

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет
Кафедра прикладной и теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ

_____ А. К. ДМИТРИЕВ

« _____ » _____ 2011 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА

ООП по направлению 010700

Физика

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ НГТУ

Курс 1, 2 семестр 1-4

Лекции 238 час

Практические занятия 136 час

Лабораторные работы 136 час.

Самостоятельная работа 414 час.

Расч. графич. работы (РГР): 1,2,3,4 семестры

Контр. работы: 1,2,3,4 семестры

Зачеты: 1,2,3,4 семестры

Экзамены: 1,2,3,4 семестры

Всего часов 924

Новосибирск, 2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению 010700 **Физика**

Регистрационный номер № 176 ен/бак, дата утверждения ГОС – 17.03.2000 г.

Шифры дисциплины в ГОС – ЕН.Ф.01

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры прикладной и теоретической физики 16 мая 2011 года

Программу разработал:

д. ф.-м. н., профессор

_____ В. Г. Дубровский

Заведующий кафедрой

д. ф.-м. н., профессор,

_____ В. Г. Дубровский

Ответственные за основную образовательную программу:

д. ф.-м. н., профессор

_____ А. В. Бурдаков

ВВЕДЕНИЕ. РОЛЬ ФИЗИКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ, ТРЕБОВАНИЯ ГОС

Новые знания, современные технологии и высокий уровень жизни – в основе всего этого лежат достижения фундаментальных наук: математики, физики, химии и биологии. Физика сегодня образует прочный фундамент всего естествознания, методы физической науки позволили за последние десятилетия обеспечить существенный прогресс в развитии таких наук, как биология, химия, астрономия, геология и др. Необычайная широта практических приложений физики позволила ей стать основным двигателем технического прогресса. Неразрывная связь физики и техники – одна из главных особенностей развития знаний в современном обществе. Страны, в которых должное внимание уделяется развитию фундаментальных наук, обучению их основам, являются процветающими.

Необходимость быстрой адаптации к достижениям науки, к новым технологиям, участие в создании технологий высокого уровня требуют достаточно широкого и глубокого владения инженерами основами математики и физики. Качественное фундаментальное образование, получаемое инженерами в развитых странах, позволяет им делать успешную карьеру, становиться лидерами в промышленности, науке, правительстве, тем самым оказывая своей работой значительное влияние на развитие общества и его благосостояние.

Будущим инженерам желательно осознавать и применять в своей деятельности следующие положения:

- В основе физической картины мира лежат фундаментальные законы и принципы. Любое физическое явление может быть объяснено с помощью небольшого числа элементарных законов и принципов.
- Язык, на котором выражаются основные законы и принципы физики, – математический. Необходимо владеть этим языком в разумных пределах.
- Работа всех технических устройств, все инженерные специальные дисциплины основаны на законах и принципах физики, которые необходимо знать инженеру и с соответствующими математическими средствами уметь применять в своей деятельности.
- Создание новых технических устройств требует постоянного обновления знаний инженера, знакомства с новейшими достижениями фундаментальных наук.
- Преобразования окружающего мира, создание новых объектов деятельности человека должны производиться научными методами, на основе достижений фундаментальных наук, не во вред природе и человеку, а для их блага.

Формирование естественно-научного мировоззрения неразрывно связано с обучением студентов конкретным общим и общеинженерным умениям, в соответствии с этим в России сформулированы требования государственных стандартов (ГОС) к обязательному минимуму основной

образовательной программы и к профессиональной подготовленности бакалавров по направлению 010700 **Физика**.

Для удобства ниже процитированы некоторые из требований ГОС к профессиональной подготовленности бакалавров.

1. ВНЕШНИЕ ТРЕБОВАНИЯ

ИЗ ТРЕБОВАНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА (ГОС) К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ БАКАЛАВРОВ

По направлению подготовки 010700 – Физика

Бакалавр должен знать и уметь использовать в объеме, предусмотренном настоящим стандартом, по естественно-научным дисциплинам:

- основные понятия, законы и модели механики, молекулярной физики, электричества и магнетизма, оптики, атомной физики, физики атомного ядра и частиц, колебаний и волн, квантовой механики, термодинамики и статистической физики, методы теоретических и экспериментальных исследований в физике;

- современное состояние, теоретические работы и результаты экспериментов в избранной области исследований, явления и методы исследований в объеме дисциплин специализаций;

- фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в этой области.

Приведенные требования ГОС к профессиональной подготовленности бакалавра, а также требования ГОС к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы бакалавра по направлению 010700 **Физика**

– определяют содержание следующих разделов:

2. Принципы построения курса.
3. Цели и структура курса физики.
4. Содержание курса физики.
5. Правила аттестации по дисциплине.
6. Учебно-методические материалы.

2. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КУРСА

В основу курса «Физика» на физико-техническом факультете положены следующие принципы:

- Курс входит в число дисциплин обязательных федеральных компонентов *ЕН.Ф.01 Общая физика* по направлению 010700 **Физика**. Основной целью курса является формирование у студентов целостного естественно-научного мировоззрения, общих и общепрофессиональных интеллектуальных умений, позволяющих: а) решать конкретные физические задачи и проблемы с привлечением соответствующего математического аппарата, б) производить и грамотно обрабатывать простейшие физические измерения основных физических величин. Курс создает фундаментальную базу для дальнейшего изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин и для успешной последующей деятельности в качестве инженера-физика.

- Курс состоит из четырех модулей:

- 1) механика, элементы статистической физики и термодинамики,
- 2) электродинамика,
- 3) колебания, волны и оптика,
- 4) введение в квантовую физику.

Кратко охарактеризуем концептуальные основы построения лекций курса (272 ч), играющих очень важную роль в образовании студентов физико-технического факультета.

В начале курса, в первом модуле, студентам излагают основы специальной теории относительности Эйнштейна и ее предельного нерелятивистского приближения – механики Ньютона; дают представления о структуре пространства-времени Минковского, вводят понятия релятивистских импульса и энергии, тем самым закладывая основу для изучения электродинамики во втором модуле; изучаются термодинамический и статистический методы, элементы теории явлений переноса. Эти знания затем используются в последующих модулях.

В начале второго модуля, на основе релятивистского обобщения второго закона Ньютона с использованием силы Лоренца вводят тензор электромагнитного поля; показывают, что электрическое и магнитное поля есть проявления единого электромагнитного поля, рассматривают трансформационные свойства полей при преобразованиях Лоренца и инварианты для полей. Далее, опираясь на закон Кулона, факт отсутствия в природе магнитных зарядов, выражение для силы Лоренца и принцип относительности Эйнштейна, выводят микроскопические уравнения Максвелла для зарядов и электромагнитных полей в вакууме; затем с их использованием рассматривают конкретные разделы электромагнетизма: электростатику, постоянный ток, магнитостатику и явления электромагнитной индукции; завершается второй модуль выводом уравнений Максвелла для зарядов и полей в средах.

В третьем модуле дается единая трактовка колебаний и волн, встречающихся в различных разделах физики; сначала изучают колебания

дискретных маломерных механических и электрических систем, затем колебания континуальных систем, механические и электромагнитные волны. Рассматривают проблему излучения электромагнитных волн и элементы классической физической оптики с использованием уравнений Максвелла. При изучении колебаний систем с несколькими степенями свободы и состояний поляризации электромагнитных волн вводят и активно используют векторные линейные пространства состояний системы, что подготавливает почву для изучения пространств состояний физических систем в квантовой механике.

В начале четвертого модуля рассматривают проблему излучения абсолютно черного тела и элементы старой квантовой теории, приведшие к открытию кванта энергии, волновой природы материи и уравнения Шредингера – основы современной квантовой механики. Далее, на основе уравнения Шредингера изучают элементы теории атомов, молекул и физики твердого тела. В четвертом модуле рассмотрены также некоторые элементы квантовой оптики.

- Изложение курса физики в лекциях носит смешанный – индуктивно-дедуктивный характер: после обсуждения опытных данных и разрозненных теоретических положений производится обобщение (индукция), затем описание различных физических явлений дается на основе более общей теории (дедукция). Наличие хорошего лекционного курса физики на ФТФ весьма оправдано: студентам младших курсов нужен опытный и квалифицированный наставник-лектор, ярко выражающий свое отношение ко всем темам курса, ведущий молодых людей через все трудности восприятия современной физики, приучающий их применять математический аппарат к описанию явлений природы.

- Для успешного изучения курса студентами необходимо использовать линейную алгебру и аналитическую геометрию, основы математического анализа функций одной или нескольких переменных и элементы теории функций комплексного переменного, элементы теории обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальных уравнений в частных производных, элементы теории вероятностей. Уровень сложности и разнообразие применяемых математических средств постепенно повышаются по мере знакомства с ними студентов в рамках соответствующих курсов высшей математики; необходимые элементы математического аппарата вводятся и кратко обсуждаются в курсе также и в физическом контексте, что вовсе не дублирует изложение в курсах высшей математики, а демонстрирует органичное возникновение многих математических средств именно из потребностей описания явлений природы и общетехнической практики.

- Все модули курса имеют практическую часть (практические занятия – 136 ч, расчетно-графические работы – 80 ч, физический практикум – 136 ч).

На практических занятиях и в расчетно-графических работах студенты применяют теоретические положения для решения конкретных физических задач, которые подразделяются на следующие типы:

1) качественные задачи – с использованием известных законов дается объяснение физических явлений на языке слов, образов (используются рисунки, схемы, графики);

2) задачи-оценки – на количественные оценки порядков физических величин различных физических явлений (выбирается модель физического явления, на основе зависимостей между физическими величинами производится численная оценка);

3) задачи, требующие при описании физических явлений аналитических вычислений: решения алгебраических, дифференциальных уравнений, использования интегральных законов и т.д.;

4) задачи проблемного, нестандартного характера (рассматривается интересная физическая проблема в комплексе со всеми важными для ее решения частными задачами).

Решение физических задач – очень важная составная часть курса; понимание физики и умение применять физические законы в реальной деятельности инженера-физика во многом определяется его умением решать конкретные физические задачи.

На занятиях физического практикума студенты изучают конкретные физические явления, экспериментально измеряют с помощью приборов физические величины, устанавливают между ними зависимости и т.д. Физический практикум также является неотъемлемой, очень важной составляющей курса в силу того, что физика – наука экспериментальная; владение основными навыками элементарных физических измерений, понимание методик обработки данных измерений – необходимая часть физической культуры современного инженера-физика.

- Для проведения лабораторных занятий используются методические указания, составленные по всем частям физического практикума; контрольные работы, расчетно-графические работы, коллоквиумы и письменные экзамены студенты выполняют с использованием специально разработанных для этой цели письменных заданий.

- Оценка знаний и умений студентов производится с помощью периодически проводящихся контрольных работ; расчетно-графических работ; коллоквиумов с письменными заданиями; письменных экзаменов (в конце каждого семестра), заключающихся в выполнении письменных заданий из 10...20 вопросов и задач; итогового аттестационного письменного экзамена, содержащего 15...20 вопросов-задач по всем разделам курса.

- При прохождении модулей предполагается демонстрировать: фундаментальность, целостность и современность курса физики; разумное и оправданное на младших курсах сочетание индуктивного и дедуктивного подходов; творческое применение математических средств; наконец, что немаловажно, привлекательность курса физики. За прохождением модулей

должен осуществляться непрерывный контроль, концентрированным выражением которого является применение рейтинговой системы.

• При разработке настоящего учебного пособия использовались рекомендации, приведенные в учебном пособии для преподавателей “Как спроектировать учебный процесс по курсу” (Новосибирск, НГТУ, 1999 / Г.Б. Скок и др.).

3. ЦЕЛИ И СТРУКТУРА КУРСА ФИЗИКИ НА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ

Изложенные в предыдущих разделах требования ГОС и принципы построения курса физики определяют его цели, принятые на физико-техническом факультете, и представлены ниже.

ЦЕЛИ КУРСА ФИЗИКИ

Студент должен иметь представление

1. О фундаментальном характере физики и структуре ее основных разделов.
2. О смене естественно-научных парадигм (мировоззрений) в историческом развитии физики.
3. О роли эксперимента в физике и её развитии.
4. Об идеальных моделях, применяемых в различных разделах физики.
5. О границах применимости основных физических теорий: механики Ньютона, специальной теории относительности Эйнштейна, термодинамики и статистической физики, электродинамики и квантовой механики.
6. О математическом аппарате, применяемом в различных разделах физики.
7. О современных ключевых проблемах физики, имеющих решающее значение для её развития, для создания новых технологий и гармоничного сосуществования человека с окружающей природой.

Студент должен знать

8. Определения физических величин и единиц их измерения.
9. Методы измерения основных физических величин.
10. Фундаментальные физические законы, связывающие физические величины.
11. Физические принципы и содержание основных физических теорий.
12. Математические методы, применяемые в различных разделах физики.

Студент должен уметь

13. Выделять главное в учебном тексте по физике и изображать это главное на языке слов, формул и образов.

14. Называть основные физические величины, описывающие явления, устанавливать связь между ними, выражая её аналитически, графически, словами.

15. Излагать основной теоретический материал с объяснением, с приведением примеров, используя при изложении язык слов, формул и образов (графики, рисунки, схемы, чертежи).

16. Применять основные законы и принципы физики в стандартных и сходных ситуациях.

17. Решать типовые задачи, делать простейшие качественные оценки порядков физических величин различных физических явлений.

18. Строить теоретические модели физических явлений, делать при этом необходимые допущения и оценивать область применимости различных моделей.

19. Планировать простые физические эксперименты и выполнять физические измерения.

20. Обрабатывать и оценивать результаты измерений, представлять их в удобной для восприятия форме.

