать установку.
3. Открыть у манометра краны 1 и 2. Вращением винта установить верхнюю крышку цилиндра против пятого деления шкалы прибора, после чего кран 2 закрыть.
4. Снять показания приборов и данные записать в таблицу.
5. Опыт повторить с той же массой газа (кран 2 не открывать) 2-3 раза, увеличивая объем воздуха в сильфоне.
6. Вычислить значение постоянной C для каждого опыта, сравнить результаты и сделать вывод.
7. Определить среднее значение постоянной C и найти относительную погрешность методом среднего арифметического.

№ опыта	Показание барометра P_0 , Па	Показание манометра Δp , Па	Давление воздуха в сильфоне $p=(P_0 \pm \Delta p)$, Па	Объем воздуха V , м ³	Постоянная $PV=C$ Па·м ³	Среднее значение постоянной $C_{ср}$, Па·м ³	Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta C_{ср}}{C_{ср}} 100\%$

Контрольные вопросы:

1. При каком условии справедлив закон Бойля-Мариотта?
2. Объяснить закон для изотермического процесса, пользуясь молекулярно-кинетической теорией.
3. Для изотермического процесса построить график зависимости P от V , взяв за исходное давление 1 кг воздуха при нормальных условиях.
4. Производит ли газ давление в состоянии невесомости?
5. Можно ли с помощью прибора для данной работы проверить зависимость между параметрами газа для изохорного и изобарного процессов?
6. Определить массу 20 л воздуха находящегося при температуре 273 К под давлением 30 атм.

Назначение и устройство прибора (сильфона)

Прибор представляет собой металлический гофрированный цилиндр переменного объема (сильфон) диаметром 100 мм и высотой в свободном состоянии 100 мм.

К цилиндру прикреплены металлическая крышка и дно, которое служит одновременно основанием прибора.

На крышке имеется патрубок. Он предназначен для присоединения прибора с помощью резинового шланга к демонстрационному манометру, вакуумметру и для установки внутри сильфона термодула от чувствительного гальванометра.

Кроме того, на крышке имеется опорная втулка, в которой подвижно закреплен нижний конец винта.

Винт ввертывается в траверсу, укрепленную на двух направляющих стержнях, которые в свою очередь, привинчены к основанию прибора.

Вращая винт за головку, можно изменить высоту сильфона от 75 до 155 мм, а вместе с тем и объем цилиндра с достаточной степенью точности. Растяжение сильфона выше допустимого предела ограничивается упором опорной втулки о траверсу. Сжатие сильфона ограничивается длиной винта.

Сбоку прибора укреплена демонстрационная шкала, с помощью которой можно измерять объем цилиндра в условных единицах. Шкала разбита на 10 делений, расстояние между соседними делениями 15 мм.

В головке винта имеется небольшая ручка-стержень для удобства вращения винта, когда возникает необходимость в быстром изменении объема заключенного в цилиндре газа (адиабатный процесс).

Инструкционная карта к лабораторной работе № 3

Тема: Определение относительной влажности воздуха с помощью гигрометра и психрометра.

Цель: Научиться пользоваться гигрометром и психрометром, уметь определять с их помощью относительную влажность воздуха.

Студент должен знать:

- понятие абсолютной и относительной влажности воздуха; понятие точки росы;
- физическую сущность понятий: фаза вещества, критическое состояние вещества, газообразное состояние вещества;
- свойства вещества в данном агрегатном состоянии на основе характера движения и взаимодействия молекул;

Студент должен уметь:

- решать задачи на определение относительной влажности воздуха;
- пользоваться справочной литературой

ТЕОРИЯ. В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

Абсолютная влажность (ρ_a) определяется массой водяного пара, содержащегося в 1 куб.м. воздуха, т.е. плотностью водяного пара.

Абсолютную влажность можно определить по температуре точки росы, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. Температуру точки росы определяют с помощью гигрометра, а затем по таблице «Давление насыщающих паров и их плотность при различных температурах» находят соответствующую температуре точки росы плотность. Найденная плотность и есть абсолютная влажность окружающего воздуха.

Относительная влажность (β) показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности ($\rho_{н.п.}$) водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре:

$$\beta = \rho_a * 100\% / \rho_{н.п.}$$

Оборудование: Гигрометр, термометр, диэтиловый эфир, психрометр (общий для всех).

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. РАБОТА С ГИГРОМЕТРОМ.

