

ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДАНИЛА ГАЛИЦЬКОГО

Кафедра біофізики



ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор
з науково-педагогічної роботи
доцент Ірина СОЛОНІНКО

[Signature]
«14» 07 2023 р.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА

ОК 6

підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти
галузі знань 22 «Охорона здоров'я»
спеціальності 221 «Стоматологія»

Обговорено та ухвалено
на методичному засіданні
кафедри біофізики
Протокол № 9
Від «30» травня 2023 р.

Завідувач кафедри
[Signature] професор Роман ФАФУЛА

Затверджено
Методичною комісією факультету
іноземних студентів
Протокол № 4
Від «31» травня 2023 р.

Голова методичної комісії
[Signature] доцент Тетяна ЄЩЕНКО

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Роман ФАФУЛА	д.б.н., професор, завідувач кафедри біофізики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;
Зор'яна ФЕДОРОВИЧ	к.б.н., доцент кафедри біофізики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;
Маріанна ПАЙКУШ	д.пед.н., доцент кафедри біофізики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Зіновій ВОРОБЕЦЬ	д.б.н., професор, завідувач кафедри медичної біології, паразитології та генетики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;
Оксана БОЙКО	д.тех.н., професор, завідувач кафедри медичної інформатики ФПДО Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького.

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни

«Медична та біологічна фізика»

відповідно до Стандарту вищої освіти *другого (магістерського) рівня*

галузі знань 22 «Охорона здоров'я»

спеціальності 221 «Стоматологія»

освітньої програми *магістра* стоматології

Опис навчальної дисципліни (анотація)

Вивчення дисципліни «Медична та біологічна фізика» дає знання про фізичні процеси та фізико-хімічні явища в біологічних середовищах, вплив зовнішніх чинників на організм людини, фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних методів, які застосовуються у сучасній стоматології.

Згідно навчального плану дисципліна «Медична та біологічна фізика» вивчається на першому році навчання. Програму дисципліни поділено на 2 розділи:

Розділ 1. Біофізика біологічних систем.

Розділ 2. Дія фізичних чинників на живий організм. Фізичні основи методів медичної візуалізації та терапії.

У розділі 1 розглядають питання термодинаміки біологічних процесів, біофізики клітинних процесів і складних систем, зокрема біологічних мембран, кровоносної системи, сенсорні системи, молекулярні механізми клітинних процесів.

У розділі 2 розглядають питання дії чинників зовнішнього середовища на людський організм: механічних хвиль, електромагнітних хвиль різних діапазонів та параметрів, нейонізуючого та йонізуючого випромінювання; методів діагностики та терапії, методів якісного та кількісного дослідження лікарських засобів; медичне електронне обладнання для медичної візуалізації, реєстрації та терапії.

Структура навчальної дисципліни	Кількість кредитів, годин, з них				Рік навчання семестр	Вид контролю
	Усього	Аудиторні години		СРС		
		Лекції	Практичні заняття			
Назва дисципліни: Медична та біологічна фізика <i>Розділів 2</i>	4 кредити / 120 год.	8	52	60	I курс (I, II семестри)	диференційований залік
<i>Розділ 1</i>	1,8 кредитів / 55 год.	6	20	28	I курс (I та II семестри)	
<i>Розділ 2</i>	2,2 кредитів/ 65 год.	2	32	32	I курс (II семестр)	диференційований залік

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» є фізичні процеси, що відбуваються у біологічних середовищах, вплив зовнішніх чинників на живий організм, та фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних методів, які застосовуються у стоматології.

Міждисциплінарні зв'язки:

Навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» інтегрується з такими дисциплінами:

- Медична біологія, паразитологія, генетика;
- Медична хімія.

Навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» закладає основи вивчення студентами таких дисциплін:

- Біологічна хімія;
- Біоорганічна хімія;
- Фізіологія, у т.ч. фізіологія жувального апарату;
- Патофізіологія;
- Гістологія, цитологія та ембріологія;
- Пропедевтика внутрішньої медицини;
- Гігієна та екологія;
- Радіологія;
- Офтальмологія;
- Оториноларингологія;
- Пропедевтика терапевтичної стоматології;
- Терапевтична стоматологія.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» є поглиблення і вдосконалення знань, вмінь і практичного розуміння біофізичних процесів у живому організмі; фізичних методів діагностики захворювань і дослідження біологічних систем; впливу фізичних факторів на організм людини при її лікуванні; фізичних властивостей матеріалів, які використовуються в стоматології; фізичних властивостей і характеристик оточуючого середовища.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Медична та біологічна фізика» є вивчення:

- загальних фізичних та біофізичних закономірностей, що лежать в основі життєдіяльності людини;
- фізичних основ та біофізичних механізмів дії зовнішніх чинників (полів) на системи організму людини;
- фізичних явищ, які лежать в основі діагностичних і фізіотерапевтичних (лікувальних) методів, що застосовуються у медичній практиці.

1.3 **Компетентності та результати навчання**, формуванню яких сприяє дисципліна (взаємозв'язок з нормативним змістом підготовки здобувачів вищої освіти, сформульованим у термінах результатів навчання у Стандарті вищої освіти).

Згідно з вимогами Стандарту вищої освіти дисципліна забезпечує набуття студентами **компетентностей**:

– *інтегральна*:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Стоматологія» у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

– *загальні*:

- ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК 2 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК 3 Здатність застосовувати знання у практичній діяльності.
- ЗК 4 Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 5 Здатність спілкуватися англійською мовою.
- ЗК 6 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 7 Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК 9 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК 11 Здатність працювати в команді.
- ЗК 12 Прагнення до збереження навколишнього середовища.

– *спеціальні (фахові, предметні)*:

- ФК 2 Спроможність інтерпретувати результат лабораторних та інструментальних досліджень
- ФК 4 Спроможність планувати та проводити заходи із профілактики захворювань органів і тканин ротової порожнини та щелепнолицевої області.
- ФК 13 Спроможність оцінювати вплив навколишнього середовища на стан здоров'я населення (індивідуальне, сімейне, популяційне).