Как видно, цели обучения курсу физики подразделяются на три группы: первая – на уровне общих представлений, вторая – на уровне знаний и, наконец, третья – на уровне общих и общеинженерных интеллектуальных умений.

Принципы построения и цели курса, в свою очередь, определяют структуру курса физики на физико-техническом факультете.

СТРУКТУРА КУРСА ФИЗИКИ НА ФТФ



4. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

В настоящем разделе приведены темы лекционных и практических занятий со ссылками на конкретные цели курса, преследуемые тем или иным занятием. Компоновка тем выполнена в виде блоков – по каждому из модулей для всех указанных видов занятий.

На каждом практическом занятии в аудитории решается несколько задач на заданную тему. На дом задается по три задачи, аналогичных рассмотренным в аудитории.

МОДУЛЬ 1: «МЕХАНИКА, ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ»

Лекции – 68 ч, практические занятия – 34 ч, физический практикум – 34 ч, расчетно-графические задания – 20 ч, индивидуальная работа – 20 ч

Таблица 1

Содержание лекций модуля 1

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
1 – 3, 7, 9	2	Предмет физики. Развитие физики и техники и их взаимное влияние друг на друга. Методы физического исследования. Роль курса физики в техническом вузе. Структура курса, его связь с другими дисциплинами учебного плана
4, 8, 9, 12, 13 – 18	4	Инерциальные системы отсчета, метод координат. Алгебра векторов. Векторы координат, скорости и ускорения. Координатный, векторный и естественный способы описания движения материальной точки. Нормальное и тангенциальное ускорения
2, 3, 5, 11, 13 – 18	2	Пространство и время в механике Ньютона. Преобразования Галилея и их следствия. Принципы относительности Галилея и Эйнштейна. Опыт Майкельсона-Морли
6, 8, 9, 11 13 – 18	4	Постулаты специальной теории относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца и их следствия: относительность одновременности, замедление хода времени движущихся часов, сокращение длины движущихся предметов, закон сложения скоростей
6, 11, 12, 13 – 18	2	Пространство-время специальной теории относительности: понятие о геометрии и пространстве Минковского, причинно-следственная структура событий в этом пространстве. Инварианты преобразований Лоренца: интервал и собственное время. Четырехвекторы
1, 8, 10, 11, 13 – 18	4	Четырехвекторы скорости и импульса, инвариантная масса. Импульс, полная энергия и кинетическая энергия релятивистской частицы. Распады и столкновения релятивистских частиц
2, 5, 10, 11, 13 – 18	2	Импульс в механике Ньютона. Законы динамики Ньютона. Силы в механике. Центр инерции и его закон движения. Движение тела с переменной массой

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
1, 8, 10, 12, 13 – 18	4	Работа и мощность. Теорема о приращении кинетической энергии. Потенциальные силы. Примеры потенциальных силовых полей: поле сил тяготения, поле упругих сил деформации. Связь между силой и потенциальной энергией. Закон сохранения энергии в механике
3, 5, 10, 12, 13 – 18	2	Применение законов сохранения импульса и энергии: распады, упругие и неупругие столкновения частиц в нерелятивистском приближении. Импульсные диаграммы
8, 10, 12, 13 – 18	2	Момент импульса частицы и системы частиц. Законы изменения и сохранения момента импульса. Связь законов сохранения импульса, энергии и момента импульса с симметриями пространства-времени
8, 10, 11, 13 – 18	4	Элементы кинематики вращательного движения твердого тела: векторы элементарного угла поворота, угловой скорости и углового ускорения. Момент импульса твердого тела, основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела
8, 10 – 12, 13 – 18	2	Кинетическая энергия вращательного движения твердого тела. Свободные оси вращения и главные моменты инерции. Свободный симметричный волчок, тяжелый симметричный волчок, гироскопы и их применение
6, 10 – 12, 13 – 18	2	Одномерное движение в потенциальных силовых полях: финитное и инфинитное движения, период финитного движения
4, 6, 11, 12, 13 – 18	2	Проблема двух тел, взаимодействующих посредством центральных сил. Выделение движения центра инерции, описание относительного движения, приведенная масса
1, 6, 11, 12, 13 – 18	2	Задача Кеплера: законы сохранения, качественный анализ движения двух тел, взаимодействующих посредством кулоновских сил. Законы Кеплера, типы орбит в задаче Кеплера
10, 11, 12 13 – 18	2	Движение в неинерциальных системах отсчета. Центробежная и кориолисова силы инерции
4 – 6, 8, 10, 11, 13 – 18	4	Термодинамический и статистический методы описания тепловых свойств вещества. Термодинамическое равновесие. Описание состояния вещества с помощью набора макроскопических параметров: давления, температуры, объема. Статистический смысл абсолютной температуры. Диаграммы состояний. Уравнение состояния идеального газа
1, 4, 8, 10, 13 – 18	2	Работа, теплота и внутренняя энергия. Первое начало термодинамики и его применение к изопроцессам. Теплоемкости при постоянных давлении и объеме. Адиабатический процесс
1, 4, 10, 11, 13 – 18	2	Обратимые и необратимые процессы. Циклический процесс. Анализ идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно. КПД тепловых машин и эффективность холодильных машин
1, 4, 10, 11, 13 – 18	4	Равенство Клаузиуса для обратимых циклических процессов и энтропия – функция состояния вещества. Неравенство Клаузиуса для необратимых циклических процессов. Различные формулировки второго начала термодинамики и их эквивалентность. Неубывание энтропии теплоизолированных термодинамических систем

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
1, 8, 10, 11 – 18	2	Элементы теории вероятностей: вероятность, плотность вероятности, средние величины. Энтропия и вероятность
3, 8, 11, 12 – 18	2	Статистическое распределение Максвелла молекул газа по скоростям. Распределение Максвелла по абсолютным значениям скоростей и по кинетическим энергиям. Опыт Штерна
3, 4, 6, 11, 12 – 18	2	Идеальный газ во внешнем поле, барометрическая формула. Статистическое распределение Больцмана. Опыт Перрена
6, 11, 12, 13 – 18	2	Распределение Максвелла-Больцмана. Закон равнораспределения энергии по классическим степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа
4, 5, 10, 11 – 13	2	Отступления от законов идеальных газов. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса
3, 10, 11, 13 – 18	4	Фазовые переходы. Условия равновесия фаз. Тройная точка. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса
10, 11, 12 13-18	2	Элементарная теория явлений переноса. Вязкость, теплопередача, диффузия

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ МОДУЛЯ 1

Таблица 2

Содержание практических занятий

Часы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента. Решая задачи, студент
2	8 – 10, 14 – 16 ФЛ: в.1, гл. 8; БК: т. I, гл. 2; С: т. I, гл. 1, гл. 11; И1: гл. 1; ДЯ: гл. 1	Метод размерностей и координатный способ описания движений ИЗ1: 1.21, 1.23, 1.24, 1.26, 1.27, 1.29	<ul style="list-style-type: none"> • Определяет физические величины (параметры), которые существенны для описания рассматриваемого физического явления • Используя метод размерностей, устанавливает зависимость требуемой физической величины от существенных параметров • Использует метод координат при координатном описании движений
4	6, 8, 9, 13 – 17 ФЛ: в.1, гл. 8; БК: т. I, гл. 2; С: т. I, гл. 1; И1: гл. 1; ДЯ: гл. 1	Векторный и естественный способы описания движений, нормальное и тангенциальное ускорения ИЗ1: 1.30, 1.34, 1.36, 1.37, 1.38, 1.41	<ul style="list-style-type: none"> • Использует векторную алгебру и анализ при векторном и естественном способах описания движений • Использует координатный и естественный способы описания движений для вычисления нормального и тангенциального ускорений при криволинейных движениях частицы

Часы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента. Решая задачи, студент
2	1 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 2, гл. 15–17; ФЛ: в.6, гл. 25; БК: т. I, гл. 11, 12; С: т. IV, гл. 9; И1: гл. 6; ДЯ: гл. 7	Кинематика специальной теории относительности ИЗ1: 1.369–1.372, 1.377–1.379	<ul style="list-style-type: none"> Используя преобразования Лоренца, анализирует эффекты замедления времени и сокращения масштабов движущихся тел в различных физических процессах Применяет закон сложения скоростей
2	1 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 2, гл. 15 – 17; ФЛ: в. 6, гл. 25; БК: т. I, гл. 11, 12; С: т. IV, гл. 9; И1: гл. 8; ДЯ: гл. 7	Релятивистские импульс, энергия и кинетическая энергия ИЗ1: 1.393–1.399, 1.407–1.411	<ul style="list-style-type: none"> Применяет релятивистские формулы для импульса, энергии и кинетической энергии частиц для описания распадов и столкновений частиц высоких энергий
2	1–5, 8–12, 13–18 ФЛ: в.1, гл.10, 14; БК: т. I, гл. 5, 6; С: т. I, гл. 4; И1: гл. 3, 4; ДЯ: гл. 5	Распад частиц в нерелятивистском приближении ИЗ1: 1.179, 1.186, 1.188	<ul style="list-style-type: none"> Применяет законы сохранения импульса и энергии для анализа процессов распада частиц в нерелятивистском приближении Использует импульсные диаграммы для описания распадов в лабораторной системе (ЛСО) и системе центра инерции (СЦИ)
4	1–5, 8–12, 13– 18 ФЛ: в.1, гл.10, 14; БК: т. I, гл. 5, 6; С: т. I, гл. 4; И1: гл. 3, 4; ДЯ: гл. 5	Упругие и неупругие столкновения частиц в нерелятивистском приближении ИЗ1: 1.184–1.186, 1.189–1.194	<ul style="list-style-type: none"> Применяет законы сохранения импульса и энергии для анализа упругих и неупругих столкновений частиц в нерелятивистском приближении Использует импульсные диаграммы для описания упругих и неупругих столкновений частиц в ЛСО и СЦИ
2	1, 8 – 12, 13 –18 ФЛ: в. 2, гл. 18, 20; БК: т. I, гл. 6, гл. 9; С: т. I, гл. 5, гл. 8; И1: гл. 4, гл.5; ДЯ: гл. 5	Законы изменения и сохранения момента импульса частицы в механике Ньютона ИЗ1: 1.196– 1.199, 1.204 – 1.207	<ul style="list-style-type: none"> Применяет законы изменения и сохранения момента импульса для анализа орбитального движения частиц, планет Анализирует, выполняются ли условия сохранения момента импульса в рассматриваемых задачах
2	1, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл.18,19,20; БК: т. I, гл.6, гл.8; С: т. I, гл.5, гл.7; И1: гл.3, гл.5; ДЯ: гл.4	Динамика вращательного движения твердого тела ИЗ1: 1.262–1.267, 1.270–1.272	<ul style="list-style-type: none"> Применяет основное уравнение динамики вращательного движения твердого тела к анализу динамики вращения твердых тел в различных ситуациях, в том числе и в комбинации с основным уравнением динамики поступательного движения

Часы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента. Решая задачи, студент
4	1, 8–12, 13–18 ФЛ: в.2, гл.18, 19, 20; БК: т.І, гл.6, гл.8; С: т.І, гл.5, гл.8; И1: гл. 3, гл. 5; ДЯ: гл. 4	Момент импульса и энергия вращательного движения твердых тел ИЗ1: 1.255 – 1.261, 1.278 – 1.282, 1.305 – 1.307	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет моменты инерции простейших тел • Применяет закон сохранения энергии в простейших ситуациях, когда необходимо учитывать энергию вращательного движения • Используя законы сохранения импульса, момента импульса и энергии, анализирует движение волчков, сталкивающихся гантелей и т.д.
4	1 – 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 4, гл. 44, 45; БК: т.V, гл. 1, 5; С: т. II, гл. 2, 3; ДЯ: гл. 8, 9, 11	Первое начало термодинамики: анализ изопроцессов, Расчет КПД ИЗ1: 2.28 – 2.31, 4.35 – 2.40, 2.122 – 2.134	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет первое начало термодинамики и уравнение состояния для анализа различных изопроцессов, происходящих с идеальным газом • Рассчитывает КПД различных идеальных циклов с идеальным газом, используя первое начало, уравнения процессов и уравнение состояния
2	1 – 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 4, гл. 44, 45, 46; БК: т.V, гл. 1, 2, 5; С: т. II, гл. 3; ДЯ: гл. 11	Энтропия и вероятность, рост энтропии в теплоизолированных системах ИЗ1: 2.155 – 2.160, 2.164 – 2.170	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет формулу Больцмана, выражающую энтропию через вероятность, для подсчета энтропии различных состояний системы • Вычисляет изменение энтропии в процессах выравнивания, происходящих в условиях теплоизоляции
4	1 – 6, 8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 4, гл.39 – 41; БК: т.V, гл. 6; С: т. II, гл. 5, 6; ДЯ: гл. 10	Распределение Максвелла, распределение Больцмана ИЗ1: 2.89 – 2.105, 2.110 – 2.120	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет распределение Максвелла по скоростям к расчету различных характеристик идеального газа • Применяет распределение Больцмана для вычисления характеристик идеального газа, помещенного во внешнее поле
2	1 – 6, 8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 4, гл. 43; БК: т.V, гл. 8; С: т. II, гл. 7; ДЯ: гл. 10	Явления переноса ИЗ1: 2.255 – 2.260	<ul style="list-style-type: none"> • Анализирует явления переноса – вязкость, диффузию и теплопередачу в простейших физических ситуациях, используя известные выражения для коэффициентов переноса

МОДУЛЬ 2: «ЭЛЕКТРОДИНАМИКА»