- 1) Измерить температуру окружающего воздуха.
- 2) Наполнить камеру гигрометра летучей жидкостью (диэтиловым эфиром 3-4 см)
- 3) Установить термометр в камеру гигрометра.
- 4) При помощи груши продуть воздух через эфир и внимательно следить за полированной поверхностью стенки камеры, сравнивая ее с поверхностью кольца. Заметив появление росы (начало запотевания) записать температуру.
- 5) Продолжая наблюдение, отметить момент исчезновения росы и соответствующую температуру.
- 6) Определить температуру точки росы как среднее арифметическое измеренных температур.
- 7) Опыт повторить 2 раза.
- 8) По таблице определить плотность пара соответственно при температуре точки росы и комнатной.
- 9) Вычислить относительную влажность, найти ее среднее значение.
- 10) Определить относительную погрешность методом среднего арифметического.
- 11) Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблицу:

Темпер. окружающего воздуха t^0, C	Температура появления росы $t_{п}^0, C$	Темпер. исчезновения росы $t_{и}^0, C$	Темпер. точки росы $t_{р} = \frac{t_{п} + t_{и}}{2}$ 0C	Абсолют. Влажность ρ_a , кг/м ³	Плотность исчезающего пара при комнат. темпер. $\rho_{н.п.}$, кг/м ³	Относит. влажность воздуха β , %	Среднее исчисление влажности воздуха $\beta_{ср}, \%$	Относительная погрешность $\delta = \Delta\beta_{ср} / \beta_{ср} * 100\%$
---	--	---	--	--	---	---	--	---

2. РАБОТА С ПСИХРОМЕТРОМ.

- 1) Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
- 2) Определить температуру сухого термометра.
- 3) Определить температуру смоченного термометра
- 4) Пользуясь психрометрической таблицей, определить относительную влажность.

- 5) Результаты измерений записать в таблицу.
- 6) Результаты по определению относительной влажности сравнить и сделать вывод.

Показания термометров		Разность показаний	Относительная влажность воздуха
Сухого $t_1, ^\circ\text{C}$	Смоченного $t_2, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	β

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. Для более точного момента определения росы перед работой тщательно протереть суконной тканью полированное дно и кольцо гигрометра до полного блеска, а перед наблюдением установить прибор под углом 30-40 градусов к лучу зрения.
2. Камеру наполнить эфиром с таким расчетом, чтобы шарик термометра был погружен в эфир и в то же время, чтобы эфир не расплескался при продувании воздуха.
3. Сразу же после окончания работы с гигрометром тщательно проветрить помещение.
4. Для психрометра лучше использовать дистиллированную воду.
5. В формуле $\rho_a * 100\% / \rho_n$ вместо плотности можно взять давление насыщающих паров при комнатной температуре и температуре точки росы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Почему при продувании воздуха через эфир на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?
2. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометра наибольшая?
3. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
4. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

Инструкционная карта к лабораторной работе № 4

Тема: Определение электрической емкости конденсатора.

Цель: Научиться определять электрическую ёмкость конденсатора неизвестной емкости по известной ёмкости двух других конденсаторов.

Студент должен знать:

- физический смысл и формулы для определения ёмкости конденсатора;
- единицу электроёмкости.

Студент должен уметь:

- решать задачи на расчёт электрической ёмкости, энергии электрического поля конденсатора

Теория: Важнейшей характеристикой любого конденсатора является его электрическая емкость C – физическая величина, равная отношению заряда q конденсатора к разности потенциалов U между его обкладками: $C = \frac{q}{U}$

Выражается в СИ в фарадах (Ф). Емкость конденсатора можно определить опытным путем.

Оборудование: 1. Источник электрической энергии 6В. 2. Миллиамперметр. 3. Конденсаторы (3-4 шт.) известной емкости (1-6 мкФ). 4. Конденсатор неизвестной емкости. 5. Двухполюсный переключатель. 6. Соединительные провода.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.

3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов.
5. Источник тока и электрической цепи подключайте в последнюю очередь. Собранный цепь включайте только после проверки и с разрешения учителя. Наличие напряжения в цепи можно проверять только с помощью приборов или указателей напряжения.
6. Не прикасайтесь к находящимся под напряжением элементам цепей, лишенным изоляции. Не производите пересоединения в цепях и смену предохранителей до отключения источника электропитания.

Порядок выполнения работы.

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис.1. В цепи установить один из конденсаторов известной емкости.
2. Конденсатор зарядить; для этого соединить его (переключателем) на короткое время с источником электрической энергии.
3. Сосредоточив внимание на миллиамперметре, быстро замкнуть конденсатор на измерительный прибор и определить число делений, соответствующее максимальному отклонению стрелки.
4. Опыт проводить для более точного определения числа делений n и найти отношение количества делений к емкости взятого конденсатора C :

$$\frac{n}{C} = k$$

5. Опыт проводить 2-3 раза с другими конденсаторами известной емкости.
6. Результат изменений и вычислений записать в таблицу.
7. Опыт (п.1-4) повторить с конденсатором неизвестной емкости C_x .
8. Определить в этом случае число делений n_x и найти емкость из соотношения

$$C_x = n_x / k_{cp}$$

9. Узнать у преподавателя емкость конденсатора и, приняв ее за табличное значение, определить относительную погрешность.

