

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А. М. ГОРЬКОГО

ОБЩАЯ ФИЗИКА

Программа курса

Направление 511200 – Математика. Прикладная математика
Специальность 010100 – Математика

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2001

Программа подготовлена
кафедрой математической физики
математико-механического факультета,
согласована с кафедрой общей
и молекулярной физики

Утверждено учебно-
методической комиссией
математико-механического факультета
15 февраля 2001 г.

Составитель А. О. Иванов

<i>Общее количество часов (трудоемкость)</i>	190 час.
в т. ч.:	
лекций	70 час.
практических занятий	35 час.
<i>Отчетность</i>	
зачет	3-й семестр
экзамен	4-й семестр
<i>Контрольные мероприятия</i>	
Контрольные работы	
3-й семестр	1
4-й семестр	1
Коллоквиумы	
3-й семестр	1
4-й семестр	1

ЛЕКЦИИ

Механика

Предмет механики. Основная задача механики.

Кинематика. Основные кинематические характеристики движения материальной точки: система отсчета, координаты, скорость, ускорение. Однородность и изотропность пространства и однородность времени. Поступательное и вращательное движение твердого тела. Равномерное и прямолинейное движение. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Преобразования Галилея.

Динамика. Взаимодействие тел. Понятие силы взаимодействия. Сила тяжести. Гравитационная и инертная массы тела. Импульс

тела. Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Ускорение свободного падения. Вес тела. Невесомость. Движение тела в поле силы тяжести. Сила упругости, закон Гука. Сила трения: трение скольжения и трение покоя, коэффициент трения. Сила сопротивления среды, законы сопротивления Стокса и Ньютона. Электрические и магнитные силы.

Механическая работа, мощность. Кинетическая энергия. Консервативные силы и потенциальная энергия взаимодействия тел. Связь силы и потенциальной энергии. Преобразование энергии при движении тел.

Законы сохранения. Закон сохранения механической энергии тела и системы тел. Сохранение импульса тела и закон сохранения импульса системы тел. Момент импульса тела и момент силы. Изменение момента импульса тела. Закон сохранения момента импульса системы тел. Законы сохранения и свойства пространства и времени. Задача Кеплера.

Общие принципы одномерного движения. Инфинитное и колебательное движения. Условия механического равновесия. Устойчивое, неустойчивое и безразличное равновесие. Механические колебания. Линейный механический осциллятор, гармонические колебания. Затухающие колебания при наличии сил сопротивления. Вынужденные колебания, явление резонанса.

Неинерциальные системы отсчета. Уравнение движения в неинерциальных системах отсчета. Силы инерции при поступательном и вращательном движении.

Релятивистская механика

Скорость света. Скорость света как одна из основных физических постоянных. Скорость света в инерциальных системах отсчета при относительном движении, гипотеза эфира и попытки его обнаружения, опыт Майкельсона. Инвариантность скорости света в вакууме.

Основы специальной теории относительности. Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца для координат и времени. Следствия преобразований Лоренца: правило преобразования скоростей, сокращение длины, замедление интервалов времени. Пространство–время, инвариантность интервала между пространствен-

но-временными событиями. Причинно-следственные связи во Вселенной и относительность одновременности.

Релятивистская динамика. Сохранение импульса и релятивистский импульс. Зависимость массы от скорости движения тела и релятивистское уравнение Ньютона. Энергия и импульс релятивистской частицы, взаимосвязь массы и энергии. Следствия соотношений Эйнштейна: преобразование массы и энергии, дефект масс, ядерные реакции деления и синтеза, частицы с нулевой массой покоя. Движение релятивистской частицы в постоянном продольном и поперечном силовом поле.

Элементы общей теории относительности. Принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс. Отклонение светового луча центрами тяготения, гравитационная масса фотона, искривление пространства. Гравитация и неинерциальные системы отсчета. Модель Большого Взрыва и основные стадии эволюции расширяющейся Вселенной.

Молекулярная физика

Предмет молекулярной физики. Атомно-молекулярное строение вещества. Размеры атомов. Количество вещества. Постулаты молекулярно-кинетической теории. Агрегатные состояния вещества. Модель идеального газа. Статистический и термодинамический методы рассмотрения систем многих частиц.