Лекции – 68 ч, практические занятия – 34 ч, физический практикум – 34 ч,
расчетно-графическая работа – 20 ч, индивидуальная работа – 20 ч

Таблица 3

Содержание лекций модуля 2

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
1, 5, 8, 11, 12 – 18	2	Релятивистская кинематика. Инварианты преобразований Лоренца. Четырехвекторы скорости, ускорения, плотности электрического тока. Четырехградиент
5, 6, 8, 10, 11, 13 – 18	4	Релятивистское обобщение второго закона Ньютона. Вектор четырехсилы. Смысл различных компонент основного уравнения динамики релятивистской частицы: законы изменения импульса и энергии
1, 4, 10, 11, 13-18	2	Закон сохранения четырехимпульса для системы локально взаимодействующих релятивистских частиц. Распады и столкновения частиц. Импульсные диаграммы
1, 2, 4, 5, 8, 11, 13 – 18	4	Взаимодействия в механике Ньютона: концепция дальнего действия. Взаимодействия в механике специальной теории относительности: концепция ближнего действия. Понятие поля в специальной теории относительности
1, 3, 8, 9, 10, 11, 13 – 18	2	Электрическое и магнитное взаимодействие. Релятивистский характер магнитного взаимодействия заряженных частиц. Сила Лоренца. Напряженности электрического и магнитного полей \vec{E} и \vec{B}
6, 8, 10, 11, 12 – 18	4	Уравнение динамики заряженной частицы в электромагнитном поле. Понятие о тензорных величинах. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для полей \vec{E} и \vec{B} . Инварианты из полей: $\vec{E} \cdot \vec{B} = \text{inv}$ и $\vec{E}^2/c^2 - \vec{B}^2 = \text{inv}$, их применение
10, 11, 12 13 – 18	2	Движение релятивистской заряженной частицы в однородных электрическом и магнитном полях \vec{E} и \vec{B}
6, 12, 13 – 18	2	Скалярные и векторные поля. Математические операции над полями: градиент скалярного поля, дивергенция и ротор векторного поля. Теоремы Стокса и Гаусса-Остроградского
1, 3, 6, 10, 11, 13 – 18	2	Закон Кулона. Принцип суперпозиции для полей \vec{E} и \vec{B} . Уравнения Максвелла о потоке вектора $\vec{E} : \oint \vec{E} d\vec{s} = Q/\epsilon_0$, и о потоке вектора $\vec{B} : \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = 0$. Дифференциальная форма этих уравнений
1, 2, 6, 10, 11, 13 – 18	2	Принцип относительности Эйнштейна и система микроскопических уравнений Максвелла для полей \vec{E} и \vec{B} заряженных частиц в вакууме. Плотность энергии и плотность импульса электромагнитного поля
6, 10, 11, 12 – 18	2	Основные уравнения электростатики – уравнение Пуассона: $\vec{\nabla}^2 \varphi = -\rho/\epsilon_0$ и Лапласа: $\vec{\nabla}^2 \varphi = 0$, простейшие решения этих уравнений

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
6, 10, 11, 12 – 18	2	Методы расчета электростатических полей систем зарядов в вакууме: с помощью уравнения Максвелла о потоке вектора \vec{E} : $\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = Q / \epsilon_0$ (теорема Гаусса) и с использованием принципа суперпозиции
6, 11 – 13 13 – 18	2	Потенциал и электрическое поле диполя. Понятие о мультипольном разложении
8 – 12, 13 – 18	2	Проводники в электрическом поле. Метод изображений как способ расчета электростатических полей. Электроемкость, расчет электроемкостей
8, 9 – 12, 13 – 18	4	Электрическое поле в среде. Поляризация диэлектрика. Векторы $\vec{P}, \vec{E}, \vec{D}$. Диэлектрическая проницаемость. Материальные соотношения для полей в диэлектрических средах. Полярные и неполярные диэлектрики, понятие о пьезоэлектриках и сегнетоэлектриках
8, 10 – 12, 13-18	2	Уравнения электростатики диэлектриков. Граничные условия для полей $\vec{P}, \vec{E}, \vec{D}$. Расчет электростатических полей в средах. Энергия и давление электрического поля в средах
3, 4, 8 – 11 13 – 18	2	Электрический ток, сила тока, плотность тока. Ток в металлах. Закон Ома. Электропроводность жидкостей и газов. Граничные условия при наличии токов в диэлектриках
3, 9 – 11, 13 – 18	2	Электрические цепи. Законы Кирхгофа. Электрические цепи с электроемкостью
1, 8, 10 – 12, 13 – 18	4	Стационарное магнитное поле. Вектор-потенциал \vec{A} магнитного поля. Уравнения магнитостатики. Расчет магнитостатических полей по формуле Био-Савара и с помощью уравнения Максвелла о циркуляции вектора \vec{B} : $\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I$
6, 8, 10 – 12	2	Магнитный диполь и его магнитное поле. Магнитный диполь во внешнем поле
8 – 12, 13 – 18	2	Магнитное поле в среде. Векторы $\vec{M}, \vec{B}, \vec{H}$, магнитная проницаемость. Материальные соотношения для полей в магнитных средах. Парамагнетики, диамагнетики и ферромагнетики
10 – 12, 13 – 18	4	Уравнения для магнитных полей в средах. Граничные условия для полей $\vec{M}, \vec{B}, \vec{H}$. Расчет магнитостатических полей в средах
3, 10 – 13	2	Магнитные цепи. Постоянные магниты
3, 10 – 18	2	Закон электромагнитной индукции Фарадея
8 – 11	2	Энергия магнитного поля. Индуктивность и методы ее расчета. Давление магнитного поля
3, 8, 10, 11, 13 – 18	2	Взаимоиндукция. Цепи переменного тока. Технические применения электромагнитной индукции
10 – 13	2	Квазистационарные электромагнитные явления. Скин-эффект
6, 10 – 12, 13 – 18	2	Процедура усреднения микроскопических полей. Полная система уравнений Максвелла для электромагнитных полей в средах

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ МОДУЛЯ 2

Таблица 4

Содержание практических занятий

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	1 – 7, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 17, в. 6, гл. 25.	Закон сохранения четырехимпульса ИЗ1: 1.402 – 1.410	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет закон сохранения энергии и импульса (четырёхимпульса) к анализу распадов и столкновений релятивистских частиц • Вычисляет энергетические пороги различных реакций с частицами
4	1 – 7, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 17, в. 6, гл. 25.	Распады и столкновения релятивистских частиц	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет импульсные диаграммы при описании распадов и столкновений частиц высоких энергий
2	1, 2, 5, 6, 8 – 18 ФЛ: в.6, гл. 25, 26; БК: т. II, гл. 5; И2: гл. 8, ДЯ: гл. 26	Преобразования Лоренца для полей \vec{E}, \vec{B} ИЗ1: 3.382 – 3.387	<ul style="list-style-type: none"> • Выводит закон преобразования полей \vec{E} и \vec{B} при преобразованиях Лоренца • Применяет инварианты для полей \vec{E} и \vec{B}.
2	3, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл.29; БК: т. I, гл. 4, т. II, гл. 5; С: т. III, гл. 5; И2: гл. 8, ДЯ: гл.23	Движение заряженных частиц в пост. однор. магнитном поле ИЗ1: 3.389 – 3.397	<ul style="list-style-type: none"> • Используя силу Лоренца и основной закон динамики, описывает движение заряженных частиц в однородных электрическом и магнитном полях в нерелятивистском и релятивистском пределах
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.5, гл. 5; БК: т. II, гл. 1; С: т.3, гл. 1; И2: гл.1; ДЯ: гл. 13, 14	Применение уравнения Максвелла о потоке вектора \vec{E} к расчету электростатич. полей ИЗ1: 3.22 – 3.26	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет электростатические поля симметричных распределений зарядов: поля заряженных плоскости, нити, цилиндра, сферы, шара и т. д. • Применяет в ряде случаев и принцип суперпозиции
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 4, 6; БК: т. II, гл.1, 2; С: т. III, гл.1; И2: 1,2; ДЯ: гл. 13	Потенциал и напряженность электростатич. поля ИЗ1: 3.7 – 3.15	<ul style="list-style-type: none"> • Используя принцип суперпозиции, рассчитывает потенциалы и напряженности электростатических полей различных распределений зарядов • Применяет формулу, связывающую потенциал с напряженностью
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 6; С: т. III, гл. 1, И2: гл. 2;	Метод изображений ИЗ1: 3.52 – 3.62	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет потенциал и напряженность электростатического поля различных систем зарядов методом изображений
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 5, 8; БК: т. II, гл. 3, С: т. III, гл. 1, И2: гл. 2	Емкость ИЗ1: 3.103 – 3.108	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет емкости простейших систем проводников

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 10, 11; БК: т. II, гл. 9, С: т. III, гл. 1, И2: гл. 2, 3; ДЯ: гл. 15	Электростатич. поля в диэлектриках ИЗ1: 3.76 – 3.82, 3.90 – 3.94	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет электростатические поля в диэлектрических средах, используя уравнение Максвелла о потоке вектора \vec{D} и граничные условия • Применяет в ряде случаев и метод изображений
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 13, БК: т. II, гл. 4, С: т. III, гл. 2, И2: гл. 5; ДЯ: гл. 19	Законы постоянного тока ИЗ1: 3.164 – 3.169	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет законы Ома и Кирхгофа для расчета токов и напряжений различных электрических цепей
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 13, 14; БК: т. II, гл. 6, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 6; ДЯ: гл. 22	Формула Био-Савара ИЗ1: 3.222 – 3.231, 3.250 – 3.252	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет формулу Био-Савара к расчету магнитостатических полей различных систем токов • Использует принцип суперпозиции для полей
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 13, 14; БК: т. II, гл. 6, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 6; ДЯ: гл. 22	Применение уравнения Максвелла о циркуляции вектора \vec{B} ИЗ1: 3.232 – 3.238, 3.242 – 3.246	<ul style="list-style-type: none"> • Рассчитывает магнитостатические поля симметричных распределений токов с помощью уравнения Максвелла о циркуляции вектора \vec{B} • Применяет в ряде случаев и принцип суперпозиции
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 13, 14; БК: т. II, гл. 10, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 6	Магнитный диполь во внешнем поле ИЗ1: 3.277 – 3.280	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет силу и момент силы, действующие на магнитный диполь во внешнем поле
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 7, гл. 34; БК: т. II, гл. 10, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 7; ДЯ: гл. 22	Магнитное поле в магнетиках ИЗ1: 3.281 – 3.284, 3.288 – 3.292	<ul style="list-style-type: none"> • Рассчитывает магнитостатические поля симметричных распределений токов с помощью уравнения Максвелла о циркуляции \vec{H} • Использует граничные условия для полей
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл. 17; БК: т. II, гл. 7, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 9; ДЯ: гл. 25	Энергия магнитного поля, индуктивность ИЗ1: 3.326 – 3.329, 3.353 – 3.359	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет индуктивности простейших систем • Рассчитывает энергию магнитного поля простейших систем токов

МОДУЛЬ 3: «КОЛЕБАНИЯ, ВОЛНЫ И ОПТИКА»

Лекции – 68 ч, практические занятия – 34 ч, физический практикум – 34 ч,
расчетно-графическая работа – 20 ч, индивидуальная работа – 20 ч

Таблица 5

Содержание лекций модуля 3

Ссылки на цели курса	Ч а с ы	Темы лекционных занятий
1, 8,11, 13 – 18	2	Колебания: свободные, вынужденные, автоколебания. Характеристики колебаний
3, 4, 11, 13 – 18	2	Модель гармонического осциллятора. Математический и физический маятники, электрический колебательный контур, атом Томсонов. Энергетический метод описания колебаний
6, 11, 12, 13-18	2	Затухающие колебания: декремент, добротность; колебательный, критический и апериодический режимы
6, 11, 12, 13 – 18	4	Вынужденные колебания: понятие импеданса, резонанс и добротность
6, 11, 12, 13	2	Графический анализ колебаний с помощью фазовой плоскости
6, 11, 12, 13	2	Общее рассмотрение свободных колебаний. Понятие об анализе нелинейных колебаний
10, 11, 12 13 – 18	2	Колебания в нескольких измерениях. Сложение колебаний. Фигуры Лиссажу
6, 10, 11, 12, 13 – 18	2	Лагранжева и гамильтонова формы механики. Уравнения Лагранжа и Гамильтона простейших колебательных систем
6, 11, 12, 13 – 18	2	Связанные осцилляторы. Нормальные колебания
4, 6, 11, 12 – 18	2	Колебания линейных цепочек тождественных связанных осцилляторов. Предельный переход от дискретных упорядоченных структур к одномерной сплошной среде. Понятие о временной и пространственной дисперсиях
4, 6, 11, 12 – 18	2	Волновые движения, кинематика волн. Одномерное волновое уравнение и его простейшие решения. Волны в упругих средах – на струне и в твердых телах
3, 6, 10 – 12 13 – 18	2	Излучение электромагнитных волн: решения уравнения Д'Аламбера в виде запаздывающих потенциалов
3, 6, 11 – 13	2	Электромагнитное поле вдали от излучателя. Дипольное излучение
4, 6, 10 – 12	2	Плоские электромагнитные волны и их состояния поляризации
10, 11, 12 13 – 18	4	Классическая теория дисперсии электромагнитных волн. Понятие о временной и пространственной дисперсиях электромагнитных волн. Электромагнитные волны в диспергирующих средах: показатель преломления, волновые пакеты и их расплывание. Фазовая и групповая скорости волн