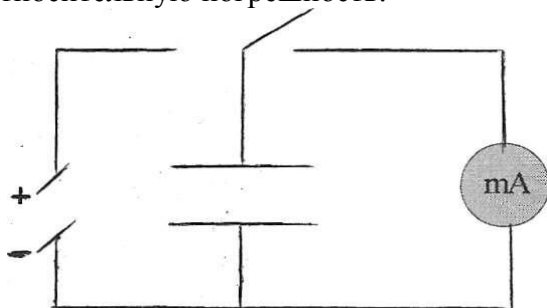


Рисунок №1

Номер опыта	Ёмкость конденсатора, C , мкФ	Число делений по шкале n	Отношение числа делений к ёмкости $\frac{n}{C} = k$	Найденная ёмкость конденсатора C_x , мкФ	Относительная погрешность $\delta = \frac{ C_{таб} - C_x }{C_x}$

Контрольные вопросы:

1. Конденсатор в переводе — сгуститель. По какой причине прибору дано такое странное название?
2. В чем сущность указанного метода определения ёмкости конденсатора?
3. Объяснить, можно ли соотношение $C = \frac{q}{U}$ прочесть так: ёмкость конденсатора прямо пропорциональна его заряду и обратно пропорциональна напряжению между его обкладками?
4. Почему ёмкость конденсатора постоянна?
5. От чего и как зависит ёмкость простейшего конденсатора? Запишите формулу этой ёмкости.

Инструкционная карта к лабораторной работе № 5

Тема: Определение электродвижущей силы и внутреннего сопротивления источника электрической энергии.

ЦЕЛЬ: Научиться определять ЭДС и внутренне сопротивление источника электрической энергии.

Студент должен знать:

- условия, необходимые для существования электрического постоянного тока;
- физический смысл ЭДС;
- закон Ома для участка цепи и для полной цепи;
- закон Джоуля – Ленца;

Студент должен уметь:

- производить расчет электрических цепей при различных способах соединения потребителей и источников электрического тока;
- решать задачи на определение силы и плотности тока с использованием законов Ома для участка цепи и для полной цепи.

ТЕОРИЯ. Для получения электрического тока в проводнике необходимо создать и поддерживать на его концах разность потенциалов (напряжения). Для этого используют источник тока. Разность потенциалов на его полюсах образуется вследствие разделения зарядов. Работу по разделению зарядов выполняют сторонние (не электрического происхождения) силы.

При замкнутой цепи энергия, затраченная в процессе работы сторонних сил, превращается в энергию источника тока. При замыкании электрической цепи, запасенная в источнике света энергия, расходуется на работу по перемещению зарядов во внутренней и внешней частях цепи с сопротивлениями соответственно R и r . Величина, численно равная работе, которую совершают сторонние силы при перемещении единичного заряда внутри источника тока, называется **электродвижущей силой источника тока**. \mathcal{E} : $\mathcal{E} = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$

$$\mathcal{E} = IR + Ir$$

В СИ выражается в вольтах (В)

Электродвижущую силу и внутреннее сопротивление источника тока можно определить экспериментально.

ОБОРУДОВАНИЕ: 1. Источник электрической энергии. 2. Реостат на 6 Ом. 3. Амперметр. 4. Вольтметр. 5. Ключ. 6. Соединительные провода.

Правила охраны труда при выполнении лабораторной работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. При проведении опытов не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов.
5. Источник тока и электрической цепи подключайте в последнюю очередь. Собранную цепь включайте только после проверки и с разрешения учителя. Наличие напряжения в цепи можно проверять только с помощью приборов или указателей напряжения.

6. Не прикасайтесь к находящимся под напряжением элементам цепей, лишенным изоляции. Не производите пересоединения в цепях и смену предохранителей до отключения источника электропитания.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

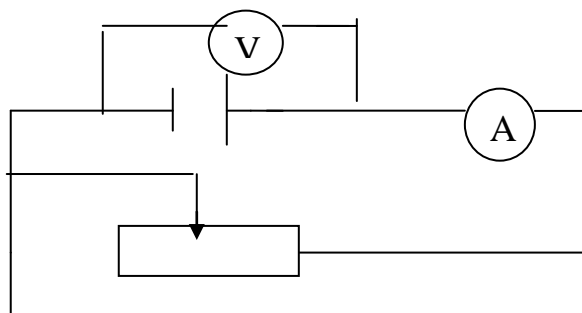
1. Определить цену деления шкалы измерительных приборов.
2. Составить электрическую цепь по схеме.
3. После проверки цепи преподавателем замкнуть ключ и, пользуясь реостатом, установить силу тока, соответствующую несколькими делениями шкалы амперметра. Снять показания вольтметра и амперметра.
4. Опыт повторить 2-3 раза, изменяя сопротивление цепи при помощи реостата.
5. Результаты измерений подставить в уравнение $\mathcal{E} = U + I \cdot r$ и, решая системы уравнений:

$$\begin{cases} \mathcal{E} = U_1 + I_1 \cdot r \\ \mathcal{E} = U_2 + I_2 \cdot r \end{cases} \quad \begin{cases} \mathcal{E} = U_2 + I_2 \cdot r \\ \mathcal{E} = U_3 + I_3 \cdot r \end{cases} \quad \begin{cases} \mathcal{E} = U_3 + I_3 \cdot r \\ \mathcal{E} = U_1 + I_1 \cdot r \end{cases}$$

