

А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева

КУРС ФИЗИКИ

1

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

ПОСТОЯННЫЙ ТОК

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ



Библиотека бакалавра

100-летию ДонНТУ
посвящается

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева

КУРС ФИЗИКИ

В двух томах

Учебное пособие
для обучающихся образовательных учреждений
высшего профессионального образования

Том 1

- ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ
- МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА
- ЭЛЕКТРОСТАТИКА
- ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК
- ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ



Донецк
2019

В дар
библиотеке
ДонНТУ
от авторов

05.10.2020

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я7
В 67

Рекомендовано Учёным советом
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»
в качестве учебного пособия для обучающихся образовательных учреждений
высшего профессионального образования
(Протокол № 7 от 25.10.2019 года)

Рецензенты:

Мирошников Вадим Владимирович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Приборы» Луганского национального университета им. Владимира Даля

Петренко Александр Григорьевич – доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий Донецкого национального университета, академик Академии технологических наук

Авторы:

Волков Александр Фёдорович – кандидат технических наук, профессор кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Лумпиева Таисия Петровна – доцент кафедры физики ГОУВПО «ДОННТУ»

Волков, А. Ф.

В 67 Курс физики : учеб. пособие для обучающихся образоват. учреждений высш. проф. образования. В 2 т. Т. 1 : Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика. Электростатика. Постоянный электрический ток. Электромагнетизм / А. Ф. Волков, Т. П. Лумпиева ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Изд. 2-е, испр. и доп. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 299 с.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Физика» для обучающихся образовательных учреждений высшего профессионального образования. Содержание первого тома составляют разделы: физические основы механики, молекулярная физика и термодинамика, электростатика и постоянный электрический ток, электромагнетизм. Изложение материала ведётся без громоздких математических выкладок, основной акцент делается на физическую суть явлений и описывающих их законов.

УДК 53(075.8)
ББК 22.3я7

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения	9
ПРЕДИСЛОВИЕ	13
ВВЕДЕНИЕ	14
§1 Предмет физики	14
§2 Общие сведения	15
§3 Основные сведения о векторах	17
ЧАСТЬ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ	21
Глава 1. Кинематика поступательного и вращательного движения ...	22
§4 Кинематика материальной точки	22
4.1 Основные понятия кинематики	22
4.2 Система отсчёта. Траектория. Путь. Перемещение	23
4.3 Способы задания положения тела в пространстве	23
4.4 Характеристики поступательного движения	25
4.4.1 Скорость	25
4.4.2 Ускорение	26
§5 Кинематика вращательного движения	29
5.1 Характеристики вращательного движения	29
5.2 Связь между линейными и угловыми характеристиками	31
Глава 2. Динамика поступательного и вращательного движения	33
§6 Динамика материальной точки и поступательного движения твёрдого тела	33
6.1 Основные характеристики динамики поступательного движения .	33
6.2 Виды взаимодействий	34
6.3 Сложение сил	37
6.4 Разложение сил	37
6.5 Основные законы динамики материальной точки (законы Ньютона)	38
6.5.1 Первый закон Ньютона	38
6.5.2 Второй закон Ньютона	38
6.5.3 Третий закон Ньютона	39
6.6 Динамика системы материальных точек. Закон сохранения импульса	40
§7 Динамика вращательного движения	44
7.1 Основные характеристики динамики вращательного движения ..	44
7.1.1 Момент инерции	44
7.1.2 Момент импульса	46
7.1.3 Момент силы	47
7.2 Основное уравнение динамики вращательного движения	49
7.3 Закон сохранения момента импульса	50