Деталізація компетентностей відповідно до дескрипторів НРК у формі «Матриці компетентностей».

Матриця компетентностей

№	Компетентність	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
1	2	3	4	5	6
Інтегральна компетентність					
Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Стоматологія» у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.					
Загальні компетентності					
1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу	Знати способи аналізу, синтезу	Вміти проводити аналіз інформації, приймати	Встановлювати відповідні	Нести відповідальність за своєчасне

	та синтезу.	подальшого сучасного навчання.	обґрунтовані рішення, вміти придбати сучасні знання.	зв'язки для досягнення цілей.	набуття сучасних знань.
2	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.	Знати структуру та мати глибокі знання професійної діяльності.	Вміти здійснювати професійну діяльність, що потребує оновлення та інтеграції знань.	Здатність ефективно формувати комунікаційну стратегію у професійній діяльності.	Нести відповідальність за професійний розвиток, здатність до подальшого професійного навчання з високим рівнем автономності.
3	Здатність застосовувати знання практичній діяльності.	Мати спеціалізовані у концептуальні знання набуті у процесі навчання.	Вміти розв'язувати складні задачі та проблеми, які виникають у професійній діяльності.	Зрозуміле і недвозначне донесення власних висновків, знань та пояснень, що їх обґрунтовують до фахівців та нефахівців.	Відповідати за прийняття рішень у складних умовах.
4	Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.	Мати досконалі знання державної мови.	Вміти застосовувати знання державної мови, як усно так і письмово.	Використовувати державну мову при за фаховому та діловому спілкуванні та підготовці документів державну мову.	Нести відповідальність за підготовку документів державною мовою.
5	Здатність спілкуватися англійською мовою.	Мати базові знання англійської мови.	Вміти застосовувати знання англійської мови.	Використовувати англійську мову професійній діяльності.	Нести відповідальність за використання англійської мови у професійній діяльності.
6	Навички використання інформаційних комунікаційних технологій.	Знати інформаційні та комунікаційні технології, що застосовуються у професійній діяльності.	Вміти використовувати інформаційні та комунікаційні технології у професійній галузі, що потребує оновлення та інтеграції знань.	Використовувати інформаційні та комунікаційні технології професійній діяльності.	Нести відповідальність за розвиток професійних у знань та умінь.
7	Здатність до пошуку, опрацювання та	Знати способи пошуку, опрацювання та	Вміти проводити пошуку, опрацювання та	Використовувати різні способи	Нести відповідальність за управління

	аналізу інформації з різних джерел.	та аналізу інформації	аналізу інформації	опрацювання інформації.	інформацією.
8	Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.	Знати обов'язки та шляхи виконання поставлених завдань.	Вміти визначити мету та завдання бути наполегливим та сумлінним при виконання обов'язків.	Встановлювати міжособистісні зв'язки для ефективного виконання завдань та обов'язків.	Нести відповідальність за результати вирішення завдань та наукових проблем.
9	Здатність працювати команді.	Знати тактики та стратегії спілкування, закони та способи комунікативної поведінки.	Вміти приймати обґрунтоване рішення, обирати способи та стратегії спілкування для забезпечення ефективної командної роботи.	Використовувати стратегії спілкування та навички міжособистісної взаємодії.	Нести відповідальність за ефективну командну роботу.
10	Прагнення до збереження навколишнього середовища.	Знати проблеми збереження навколишнього середовища та шляхи його збереження.	Вміти формувати вимоги до себе та оточуючих щодо збереження навколишнього середовища.	Вносити пропозиції відповідним органам та установам щодо заходів до збереження та охорони навколишнього середовища.	Нести відповідальність за збереження навколишнього середовища.
Спеціальні (фахові) компетентності					
1	Спроможність інтерпретувати результат лабораторних та інструментальних досліджень.	Знати вплив фізичних чинників на організм людини, стандартні методики проведення лабораторних та інструментальних досліджень.	Вміти аналізувати результати досліджень.	Обґрунтовано вибирати та оцінювати результати досліджень.	Нести відповідальність за прийняття рішення щодо оцінювання результатів досліджень.
2	Спроможність планувати та проводити заходи із профілактики захворювань органів і тканин ротової порожнини та щелепнолицевої	Знати біофізику роботи органів, систем людини та фізичні характеристики стоматологічних матеріалів.	Вміти аналізувати біофізичні показники роботи органів, систем людини та визначати фізичні характеристики стоматологічних матеріалів.	Обґрунтовано формувати та довести до пацієнта, фахівців висновки щодо необхідності проведення	Відповідальність, самостійність.

	області.			медичних маніпуляцій	
3	Спроможність оцінювати вплив навколишнього середовища на стан здоров'я населення (індивідуальне, сімейне, популяційне).	Знати: фактори навколишнього середовища, які негативно впливають на здоров'я населення.	Вміти: оцінити стан навколишнього середовища та негативні чинники впливу на здоров'я.	Формувати висновки щодо стану здоров'я населення, на підставі даних про зв'язок з факторами навколишнього середовища.	Нести відповідальність за правильні висновки щодо негативного впливу факторів навколишнього середовища.

Результати навчання:

Інтегративні кінцеві програмні результати навчання, формуванню яких сприяє навчальна дисципліна:

- ПРН 14 Аналізувати та оцінювати державну, соціальну та медичну інформацію з використанням стандартних підходів та комп'ютерних інформаційних технологій (ЗК1 – ЗК4, ЗК6, ЗК7, ЗК9, ЗК12).
- ПРН 15 Оцінювати вплив навколишнього середовища на стан здоров'я населення в умовах медичного закладу за стандартними методиками (ЗК1 – ЗК3, ЗК6, ЗК7, ЗК9, ЗК12, ФК13).
- ПРН 17 Дотримуватися здорового способу життя, користуватися прийомами саморегуляції та самоконтролю (ЗК1 – ЗК3, ЗК6, ЗК12, ФК4, ФК13).
- ПРН 20 Організовувати необхідний рівень індивідуальної безпеки (власної та осіб, про яких піклується) у разі виникнення типових небезпечних ситуацій в індивідуальному полі діяльності (ЗК1 – ЗК3, ЗК9, ЗК11, ФК2, ФК4, ФК13).

