

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	12
Введение .....	13
<b>РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ. ОСНОВЫ КИБЕРНЕТИКИ .....</b>	<b>17</b>
<b>Глава 1. Введение в метрологию .....</b>	<b>19</b>
§ 1.1. Основные проблемы и понятия метрологии. ....	19
§ 1.2. Метрологическое обеспечение .....	21
§ 1.3. Медицинская метрология. Специфика медико-биологических измерений .....	22
§ 1.4. Физические измерения в биологии и медицине .....	24
<b>Глава 2. Элементы теории вероятностей .....</b>	<b>26</b>
§ 2.1. Опыт с неоднозначными исходами. Случайное событие .....	26
§ 2.2. Действия над событиями. Противоположное событие. Несовместные события .....	27
§ 2.3. Классическое определение вероятности, аксиомы теории вероятностей .....	30
§ 2.4. Относительная частота события, закон больших чисел .....	32
§ 2.5. Независимые события. Сложение и умножение вероятностей независимых событий .....	34
§ 2.6. Дискретные и непрерывные случайные величины. Ряд распределения, функция распределения. Плотность вероятности .....	35
§ 2.7. Числовые характеристики случайных величин .....	38
§ 2.8. Некоторые законы распределения непрерывных случайных величин .....	40
<b>Глава 3. Элементы математической статистики .....</b>	<b>45</b>
§ 3.1. Основные понятия математической статистики .....	45
§ 3.2. Числовые характеристики статистического ряда .....	47
§ 3.3. Интервальная оценка .....	48
§ 3.4. Интервальная оценка генерального среднего для нормального закона распределения .....	50
§ 3.5. Методы проверки статистических гипотез .....	51
§ 3.6. Проверка гипотез о равенстве дисперсий, F-критерий Фишера .....	54
§ 3.7. Проверка гипотез относительно равенства средних, t-критерий Стьюдента .....	55
§ 3.8. Непараметрическое сравнение двух выборок: критерий Манна–Уитни .....	57
<b>Глава 4. Основы кибернетики .....</b>	<b>59</b>
§ 4.1. Кибернетика и другие науки .....	59
§ 4.2. Кибернетические системы .....	60

§ 4.3. Элементы теории информации . . . . .	63
§ 4.4. Управление и регулирование . . . . .	69
§ 4.5. Моделирование . . . . .	73
§ 4.6. Понятие о биологической и медицинской кибернетике . . . . .	77
<b>РАЗДЕЛ 2. МЕХАНИКА. АКУСТИКА . . . . .</b>	<b>83</b>
<b>Глава 5. Механика вращательного движения . . . . .</b>	<b>85</b>
§ 5.1. Кинематика вращательного движения абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси . . . . .	85
§ 5.2. Основные понятия. Уравнение динамики вращательного движения . . . . .	88
§ 5.3. Закон сохранения момента импульса . . . . .	94
§ 5.4. Понятие о свободных осях вращения . . . . .	97
§ 5.5. Понятие о степенях свободы . . . . .	98
§ 5.6. Центрифугирование . . . . .	101
<b>Глава 6. Некоторые вопросы биомеханики . . . . .</b>	<b>104</b>
§ 6.1. Сочленения и рычаги в опорно-двигательном аппарате человека . . . . .	104
§ 6.2. Механическая работа человека. Эргометрия . . . . .	106
§ 6.3. Перегрузка и невесомость . . . . .	108
§ 6.4. Вестибулярный аппарат как инерциальная система ориентации . . . . .	112
<b>Глава 7. Механические колебания и волны . . . . .</b>	<b>114</b>
§ 7.1. Гармонические колебания . . . . .	114
§ 7.2. Кинетическая и потенциальная энергии колебательного движения . . . . .	117
§ 7.3. Сложение гармонических колебаний. . . . .	118
§ 7.4. Сложное колебание. Гармонический спектр сложного колебания . . . . .	123
§ 7.5. Затухающие колебания . . . . .	124
§ 7.6. Вынужденные колебания. Резонанс. . . . .	126
§ 7.7. Автоколебания . . . . .	129
§ 7.8. Уравнение механических волн . . . . .	130
§ 7.9. Поток энергии волн. Вектор Умова . . . . .	132
§ 7.10. Ударные волны. . . . .	133
§ 7.11. Эффект Допплера . . . . .	134
<b>Глава 8. Акустика . . . . .</b>	<b>137</b>
§ 8.1. Природа звука. Физические характеристики . . . . .	137
§ 8.2. Характеристики слухового ощущения. Звуковые измерения . . . . .	140
§ 8.3. Физические основы звуковых методов исследования в клинике. . . . .	143

