

КУРС ФИЗИКИ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ИНФОРМАТИКА» В ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВУЗАХ

С. Е. Попов, С. В. Поршнев, С. Э. Потоскуев
Нижегородский государственный педагогический институт

Задачей курса физики является формирование у студентов целостного представления о фундаментальных закономерностях, лежащих в основе физической картины мира и способах описания природных процессов и явлений. Одними из главных профессиональных умений, приобретаемых студентами специальности «Информатика» в процессе изучения курса «Физика», должны быть умения выделять ключевые моменты физических процессов, анализировать характер связей между ними, строить адекватные математические модели. В этой связи необходимо показать модельность наших знаний (физических теорий) о Единой Природе, познакомить с фундаментальными физическими теориями, их основными понятиями, законами и изучаемыми явлениями, дать представление об общей структуре любой физической теории, указать место и значимость физических и математических моделей теории. Особенно важным представляется научить студентов методам построения физических моделей процессов и явлений, сформировать умения переходить от физической модели к математической модели, анализировать математическую модель, оценивать ее адекватность и границы применимости. Знание основ математического анализа, алгебры, теории чисел прежде всего должно служить формированию у студентов, обучающихся по специальности «Информатика», понимания возможностей и ограничений применяемых ими математических методов и алгоритмов, навыков оценивания точности полученных решений и понимания того, как осуществляется численное интегрирование, дифференцирование, аппроксимация, сглаживание, нахождение корней уравнений и т. д.

Структура и содержание курса физики в предложенной программе отражает как классические, так и современные физические теории (в том числе динамика нелинейных процессов и открытых неравновесных систем), учитывает специфику подготовки студентов по специальности «Информатика». При построении программы курса был выбран критерий деления материала по физическим процессам («Механика», «Основы специальной теории относительности», «Электродинамика», «Квантовая физика», «Статистическая физика и термодинамика»). В соответствующих разделах особо выделены темы, в которых рассматриваются колебательные и волновые процессы, что обусловлено общностью колебательных процессов различной природы и методов их изучения.

Преподавание курса физики опирается на взаимосвязь лекций, практических занятий, лабораторного практикума, а также на самостоятельную и индивидуальную работу студентов. Работа на практических и семинарских за-

ниях должна быть направлена на изучение и применение базовых моделей в конкретных условиях протекания явлений или процессов. Лабораторный практикум разделен на две части: «Вычислительный эксперимент» и «Натурный эксперимент». Введение в учебный процесс практикума по вычислительному эксперименту имеет целью привить студенту навык построения физических и математических моделей явлений и процессов, дать возможность на практике реализовать эти модели ПК, проанализировать результаты моделирования и оценить их адекватность.

Программа общей трудоемкостью 324 часа рассчитана на два семестра (3, 4 семестр): лекции – 3 час/нед.; лабораторный практикум: вычислительный эксперимент – 1 час/нед. (компьютерный класс), натурный эксперимент – 1 час/нед. (физическая лаборатория); практические занятия – 2 ч/нед. При уменьшении количества часов в рамках прежнего объема курса можно изменить глубину изложения учебного материала, часть материала можно вынести на семинарские занятия, в лабораторный практикум и на самостоятельную работу.

Студент, изучивший курс «Физика» в педагогическом университете или институте, должен обладать следующими умениями и навыками: владеть научным методом познания, его теоретической, экспериментальной и вычислительной компонентами в их взаимосвязи; иметь представление о фундаментальных физических теориях как о целостной системе, понимать их модельный характер, границы применимости; выделять главное в изучаемом явлении, строить его физическую модель, а по ней и математическую модель; создавать программную реализацию построенной математической модели, анализировать и оценивать адекватность физических и математических моделей явлений и процессов.

Предлагается следующее содержание разделов курса.

Введение

Предмет физики. Теоретическая и экспериментальная физика. Модельный характер физических законов. Фундаментальные физические теории. Принцип соответствия. Структура физической теории.

Механика

Введение. Предмет и задачи классической механики. Механическое движение. Пространство и время. Система координат. Системы отсчёта. Модели механики: материальная точка, твёрдое тело, сплошная среда.

