

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

**Методические указания для самостоятельной работы
при изучении дисциплины (модуля)**

| | |
|----------------------|--|
| Дисциплина | Б1.Б.07 Физика <small>код и наименование дисциплины</small> |
| Специальность | 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы <small>код и наименование специальности</small> |
| Специализация | Радиоэлектронные системы передачи информации <small>наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы</small> |
| Разработчик | Никонов О.А., профессор, д.ф.н. <small>ФИО, должность, ученая степень, (звание)</small> |

Мурманск
2019

Составитель методических указаний:

Олег Александрович Никонов, док. филос. наук, профессор кафедры общей и прикладной физики.

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой общей и прикладной физики «16» января 2019 г. Протокол № 05.

1. Как слушать и конспектировать лекции по физике

Несмотря на то, что лекцию относят к пассивным способам обучения (специально проведенными исследованиями установлено, что степень усвоения слушателями материала лекций составляет от 20 до 50% в зависимости от характера использования наглядных пособий и технических средств обучения), в вузе она и сегодня играет ведущую роль, так как представляет собой наиболее экономичную и оперативную форму передачи информации. Параллельно с информационной она осуществляет ориентирующую, стимулирующую и воспитывающую функции.

Живое слово преподавателя существенно отличается от печатного слова. Речь лектора в сочетании с мимикой и жестами позволяет донести содержание материала, передать многие его оттенки. Известно, что с помощью логических ударений, пауз, интонаций и других средств выразительной речи можно подчеркнуть значение слова.

Для студентов университета, как и для студентов других вузов, лекция служит одним из основных источников знаний по физике.

На лекциях обычно излагаются фундаментальные, устоявшиеся знания, которые обязательны как основа для изучения не только курса физики в целом, но и других учебных дисциплин, в том числе специальных.

Лекционная система занятий ценна ещё и тем, что она вводит студента методически в курс предмета. Постепенное изучение предмета в течение всего учебного года ведет к тому, что представления о нем успевают ассоциироваться с очень многими другими представлениями, а потому более прочно удерживаются в памяти. Более глубокое и полное освоение учебного материала обеспечивают рекомендованные лектором учебные пособия, которые вы должны проработать самостоятельно. При этом следует помнить, что по содержанию лекции могут не совпадать с руководствами и учебниками. Они строятся иначе и преследуют особые цели и, в первую очередь, служат указателем основного направления вашей учебной деятельности по изучаемой теме.

По существу, лекция представляет собой монолог преподавателя. Однако из этого не следует, что на лекции вы можете присутствовать в качестве пассивных наблюдателей. Помните, что любые психические качества человека, в том числе и способность к запоминанию, формируются только в процессе его активной личной деятельности. Поэтому вам необходимо так организовать свою работу, чтобы на каждой лекции по физике получить максимум полезных знаний. Для этого важно научиться искусству правильно слушать и записывать лекции.

Многие считают, что работа на лекции - легкое дело: сиди себе, слушай, записывай, главное - успевай за лектором. Такое отношение к лекциям нельзя считать правильным.

На самом деле работа на лекции — это активный мыслительный труд, включающий слушание, понимание, осмысление, преобразование излагаемых лектором сведений в форму краткой записи. Иначе говоря, при правильной организации самостоятельной работы после каждой лекции в вашей тетради должен остаться конспект её основного содержания. Он должен служить опорой, облегчающей вашу самостоятельную работу по учебному пособию при подготовке к практическим занятиям и экзаменам.

Запись лекции, если даже вы знакомитесь на ней с предметом впервые, не должна быть дословной. Так как в этом случае все внимание будет уходить на письмо, без ясного усвоения смысла. В таких случаях содержание лекций плохо сохраняется в памяти. Необходимо уметь выделить основные моменты в лекции. Неверно поступают и те студенты, которые, слушая лекции, воспроизводят в тетрадях только рисунки, графики и математические выкладки, - ведь важно записать и теоретические соображения, которые лежат в их основе. Те, кто ориентируется на такую форму записи лекций, сами того не подозревая, теряют из поля зрения идею, которую излагает преподаватель на лекции.

Некоторые студенты считают, что конспектировать лекции вообще не следует: лучше внимательно слушать и понять суть излагаемого лектором, а к экзаменам можно готовиться по учебным пособиям. Такое отношение к лекциям в корне ошибочно. Конспектирование лекций помогает сосредоточению внимания: нельзя, не записывая, хорошо усвоить лекции. Запись разгружает память. Слушать, конспектируя, легче, чем не записывая. Хорошо законспектированная лекция всегда доступнее, чем прочитанное в книге. А самое главное - наличие собственного конспекта лекций позволяет ещё раз вернуться к прослушанной лекции, помогает разобраться в новом материале, восстановить в памяти недостаточно понятые во время лекции положения, сопоставить их с другими положениями, уяснить и расширить полученные сведения с помощью рекомендованной лектором учебной литературы. При конспектировании лучше запоминаются новые термины, выражения, формируются понятия.

2. Техника конспектирования

Техника ведения конспекта вырабатывается постепенно, при систематической тренировке. Физику начинают изучать на первом курсе, а первокурсники в большинстве своем не имеют навыков конспектирования лекций. Если вы относитесь к их числу, то должны усвоить приведенные ниже общие правила и следовать им.

1. Лекции по физике записывайте в отдельных тетрадях, оставляя слева широкие поля для дополнительного материала из учебных пособий и справочников.

2. Лекции записывайте с самого начала, так как зачастую начало лекции является ключом ко всей теме. Записывайте заголовок и подзаголовки лекции.

3. Записывайте лекции по возможности сжато, но без ущерба для ясности. Если не хватило времени полностью записать важное положение, факт, вывод, то оставьте свободное место, чтобы позже восполнить пропущенное.

4. Конспект должен быть аккуратно оформлен. От этого в значительной степени зависит зрительное восприятие, запоминание.