§ 8.4. Волновое сопротивление. Отражение звуковых волн. Ревбербация .....	145
§ 8.5. Физика слуха .....	147
§ 8.6. Ультразвук и его применения в медицине .....	152
§ 8.7. Инфразвук .....	156
§ 8.8. Вибрации .....	157
<b>Глава 9. Течение и свойства жидкостей .....</b>	<b>158</b>
§ 9.1. Вязкость жидкости. Уравнение Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости .....	158
§ 9.2. Течение вязкой жидкости по трубам. Формула Пуазейля .....	159
§ 9.3. Движение тел в вязкой жидкости. Закон Стокса .....	163
§ 9.4. Методы определения вязкости жидкости. Клинический метод определения вязкости крови .....	164
§ 9.5. Ламинарное и турбулентное течения. Число Рейнольдса .....	167
§ 9.6. Особенности молекулярного строения жидкостей .....	169
§ 9.7. Поверхностное натяжение .....	170
§ 9.8. Смачивание и несмачивание. Капиллярные явления .....	171
<b>Глава 10. Механические свойства твердых тел и биологических тканей .....</b>	<b>175</b>
§ 10.1. Кристаллические и аморфные тела. Полимеры .....	175
§ 10.2. Жидкие кристаллы .....	181
§ 10.3. Механические свойства твердых тел .....	183
§ 10.4. Механические свойства биологических тканей .....	190
<b>Глава 11. Физические вопросы гемодинамики .....</b>	<b>197</b>
§ 11.1. Модели кровообращения .....	197
§ 11.2. Пульсовая волна .....	201
§ 11.3. Работа и мощность сердца. Аппарат искусственного кровообращения .....	204
§ 11.4. Физические основы клинического метода измерения давления крови .....	205
§ 11.5. Определение скорости кровотока .....	207
 <b>РАЗДЕЛ 3. РАВНОВЕСНАЯ И НЕРАВНОВЕСНАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ДИФФУЗНЫЕ ПРОЦЕССЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕМБРАНАХ .....</b>	
<b>Глава 12. Термодинамика .....</b>	<b>211</b>
§ 12.1. Основные понятия термодинамики. Первое начало термодинамики .....	211
§ 12.2. Второе начало термодинамики. Энтропия .....	215
§ 12.3. Критика теории «тепловой смерти» мира .....	225
§ 12.4. Термодинамические потенциалы .....	226
§ 12.5. Системы с переменным числом частиц. Химический и электрхимический потенциалы .....	228

§ 12.6. Стационарное состояние. Принцип минимума производства энтропии . . . . .	231
§ 12.7. Организм как открытая система . . . . .	233
§ 12.8. Термометрия и калориметрия . . . . .	236
§ 12.9. Физические свойства нагретых и холодных сред, используемых для лечения. Применение низких температур в медицине . . . . .	240
<b>Глава 13. Физические процессы в биологических мембранах . . . . .</b>	<b>242</b>
§ 13.1. Строение и модели мембран . . . . .	242
§ 13.2. Некоторые физические свойства и параметры мембран . . . . .	246
§ 13.3. Перенос молекул (атомов) через мембраны . . . . .	247
§ 13.4. Уравнение Нернста—Планка. Перенос ионов через мембраны . . . . .	253
§ 13.5. Активный транспорт . . . . .	257
§ 13.6. Разновидности пассивного переноса молекул и ионов через биологические мембраны . . . . .	258
§ 13.7. Потенциал покоя . . . . .	259
§ 13.8. Потенциал действия и его распространение . . . . .	262
<b>РАЗДЕЛ 4. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА . . . . .</b>	<b>267</b>
<b>Глава 14. Электрическое поле . . . . .</b>	<b>269</b>
§ 14.1. Напряженность и потенциал — характеристики электрического поля . . . . .	269
§ 14.2. Электрический диполь . . . . .	274
§ 14.3. Понятие о мультиполе . . . . .	278
§ 14.4. Дипольный электрический генератор (токовый диполь) . . . . .	279
§ 14.5. Физические основы электрокардиографии . . . . .	281
§ 14.6. Диэлектрики в электрическом поле . . . . .	285
§ 14.7. Пьезоэлектрический эффект . . . . .	290
§ 14.8. Энергия электрического поля . . . . .	291
<b>Глава 15. Электрический ток . . . . .</b>	<b>294</b>
§ 15.1. Плотность и сила тока . . . . .	294
§ 15.2. Электродвижущая сила источников тока . . . . .	295
§ 15.3. Электропроводимость электролитов . . . . .	296
§ 15.4. Электропроводимость биологических тканей и жидкостей при постоянном токе . . . . .	298
§ 15.5. Электрический разряд в газах. Аэроионы и их лечебно-профилактическое действие . . . . .	299
§ 15.6. Внутренняя контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила . . . . .	301
<b>Глава 16. Магнитное поле . . . . .</b>	<b>305</b>
§ 16.1. Индукция магнитного поля . . . . .	305
§ 16.2. Закон Ампера. Энергия контура с током в магнитном поле . . . . .	308

