

Міністерство освіти і науки України
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Ю. М. Краснобокий, О. В. Підгорний, І. А. Ткаченко

ОСНОВИ ФІЗИКИ З ЕЛЕМЕНТАМИ БІОФІЗИКИ

(навчальний посібник)

За загальною редакцією доктора педагогічних наук,
професора І. А. Ткаченка

Умань 2020

УДК 53+577.3] (075.8)

К 78

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини
(протокол №12 від 27.06.2017 р.)*

Рецензенти:

Авраменко О. Б. – доктор педагогічних наук, професор;

Азізов Т. Н. – доктор технічних наук, професор;

Миколайко В. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор;

Шут М. І. – доктор фізико-математичних наук, професор;

Якимчук Р. А. – доктор біологічних наук, професор.

К 78 Краснобокий Ю. М. Основи фізики з елементами біофізики :
(навчальний посібник) / Ю. М. Краснобокий, О. В. Підгорний,
І. А. Ткаченко. – Бровари : АНФ ГРУП, 2020. – 356 с.

Посібник розрахований на студентів природничих спеціальностей педагогічних університетів. Він також може бути корисним для учителів закладів загальної середньої освіти.

ISBN 978-617-7252-20-6

УДК 53+577.3] (075.8)

© Ю.М. Краснобокий, О.В. Підгорний,

І.А. Ткаченко

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
§1. Фізика – її роль і місце в системі природничих наук.....	11
§2. Біофізика.....	15
§3. Взаємозв'язок біофізики з іншими науками.....	22
§4. Простір і час як властивості матеріального світу.....	26
РОЗДІЛ I. ОСНОВИ КІНЕМАТИКИ.....	33
§1. Кінематика матеріальної точки.....	33
§2. Кінематика твердого тіла.....	37
РОЗДІЛ II. ОСНОВИ ДИНАМІКИ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ.....	38
§1. Маса, імпульс, сила.....	38
§2. Закони динаміки (закони Ньютона).....	39
§3. Закон збереження імпульсу.....	40
РОЗДІЛ III. РОБОТА І ЕНЕРГІЯ.....	41
§1. Робота сил.....	41
§2. Кінетична енергія.....	42
§3. Потенціальна енергія.....	43
§4. Закон збереження механічної енергії.....	43
§5. Дисипативні сили.....	44
РОЗДІЛ IV. ОСНОВИ БІОМЕХАНІКИ.....	44
§1. З історії становлення біомеханіки.....	45
§2. Біомеханіка людини.....	47
§3. Методи дослідження біомеханіки.....	48
§4. Механічні властивості біологічних тканин.....	51
§5. Аналоги простих механізмів у природі.....	52
§6. Природа біомеханічної реакції рослин на зовнішні подразники.....	56
РОЗДІЛ V. ОСНОВИ МЕХАНІКИ РІДИН.....	58
§1. Стаціонарний потік рідини. Рівняння Бернуллі.....	58
§2. Рух реальної рідини. Формула Пуазейля.....	60
§3. Реактивний рух у природі.....	61

РОЗДІЛ VI. МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І ХВИЛІ	63
§1. Гармонічні коливання.....	63
§2. Енергія коливального руху	66
§3. Поширення коливань у пружних середовищах. Механічні хвилі	67
РОЗДІЛ VII. ОСНОВИ АКУСТИКИ.....	69
§1. Основні характеристики звуку	69
§2. Елементи фізіологічної акустики	71
§3. Фізичні основи отримання інфразвуків й ультразвуків. Їх властивості і застосування	75
§4. Фізичні основи застосування ультразвукового методу дослідження у біофізиці і медицині.....	77
§5. Біофізика сприймання звуку людиною.....	79
§6. Елементи біологічної акустики.....	80
§7. Ультразвук у природі.....	82
§8. Інфразвук.....	84
§9. Шум	86
§10. Елементи акустобіології.....	87
РОЗДІЛ VIII. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ.....	91
§1. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії будови речовини та їх дослідне підтвердження.....	91
§2. Молекулярні взаємодії.....	93
§3. Основні положення молекулярно-кінетичної теорії газів	94
§4. Основні закони ідеальних газів	95
§5. Рівняння Клапейрона – Менделєєва	98
§6. Середня довжина вільного пробігу молекул.....	100
§7. Явища перенесення в газах	101
РОЗДІЛ IX. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ	103
§1. Предмет і методи термодинаміки.....	103
§2. Основні поняття й означення.....	104
§3. Перший принцип термодинаміки	106
§4. Оборотні і необоротні процеси.....	108
§5. Цикл Карно	108