определить r , а затем \mathcal{E}

6. Вычислить среднее значение найденных величин r среднее, \mathcal{E} среднее.
7. Определить относительную погрешность методом среднего арифметического.
8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	Сила тока в цепи I, A	Напряжение внешней части цепи U, B	Внутреннее сопротивление $r, Ом$	ЭДС, \mathcal{E}, B	Среднее значение внутреннего сопротивления $r_{ср.}, Ом$	Среднее значение ЭДС \mathcal{E}, B	Относительная погрешность ЭДС $\delta = \frac{\Delta \mathcal{E}_{ср}}{\mathcal{E}_{ср}}$	Относительная погрешность r $\delta = \frac{\Delta r_{ср}}{r_{ср}}$



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Какова физическая суть электрического сопротивления?
2. Какова роль источника тока в электрической цепи?
3. Каков физический смысл ЭДС?
4. Соединить на короткое время вольтметр с источником электрической энергии, соблюдая полярность. Сравнить показания вольтметра с вычисленным значением ЭДС по результатам опыта.

5. От чего зависит напряжение на зажимах источника тока?

Инструкционная карта к лабораторной работе № 6

Тема: Изучение явления электромагнитной индукции

Цель: Научиться определять направление индукционного тока, используя правило Ленца.

Студент должен знать:

- основные положения электромагнитной теории Максвелла;
- закон электромагнитной индукции;
- возникновение ЭДС индукции при движении проводника в магнитном поле;
- относительный характер электрического и магнитных полей.

Студент должен уметь:

- определять направления индуктивного тока, используя правило Ленца;
- решать задачи, используя закон электромагнитной индукции;
- решать задачи на расчет ЭДС самоиндукции, энергии магнитного поля.

ТЕОРИЯ: Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в проводящем контуре, который либо покоится в переменном во времени магнитном поле, либо движется в постоянном магнитном поле таким образом, что число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется. Согласно правилу Ленца, возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, он вызван.

Применяем правило Ленца для нахождения направления индукционного тока.

Закон электромагнитной индукции.

ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по модулю скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$E = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

ОБОРУДОВАНИЕ: 1. Миллиамперметр; 2. Источник питания; 3. Катушки с сердечником; 4. Дугообразный магнит; 5. Ключ; 6. Соединительные провода; 7. Магнитная стрелка (компас); 8. Реостат.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ:

Опыт 1.

Присоединить катушку-моток к миллиамперметру. Внести магнит разными полюсами а катушку, меняя скорость движения магнита. Остановите магнит и двигайте катушку, надевая ее на магнит с разной скоростью.

Опыт 2.

Собрать цепь по рисунку 13. С разных сторон внести в катушку-моток присоединенный к миллиамперметру соленоид. Меняя силу тока в нем, наблюдая изменение индукционного тока в катушке-мотке.

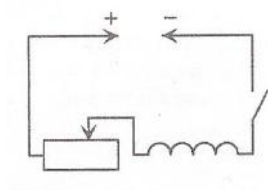


Рис. 13

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции?
2. Как определяется направление индукционного тока?
3. Почему в законе электромагнитной индукции стоит знак «минус»?

Инструкционная карта к лабораторной работе № 7

ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА.

Цель: Научиться определять ускорение свободного падения с помощью математического маятника.

Студент должен знать:

- превращение энергии при колебательном движении;
- такие понятия, как: амплитуда колебаний, период, частота колебаний.
- формулы периода колебания математического и пружинного маятников.

Студент должен уметь:

- формулировать понятие колебательного движения и его видов;
- решать задачи на нахождение параметров колебательного движения.

Теория: Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью такого маятника может служить шарик, подвешенный на длинной нити.

На основании многочисленных опытов установлены колебания математического маятника:

1. Период колебаний не зависит от массы маятника и амплитуды его колебаний, если угол размаха не превышает 6 градусов.

2. Период колебаний математического маятника прямо пропорционален корню квадратному из длины нити и обратно пропорционален корню квадратному из ускорения свободного падения:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Из этой формулы можно найти ускорение свободного падения.

