

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физики

ФИЗИКА

Учебно-методический комплекс

В трех частях

Часть 3

Минск
БГАТУ
2011

УДК 53(07)
ББК 22.3я7
Ф 50

*Рекомендовано научно-методическим советом
агроэнергетического факультета БГАТУ.
Протокол № 3 от 14 декабря 2010 г.*

Составители:

кандидат физико-математических наук *В. А. Чернявский*,
доктор физико-математических наук, доцент *В. Р. Соболев*,
кандидат физико-математических наук, доцент *В. П. Дымонт*,
кандидат технических наук, доцент *П. Н. Логвинович*,
кандидат физико-математических наук, доцент *И. Т. Неманова*,
кандидат физико-математических наук, доцент *Е. П. Чеченина*,
кандидат физико-математических наук, доцент *Г. М. Чобот*

Рецензенты:

кандидат физико-математических наук,
доцент Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь
А. В. Ильюшонков;
кандидат физико-математических наук, доцент Государственного
научно-производственного объединения «Научно-практический центр
НАН Беларуси по материаловедению» *Б. В. Корзун*

Физика : учебно-методический комплекс. В 3 ч. Ч. 3 /
Ф50 В. А. Чернявский [и др.]. — Минск : БГАТУ, 2011. — 456 с.
ISBN 978-985-519-437-9.

Издание представляет собой третью часть учебно-методического комплекса по дисциплине «Физика». Содержит три модуля: модуль 7 «Электромагнитные волны. Волновая оптика»; модуль 8 «Квантовая природа электромагнитного излучения. Элементы атомной физики и квантовой механики»; модуль 9 «Элементы квантовой статистики и зонной теории твердых тел. Элементы физики атомного ядра». Каждый модуль представляет собой логически завершенную единицу и состоит из следующих разделов: комплексная цель; базовые проблемы модуля; учебно-информационная модель; основной научно-теоретический материал; дополнительный научно-теоретический материал; материалы к лекциям; материалы для управляемой самостоятельной работы студентов; материалы к практическим занятиям; образец контрольного задания для проверки результатов обучения.

Предназначено для студентов агротехнических специальностей.

УДК 53(07)
ББК 22.3я7

ISBN 978-985-519-437-9

© БГАТУ, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

МОДУЛЬ 7. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

1. КОМПЛЕКСНАЯ ЦЕЛЬ МОДУЛЯ	10
2. БАЗОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДУЛЯ	12
3. УЧЕБНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОДУЛЯ	14
4. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	16
4.1. СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ.....	16
4.1.1. НОВЫЕ ПОНЯТИЯ	16
4.1.2. ПОНЯТИЯ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ	20
4.2. ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	21
4.2.1. ВОЛНОВОЕ ДВИЖЕНИЕ.....	21
4.2.1.1. Уравнение плоской волны.....	24
4.2.1.2. Волновое уравнение	27
4.2.1.3. Решение волнового уравнения	28
4.2.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	29
4.2.2.1. Волновое уравнение для электромагнитных волн.....	31
4.2.2.2. Плоская электромагнитная волна	34
4.2.2.3. Объемная плотность энергии электромагнитного поля. Вектор Умова–Пойнтинга.....	34
4.2.2.4. Энергия электромагнитной волны.....	36
4.2.3. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА.....	38
4.2.3.1. Условия наблюдения интерференции для монохроматиче- ских волн	38
4.2.3.2. Оптическая длина пути.....	40
4.2.3.3. Условия интерференционных максимумов и минимумов...	41
4.2.3.4. Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников	42
4.2.3.5. Способы получения интерференционной картины	44

4.2.4. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	47
4.2.4.1. Принцип Гюйгенса–Френеля.....	47
4.2.4.2. Зоны Френеля. Дифракция Френеля на простейших препят- ствиях	50
4.2.4.3. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка	57
4.2.4.4. Дифракция рентгеновских лучей	65
4.2.5. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА	68
4.2.5.1. Естественный и поляризованный свет.....	68
4.2.5.2. Поляризация при преломлении и отражении света	71
4.2.5.3. Двойное лучепреломление.....	73
4.2.5.4. Искусственная оптическая анизотропия.....	78
4.2.5.5. Вращение плоскости поляризации.....	80
4.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ.....	84
4.3.1. КОГЕРЕНТНОСТЬ СВЕТОВЫХ ВОЛН	84
4.3.2. ПРИНЦИП ГОЛОГРАФИИ.....	86
5. МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ	91
5.1. МАТЕРИАЛЫ К ЛЕКЦИЯМ	91
5.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	95
5.2.1. ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН	95
5.2.2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ.....	96
5.2.3. ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯВЛЕНИЯ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА.....	101
5.3. МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	106
5.3.1. УПРУГИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ	106
5.3.2. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА	113
5.3.3. ДИФРАКЦИЯ СВЕТА	123
5.3.4. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА.....	135
6. ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	141

МОДУЛЬ 8а. КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

1. КОМПЛЕКСНАЯ ЦЕЛЬ МОДУЛЯ	144
2. БАЗОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДУЛЯ	145
3. УЧЕБНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОДУЛЯ	146
4. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	147
4.1. СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ.....	148
4.1.1. НОВЫЕ ПОНЯТИЯ	147
4.2. ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	150
4.2.1. КВАНТОВАЯ ПРИРОДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	150
4.2.1.1. Тепловое излучение и его основные характеристики. Абсолютно черное тело и законы его теплового излучения	150
4.2.1.2. Квантовая гипотеза. Формула Планка и ее связь с законами Стефана–Больцмана и Вина.....	159
4.2.1.3. Элементы квантовой оптики. Энергия, масса, импульс фотона. Давление света с точки зрения квантовой теории	162
4.2.1.4. Эффект Комптона. Корпускулярно-волновой дуализм света (излучения)	165
4.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ.....	170
4.3.1. ВНЕШНИЙ ФОТОЭФФЕКТ И ЕГО ЗАКОНЫ.....	170
4.3.1.1. Законы внешнего фотоэффекта.....	170
4.3.1.2. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта	171
4.3.1.3. Световая и вольтамперная характеристики фотоэффекта. Определение постоянной Планка с помощью внешнего фотоэф- фекта	173
5. МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....	176
5.1. МАТЕРИАЛЫ К ЛЕКЦИИ	176
5.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	179
5.3. МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	185
6. ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ	194