§6. Коефіцієнт корисної дії теплової машини.....	109
§7. Другий принцип термодинаміки	110
§8. Поняття про ентропію.....	112
§9. Енергія і ентропія	114
РОЗДІЛ X. ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ	117
§1. Енергія та обмін речовин.....	117
§2. Обмін речовин у тварин	118
§3. Вплив високих температур на ендотермних тварин	119
§4. Вплив низьких температур на ендотермних тварин.....	120
§5. Вплив теплових факторів на ектотермних тварин.....	122
РОЗДІЛ XI. СИНЕРГЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ТЛУМАЧЕННЯ БІОФІЗИЧНИХ ЯВИЩ.....	124
§1. Щодо співвідношення між поняттями фізичної і біологічної еволюції... ..	124
§2. Фізичні фактори розвитку живого.....	126
§3. Зв'язок простору і енергії для живого	127
§4. Біологічний час живої системи.....	128
§5. Поняття психологічного часу людини.....	129
§6. Ентропія і інформація в живих системах.....	131
§7. Роль фізичних законів у розумінні живого	132
РОЗДІЛ XII. ОСНОВИ ВЧЕННЯ ПРО РІДКИЙ СТАН РЕЧОВИНИ	133
§1. Властивості й структура рідини	133
§2. Поверхневі властивості рідин. Поверхневий натяг	134
§3. Меніск. Формула Лапласа	137
§4. Капілярні явища	140
§5. Закони руху реальної рідини.....	142
§6. Седиментація	143
§7. Ультрацентрифугування.....	143
§8. Механіка руху крові по кровоносних судинах.....	144
§9. Поверхнево-активні речовини. Адсорбція. Флотація	148
§10. Рідкі розчини. Закони Рауля	149
§11. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа.....	152

§12. Роль води у життєдіяльності організмів	153
РОЗДІЛ XIII. ОСНОВИ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА. ПОЛІМЕРИ	158
§1. Будова та властивості твердих тіл.....	158
§2. Основні уявлення про будову та структуру полімерів.....	159
§3. Склоподібний, високоеластичний і в'язкотекучий стани полімерів. Термомеханічні властивості полімерів.....	163
§4. Біополімери в медицині.....	164
РОЗДІЛ XIV. ОСНОВИ ЕЛЕКТРОСТАТИКИ. ЕЛЕКТРИЧНЕ ПОЛЕ	169
§1. Електричні заряди та їх взаємодія.....	170
§2. Напруженість електростатичного поля	172
§3. Потенціал електростатичного поля.....	172
§4. Зв'язок напруженості з потенціалом електростатичного поля. Градієнт потенціалу	174
§5. Електроємність провідника. Конденсатори	176
§6. Біоелектричні потенціали.....	177
§7. Електрична активність серця. Принципи електрокардіографії.....	179
§8. Електрична активність мозку. Принципи електроенцефалографії.....	180
§9. Електрична активність м'язів. Принципи електроміографії	181
§10. Біофізика електричних полів риб	182
РОЗДІЛ XV. ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ	186
§1. Постійний електричний струм. Сила та густина струму	186
§2. Електрорушійна сила джерела струму.....	187
§3. Закон Ома для однорідної ділянки кола. Електричний опір	189
§4. Послідовне та паралельне з'єднання провідників	191
§5. Закон Ома для повного (неоднорідного) замкненого кола.....	192
§6. Робота і потужність струму. Закон Джоуля-Ленца. Теплова дія електричного струму.....	193
§7. Електричний струм у рідинах (електролітах)	194
§8. Аналоги електричних опорів у рослинному організмі	197
§9. Застосування електричного струму в лікувальних цілях.....	198
РОЗДІЛ. XVI. ОСНОВИ МАГНЕТИЗУ.....	201
§1. Магнітна індукція.....	201