Между строк оставляйте пространство. В этом случае глаз сразу воспринимает написанное, в памяти остается зрительный образ.

Отдельные положения, формулировки, цитаты, которые необходимо запомнить, выделяйте из общего текста абзацами.

5. Сразу после лекции, на самоподготовке, пока в памяти свежи детали лекции, уточните в конспекте с помощью рекомендованных пособий значения терминов и понятий, введенных лектором, после этого заучите формулировки и решите из рекомендованного лектором задачника одну-две задачи по теме лекции.

6. К прослушиванию лекций следует готовиться. Перед каждой лекцией обязательно просматривайте свои записи по предыдущей лекции.

7. Храните конспект с лекциями до конца изучения курса физики.

Тематический план лекционного курса

| Содержание разделов (модулей), тем дисциплины | Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения | | |
|--|--|-----------|-----------|
| | Заочная | | |
| | <i>Л</i> | <i>ЛР</i> | <i>СР</i> |
| Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика | | | |
| 1.1 Элементы кинематики. Координатная и векторная формы описания движения. Скорость и ускорение при прямолинейном движении. Движение по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Скорость и ускорение при криволинейном движении. Радиус кривизны траектории. Тангенциальное и нормальное ускорения. Связь линейных и угловых характеристик движения. Понятие состояния в классической механике. Степени свободы и обобщенные координаты. | 1 | | 7 |
| 1.2 Динамика материальной точки. Закон инерции. Инерциальные системы отсчета. Масса, сила. Второй закон Ньютона. Импульс. Уравнения движения. Импульс силы. Закон сохранения и изменения импульса. Третий закон Ньютона. Роль начальных условий. Теорема о движении центра масс. | 1 | 2 | 7 |
| 1.3 Работа и энергия. Работа силы и ее выражение через криволинейный интеграл. Мощность. Кинетическая энергия, ее связь с работой силы. Поле центральных сил. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия, ее связь с действующей силой. Понятие о градиенте скалярной функции координат. Условие равновесия механической системы. Полная энергия. Закон сохранения энергии в механике. Абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары. | 1 | | 7 |
| 1.4 Силы в классической механике. Закон всемирного тяготения. Потенциальная энергия, потенциал, напряженность поля тяготения. Свойства сил тяжести, упругости, трения. Силы инерции. Второй закон Ньютона в неинерциальной системе | | 2 | 7 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| отсчета. | | | |
| 1.5 Динамика вращательного движения твердого тела. Момент инерции. Момент инерции твердых тел разной формы. Теорема Штейнера. Момент силы и момент импульса относительно неподвижного начала. Уравнение моментов. Закон сохранения момента импульса. Уравнение момента импульса для вращения вокруг неподвижной оси. Основное уравнение динамики вращательного движения. Работа и кинетическая энергия вращательного движения. | 1 | 2 | 7 |
| 1.6 Основы релятивистской механики. Преобразования Галилея. Классический закон сложения скоростей. Принцип относительности. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Понятие одновременности. Относительность длин и промежутков времени. Интервал между событиями и его инвариантность по отношению к выбору инерциальной системы отсчета. Релятивистский закон сложения скоростей. Релятивистский импульс. Основной закон релятивистской динамики. Кинетическая энергия релятивистской частицы. Закон взаимосвязи массы и энергии. Соотношение между полной энергией и импульсом частицы. | | | 7 |
| 1.7 Кинематика гармонических колебаний. Амплитуда, круговая частота и фаза гармонических колебаний. Сложение колебаний. Векторные диаграммы. Комплексная форма представления гармонических колебаний. | | | 7 |

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>1.1.1.1.1.1.1.1.1.8 Гармонический осциллятор. Примеры гармонических осцилляторов: физический и математический маятники, груз на пружине, колебательный контур. Энергия гармонического осциллятора.</p> | | | 7 |
| <p>1.9 Свободные затухающие колебания. Коэффициент затухания. Логарифмический декремент. Добротность. Действие периодических толчков на гармонический осциллятор. Резонанс.</p> | | | 7 |
| <p>1.1.1.1.1.1.1.1.2.1.10 Вынужденные колебания под действием синусоидальной силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Время установления вынужденных колебаний и его связь с добротностью. Вынужденные колебания в электрических цепях. Метод комплексных амплитуд. Автоколебания.</p> | | | 7 |
| <p>1.11 Кинематика волновых процессов. Механические волны в газах, жидкостях и твердых телах. Бегущие и стоячие волны. Длина волны, волновой вектор и фазовая скорость. Уравнение плоской волны. Одномерное волновое уравнение. Звуковые волны.</p> | | 2 | 7 |
| <p>1.12 Элементы механики жидкости и газов. Давление в жидкости и газе. Закон Паскаля. Гидростатическое давление. Закон Архимеда. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли. Ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости.</p> | | | 7 |
| <p>2.1 Классические статистические распределения. Распределение молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла).</p> | | | 7 |

| | | | |
|---|--|---|---|
| <p>Определение интегральных параметров системы по распределению молекул. Распределение молекул в поле потенциальных сил (распределение Больцмана). Барометрическая формула.</p> | | | |
| <p>2.2 Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул. Кинетические явления. Теплопроводность. Закон Фурье. Диффузия. Закон Фика. Внутреннее трение. Закон Ньютона.</p> | | | 6 |
| <p>2.3 Основы термодинамики. Число степеней свободы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия как термодинамическая функция состояния. Внутренняя энергия идеального газа. Работа газа при изменении объема. Количество теплоты. Теплоемкость.</p> | | | 6 |
| <p>2.4 Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам. Уравнение Майера. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Энтропия как термодинамическая функция состояния. Теорема Нернста или третье начало термодинамики.</p> | | 2 | 6 |
| <p>2.5 Реальные газы и пары. Отступление от законов идеальных газов. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия. Эффективный диаметр молекул. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Фазовые равновесия и фазовые переходы. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа.</p> | | | 6 |
| <p>2.6 Жидкости и твердые тела. Испарение и кипение жидкостей. Насыщенный пар. Точка росы. Поверхностное натяжение жидкости. Смачивание. Капиллярные явления. Представления о структуре жидкостей. Твердые тела. Ближний и дальний порядок в расположении атомов. Кристаллические решетки.</p> | | 2 | 6 |
| <p>3.1 Электростатика в вакууме. Электрические заряды. Закон</p> | | | 6 |