Кинематика. Задачи кинематики. Кинематические характеристики движения: траектория, координата, скорость, ускорение. Уравнения движения. Число степеней свободы. Поступательное и вращательное движения материальной точки и твёрдого тела. Составное движение материальной точки (твёрдого тела). Относительность движения. Закон сложения скоростей.

Динамика. Взаимодействие тел. Сила и момент силы. Инерциальные свойства вещества: инертная масса, момент инерции, плотность. Законы

Ньютона. Принцип суперпозиции. Динамические меры движения: импульс, момент импульса, кинетическая энергия. Меры действия силы: момент силы, работа силы, мощность. Законы сохранения импульса, момента импульса и энергии. Законы сохранения и принципы симметрии пространства и времени. Основная задача динамики. Уравнения поступательного и вращательного движения. Одномерное движение материальной точки. Задача двух тел. Приведённая масса. Движение в гравитационном поле.

Механические колебания и волны. Гармонические колебания. Кинематические уравнения гармонических колебаний. Характеристики колебательного движения: амплитуда, частота, период, фаза, длина волны, волновое число. Уравнение движения свободного линейного гармонического осциллятора. Превращение энергии при колебательном движении. Фазовые траектории. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Вынужденные колебания при наличии трения. Нелинейные колебательные системы. Анализ уравнений движения ангармонического и параметрического осцилляторов. Параметрический резонанс. Автоколебания.

Механические колебания в связанных системах. Суперпозиция колебаний. Понятие о спектральном анализе. Волновое движение. Продольные и поперечные волны. Уравнение плоской бегущей волны. Фазовая и групповая скорости волны. Энергия бегущей волны. Понятие о волновом пакете. Дисперсия волн.

Основы специальной теории относительности

Основные понятия СТО: событие, одновременность, интервал. Принципы СТО. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Энергия, импульс и масса в релятивистской механике. Уравнения движения релятивистской частицы.

Электродинамика

Введение. Предмет и задачи классической электродинамики. Основные модели электродинамики: заряженная частица (точечный заряд), диполь, проводник с током, электростатическое поле, стационарное магнитное поле, электромагнитное поле.

Электростатическое поле. Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Взаимодействие электрических зарядов. Напряжённость и потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции полей. Расчёт и графическое представление электростатического поля системы зарядов. Теорема Остроградского–Гаусса. Энергия электростатического поля. Электроёмкость. Конденсаторы.

Поведение диэлектриков и проводников в электростатическом поле.

Постоянный электрический ток. Носители заряда. Сила тока. Интегральная и дифференциальная формы закона Ома для участка цепи. Сопротивление. Электропроводность. Подвижность носителей заряда. Закон Ома для замкнутой цепи. Закон Джоуля – Ленца.

Стационарное магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Законы Ампера и Био–Савара–Лапласа. Закон полного тока. Вихревой характер магнитного поля. Расчёт и графическое представление магнитных полей.

Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Сила Лоренца. Уравнения движения зарядов и анализ их решения.

Квазистационарное электромагнитное поле. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца.

Цепи переменного тока. Емкость и индуктивность в цепи переменного тока. Основные уравнения цепей переменного тока. Превращение энергии в колебательном контуре. Аналогия электромагнитных и механических колебаний.

Электромагнитное поле. Система уравнений Максвелла. Ток смещения. Уравнение электромагнитного поля в вакууме и его решения. Электромагнитная волна. Энергия электромагнитной волны. Вектор Умова-Пойнтинга.

Оптика. Шкала электромагнитных волн. Геометрическая оптика. Принцип Ферма. Законы геометрической оптики.

Волновая оптика. Явления интерференции и дифракции. Естественный и поляризованный свет. Оптическая анизотропия. Нормальная и аномальная дисперсия. Поглощение и рассеяние света.

Понятие о нелинейной оптике. Самофокусировка.

Квантовая физика

Введение. Предмет изучения и задачи раздела курса. Основные модели квантовой физики: фотон, волна де Бройля, модели атома и ядра.

Корпускулярно-волновой дуализм природы света.

Основы квантовой механики. Гипотеза де Бройля. Соотношения неопределённостей и принцип дополнительности. Волновая функция. Вероятностное описание явлений микромира.

Стационарное уравнение Шредингера. Свободная частица в потенциальной яме. Сплошной и линейчатый спектры. Квантовый линейный гармонический осциллятор.