Глава 3. Работа, мощность, энергия	53
§8 Механическая работа. Мощность	53
8.1 Работа	53
8.2 Графическое представление работы	54
8.3 Мощность	54
8.4 Работа и мощность при вращательном движении	55
§9 Энергия. Закон сохранения энергии	56
9.1 Кинетическая энергия	56
9.2 Потенциальная энергия	58
9.2.1 Консервативные и неконсервативные силы	58
9.2.2 Работа и потенциальная энергия	59
9.2.3 Графическое представление потенциальной энергии	61
9.3 Закон сохранения механической энергии	62
§10 Соударение тел	64
§11 Элементы гидромеханики	68
11.1 Гидростатика	68
11.2 Гидродинамика	69
11.3 Измерение давления в потоке жидкости	72
11.4 Расчёт скорости истечения жидкости	72
Глава 4. Элементы специальной теории относительности	74
§12 Элементы специальной теории относительности	74
12.1 Принцип относительности Галилея	74
12.2 Постулаты специальной теории относительности	75
12.3 Преобразования Лоренца	76
12.4 Следствия из преобразований Лоренца	77
12.5 Основные соотношения релятивистской динамики	78
<i>Обратите внимание!</i>	83
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Физические основы механики»</i>	85
<i>Ответы на задачи рубрики «Давайте подумаем!»</i>	91
<i>Коды ответов к тестам</i>	96
ЧАСТЬ 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА	97
Глава 5. Молекулярно-кинетическая теория	97
§13 Статистический и термодинамический методы исследования	97
§14 Характеристики атомов и молекул	98
§15 Параметры состояния	99
§16 Уравнение состояния идеального газа	101
§17 Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов	103
§18 Молекулярно-кинетическая трактовка термодинамической температуры	104
Глава 6. Статистические распределения	105
§19 Распределение Максвелла	105

§20	Средние скорости	108
§21	Экспериментальная проверка закона распределения Максвелла	110
§22	Идеальный газ в однородном поле тяготения	111
22.1	Барометрическая формула	111
22.2	Распределение Больцмана	112
§23	Определение числа Авогадро	113
Глава 7. Явления переноса		114
§24	Явления переноса	114
24.1	Среднее число столкновений молекул в единицу времени. Средняя длина свободного пробега молекул	114
24.2	Явления переноса в газах	115
24.2.1	Теплопроводность газов	115
24.2.2	Диффузия в газах	116
24.2.3	Внутреннее трение (вязкость) газов	118
24.3	Явления переноса в жидкостях и твёрдых телах	119
Глава 8. Физические основы термодинамики		120
§25	Состояние термодинамической системы. Термодинамический процесс	121
§26	Работа, совершаемая системой при изменении объёма	122
§27	Внутренняя энергия термодинамической системы	123
27.1	Число степеней свободы. Закон равнораспределения энергии по степеням свободы	123
27.2	Внутренняя энергия идеального газа	124
§28	Первое начало термодинамики	125
§29	Теплоёмкость	127
§30	Второе начало термодинамики	128
30.1	Энтропия. Приведённое количество тепла	128
30.2	Энтропия. Статистическое толкование	129
30.3	Термодинамические формулировки второго начала термодинамики	130
30.4	Границы применимости второго начала термодинамики	131
§31	Тепловые машины	132
31.1	Круговые процессы (циклы)	132
31.2	Тепловая машина. Кпд тепловой машины	132
31.3	Цикл Карно	133
§32	Термодинамическое описание процессов в идеальном газе	134
32.1	Изохорный процесс	135
32.2	Изобарный процесс	136
32.3	Изотермический процесс	137
32.4	Адиабатный процесс	138
Глава 9. Реальные газы и жидкости		140
§33	Реальные газы	140

33.1	Силы межмолекулярного взаимодействия	140
33.2	Уравнение Ван-дер-Ваальса	142
33.3	Экспериментальные изотермы	143
§34	Жидкое состояние	145
34.1	Строение жидкостей	145
34.2	Поверхностное натяжение	146
34.3	Смачивание	148
34.4	Капиллярные явления	149
	<i>Обратите внимание!</i>	150
	<i>Тест для самоконтроля знаний по теме</i>	
	<i>«Молекулярная физика и термодинамика»</i>	152
	<i>Ответы на задачи рубрики «Давайте подумаем!»</i>	158
	<i>Коды ответов к тестам</i>	162
ЧАСТЬ 3. ЭЛЕКТРОСТАТИКА И ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК		163
Глава 10.	Электрическое поле в вакууме	163
§35	Электрический заряд. Закон Кулона	163
35.1	Свойства заряженных тел	163
35.2	Закон Кулона	164
§36	Электрическое поле. Характеристики электрического поля	165
36.1	Напряжённость электрического поля	165
36.2	Потенциал электростатического поля	166
36.3	Циркуляция вектора напряжённости электростатического поля	168
§37	Графическое изображение электростатических полей	169
§38	Связь между напряжённостью электрического поля и потенциалом	171
§39	Расчёт электростатических полей	173
39.1	Теорема Гаусса	173
39.2	Примеры расчёта электростатических полей	174
39.2.1	Поле равномерно заряженной бесконечно длинной нити	174
39.2.2	Поле равномерно заряженной бесконечной плоскости	175
39.2.3	Поле равномерно заряженной сферической поверхности	176
Глава 11.	Электрическое поле в веществе	177
§40	Электрический диполь	177
§41	Диэлектрики в электрическом поле	178
41.1	Классификация диэлектриков	178
41.2	Поляризация диэлектриков	179
41.3	Поле внутри диэлектрика	180
41.4	Условия на границе раздела двух диэлектриков	182
41.5	Практическое применение диэлектриков	183
§42	Проводники в электрическом поле	185
§43	Емкость. Энергия электрического поля	187
43.1	Емкость уединенного проводника	187

