

В. А. Яковенко, Г. А. Заборовский, С. В. Яковенко

ОБЩАЯ ФИЗИКА

МЕХАНИКА

РЕПОЗИТОРИЙ БГУ

В. А. Яковенко
Г. А. Заборовский
С. В. Яковенко

ОБЩАЯ ФИЗИКА. МЕХАНИКА

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений по педагогическим специальностям
физико-математического профиля*

Под общей редакцией профессора В. А. Яковенко

УДК 53 (073.8)
ББК 22.2
Я 47

Рецензенты:

кафедра общей физики Белорусского государственного университета;
доцент кафедры общей и теоретической физики Витебского государственного
университета имени П. М. Машерова *Ф. П. Коршиков*

Яковенко, В. А.

Я 47 Общая физика. Механика : учеб. пособие / В. А. Яковенко,
Г. А. Заборовский, С. В. Яковенко; под общ. ред. В. А. Яковенко. –
Минск : РИВШ, 2008. – 320 с.

ISBN 978-985-500-212-4

Основу учебного пособия составляют лекции по разделу «Механика» курса общей физики. Пособие учитывает требования государственного образовательного стандарта высшего образования специальности «Физика» и соответствует программе курса «Общая физика». В пособие включены основные сведения о наиболее важных физических фактах и понятиях, законах и принципах классической механики, определены границы применения изучаемых физических концепций и моделей. Важное место отводится физическому эксперименту, что соответствует экспериментальному характеру физической науки.

Адресовано студентам физических специальностей педагогических высших учебных заведений, студентам технических университетов с углубленным изучением физики, а также преподавателям вузов и учителям общеобразовательных учреждений.

УДК 53 (073.8)
ББК 22.2

ISBN 978-985-500-212-4.

© Яковенко В. А., Заборовский Г. А.,
Яковенко С. В., 2008
© Оформление. ГУО «Республиканский
институт высшей школы», 2008

ПРЕДИСЛОВИЕ

Для достижения высокой эффективности современной системы образования предлагается широкий выбор всевозможных технологий и методик обучения, которые позволяют перейти от обучения конкретным фактам к творческому овладению изучаемым материалом, обучению навыкам применения накопленного багажа знаний. Одними из главных компонентов реализации такой концепции образования являются: внедрение в учебный процесс активных форм учебных занятий, четко организованная система управляемой самостоятельной работы студентов.

В настоящее время известно достаточно много удачно написанных учебно-методических пособий и фундаментальных учебников по курсу общей физики, при создании которых авторы, как правило, стараются обеспечить достаточную глубину изложения материала, а также оптимальное соответствие материала потребностям будущей профессии обучаемых, что обуславливает значительный объем этих пособий. В то же время практически отсутствуют учебные пособия, которые в достаточной степени соответствовали бы существующим учебным программам для педагогических специальностей. В итоге студент, начинающий изучать курс общей физики, оказывается перед необходимостью выбора из той или иной книги отдельных параграфов, что часто вызывает определенные затруднения в связи с разными подходами и стилями изложения авторов.

Предлагаемое учебное пособие в основе своей содержит курс, который на протяжении многих лет читался в Белорусском государственном педагогическом университете имени Максима Танка. Первый вариант этого пособия был издан на белорусском языке в 1993 г. В настоящее пособие по сравнению с первым вариантом внесены значительные изменения, сделаны многие уточнения, исправления в тексте, отдельные главы переделаны полностью, в некоторых темах изменена структура, стиль и содержание излагаемого материала в соответствии с новой программой.

Авторы пособия стараются излагать учебный материал таким образом, чтобы он, охватывая всю программу, являлся кратким содержанием раздела механики в целом и был доступен студентам для усвоения. При подготовке пособия ставилась задача научить студентов приобретать в процессе обучения навыки управляемой самостоятельной работы, в том числе при подготовке к семинарским,

практическим и лабораторным занятиям. С этой целью каждый раздел сопровождается контрольными вопросами для самоподготовки. В дополнение к пособию для контроля самостоятельной учебной работы студентов по большинству тем разработаны тестовые задания, по результатам которых осуществляется текущая оценка качества знаний по физике. Кроме того, коллективом авторов БГПУ имени Максима Танка, в который входили и участвовавшие в создании данного пособия, издано пособие «Общая физика. Практикум» [10], охватывающее все разделы физики.