Нестационарное уравнение Шредингера. Туннельный эффект.

Элементы физики атомов и молекул. Спектр водородоподобного атома. Квантовые числа и правила отбора. Спин электрона. Принцип Паули. Электронные оболочки атома. Периодическая система элементов.

Тождественность микрочастиц. Фермионы и Бозоны.

Спонтанное и вынужденное излучение. Инверсная заселённость, лазеры.

Физика атомного ядра и элементарных частиц. Состав и характеристики ядра. Масса и энергия связи. Модели ядра. Ядерные силы. Явление радиоактивности. Ядерные реакции.

Элементарные частицы. Основы их классификации.

Статистическая физика и термодинамика

Введение. Макросистемы. Два метода изучения макросистем. Задачи Термодинамики и Статистической физики. Основные модели: термодинамическая система, идеальный газ, квазичастица.

Теория равновесного состояния.

Состояние теплового равновесия. Температура.

Основы Статистической физики. Микро- и макросостояния системы. Функция распределения. Макроскопические величины как средние по микросостояниям. Флуктуации. Способы описания микросостояний. Микроканоническое и каноническое распределения Гиббса. Энтропия. Соотношение Больцмана. Квазиклассическое приближение.

Феноменологическая и статистическая термодинамика. Термодинамическая система. Параметры и уравнения состояния. Первый закон термодинамики, его статистическое обоснование. Изопроцессы. Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики как принцип эволюции для замкнутых систем. Тепловая теорема Нернста – Планка. Границы применимости классической термодинамики.

Основы метода термодинамических потенциалов. Химический потенциал.

Применение методов Статистической Термодинамики. Идеальный газ. Уравнения состояния. Распределение Максвелла. Основное уравнение МКТ. Распределение Больцмана. Классическая теория теплоёмкостей. Квантовая теория теплоёмкостей двухатомных газов.

Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Строение и свойства жидкостей и твёрдых тел. Условия равновесия фаз. Фазовые переходы.

Элементы квантовой статистики. Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна. Критерий вырождения газа. Поведение Ферми и Бозе газов при низких температурах. Свободные электроны в металлах. Равновесное электромагнитное излучение.

Понятие о квазичастицах. Сверхтекучесть. Сверхпроводимость.

Основы неравновесной термодинамики.

Локальное равновесие. Производство энтропии. Термодинамические потоки и силы. Кинетические коэффициенты. Явления переноса. Соотношения взаимности Онсагера. Критерий эволюции для открытых систем. Диссипативные структуры. Процессы самоорганизации.

Планета Земля как сильно неравновесная система.

Самоорганизация и информация.

Заключение

Современные представления о естественнонаучной картине мира.

5. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

5.1. Вычислительный эксперимент

1. Возможности и ограничения вычислительного эксперимента.
2. Кинематика материальной точки. Закон сложения скоростей.

3. Законы сохранения. Моделирование движения в гравитационном поле.
4. Расчёт моментов инерции твёрдых тел.
5. Классический гармонический осциллятор.
6. Моделирование движения маятника с колеблющейся точкой подвеса.
7. Цепочка связанных осцилляторов. Продольные и поперечные волны.
8. Модель электростатического поля.
9. Магнитное поле диполя, соленоида, тороида.
10. Моделирование движения заряженной частицы в электрическом и магнитном поле.
11. Моделирование явления интерференции. [Опыт Юнга, условия наблюдения максимумов и минимумов, интерференция в тонких плёнках].
12. Моделирование явления дифракции. [Метод зон Френеля, дифракция в параллельном пучке, анализ спектра дифракционной решётки].
13. Моделирование самофокусировки волновых пакетов.
14. Частица в потенциальной яме. Спектр квантового гармонического осциллятора.
15. Динамика туннельного эффекта для волновых пакетов.
16. Моделирование колебательного движения двухатомных молекул (классический и квазиклассический подходы).
17. Динамика систем, состоящих из большого числа частиц.
18. Модель динамического хаоса. Аттракторы.