| | | | |
|--|--|---|---|
| сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. | | | |
| 3.2 Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в вакууме и ее применение. Работа и потенциал электростатического поля. Напряженность как градиент потенциала. | | | 6 |
| 3.3 Электрическое поле в веществе. Дипольные моменты молекул. Поляризация диэлектриков. Теорема Остроградского-Гаусса для электростатического поля в среде. Сегнето- и пьезоэлектрики. Распределение зарядов в проводнике. Электрическая емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Энергия заряженного проводника и электростатического поля. | | 2 | 6 |
| 3.4 Постоянный электрический ток. Сила и плотность тока. Закон Ома для участка цепи и замкнутого контура. Сторонние силы. Электродвижущая сила. Закон Ома в дифференциальной форме. Разветвленные электрические цепи. Правила Кирхгофа. Работа и мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца. Превращения энергии в электрических цепях. Электронные и ионные явления. Электропроводность твердых тел. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Токи в жидкостях, газах и плазме. | | | 6 |
| 4.1 Магнитостатика в вакууме. Магнитный момент. Магнитная индукция. Закон Ампера. Сила Лоренца. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение. Теорема Остроградского-Гаусса для магнитного поля в вакууме. Закон полного тока. Работа по перемещению проводника в магнитном поле. | | 2 | 3 |
| 4.2 Магнитное поле в веществе. Магнитные моменты атомов. Атом в магнитном поле. Диа-, пара- и ферромагнетики. Закон полного тока для магнитного поля в веществе. | | | 3 |
| 4.3 Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца. Токи Фуко. Индуктивность. Явление | | | 2 |

| | | | |
|--|---|--|---|
| самоиндукции. Токи при замыкании и размыкании электрической цепи. Явление взаимной индукции. Трансформатор. Энергия магнитного поля. | | | |
| 4.4 Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Принцип относительности в электродинамике. Инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований Лоренца. Относительность разделения электромагнитного поля на электрическое и магнитное поля. | | | 3 |
| 4.5 Электромагнитные волны. Энергетические характеристики электромагнитных волн. Вектор Пойтинга. Эффект Доплера для механических и электромагнитных волн. Его использование в радиотехнике и радиолокации. | | | 3 |
| 5.1 Геометрическая оптика. Основные законы геометрической оптики. Принцип Гюйгенса. Явление полного внутреннего отражения. Призмы. Линзы. Построение изображения в тонкой линзе. Формула тонкой линзы. Недостатки линз. Сферическое зеркало. Фотометрия. Световой поток и прохождение его через линзы | | | 3 |
| 5.2 Волновая оптика. Электромагнитная природа света. Оптический и видимый диапазон электромагнитных волн. Волновое уравнение. Скорость света. Спектральный состав светового импульса. Соотношение между длительностью импульса и шириной спектра. Естественная ширина линии излучения. Спектральная плотность мощности. | | | 3 |
| 5.3 Интерференция света. Интерференция монохроматических волн. Разность хода. Когерентность. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников света. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины и равного наклона. Просветление оптики. Интерференционные приборы. | 2 | | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>5.4 Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круглом отверстии. Зонная пластинка. Дифракция Фраунгофера. Дифракция света на щели. Дифракционная решетка. Разрешающая способность. Понятие о голографии.</p> | | | 3 |
| <p>5.5 Поляризация света. Линейная, круговая и эллиптическая поляризации. Естественный свет. Степень поляризации. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера. Двойное лучепреломление в анизотропных кристаллах. Поляризация света при двойном лучепреломлении. Поляризационные приборы. Призма Николя. Закон Малюса. Вращение плоскости поляризации в кристаллических телах. Сахариметрия. Искусственная анизотропия. Эффект Керра.</p> | 1 | 2 | 3 |
| <p>5.6 Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света. Электронная теория дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии. Групповая скорость. Линии поглощения. Закон Бугера.</p> | | | 3 |
| <p>5.7 Противоречия классической физики. Излучение черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана – Больцмана, Вина. Формулы Рэлея – Джинса и Планка, квантовый характер излучения. Открытие постоянной Планка.</p> | 1 | | 3 |
| <p>5.8 Взаимодействие фотонов с электронами. Внешний фотоэлектрический эффект. Работы А.Г.Столетова. Формула Эйнштейна. Применение фотоэффекта. Эффект Комптона. Давление света. Опыты П. Н. Лебедева. Корпускулярно-волновой дуализм света.</p> | | | 3 |
| <p>5.9 Боровская теория атома. Линейчатые спектры атомов. Сериальная формула. Модели атома Томсона и Резерфорда. Постулаты Бора. Уровни энергий в атоме. Опыт Франка и Герца. Недостатки теории Бора.</p> | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>5.10 Волновые свойства частиц. Гипотеза де Бройля. Опыты Дэвиссона и Джермера. Принцип неопределенности. Наборы одновременно измеримых величин. Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее статистическое толкование. Операторы физических величин. Квантование энергии и момента импульса. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Гармонический осциллятор в квантовой механике.</p> | | | 2 |
| <p>5.11 Физика атомов. Атомы водорода и щелочных металлов. Спин электрона. Магнитный момент атома. Эффект Зеемана. Опыт Штерна и Герлаха. Квантовые состояния. Принцип суперпозиции. Квантовые числа. Принцип Паули. Распределение электронов в атоме по состояниям. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева. Природа химической связи. Энергетический спектр атомов и молекул. Квантовые генераторы.</p> | | | 2 |
| <p>5.12 Колебания кристаллической решетки. Теория теплоемкости твердых тел Эйнштейна, Дебая. Фононы. Квантовая теория свободных электронов в металле. Распределение Ферми-Дирака. Квантовая теория электропроводности. Полупроводники. Примесная проводимость полупроводников, n-p переход. Контактные и термоэлектрические явления.</p> | | | 3 |
| <p>6.1 Атомное ядро. Состав атомного ядра. Дефект массы. Энергия связи ядер. Ядерные силы. Ядерные модели.</p> | 1 | | 3 |
| <p>6.2 Естественная и искусственная радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Альфа- и бета-распады. Прохождение заряженных частиц и гамма-излучения через вещество. Элементы дозиметрии и защита от излучений.</p> | | | 3 |