3, 6, 11, 12, 13 – 18	2	Изменение состояний поляризации электромагнитных волн при прохождении анизотропных и гиротропных сред
6, 10, 11, 12 – 18	2	Волновой четырехвектор. Эффект Доплера. Аномальный эффект Доплера и Черенковское излучение
3, 6, 10, 11, 12 – 18	4	Отражение и преломление электромагнитных волн. Случаи ТМ и ТЕ волн. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение, туннельный эффект
1, 3, 6, 10, 11, 12-18	2	Интерференция электромагнитных волн. Понятие когерентности: временная и пространственная когерентности, время и длина когерентности. Анализ интерференционных явлений в простейших интерференционных приборах
1, 3, 6, 10, 11, 12-18	2	Дифракция волн. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса-Френеля
3, 6, 10, 11, 12-18	4	Дифракция электромагнитных волн. Дифракция Френеля: метод зон Френеля. Дифракция Фраунгофера на щели и системе щелей. Понятие о спектральном анализе и голографии
3, 4, 6, 11, 12 – 18	2	Приближение геометрической оптики, критерий геометрической оптики. Принцип Ферма. Соотношение неопределенностей в оптике
6, 8, 10 – 12	2	Явления оптики в пределе малых интенсивностей света – корпускулярно-волновой дуализм
1, 3, 6, 11 12 – 18	2	Электромагнитное излучение в полости с зеркальными стенками. Представление излучения в виде бесконечного набора гармонических осцилляторов. Плотность состояний электромагнитного поля. Закон Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ МОДУЛЯ 3

Таблица 6

Содержание практических занятий

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	1, 3, 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 21, 22; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т.Ш, гл. 1; С: т. I, гл. 6, т. Ш, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Модель гармонического осциллятора ИЗ1: 4.13 – 4.16, 4.18 – 4.24	<ul style="list-style-type: none"> Используя законы физики, описывает свободные колебания простейших колебательных механических и электрических систем Определяет в каждом рассматриваемом случае условия применимости модели гармонического осциллятора

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	1, 3, 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 21, 22; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т.Ш, гл. 1; С: т. I, гл. 6, т. Ш, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Энергетический метод описания колебаний ИЗ1: 4.47 – 4.49	<ul style="list-style-type: none"> • Описывает колебания простейших физических систем с помощью энергетического метода, учитывая все виды энергии системы, определяя условия применимости гармонического приближения
4	1, 3, 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 21, 22; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т.Ш, гл.1; С: т. I, гл. 6, т. Ш, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Затухающие механические и электрические колебания ИЗ1: 4.72 – 4.80, 4.119 – 4.125	<ul style="list-style-type: none"> • Описывает колебания простейших физических систем с учетом сил трения • Вычисляет основные характеристики затухающих колебаний: декремент и добротность
2	1, 3, 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.2, гл. 21, 22 – 24; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т. Ш, гл. 3; С: т. I, гл. 6, т. Ш, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Вынужденные колебания ИЗ1: 4.100 – 4.102, 4.129 – 4.131	<ul style="list-style-type: none"> • Описывает вынужденные колебания простейших физических систем; • Решает дифференциальное уравнение вынужденных колебаний • Вычисляет основные характеристики вынужденных колебаний
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.4, гл. 49, в. 6, гл. 22, 23; БК: т. Ш, гл. 2; С: т. Ш, гл. 10; Ш: т. I, гл. 5	Нормальные колебания систем связанных осцилляторов ИЗ1: 4.64 – 4.67	<ul style="list-style-type: none"> • Получает из уравнений Лагранжа систему дифференциальных уравнений, описывающих колебания • Вычисляет частоты и векторы нормальных колебаний системы
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл. 20; БК: т. Ш, гл. 2; С: т. Ш, гл. 10; Ш: т. I, гл. 5	Нормальные колебания цепочек связанных осцилляторов	<ul style="list-style-type: none"> • Получает из уравнений Лагранжа систему дифференциальных уравнений, описывающих колебания • Вычисляет частоты и векторы нормальных колебаний цепочки
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.4, гл. 47, в. 6, гл. 20; БК: т. Ш, гл. 4; ИЗ: гл. 1; С: т. Ш, гл. 10	Одномерное волновое уравнение ИЗ1: 4.170 – 4.178	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет решения одномерного волнового уравнения для описания одномерных волновых движений различных физических систем
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл. 20, 24; БК: т. Ш, гл. 7; ИЗ: гл. 2; С: т. Ш, гл. 10	Плоские монохроматические электромагнитные волны ИЗ1: 4.221 – 4.228	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет характеристики электромагнитных волн в простейших физических ситуациях
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл. 33; БК: т. Ш, гл. 8; С: т. IV, гл. 5; ИЗ: гл. 6	Состояния поляризации плоских монохроматических электромагнитных волн ИЗ1: 5.170 – 5.178, 5.193 – 5.201, 5.206 – 5.213	<ul style="list-style-type: none"> • Анализирует изменение состояний поляризации электромагнитных волн при прохождении ими анизотропных и гиротропных сред • Вычисляет интенсивность электромагнитных волн, проходящих различные системы скрещенных поляроидов, анизотропных пластинок и оптически активных сред

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
4	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.7, гл. 33; БК: т. III, гл. 4, 5; С: т. IV, гл. 5; ИЗ: гл.3	Отражение и преломление электромагнитных волн ИЗ1: 5.179 – 5.183, 5.184 – 5.188	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет формулы Френеля для анализа отражения и преломления электромагнитных волн на плоской границе раздела двух сред
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл.29; БК: т. III, гл. 9; С: т. IV, гл. 3 ИЗ: гл. 4	Интерференция света ИЗ1: 5.67 – 5.74, 5.80 – 5.86	<ul style="list-style-type: none"> • Анализирует явления интерференции света в различных интерферометрах • Вычисляет интенсивность света и положения максимумов интерференционной картины
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл. 30, БК: т. III, гл.9; С: т. IV, гл. 3; ИЗ: гл. 5	Дифракция Френеля ИЗ1: 5.102 – 5.105	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет метод зон Френеля для анализа явлений дифракции Френеля
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 3, гл. 30; БК: т. III, гл. 9; С: т. IV, гл.4; ИЗ: гл. 5	Дифракция Фраунгофера ИЗ1: 5.125 – 5.133, 5.137 – 5.143	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет интенсивность дифрагированного света при дифракции на щели и системе щелей
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл. 26, 27, 38, С: т. IV, гл. 2;	Предел геометрической оптики, соотношение неопределенности в оптике	<ul style="list-style-type: none"> • С помощью соотношения неопределенностей в оптике анализирует возможные отклонения от геометрической оптики в различных оптических явлениях
2	3 – 6, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл.33, гл. 37, 38, в. 7, гл. 1; БК: т. III, гл. 8; С: т. IV, гл. 5; ИЗ: гл. 6	Явления оптики в пределе малых интенсивностей света	<ul style="list-style-type: none"> • Анализирует прохождение света через систему скрещенных поляризаторов и интерференцию света в пределе очень малых интенсивностей света

МОДУЛЬ 4: «ВВЕДЕНИЕ В КВАНТОВУЮ ФИЗИКУ»

Лекции – 68 ч, практические занятия – 34 ч, физический практикум – 34 ч,
расчетно-графическая работа – 20 ч, индивидуальная работа – 20 ч

Таблица 7

Содержание лекций модуля 4

Ссылки на цели курса	Часы	Темы лекционных занятий
1, 3, 8, 10,11	2	Тепловое излучение: исходные понятия и элементарные законы
3, 10, 11, 13 – 18	2	Термодинамика излучения абсолютно черного тела: давление излучения, уравнение адиабатического процесса. Законы Стефана-Больцмана и смещения Вина
2, 3, 10, 11, 13 – 18	2	Формулы Рэлея-Джинса и Вина. Ультрафиолетовая катастрофа, сравнение с теорией теплоемкости твердых тел. Интерполяционная формула Планка и ее вывод на основе гипотезы о кванте энергии. Вывод законов теплового излучения из формулы Планка
1, 2, 3, 10, 11, 13 – 18	4	Флуктуации энергии электромагнитного излучения в полости. Корпускулярно-волновая природа электромагнитного излучения. Гипотеза светового кванта; фотоэффект, его законы, уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотохимические реакции. Эффект Комптона
1, 2, 3, 8, 9, 13 – 18	4	Предпосылки открытия квантовой механики: дискретные оптические спектры, квантование магнитного и орбитального моментов, гипотеза кванта энергии, гипотеза Луи-де-Бройля о волновой природе материи. Элементы старой квантовой теории: постулаты Бора, условие квантования Бора-Зоммерфельда
1, 2, 4, 5, 6, 10, 13 – 18	4	Стационарные и нестационарные уравнения Шредингера. Операторы координаты и импульса. Гамильтониан. Вероятностная интерпретация волновой функции. Алгебра и соотношение неопределенностей Гейзенберга
2, 3, 4, 5, 6, 11, 13 – 18	4	Квантование, как задача на собственные значения. Простейшие одномерные задачи: частица в потенциальной яме, плоский ротатор. Дискретный и непрерывный спектры, вырождение уровней энергии и четность. Рассеяние частиц на потенциальных ямах и барьерах
6, 10, 11, 12-18	4	Элементы математического аппарата квантовой механики: наблюдаемые, их спектры и собственные волновые функции; состояния квантовомеханических систем и принцип суперпозиции. Операторы физических величин, их спектры и базисы из собственных состояний
1, 2, 10, 11, 12-18	2	Основные постулаты квантовой механики. Эволюция состояний во времени Алгебры Гейзенберга, гармонического осциллятора и углового момента
3, 6, 11, 12 – 18	2	Квантовый гармонический осциллятор: его энергетический спектр, собственные векторы состояний и собственные волновые функции
3, 6, 8, 9, 10 – 18	4	Одновременно измеримые наблюдаемые. Элементы квантовой теории углового момента: собственные значения операторов углового момента, их собственные векторы и собственные волновые функции. Понятие о сферических гармониках

3, 6, 8, 9, 10 – 18	4	Опыт Штерна-Герлаха. Частицы со спином и угловым моментом. Спин-1/2. Прецессия магнитного момента в магнитном поле
4, 6, 10, 11 – 18	4	Квантовая механика систем с несколькими базисными состояниями: молекула аммиака, молекулярный ион водорода, молекула водорода. Аммиачный мазер
6, 10, 11, 12 – 18	4	Атом водорода – постановка и общее рассмотрение Кеплеровой задачи с использованием интегралов движения. Энергетический спектр и волновые функции атома водорода
3, 4, 6, 11, 12 – 18	4	Частица в периодическом потенциале. Модель Фейнмана одномерной решетки. Энергетические зоны в кристаллах
1, 3, 10–12, 13–18	4	Бозоны и фермионы. Квантовые статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Распределение электронов по энергетическим зонам: металлы, диэлектрики, полупроводники. Квазичастицы – электроны и дырки
1, 3, 8, 9 10, 11	12	Полупроводники: электропроводность чистых и примесных полупроводников. Контактные явления в полупроводниках. Элементы теории сверхпроводимости

Темы практических занятий модуля 4

Таблица 8

Содержание практических занятий

Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	1—5, 8 – 12, 13 – 18 С: т. IV, гл. 10; Ш: т. I, гл. VI; ДЯ: гл. 35	Законы теплового излучения ИЗ2: 1.3 – 1.24	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Вина и формулу Планка к описанию теплового излучения различных нагретых тел
2	1—5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл.25; БК: т. IV, гл.4; С: т. V, ч.1, гл.1; Ш: т. I, гл. 9; ДЯ: гл. 36	Энергия и импульс фотона. Фотоэффект, Комптон-эффект. ИЗ2: 1.32 – 1.41, 1.57 – 1.66, 1.71 – 1.75	<ul style="list-style-type: none"> • Решает задачи, в которых необходимо учитывать корпускулярную природу электромагнитного излучения • Анализирует эффект Комптона, применяя закон сохранения четырехимпульса фотона
2	1—5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 3, гл. 37, 38; в. 8, гл. 1; БК: т. IV, гл. 5; С: т.V, ч.1, гл. 3; Ш: т.1, гл.10, ДЯ: гл. 37	Волновые свойства микрочастиц ИЗ2: 2.16 – 2.23, 2.25 – 2.27	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет формулу Луи-де-Бройля к анализу волновых свойств микрочастиц в различных экспериментах по дифракции на кристаллических решетках