§2. Магнітне поле постійного струму.....	202
§3. Магнітне поле у речовині.....	203
§4. Електромагнітна індукція. Змінний електричний струм.....	204
§5. Магнітне поле Землі.....	206
§6. Біомагнетизм.....	207
РОЗДІЛ XVII. БІОФІЗИЧНІ ПОЛЯ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ.....	208
§1. Поняття біополя.....	208
§2. Електромагнітні поля і випромінювання живого організму.....	209
§3. Теплове та інші види випромінювань.....	213
§4. Хвилі, коливання, клітини.....	214
§5. Взаємозв'язок біофізичних полів живих організмів із зовнішніми силовими полями.....	217
§6. Зовнішні біофізичні поля і йонізуюче випромінювання.....	224
§7. Можливості медичної діагностики і лікування на основі випромінювань біофізичних полів.....	226
РОЗДІЛ XVIII. ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ОСНОВИ ОПТИКИ.....	228
§1. Електромагнітні хвилі. Оптичний діапазон.....	229
§2. Квантові властивості світла.....	232
§3. Сонце як джерело електромагнітного випромінювання.....	235
§4. Поглинання світла речовиною і деякі біофізичні процеси, що з ним пов'язані.....	237
§5. Вплив електромагнітних полів на живі організми.....	241
§6. Вплив мобільного зв'язку на здоров'я людини.....	242
§7. Геометрична оптика.....	243
§8. Око як оптичний прилад.....	245
§9. Біофізика «зорового відчуття».....	247
РОЗДІЛ XIX. ОСНОВИ ФІЗИКИ АТОМА.....	252
§1. Досліди Резерфорда з розсіяння α -частинок речовиною.....	252
§2. Формула Резерфорда та її аналіз.....	254
§3. Ядерна модель атома Резерфорда.....	256
§4. Будова атома за теорією Н. Бора.....	258

РОЗДІЛ XX. КВАНТОВІ ГЕНЕРАТОРИ (ЛАЗЕРИ), ПРИНЦИП ДІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	260
§1. Спонтанне та індуковане (стимульоване) випромінювання енергії атомами	260
§2. Будова і принцип дії лазера.....	263
§3. Особливості лазерного випромінювання і різновиди лазерів	264
§4. Волоконно-оптичний зв'язок.....	267
§5. Розвиток лазерних технологій	268
§6. Застосування лазерів у медицині.....	269
РОЗДІЛ XXI. РЕНТГЕНІВСЬКІ ПРОМЕНІ.....	273
§1. Одержання рентгенівських променів.....	273
§2. Природа і властивості рентгенівських променів, їх суцільний і характеристичний спектри	274
§3. Використання рентгенівських променів.....	276
§4. Фізичні основи застосування рентгенологічного методу дослідження біологічних об'єктів.....	277
§5. Загальні методики рентгенологічного дослідження.....	278
§6. Фізичні основи застосування рентгенівської комп'ютерної томографії ..	280
РОЗДІЛ XXII. ОСНОВИ ФІЗИКИ АТОМНОГО ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТИ РАДІАЦІЙНОЇ БІОФІЗИКИ	284
§1. Склад та розміри ядра.....	284
§2. Радіоактивність.....	287
§3. Закон радіоактивного розпаду	289
§4. Характеристики радіоактивних джерел.....	290
§5. Активність радіонуклідів	292
§6. Вплив радіації на живі організми	294
§7. Мутації і радіаційний мутагенез.....	299
§8. Мутації і розвиток організму	303
§9. Фізичні основи радіонуклідного методу (методу мічених атомів) дослідження і діагностики у медицині	305
§10. Застосування радіоактивних ізотопів	308
РОЗДІЛ XXIII. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ РАДІОСПЕКТРОСКОПІЇ.....	311