43.2 Конденсаторы	188
43.3 Энергия электрического поля	190
Глава 12. Постоянный электрический ток	192
§44 Электрический ток. Характеристики тока	192
§45 Электродвижущая сила. Напряжение	194
§46 Закон Ома	196
46.1 Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление	196
46.2 Закон Ома для неоднородного участка	198
46.3 Закон Ома в дифференциальной форме	199
§47 Разветвлённые цепи. Правила Кирхгофа	200
§48 Работа и мощность тока. Закон Джоуля – Ленца. Закон Видемана – Франца	201
§49 Элементарная классическая теория электропроводности металлов ..	204
§50 Электрические измерения	206
51.1 Электроизмерительные приборы	206
51.2 Основные характеристики приборов	209
<i>Обратите внимание!</i>	210
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме</i> <i>«Электростатика. Постоянный электрический ток»</i>	<i>213</i>
<i>Ответы на задачи рубрики «Давайте подумаем!»</i>	<i>220</i>
<i>Коды ответов к тестам</i>	<i>224</i>
ЧАСТЬ 4. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ	225
Глава 13. Магнитное поле в вакууме	225
§51 Магнитное поле	225
51.1 Характеристики магнитного поля	225
51.2 Графическое изображение магнитных полей	228
§52 Законы магнитного поля. Расчёт магнитных полей	230
52.1 Закон Био – Савара – Лапласа	230
52.2 Примеры расчёта магнитных полей с применением закона Био – Савара – Лапласа	231
52.3 Циркуляция вектора магнитной индукции. Закон полного тока ..	234
52.4 Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля	235
§53 Действие магнитного поля на проводник с током	237
53.1 Закон Ампера	237
53.2 Работа, совершаемая при перемещении проводника с током в магнитном поле	238
§54 Магнитный момент. Контур с током в магнитном поле	240
54.1 Магнитный момент	240
54.2 Сила, действующая на контур с током в однородном магнитном поле	240
54.3 Вращающий момент, создаваемый силами, приложенными к контур	241

54.4 Работа, совершаемая при вращении контура с током в однородном магнитном поле	242
54.5 Контур с током в неоднородном магнитном поле	243
§55 Сила Лоренца	244
§56 Эффект Холла	247
Глава 14. Магнитное поле в веществе	248
§57 Магнитное поле в веществе	248
57.1 Намагничивание магнетика	248
57.2 Классификация магнетиков	250
57.3 Диамагнетики. Парамагнетики	250
57.4 Ферромагнетики	252
57.5 Условия на границе раздела двух магнетиков	255
Глава 15. Электромагнитная индукция	256
§58 Электромагнитная индукция	256
58.1 Явление электромагнитной индукции	256
58.2 Вихревое электрическое поле	258
58.3 Принцип работы генератора переменного тока	259
58.4 Токи Фуко	261
§59 Самоиндукция	263
59.1 Индуктивность контура	263
59.2 ЭДС самоиндукции	265
59.3 Токи при замыкании и размыкании цепи	266
§60 Взаимная индукция	268
§61 Энергия магнитного поля	269
§62 Магнитные измерения	271
<i>Обратите внимание!</i>	273
<i>Тест для самоконтроля знаний по теме «Электромагнетизм»</i>	276
<i>Ответы на задачи рубрики «Давайте подумаем!»</i>	282
<i>Коды ответов к тестам</i>	287
Терминологический словарь	288
Предметный указатель	292
Использованная литература	298