Раздел «Механика» курса общей физики в пособии изложен таким образом, чтобы полученные при его изучении знания можно было использовать в процессе преподавания физики в средней школе. В совершенствовании форм, методов и средств, используемых в обучении физике будущих учителей, особое место занимают такие формы организации учебной работы, которые в полной мере обеспечивают развитие индивидуально-творческих способностей каждого студента, построение учебно-воспитательного процесса на основе его сближения с будущей профессиональной деятельностью. Методика изложения материала совершенствовалась в процессе чтения лекций, проведения практических и лабораторных занятий, зачетов, экзаменов, индивидуальной работы со студентами. Авторы при работе над пособием ставили перед собой задачу довольно кратко изложить физические основы классической механики, стремились по возможности ввести в текст новые сведения о физической науке в историческом аспекте, дать возможность студентам глубже проникнуть в суть физических явлений, овладеть идеями и методами физической науки, подготовить их к пониманию разделов теоретической физики.

В процессе создания пособия использовался неоценимый опыт авторов многих известных учебников и учебных пособий по курсу общей физики, приведенных в списке литературы.

Пособие написано в соответствии с образовательным стандартом Республики Беларусь специальности 1 02 05 04 «Физика» и программой курса «Общая физика».

В написании учебного пособия участвовали сотрудники БГПУ имени Максима Танка. Доцентом Г. А. Заборовским написаны параграфы 1.1–1.5, 2.1–2.5, 3.1–3.4, 6.1–6.12; профессором В. А. Яковенко – предисловие, введение, параграфы 2.6, 5.1–5.5, 8.1–8.7, 9.1–9.11;

доцентом С. В. Яковенко – параграфы 4.1–4.4, 7.1–7.13, 10.1–10.9, 11.1–11.12.

Авторы выражают искреннюю благодарность коллективу кафедры общей физики БГУ, возглавляемой доцентом И. И. Жолнеревичем, доценту кафедры общей и теоретической физики Витебского государственного университета (ВГУ) имени П. М. Машерова Ф. П. Коршикову, взявшим на себя труд по рецензированию пособия. Их критические замечания были учтены при окончательной доработке рукописи и во многом способствовали улучшению ее качества. Также выражают благодарность О. А. Бордович, оказавшей большую помощь в подготовке рукописи к печати.

Авторы будут признательны кафедрам физики и отдельным лицам, которые пришлют свои замечания, направленные на улучшение пособия.

В. А. Яковенко,

Г. А. Заборовский,

С. В. Яковенко

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение.....	6
1. Кинематика материальной точки.....	10
1.1. Механическое движение. Перемещение. Траектория.....	10
1.2. Скорость.....	14
1.3. Ускорение.....	17
1.4. Законы равномерного и равноускоренного движений.....	21
1.5. Движение материальной точки по окружности.....	27
2. Динамика материальной точки.....	33
2.1. Взаимодействие тел. Сила.....	33
2.2. Первый закон Ньютона. Инерция.....	35
2.3. Второй закон Ньютона. Масса тела.....	37
2.4. Импульс. Общая формулировка второго закона динамики.....	39
2.5. Третий закон Ньютона.....	43
2.6. Единицы измерения и размерности физических величин. Международная система единиц.....	45
3. Динамика механических систем.....	53
3.1. Импульс механической системы. Центр масс.....	53
3.2. Уравнение движения системы. Закон сохранения импульса.....	55
3.3. Движение тела переменной массы.....	59
3.4. Движение ракет. Формула Циолковского.....	61
4. Работа и энергия.....	65
4.1. Работа силы. Мощность.....	65
4.2. Кинетическая энергия.....	68
4.3. Работа силы тяжести. Потенциальная энергия.....	70
4.4. Закон сохранения механической энергии.....	72
4.5. Применение законов сохранения импульса и энергии при анализе удара.....	75