§1. Ефект Зеемана.....	311
§2. Поняття про явище магнітного резонансу.....	312
§3. Заряд і маса атомних ядер	315
§4. Спін і магнітний момент ядра.....	316
§5. Фізичні основи застосування магнітно-резонансної томографії біологічних об'єктів	322
РОЗДІЛ XXIV. КОСМОС І БІОСФЕРА ЗЕМЛІ	327
§1. Деякі дані з астрофізики.....	327
§2. Космічні ритми клімату.....	335
§3. Вплив космосу на рослинність	338
§4. Космос у житті тварин.....	342
§5. Космос і епідемії	346
§6. Сонце і біосфера Землі	349
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	353

Від авторів

У системі сучасної вищої школи спостерігається помітне намагання посилити роль фундаментальних наук у процесі підготовки фахівців усіх профілів. Звичайно, що ця тенденція може бути зrealізована за умови зростання якості відповідної підготовки випускників шкіл – майбутніх студентів ЗВО. А це, в свою чергу, автоматично диктує вимогу суттєвого поліпшення якості підготовки вчителів – у даному випадку учителів природничих наук.

Відгукуючись на сучасну тенденцію щодо інтеграції в процесі викладання природничо-наукових дисциплін, автори зробили спробу доповнити викладання на природничих факультетах педагогічних університетів таких коротких навчальних курсів як «Фізика» і «Біофізика» пропонованим посібником. У ньому спочатку подаються основні теорії і закони з різних розділів фізики, а потім розглядаються особливості їх використання у біофізиці.

Компонуючи таким чином матеріал посібника, не можна було уникнути й тих його елементів, що тісно переплітаються з питаннями біології, фізичної хімії, екології, медицини тощо. Тому цей посібник може бути корисним і при вивченні «Основ медичних знань» (в частині фізичних методів діагностики) у непрофільних навчальних закладах.

На сучасному етапі розвитку природознавства комплексне вивчення Всесвіту стає одним із основних джерел найціннішої нової унікальної інформації, яка сприяє значному розширенню й поглибленню знань про еволюцію, закономірності і властивості космічного простору, які мають знаходити своє відображення в навчальних курсах ЗВО. Саме цим автори пояснюють наявність у посібнику заключного розділу «Космос і біосфера Землі», в якому викладено короткі відомості з астрофізики та елементів космоземних зв'язків.

ВСТУП

§1. Фізика – її роль і місце в системі природничих наук

Фізика (з давньогрецької мови – «природа») – це одна з фундаментальних наук про природу.

Слід розрізняти фізику – науку і фізику – навчальний курс. Курс загальної фізики складається з розділів: механіка, молекулярна фізика, термодинаміка, електродинаміка, оптика, фізика атома, фізика атомного ядра та елементарних частинок.

Фізика – як наука, вивчає прості, але разом з тим і найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості та будову матерії, закони її руху (механічну і фізичну форми).

Матерія – це нескінченна множина усіх співіснуючих у світі об'єктів і систем, сукупність їх властивостей та зв'язків, відношень та форм руху. Вона містить у собі не тільки об'єкти та тіла природи, які безпосередньо спостерігаються, але й всі ті, які людина не відчуває.

Невід'ємною властивістю матерії є рух. Рух матерії являє собою будь-які зміни, які відбуваються з матеріальними об'єктами внаслідок їх взаємодій. У природі спостерігаються різні види руху матерії: механічні, коливальні і хвильові, тепловий рух атомів та молекул, рівноважні і нерівноважні процеси, радіоактивний розпад, хімічні та ядерні реакції, розвиток живих організмів і біосфери.

