

61:577,3
1075.8+616-7
M 42

В. П. Марценюк, В. Д. Дідух, Р. Б. Ладика,
А. С. Сверстюк, І. Є. Андрущак, Д. В. Чернецький

МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА



Тернопіль
ТДМУ
Зеркало

УДК 61:577.3(075.8)+616-7(075.8)

ББК 28.9я73

М 42



Рецензенти: завідувач кафедри біофізики, інформатики та медичної апаратури Одеського національного медичного університету, доктор медичних наук, професор Л. С. Годлевський;
завідувач кафедри медичної, біологічної фізики, медичної інформатики та біостатистики Донецького державного медичного університету ім. М. Горького, доктор біологічних наук, професор Ю. Є. Лях;
завідувач кафедри фізики ТНПУ ім. В. Гнатюка, кандидат фізико-математичних наук, доцент Т. Д. Дідора

М42 Медична та біологічна фізика : навч. посіб. / В. П. Марценюк, В. Д. Дідух, Р. Б. Ладика та ін. – Тернопіль : ТДМУ, 2018. – 304 с.

ISBN 978-966-673-193-0

543338

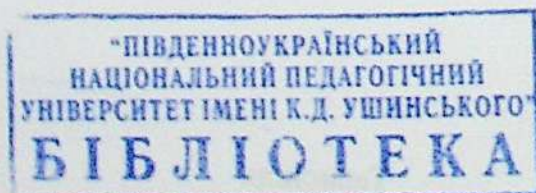
У навчальному посібнику викладено основи біомеханіки, біореології і гемодинаміки, розглянуто будову і функції мембран, елементи термодинаміки і квантової механіки, явища рентгенівського і радіоактивного випромінювання, електронно-парамагнітного і ядерно-магнітного резонансу.

Значне місце виділене методам діагностики і лікування: гальванізації, дарсонвалізації, індуктотермії, лазерній, мікрохвильовій і магніто-резонансній терапії.

Теоретичний матеріал супроводжується відповідними ілюстраціями. Книга призначена для студентів вищих медичних навчальних закладів, проте може бути корисною і для широкого кола читачів.

УДК 61:577.3(075.8)+616-7(075.8)

ББК 28.9я73



ISBN 978-966-673-193-0

© Марценюк В. П. та ін., 2018

© ТДМУ, "Укрмедкнига", 2018

Зміст

Передмова.....	3
Розділ 1. Біомеханіка. Біореологія та гемодинаміка.....	5
Глава 1.1. Кінематика і динаміка поступального і обертального руху.....	5
1.1.1. Кінематичні характеристики поступального і обертального рухів та зв'язок між ними. Динаміка обертального руху.....	5
Глава 1.2. Механічні властивості біологічних тканин.....	9
1.2.1. Опорно-рухова система людини.....	9
1.2.2. Деформації тіл та їхні характеристики	15
1.2.3. Деформація біологічних тканин	18
Глава 1.3 Механічні коливання і хвилі. Біоакустика	23
1.3.1. Механічні коливання.....	23
1.3.2. Додавання коливань однакового напрямку. Биття.....	28
1.3.3. Додавання взаємно перпендикулярних коливань	30
1.3.4. Механічні хвилі. Звук.....	31
1.3.5. Характеристики слухового відчуття. Закон Вебера–Фехнера.....	34
1.3.6. Ефект Доплера.....	36
1.3.7. Звукові методи діагностики.....	38
1.3.8. Ультразвук та інфразвук	39
1.3.9. Дуплексна (подвійна) УЗДГ	44
Глава 1.4. Біореологія та гемодинаміка	45
1.4.1. Внутрішнє тертя. Формула Ньютона	45
1.4.2. Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ)	49
1.4.3. Формула Гагена–Пуазейля. Гідравлічний опір	50
1.4.4. Рівняння Бернуллі	52
1.4.5. Система кровообігу людини	53
1.4.6. Пульсова хвиля.....	56
1.4.7. Електрична модель серцево-судинної системи	59
1.4.8. Поверхневі явища	59
Розділ 2. Термодинаміка біологічних систем.....	63
Глава 2.1. Рівноважна термодинаміка	63
2.1.1. Типи і параметри термодинамічних систем.....	63
2.1.2. Закони термодинаміки	64
2.1.3. Статистичний зміст ентропії і другого закону термодинаміки	70
2.1.4. Термодинамічна тотожність.....	73