ОБОРУДОВАНИЕ: 1. Штатив с держателем. 2. Шарик с нитью длиной не менее 1 м. 3. Пробка с прорезью в боковой поверхности. 4. Метровая линейка. 5. Штангенциркуль. 6. Секундомер.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Поместить штатив с держателем на край стола.
2. Укрепить свободный конец нити шарика в прорези пробки и зажать пробку в держателе.
3. Измерить диаметр шарика штангенциркулем, длину нити линейкой.
4. Отклонить шарик на небольшой угол и отпустить. По секундомеру определить время, за которое маятник совершит полных колебаний, например 50.
5. Вычислить период полного колебания маятника:
6. Используя формулу периода колебаний математического маятника, вычислить ускорение свободного падения.
7. Опыт проверить 2-3 раза, меняя длину маятника (протягивая нить через пробку) и число полных колебаний его
8. Определить среднее значение и найти относительную погрешность.
9. Результат измерений и вычислений записать в таблицу.
10. Сравнить результат опыта с табличным значением ускорения свободного падения для данной географической широты

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

1. В работе можно использовать свинцовый или стальной шарик диаметром 1-4,5 см.
2. Длину нити измерять от нижнего края пробки до шарика, длину маятника – от нижнего края пробки до центра тяжести шарика.
3. Если нет секундомера, можно воспользоваться любым метрономом или часами с секундной стрелкой.
4. При измерении периода колебаний определить время как можно большего числа колебаний.

Номер опыта	Длина нити ℓ , м	Диаметр шарика d , м	Длина маятника ℓ , м	Число полных колебаний n	Время полных колебаний t , с	Период колебаний T , с	Ускорение свободного падения $g, \frac{м}{с^2}$	Среднее значение ускорения свободного падения $g_{ср}, \frac{м}{с^2}$	Относительная погрешность $= \frac{ g - g_{ср} }{g_{ср}}$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Вместо шарика к нити прикреплена воронка, наполненная песком. Изменится ли ускорение свободного падения, если в процессе колебаний из воронки будет высыпаться песок?
 2. Можно ли пользоваться часами в условиях невесомости?
 3. В каких положениях действующая на шарик возвращающая сила будет максимальна? Равна нулю?
 4. Наибольшая скорость у шарика в момент, когда он проходит положение равновесия. Каким по модулю и направлению при этом будет ускорение шарика?
- Наблюдая за движением шарика в течение одного периода, ответьте на вопрос: будет ли оно равноускоренным?

Инструкционная карта к лабораторной работе № 8

Тема: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Цель: Научиться определять относительный показатель преломления стекла.

Студент должен знать:

- принцип Гюйгенса, физическую сущность явлений отражения и преломления света;
- законов отражения и преломления света;

Студент должен уметь:

- изображать падающие отраженные и преломленные лучи и обозначать соответствующие углы;
- изображать ход лучей через плоскопараллельную пластину;
- решать задачи с использованием законов отражения и преломления света, полного отражения.

Теория: Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т.е. преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

1. Падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным через точку падения луча к границе раздела двух сред.

2. Отношение синуса угла падения \mathcal{E} к синусу угла преломления \mathcal{E}' – величина постоянная для данных двух сред и называется коэффициентом преломления n второй среды относительно пер-

вой: $n = \frac{\sin \mathcal{E}}{\sin \mathcal{E}'}$

Оборудование:

1. Стеклянная пластинка с двумя параллельными гранями.
2. Булавки с пластмассовой головкой 3 шт.
3. Транспортёр.
4. Подъёмный столик.
5. Таблица тригонометрических функций.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

Порядок выполнения работы:

1. На подъёмный столик положить развернутую тетрадь для лабораторных работ, на лист бумаги плашмя положить стеклянную пластинку и карандашом обвести ее контуры. (рис. 1)

1. С другой стороны стекла наколоть, возможно, дальше друг от друга две булавки так, чтобы прямая проходящая через них, не была перпендикулярна одной из параллельных граней пластинки.

2. Третью булавку расположить по грани с другой стороны стекла и вколоть ее так, чтобы, смотря вдоль всех булавок через стекло, видеть их расположенными на одной прямой.

3. Стекло, булавки снять. Места наколов отметить точками 1,2,3. Через точки 1 и 2, 2 и 3 провести прямые до пересечения с контурами стекла. Через точку 2 провести перпендикуляр к границе АВ сред воздух-стекло.

4. Отметить угол падения и угол преломления, транспортиром измерить эти углы и по таблице значения синусов определить синусы измерительных углов.

№ опы-та	Угол падения светового луча $\mathcal{E}, \text{град}$	Угол преломления $\mathcal{E}', \text{град.}$	Коэффициент преломления n	Среднее значение n_{cp}	Абсолютная погрешность $\Delta n = n_{cp} - n $	Среднее значение абсолютной погрешности Δn_{cp}	Относительная погрешность $\delta = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} 100\%$

5. Опыт повторить 2-3 раза, меняя каждый раз угол \mathcal{E}

6. Вычислить коэффициент преломления, найти среднее значение его.

7. Определить погрешность измерения методом среднего арифметического.

8. Результаты измерения, вычисления записать в таблицу.

