

Министерство образования Республики Беларусь

*Учреждение образования*  
«Белорусский государственный педагогический университет  
имени Максима Танка»

**С.А. Василевский, В.В. Махнач,  
К.А. Саечников, В.И. Янучь**

# **ФИЗИКА**

**ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

**ОПТИКА**

**ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА**

*Практическое пособие*

Минск 2011

УДК 535(075.8)  
ББК 22.34я73

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ

**Авторы:**

С.А. Василевский, В.В. Махнач, К.А. Саечников, В.И. Януть

**Рецензенты:**

кафедра общей и теоретической физики БГПУ;  
*В.И. Кудин*, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры  
технической физики БНТУ

**С.А. Василевский, В.В. Махнач, К.А. Саечников, В.И. Януть**

???? Физика. Электромагнетизм. Оптика. Физика атома и атомного  
ядра. – Мн.: БГПУ имени Танка, 2011. – 252 с.  
ISBN 985-435-151-3

Пособие написано с учетом требований государственного образовательного стандарта высшего образования специальностей 1-02 05 01 «Математика»; 1-02 05 03-02 «Математика. Информатика» и соответствует типовой учебной программе по физике. В пособии рассмотрены основные физические понятия и законы, связанные с электромагнитным взаимодействием тел и частиц, волновыми и квантовыми свойствами вещества и поля. Приведены основные закономерности квантовой механики, атомной и ядерной физики.

Пособие предназначено для студентов математических и технических специальностей высших учебных заведений, преподавателей, аспирантов и магистрантов, учащихся средних специальных учебных заведений.

УДК 535(075.8)  
ББК 22.34я73

ISBN 985-435-151-3

© С.А.Василевский, В.В. Махнач,  
К.А. Саечников, В.И. Януть, 2011  
© УИЦ БГПУ, 2011

## Предисловие

Огромное значение физической науки в современном мире обусловлено ее глубоким философским и научно-техническим содержанием. Изучая наиболее общие фундаментальные структурные образования и свойства материи, физика достигла высокой степени организации знания и обладает наиболее развитыми математическими и экспериментальными средствами исследования. Ее представления, методология и результаты оказывают определяющее воздействие на стиль научного мышления, а физическая картина мира является доминирующей в современном естествознании и формировании научного мировоззрения.

Физика XXI столетия, объединившая микро-, макро- и мегамир, является ядром современного естествознания, основным источником знаний об окружающем мире, основой научно-технического прогресса и важнейшим компонентом человеческой культуры. Идет непрерывный поиск практических приложений последних открытий физической науки, возникают новые отрасли промышленности. Физические методы исследования заняли доминирующее положение во многих научных областях.

Главная цель пособия – сформировать у студентов целостную систему знаний о физической картине мира, привить навыки и умения применять эти знания для объяснения и предсказания физических явлений в природе и технике. Особое внимание обращено на разъяснение смысла физических законов.

Содержание пособия построено таким образом, чтобы по возможности учесть в нем основные успехи современной физики, а также ее использование в различных технологических процессах и методах исследования. Пособие написано при минимальном использовании математического аппарата, не выходя за рамки табличных формул простейших производных и интегралов. Выводы многих физических закономерностей даются в упрощенном виде, а в ряде случаев ограничиваются только качественно-теоретическим их обоснованием. Авторы ставили перед собой задачу показать

историю развития физической науки, по возможности ввести в текст новые сведения и раскрыть их сущность относительно педагогической специальности студентов.

Пособие предназначено для студентов математических факультетов педагогических вузов. Его содержание соответствует типовой учебной программе по физике и образовательному стандарту Республики Беларусь первой ступени высшего образования для специальностей 1-02 05 01 «Математика»; 1-02 05 03-02 «Математика. Информатика».

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

## Литература

1. *Белонучкин, В.Е.* Основы физики / В.Е. Белонучкин. – М., 2001.
2. *Кингсеп, А.С.* Основы физики. Курс общей физики: в 2 т. / А.С. Кингсеп. – М., 2001. – Т. 1: Механика. Электричество и магнетизм. Колебания и волны. Волновая оптика.
3. *Черноуцан, А.И.* Краткий курс физики / А.И. Черноуцан. – М., 2002.
4. *Бордовский, Г.А.* Общая физика. Курс лекций с компьютерной поддержкой: в 2 т. / Г.А. Бордовский, Э.В. Бурсиан. – М., 2001. – Т. 1.
5. *Макаренко, Г.М.* Физика: в 2 т. / Г.М. Макаренко. – Минск, 1997. – Т. 2: Электродинамика. Колебания и волны.
6. *Гершензон, Е.М.* Курс общей физики. Электричество и магнетизм / Е.М. Гершензон, Н.Н. Малов. – М., 1980.
7. *Калашников, С.Г.* Электричество / С.Г. Калашников. – М., 2003.
8. *Мікуліч, А.С.* Курс агульнай фізікі. Электрычнасць і магнетызм / А.С. Мікуліч. – Мінск, 1995.
9. *Савельев, И.Е.* Курс общей физики: в 3 т. / И.Е. Савельев. – М., 1988. – Т. 2: Электричество и магнетизм.
10. *Иродов, И.Е.* Электромагнетизм. Основные законы / И.Е. Иродов. – М., 2002.
11. *Бондар, В.А.* Курс агульнай фізікі. Квантавая фізіка / В.А. Бондар, Ч.М. Федаркоў. – Мінск, 1999.
12. *Вальтер, А.К.* Ядерная физика / А.К. Вальтер, И.И. Залюбовский. – Харьков, 1974.
13. *Наумов, А.И.* Физика атомного ядра и элементарных частиц / А.И. Наумов. – М., 1984.
14. *Ракобольская, И.В.* Ядерная физика / И.В. Ракобольская. – М., 1971.
15. *Суханов, А.Д.* Лекции по квантовой физике / А.Д. Суханов. – М., 1991.
16. *Михайлов, В.М.* Ядерная физика / В.М. Михайлов, О.Е. Крафт. – Л., 1988.