Статистический метод. Микроскопическое и макроскопическое состояния. Равновесное состояние. Статистический ансамбль. Различие микросостояний и их равновероятность. Средние значения по времени и по ансамблю. Эргодическая гипотеза. Вероятность макросостояния. Равновесное состояние как наиболее вероятное макросостояние. Флуктуации.

Канонический ансамбль. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма. Распределение Максвелла молекул по скоростям. Температура как мера средней кинетической энергии движения молекул. Принцип детального равновесия. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Давление. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов: уравнение состояния идеального газа. Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Температура: термометрическое тело и термометрическая величина,

шкала температур, термодинамическая шкала температур, абсолютный ноль температуры.

Броуновское движение: явление, случайные блуждания, теория броуновского движения. Измерение постоянной Больцмана.

Термодинамический метод. Первое начало термодинамики. Термодинамическая работа. Теплота. Внутренняя энергия. Обратимые и необратимые процессы. Равновесные процессы. Теплоемкость. Соотношение между теплоемкостями идеального газа. Процессы в идеальных газах: изотермический, изохорический, изобарический и адиабатический. Политропический процесс.

Энтропия как термодинамическая функция состояния. Формула Больцмана для энтропии, ее статистическое истолкование. Циклические процессы и коэффициент полезного действия тепловой машины. Цикл Карно. Теоремы Карно. Неравенство Клаузиуса и второе начало термодинамики. Статистический характер второго начала термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Метод термодинамических потенциалов и условия термодинамической устойчивости. Принцип Ле Шателье – Брауна. Выражение свободной энергии через статистическую сумму.

Статистики Максвелла – Больцмана, Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна. Электронный и фотонный газы. Формула Планка.

Фазовые превращения. Силы межмолекулярного взаимодействия. Ионная и ковалентная связь. Силы Ван-дер-Ваальса. Взаимодействие молекул и агрегатные состояния вещества. Экспериментальные изотермы реальных газов и жидкостей. Критическое состояние. Насыщенный пар. Область двухфазных состояний. Фазовая диаграмма вещества. Фазовый переход газ – жидкость. Скрытая теплота фазового перехода. Уравнение Клайперона – Клаузиуса.

Уравнение состояния неидеального газа в форме Ван-дер-Ваальса, эмпирическое обоснование. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Метастабильные и термодинамически неустойчивые состояния. Критические параметры. Закон соответственных состояний. Термодинамические свойства газа Ван-дер-Ваальса. Вириальное уравнение состояния. Уравнение Ван-дер-Ваальса и метод эффективного поля для расчета статистической суммы.

Поверхностное натяжение, механизм его возникновения. Давление над искривленной поверхностью раздела. Капиллярные

явления. Испарение и кипение жидкостей. Давление насыщенного пара. Основные стадии кинетики фазовых переходов I рода. Химический потенциал. Условия равновесия фаз. Диаграммы состояний. Структура жидкостей и твердых тел. Парная корреляционная функция. Ближний и дальний порядок. Кристаллизация и плавление. Полимеры. Жидкие кристаллы. Аморфные вещества.

Явления переноса. Виды процессов переноса: теплопроводность, диффузия, вязкость. Уравнение теплопроводности и диффузии. Времена релаксации. Процессы переноса в газах, жидкостях и твердых телах. Элементы термодинамики необратимых процессов. Термодинамические потоки и силы. Кинетические коэффициенты, соотношения взаимности. Производство энтропии.

Электричество и магнетизм

Электростатика. Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Электрическое поле. Модель распределенного заряда. Напряженность и потенциал электрического поля. Закон Гаусса. Общая задача электростатики, уравнение Пуассона. Энергия системы зарядов и электрического поля. Проводники в электрическом поле. Конденсатор, емкость. Энергия, запасенная в конденсаторе.

Постоянный электрический ток. Перенос заряда и плотность тока. Механизм электрической проводимости. Сопротивление проводников. Закон Ома. Закон Джоуля – Ленца. Электрические схемы и правила Кирхгофа. Рассеяние энергии при прохождении тока. Источники напряжения и закон Ома для полной цепи.

Магнитостатика. Магнитные силы. Сила Лоренца. Поле движущегося заряда. Сила, действующая на движущийся заряд. Определение магнитного поля, его свойства. Векторный потенциал и закон Био – Савара. Эффект Холла. Преобразование электрического и магнитного полей в инерциальных системах отсчета. Уравнения магнитостатики.