| | | | |
|---|---|----|-----|
| <p>6.3 Ядерные реакции. Классификация ядерных реакций. Реакции деления и синтеза. Физические основы ядерной энергетики. Ядерные реакторы.</p> | | | 3 |
| <p>6.4 Современная физическая картина мира. Элементарные частицы, их основные виды и методы регистрации. Систематика элементарных частиц. Общие сведения о квантовых статистиках. Системы заряженных частиц. Типы фундаментальных взаимодействий. Основные этапы эволюции Вселенной. Возраст Вселенной. Теория расширения Вселенной. Основные представления и идеи общей теории относительности и ее следствия.</p> | | | 2 |
| <p>Итого за семестр:</p> | | | |
| <p>Итого за курс:</p> | 8 | 22 | 204 |

3. КАК ГОТОВИТЬСЯ К ЭКЗАМЕНАМ ПО ФИЗИКЕ

Экзамен - это неотъемлемый компонент учебного процесса по курсу, его завершающий этап. Экзамен, а тем более подготовка к нему имеют большое значение в процессе становления будущего специалиста, ибо любому экзамену присущи обучающая, организующая, методическая и контролирующая функции. Эти функции проявляются в следующем:

- осмысление приобретенных в течение семестра знаний, их совершенствование, пополнение и уточнение;
- глубокое осознание значения изучаемых в курсе фактов, законов и теорий, уяснение логики рассуждений и доказательств;
- воспитание дисциплинированности, ответственности, целеустремленности;
- формирование рациональных приемов систематизации и запоминания изучаемого материала, умения излагать свои мысли;
- проверка соответствия уровня знаний требованиям, предъявляемым программой курса.

Непременным условием допуска студентов к экзамену является своевременная сдача зачета по решению задач и защита всех лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой.

Как правило, на одной из последних лекций лектор знакомит студентов с вопросами теоретического курса, выносимыми на экзамен. Эти вопросы составляются на основе рабочей программы и входят в экзаменационные билеты, содержащих 2-3 таких вопроса.

Однако успешная подготовка к экзаменам требует упорной и методичной работы в течение всего учебного года. Непосредственную же подготовку к экзамену надо проводить со строгим расчетом времени, чтобы его хватило на проработку всего материала и на отдых перед экзаменом.

Обычно на подготовку к экзамену по физике выделяют 3-4 дня в день можно работать с хорошей продуктивностью в среднем 8-9 часов. Можно в это время и недоспать. Если вы регулярно работали в течение семестра, то отведенного на подготовку времени будет вполне достаточно. Нельзя сразу начинать готовить ответы на экзаменационные вопросы. Лучше сначала прочитать конспект, чтобы охватить материал в целом; установить, насколько материал конспекта охватывает вопросы, выносимые на

экзамен, и примерно распределить время на изучение того или иного раздела. Только после этого следует с помощью конспекта и рекомендованных учебных пособий начинать тщательную подготовку ответов на каждый из экзаменационных вопросов. При этом по каждому вопросу рекомендуем составлять в письменном виде подробные планы ответов. Все доказательства законов, теорем и выводы формул обязательно повторите ещё раз самостоятельно.

Последний день или несколько часов перед экзаменом оставляют на повторение трудно усваиваемого материала, цифровых данных, беглого просмотра планов ответов на вопросы, но при этом не пытайтесь вспомнить материал детально.

Во время подготовки к экзамену не нужно делать длительных перерывов, чтобы не терять эмоционального настроя. Но накануне экзамена не следует сидеть допоздна: лучше хорошо выспаться, чтобы утром свежим и отдохнувшим идти на экзамен.

На экзамен приходите в точно назначенное время. Получив билет и ознакомившись с вопросами, постарайтесь успокоиться и сосредоточиться. Обязательно составьте план ответа. Он придаст вашему ответу стройность, логическую завершенность.

Если экзаменатор по структуре и содержанию письменного ответа на вопросы билета почувствует, что вы систематически работали весь семестр, то он может ограничиться просмотром конспекта ответа, задать дополнительные вопросы и перейти к свободному собеседованию по программе курса.

Не пользуйтесь на экзамене шпаргалками. Шпаргалка – это своего рода добровольное признание студентом неготовности к экзамену. Поверьте, что задача преподавателя на экзамене - выявить уровень вашего знания материала, а не уличить вас в том, чего вы не знаете.

Для облегчения успешного усвоения разделов курса, изучаемых по учебным пособиям, а также курса физики в целом полезно использовать так называемые планы обобщенного характера, предложенные профессором А.В.Усовой. Эти планы представляют собой обобщенные требования к знаниям об элементах научных знаний. Они показывают, что и в какой последовательности нужно узнать и изложить в конспекте о каждом элементе научного знания по физике:

1. Что нужно знать о каждом конкретном физическом явлении?

1.1. Когда и кем открыто и впервые изучено явление?

1.2. Определение явления. Его отличительные признаки.

1.3. Условия, при которых наблюдается явление.

1.4. Сущность и механизм протекания явления (объяснения на основе современных теорий).