Результати навчання для дисципліни. У результаті вивчення «Медичної та біологічної фізики» студент повинен

знати:

- загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі життєдіяльності людини;
- фізичні основи та біофізичні механізми дії зовнішніх чинників на системи організму людини;
- фізичні основи діагностичних і фізіотерапевтичних (лікувальних) методів, що застосовуються у медичній апаратурі.

вміти:

- аналізувати фізичні процеси в організмі, використовуючи фізичні закони і явища;
- пояснити принцип роботи медичного обладнання;
- послуговуватись медичним устаткуванням, яке застосовується в стоматології для лікування та діагностики, оптичними та квантово-

- механічними приладами, приладом радіометричного та дозиметричного контролю;
- обґрунтувати покази та протипокази застосування фізіотерапевтичного методу;
 - аналізувати дію чинників зовнішнього середовища на організм.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 4 кредити ЄКТС 120 годин.

Програма структурована у два розділи:

Розділ 1. Біофізика біологічних систем

Тема 1. Біотермодинаміка

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати основні положення термодинаміки відкритих біологічних систем;
- ✓ застосовувати термодинамічний метод вивчення медико-біологічних систем;
- ✓ аналізувати міжмолекулярні взаємодії в біополімерах;
- ✓ трактувати процеси впорядкування у фізичних, хімічних і медико-біологічних системах;
- ✓ пояснювати значення термодинаміки.

Предмет та методи біофізики, зв'язок з іншими науками. Основні розділи біофізики.

Термодинаміка рівноважних станів. Основні поняття термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Ентальпія. Закон Гесса. Калориметрія. Другий закони термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Зміна стандартної вільної енергії. Хіміний потенціал. Електрохімічний потенціал. Термодинаміка біологічних процесів.

Термодинаміка необоротних процесів (лінійний закон для потоків і термодинамічних сил, перехресні процеси переносу, співвідношення Онсагера, виробництво ентропії, спряження потоків, стаціонарний стан, теорема Пригожина).

Тема 2. Біофізика мембранних процесів

Конкретні цілі:

- ✓ аналізувати структурні елементи біологічних мембран їх фізичні та динамічні властивості;
- ✓ пояснювати механізми мембранного транспорту;
- ✓ трактувати рівняння Фіка, коефіцієнт проникності мембрани, швидкість дифузії, рівняння Нернста-Планка, електрохімічний потенціал, рівняння Теорелла;
- ✓ аналізувати молекулярну організацію активного транспорту на прикладі роботи Na^+ - K^+ помпи;

- ✓ пояснювати йонну природу мембранного потенціалу спокою (рівноважний потенціал Нернста, дифузійний потенціал, потенціал Доннана, стаціонарний потенціал Гольдмана-Ходжкіна-Катца);
- ✓ трактувати механізм виникнення потенціалу дії, швидкість та особливості його поширення в аксонах.

Структурні елементи біологічних мембран. Фізичні властивості біомембран. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран. Вида градієнтів. Пасивний транспорт речовин крізь мембранні структури: дифузія, осмос, фільтрація. Рівняння Фіка. Коефіцієнти проникності мембрани для певної речовини. Рівняння Нернста-Планка. Електрохімічний потенціал. Рівняння Теорелла. Активний транспорт, основні види. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи Na^+ - K^+ помпи. Вторинно-активний транспорт.

Мембранні потенціали спокою та дії. Природа мембранного потенціалу спокою (рівноважний потенціал Нернста, дифузійний потенціал, потенціал Доннана, стаціонарний потенціал Гольдмана-Ходжкіна-Катца).

Потенціал дії. Йонні механізми виникнення потенціалу дії. Поширення потенціалу дії. Кабельна теорія. Еквівалентна електрична схема ділянки збудливої мембрани. Феноменологічні рівняння Ходжкіна-Хакслі. Поняття про воротні йонні струми. Поширення потенціалу дії у нервових волокнах.

Тема 3. Основи біомеханіки і біореології. Біофізика системи кровообігу та зовнішнього дихання

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати основні фізичні поняття та закони біомеханіки, біореології та гемодинаміки.
- ✓ трактувати механічні моделі в'язко-пружних властивостей біологічних тканин;
- ✓ визначати модуль Юнга біологічних тканин;
- ✓ пояснювати явища поверхневого натягу та в'язкості рідин;
- ✓ трактувати газову емболію як фізичне явище;
- ✓ демонструвати навички вимірювання коефіцієнтів поверхневого натягу і в'язкості рідин;
- ✓ пояснювати фізичні основи методів вимірювання поверхневого натягу, в'язкості крові та методів вимірювання тиску крові і швидкості кровообігу.

Основні поняття механіки поступального та обертового рухів. Рівняння руху, закони збереження. Елементи біомеханіки. Опорно-руховий апарат людини. Динамічна і статистична робота людини при різних видах її діяльності. Ергометрія. Методи і прилади для вимірювання біомеханічних характеристик.

Біофізика м'язового скорочення. Скорочення м'яза. Рівня Хілла. Потужність одинарного скорочення. Біофізика гладких м'язів. Біомеханіка й енергетика серцевого м'яза.

Основи біореології. Деформаційні властивості біологічних тканин. Закон Гука. Модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона. Текучість і релаксація напруги.

Внутрішнє тертя, в'язкість. Формула Ньютона для сили внутрішнього тертя. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Методи та прилади для вимірювання в'язкості. Реологічні властивості крові. В'язкість крові та використання її величини у діагностиці захворювань. Ламінарна та турбулентна текучість рідини. Число Рейнольдса.