Электромагнитная индукция. Рамка, движущаяся в неоднородном магнитном поле. Универсальный закон индукции Фарадея. Правило Ленца. Взаимная индуктивность. Самоиндукция. Закон Ома. Энергия, запасенная в магнитном поле. Закон сохранения электрического заряда и ток смещения. Уравнения Максвелла. Элект-

ромагнитные волны. Шкала электромагнитного излучения. Резонансный контур и переменный электрический ток.

Электрические поля в веществе. Диэлектрики. Моменты распределения зарядов и электрический диполь. Атомные и молекулярные диполи, индуцированные дипольные моменты. Взаимодействие диполей с электрическим полем. Поляризация. Электрическое поле, созданное поляризованным веществом. Конденсатор, заполненный диэлектриком. Диэлектрическая проницаемость вещества. Сторонние и связанные заряды. Уравнения электростатики в веществе.

Магнитные поля в веществе. Диа-, пара- и ферромагнетики. Поле петли с током. Магнитный момент и его взаимодействие с магнитным полем. Орбитальные и спиновые магнитные моменты атомов. Намагниченность вещества. Индукция и напряженность магнитного поля. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Ферромагнетизм. Магнитная запись информации.

Колебания и волны

Гармонический и ангармонический осцилляторы. Физический смысл спектрального разложения. Акустические явления.

Оптические явления. Свет как электромагнитная волна. Отражение и преломление света на границе раздела двух сред. Интерференция света. Дифракция света, дифракционная решетка, дифракция Френеля. Волновая теория эффекта Доплера.

Атомная физика

Дуализм свойств света. Излучение абсолютно черного тела и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза квантов энергии. Формула Планка. Корпускулярные свойства света. Фотоэффект. Эффект Комptonа. Свойства фотонов.

Строение атома. Опыты Резерфорда и планетарная модель атома. Правила квантования Бора. Атом Бора и энергетические уровни. Излучение атомами электромагнитных волн. Опыт Франка – Герца. Спектральные серии. Гипотеза де Бройля и корпускулярно-волновой дуализм. Свойства волн де Бройля и их статистическое истолкование. Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля. Соотношения неопределенности. Волновая функция и уравнение

Шредингера. Прохождение через потенциальный барьер. Квантовая частица в потенциальном ящике, квантование энергии. Теория атома водорода. Квантовые числа и электронные орбитали. Спин электрона и принцип Паули. Строение периодической таблицы химических элементов. Валентность химических элементов и строение внешних электронных оболочек. Оператор Гамильтона, оператор импульса, квантовая механика.

Атомное ядро. Протоны и нейтроны. Ядерные силы и устойчивость атомных ядер. Элементарные частицы и законы сохранения. Изотопы химических элементов. Ядерные реакции. Кварковая теория.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Движение материальной точки в поле силы тяжести. Движение при наличии сопротивления. Релаксация скорости.

Равномерное вращение по окружности. Угловая скорость, центростремительное ускорение, центростремительная сила.

Сила трения скольжения. Движение тела по наклонной плоскости. Блоки. Распределение сил. Статика.

Законы сохранения механической энергии, импульса и момента импульса. Столкновение частиц. Движение с переменной массой.

Осциллирующее движение. Физический и математический маятники. Гармонические колебания. Преобразование энергии. Колебания с сопротивлением. Вынужденные колебания. Резонанс.

Релятивистская механика. Сокрашение длины. Замедление хода часов. Движение релятивистской частицы.

Уравнение состояния идеального газа. Сохранение количества вещества. Идеальный газ с переменной температурой и плотностью. Барометрическая формула.

Распределение Maxwell'a. Частота ударов молекул о стенку. Истечение газа в вакуум. Уносимая энергия. Сопротивление при движении тела в идеальном газе.

Распределение Больцмана. Барометрическая формула. Равновесие атмосферы в гравитационном поле. Электрические диполи в однородном поле. Распределение частиц в центробежном поле.

Первое начало термодинамики. Термодинамические циклы. Тепловая машина. Работа, внутренняя энергия, количество теплоты.

Уравнение Ван-дер-Ваальса. Реальные газы. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Плавление тел и кипение жидкостей.

Закон Кулона. Электрические поля систем зарядов. Использование закона Гаусса и модели распределенного заряда.