2	1—5, 8 – 12, 13 – 18 Ш: т. 1, гл. 8	Элементы старой квантовой теории ИЗ2: 1.120, 1.121	<ul style="list-style-type: none"> Использует постулаты Бора и условие квантования Бора-Зоммерфельда для вычисления энергетических спектров различных микросистем
2	1—5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 9, гл. 14; БК: т. IV, гл. 6,7; С: т.V, ч. 1, гл. 3, 4; Ш: т. 1, гл. 10, 11 ДЯ: гл. 37	Уравнение Шредингера для простейших микросистем. Соотношение неопределенностей ИЗ2: 2.32 – 2.50	<ul style="list-style-type: none"> Согласно известному алгоритму выписывает стационарное и нестационарное уравнение Шредингера различных микросистем Производит оценки порядков различных физических величин известных микросистем
Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	8 – 12, 13 – 18 БК: т. IV, гл. 7, 8; С: т.V, ч. 1, гл. 4; Ш: т. 1, гл. 11; ДЯ: гл. 37	Частица в потенциальной яме ИЗ2: 2.58 –2.71, 2.74 – 2.78	<ul style="list-style-type: none"> С помощью стационарного уравнения Шредингера вычисляет энергетический спектр и волновые функции микрочастицы в потенциальной яме бесконечной и конечной глубины Графически решает соответствующее трансцендентное уравнение
2	8 – 12, 13 – 18 БК: т. IV, гл. 7, 8; С: т.V, ч. 1, гл. 4; Ш: т. 1, гл. 11; ДЯ: гл. 37	Рассеяние частиц на одномерных потенциальных ямах и барьерах ИЗ2: 2.92 – 2.102	<ul style="list-style-type: none"> Используя подходящие решения стационарного уравнения Шредингера, вычисляет коэффициенты прохождения и отражения микрочастиц при их рассеянии на одномерных потенциальных ямах и барьерах
2	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 8, гл. 6, 7;	Квантовые биения ИЗ2: 3.52 – 3.54	<ul style="list-style-type: none"> С помощью нестационарного уравнения Шредингера описывает эволюцию во времени суперпозиции стационарных состояний микросистемы
4	8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.8, гл. 4, 5; С: т. V, ч.1, гл. 5; ДЯ: гл. 39	Состояния спина – 1/2, прецессия магнитного момента электрона ФЗ, к в.8: 5.1, 6.1 – 6.3, 7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> Вычисляет векторы состояний спина $\frac{1}{2}$, используя матрицы Паули С помощью нестационарного уравнения Шредингера описывает прецессию магнитного момента электрона во внешнем магнитном поле
4	3, 4, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 8, гл. 7 – 9	Квантовая механика двухуровневых систем ФЗ, к в.8: 9.1 – 9.3	<ul style="list-style-type: none"> Выписывает модельный гамильтониан двухуровневой системы: иона молекулы водорода, молекулы водорода, молекулы аммиака и т.д. Вычисляет энергетический спектр и векторы состояний, используя стационарное уравнение Шредингера с модельным гамильтонианом решает проблемную задачу об аммиачном лазере

2	3, 4, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.8, гл. 7 – 9	Квантовая механика систем с несколькими базисными состояниями ФЗ, к в.8, 9.4, 9.5	<ul style="list-style-type: none"> • Выписывает модельный гамильтониан системы: иона CO_2^-, молекулы бензола и т.д. • Вычисляет энергетический спектр и векторы состояний, используя стационарное уравнение Шредингера с модельным гамильтонианом
2	3, 4, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 9, гл. 11 ДЯ: гл. 43	Модель Фейнмана одномерной кристаллической решетки ФЗ, к в.9: 11.1 – 11.5	<ul style="list-style-type: none"> • Выписывает модельный гамильтониан одномерной цепочки атомов с одним электроном проводимости • Вычисляет энергетический спектр и векторы состояний модельной системы, используя стационарное уравнение Шредингера
Ча-сы	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы, задачи	Деятельность студента
2	3, 4, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 9, гл. 17; С: т. V, ч. 1, гл. 4 – 6; Ш: т. I, ч. 1, гл. 11; ДЯ: гл. 39	Энергетические спектры водородоподобных атомов, вибрационные и ротационные спектры двухатомных молекул ИЗ2: 5.1 – 5.14, 5.30 – 5.35	<ul style="list-style-type: none"> • Вычисляет энергетические спектры водородоподобных атомов • Получает модельный приближенный гамильтониан двухатомной молекулы • Вычисляет вибрационный и ротационный спектры и соответствующие волновые функции двухатомной молекулы
2	1, 3, 4, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 9, гл. 12; С: т.V, ч.1, гл. 7; ДЯ: гл. 41 – 43	Квантовые статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака ИЗ2: 6.23 – 6.30, 639 – 6.47	<ul style="list-style-type: none"> • Применяет распределение Бозе-Эйнштейна к вычислению характеристик фотонного и фононного газа (тепловое излучение, теплоемкость твердых тел) • Применяет распределение Ферми-Дирака к вычислению характеристик газа электронов и дырок в металлах и полупроводниках

Как уже отмечалось выше, выполнение лабораторных работ физического практикума является важной составляющей при изучении курса физики. Лабораторные работы выполняются раз в две недели в соответствующей лаборатории согласно установленному графику. Каждое лабораторное занятия проводят два преподавателя, каждый из которых работает с половиной группы. Подгруппы, в свою очередь, разбиваются на бригады по два человека. Каждый студент, выполняя лабораторную работу, оформляет обработанные результаты измерений в виде отчета на тетрадных листах формата А4.

Через каждые две недели работы в лаборатории меняются, поэтому очень важно выполнять работы в срок, не создавая задолженностей. В конце

семестра студентам, выполнившим и защитившим все лабораторные работы, проставляется зачет.

В табл. 9 и 10 приведены темы занятий физического практикума, выполняемого студентами первого и второго курсов физико-технического факультета.

Таблица 9

Темы занятий физического практикума
(Первый курс, семестры 1, 2, модули 1,2)

Ссылки на цели курса	Часы	Наименование темы
<i>Модуль 1 «Механика, элементы статистической физики и термодинамики»</i>		
3-5, 8-12, 13-20	4	Вводное занятие: обработка результатов прямых измерений
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 1: Измерение времени упругого столкновения шаров
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 2: Измерение начальной скорости пули с помощью баллистического маятника.
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 3: Изучение динамики вращательного движения маятника Обербека
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 4: Определение момента инерции маятника Обербека
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 5: Определение отношения теплоемкостей c_p/c_v методом Клемана и Дезорма
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 6: Определение коэффициента внутреннего трения (вязкости) жидкости по методу Стокса
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 7: Изучение распределения электронов по энергиям
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 8: Изучение явления дрейфа и диффузии и определение постоянной Больцмана
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 9: Изучение тепловых флуктуаций и определение постоянной Больцмана
Ссылки на цели курса	Часы	Наименование темы
<i>Модуль 2 «Электродинамика»</i>		
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 10: Изучение электрического поля моделированием
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 11: Изучение работы источника питания
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 12: Измерение удельного заряда электрона
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 13: Измерение диэлектрической проницаемости конденсаторного масла

3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 14: Изучение вещества в электрическом поле
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 15: Изучение магнитного поля кругового тока
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 16: Изучение ферромагнетика
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 17: Изучение явления проникновения магнитного поля внутрь проводника
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 18: Изучение поля магнитного диполя

Таблица 10

Темы занятий физического практикума
(Второй курс, семестры 3 и 4, модули 3, 4)

Ссылки на цели курса	Часы	Наименование темы
<i>Модуль 3 «Колебания, волны и оптика»</i>		
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 20: Колебания в системе с двумя степенями свободы
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 21: Изучение сложения колебаний
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 22: Собственные электромагнитные колебания
Ссылки на цели курса	Часы	Наименование темы
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 23: Вынужденные колебания в электрическом колебательном контуре
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 24: Волны на струне
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 30: Измерение поляризуемости молекул воздуха с помощью интерферометра Жамена
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 31: Изучение интерференции света методом колец Ньютона
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 32: Дифракция света на дифракционной решетке и на ультразвуковой волне
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 33: Изучение мод электромагнитного излучения в тонких диэлектрических пленках
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 34: Изучение поляризации света

<i>Модуль 4 «Введение в квантовую физику»</i>		
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 35: Измерение постоянной Планка
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 37: Изучение теплового излучения лампы накаливания
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 41: Исследование эффекта Холла и электропроводности в полупроводниках
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 39: Опыт Франка-Герца и квантование уровней энергии.
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 40: Определение ширины запрещенной зоны полупроводника
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 42: Исследование свойств фоторезистора
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 43: Изучение свойств полупроводниковых термо-резисторов
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 44: Изучение характеристик полупроводниковых диодов
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 50: Взаимодействие β -излучения с веществом
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 51: Определение энергии α -частицы по длине свободного пробега
3-5, 8-12, 13-20	4	Работа № 52: Изучение статистики β -распада

5. Учебная деятельность

В настоящем разделе приведены темы расчетно-графических заданий со ссылками на конкретные цели курса, преследуемые тем или иным заданием. Компоновка тем выполнена в виде блоков – по каждому из модулей для всех указанных видов занятий.

На выполнение каждого расчетно-графического задания отводится три недели. Решенные задачи студент оформляет в отдельной тетради и сдает преподавателю, ведущему практические занятия, на проверку. Оценки по расчетно-графическим заданиям учитываются в каждую контрольную неделю и при сдаче итогового письменного экзамена за семестр.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОДУЛЯ 1

«МЕХАНИКА, ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ»

Таблица 11

Темы и задачи расчетно-графических работ

Номер задания	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы	Номера задач	Сроки выполнения (недели)
1	6, 8-12, 13 – 18 ФЛ: в.1, гл. 8; БК: т. I, гл.2; С: т.I, гл.1; И1: гл.1; ДЯ: гл. 1	Координатный, векторный и естественный способы описания движений	ИЗ1: 1.20, 1.25, 1.28 1.35, 1.42	3 – 4
2	3 – 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.1, гл. 10, 14; БК: т.I, гл. 5, 6; С: т.I, гл. 4; И1: гл. 3, 4; ДЯ: гл. 5	Упругие и неупругие столкновения нерелятивистских частиц	ИЗ1: 1.183, 1.187, 1.188, 1.191, 1.193	5 – 7
3	1 – 5, 8 – 12, 13 – 17 ФЛ: в.2, гл. 15 – 17; в.6, гл. 25; БК: т. I, гл. 11, 12; С: т.IV, гл. 9; И1: гл. 6; ДЯ: гл.7	Кинематика специальной теории относительности	ИЗ1: 1.376, 1.380, 1.383, 1.385, 1.386	8 – 10
4	1 – 5, 8 – 12, 13 – 17 ФЛ: в.2, гл. 15 – 17, в.6, гл. 25; БК: т. I, гл. 11, 12; С: т.IV, гл. 9; И1: гл. 8; ДЯ: гл. 7	Распады и столкновения релятивистских частиц	ИЗ1: 1.400, 1.406, 1.409, 1.410, 1.411	11 – 12
5	1 – 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.4, гл. 44, 45; БК: т.V, гл. 1, 5; С: т. II, гл. 2, 3; ДЯ: гл. 8, 9, 11	Расчет коэффициента полезного действия тепловых машин	ИЗ1: 2.125, 2.127, 2.130, 2.131, 2.133	13 – 15

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОДУЛЯ 2
: «ЭЛЕКТРОДИНАМИКА»**

Таблица 12

Темы и задачи расчетно-графических работ

Но- мер зада- ния	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы	Номера задач	Сроки выпол- нения (недели)
1	3, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл.29; БК: т. I, гл. 4, т. II, гл. 5; С: т. III, гл. 5; И2: гл. 8, ДЯ: гл.23	Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях	ИЗ1: 3.389, 3.390, 3.392 3.393, 3.395	3 – 4
2	8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл. 5 – 7, гл. 10, 11; БК: т. II, гл. 1 –3, гл. 9, С: т. III, гл. 1, И2: гл. 2, 3	Расчет электростатических полей	ИЗ1: 3.41, 3.44, 3.57, 3.85, 3.94	5 – 7
3	8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 5, гл.13, 14, в. 7, гл. 34; БК: т. II, гл. 6, 10; С: т. III, гл. 2, 3, И2: гл. 6,7	Расчет магнитостатических полей	ИЗ1: 3.235,3.239, 3.250, 3.286, 3.287	8 – 10
4	8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл. 17; БК: т. II, гл. 7, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 9	Закон электромагнитной индукции	ИЗ1: 3.317,3.320, 3.328, 3.331, 3.344	11 – 12
5	8 –12, 13 – 18 ФЛ: в. 6, гл. 17, 27; БК: т. II, гл. 7, С: т. III, гл. 3, И2: гл. 9, 10	Энергия электромагнитного поля	ИЗ1: 3.347,3.352, 3.354, 3.359, 3.365	13 – 15

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОДУЛЯ 3
«КОЛЕБАНИЯ, ВОЛНЫ И ОПТИКА»**

Таблица 13

Темы и задачи расчетно-графических работ

Номер задания	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы	Номера задач	Сроки выполнения (недели)
1	3 – 5, 8 – 12, 13 – 17 ФЛ: в.2, гл. 21, 22; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т. III, гл. 1; С: т. I, гл. 6, т. III, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Свободные гармонические колебания простейших физических систем	ИЗ1: 4.25, 4.30, 4.42, 4.68, 4.106, 4.113	3 – 4
2	3 – 5, 8 – 12, 13- 18 ФЛ: в.2, гл. 21 – 24 ; в. 6, гл. 22; БК: т. I, гл. 7, т. III, гл.1, 3; С: т. I, гл. 6, т. III, гл. 10; ДЯ: гл. 27	Затухающие и вынужденные колебания	ИЗ1: 4.83, 4.102, 4.132, 4.133, 4.167, 4.168	5 – 7
3	3 – 5, 8 – 12, 13 – 18 ФЛ: в.3, гл.31, 33, в.7, гл. 32; БК: т. III, гл. 8; С: т. IV, гл. 7; ИЗ: гл. 6; ДЯ: гл. 33, 34	Прохождение света через анизотропные и гиротропные среды	ИЗ1: 5.195, 5.196, 5.197, 5.200, 5.201, 5.206	8 – 10
4	3 – 5, 8 – 12, 13 – 17 ФЛ: в.3, гл.29, 30; БК: т. III, гл. 9; С: т. IV, гл. 3, 4; ИЗ: гл. 4, 5	Интерференция и дифракция света	ИЗ1: 5.72, 5.98, 5.99, 5.108, 5.114, 5.119	11 – 12

**РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ МОДУЛЯ 4
«ВВЕДЕНИЕ В КВАНТОВУЮ ФИЗИКУ»**

Таблица 14

Темы и задачи расчетно-графических работ

Номер задания	Ссылки на цели курса и главы учебников	Темы	Номера задач	Сроки выполнения (недели)
1	3 – 5, 8 – 12, 13 – 17 С: т. IV, гл. 10; Ш: т. I, гл. VI; ДЯ: гл. 35	Тепловое излучение, корпускулярные свойства электромагнитного излучения	1.12, 1.25, 1.37, 1.42, 1.53, 1.73	3 – 4
2	3 – 5, 8 – 12, 13- 18 ФЛ: в. 3, гл. 37, 38; в. 8, гл. 1; БК: т. IV, гл. 5; С: т. V, ч.1, гл. 3; Ш: т.1, гл.10, ДЯ: гл. 37	Волновые свойства микрочастиц	2.10, 2.15, 2.24, 2.29, 2.43, 2.50	5 – 7
3	3 – 5, 8 – 12, 13 – 18 БК: т. IV, гл. 7, 8; С: т. V, ч. 1, гл. 4; Ш: т. 1, гл. 11; ДЯ: гл. 37	Уровни частиц в потенци-альных ямах. Рассеяние частиц на ямах и барьерах	2.72, 2.77, 2.98, 2.103, 2.104, 2.105	8 – 10

6. ПРАВИЛА АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

В течение каждого семестра студенты выполняют по два расчетно-графических задания и две контрольные работы.

