
ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

А.А. Афанасьев, А.А. Погонин

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЙ
И ЭТАЛОНЫ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Элементы методов теории подобия и размерностей.....	5
1.1. Методы теории подобия и системы единиц физических величин	5
1.2. Определение размерностей.....	8
1.3. Размерности производных физических величин	9
1.4. Размерные и безразмерные величины.....	11
1.5. Характеристика формулы размерности	13
1.6. Перевод размерностей при разном выборе основных величин	18
1.7. Определение размерностей физических величин при разных определяющих уравнениях.....	19
1.8. Основы анализа размерностей.....	25
1.8.1. Проверка физических уравнений по размерностям отдельных членов.....	25
1.8.2. Определение функциональных связей физических величин в уравнениях на основе размерностей	26
1.8.3. П-теорема.....	31
1.8.4. Подобие и элементы моделирования	34
1.8.5. Подобие объектов и процессов.....	36
1.8.6. Пересчет и перенесение результатов экспериментов с модели на реальный объект.....	38
1.8.7. Примеры применения теории размерностей	39
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>44</i>
Глава 2. Измерительные системы.....	46
2.1. Структура измерительных систем	46
2.2. Датчики	49
2.3. Преобразование сигналов	52
2.4. Устройства отображения	55
2.4.1. Устройства индикации	55
2.4.2. Регистрация данных.....	56
2.4.3. Управление и обратная связь	57
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>57</i>
Глава 3. Элементы современной физической картины мира.....	59
3.1. Концептуальные мировоззрения.....	59
3.2. Предпосылки создания физической картины мира	60
3.2.1. Механическая картина мира.....	63
3.2.2. Электромагнитная картина мира.....	64
3.3. Кризис физики и совершенствование представлений о современной физической картине мира.....	66
3.4. Элементы современной физической картины мира	68
3.4.1. Релятивистская физическая картина мира	68
3.4.2. Неевклидовы геометрии.....	71
3.5. Уровень современных достижений науки. Основные идеи и принципы квантовой механики.....	76

3.5.1. Принцип дискретности (квантование)	76
3.5.2. Представление о корпускулярно-волновом дуализме свойств вещества	78
3.5.3. Формы материи. Самодвижение материи и его конкретные проявления: необратимость, инерция, флуктуации, шумы	79
3.6. Постоянные необратимые изменения Вселенной	85
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	87

Глава 4. Квантово-механическое описание отдельных частей физической картины мира 89

4.1. Соотношение неопределенностей и принцип дополнительности	89
4.2. Необратимость изменений Вселенной и стабильность фундаментальных физических постоянных	93
4.2.1. Принципиальная невозможность полного устранения неопределенности результатов измерений	93
4.2.2. Адиабатические инварианты	98
4.2.3. Квантовая лестница	102
4.3. Новые представления о физическом вакууме	104
4.4. Гипотеза о кварковой природе материи. Единство сил природы	107
4.5. Фундаментальные физические постоянные в метрологических измерениях микро-, макро- и мегамира	108
4.5.1. Общая характеристика	108
4.5.2. Свойства фундаментальных постоянных и их роль в физической картине мира	110
4.5.3. Элементы квантовой метрологии	115
4.5.4. Характеристика фундаментальных физических постоянных	120
<i>Контрольные вопросы и задания</i>	126

Глава 5. Физические принципы создания эталонной базы в проведении измерений на основе использования физических явлений и эффектов 127

5.1. Краткая характеристика физических эффектов для измерений	127
5.1.1. Физические эффекты, преобразующие механическую энергию в упругую деформацию и другие механические движения	130
5.1.2. Характеристика физических эффектов немеханического взаимодействия, возникающих при механическом воздействии на объект	131
5.1.3. Характеристика физических эффектов механического взаимодействия, возникающих при немеханическом воздействии на объект	139
5.2. Физические основы спектрального анализа веществ	144
5.3. Физические основы интерферометрии и реализации современной единицы длины — метра	146
5.3.1. Краткий исторический обзор создания единицы длины — метра	147
5.3.2. Физические основы интерферометрии и реализация единицы длины — метра	149
5.4. Физические основы измерений времени. Единица времени	155
5.5. Физические основы измерений температуры	166
5.5.1. Определение температуры	167
5.5.2. Термоэлектрические эффекты и измерения на их основе	175

5.6.	Физические основы измерения силы электрического тока. Эталон Ампера.....	183
5.7.	Физические основы единицы напряжения. Эффект Джозефсона	185
5.7.1.	Сверхпроводимость как макроскопическое квантовое явление	185
5.7.2.	Туннельный эффект.....	187
5.7.3.	Стационарный эффект Джозефсона.....	188
5.7.4.	Нестационарный эффект Джозефсона	191
5.8.	Эффект Холла	194
5.8.1.	Двумерный электронный газ и его свойства.....	194
5.8.2.	Эффекты Холла — обычный и квантовый	195
5.8.3.	Сопротивление Холла и фундаментальные постоянные в квантовой метрологии.....	197
5.9.	Метрологические возможности эффекта Мессбауэра	198
5.10.	Эффект Ааронова — Бомы.....	201
5.11.	Физические основы единицы массы.....	205
5.12.	Физическое содержание основных характеристик света.....	205
5.12.1.	Энергетические величины света	206
5.12.2.	Световые (фотометрические) величины света	207
5.13.	Физические основы хроматографии.....	209
5.13.1.	Общие понятия	209
5.13.2.	Основные виды хроматографии	213
5.14.	Физические основы виброакустических измерений	215
5.14.1.	Краткая характеристика вибраций в конструкциях	217
5.14.2.	Характеристика акустических колебаний (шума).....	218
5.14.3.	Характеристика колебаний в конструкции при ударном импульсе	219
5.14.4.	Физические основы измерительных виброакустических преобразователей.....	220
	<i>Контрольные вопросы и задания</i>	<i>232</i>
	Библиографический список	234
	Приложения.....	236
	Приложение 1. Единицы физических величин международной системы (СИ)	236
	Приложение 2. Некоторые производные единицы СИ, используемые в машиностроении.....	238