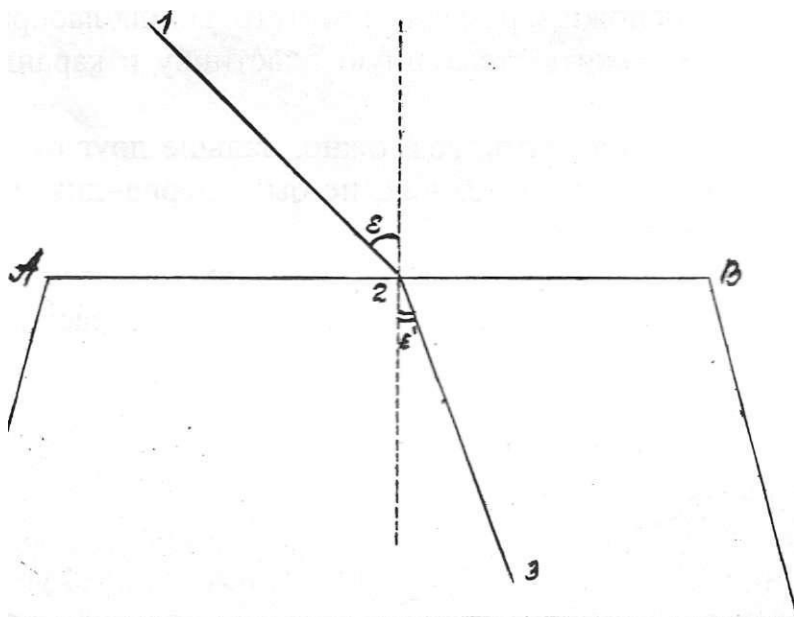


Рисунок 1

Контрольные вопросы:

1. В чем сущность явления преломления света, и какова причина этого явления?
2. В каких случаях свет на границе раздела двух прозрачных сред не преломляется?
3. Что называется коэффициентом преломления и в чем различие абсолютного и относительного коэффициента преломления?
4. Докажите, что показатель преломления второй среды относительно первой

$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}$ где n_1 и n_2 соответственно абсолютные показатели первой и второй рассматриваемых сред.

5. Покажите на чертеже ход луча из стекла в воду.

6. Что можно сказать о длине и частоте светового луча при переходе его из воздуха в алмаз?

Инструкционная карта к лабораторной работе № 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Цель: Научиться определять длину световой волны с помощью дифракционной решётки.

Студент должен знать:

- волновую природу света;
- принцип Гюйгенса, физическую сущность явлений интерференции, дифракции света;
- действие дифракционной решётки;

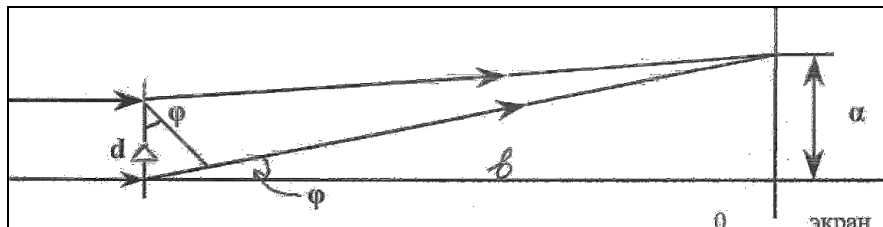
Студент должен уметь:

- формулировать понятия когерентности и монохроматичности;
- решать задачи на определение зависимости между длиной волны и частотой электромагнитных колебаний; на определение длины световой волны.

Теория: Параллельный пучок света, проходя через дифракционную решетку, вследствие дифракции за решеткой, распространяется по всевозможным направлениям и интерферирует. На экране, установленном на пути интерферирующего света, можно наблюдать интерференционную картину. Максимум света наблюдается в точках экрана, для которых выполняются условия

$$\Delta = n\lambda \quad (1)$$

Рис.1



Где Δ - разность хода волн: λ -длина световой волны: n -номер максимума. Центральный максимум называют нулевым: для него $\Delta = 0$

Слева и справа от него располагаются максимумы высших порядков.

Условия возникновения максимума (1) можно записать иначе:

$$n\lambda = d \sin \varphi$$

Здесь d – период дифракционной решетки;

φ - угол, под которым виден световой максимум (угол φ – угол дифракции), т.к. углы дифракции, как правило, малы. то для них можно принять $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$; а $\operatorname{tg} \varphi = a/b$ (рис.1)

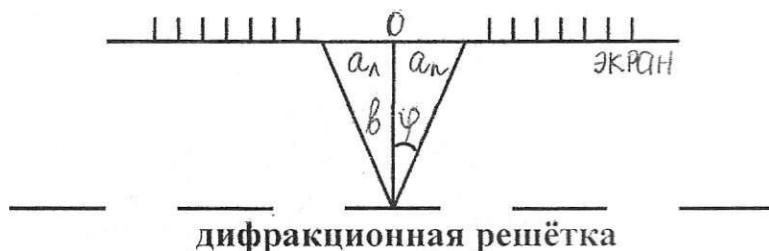
$$\text{Поэтому } n\lambda = da/b \quad (2)$$

В данной работе формулу (2) используют для вычисления длины световой волны.