Постоянный ток в цепях с сопротивлениями и емкостями. Правила Кирхгофа. Преобразование энергии при прохождении электрического тока.

Вычисление магнитного поля, создаваемого различными системами проводников с током. Закон Био – Савара. Поля колец и катушек.

Движение зарядов в электрическом и магнитном полях. Взаимодействие токов.

Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца и индукционный ток. Самоиндукция и индуктивность катушек.

Цепи переменного тока при наличии сопротивления, емкости и индуктивности. Колебательный контур. Преобразование энергии при прохождении переменного тока.

Корпускулярно-волновой дуализм света. Фотоэффект. Эффект Комптона. Эффект Доплера. Отражение и преломление света.

Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Вероятность обнаружения квантовой частицы.

ПРОГРАММА-МИНИМУМ

1. Законы Ньютона. Сила и потенциальная энергия. Принципы одномерного движения. Осциллирующее движение.

2. Законы сохранения импульса, момента импульса, механической энергии.

3. Постулаты СТО. Взаимосвязь пространства и времени. Следствия преобразований Лоренца.

4. Релятивистский импульс, уравнения движения. Связь массы и энергии, следствия соотношения Эйнштейна.

5. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма. Распределения Максвелла и Больцмана.

6. Уравнение состояния и свойства идеального газа. Абсолютная температура. Равнораспределение энергии по степеням свободы. Броуновское движение.

7. Термодинамическая работа, внутренняя энергия, количество теплоты. I начало термодинамики. Теплоемкость. Тепловые машины. Теоремы Карно.

8. Энтропия. II начало термодинамики. Необратимость тепловых процессов.

9. Изотермы реального газа. Фазовые превращения. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Поверхностное натяжение.

10. Явления переноса, диффузия, теплопроводность, вязкость.

11. Свойства электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электрического поля. Закон Гаусса.

12. Проводники в электрическом поле. Конденсатор. Энергия электрического поля.

13. Электрический ток, плотность тока. Закон Ома и правила Кирхгофа. Закон Джоуля – Ленца. Уравнение сохранения электрического заряда.

14. Магнитное поле, его свойства. Силы Ампера и Лоренца. Связь электрического и магнитного полей. Уравнения магнитостатики.

15. Закон электромагнитной индукции, индуктивность. Уравнения Максвелла, электромагнитные волны.

16. Электрические поля в веществе, поляризация молекул, диэлектрическая проницаемость.

17. Волновые свойства света. Фотоэффект и эффект Комптона. Свойства фотонов.

18. Модель атома Бора, энергетические уровни, излучение атомами электромагнитных волн.

19. Гипотеза де Бройля. Волновая функция. Корпускулярно-волновой дуализм.

20. Уравнение Шредингера. Атом водорода. Электронные уровни. Строение периодической таблицы химических элементов. Валентность химических элементов.

Список литературы

Киттель И., Найт У., Рудерман М. Механика. М.: Наука, 1983.

Матвеев А. Н. Механика и теория относительности. М.: Высш. школа, 1986.

Савельев И. В. Курс общей физики: В 3 т. М.: Наука, 1986–1988.

Матвеев А. Н. Молекулярная физика. М.: Высш. школа, 1983.
Матвеев А. Н. Электричество и магнетизм. М.: Высш. школа, 1983.
Парсель Э. Электричество и магнетизм. М.: Наука, 1983.
Сивухин Д. В. Общий курс физики: В 5 т. М.: Наука, 1974–1989.
Матвеев А. Н. Оптика. М.: Высш. школа, 1985.
Шпольский Э. В. Атомная физика. М.: Наука, 1974.

Учебное издание

Составитель *Алексей Олегович Иванов*

ОБЩАЯ ФИЗИКА

Программа курса

Направление 511200 – Математика. Прикладная математика
Специальность 010100 – Математика

Редактор и корректор В. И. Попова
Компьютерная верстка Н. В. Комардиной

ЛР № 020257 от 22.11.96. Подписано в печать 23.05.2001. Формат 60x84 1/16.
Бумага для множительных аппаратов. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 0,59. Усл. печ. л. 0,69. Тираж 100 экз. Заказ .
Издательство Уральского университета. 620083, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.

Отпечатано в ИПЦ «Издательство УрГУ». 620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.