Для текущего и итогового контроля успеваемости студентов применяется рейтинговая система.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО ОБЩЕМУ КУРСУ ФИЗИКИ НА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ:

1. С помощью рейтинговой системы проводится непрерывный контроль качества подготовки студентов при изучении ими курса физики.

2. Результаты контроля с использованием рейтинговой системы в конце каждой контрольной недели сообщаются в деканат и студентам.

3. Оцениваются в баллах следующие виды деятельности студентов:

- посещение семинарских занятий и работа на них, выполнение текущих домашних занятий и контрольных работ по темам семинаров – 7 баллов за одну контрольную неделю, 21 балл за семестр;

- выполнение лабораторных работ физического практикума – 7 баллов за одну контрольную неделю, 21 балл за семестр;

- выполнение расчетно-графического задания – 7 баллов за одну контрольную неделю, 21 балл за семестр;

- сдача коллоквиума – 12 баллов за семестр;

- сдача экзамена в сессию – 25 баллов.

Полная максимальная сумма баллов до экзамена, которую может набрать студент, – 75. С учётом экзамена – 100 баллов.

4. По текущим результатам применяющейся рейтинговой системы деканат ФТФ может принять соответствующие меры к неуспевающим студентам.

Сами студенты могут чётко представить себе, как происходит их учёба, в чём им следует подтянуться, на что обратить внимание.

5. Условие допуска к экзамену: необходимо набрать за семестр по всем видам учебной работы, как минимум, 55 баллов (в том числе выполнить и защитить все лабораторные работы физического практикума).

6. Критерии выставяемой на экзамене оценки:

- 90 – 100 баллов – отлично;

- 75 – 90 баллов – хорошо;

- 65 – 75 баллов – удовлетворительно.

Экзамен по курсу общей физики на ФТФ проводится в письменной форме в конце каждого семестра, в сессию. На решение предлагаемого задания отводится четыре часа. К экзамену получают допуск студенты, успешно выполнившие учебный план семестра: 1) проделавшие и защитившие лабораторные работы, получившие по физическому практикуму зачет, 2) посещавшие практические занятия и как минимум,

удовлетворительно решавшие задачи, как в аудитории, так и в домашних заданиях и выполнявшие расчетно-графические задания.

Образцы письменных экзаменационных заданий, которые предлагались студентам физико-технического факультета первого и второго курсов в течение последних десяти лет можно найти в учебном пособии:

Дубровский В. Г. Курс физики. Рабочая программа и примеры заданий. Новосибирск. Изд-во НГТУ, 2003 г.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

7.1. ЛИТЕРАТУРА

7.1.1. ОСНОВНАЯ

7.1.1.1. ФЛ: *Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М.* Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир. – Т. 1-9, 1976-1978 г. (и другие годы издания).

7.1.1.2 БК: *Берклеевский курс физики.* – М.: Наука. – Т. 1-5, 1971-1974. (и другие годы издания).

7.1.1.3. С: *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. – М.: Наука. – Т. 1-5, 1979-1989 гг.

7.1.1.4. И1: *Иродов И.Е.* Основные законы механики. – М.: Высшая школа, 1978.

7.1.1.5. И2: *Иродов И.Е.* Основные законы электромагнетизма. – М.: Высшая школа, 1983.

7.1.1.6. И3: *Иродов И.Е.* Волновые процессы. – М.: Физматлит, 1999.

7.1.1.7. Ш: *Шпольский Э.В.* Атомная физика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы. – Т. 1-2, 1963 г.

7.1.1.8. ДЯ: *Детлаф А.А., Яворский Б.М.* Курс физики. – М.: Высшая школа, 1985 (и последующие годы издания).

7.1.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7.1.2.1. *Матвеев А.Н.* Механика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1985 (и последующие годы издания).

7.1.2.2. *Матвеев А.Н.* Молекулярная физика. – М.: Высшая школа, 1987.

7.1.2.3. *Матвеев А.Н.* Электричество и магнетизм – М.: Высшая школа, 1983.

7.1.2.4. *Матвеев А.Н.* Оптика. – М.: Высшая школа, 1985 г.

7.1.2.5. *Матвеев А.Н.* Атомная физика. – М.: Высшая школа, 1989.

7.1.2.6. *Горелик Г.С.* Колебания и волны. – М.: Физматгиз, 1959.

7.1.2.7. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – М.: Наука, 1976 (и другие годы издания).

- 7.1.2.8. *Калитеевский*. Волновая оптика. – М.: Высшая школа, 1978.
- 7.1.2.9. *Бутиков Е.И.* Оптика. – М.: Высшая школа, 1986.
- 7.1.2.10. *Мешков И.А., Чириков Б.В.* Электромагнитное поле.– Новосибирск: Наука. – Т. 1-2, 1987..
- 7.1.2.11. *Тейлор Э., Уилер Дж.* Физика пространства-времени. – М.: Мир, 1971.
- 7.1.2.12. *Макс Борн.* Атомная физика – М.: Мир, 1970 г. (и др. годы изд.).
- 7.1.2.13. *Ярив А.* Введение в теорию и приложения квантовой механики. – М.: Мир, 1984.
- 7.1.2.14. *Солимар Л., Уолш Д.* Лекции по электрическим свойствам материалов. – М.: Мир, 1991.

6.2. ПЕРЕЧЕНЬ СБОРНИКОВ ЗАДАЧ И МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

7.2.1. СБОРНИКИ ЗАДАЧ

- 7.2.1.1. ИЗ1: *Иродов И.Е.* Задачи по физике. – М.: Наука, 1988 (и последующие годы изд.).
- 7.2.1.2. *Сборник задач по общему курсу физики / Под ред. Д.В. Сивухина.* – М.: Наука. – Т. 1-5, 1976-1981.
- 7.2.1.3. ИЗ2: *Иродов И.Е.* Задачи по квантовой физике. – М.: Высшая школа, 1991.
- 7.2.1.4. ФЗ: *Фейнман Р.* Задачи и упражнения с ответами и решениями. – М.: Мир, 1978 и последующие годы издания.

7.2.2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ ФИЗИКИ

- 7.2.2.1. *Механика и термодинамика:* Метод. руков. к лабораторным работам / Сост. В.Г. Дубровский и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998.
- 7.2.2.2. *Электричество и магнетизм:* Метод. руков. к лабораторным работам / Сост. Корнилович и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998.
- 7.2.2.3. *Колебания и волны.* Метод. руков. к лабораторным работам / Сост. В.Г. Дубровский и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998
- 7.2.2.4. *Невский Ю.Е.* Лабораторный практикум по оптике. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1995.
- 7.2.2.5. *Невский Ю.Е.* Дополнение к учебному пособию “Лабораторный практикум по оптике”, Лабораторные работы № 30, 36. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1999.
- 7.2.2.6. *Корнилович А.А.* Физика твердого тела: Метод. руков. к лабораторным работам. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1997.
- 7.2.2.7. *Кибис О.В., Соколов Ю.В.* Атомная и ядерная физика: Метод. руков. к лабораторным работам. –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1994.

7.2.3. ОПИСАНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ ДЕМОНСТРАЦИЙ

7.2.3.1. *Невский Ю.Е.* Лекционные демонстрации по физике. Часть 1: Механика, молекулярная физика и термодинамика: Метод. руков. для преподавателей. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998.

7.2.3.2. *Невский Ю.Е.* Лекционные демонстрации по физике. Часть 2: Электричество и Магнетизм: Метод. руков. для преподавателей. – Новосибирск: НГТУ, 1998.

7.2.4. КОНСПЕКТЫ ЛЕКЦИЙ

7.2.4.1. *Дубровский В.Г.* Введение в теорию сверхпроводимости. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1993.

7.2.4.2. *Дубровский В.Г.* Элементарное введение в метод обратной задачи и теорию солитонов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1997.

8. Контролирующие материалы для аттестации студентов
Физико-технического факультета
по курсу физики

1 курс, 1 семестр

Пример варианта контрольной работы по механике

1. При горизонтальном полете со скоростью $V = 250$ м/с снаряд массой $m = 8$ кг разорвался на две части. Большая часть массой $m_1 = 6$ кг получила скорость $U_1 = 400$ м/с в направлении полета снаряда. Определить абсолютное значение и направление скорости U_2 меньшей части снаряда.
2. Шар массой $m_1 = 1,0$ кг движется со скоростью $V_1 = 4,0$ м/с и сталкивается с шаром массой $m_2 = 2,0$ кг, движущимся навстречу ему со скоростью $V_2 = 3,0$ м/с. Каковы скорости и направления скоростей шаров U_1 и U_2 после удара? Чему равна скорость центра масс до и после удара? Удар считать абсолютно упругим, прямым, центральным.
3. Альфа частица с кинетической энергией 10 МэВ рассеивается на неподвижном протоне (см. рис.). Угол рассеяния равен 60° . Определить импульс, полученный протоном в результате рассеяния. Масса альфа частицы равна четырем протонным массам и в энергетических единицах равна 3750 МэВ.
4. Гантель, состоящая из двух точечных одинаковых масс m , расстояние между которыми L , движется так, что все время находится в плоскости $'xy'$. Центр инерции гантели движется равномерно и прямолинейно со скоростью V_0 , параллельно оси $'x'$. Траектория, вдоль которой движется центр инерции пересекает ось $'y'$ в точке $x=0; y=|b|$. Угловая скорость вращения гантели ω , гантель вращается по часовой стрелке. Найдите направление и величину вектора момента импульса гантели \vec{L} относительно начала координат, а также полную механическую энергию гантели E . Вычисления проведите для $m=2$ кг, $L=2$ м, $b=10$ см, $\omega=10$ рад/с, $V_0=1$ м/с.
5. Радиоактивное ядро, первоначально находившееся в состоянии покоя, распадается, испуская электрон и нейтрино, которые разлетаются под прямым углом друг к другу. Импульс электрона равен 1.2×10^{-22} кгм/с, импульс нейтрино равен 6.4×10^{-23} кгм/с. Найти: а) направление и величину импульса ядра отдачи; б) кинетическую энергию ядра отдачи, если его масса равна 5.8×10^{-26} кг.

Пример экзаменационного билета

Вопросы

1. Запишите общее выражение для вероятности обнаружить молекулу, находящуюся в потенциальном поле $U(r)$ в заданном объеме пространства. С помощью этого распределения рассмотрите газ в поле тяжести и поясните опыт Перрена по определению числа Авогадро.

2. Дайте одну из возможных формулировок второго начала термодинамики. Сформулируйте теорему Карно о КПД тепловой машины. Выведите КПД цикла Карно для идеального газа.
3. Исходя из второго закона Ньютона, покажите, что при движении тела в гравитационном поле Земли его механическая энергия сохраняется. Получите выражение для механической энергии в этом случае.
4. Покажите, что для любой скалярной функции $f(r)$ выполняется тождество

$$\frac{df(r)}{dt} = \frac{df(r)}{dr} (\vec{r}\vec{v})$$

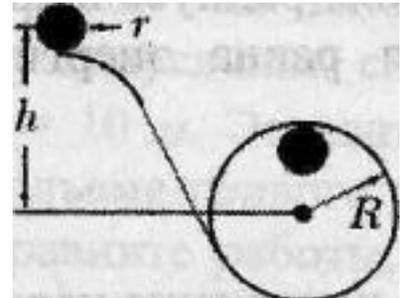
Задачи

1. Релятивистский π^0 -мезон (энергия покоя m_0c^2) распадается на лету на два фотона с энергиями E_1 и E_2 . Найти угол θ между направлениями разлета фотонов.
2. Угол между скоростями двух частиц одинаковой массы m равен 90° . Частицы движутся так, что расстояние между ними увеличивается, а их скорости одинаковы и равны $v=0.6c$, где c -скорость света. Найти: а) относительную скорость частиц; б) кинетическую энергию (в единицах mc^2) одной из частиц в системе отсчета, связанной с другой частицей.
3. Частица движется так, что ее координаты зависят от времени следующим образом: $x(t)=3t^2$, $y(t)=4t^4$. Вычислить в момент времени $t=10$ с: компоненты векторов скорости и ускорения, модуль скорости $|v|$, тангенциальное a_τ и нормальное a_n ускорение. Какой путь прошла частица за 10 с? По какой траектории движется частица?
4. Тело массы $m=2$ кг в момент $t=0$ начинает двигаться из начала координат под действием силы $F=2ti+3t^2j$ Н. В момент времени $t=3$ с найти: а) мощность $P(t)$, развиваемую этой силой; б) работу, совершенную этой силой; в) расстояние тела от начала координат.
5. При столкновении некоторой частицы с неизвестными скоростью v_0 и массой m с первоначально покоившейся частицей массы $m_1=1$ г, скорость частицы m_1 оказалась равной $v_1=3$ м/с. Если же этот эксперимент повторить с первоначально покоившейся частицей массы $m_2=16$ г, то скорость частицы m_2 после столкновения будет равной $v_2=0.5$ м/с. Определить массу m и скорость v_0 налетающей частицы. В обоих случаях налетающая частица имеет одинаковую скорость, и удар является центральным и абсолютно упругим.
6. Вертикально расположенный однородный стержень массы $M=5$ кг и длиной $L=1.5$ м может вращаться вокруг своего верхнего конца. В точку стержня, находящуюся на расстоянии $(2/3)L$ от его верхнего конца попала, застряв, горизонтально летевшая пуля массы $m=10$ г, в результате чего стержень отклонился на угол $\alpha=30^\circ$. Найти скорость летевшей пули.
7. Спутник, вращаясь по круговой орбите радиуса $R=1.5 R_3$ ($R_3=6400$ км-радиус Земли) получает с помощью тормозного двигателя импульс, который направлен вдоль траектории его движения в направлении его скорости. Какую

дополнительную скорость v приобрел спутник, если в результате полученного импульса радиус его орбиты увеличился на 20%?