- 1.5. Связь данного явления с другим.
- 1.6. Количественная характеристика явления:
 - 1.6.1. величины, характеризующие явление;
 - 1.6.2. связь между величинами и формулы, выражающие эту связь.
- 1.7. Примеры использования явления на практике, способы предупреждения его вредного воздействия.
2. **Что нужно знать о каждой конкретной физической величине?**
 - 2.1. Для чего введена данная величина.
 - 2.2. Определение величины.
 - 2.3. Общепринятое буквенное обозначение величины.
 - 2.4. Аналитическое выражение этой величины.
 - 2.5. Скалярная или векторная данная физическая величина.
 - 2.6. Единицы физической величины (обязательно в СИ).
 - 2.7. Какие существуют методы измерения этой физической величины?
3. **Что нужно знать о методе исследования каждого конкретного физического явления или измерения физической величины?**
 - 3.1. Для изучения какого физического явления или измерения какой физической величины применяется метод.
 - 3.2. Прямым или косвенным является этот метод.
 - 3.3. Физические основы метода.
 - 3.4. Области (границы) применимости метода.
 - 3.5. Точность метода. При каких обязательных условиях она достигается.
 - 3.6. Преимущества и недостатки данного метода по сравнению с другими.
4. **Что нужно знать о каждом физическом законе?**
 - 4.1. Кем и когда открыт закон?
 - 4.2. Связь между какими величинами выражает закон.
 - 4.3. Формулировка закона.
 - 4.4. Аналитическое выражение (формула, выражающая закон).
 - 4.5. Опыты, подтверждающие справедливость закона.
 - 4.6. Примеры использования и учета закона.
 - 4.7. Границы применимости данного закона.
5. **Что нужно знать о каждой конкретной теории?**
 - 5.1. Кем и когда создана теория?
 - 5.2. Основные положения теории.
 - 5.3. Факты, послужившие основанием для разработки теории.

5.4. Математический аппарат теории (основные уравнения).

5.5. Круг явлений, объясняемых данной теорией (пределы применимости теории).

5.6. Явления и свойства материи, предсказанные теорией.

Овладение этими планами необходимо для повышения качества изучения разделов курса.

4. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Савельев И.В., Курс физики. Механика. Молекулярная физика, т. 1, Наука, М., 1989.
2. Савельев И.В., Курс физики. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика, т. 2, Наука, М., 1988.
3. Савельев И.В., Курс физики. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц, т. 3, Наука, М., 1987.
4. Иродов И.Е., Механика. Основные законы, Физматлит, Невский Диалект, Лаборатория Базовых Знаний, М.-С.-Пб., 2000.
5. Иродов И.Е., Физика макросистем. Основные законы, Физматлит, Невский Диалект, Лаборатория Базовых Знаний, М.-С.-Пб., 2001.
6. Иродов И.Е., Электромагнетизм. Основные законы, Физматлит, Невский Диалект, Лаборатория Базовых Знаний, М.-С.-Пб., 2001.
7. Иродов И.Е., Волновые процессы. Основные законы, ЮНИМЕДИАСТАЙЛ, Лаборатория Базовых Знаний, М., 2002.
8. Иродов И.Е., Квантовая физика. Основные законы, Физматлит, Невский Диалект, Лаборатория Базовых Знаний, М.-С.-Пб., 2001.
9. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Курс физики, Высшая школа, М., 2002.
10. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н., Механика, АСАДЕМА, М., 2001.
11. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н., Молекулярная физика, АСАДЕМА, М., 2000.
12. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н., Электродинамика, АСАДЕМА, М., 2002.
13. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н., Оптика и атомная физика, АСАДЕМА, М., 2000.
14. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Механика, т.1, Наука, М., 1989.
15. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Термодинамика и молекулярная физика, т.2, Наука, М., 1990.
16. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Электричество, т.3, ч. 1., Наука, Физматлит, М., 1996.

17. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Электричество, т.3, ч. 2., Наука, Физматлит, М., 1996.
18. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Оптика, т.4, Наука, М., 1985.
19. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Атомная и ядерная физика, т.5, ч.1, Наука, М., 1986.
20. Сивухин Д.В., Общий курс физики. Атомная и ядерная физика, т.5, ч.2, Наука, М., 1989.
21. Трофимова Т.И., Курс физики, любого издания.
22. Курс физики, т. 1, под ред. Лозовского В.Н., Лань, С-Пб., 2001.
23. Курс физики, т. 2, под ред. Лозовского В.Н., Лань, С-Пб., 2001.
24. Основы физики, т. 1, под ред. Кингсепя А.С., Физматлит, М., 2001.
25. Основы физики, тт. 2, под ред. Кингсепя А.С., Физматлит, М., 2001.
26. Зисман Г.А., Тодес О.М., Курс общей физики, т.1, Наука, М., 1972.
27. Зисман Г.А., Тодес О.М., Курс общей физики, т.2, Наука, М., 1969.
28. Зисман Г.А., Тодес О.М., Курс общей физики, т.3, Наука, М., 1970.
29. Матвеев А.Н., Механика и теория относительности, ОНИКС 21век, Мир и Образование, М., 2003.
30. Матвеев А.Н., Молекулярная физика, ОНИКС 21век, Мир и Образование, М., 2006.
31. Матвеев А.Н., Электричество и магнетизм, ОНИКС 21век, Мир и Образование, М., 2005.
32. Кикоин А.К., Кикоин И.К., Молекулярная физика, Наука, М., 1976.
33. Калашников С.Г., Электричество, Наука, М., 1977.
34. Тамм И.Е., Основы теории электричества, Наука, М., 1976.
35. Годжаев Н.М., Оптика, Высшая школа, М., 1977.
36. Корсунский М.И., Оптика. Строение атома. Атомное ядро, Физматлит, 1962.
37. Ландсберг Г.С., Оптика,
38. Шпольский Э.В., Атомная физика, ч. 1 и 2, Наука, М., 1984.