Анализ формулы (1) показывает, что положение световых максимумов зависит от длины волны монохроматического света: чем больше длина волны, тем дальше максимум от нулевого.

Белый свет по составу – сложный. Нулевой максимум для него-белая полоса, а максимумы других порядков представляют набор семи цветных полос, совокупность которых называют спектром. Собственно 1; 2; порядка (рис.№2). Получить дифракционный спектр можно, используя прибор для определения световой волны. Прибор состоит из бруска 1 со шкалой. Внизу бруска укреплен стержень 2. Его вставляют в отверстие подставки от подъемного столика. Брусок закрепляют под разными углами с помощью винта.3. Вдоль бруска в боковых пазах его может перемещаться ползунок 4 с экраном 5.

рис.2.



К концу бруска прикреплена рамка 6, в которую вставляем дифракционную решетку.

Оборудование. 1. Прибор для определения световой волны. 2. Подставка для прибора. 3. Дифракционная решетка. 4. Лампа с прямой нитью накала в патроне со шнуром и вилкой (общая для всех учащихся).

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.

Порядок выполнения работы:

1. Установить на демонстрационном столе лампу и включить ее.
2. Смотря через дифракционную решетку, направить прибор на лампу так, чтобы через окно экрана прибора была видна нить лампы.
3. Экран прибора установить на возможно большее расстояние от дифракционной решетки и получить на нем четкое изображение спектров 1 и 2 порядков
4. Измерить по шкале бруска установки расстояние «*в*» от экрана прибора до дифракционной решетки.
5. Определить расстояние от нулевого деления (0) шкалы экрана до середины фиолетовой полосы как слева «*а*» так справа «*а*» для спектров 1 порядка и вычислить среднее значение (Рис.3)
6. Опыт повторить со спектром 2 порядка.
7. Такие же измерения выполнить и для красных полос дифракционного спектра.
8. Вычислить по формуле (2) длину волны фиолетового света спектров 1 и 2 порядков, длину волны красного света 1 и 2 порядков .
9. Результаты измерения и вычисления записать в таблицу.

Инструкционная карта к лабораторной работе № 10

Тема: Наблюдение спектров испускания и поглощения

Цель: Изучить характеристики различных видов спектров.

Студент должен знать:

- происхождение спектров испускания и поглощения;
- устройство и принцип действия спектроскопа.

Студент должен уметь:

- анализировать различные виды спектров;

Теория: Если излучение источника света направить на стеклянную призму, на пути прошедших через призму лучей поставить экран, то на экране можно наблюдать набор цветных полос - спектр.

Спектром называется распределение световой энергии по длинам волн (частотам).

Существуют спектры испускания и спектры поглощения. Спектры испускания бывают: непрерывные, линейчатые, полосатые.

Причина наблюдаемого явления состоит в том, что излучение различных частот имеют одинаковую скорость в вакууме: а в другой среде /например в стекле/ их скорость неодинакова и зависит от частоты колебаний. Так, как коэффициент преломления

$$n(n=c/v)$$

зависит от скорости распространения световых волн, то лучи частот преломляются по-разному. Наблюдать спектр можно с помощью спектроскопа прямого зрения.

Прибор состоит из трубы 1, сложной призмы 2, собирающей линзы 3, закрепленной винтом 4, постоянной щели 5, окуляра 6.

В работе используют прибор для зажигания спектральных трубок. Он состоит из корпуса, кожуха и отдельной планки. Планка имеет щель для наблюдения спектров светящихся газов с помощью спектроскопа. Прибор работает от источника постоянного тока с напряжением 8-10 В.

Оборудование: Спектроскоп прямого зрения / или двухтрубный спектроскоп/ 2. Общие сведения для всех электрическая лампочка, реостат, ключ, источник электрической энергии, асбестовые фитили на железной проволоке, штатив для закрепления фитилей, люминесцентная лампа, спектральные трубки /ПЗСТ/. растворы веществ /медного купороса, раствора $KaCl$ -марганцево-кислого калия / цветные стекла.3 Цветные карандаши.

Правила охраны труда при выполнении практической работы:

1. Будьте внимательны и дисциплинированы, точно выполняйте указания преподавателя.
2. Не приступайте к выполнению работы без разрешения преподавателя.
3. Размещайте приборы, материалы, оборудование на своем рабочем месте таким образом, чтобы исключить их падение или опрокидывание.
4. Напряжение на электродах спектральной трубки 1,5 кВ, поэтому при работе с прибором для зажигания спектральных трубок следует соблюдать правила электробезопасности.