МОДУЛЬ 8б. ЭЛЕМЕНТЫ АТОМНОЙ ФИЗИКИ И КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

1. КОМПЛЕКСНАЯ ЦЕЛЬ МОДУЛЯ	196
2. БАЗОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДУЛЯ.....	198
3. УЧЕБНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОДУЛЯ.....	200
4. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ	201
4.1. СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ.....	201
4.1.1. НОВЫЕ ПОНЯТИЯ.....	201
4.1.2. ПОНЯТИЯ ДЛЯ ПОВТОРЕНИЯ	204
4.2. ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ	205
4.2.1. ТЕОРИЯ БОРА ДЛЯ АТОМА ВОДОРОДА	205
4.2.1.1. Спектр атома водорода. Опыты Резерфорда. Ядерная модель атома.....	205
4.2.1.2. Постулаты Бора. Опыты Франка и Герца.....	212
4.2.1.3. Атом водорода и водородоподобные системы по теории Бора	216
4.2.2. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	221
4.2.2.1. Гипотеза де Бройля. Опыты, подтверждающие волновую природу микрочастиц	221
4.2.2.2. Волновая функция микрочастицы.....	227
4.2.2.3. Уравнение Шредингера.....	230
4.2.2.4. Соотношение неопределенностей	233
4.2.2.5. Частица в прямоугольной потенциальной яме.....	237
4.2.2.6. Квантовомеханическое описание атома водорода. Волновая функция электрона. Квантовые числа	245
4.2.2.7. Орбитальный момент импульса и орбитальный магнитный момент электрона в атоме водорода.....	255
4.2.2.8. Опыты Штерна и Герлаха. Спин электрона	262
4.2.2.9. Многоэлектронные атомы. Периодическая система эле- ментов	269
4.2.2.10. Понятие явлений магнитного резонанса.....	273
4.2.3. ОПТИЧЕСКИЕ КВАНТОВЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ	274
4.2.3.1. Излучение и поглощение света	274
4.2.3.2. Квантовые генераторы	280

4.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ.....	285
4.3.1. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР. ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ.....	285
4.3.2. ЛИНЕЙНЫЙ ГАРМОНИЧЕСКИЙ ОСЦИЛЛЯТОР.....	289
4.3.3. ПРОСТЕЙШЕЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ДЛЯ ВОДОРОДОПОДОБНОЙ СИСТЕМЫ.....	293
5. МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....	299
5.1. МАТЕРИАЛЫ К ЛЕКЦИЯМ.....	299
5.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	306
5.3. МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	314
5.3.1. АТОМ ВОДОРОДА ПО БОРУ.....	314
5.3.2. ВОЛНОВЫЕ СВОЙСТВА ЧАСТИЦ ВЕЩЕСТВА. ВОДОРОДОПОДОБНЫЕ СИСТЕМЫ ПО КВАНТОВОЙ МЕХАНИКЕ.....	321
6. ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	336

МОДУЛЬ 9. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ СТАТИСТИКИ И ЗОННОЙ ТЕОРИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА

1. КОМПЛЕКСНАЯ ЦЕЛЬ МОДУЛЯ.....	338
2. БАЗОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ МОДУЛЯ.....	340
3. УЧЕБНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ МОДУЛЯ.....	342
4. НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	343
4.1. СЛОВАРЬ ПОНЯТИЙ.....	343
4.1.1. НОВЫЕ ПОНЯТИЯ.....	343
4.2. ОСНОВНОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ.....	347
4.2.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ И КВАНТОВОЙ СТАТИСТИК.....	347
4.2.2. КОНТАКТ ДВУХ МЕТАЛЛОВ. ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ РАБОТА ВЫХОДА ИЗ МЕТАЛЛА. ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ И ПОЛНАЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНОВ ВНУТРИ МЕТАЛЛА, ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЯМА. ПОНЯТИЕ О ЗОННОЙ ТЕОРИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	359
4.2.3. ВНЕШНЯЯ И ВНУТРЕННЯЯ КОНТАКТНЫЕ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ. РАЗНОСТЬ ПОТЕНЦИАЛОВ НА КОНЦАХ ЦЕПИ, СОСТАВЛЕННОЙ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ЗВЕНЬЕВ, ПРИВЕДЕННЫХ В КОНТАКТ МЕТАЛЛОВ. ЗАКОНЫ ВОЛЬТА.....	368
4.2.4. СОБСТВЕННАЯ И ПРИМЕСНАЯ ПРОВОДИМОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.....	380
4.2.5. ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ.....	395
4.3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ.....	430
4.3.1. ФОТОПРОВОДИМОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВ.....	430
5. МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ.....	432
5.1. МАТЕРИАЛЫ К ЛЕКЦИЯМ.....	432
5.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	435
5.3. МАТЕРИАЛЫ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	438
6. ОБРАЗЕЦ КОНТРОЛЬНОГО ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.....	454
ЛИТЕРАТУРА.....	455