5.2. Натурный эксперимент

1. Изучение ошибок измерений (и методов обработки результатов измерений при анализе стрельбы из баллистического пистолета).
2. Изучение движения тел в вязкой жидкости.
3. Изучение колебаний пружинного маятника.
4. Построение эквипотенциальных поверхностей и силовых линий электростатического поля.
5. Экспериментальная проверка закона Ома для цепи постоянного тока.
6. Изучение магнитного поля Земли.
7. Исследование электромагнитных колебаний в LC – контуре.
8. Определение фокусных расстояний тонких линз.
9. Изучение явления поляризации света.
10. Исследование спектров поглощения.
11. Изучение законов внешнего фотоэффекта. Определение постоянной Планка.
12. Экспериментальная проверка закона Стефана – Больцмана.
13. Изучение спектра атома водорода.
14. Экспериментальная проверка закона радиоактивного распада.
15. Изучение распределения термоэлектронов по скоростям.
16. Изучение распределения частиц в поле силы тяжести.

17. Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.
18. Измерение изменения энтропии в изолированной системе. Определение удельных теплоёмкостей твёрдых тел калориметрическим методом.
19. Измерение изменения энтропии в неизолированной системе.
20. Определение коэффициентов поверхностного натяжения жидкостей.
21. Определение коэффициентов линейного теплового расширения твёрдых тел.
22. Изучение работы термопары. Экспериментальная проверка эффекта Зеебека.
23. Изучение эффекта Холла.
24. Изучение явлений самоорганизации: ячейки Бенара, вихри Тейлора.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА ПРАКТИЧЕСКИХ И СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Кинематические уравнения движения.
2. Составное движение материальной точки.
3. Основное уравнение динамики (законы Ньютона).
4. Законы сохранения.
5. Одномерное движение материальной точки.
6. Гармонические колебания. Осциллятор.
7. Колебания в упругих средах.
8. Нелинейные колебательные системы.
9. Уравнения движения релятивистской частицы.
10. Заряд. Электростатическое поле, его характеристики.
11. Взаимодействие зарядов. Принцип суперпозиции.
12. Законы постоянного тока.
13. Магнитное поле, его характеристики.
14. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.
15. Колебательный контур.
16. Законы геометрической оптики.
17. Волновые свойства света.
18. Распространение света в веществе.
19. Квантовые свойства света.
20. Волна де Бройля. Соотношения неопределённостей.
21. Частица в потенциальной яме. Квантовый осциллятор.
22. Спектр атома водорода.
23. Масса и энергия связи ядра. Закон радиоактивного распада.
24. Термодинамическая система. Идеальный газ. Параметры и уравнения состояния.
25. Классическая статистика идеального газа.
26. Теория теплоёмкостей.
27. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

28. Свойства жидкостей и твёрдых тел.
29. Квантовые статистики идеального газа.
30. Явления переноса.

Литература

1. Савельев И. В. Курс физики. Т. 1–5. М.: Наука, 1993–1998.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 1–5. М.: Наука, 1983–1990.
3. Трофимова Т. И. Краткий курс физики. М.: Высшая школа, 2000.
4. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Т. 1–2. М.: Мир, 1990.
5. Куинн С. Вычислительная физика. М.: Мир, 1992.
6. Иродов И. Е. Задачи по общей физике. М.: Бином, 1998.
7. Лабораторный практикум по общей физике: Учебное пособие для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов / под ред. Е. М. Гершензона, Н. Н. Маслова // М.: Просвещение, 1985.

СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лаборатория по механике.
2. Лаборатория по молекулярной физике.
3. Лаборатория по электричеству.
4. Лаборатория по оптике.
5. Демонстрационный кабинет.
6. Компьютерный класс.
7. Программное обеспечение: пакеты для математических вычислений Math-CAD, Matlab, Maple, Mathematica.

В качестве базовых лабораторий для проведения натурального эксперимента в 3 семестре предполагается использовать лаборатории оптики, а в 4 семестре лабораторию молекулярной физики.

Программа составлена в соответствии с Государственными требованиями к образовательному минимуму содержания основной образовательной программы для естественных направлений и специальностей высшего педагогического образования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ю. Н. Егорова

Марийский государственный технический университет

На современном этапе перехода от компьютерной грамотности к информационной культуре первоочередной задачей студентов становится приобретение навыков использования информационных технологий (ИТ). Внедрение ИТ в образовательную систему дает возможность организовать процесс познания, поддерживающий деятельностный подход к учебному процессу, ин-