Порядок выполнения работы:

1. На демонстрационном столе установить электрическую лампочку, присоединить ее к источнику электрической энергии через реостат и ключ. Цепь замкнуть. 2. Окуляр спектроскопа приблизить к глазу. Щель спектроскопа направить на накалившую нить электрической лампочки. Резкость изображения спектра отрегулировать передвижением линзы за головку винта 4. 3. Рассмотреть спектр при полном накале нити лампы, найти в нем все спектральные цвета. 4. Цепь разомкнуть, зарисовать спектр, сохранив последовательность расположения основных цветов спектра. 5. Приблизить окуляр спектроскопа к глазу и рассмотреть спектр дневного света. 6. Сравнить ранее наблюдаемый спектр со спектром дневного света и сделать вывод. 7. Замкнуть цепь. Продолжать наблюдение спектра накаливаемого металла, уменьшая накал нити. Следить за уменьшением яркости спектра и постепенным исчезновением его составных цветов. 8. Вывод о результатах наблюдения записать в отчете к работе.

2. Наблюдение линейчатых спектров

1. Зажечь спиртовку. Направить щель спектроскопа на пламя спиртовки и получить яркий, четкий спектр. 2. В пламя спиртовки поочередно ввести асбестовые фитили, пропитанные исследуемыми растворами.

Рассмотреть полученные спектры; отметить положение цветных линий спектра для каждого раствора. 3. Спиртовку погасить; наблюдаемые линейчатые спектры зарисовать. 4. Включить люминесцентную лампу в электрическую сеть. 5. Щель спектроскопа направить на лампу и рассмотреть сплошной спектр ее люминофора. Обнаружить на фоне сплошного спектра несколько ярких линий паров ртути (фиолетовую, зеленую, желтую). 6. Лампу включить, линейчатый спектр паров ртути зарисовать. 7. Подключить прибор ПЗСТ к источнику электрической энергии, соблюдая полярность. 8. Расположить щель спектроскопа параллельно щели прибора и рассмотреть спектры газов; отметить характерные для них цветные линии, расположенные на некотором расстоянии друг от друга. 9. Прибор отключить от источника тока. Спектры зарисовать, сохраняя расположение цветных линий для каждого газа и относительное расстояние между ними. 10. Сравнить спектры газов и сделать вывод.

3. Наблюдение спектров поглощения.

1. Приблизить окуляр спектроскопа к глазу и получить четкий спектр дневного света. 2. Перед щелью спектроскопа поочередно поместить в стеклянном сосуде растворы исследуемых веществ и цветные стекла. 3. Рассмотреть полученные спектры; найти линии поглощения; обратить внимание на количество линий и место их расположения в каждом конкретном случае. 4. Наблюдаемые спектры.

Контрольные вопросы:

1. Какова причина расположения белого света призмой?

2. Как объяснить происхождение линейчатых спектров?
3. В чем различие дифракционного и дисперсионного спектра?
4. Почему при уменьшении напряжения «световая отдача» ламп накаливания уменьшается, и сечение приобретает красный оттенок?
5. Будет ли изменяться частота, длина волн, цвет при переходе зеленого света из воздуха в воду?
6. Приведите примеры практического использования спектров.

Требования к оформлению отчета.

Отчет должен быть оформлен на бумажном носителе и иметь следующую структуру:

1. Цель лабораторной работы.
2. Задание на лабораторную работу.
3. Отчёт к работе.
4. Выводы по проделанной работе.

Оценка выполненной работы.

Оценка выполненной лабораторной работы проводится по следующим критериям:

1. Правильность выполнения работы и оформления отчета.
2. Полнота и обоснованность результатов выполненной работы в виде выводов.
3. Творческий подход к выполнению работы.
4. Знание теории лабораторной работы.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ОРЕНБУРГСКИЙ АГРАРНЫЙ КОЛЛЕДЖ»

Отчет по лабораторным работам
по дисциплине «Физика»
Количество работ 10

выполнил студент
_____ группы

(Ф.И.О.)

Проверил преподаватель:

(Ф.И.О.)

Оценка _____

с.Подгородняя Покровка

20____ г.

Лабораторная работа № ____

Фамилия, инициалы обучающегося _____

Группа _____

Дата выполнения работы _____

Тема: _____

Цель: _____

Оборудование: _____

Отчёт к работе:

Задание 1.

Задание 2.

Вывод по работе:

Оценка преподавателя _____

Подпись преподавателя _____

Рекомендуемая литература:**Основные источники:**

1. В.Ф. Дмитриева. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования / В.Ф. Дмитриева. - 6-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 448с.
2. В.Ф. Дмитриева. Задачи по физике. М. «Академия» 2012 г.

Дополнительные источники:

3. П.И. Самойленко, А.В.Сергеев: Физика: Учебник для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования. - М. Академия, 2012.
4. П.И. Самойленко, А.В.Сергеев: Сборник задач и вопросов по физике. - М. Академия, 2010.

Интернет-ресурсы:

1. Сайт для преподавателей физики, учащихся и их родителей [www/fizika/ru](http://www.fizika.ru)
2. Физика. Образовательные ресурсы. Интернет физика. [www/alleng/ru/edu/phys/htm](http://www.alleng.ru/edu/phys/htm)