Основні поняття гемодинаміки. Стаціонарний плин рідин. Рівняння неперервності та рівняння Бернуллі. Лінійна та об'ємна швидкості. Основне рівняння динаміки рідин. Плин в'язких рідин. Формули Пуазейля і Гагена-Пуазейля. Гідравлічний опір. Біофізика кровообігу. Робота та потужність серця. Вимірювання тиску крові та швидкості кровоплину. Пульсова хвиля. Основні показники гемодинаміки.

Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу. Методи його визначення. Поверхнево-активні речовини. Газова емболія.

Біофізика дихання. Біомеханіка вдиху та видиху. Розтяжність легень. Опір диханню. Робота дихання.

Тема 4. Біофізика сенсорних систем

Конкретні цілі:

- ✓ класифікувати механічні коливання і хвилі;
- ✓ трактувати основні фізичні поняття та закони біоакустики;
- ✓ пояснювати фізичні основи аудіометрії як методу дослідження слуху;
- ✓ демонструвати навички роботи з аудіометром;
- ✓ пояснювати фізичні та біофізичні характеристики ока людини та механізми фоторецепції.

Загальні характеристики та принципи функціонування сенсорної системи. Методи дослідження сенсорних систем. Властивості сенсорних рецепторів. Різновиди рецепторів та відчуттів. Класифікація сенсорних рецепторів і органів чуття. Основні біофізичні властивості сенсорних систем і рецепторів.

Основні характеристики механічних коливань і хвиль. Механізм поширення акустичних хвиль.

Об'єктивні та суб'єктивні характеристики звуку. Інтенсивність, рівень інтенсивності, гучність, їх одиниці. Поріг чутності та поріг больового відчуття. Закон Вебера-Фехнера. Будова та функціонування слухової системи. Біофізичні основи слухового відчуття. Кодування інформації в слуховому аналізаторі. Фізичні основи аудіометрії. Аудіограма та криві однакової гучності.

Закони геометричної оптики. Основні фотометричні величини. Оптична сила ока. Заломлюючі поверхні ока. Рефрактометрія. Рефракція ока в нормі і патології. Акомодація. Аберация. Дифракція. Роздільна здатність ока. Денне та сутінкове бачення. Чутливість ока. Недоліки ока та їх корекція. Молекулярний механізм зорової рецепції. Фотоізомеризація родопсину. Кольорове бачення. Просторове бачення.

Розділ 2. Дія фізичних чинників на живий організм. Фізичні основи методів медичної візуалізації та терапії

Тема 5. Вплив механічних чинників на живий організм

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати біофізичні механізми дії ультразвуку та інфразвуку на організм людини та пояснювати механізми, що лежать в основі використання ультразвуку в медицині;
- ✓ пояснювати дію вібрацій на живий організм.

Джерела та детектори ультразвуку й інфразвуку. Параметри ультразвукових хвиль. Особливості поширення та біофізичні основи дії ультразвуку й інфразвуку на біологічні тканини. Використання ультразвуку в медицині. Застосування ультразвуку в стоматології: ехоостеометрія, ультразвукова доплерографія.

Дія вібрацій на тіло людини.

Тема 6. Електромагнітні явища в біології та медицині

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати генез електрокардіограми на підставі аналізу основних концепцій електрокардіографії;
- ✓ пояснювати фізичні основи дії постійного та змінного електричного полів на організм людини та вирізняти фізіотерапевтичні (лікувальні) методики, що їх використовують;
- ✓ аналізувати еквівалентні електричні схеми біологічних тканин та крові, дисперсії імпедансу біологічних тканин в нормі та патології;
- ✓ класифікувати електронну медичну апаратуру, що застосовується в діагностиці, електростимуляції та фізіотерапії;
- ✓ пояснювати механізм дії магнітного (постійного і змінного) та електромагнітного полів на біооб'єкти, на основі аналізу фізичних та біофізичних процесів, що відбуваються у біологічних тканинах під дією фізичних полів в організмі людини;
- ✓ зробити висновок про біофізичні механізми взаємодії електричного і магнітного полів з біологічними тканинами.

Поняття про електрографію органів і тканин. Фізичні та біофізичні основи електрокардіографії. Теорія Ейнтховена. Електричний та струмовий диполь. Відведення. Механізми виникнення зубців. Компоненти нормальної електрокардіограми. Векторелектрокардіографія. Електрична вісь серця. Електрографія в стоматології.

Фізичні та біофізичні основи реографії. Зв'язок деформації кровоносних судин із зміною їх електричного опору. Векторні діаграми та імпеданс. Ємнісні властивості та еквівалентні електричні схеми біологічних тканин. Специфіка векторних діаграм та імпедансу біологічних тканин. Коефіцієнт дисперсії імпедансу.

Магнітне поле та його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітні властивості речовин. Фізичні основи магнітобіології. Електромагнітні коливання і хвилі у біологічних середовищах. Струми зміщення.

Дія електричного поля на біологічні тканини. Фізичні та біофізичні процеси, що відбуваються у біологічних тканинах під дією постійного і змінного електричного поля (струми провідності та зміщення, теплові ефекти). Лікувальні фактори та їх використання у медичних методиках (гальванізація, електрофорез, франклінізація, електростимуляція, електроімпульсація, діатермія, електротомія, електрокоагуляція тощо).

Дія постійного і змінного магнітного поля на біооб'єкти. Первинні механізми, індукційні струми, теплові ефекти. Лікувальні фактори та їх використання у медичних методиках (магнітотерапія, індуктотермія, тощо).

Дія електромагнітного поля на біооб'єкти. Первинні механізми, струми і теплові ефекти, специфічна дія. Лікувальні фактори та їх використання у медичних методиках (УВЧ-терапія, НВЧ-терапія, мікрохвильова резонансна терапія тощо).