Дополнительная:

39. Павлов В.И., Механика. Молекулярная физика, М., 1955.
40. Стрелков С.П., Механика, Лань, С-Пб., 2005.
41. Стрелков С.П., Введение в теорию колебаний, Наука, М., 1964.
42. Архангельский М.М., Курс физики. Механика, Просвещение, М., 1965.

43. Павленко Ю.Г., Начала физики, Экзамен, М., 2005.
44. Киттель Ч., Найт В., Рудерман М., Берклевский Курс Физики, Механика, т.1, Наука, М., 1983.
45. Парселл Э., Берклевский Курс Физики, Электричество и магнетизм, т.2, Наука, М., 1983.
46. Крауфорд Ф., Берклевский Курс Физики, Волны, т.3, Наука, М., 1984.
47. Вихман Э., Берклевский Курс Физики, Квантовая физика, т.4, Наука, М., 1986.
48. Рейф Ф., Берклевский Курс Физики, Статистическая физика, т.5, Наука, М., 1977.
49. Фано У., Фано Л., Физика атомов и молекул, Наука, М., 1980.
50. Лоренц Г.А., Лекции по термодинамики, РХД, М.-Ижевск, 2001.
51. Пригожин И., Кондепуди Д., Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур, Мир, М., 2002.

5. Вопросы к экзамену

1. Основные характеристики магнитного поля. Линии магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей.
2. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение.
3. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Магнитная постоянная.
4. Магнитное поле движущегося заряда.
5. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
6. Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции. Магнитное поле соленоида и тороида.
7. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитного поля.
8. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
9. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея (закон электромагнитной индукции). Правило Ленца.
10. Индуктивность контура. Самоиндукция. Токи при замыкании и размыкании цепи. Взаимная индукция.
11. Энергия магнитного поля.
12. Магнитный момент электронов в атоме.
13. Диа- и парамагнетики.
14. Намагниченность.
15. Ферромагнетики и их свойства.
16. Вихревое электрическое поле. Ток смещения.
17. Уравнение Максвелла для электромагнитного поля.
18. Гармонические колебания.
19. Волны.
20. Интерференция волн.
21. Дифракция волн.
22. Поляризация волн.
23. Поглощение и дисперсия волн.
24. Квантовые свойства электромагнитного излучения.
25. Элементы квантовой механики.
26. Квантово-механическое описание атомов.
27. Оптические квантовые генераторы.
28. Элементарные частицы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ СТУДЕНТАМ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Как работать в физической лаборатории
2. Порядок выполнения лабораторной работы и проведения измерений
3. Как оформлять и защищать отчет о лабораторной работе
4. Перечень лабораторных работ

1. Как работать в физической лаборатории

Физический практикум (учебные лабораторные работы по физике) - один из видов учебных занятий при изучении курса физики.

Лабораторные занятия проводятся в трех лабораториях кафедры физики: лаборатории механики и молекулярной физики, лаборатории электричества и магнетизма, лаборатории оптики и атомной физики.

В лаборатории механики и молекулярной физики рассматриваются пространственные размеры и механические свойства тел различной формы и физического строения, а также тепловые свойства материалов и термодинамические характеристики физических объектов.

В лаборатории электричества и магнетизма изучаются процессы, происходящие в телах под действием электрического и магнитного полей, особенности протекания электрического тока в различных материалах, электрические и магнитные свойства тел.

В лаборатории оптики и атомной физики основное внимание обращается на анализ процессов, происходящих в различных средах под действием света, изучаются спектральные характеристики объектов, закономерности распространения световых волн, элементы ядерной физики.

По цели, объему и содержанию лабораторные работы различаются между собой. Вместе с тем в методах их выполнения имеется много общего. Более того, сравнительный анализ процессов выполнения учебной лабораторной работы и проведения научного эксперимента с использованием стандартной методики показывает, что лабораторный и экспериментальный методы имеют много общего - в обоих случаях необходимо преодолеть одни и те же этапы: формулировка цели работы; анализ физических основ метода её выполнения; разработка последовательности операций выполнения работы; выделение величин, получаемых прямыми и косвенными измерениями; сборка установки, проведение измерений, запись результатов работы и установление их надежности; математическая обработка результатов измерений и определение их погрешности; систематизация и обобщение результатов, формулировка выводов и т.п.

Если сделать такой подход к работам обязательным для себя, то постепенно он станет привычным. Последнее немаловажно при выполнении лабораторных практикумов по другим дисциплинам.

Таким образом, физический практикум важен, полезен и профессионально необходим, т.к. позволяет приобрести умения и навыки, нужные в наше время каждому специалисту.

1.1. Как готовиться к выполнению лабораторной работы

Большинство лабораторных работ, имеющихся в лабораториях кафедры физики, не фронтальные, а индивидуальные. По своему содержанию они охватывают практически все разделы теоретического курса. В начале семестров до сведения каждого студента доводится полный перечень лабораторных работ, которой ему надлежит выполнить и защитить до начала экзаменационной сессии. Вполне естественно, что темы ряда лабораторных работ будут опережать темы лекций. Поэтому из всех форм занятий по физике самостоятельная работа по подготовке к занятиям физического практикума наиболее важна. При этом необходимо иметь в виду, что каждая лабораторная работа по

физике рассчитана на два часа, включая её выполнение и защиту. В часы самоподготовки вы должны самостоятельно изучить теоретический материал по теме лабораторной работы и заполнить специальный бланк (протокол) работы с основными теоретическими положениями и расчетными формулами.

Подготовку к конкретной лабораторной работе начинайте со знакомства с описанием работы, приведенным в методических указаниях. Рекомендуем обратить внимание на следующее:

- цель данной лабораторной работы;
- физическое явление, изучаемое в данной работе, и какими зависимостями связаны величины, его описывающие;
- основные особенности объекта исследования (образец, поток частиц, излучение);
- физические основы используемых в работе методов измерения искомых величин;
- принципиальная схема используемой установки и назначение каждого из ее узлов;
- последовательность выполнения этапов лабораторной работы;
- основные законы и формулы, на которых базируется работа;
- определение величин, измеряемых в работе, их физический смысл;
- приборы, используемые в работе, и их характеристики;
- оценка погрешности полученного результата.