8. На массивный неподвижный блок в виде цилиндра массой $M=2$ кг и радиуса $R=10$ см намотана легкая нерастяжимая нить к свободному концу которой подвешено тело массой $m=100$ г. В момент $t=0$ систему предоставили самой себе и она пришла в движение. Найти: а) ускорение, с которым будет двигаться тело; б) зависимость от времени момента импульса системы (блок+масса) относительно оси блока.

9. Шар, радиус которого равен r , скатывается по наклонному скату и описывает «мертвую петлю» радиусом R . Пренебрегая трением качения, найдите наименьшую высоту h центра шара над центром петли, при которой это возможно.



1-й курс, 2-й семестр

Пример варианта контрольной работы

Закон Кулона. Напряженность электрического поля

1. Тонкий стержень длиной $l_0=10$ см равномерно заряжен с линейной плотностью $\tau=17$ мкКл/м. На продолжении стержня, на расстоянии $l=20$ см от ближайшего его конца, находится точечный заряд $q=78$ нКл. Найти силу F взаимодействия точечного заряда и стержня.

Основные закономерности электростатического поля

2. Шар радиусом R имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит только от расстояния r от его центра по закону $\rho=ar$, где a - константа. Диэлектрическая проницаемость $\varepsilon=1$ внутри и вне шара. Найти напряженность электрического поля E внутри и вне шара как функцию расстояния r .

Проводники в электрическом поле. Электрическое поле в диэлектриках

3. Две металлические пластины, заряженные зарядами $q_1=5.4$ нКл и $q_2=1.7$ нКл, расположены параллельно друг другу на расстоянии $d=1.5$ мм. Площадь каждой пластины $S=1900$ см². Считая, что линейные размеры пластин несоизмеримо велики по сравнению с расстоянием между ними и их толщиной, найти: а) поверхностные плотности зарядов $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ на обеих сторонах каждой из пластин; б) разность потенциалов U между пластинами.

Емкость. Энергия электрического поля

4. Пластину из эбонита поместили в однородное электрическое поле напряженностью $E_0=1$ кВ/м. Вектор E_0 составляет угол 30° с внешней нормалью к поверхности пластины (см. Рис). Найти: а) плотность связанных зарядов σ' на поверхности пластины; б) объемную плотность энергии w в пластине.

Постоянный электрический ток

5. Лампа накаливания потребляет ток $I=0.5$ А. Температура накаливания вольфрамовой нити лампы диаметром $d=0.1$ мм равна $t=2200^\circ\text{C}$; ток подводится медным проводом сечением $S_1=5$ мм². Найти напряженность электрического поля в меди E_1 и вольфраме E_2 .

Пример экзаменационного билета

Теория

1. Что такое потенциальная энергия и потенциал электрического поля. Как определяются эти величины?
2. Уравнения Максвелла. Необходимость введения тока смещения. Расчет магнитного поля между пластинами плоского конденсатора, по которому течет переменный ток.
3. Электрический ток. Законы Ома и Джоуля- Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Вывод интегральной формы этих законов из их дифференциальной формы.
4. Магнитные свойства вещества. Основные типы магнетиков. Связь молекулярных токов с токами проводимости. Вычисление магнитного поля а также объемного и поверхностного молекулярных токов в сплошном цилиндрическом магнетике с током.

Задачи по электричеству

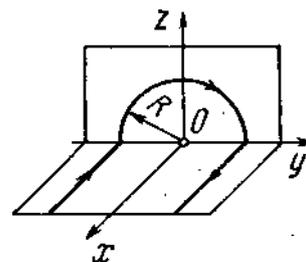
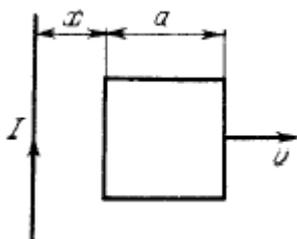
1. Найти напряженность E электростатического поля и его потенциал в центре окружности радиусом r , по которой распределен заряд с линейной плотностью $\tau = \tau_0 \sin \alpha$, где τ_0 - положительная константа (**Рис**). Указать направление поля на рисунке.
2. Две удаленные от остальных тел одинаковые металлические пластины площадью $S = 50 \text{ см}^2$ каждая, находящиеся на расстоянии $d = 1 \text{ мм}$ друг от друга, заряжены: одна зарядом $q_1 = 20 \text{ мкКл}$, вторая $q_2 = -40 \text{ мкКл}$. Найти разность потенциалов $\Delta \phi$ между ними.
3. Первоначально пространство между обкладками плоского конденсатора заполнено воздухом и напряженность поля в зазоре E_0 . Затем половину зазора (см. **Рис**.) заполнили однородным изотропным диэлектриком с проницаемостью ϵ . Найти модули векторов E и D в обеих частях зазора, а также плотность свободных зарядов на пластине σ и плотность связанных зарядов σ' , если при введении диэлектрика напряжение между обкладками не изменялось.
4. Найти емкость системы из двух металлических шариков радиусом a , расстояние между центрами которых b , причем $b \gg a$. Считать, что заряды распределены по поверхности шариков равномерно.

Задачи по магнетизму

5. Имеется два неподвижных контура с взаимной индуктивностью L_{12} . В одном из контуров начали изменять ток по закону $I = at$ где a - постоянная, t - время. Найти закон изменения тока $I_2(t)$ в другом контуре, индуктивность которого L_2 и сопротивление R .
6. Найти величину и направление магнитного поля в точке O петли, по которой течет ток $I = 1 \text{ мА}$. (см. **Рис**.) $R = 10 \text{ см}$. Прямолинейные участки проводника очень длинные.

7. Коаксиальный кабель состоит из внутреннего сплошного и внешнего цилиндров радиусами соответственно $R_1 = 1$ см и $R_2 = 3$ см. По внутреннему цилиндру течет ток силой $I_1 = 3$ А, а вдоль поверхности внешнего цилиндра в противоположном направлении течет ток $I_2 = 2$ А. Найдите напряженность магнитного поля на расстоянии $r_1 = 0.5$ см, $r_2 = 1.5$ см и $r_3 = 5$ см от оси кабеля.

8. Квадратная рамка со стороной a и длинный прямой провод с током I находятся в одной плоскости (рис.). Рамку поступательно перемещают вправо с постоянной скоростью v . Найти ЭДС индукции в рамке как функцию расстояния x .



2-й курс, 3-й семестр

Пример варианта контрольной работы

1. Механическая колебательная система характеризуется логарифмическим декрементом затухания $\lambda = 2.0$. Под действием внешней гармонической силы, амплитудное значение которой не изменяется с частотой, система совершает установившиеся вынужденные колебания. Найти отношение η максимальной амплитуды смещения к амплитуде смещения при очень малых частотах вынуждающей силы.
2. Плоская звуковая волна возбуждается источником колебаний частоты 200 Гц, амплитуда колебаний 4 мм. Скорость звуковой волны принять равной 300 м/с. Написать уравнение волны $\xi(x,t)$, если в начальный момент времени смещение точек источника от положения равновесия максимально.
3. Определить разность фаз колебаний источника волн, находящихся в упругой среде, и точки этой среды, относящийся на 2 м от источника. Частота колебаний 5 Гц, скорость распространения волны 40 м/с.
4. Пусть при сложении двух колебаний одного направления и одинаковой частоты вида $x_1 = a_1 \cos(\omega t - \varphi_1)$, $x_2 = a_2 \cos(\omega t - \varphi_2)$ получается результирующее колебание $x_3 = a_3 \cos(\omega t - \varphi_3)$. Считая заданными две из трех амплитуд колебаний и две начальные фазы, определите неизвестные амплитуду и фазу колебаний: $a_1 = 5$ см, $a_2 = 4$ см, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\varphi_2 = 320^\circ$.
5. Переменное синусоидальное напряжение с амплитудой $U_0 = 180$ В подключено к концам цепи, состоящей из последовательно соединенных конденсатора емкостью $C = 28$ мкФ и катушки с активным сопротивлением $R = 40$ Ом и индуктивностью $L = 0,36$ Гн. Выполните следующие задания: а) составьте дифференциальное уравнение вынужденных колебаний для тока в цепи и для заряда на конденсаторе и

определите собственную частоту контура и коэффициент затухания; б) рассчитайте частоту свободных затухающих колебаний в контуре при выключенной внешней ЭДС. Вычислите логарифмический декремент затухания и критическое сопротивление контура; в) рассмотрите вынужденные колебания и вычислите амплитуду напряжения на индуктивной катушке в точке резонанса.

Пример экзаменационного билета

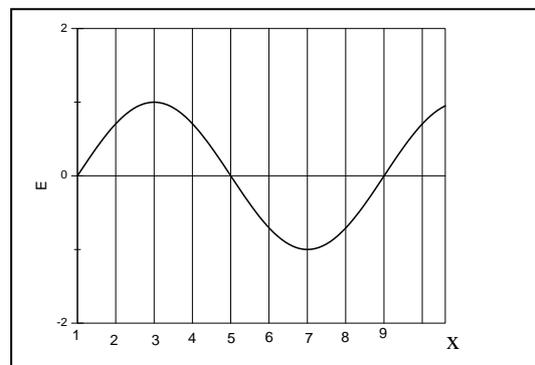
Задачи

1. Частица массой m находится в потенциальном поле $U(x) = \frac{a}{x^3} - \frac{b}{x^2}$, где a и b постоянные. Определить положение устойчивого равновесия и частоту малых колебаний частицы вблизи него. Нарисуйте качественный график зависимости $U(x)$.

2. Амплитуды смещений вынужденных гармонических колебаний при частотах $\omega_1=400$ рад/с, $\omega_2=600$ рад/с равны между собой. Найти частоту ω , при которой амплитуда смещения максимальна.

3. Уравнение бегущей плоской звуковой волны имеет вид $\xi=0.05\sin(1980t-6x)$, где ξ измеряется в [см], t -в [с], x -в [м]. Найти: а) частоту колебаний ν ; б) скорость v распространения волны; в) длину волны λ ; г) амплитуду колебаний и скорости частиц среды; д) среднюю за период плотность энергии волны W ; е) среднюю за период плотность потока энергии волны S . Плотность воздуха $\rho=1.29$ кг/м³.

4. На рисунке изображена зависимость электрической компоненты в стоячей электромагнитной волне от x для момента времени t_0 , когда электрическая компонента во всех точках пространства достигает максимальной величины. Чему равно (нулю или отлично от нуля) мгновенное значение потока энергии через каждую из поверхностей 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 в момент t_0 . Как направлен вектор Пойтинга в интервале $t_0+T/4 < t < t_0+T/2$ (T -период электромагнитной волны) для поверхностей 2, 4, 6, 8?



5. Нарисуйте качественный график зависимости интенсивности от угла при дифракции Фраунгофера. Как изменятся при увеличении ширины щели в два раза: а) высота дифракционных максимумов; б) ширина максимумов; в) ширина минимумов; г) число наблюдаемых минимумов?

6. В некоторой среде связь между групповой $v_{гр}$ и фазовой скоростями $v_{ф}$ имеет вид $v_{гр}v_{ф}=c^2$, где c - скорость света в вакууме. Найти зависимость диэлектрической проницаемости этой среды от частоты волны $\epsilon(\omega)$.

7. На кварцевую пластинку, вырезанную параллельно ее оптической оси, падает линейно поляризованный свет с длиной волны $\lambda=589$ нм. При какой максимальной толщине этой пластинки свет, пройдя ее, испытает лишь поворот плоскости

поляризации? Указание: толщина пластинки не должна превышать 0.5 мм.
 $n_e=1.553$; $n_o=1.544$.

8. В двухлучевом интерферометре (аналог опыта Юнга) в качестве источника излучения используется ртутная лампа, излучение которой состоит из двух компонент: $\lambda_1=576.97$ нм и $\lambda_2=579.03$ нм. Чему равно расстояние между интерференционными максимумами каждой из этих компонент в сотом порядке, если ширина интерференционной полосы $\Delta x=0.2$ мм?