Тема 7. Квантово-оптичні явища в біології та медицині

Конкретні цілі:

- ✓ визначати оптичні характеристики мікроскопа як центрованої оптичної системи;
- ✓ трактувати фізичні механізми, що лежать в основі рефрактометрії та концентраційної поляризації;
- ✓ демонструвати навички роботи з рефрактометром і поляризатором;
- ✓ пояснювати фізичні основи явищ поглинання, розсіювання та дисперсії світла;
- ✓ пояснювати методи концентраційної колориметрії та нефелометрії;
- ✓ пояснювати основні закони теплового випромінювання тіл;
- ✓ трактувати теплове випромінювання тіла людини та фізичні основи методу термографії;
- ✓ трактувати основні поняття квантової механіки;
- ✓ трактувати фізичні механізми, що лежать в основі вимірювання розмірів мікрооб'єктів за допомогою електронного мікроскопа;
- ✓ порівнювати відповідні характеристики оптичного та електронного мікроскопів;
- ✓ пояснювати квантово-механічну модель атома водню (енергетичні стани, квантові числа, принцип Паулі);
- ✓ трактувати основні види, властивості та застосування люмінесценції;
- ✓ пояснювати фізичні основи роботи лазера та принцип його дії;
- ✓ класифікувати лазери та вирізняти напрями використання лазера в медицині;
- ✓ пояснювати основи застосування квантово-механічних резонансних методів в медицині.

Елементи геометричної оптики. Центрована оптична система. Оптична мікроскопія. Основні характеристики мікроскопа. Прийоми оптичної мікроскопії.

Дисперсія світла. Рефрактометрія і волоконна оптика, їх використання у медицині. Поняття про голографію.

Поглинання світла. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами, закон Бугера-Ламберта-Бера. Концентраційна колориметрія. Оптичні властивості біологічних тканин. Спектроскопія.

Розсіяння світла. Розсіяння світла в дисперсійних середовищах. Молекулярне розсіяння світла. Закон Релея. Нефелометрія.

Поляризація світла. Способи одержання поляризованого світла. Подвійне променезаломлення. Призма Ніколя. Закон Малюса. Оптично активні речовини. Закон Біо. Концентраційна поляриметрія.

Теплове випромінювання тіл, його характеристики. Закон Кірхгофа. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла: закон випромінювання Планка, закон Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна. Теплове випромінювання тіла людини. Діагностичні методики: термоскопія, термометрія, термографія.

Вплив нейонізуючого випромінювання на живий організм. Механізм біологічної дії електромагнітного випромінювання ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного діапазонів. Електронні переходи в атомах і молекулах. Фотохімічні реакції. Застосування нейонізуючого випромінювання у медицині та стоматології.

Квантово-механічна модель атома водню. Квантові числа. Енергетичні рівні. Принцип Паулі. Випромінювання та поглинання світла атомами і молекулами. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрофотометрія.

Люмінесценція. Види люмінесценції, основні характеристики. Закон Стокса. Застосування явища люмінесценції в стоматології.

Спонтанне та індуковане випромінювання. Рівноважна (больцманівська) та інверсна заселеність енергетичних рівнів. Лазери, принцип дії та застосування в медицині та стоматології.

Резонансні методи квантової механіки. Ядерний магнітний резонанс, електронний парамагнітний резонанс, їх застосування в медицині (ЯМР-томографія тощо).

Тема 8. Радіаційна біофізика. Фізичні основи променевої діагностики та променевої терапії

Конкретні цілі:

- ✓ пояснювати первинні механізми взаємодії рентгенівського випромінювання з речовиною та вирізняти напрями застосування рентгенівського випромінювання в медицині;
- ✓ аналізувати основні види, властивості та дози радіоактивного випромінювання;

- ✓ пояснювати основні механізми взаємодії йонізуючого випромінювання з біологічними об'єктами, робити висновки щодо шляхів захисту від дії йонізуючого випромінювання.

Рентгенівське випромінювання. Спектр та характеристики. Первинні механізми взаємодії рентгенівського випромінювання з речовиною. Закон послаблення та захист від рентгенівського випромінювання. Застосування рентгенівського випромінювання в медицині та стоматології для лікування та діагностики.

Радіоактивність, основні види та властивості. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність, одиниці активності. Йонізуюче випромінювання, властивості й основні механізми взаємодії з біологічними об'єктами. Захист від дії йонізуючого випромінювання. Застосування радіонуклідів у діагностиці та терапії. Фізичні та біофізичні проблеми, пов'язані з аварією на Чорнобильській АЕС.

Дозиметрія йонізуючого випромінювання. Експозиційна та поглинена дози. Еквівалентна біологічна доза. Потужність доз. Детектори йонізуючого випромінювання.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	СРС	Індивідуальна робота
Розділ 1. Біофізика біологічних систем				
Тема 1. Біотермодинаміка.	–	2	4	–
Тема 2. Біофізика мембранних процесів.	2	4	5	
Тема 3. Основи біомеханіки і біореології. Біофізика системи кровообігу та зовнішнього дихання.	2	10	16	
Тема 4. Біофізика сенсорних систем.	2	4	3	–
Разом за розділом 1	6	20	28	–
Розділ 2. Дія фізичних чинників на живий організм. Фізичні основи методів медичної візуалізації та терапії				
Тема 5. Вплив механічних чинників на живий організм.	–	2	4	–
Тема 6. Електромагнітні явища в біології та медицині.	–	8	4	–
Тема 7. Квантово-оптичні явища в біології та медицині.	–	14	16	–
Тема 8. Радіаційна біофізика. Фізичні основи променевої діагностики та променевої терапії.	2	6	8	–
Підсумковий контроль.	–	2	–	Диференційований залік
Разом за розділом 2	2	32	32	–
Усього годин 120 / 4 кредити ECTS	8	52	60	–