§ 16.3. Действие магнитного поля на движущийся электрический заряд. Сила Лоренца . . . . .	311
§ 16.4. Экспериментальное определение удельного заряда частиц . . . . .	314
§ 16.5. Напряженность магнитного поля. Закон Био—Савара—Лапласа и его применение. . . . .	315
§ 16.6. Закон полного тока. Напряженность магнитного поля соленоида. . . . .	319
§ 16.7. Магнитные свойства вещества . . . . .	321
§ 16.8. Магнитные свойства тканей организма. Физические основы магнитобиологии. . . . .	326
<b>Глава 17. Электромагнитная индукция. Энергия магнитного поля . . . . .</b>	<b>328</b>
§ 17.1. Основной закон электромагнитной индукции . . . . .	328
§ 17.2. Взаимная индукция. . . . .	331
§ 17.3. Самоиндукция . . . . .	332
§ 17.4. Вихревые токи . . . . .	335
§ 17.5. Энергия магнитного поля . . . . .	336
<b>Глава 18. Электромагнитные колебания и волны . . . . .</b>	<b>339</b>
§ 18.1. Свободные электромагнитные колебания . . . . .	339
§ 18.2. Переменный ток . . . . .	343
§ 18.3. Полное сопротивление в цепи переменного тока. Резонанс напряжений. . . . .	344
§ 18.4. Полное сопротивление (импеданс) тканей организма. Физические основы реографии. . . . .	347
§ 18.5. Электрический импульс и импульсный ток. . . . .	349
§ 18.6. Прохождение прямоугольных импульсов через линейную цепь. Дифференцирующие и интегрирующие цепи . . . . .	351
§ 18.7. Понятие о теории Максвелла. Ток смещения . . . . .	354
§ 18.8. Электромагнитные волны . . . . .	357
§ 18.9. Шкала электромагнитных волн. Классификация частотных интервалов, принятая в медицине . . . . .	360
<b>Глава 19. Физические процессы в тканях при воздействии током и электромагнитными полями . . . . .</b>	<b>363</b>
§ 19.1. Первичное действие постоянного тока на ткани организма. Гальванизация. Электрофорез лекарственных веществ. . . . .	363
§ 19.2. Воздействие переменными (импульсными) токами . . . . .	365
§ 19.3. Воздействие переменным магнитным полем. . . . .	369
§ 19.4. Воздействие переменным электрическим полем. . . . .	370
§ 19.5. Воздействие электромагнитными волнами . . . . .	373
<b>РАЗДЕЛ 5. ОБЩАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА. . . . .</b>	<b>375</b>
<b>Глава 20. Содержание общей и медицинской электроники . . . . .</b>	<b>377</b>
§ 20.1. Электроника и некоторые направления ее развития . . . . .	377