2.1.5. Характеристичні функції.....	74
Глава 2.2. Термодинаміка відкритих систем поблизу рівноваги	78
2.2.1. Стаціонарний стан, виробництво ентропії.....	78
2.2.2. Лінійний закон. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів Онзагера.....	80
2.2.3. Спряженість потоків. Теорема Пригожина.....	81
2.2.4. Термодинаміка відкритих систем далеко від рівноваги.....	83
Розділ 3. Фізичні основи функціонування біологічних мембран	85
Глава 3.1. Структура, властивості і функції мембран.....	85
3.1.1. Молекулярна організація мембран.....	85
3.1.2. Основні види взаємодій, які формують мембрани. Моделі мембран.....	90
Глава 3.2. Транспорт речовин через мембрани.....	94
3.2.1. Пасивний транспорт речовин через мембрани.....	94
3.2.2. Активний транспорт речовин.....	101
Глава 3.3. Мембранні потенціали спокою і дії.....	104
3.3.1. Електрична ємність і опір плазматичної мембрани.....	104
3.3.2. Дифузійні і мембранні потенціали. Потенціал Нернста.....	107
3.3.3. Рівновага Доннана і потенціал Доннана.....	110
3.3.4. Стаціонарний потенціал Гольдмана-Ходжкіна-Катца	112
3.3.5. Механізм генерації і розповсюдження потенціалів дії.....	113
Розділ 4. Електродинаміка біологічних систем.....	119
Глава 4.1. Фізичні основи електрографії тканин та органів	119
4.1.1. Основні характеристики електростатичного поля	119
4.1.2. Франклінізація.....	122
4.1.3. Електричний диполь. Поле диполя	123
4.1.4. Струмний диполь	125
4.1.5. Теорія Ейнтховена. Компоненти нормальної ЕКГ. Векторелектрокардіографія. .	127
4.1.6. Електроенцефалографія (ЕЕГ). Апаратура для проведення ЕЕГ.....	133
Глава 4.2. Фізичні процеси в біологічних тканинах під дією електричного струму.	136
4.2.1. Характеристики електричного струму. Закони Ома і Джоуля Ленца в диференціальній формі	136
4.2.2. Електропровідність тканин організму. Гальванізація та лікувальний електрофорез	137
4.2.3. Гальванізація та лікувальний електрофорез.....	139
4.2.4. Змінний струм. Повний опір в колі змінного струму.	141
4.2.5. Імпеданс тканин організму. Основи реографії	145
4.2.6. Імпульсний струм та його характеристики	147

4.2.7. Дарсонвалізація	149
4.2.8. Електросон	150
4.2.9. Діадинамотерапія	151
4.2.10. Модуль резонансно-поляризаційної терапії (РПТ) комплексу КМДТ.....	152
Глава 4.3. Магнітні властивості речовини Електромагнітні хвилі	153
4.3.1. Магнітне поле, його характеристики	153
4.3.2. Закон Біо–Савара–Лапласа	156
4.3.3. Магнітні властивості речовини	157
4.3.4. Індуктотермія	159
4.3.5. Основи теорії Максвелла. Електромагнітні хвилі.....	160
4.3.6. Вектор Умова–Пойнтінга	164
4.3.7. Взаємодія електромагнітного поля з речовиною.....	165
4.3.8. УВЧ і мікрохвильова терапія	169
4.3.9. Електрохірургія	173
Розділ 5. Оптика	174
Глава 5.1. Основи фотометрії.....	174
5.1.1. Лінзи. Параметри лінзи	176
5.1.2. Око	178
Глава 5.2. Оптичні методи дослідження.....	182
5.2.1. Мікроскоп	182
5.2.2. Офтальмометр	191
5.2.3. Офтальмоскоп	192
5.2.4. Волоконна оптика	192
5.2.5. Бронхоскопія	195
5.2.6. Колонофіброскопія	196
5.2.7. Відеоінформаційна ендоскопічна система Olympus V-70.....	197
Глава 5.3 Хвильові властивості світла.....	197
5.3.1. Інтерференція світла.....	197
5.3.2. Просвітлення оптики.....	201
5.3.3. Дифракція світла.....	202
5.3.4. Голографія	205
5.3.5. Поляризація світла.....	207
5.3.6. Поглинання світла	211
Глава 5.4. Характеристики теплового випромінювання.....	215
5.4.1. Закони теплового випромінювання.....	216

5.4.2. Застосування ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання у медицині.....	219
Розділ 6. Елементи квантової механіки	224
Глава 6.1. Основні поняття квантової механіки.....	224
6.1.1. Хвильові властивості частинок. Гіпотеза де Бройля.....	224
Рис. 6.4. Загальний вигляд мікроскопа РЕММА-102.....	228
6.1.2. Хвильова функція та її фізичний зміст. Співвідношення невизначеностей.....	229
6.1.3. Рівняння Шрьодінгера та його розв'язок для атома водню. Квантові числа.....	230
Глава 6.2. Елементи квантової оптики.....	236
6.2.1. Особливості вимірювання і поглинання енергії атомами і молекулами.....	236
6.2.2. Явище люмінесценції.....	238
6.2.3. Лазери та їх використання в медицині.....	241
6.2.4. Електронний парамагнітний резонанс.....	246
6.2.5. Ядерний магнітний резонанс. ЯМР – томографія.....	249
Розділ 7. Рентгенівське випромінювання (Х-промені)	255
Глава 7.1. Історія відкриття Х-променів.....	255
7.1.1. Гальмівне Х-випромінювання	256
7.1.2. Характеристичне Х-випромінювання.....	257
7.1.3. Взаємодія Х-випромінювання з речовиною.....	259
7.1.4. Методи рентгенодіагностики.....	261
Глава 7.2. Явище радіоактивності. Радіоактивне випромінювання.....	265
7.2.1. Закон радіоактивного розпаду	265
7.2.2. Активність. Одиниці активності.....	267
7.2.3. Види радіоактивного розпаду	268
Глава 7.3. Дозиметрія іонізуючих випромінювань	271
7.3.1. Види і основні властивості іонізуючого випромінювання.....	271
7.3.2. Механізм взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною	273
7.3.3. Дозиметрія іонізуючих випромінювань	276
7.3.4. Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Еквівалентна доза	278
7.3.5. Використання радіоактивного випромінювання в медицині.	284
Глава 7.4. Електробезпека медичної техніки	286
7.4.1. Система електробезпеки	286
7.4.2. Критерії електробезпеки	288
Додатки.....	293
Література	298