4. Тематичний план лекцій

№ з.п.	ТЕМА	Кількість годин
1.	Клітинні мембрани. Мембранний транспорт. Мембранні потенціали. Потенціал спокою та потенціал дії.	2
2.	Механічні властивості живих тканин. Основи біореології. Біофізичні основи гемодинаміки.	2
3.	Біофізика сенсорних систем. Біофізика слуху. Біофізика зорового аналізатора.	2
4.	Біологічна дія йонізуючих випромінювань. Дозиметрія йонізуючого випромінювання. Використання йонізуючого випромінювання в стоматології.	2
	Всього	8

5. Тематичний план практичних (семінарських) занять

№ з.п.	ТЕМА	Кількість годин
1.	Термодинаміка біологічних процесів.	2
2.	Основи біофізики мембранних процесів. Мембранний транспорт.	2
3.	Біоелектричні явища в мембранах: потенціал спокою, потенціал дії.	2
4.	Основи біомеханіки. Біомеханічні властивості тканин.	2
5.	Біофізика м'язового скорочення.	2
6.	Основи біореології. Вивчення реологічних властивостей біологічних рідин.	2
7.	Біофізика системи кровообігу.	2
8.	Поверхневий натяг біологічних рідин.	2
9.	Біофізика органу слуху. Звукові методи діагностики.	2
10.	Біофізика органу зору. Біофізичні основи зорової рецепції.	2
11.	Фізичні основи використання ультразвуку в стоматології: ехоостеометрія, ультразвукова доплерографія.	2
12.	Фізичні основи електрографії тканин та органів.	2
13.	Постійний електричний струм. Електропровідність клітин та тканин. Фізичні основи методів гальванізації, електрофорезу.	2
14.	Змінний електричний струм. Фізичні основи реографії. Реографічні методи в стоматології: реодентографія та реопародонтографія.	2
15.	Дія змінного електричного та магнітного поля високої, ультрависокої та надвисокої частот на біологічні об'єкти. УВЧ-терапія в стоматології.	2
16.	Оптична мікроскопія. Методи оптичної мікроскопії у дослідженні тканинних препаратів та мікроорганізмів: світлова мікроскопія з використанням імерсійних об'єктивів, темнопольна, фазовоконтрастна, люмінесцентна та інші методи мікроскопії.	2
17.	Поглинання та розсіяння світла в біологічних середовищах.	2
18.	Поляризація світла. Поляриметрія.	2
19.	Теплове випромінювання. Термографія.	2
20.	Основи використання нейонізуючого випромінювання ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного діапазонів для діагностики, профілактики та лікування в медицині та стоматології.	2
21.	Люмінесценція. Механізми виникнення люмінесценції.	2

	Закони та характеристики люмінесценції. Застосування в діагностиці.	
22.	Лазер та його використання у стоматології.	2
23.	Рентгеновське випромінювання. Методи рентгенодіагностики та рентгенотерапії в медицині та стоматології.	2
24.	Радіоактивність. Йонізуюче випромінювання та його дія на організм. Фізичні основи радіодіагностики та радіотерапії.	2
25.	Дозиметрія йонізуючого випромінювання. Кількісна оцінка радіопошкоджень. Модифікація радіобіологічних ефектів.	2
26.	Радіаційні загрози та безпека в умовах воєнного стану. Залікове заняття.	2
	Всього	52

Тематичний план самостійної роботи студентів

№ з.п.	ТЕМА	К-сть годин	Вид контролю
1.	Термодинаміка необоротних процесів.	4	Поточний контроль на практичних заняттях
2.	Фізичні властивості біологічних мембран. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран.	2	
3.	Йонні канали клітинних мембран. Йонні струми в аксоні та методи їх вивчення. Вплив лікарських речовин на величину мембранного потенціалу.	3	
4.	Статика. Опорно-рухова система людини.	3	
5.	Механічні властивості й енергетика м'яза.	5	
6.	Моделі вивчення кровообігу. Вимірювання швидкості кровоплину.	2	
7.	Реологія крові: параметри, вплив на кровоплин.	2	
8.	Біофізика зовнішнього дихання.	4	
9.	Фізичні основи вібрацій і акустичних хвиль.	2	
10.	Закони геометричної оптики. Рефрактометрія.	1	
11.	Вплив механічних хвиль на організм. Принципи ультразвукової візуалізації. Ультрасонографія.	4	
12.	Електрографія в стоматології.	2	
13.	Методи електротерапії в стоматології.	2	
14.	Методи оптичної мікроскопії в стоматології.	2	
15.	Дослідження оптичних властивостей біологічних тканин. Спектроскопія.	2	
16.	Хвильова природа світла. Поляризаційний мікроскоп.	2	
17.	Температурна топографія тіла людини.	2	
18.	Хемілюмінесценція. Застосування хемілюмінесценції у діагностиці.	2	
19.	Лазерні апарати: правила безпечної експлуатації. Біологічні ефекти впливу лазерного випромінювання на тканини організму.	2	
20.	Резонансні методи квантової механіки. ЯМР томографія.	4	
21.	Рентгенівська візуалізація, джерела рентгенівського випромінювання. Рентгенографія. Мамографія. Ангіографія. Комп'ютерна томографія.	4	
22.	Фізичні принципи променевої терапії.	2	
23.	Використання ядерних випромінювань у медицині.	2	
Всього		60	

7. Індивідуальні завдання не передбачено навчальним планом.

8. Методи навчання

- словесні методи (лекція, бесіда);
- наочні методи (ілюстрація, демонстрація, фронтальний експеримент);
- практичні методи (лабораторні роботи та розв'язування задач із фаховим змістом);
- самостійна робота студентів з осмислення й засвоєння матеріалу;
- використання контрольно-навчальних комп'ютерних програм з дисципліни;
- використання методу проектів для забезпечення міжпредметної інтеграції.

9. Методи контролю

Види контролю:

Поточний контроль здійснюється на основі контролю теоретичних знань, навичок і вмінь на практичних заняттях. Самостійна робота студента оцінюється на практичних заняттях і є складовою підсумкової оцінки студента.

Підсумковий контроль - диференційований залік - проводиться у письмовому вигляді на останньому занятті (II семестр).