В методических указаниях, как правило, содержатся лишь краткие сведения о физических явлениях, изучаемых в работе.

Поэтому для более основательной подготовки к выполнению лабораторной работы рекомендуем вам проработать необходимые теоретические вопросы по конспекту лекций или учебному пособию.

При подготовке теоретической части работы обратите внимание на формулировки физических законов, используемых в работе; определения физических величин, входящих в работу, и единицы их измерения в СИ; табличные значения определяемых величин, если они существуют; используемую рабочую формулу и её вывод.

Основные теоретические положения работы и записи, связанные с выполнением эксперимента непосредственно в лаборатории, должны быть отражены в бланке протокола работы. Он должен быть подготовлен до начала работы.

Конспект теоретической части работы должен быть кратким, но сопровождаться исчерпывающими пояснениями, необходимыми рисунками и схемами.

Проверить степень своей готовности к выполнению конкретной лабораторной работы нужно с помощью контрольных вопросов, приводимых в конце работы.

Профессором Ф.П.Кесаманлы предложен ряд обобщенных контрольных вопросов, приемлемых для всех работ физического практикума. Ниже мы приводим эти вопросы:

- 1) *Какова цель работы?*
- 2) *Какие задачи в ходе опыта и обработки результатов придется решать для достижения цели?*
- 3) *Какое физическое явление изучается в данной работе?*
- 4) *Какими зависимостями связаны величины, описывающие исследуемое физическое явление?*
- 5) *Какие физические явления положены в основу экспериментального метода определения требуемых величин?*

- 6) *Какая теоретическая зависимость может быть проверена в данном конкретном опыте?*
- 7) *Какие допущения сделаны при описании теории метода?*
- 8) *Каково назначение экспериментальных узлов установки?*
- 9) *Физическая сущность эффекта, исследованного в данной работе?*
- 10) *Какое уравнение (или система) позволяет найти искомую величину или нужную зависимость на основании опытных данных?*
- 11) *Какие постоянные (табличные данные, характеристики образца и установки) нужны для определения искомой величины по данным опыта?*
- 12) *Как можно проверить надежность полученных экспериментальных результатов?*
- 13) *Какие графики должны быть построены по результатам работы?*
- 14) *Как будет определена погрешность прямых измерений?*
- 15) *Как придется оценивать погрешность конечного результата?*
- 16) *Какие таблицы нужны в протоколе для записи результатов измерений?*
- 17) *Можно ли сопоставить результаты эксперимента с табличными данными?*

1.2. Что нужно знать о каждом конкретном приборе?

1. *Название и марка (тип) прибора.*
2. *Назначение прибора, то есть для измерения каких физических величин или получения каких сигналов предназначен прибор.*
3. *Одноцелевым или многоцелевым является прибор.*
4. *Назначение органов управления прибора.*
5. *Пределы значений величин, допускаемые при работе с прибором.*
6. *Правила обращения (работы) с прибором.*
7. *Точность, с которой прибор позволяет определить численное значение измеряемой величины.*
8. *Условное изображение прибора на схемах.*

2. Порядок выполнения лабораторной работы и проведения измерений

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются только после собеседования с преподавателем, ведущим занятия. Во время собеседования проверяется правильность заполнения бланка лабораторной работы, знание основных физических законов и величин, содержащихся в работе, умение работать с приборами и проводить измерения и т.д.

Чтобы эффективнее использовать время, отведенное на работу (2 часа), рекомендуем вам ещё до беседы с преподавателем начать готовить установку к работе. Для этого выполните следующее :

- найдите на рабочей схеме основные узлы установки, измерительные приборы, переключатели;
- запишите в таблицу протокола характеристики этих приборов (тип прибора, класс точности, цена деления, предел измерения, точность отсчета);
- изучите инструкцию, приведенную на установке;

- установите, какие приборы (задающие) воздействуют на объект исследования, какие (измеряющие) позволяют следить за реакцией объекта на эти воздействия;
- поставьте на измеряющих приборах наибольший диапазон, на задающих - диапазон, определяющий минимальный сигнал на выходе.

После беседы с преподавателем и получения допуска к работе:

- соберите установку, получив необходимые детали у лаборанта, или проверьте схему самостоятельно, если она собрана стационарно;
- запишите в протокол заданные преподавателем режимы работы;
- установите на многопредельных приборах нужные диапазоны измерений;
- покажите готовую установку преподавателю для проверки, затем включите питание всей установки и приступайте к проведению измерений.

Перед началом измерений обязательно ещё раз представьте себе ход работы. Уточните, по какому из приборов вы будете задавать изменения величины, по какому - следить за происходящими в процессе опыта изменениями. Граничные значения диапазона изменения одной из величин обычно либо даны в описании работы, либо указываются преподавателем. Вам необходимо только выбрать значения интервалов изменения этой величины, позволяющие наблюдать изменение другой, от неё зависящей.

Для того, чтобы число измерений было достаточным, нужно, учтя предполагаемый вид зависимости, для областей резкого изменения, величины (максимум, минимум, точка перегиба) показания приборов записывать часто. На участках, где нет резких изменений величины, показания приборов меняются плавно, значения можно брать реже.

Если в конце измерений выяснится, что в некотором интервале величина меняется монотонно и очень незначительно, то при обработке результатов, вычислениях, построении графиков можно для экономии времени брать значения через точку.