§ 20.2. Медицинская электроника. Основные группы медицинских электронных приборов и аппаратов . . . . .	380
§ 20.3. Электробезопасность медицинской аппаратуры . . . . .	382
§ 20.4. Надежность медицинской аппаратуры . . . . .	388
<b>Глава 21. Система получения медико-биологической информации.</b> . . . .	<b>392</b>
§ 21.1. Структурная схема съема, передачи и регистрации медико-биологической информации . . . . .	392
§ 21.2. Электроды для съема биоэлектрического сигнала . . . . .	393
§ 21.3. Датчики медико-биологической информации . . . . .	395
§ 21.4. Передача сигнала. Радиотелеметрия . . . . .	398
§ 21.5. Аналоговые регистрирующие устройства . . . . .	400
§ 21.6. Принцип работы медицинских приборов, регистрирующих биопотенциалы . . . . .	404
<b>Глава 22. Усилители</b> . . . . .	<b>407</b>
§ 22.1. Коэффициент усиления усилителя . . . . .	407
§ 22.2. Амплитудная характеристика усилителя. Нелинейные искажения . . . . .	408
§ 22.3. Частотная характеристика усилителя. Линейные искажения . . . . .	410
§ 22.4. Усилитель на транзисторе . . . . .	412
§ 22.5. Усиление биоэлектрических сигналов . . . . .	421
<b>Глава 23. Генераторы</b> . . . . .	<b>432</b>
§ 23.1. Разновидности генераторов электрических колебаний . . . . .	432
§ 23.2. Генератор гармонических колебаний на транзисторе . . . . .	433
§ 23.3. Генераторы импульсных (релаксационных) колебаний . . . . .	434
§ 23.4. Электронный осциллограф . . . . .	436
§ 23.5. Электронные стимуляторы. Низкочастотная физиотерапевтическая электронная аппаратура . . . . .	439
§ 23.6. Высокочастотная физиотерапевтическая электронная аппаратура. Аппараты электрохирургии . . . . .	442
<b>РАЗДЕЛ 6. ОПТИКА</b> . . . . .	<b>445</b>
<b>Глава 24. Интерференция дифракция света. Голография</b> . . . . .	<b>447</b>
§ 24.1. Когерентные источники света. Условия для наибольшего усиления и ослабления волн . . . . .	447
§ 24.2. Интерференция света в тонких пластинках (пленках). Просветление оптики . . . . .	451
§ 24.3. Интерферометры и их применение. Понятие об интерференционном микроскопе . . . . .	455
§ 24.4. Принцип Гюйгенса–Френеля . . . . .	457
§ 24.5. Дифракция на щели в параллельных лучах . . . . .	458
§ 24.6. Дифракционная решетка. Дифракционный спектр . . . . .	461
§ 24.7. Основы рентгеноструктурного анализа . . . . .	468

§ 24.8. Понятие о голографии и ее возможном применении в медицине . . . . .	470
<b>Глава 25. Поляризация света . . . . .</b>	<b>476</b>
§ 25.1. Свет естественный и поляризованный. Закон Малюса . . . . .	476
§ 25.2. Поляризация света при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. . . . .	478
§ 25.3. Поляризация света при двойном лучепреломлении . . . . .	479
§ 25.4. Вращение плоскости поляризации. Поляриметрия . . . . .	481
§ 25.5. Исследование биологических тканей в поляризованном свете . . . . .	484
<b>Глава 26. Геометрическая оптика . . . . .</b>	<b>486</b>
§ 26.1. Геометрическая оптика как предельный случай волновой оптики . . . . .	486
§ 26.2. Аберрации линз . . . . .	487
§ 26.3. Понятие об идеальной центрированной оптической системе. . . . .	491
§ 26.4. Оптическая система глаза и некоторые ее особенности. . . . .	494
§ 26.5. Недостатки оптической системы глаза и их устранение . . . . .	499
§ 26.6. Лупа . . . . .	500
§ 26.7. Оптическая система и устройство биологического микроскопа. . . . .	502
§ 26.8. Разрешающая способность и полезное увеличение микроскопа. Понятие о теории Аббе . . . . .	506
§ 26.9. Некоторые специальные приемы оптической микроскопии. . . . .	511
§ 26.10. Волоконная оптика и ее использование в медицинских приборах. . . . .	515
<b>Глава 27. Тепловое излучение тел . . . . .</b>	<b>517</b>
§ 27.1. Характеристики теплового излучения. Черное тело . . . . .	517
§ 27.2. Закон Кирхгофа . . . . .	519
§ 27.3. Законы излучения черного тела . . . . .	520
§ 27.4. Излучение солнца. Источники теплового излучения, применяемые для лечебных целей . . . . .	522
§ 27.5. Теплоотдача организма. Понятие о термографии . . . . .	524
§ 27.6. Инфракрасное излучение и его применение в медицине . . . . .	527
§ 27.7. Ультрафиолетовое излучение и его применение в медицине . . . . .	528
§ 27.8. Фотоэлектрический эффект и его некоторые применения . . . . .	529
§ 27.9. Световой эталон. Некоторые световые величины. . . . .	534
<b>РАЗДЕЛ 7. ФИЗИКА АТОМОВ И МОЛЕКУЛ. ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ БИОФИЗИКИ . . . . .</b>	<b>537</b>
<b>Глава 28. Волновые свойства частиц. Элементы квантовой механики. . . . .</b>	<b>539</b>
§ 28.1. Гипотеза де Бройля. Опыты по дифракции электронов и других частиц . . . . .	539