Оцінювання поточної успішності студентів здійснюється на кожному практичному (лабораторному) занятті за 4-бальною шкалою і заноситься в журнал обліку академічної успішності. Знання студентів оцінюються як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими **критеріями**:

– 5/«відмінно» – студент бездоганно засвоїв теоретичний матеріал, демонструє глибокі і всебічні знання відповідної теми або навчальної дисципліни, основні положення наукових першоджерел та рекомендованої літератури, логічно мислить і будує відповідь, вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу, висловлює своє ставлення до тих чи інших проблем, демонструє високий рівень засвоєння практичних навичок;

– 4/«добре» – студент добре засвоїв теоретичний матеріал, володіє основними аспектами з першоджерел та рекомендованої літератури, аргументовано викладає його; володіє практичними навичками, висловлює свої міркування з приводу тих чи інших проблем, але припускається певних неточностей і похибок у логіці викладу теоретичного змісту або при виконанні практичних навичок;

– 3/«задовільно» – студент в основному опанував теоретичними знаннями навчальної теми або дисципліни, орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, але непереконливо відповідає, плутає поняття, додаткові питання викликають у студента невпевненість або відсутність стабільних знань; відповідаючи на запитання практичного характеру, виявляє неточності у знаннях, не вміє оцінювати факти та явища, пов'язувати їх із майбутньою діяльністю, припускається помилок при виконанні практичних навичок;

– 2/«незадовільно» – студент не опанував навчальний матеріал теми (дисципліни), не знає наукових фактів, визначень, майже не орієнтується в першоджерелах та рекомендованій літературі, відсутні наукове мислення, практичні навички не сформовані.

10. Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу.

Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять визначається навчальною програмою дисципліни.

Формами поточного контролю є:

- 1) усне опитування (фронтальне, індивідуальне, комбіноване).
- 2) практична перевірка сформованих професійних вмінь.
- 3) тестовий контроль (відкриті та закриті тестові завдання).

10.1. Оцінювання поточної навчальної діяльності. Під час оцінювання засвоєння кожної теми за поточну навчальну діяльність студенту виставляються оцінки за 4-ри бальною (національною) шкалою. При цьому враховуються усі види робіт, передбачені програмою дисципліни. Поточний контроль результатів виконання завдань самостійної роботи здійснюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті. Студент має отримати оцінку з кожної теми.

11. Форма підсумкового контролю успішності навчання відповідно до навчального плану є диференційований залік (II семестр).

Диференційований залік - це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу з навчальної дисципліни на підставі середнього балу результатів поточного контролю та балів за виконання індивідуальних контрольних завдань на підсумковому занятті.

Диференційований залік проводиться у письмовій формі за стандартизованими варіантами контрольних завдань, складеними відповідно до програми навчальної дисципліни.

Структура білета та критерії оцінювання кожного типу завдань диференційованого заліку:

40 стандартних тестових завдань, кожне з яких має одну правильну відповідь з п'яти запропонованих (формат А). Оцінюється по 2 бали за правильну відповідь на кожне тестове завдання).

Всього – 80 балів.

12. Схема нарахування та розподіл балів, які отримують студенти:

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент за поточну навчальну діяльність для допуску до диференційованого заліку становить 120 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент за поточну навчальну діяльність для допуску до диференційованого заліку становить 72 бали.

Розрахунок кількості балів проводиться на підставі отриманих студентом оцінок за 4-ри бальною (національною) шкалою під час вивчення дисципліни, шляхом обчислення середнього арифметичного (СА), округленого до двох знаків після коми. Отримана величина конвертується у бали за багатобальною шкалою таким чином:

$$x = \frac{CA \times 120}{5}.$$

Для зручності наведено таблицю перерахунку за 200-бальною шкалою:

Перерахунок середньої оцінки за поточну діяльність у багатобальну шкалу для дисциплін, що завершуються заліком (диференційованим заліком)

4- бальна шкала	200- бальна шкала	4- бальна шкала	200- бальна шкала	4- бальна шкала	200- бальна шкала	4- бальна шкала	200- бальна шкала
5	120	4.45	107	3.91	94	3.37	81
4.95	119	4.41	106	3.87	93	3.33	80
4.91	118	4.37	105	3.83	92	3.29	79
4.87	117	4.33	104	3.79	91	3.25	78
4.83	116	4.29	103	3.74	90	3.2	77
4.79	115	4.25	102	3.7	89	3.16	76
4.75	114	4.2	101	3.66	88	3.12	75
4.7	113	4.16	100	3.62	87	3.08	74
4.66	112	4.12	99	3.58	86	3.04	73
4.62	111	4.08	98	3.54	85	3	72
4.58	110	4.04	97	3.49	84	Менше	Недос-
4.54	109	3.99	96	3.45	83	3	татньо
4.5	108	3.95	95	3.41	82		

Самостійна робота студентів оцінюється під час поточного контролю теми на відповідному занятті. Засвоєння тем, які виносяться лише на самостійну роботу контролюється при підсумковому контролі.

Максимальна кількість балів, яку може набрати студент при складанні диференційованого заліку становить 80.

Мінімальна кількість балів при складанні диференційованого заліку - не менше 50.

Оцінка з дисципліни, яка завершується диференційованим заліком визначається, як сума балів за поточну навчальну діяльність (не менше 72) та балів за виконання контрольних завдань диференційованого заліку на останньому занятті (не менше 50).

Бали з дисципліни незалежно конвертуються як в шкалу ECTS, так і в 4-бальну шкалу. Бали шкали ECTS у 4-бальну шкалу не конвертуються і навпаки. Бали студентів, з урахуванням кількості балів, набраних з дисципліни ранжуються за шкалою ECTS таким чином:

Оцінка ECTS	Статистичний показник
A	Найкращі 10 % студентів
B	Наступні 25 % студентів
C	Наступні 30 % студентів
D	Наступні 25 % студентів
E	Останні 10 % студентів

Ранжування з присвоєнням оцінок „A”, „B”, „C”, „D”, „E” проводиться для студентів даного курсу, які навчаються за однією спеціальністю і успішно завершили вивчення дисципліни. Студенти, які одержали оцінки FX, F («2») не вносяться до списку студентів, що ранжуються. Студенти з оцінкою FX після перескладання автоматично отримують бал „E”.