Теоретические вопросы

1. С помощью зон Френеля найдите интенсивность (по отношению к интенсивности падающего излучения I_0) в точке наблюдения, если отверстие в непрозрачном экране перекрывает для точки наблюдения половину первой зоны Френеля.
2. Принцип суперпозиции. Сложение двух колебаний с близкими частотами.
3. Исходя из волнового уравнения, получить волновое уравнение для z- компоненты вектора \mathbf{E} электромагнитной волны, распространяющейся вдоль оси z волновода. Методом разделения переменных решить это уравнение для прямоугольного волновода и найти дисперсионное соотношение $\omega(k)$.
4. Спектральное Фурье- разложение периодических и непериодических функций и соотношение неопределенностей в оптике: а) $\Delta\omega\Delta t \geq \pi$; б) $\Delta k\Delta x \geq \pi$.

2-й курс, 4-й семестр

Пример варианта контрольной работы

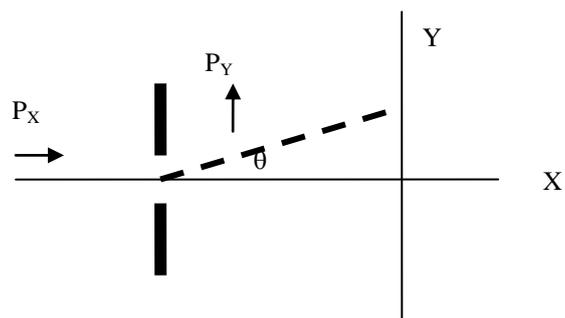
1. Ионы атома гелия облучаются фотонами длиной волны 24 нм. В результате поглощения этих фотонов ионы гелия переходят в возбужденное состояние. Сколько спектральных линий и каких длин волн будет наблюдаться при переходе ионов гелия в основное состояние?
2. В возбужденном состоянии атома водорода волновая функция электрона имеет вид $\psi(r)=(32\pi a^3)^{-1/2}(r/a)\exp(-r/2a)\cos\theta$, где a -первый боровский радиус. Найти: а) наиболее вероятное расстояние между электроном и ядром в направлении $\theta=0$; б) среднее расстояние между электроном и ядром.
3. Атом водорода, двигавшийся со скоростью $v_0=3.26$ м/с, испустил фотон, соответствующий переходу из первого возбужденного состояния в основное. Найти угол между первоначальным направлением движения атома и направлением вылета фотона, если кинетическая энергия атома осталась прежней.
4. Частица массы m находится в некотором одномерном потенциальном поле $U(x)$ в стационарном состоянии, для которого волновая функция имеет вид $\psi(x) = A\exp(-\alpha x^2)$, где A и $\alpha>0$ - заданные постоянные. Имея в виду, что $U(0)=0$, найти с помощью уравнения Шредингера $U(x)$ и энергию E частицы.

5. Атом находится в магнитном поле с индукцией $B=0.3$ Тл. Определить спектральный символ синглетного терма, полная ширина расщепления которого составляет 104 мкэВ.

Пример экзаменационного билета

Теоретические вопросы

1. В чем состоит гипотеза де Бройля о том, что все материальные тела обладают волновыми свойствами? Опишите эксперименты, которые подтвердили волновые свойства частиц, предсказанные де Бройлем.
2. Показать, что в полости, имеющей форму куба объемом V с абсолютно отражающими стенками число собственных колебаний электромагнитного излучения в интервале частот $(\omega, \omega+d\omega)$ равно $dZ_\omega = (V / \pi^2 c^3) \omega^2 d\omega$.
3. Известно, что электронная теплоемкость в металле при комнатных температурах почти в 100 раз ниже классической величины $3R$. Дайте качественное объяснение этому факту. На основе распределения Ферми-Дирака покажите, что электронная теплоемкость пропорциональна температуре.
4. В чем заключается принцип неопределенности Гейзенберга? Какие эксперименты подтверждают этот принцип? Электрон, проходя через узкую щель шириной d , отклоняется в поперечном направлении на угол θ (см. **Рис.**). Как следует из рисунка, этот угол связан с поперечным импульсом электрона p_y по оси y простым соотношением $\text{tg}\theta = p_y/p_x$, где p_x - импульс электрона по оси x . Таким образом, точность определения поперечного импульса электрона p_y , который он приобрел в момент прохождения щели, определяется только точностью измерения угла θ , и не зависит от ширины щели. Не противоречит ли это принципу неопределенности Гейзенберга, согласно которому точность определения p_y ограничена шириной щели: $\Delta p_y d \geq h$, где h - постоянная Планка.



Задачи

1. Электрон находится в двумерной квадратной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Сторона квадрата равна $a=3 \times 10^{-10}$ м. Найти: а) разность энергий между 7-м и 6-м уровнями; б) число состояний, соответствующих каждому из этих уровней.
2. На потенциальную ступеньку высотой $U=0.91$ эВ падает моноэнергетический поток электронов с плотностью потока энергии $J_1=10$ Вт/м². Определить плотность потока энергии электронов J_2 прошедших ступень, если энергия падающих

- электронов равна $E=1$ эВ. *Указание:* плотность потока энергии моноэнергетического пучка равна произведению плотности частиц на их энергию.
3. Частица массы m находится в некотором одномерном потенциальном поле $U(x)$ в стационарном состоянии, для которого волновая функция имеет вид $\psi(x) = A \exp(-\alpha x^2)$, где A и $\alpha > 0$ — заданные постоянные. Имея в виду, что $U(0)=0$, найти с помощью уравнения Шредингера $U(x)$ и энергию E частицы.
 4. Узкий пучок атомов рубидия в основном состоянии пропускают по методу Штерна-Герлаха через поперечное резко неоднородное магнитное поле протяженностью $l_1=10$ см. На экране, отстоящем от магнита на расстоянии $l_2=20$ см, наблюдают расщепление пучка на два. Расстояние между крайними компонентами расщепленного пучка $b=4$ мм. Скорость атомов рубидия равна 500 м/с. Определить силу F , действующую на атомы рубидия.
 5. Вычислить максимальное расщепление ΔE спектрального терма основного состояния атома серы в магнитном поле $B=0.8$ Тл.
 6. Фотон с импульсом $p = 60$ кэВ/с (c — скорость света), испытав комптоновское рассеяние под углом $\theta = 120^\circ$ на покоившемся свободном электроны, вырвал затем из атома молибдена электрон, энергия связи которого $E_{св} = 20,0$ кэВ. Найти кинетическую энергию фотоэлектрона.
 7. Определить с помощью формулы Планка температуру теплового излучения, средняя длина волны которого равна $\langle \lambda \rangle = 2,67$ мкм.
 8. Определить число электронных состояний в 1 см^3 железа в интервале энергий от 0 до 0.5 эВ
 9. Оценить скорость звука в кристалле магния, дебаевская температура которого равна 400 К. Плотность магния 1.74 г/см^3 . Его атомная масса $A=24.305$.
 10. Определить скорость, которую приобрел покоившийся атом водорода в результате излучения фотона при переходе из первого возбужденного состояния в основное. На сколько процентов отличается энергия испущенного фотона от энергии данного перехода?

9. Приложение

НЕСКОЛЬКО ПОЛЕЗНЫХ СОВЕТОВ СТУДЕНТАМ

КАК УЧИТЬ ФИЗИКУ

Прежде всего следует выработать у себя сознательно активное и положительное отношение к предмету, имея в виду при этом, что физика является наиболее фундаментальной из всех естественных наук. Во многих специальных курсах, которые Вам предстоит изучать в дальнейшем, а также

в последующей Вашей инженерной деятельности будут использоваться те же самые физические принципы и законы, поэтому очень важно понять и научиться применять различные концепции и теории, обсуждающиеся уже при изучении физики.

РЕЖИМ УЧЕБЫ

Необходимо поставить для себя изучение физики на регулярную каждодневную основу. Для этого следует руководствоваться программой обучения и графиком учебной работы. Не следует оставлять изучение предмета до сессии, это может привести к нежелательным для Вас результатам и последствиям.

Раз в две недели необходимо готовиться к выполнению лабораторной работы: прочесть по учебнику и конспекту лекций разделы теории по предстоящей работе, сделать на листах формата А4 заготовку для отчета; вывести рабочие формулы и ответить на контрольные вопросы, используя руководство к лабораторным работам.

Раз в неделю нужно готовиться к практическим занятиям: прочесть по учебнику и конспекту лекций необходимые для решения задач разделы курса, разобраться в них, решить домашние задачи.

Очень полезно готовиться и к лекциям. Лекции на ФТФ бывают два раза в неделю. Нужно взять себе за правило перед каждой лекцией прочитывать по конспекту пару предыдущих лекций, а по имеющимся учебникам – разделы, относящиеся как к предыдущей, так и к следующей лекции. Размышляйте, обсуждайте прочитанное с друзьями-студентами, в случае возникающих вопросов обращайтесь к преподавателям: на лекциях, практических и лабораторных занятиях, на специально проводимых для студентов консультациях.

Чтение физической литературы и ее осмысление – очень важная составная часть физического образования. Внушайте себе, что читать хорошую физическую литературу так же интересно и необходимо, как и художественную, при этом Вы знакомитесь с классикой физики. Читайте понемногу, но часто и систематически, это не потребует много времени, но окажется для Вас очень полезным.

Конечно же, у Вас много и других предметов, но при разумной организации учебы всем наукам можно уделить некоторое минимально необходимое время и добиться в целом неплохих результатов. Только делать это следует регулярно. Успешное прохождение учебной программы требует известного напряжения физических и духовных сил и соблюдения режима дня: разумного сочетания бодрствования и сна, сохранения свежести восприятия и мысли. Занимайтесь регулярно спортом, ходите на лыжах и т.д.

КОНЦЕПЦИИ И ПРИНЦИПЫ, ИХ УСВОЕНИЕ

Очень важно понять и усвоить основные концепции, принципы и законы, прежде чем решать определенные задачи, выполнять лабораторные работы. Для хорошего усвоения того или иного раздела необходимо возвращаться к учебникам, конспекту лекций несколько раз, внимательно их перечитывая. Имейте в виду, что лишь немногие люди способны полностью воспринять новый, даже сравнительно простой, научный текст после первого прочтения.

Важно научиться вести конспект лекций, делая записи как можно аккуратнее и подробнее, с рисунками и схемами – это умение со временем приходит. Настраивайте, мобилизуйте себя на максимальное восприятие и отражение в конспекте того, что Вам рассказывают на лекциях. Помните, что лекции, лабораторные работы и практические занятия во многом дополняют изучение физики по книгам, проясняют наиболее трудные вопросы и формируют общеинженерные и общеинтеллектуальные умения.

Простое механическое запоминание текста, уравнений и выкладок еще не означает полного понимания и умения применять основные законы и принципы. Истинное понимание физики приходит и усиливается при условии личной заинтересованности и активности: как от индивидуальных усилий в решении задач и выполнении лабораторных работ, так и от обсуждений проблем с преподавателями и другими студентами на практических, лабораторных занятиях и консультациях.

СТРАТЕГИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Известный американский физик Ричард Фейнман однажды заметил по поводу изучения физики: “Вы ничего не знаете до тех пор, пока не попрактиковались”. Очень важно развить в себе различные практические умения, необходимые для решения широкого круга физических проблем. Так Ваши способности и умения решать задачи являются главным тестом понимания физики, поэтому следует решать самостоятельно как можно больше задач.

Прежде чем пытаться решать конкретные физические задачи, необходимо усвоить соответствующие концепции, принципы и законы. Полезно искать альтернативные решения одной и той же задачи. Не заблуждайтесь в том, что Вы полностью поняли метод решения задачи, разобранный на семинаре в аудитории. Вы должны быть способны самостоятельно решить аналогичную задачу из домашнего задания. Решение задачи должно быть тщательно спланировано. Подробный план особенно полезен, если задача требует для своего решения привлечения нескольких различных концепций. При решении задач полезно придерживаться следующей стратегии:

- нарисовать подходящий рисунок (диаграмму) с соответствующим названием и (если нужно) с координатными осями;
- после осознания того, что спрашивается в задаче, идентифицировать основные используемые в ней физические принципы и законы, перечислив при этом в виде таблицы известные и неизвестные величины;
- установив основные соотношения между входящими в задачу величинами, вывести соответствующие уравнения для определения неизвестных; решить эти уравнения относительно неизвестных величин в символической форме;
- проверить размерность полученного в символической форме ответа, обсудить возможные очевидные предельные случаи полученного результата;
- подставив численные значения известных величин в полученные в символической форме выражения, найти числовые значения неизвестных физических величин.

Решение задач по указанной схеме позволит избежать панических настроений при попытках решить задачу, организует Вашу работу, приучит к необходимой аккуратности, будет способствовать пониманию физических концепций.

Начиная решать задачу, перечитайте ее условие полностью несколько раз до тех пор, пока не убедитесь в понимании того, что в ней спрашивается. Обратите внимание на ключевые слова, помогающие интерпретировать проблему и, возможно, сделать определенные предположения о методе ее решения. Ваша способность адекватным образом интерпретировать вопрос является важной составной частью решения задачи.

Следует выработать в себе привычку аккуратно записывать информацию, представленную в задаче, выясняя при этом, какие величины подлежат вычислению. Полезно составить таблицы известных и неизвестных величин, затем идентифицировать метод решения данной задачи и только после этого браться за ее решение. Важно помнить также о возможных предположениях и ограничениях, лежащих в основе используемой при решении данной задачи теории.

Решение в символической форме представляет собой необходимый этап, позволяющий избежать бессмысленных ошибок и легко проконтролировать весь ход решения задачи. Кроме того, использование решения в символической форме позволяет также мыслить в процессе решения задачи в соответствующих физических терминах и исследовать возможные очевидные частные случаи полученных результатов.

Получение числового ответа – также необходимая часть физической культуры при решении задач. Представление о порядках физических величин очень важно для физика и инженера.