§ 28.2. Электронный микроскоп. Понятие об электронной оптике . . .	542
§ 28.3. Волновая функция и ее физический смысл . . . . .	546
§ 28.4. Соотношения неопределенностей . . . . .	547
§ 28.5. Уравнение Шредингера. Электрон в потенциальной яме . . . .	548
§ 28.6. Применение уравнения Шредингера к атому водорода. Квантовые числа . . . . .	552
§ 28.7. Понятие о теории Бора . . . . .	556
§ 28.8. Электронные оболочки сложных атомов . . . . .	558
§ 28.9. Энергетические уровни молекул . . . . .	560
<b>Глава 29. Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами . . . . .</b>	<b>561</b>
§ 29.1. Особенности излучения и поглощения энергии атомами и молекулами . . . . .	561
§ 29.2. Поглощение света . . . . .	564
§ 29.3. Рассеяние света . . . . .	567
§ 29.4. Оптические атомные спектры . . . . .	569
§ 29.5. Молекулярные спектры . . . . .	571
§ 29.6. Различные виды люминесценции . . . . .	574
§ 29.7. Фотолюминесценция . . . . .	574
§ 29.8. Хемилюминесценция . . . . .	577
§ 29.9. Фотобиологические процессы . . . . .	578
§ 29.10. Биофизические основы зрительной рецепции . . . . .	580
<b>Глава 30. Лазеры. Радиоспектроскопия . . . . .</b>	<b>585</b>
§ 30.1. Лазеры и их применение в медицине . . . . .	585
§ 30.2. Расщепление энергетических уровней атомов в магнитном поле . . . . .	589
§ 30.3. Электронный парамагнитный резонанс и его медико-биологическое применение . . . . .	591
§ 30.4. Ядерный магнитный резонанс. ЯМР-интроскопия . . . . .	596
<b>РАЗДЕЛ 8. ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ. ОСНОВЫ ДОЗИМЕТРИИ . . . . .</b>	<b>599</b>
<b>Глава 31. Рентгеновское излучение . . . . .</b>	<b>601</b>
§ 31.1. Устройство рентгеновской трубки. Тормозное рентгеновское излучение . . . . .	601
§ 31.2. Характеристическое рентгеновское излучение. Атомные рентгеновские спектры . . . . .	604
§ 31.3. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом . . . .	606
§ 31.4. Физические основы применения рентгеновского излучения в медицине . . . . .	609
<b>Глава 32. Радиоактивность. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом . . . . .</b>	<b>612</b>
§ 32.1. Радиоактивность . . . . .	612
§ 32.2. Основной закон радиоактивного распада. Активность . . . . .	614

§ 32.3. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом . . . .	616
§ 32.4. Биофизические основы действия ионизирующих излучений на организм . . . . .	620
§ 32.5. Детекторы ионизирующих излучений . . . . .	621
§ 32.6. Использование радионуклидов и нейтронов в медицине . . . .	626
§ 32.7. Ускорители заряженных частиц и их использование в медицине . . . . .	629
<b>Глава 33. Элементы дозиметрии. Элементарные частицы . . . . .</b>	<b>633</b>
§ 33.1. Доза излучения и экспозиционная доза. Мощность дозы . . . .	633
§ 33.2. Количественная оценка биологического действия ионизирующего излучения. Эквивалентная доза . . . . .	635
§ 33.3. Дозиметрические приборы . . . . .	637
§ 33.4. Защита от ионизирующего излучения . . . . .	638
Заключение . . . . .	640
Предметный указатель . . . . .	642