На сучасному етапі розвитку природознавства розрізняють наступні види матерії: речовина, фізичне поле і фізичний вакуум. До матеріальних відносяться й такі об'єкти невідомої природи як темна матерія та темна енергія.

Речовина – це основний вид матерії, яка має масу спокою. Речовинні об'єкти становлять елементарні частинки, атоми, молекули та величезна кількість матеріальних об'єктів, які утворені з них. Властивості речовини залежать від зовнішніх умов та інтенсивності взаємодії атомів і молекул, що й обумовлює існування різних агрегатних станів речовини.

Фізичне поле – особливий вид матерії, який забезпечує фізичну взаємодію матеріальних об'єктів та їх систем. До фізичних полів відносять: електромагнітне і гравітаційне поля, поле ядерних сил, хвильові поля, які відповідають різним елементарним частинкам. Джерелом фізичних полів є елементарні частинки.

Фізичний вакуум – це найнижчий енергетичний стан квантованого поля. Цей термін був уведений у квантовій теорії поля для пояснення деяких процесів. Середня кількість частинок – квантів поля у вакуумі дорівнює нулю,

однак у ньому можуть народжуватись частинки у проміжних станах, які існують дуже короткий час.

Серед матеріальних об'єктів слід розрізняти об'єкти мікросвіту, макросвіту і мегасвіту.

Мікросвіт – це область гранично малих мікрочастинок, які безпосередньо (візуально) не спостерігаються. Це світ молекул, атомів та елементарних частинок.

Макросвіт – це світ макроскопічних об'єктів, які складаються з великої кількості мікрочастинок. Він представлений макромолекулами, речовинами у різних агрегатних станах, живими організмами, людиною та продуктами її діяльності.

Мегасвіт – галузь величезних космічних масштабів, де відстані вимірюються астрономічними одиницями (1 *а.о.* дорівнює 8,3 світлової хвилини), світловими роками (1 світловий рік дорівнює 10 трлн. км) і парсеками (1 *пк* дорівнює 30 трлн. км), а час існування космічних об'єктів – мільйони та мільярди років. До мегасвіту відносяться: планети та їх системи, зірки, галактики та їх скупчення, які утворюють метагалактики.

Фізика як наука має модельний характер своєї побудови. Завдання фізики полягає у тому, щоб створити у нашій уяві таку картину фізичного світу, яка найбільш повно відображає його властивості та забезпечує такі співвідношення між елементами моделі, які існують між елементами зовнішнього світу.

Відомо, що *модель* – це знакова або уявна система, яка відтворює або відображає принципи внутрішньої організації, ті чи інші властивості досліджуваного об'єкту і яка може замінити цей об'єкт у пізнавальному процесі з метою одержання нової інформації про нього. Моделюючи об'єкт пізнання, маємо завжди пам'ятати, що модель подібна, схожа з оригіналом, але не тотожна з ним.

У реальному фізичному світі зв'язки між матеріальними предметами та явищами настільки різноманітні, що охопити всіх їх неможливо не тільки в практичному, але й в *теоретичному* принциповому сенсі. Тому, створюючи моделі, беруть до уваги тільки суттєві для даного кола явищ властивості та зв'язки.

Моделі, які використовуються у фізиці, є наближеними, їх справедливість для реального матеріального об'єкту може бути гарантована лише в певних межах. Поза цими межами модель може стати непридатною і навіть безглуздою. Суттєво підкреслити, що один фізичний об'єкт у різних ситуаціях може бути поданий різними моделями.