17. *Бондар, В.А.* Курс агульнай фізікі. Оптыка / В.А. Бондар. – Мінск, 1995.
18. *Гершензон, Е.М.* Курс общей физики. Оптика и атомная физика / Е.М. Гершензон. – М., 1981.
19. *Годжаев, Н.М.* Оптика / Н.М. Годжаев. – М., 1977.
20. *Ландсберг, Г.С.* Оптика / Г.С. Ландсберг. – М., 1976.
21. *Савельев, И.В.* Курс общей физики: в 3 т. / И.В. Савельев. – М., 1989. – Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика.
22. *Сивухин, Д.В.* Общий курс физики. Электричество / Д.В. Сивухин. – М., 1980.
23. *Сивухин, Д.В.* Курс физики. Оптика / Д.В. Сивухин. – М., 1985.
24. *Иродов, И.Е.* Волновые процессы. Основные законы / И.Е. Иродов. – М., 2002.
25. *Савельев, И.В.* Курс общей физики: в 5 кн. / И.В. Савельев. – М., 2002. – Кн. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц.
26. Физика / В.А. Бондарь [и др.]; под ред. В.А. Яковенко. – Минск, 2002.
27. *Бояркин, О.М.* Введение в физику элементарных частиц / О.М. Бояркин. – М., 2010.
28. *Окунь, Л.Б.* Физика элементарных частиц / Л.Б. Окунь. – М., 2008.
29. *Девис, П.* Суперсила: Поиски единой теории природы / П. Дэвис. – М., 1988.
30. *Кемпфер, Ф.А.* Основные положения квантовой механики / Ф.А. Кемпфер. – М., 2007.
31. *Окунь, Л.Б.* Лептоны и кварки / Л.Б. Окунь. – М., 2005.
32. *Новикова, Г.И.* Введение в ядерную физику / Г.И. Новикова. – М., 2004.
33. *Хелзен, Ф.* Кварки и лептоны. Введение в физику частиц / Ф. Хелзен, А. Мартин. – М., 1987.
34. *Сивухин, Д.В.* Общий курс физики: в 5 т. / Д.В. Сивухин. – М., 2008. – Т. 5: Атомная и ядерная физика.
35. *Клапдор-Клайнгротхаус, Г.В.* Астрофизика элементарных частиц / Г.В. Клапдор-Клайнгротхаус, К. Цюбер. – М., 2002.

36. *Матвеев, А.Н.* Атомная физика / А.Н. Матвеев. – М.: Высш. шк., 1989. – 440 с.
37. *Савельев, И.В.* Курс физики: в 3 т. / И.В. Савельев. – 3-е изд. – М.: УРСС, 2007. – Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 320 с.
38. *Шпольский, Э.В.* Атомная физика / Э.В. Шпольский. – 8-е изд., стер. – М.: УРСС, 2010. – Т. 1: Введение в атомную физику. – 644 с.
39. *Шпольский, Э.В.* Атомная физика / Э.В. Шпольский. – 6-е изд., стер. – М.: УРСС, 2010. – Т. 2: Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома. – 448 с.
40. *Широков, Ю.М.* Ядерная физика / Ю.М. Широков, Н.П. Юдин. – М.: Наука, 1972. – 672 с.
41. *Вигнер, Э.* Инвариантность и законы сохранения. Этюды о симметрии / Э. Вигнер. – М.: УРСС, 2002. – 320 с.