При проведении любых измерений нужно обращать внимание на воспроизводимость результатов. Последнее доказывает надежность эксперимента. Проверку воспроизводимости результатов можно выполнить следующим образом:

- величины, определяемые при постоянных условиях, измеряют многократно;
- зависимость между величинами снимают (если это возможно) при прямом и обратном ходе изменения аргумента (например, вольт-амперную характеристику можно снять, повышая и понижая напряжение);
- многократно в течение эксперимента проверяют значение параметра, который должен остаться постоянным (температура, давление, частота сигналов и т.п.).

Все записи, касающиеся выполнения эксперимента, следует делать только на бланке протокола. Черновые записи на других листах не допускаются.

В протоколе не должно быть исправленных цифр, неверные цифры лучше зачеркнуть и записать рядом точные. Ваши записи должны быть понятны любому читателю, а не только вам, как автору.

В конце занятия вы должны показать результаты измерений преподавателю. Но не спешите разбирать установку. Учтите, что говорить о достоверности ваших измерений, глядя только на цифры, трудно даже преподавателю. Поэтому попытайтесь самостоятельно оценить достоверность результатов, выполнив частично их обработку.

Окончательную обработку результатов измерений и все необходимые вычисления

вы должны произвести во время самоподготовки.

3. Как оформлять и защищать отчет о лабораторной работе

Отчет завершает лабораторную работу и обобщает результаты всех предшествующих этапов её выполнения. Поэтому он (т.е. в протоколе работы) обязательно должен содержать:

- цель и задачи работы;
- объект исследования, его общая характеристика и особенности;
- схема установки;
- краткие теоретические сведения и краткое описание методики эксперимента;
- рабочие формулы с обязательной расшифровкой входящих в них величин;
- сводные таблицы и графики;
- оценка надежности и достоверности результатов (примеры вычислений величин, измеряемых косвенно, и погрешностей прямых и косвенных измерений);
- окончательные результаты с учетом погрешностей;
- анализ полученных результатов, сравнение экспериментально полученного и табличного значения величины, если это возможно;
- общие выводы по работе.

Все вычисления, в том числе и промежуточные, занесите в протокол работы. При этом прежде всего записывайте формулу, затем подставляйте в нее числовые значения всех величин и записывайте окончательный результат.

Такая схема позволит при необходимости быстро проверить правильность результата.

После оформления отчета вы должны получить зачет по работе, т.е. защитить отчет. Специальное время для защиты отчета не отводится, не существует и определенной процедуры для этого. И тем не менее вы должны уметь защищать свой отчет о выполненной работе.

К началу каждого лабораторного занятия обязательно надо сдавать на проверку преподавателю отчет о лабораторной работе, выполненной на предыдущем занятии. Обычно защита отчетов происходит в начале лабораторного занятия или во время консультаций и протекает в виде ваших ответов на вопросы преподавателя.

Если вы были хорошо подготовлены к работе, правильно формулировали её цель и задачи, показали глубокое знание теоретического материала, проявили практически полную самостоятельность при сборке установки, проведении измерений и обработке и результатов, а также с соблюдением всех правил оформили отчет о работе, то зачет вы успешно сдадите.

В отдельных случаях может быть предусмотрено специальное занятие для защиты отчетов, которое завершает цикл лабораторных работ.

4. Перечень лабораторных работ

| № п\п | Наименование лабораторных работы | Кол-во часов | № темы по таб.4 |
|-------|--|---------------|-----------------|
| | | Заочная форма | |
| Л 1 | Изучение законов равноускоренного движения. | 1 | 1.2 |
| Л 2 | Определение моментов инерции твердых тел по периоду крутильных колебаний. | 1 | 1.5 |
| Л 3 | Определение модуля Юнга. | 1 | 1.4 |
| Л 4 | Изучение явления стоячих звуковых волн и определение скорости звука в воздухе. | 1 | 1.11 |
| Л 5 | Определение момента инерции маховика. | | 1.5 |
| Л 6 | Определение коэффициента вязкости жидкости по методу Стокса. | 1 | 1.12 |
| Л7 | Определение теплоемкости металлов методом охлаждения. | 1 | 2.6 |
| Л8 | Определение коэффициента теплопроводности твердого тела. | 1 | 2.2 |
| Л9 | Определение отношения теплоемкостей газа. | | 2.4 |
| Л10 | Градировка гальванометра в качестве вольтметра и амперметра. | 1 | 3.4 |
| Л11 | Исследование полезной мощности и КПД источника. | 1 | 3.4 |
| Л12 | Измерение сопротивления при помощи моста Уинстона. | 1 | 3.4 |
| Л13 | Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры | | 3.4 |
| Л14 | Изучение процессов зарядки и разрядки конденсаторов. | 1 | 3.3 |
| Л15 | Изучение распределения магнитного поля соленоида и определение его индуктивности. | 1 | 4.1 |
| Л16 | Определение отношения заряда электрона к его массе методом магнетрона. | 1 | 4.1 |
| Л17 | Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли | 1 | 4.1 |
| Л18 | Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса для магнитомягких материалов с помощью осциллографа | | 4.2 |
| Л19 | Определение радиуса кривизны линзы с помощью колец Ньютона. | 1 | 5.3 |
| Л20 | Изучение явления дифракции с помощью дифракционной решетки. | 1 | 5.4 |
| Л21 | Изучение явления дифракции с помощью лазерного излучения. | 1 | 5.4 |
| Л22 | Изучение закона Малюса. | 1 | 5.5 |
| Л23 | Вращение плоскости поляризации света оптически | | 5.5 |

| | | | |
|-----|---|----|------|
| | активными веществами. | | |
| Л24 | Законы теплового излучения. | 1 | 5.7 |
| Л25 | Определение массы электрона и радиуса первой Боровской орбиты атома водорода. | | 5.9 |
| Л26 | Исследование вакуумного фотоэлемента | 1 | 5.8 |
| Л27 | Определение постоянной Планка | 1 | 5.9 |
| Л28 | Изучение зависимости сопротивления полупроводников от температуры | | 5.12 |
| | Итого за курс: | 22 | |