Фізика є наукою експериментальною. На основі експериментів і спостережень створюється модель, у межах якої робляться передбачення про

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Александер Р. Биомеханика. М.: Мир, 1970. 340 с.
2. Антонов В. Ф. Биофизика: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. В. Ф. Антонова. М.: Арктос-Викапресс, 1996. 256 с.
3. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. Биофизика: учеб. пособие для студ. Вузов. М.: Гуманит. изд. Центр «ВЛАДОС», 2000. 288 с.
4. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. Практикум по биофизике. М.: Гуманит. изд. центр «ВЛАДОС», 2001. 352 с.
5. Антонюк В. С. та ін. Біофізика і біомеханіка: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». К.: НТУУ «КПІ», 2012. 343 с.
6. Бранков Г. Основы биомеханики. М.: Мир, 1981. 255 с.
7. Вайданич В. І., Пенцак Г. М. Фізика з лісоекологічними та біофізичними аспектами : підручник. 2-ге вид., доповн., переробл. Л.: Нац. лісотехн. ун-т України, 2009. 648 с.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика: учеб. М.: Наука, 1988. 592 с.
9. Волькенштейн М. В. Биофизика: учеб. пособие. Изд. 3-е, стер. СПб. М. Краснодар: Лань, 2008. 595 с.
10. Годик Э. Э., Гуляев Ю. В. Физические поля человека и животных. *В мире науки.* № 5. 1990. С. 75–83.
11. Готовский М. Ю., Перов Ю. Ф., Чернецова Л. В. Биорезонансная терапія. М.: Имедис, 2008. 176 с.
12. Гудим Д. И. Оптическая спектроскопия воды в растворах солей. *Фундаментальные прикладные аспекты применения миллиметрового электромагнитного излучения в медицине.* 1989. С. 60–62.
13. Гуляев Ю. В., Годик Э. Э., Петров А. В., Тараторин А. М. О возможностях дистантной функциональной диагностики биологических объектов по их собственному инфракрасному излучению. *Докл. АН СССР.* 1984. Т. 277. № 6. С. 1486–1491.
14. Зацепина Г. Н. Электрическая система регуляция процессов жизнедеятельности. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 160 с.
15. Кизилова Н. Н. Конспект лекций по курсу «Биомеханика». Х.: Изд-во «ХТУРЭ», 1999. 108 с.
16. Коренев Г. В. Введение в механику человека. М.: Наука, 1977. 264 с.
17. Космическая биология. Новое в жизни и науке. Серия «Биология». № 12. М.: Знание, 1976. 64 с.
18. Костюк П. Г. Біофізика: підруч. для студ. біолог., медичних та фізичних факультетів вузів / під ред. П. Г. Костюка. К.: Обереги, 2001. 544 с.

19. Костюк П. Г. та ін. Біофізика: підруч. для студ. біол. спец. вищ. навч. закл. Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. К.: Київський університет, 2008. 567 с.
20. Костюк П. Г. та ін. Біофізика: підручник для студентів біолог., мед. та фізичних фактів вищих навч. закладів / ред. П. Г. Костюк. К.: Обереги, 2001. 544 с.
21. Кульский Л. А., Даль В. В. Вода знакомая и загадочная. К.: Рад. шк., 1982. 120 с.
22. Лайтфут Э. Н. Явления переноса в живых системах. М.: Мир, 1977. 520 с.
23. Лечебные физические факторы в комплексном лечении в условиях санатория: учеб. пособие / Л. В. Чернецова, М. С. Степанова, Ю. Н. Кононов, Л. Г. Кочурова. Ижевск: Экспертиза, 2004. 168 с.
24. Личковський Е. І., Тіманюк В. О., Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підручник для студентів вищих мед. та фарм. навч. закладів IV рівня акредитації / за ред. Е. І. Личковського, В. О. Тіманюка. Вінниця: Нова книга, 2014. 463 с.
25. Маркин В. С., Пастушенко В. Ф., Чизмаджев Ю. А. Физика нервного импульса. *Успехи физ. Наук.* Т. 123. 1977. С. 289.
26. Огурцов А. Н. Введение в биофизику. Физические основы биотехнологии: учеб. пособие по курсу «Биофизика и физические методы анализа» для студ. направления 0929 «Биотехнология». Национальный технический ун-т «Харьковский политехнический ин-т». Х.: НТУ «ХПИ», 2008. 320 с.
27. Плонси Р. Барр Р. Биоэлектричество: Количественный подход. М.: Мир, 1982. 366 с.
28. Посудін Ю.І. Біофізика і методи аналізу навколишнього середовища: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. К.: ВЦ НУБіП України, 2009. 248 с.
29. Посудін Ю.І. Біофізика: підручник. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ: Ліра-К, 2017. 471 с.
30. Посудін Ю.І. Методи руйнування оцінки якості та безпеки сільськогосподарський і харчових продуктів: навч. Посібник. К.: Арістей, 2005. 408с.
31. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. шк., 1999. 616 с.
32. Рубин А. Б. Биофизика: учеб. для студ. биолог. спец. вузов. 2-е изд. исп. и доп. М.: Книж. дом «Университет». Т. 1., 1999. 448 с.