5. Принцип относительности в механике	83
5.1. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея	83
5.2. Силы инерции при ускоренном поступательном движении системы отсчета.....	87
5.3. Силы инерции, действующие на тело во вращающейся системе отсчета.....	90
5.4. Движение тела во вращающейся системе отсчета. Сила Кориолиса	95
5.5. Влияние вращения Земли на движение тел. Маятник Фуко	100
5.6. Границы применимости классической механики.....	104
6. Механика твердого тела	111
6.1. Поступательное движение абсолютно твердого тела	111
6.2. Вращательное движение	112
6.3. Момент силы. Пара сил.....	115
6.4. Уравнение динамики вращательного движения тела.....	118
6.5. Момент импульса. Уравнение моментов.....	121
6.6. Закон сохранения момента импульса	124
6.7. Вычисление моментов инерции тел.....	126
6.8. Теорема Штейнера.....	129
6.9. Кинетическая энергия вращающегося твердого тела	130
6.10. Свободные оси	132
6.11. Гироскоп. Гироскопический эффект и его применение.....	135
6.12. Условия равновесия твердого тела. Виды равновесия.....	139
7. Силы в механике	142
7.1. Фундаментальные взаимодействия	142
7.2. Всемирное тяготение.....	145
7.3. Поле тяготения.....	148
7.4. Масса инертная и гравитационная.....	151
7.5. Небесная механика. Законы Кеплера.....	153

7.6. Движение тел в гравитационном поле. Космические скорости.....	155
7.7. Невесомость и перегрузки.....	159
7.8. Упругие силы. Закон Гука.....	162
7.9. Связь между деформацией и напряжением.....	166
7.10. Энергия упругой деформации.....	169
7.11. Силы трения. Трение внешнее и внутреннее.....	171
7.12. Трение качения.....	175
7.13. О природе сил трения. Роль трения в природе и технике.....	178
8. Механика жидкостей и газов.....	185
8.1. Механические свойства жидкостей и газов.....	185
8.2. Равновесие жидкости и газа. Закон Паскаля. Закон Архимеда.....	187
8.3. Движение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли.....	191
8.4. Применение уравнения Бернулли. Закон сохранения импульса текущей жидкости.....	195
8.5. Движение вязкой жидкости.....	200
8.6. Движение тел в жидкостях и газах.....	204
8.7. Подъемная сила крыла самолета. Эффект Магнуса.....	207
9. Колебательное движение.....	215
9.1. Гармонические колебания.....	215
9.2. Характеристики гармонического колебательного движения.....	217
9.3. Колебания систем под действием упругих и квазиупругих сил.....	220
9.4. Энергия колебательного движения.....	225
9.5. Сложение колебаний одинакового направления.....	227
9.6. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.....	231
9.7. Затухающие колебания.....	234
9.8. Вынужденные колебания.....	238

9.9. Резонанс. Добротность колебательной системы	241
9.10. Колебания в нелинейных системах.....	243
9.11. Колебания связанных систем.....	246
10. Волновое движение	252
10.1. Образование и распространение волн в упругой среде.....	252
10.2. Уравнение плоской бегущей волны	255
10.3. Скорость распространения волн	259
10.4. Фазовая и групповая скорости волн.....	261
10.5. Энергия волнового движения.....	263
10.6. Принципы Гюйгенса и Гюйгенса — Френеля. Закон отражения и преломления волн. Дифракция.....	266
10.7. Интерференция волн	269
10.8. Стоячие волны. Уравнение стоячей волны.....	272
10.9. Кинетическая и потенциальная энергия стоячей волны.....	274
11. Акустика	278
11.1. Волновая природа звука	278
11.2. Источники звука.....	280
11.3. Скорость звука	284
11.4. Распространение звука	287
11.5. Архитектурная акустика	290
11.6. Акустический резонанс. Анализ звуков	291
11.7. Характеристики звукового поля. Объективные характеристики звука	293
11.8. Субъективные характеристики звука.....	297
11.9. Отражение и поглощение звуковых волн	299
11.10. Эффект Доплера.....	302
11.11. Применение ультразвука	305
11.12. Инфразвук.....	308
Список литературы	312