## Оглавление

Предисловие.....	3
I. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ.....	5
1. Магнитное поле.....	5
1.1. Основные магнитные явления.....	5
1.2. Магнитное поле электрического тока.....	6
1.3. Индукция магнитного поля.....	8
1.4. Линии магнитной индукции. Магнитный поток.....	10
1.5. Закон Био–Савара–Лапласа.....	12
1.6. Магнитное поле прямого тока.....	13
1.7. Магнитное поле кругового тока.....	15
1.8. Магнитное поле соленоида.....	16
1.9. Циркуляция вектора магнитной индукции. Закон полного тока.....	17
2. Действие магнитного поля на проводник с током и на движущийся заряд.....	19
2.1. Сила Ампера. Сила взаимодействия параллельных токов.....	19
2.2. Контур с током в магнитном поле.....	20
2.3. Сила Лоренца.....	23
2.4. Эффект Холла.....	26
3. Электромагнитная индукция.....	28
3.1. Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции.....	28
3.2. Правило Ленца.....	30
3.3. Закон электромагнитной индукции.....	31
3.4. Вихревое электрическое поле.....	33
3.5. Токи Фуко. Скин-эффект.....	34
3.6. Самоиндукция. Индуктивность.....	35
3.7. Взаимная индукция.....	36
3.8. Работа силы Ампера.....	38
3.9. Энергия магнитного поля.....	38
4. Магнитные свойства вещества.....	41
4.1. Магнитное поле в магнетиках.....	41

4.2. Гиромагнитные явления .....	45
4.3. Диамагнетизм. Парамагнетизм .....	47
4.4. Ферромагнетизм .....	49
5. Переменный ток.....	51
5.1. Квazистационарный ток. Получение переменной ЭДС ...	51
5.2. Мощность переменного тока.....	53
5.3. Активное сопротивление в цепи переменного тока.....	55
5.4. Индуктивность в цепи переменного тока .....	56
5.5. Емкость в цепи переменного тока .....	58
5.6. Закон Ома для цепи переменного тока.....	60
5.7. Резонанс в последовательной и параллельной цепях .....	62
5.8. Проблемы передачи электроэнергии.....	64
6. Электромагнитные колебания .....	67
6.1. Электромагнитный колебательный контур .....	67
6.2. Незатухающие колебания .....	68
6.3. Затухающие колебания .....	73
6.4. Вынужденные колебания в контуре. Резонанс.....	75
6.5. Электронные автоколебания. Автогенераторы .....	76
7. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны .....	79
7.1. Ток смещения .....	79
7.2. Уравнения Максвелла.....	82
7.3. Электромагнитные волны.....	85
7.4. Излучение электромагнитных волн. Исследования Герца.....	89
7.5. Энергия волны. Радиосвязь .....	91
7.6. Двухпроводные линии .....	95
II. ОПТИКА.....	100
8. Электромагнитная природа света .....	100
8.1. Введение.....	100
8.2. Скорость света и методы ее измерения.....	101
9. Интерференция света .....	108
9.1. Когерентные световые волны .....	108
9.2. Методы получения когерентных волн .....	111
9.3. Многолучевая интерференция .....	121
10. Дифракция света.....	126
10.1. Принцип Гюйгенса–Френеля .....	126

10.2. Дифракция световых волн.....	132
10.3. Дифракционная решетка.....	137
10.4. Дифракция рентгеновских лучей.....	141
11. Поляризация и дисперсия света.....	142
11.1. Естественный и поляризованный свет.....	142
11.2. Поляризация света.....	146
11.3. Поляризация света при отражении и преломлении.....	148
11.4. Дисперсия света.....	150
11.5. Эффект Доплера. Излучение Вавилова–Черенкова.....	155
12. Геометрическая оптика.....	157
12.1. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики.....	157
12.2. Основные понятия и законы.....	157
12.3. Преломление и отражение света на сферической поверхности.....	160
12.4. Центрированная оптическая система. Тонкие линзы ..	165
13. Тепловое излучение.....	169
13.1. Тепловое излучение и его особенности.....	169
13.2. Закон Стефана–Больцмана. Закон смещения Вина.....	173
13.3. Формула Рэлея–Джинса. Распределение энергии в спектре абсолютно черного тела.....	176
13.4. Гипотеза Планка. Формула Планка.....	177
14. Основы квантовой оптики.....	179
14.1. Фотоэффект.....	179
14.2. Давление света.....	185
14.3. Эффект Комптона.....	188
III. ФИЗИКА АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА.....	194
15. Основы атомной физики.....	194
15.1. Опыты Резерфорда.....	194
15.2. Трудности классической физики при объяснении микроскопических физических явлений.....	197
15.3. Постулаты Бора.....	198
15.4. Гипотеза де Бройля.....	205
15.5. Опытное обоснование корпускулярно-волнового дуализма свойств вещества.....	206
15.6. Волны де Бройля.....	208

16. Основы квантовой механики.....	211
16.1. Волновая функция и ее физический смысл .....	211
16.2. Уравнение Шредингера – основное уравнение квантовой механики .....	214
16.3. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.....	217
17. Ядерная физика.....	223
17.1. Строение и основные характеристики атомных ядер..	223
17.2. Энергия связи и устойчивость ядер.....	226
17.3. Радиоактивный распад. Закон радиоактивного распада.....	229
17.4. $\alpha$ -, $\beta$ -распад, $\gamma$ -излучение .....	231
17.5. Ядерные реакции, искусственная радиоактивность. Деление ядер, цепные реакции. Реакции синтеза и условия их осуществления.....	232
17.6. Современные представления об элементарных частицах, их свойствах и взаимопревращениях .....	236
Литература .....	245