33. Рубин А. Б. Биофизика: учебник для студ. вузов, обучающихся по спец. «Биофизика»: В 2 т. М.: Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2004. (Серия «Классический университетский ученик»). Т. 2: Биофизика клеточных процессов. [Б. м.]: [б.и.], 2004. 470 с.
34. Сапожков М. А. Акустика: справ. М.: Радио и связь, 1989. 336 с.
35. Структура воды [Электронный ресурс] / TOP-WATER. М., 2009. URL: <http://www.top-water.ru/articles/115/>. (дата доступа: 30.10.2016)
36. Терещенко М. Ф., Тимчик Г. С., Яковенко І. О. Біофізика: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» / відп. ред. В. С. Антонюк. Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 443 с.
37. Тиманюк В. А., Животова Е. Н., Биофизика: учеб. [2-е изд.]. К.: ИД «Профессионал», 2004. 704 с.
38. Тиманюк В. А. Биофизика, физические методы анализа и метрология: учеб. для студентов вузов [и др.]; Нац. фармацевт. ун-т. Харьков: НФаУ: Оригинал, 2016. 439 с.
39. Тиманюк В. А., Животова Е. Н. Биофизика: учебник для студ. фармац. и мед. вузов. Национальный фармацевтический ун-т. Х.: Издательство НФаУ: Золотые страницы, 2003. 702 с.
40. Чалий О. В. та ін. Медична і біологічна фізика: підруч. для студ. вищ. мед. закл. III-IV рівнів акредитації / ред. О. В. Чалий. 2.вид., перероб. і доп. К.: Книга плюс, 2005. 760 с.
41. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики. М.: Римис, 2009. 176 с.
42. Электронный учебник «Биополимер» М., 2010. URL: <http://www.biopolimer.ru/biblio/18/>. (дата доступа: 15.10.2016.)

Навчальне видання

ОСНОВИ ФІЗИКИ З ЕЛЕМЕНТАМИ БІОФІЗИКИ

Навчально-методичний посібник
для студентів закладів вищої освіти
фізико-математичних та природничих спеціальностей

Автори
Краснобокий Юрій Миколайович
Підгорний Олександр Васильович
Ткаченко Ігор Анатолійович

Підписано до друку 09.01.2020
Формат 60х90, 1/16. Папір 80 г/м² офс.

Гарнітура Times.
Ум-друк. арк. 20,69 Обл.-вид. арк. 18,74
Друк офсетний. Тираж 300 прим.
Інформація про видавця:
АНФ ГРУП, ТОВ

07400, Київська обл., м. Бровари, вул. Декабристів 46, к. 149

Е-mail: anf-group@ukr.net

Тел. +38 050 953 21 39

+38 063 235 23 16

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 4329 від 24.05.2012 р.

Замовлення № Д-0003