Бали з дисципліни для студентів, які успішно виконали програму конвертуються у традиційну 4-ри бальну шкалу за абсолютними критеріями, які наведено нижче у таблиці:

Бали з дисципліни	Оцінка за 4-ри бальною шкалою
Від 170 до 200 балів	5
Від 140 до 169 балів	4
Від 139 балів до мінімальної кількості балів, яку повинен набрати студент	3
Нижче мінімальної кількості балів, яку повинен набрати студент	2

Оцінка ECTS у традиційну шкалу не конвертується, оскільки шкала ECTS та чотирибальна шкала незалежні. Об’єктивність оцінювання навчальної діяльності студентів перевіряється статистичними методами (коефіцієнт кореляції між оцінкою ECTS та оцінкою за національною шкалою).

13. Методичне забезпечення:

- Навчальна програма дисципліни.
- Тези лекцій з дисципліни.
- Презентації лекцій.
- Відеоконтент лекцій, розміщений на платформі дистанційного навчання Misa.
- Методичні рекомендації та розробки для викладача.
- Методичні вказівки до практичних занять для студентів.
- Методичні матеріали, що забезпечують самостійну роботу студентів.
- Тестові та контрольні завдання до практичних занять.
- Питання та завдання до підсумкового контролю (диференціального заліку).

14. Рекомендована література

Основна:

1. Біофізика. Фізичні методи аналізу та метрологія: підручник / Е.І. Личковський, В.О. Тіманюк, О.В. Чалий [та ін.]; за ред. Е.І. Личковського, В.О. Тіманюка. – Вінниця: Нова Книга, 2014. – 464 с.
2. Ємчик Л.Ф. Основи біологічної фізики і медична апаратура: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закладів І-ІІІ р. акред. / Л.Ф. Ємчик. - 2-ге вид., виправлене. – К.: ВСВ"Медицина", 2014. – 392 с.
3. Медична і біологічна фізика: підручник / Личковський Е.І., Пайкуш М.А., Вісьтак М.В., Фафула Р.В. Львів: «Новий Світ – 2000», 2021. – 319 с.
4. Медична та біологічна фізика: нац. підручник для студ. вищ. мед. (фарм.) навч. заклад. ІІІ-ІV р. акред. / за ред. О.В. Чалого. – 2-ге вид. – Вінниця: Нова Книга, 2017. – 528 с.
5. Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / В.Г. Кнігавко, О.В. Зайцева, М.А. Бондаренко [та ін.]; за ред. В.Г.Кнігавка. – Харків: ХНМУ, 2013. – 364 с.

Додаткова:

1. Бура М.В., Санагурський Д.І. Біофізика сенсорних систем (навчальний посібник). – Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2014. – 192 с.
2. Ємчик Л.Ф. Основи біологічної фізики і медична апаратура: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закладів І-ІІІ р. акред.(Рек. МОНУ) / Л. Ф. Ємчик. - 2-ге вид., виправлене. – К. : ВСВ"Медицина", 2014. – 392 с.
3. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура І.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. – К.: Обереги, 2001 – 567 с.
4. Лебель О.О., Гаращенко В.І., Григус І.М. Біологічна та медична механіка. Навчальний посібник. – Рівне:НУВГП, 2016 – 186 с.
5. Лопушанський Я.Й. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики: навч. посібн. для студ. вищ. мед. навч. закл. ІІІ-ІV рівн. акр. (протокол ЦМК МОЗУ №3 від 09.06.2010 р.) / Я. Й. Лопушанський. - 3-є вид., доповн. і випр. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 584 с.
6. Медична і біологічна фізика: Навчальний посібник для студентів спеціальності 222 «Медицина»/ Е.І. Сливко, О.З. Мельнікова, О.З.Іванченко, Н.С. Біляк. – Запоріжжя, 2018 – 291 с.
7. Шевченко А.Ф. Основи медичної і біологічної фізики: підруч. для студ. вищ. мед. навч. закл. ІІІ р. акр. / А. Ф. Шевченко. – К. : Медицина, 2008. – 656 с.
8. Hobie R.K., Roth B.J. Intermediate Physics for Medicine and Biology. / R.K. Hobie, B.J. Roth. – Springer, 2007. – 616 p.
9. Medical and Biological Physics: Laboratory Manual for students of higher medical institutions of the IV accreditation level // Lychkovsky E., Fafula R., Fedorovych Z., Makar N., Odnorih L. – Lviv, Danylo Halytsky Lviv National Medical University, 2014. – 300 p.
10. Cotterill R. Biophysics. An introduction. J. Wiley & Sons, 2002. – 396 p.
11. Davidovits P. Physics in biology and medicine. 5-th ed. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2019. – 377 p.

12. Newman J. Physics of the Life Sciences. – Springer, 2008. – 718 p.
13. Herman I.P. Physics of the Human Body. – Springer, 2008. – 860 p.
14. Glaser R. Biophysics an introduction. 2-nd ed. – Berlin: Springer, 2012. – 407 p.
15. Hille B. Ionic Channels of Excitable Membranes. – Sinauer Associates inc. Sunderland, 2004. – 816 p.

Інформаційні ресурси

1. <http://misa.meduniv.lviv.ua/>
2. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> (Електронна база даних медичних і біологічних публікацій англійською мовою)
3. <http://iomp.org/> (Міжнародна організація медичної фізики)
4. <http://aapm.org/default.asp> (Сайт американської асоціації фізиків в медицині)
5. <http://scitation.aip.org/content/aapm/journal/medphys> (Журнал «Medical Physics»)
6. <https://www.biophysics.org/> (Biophysical Society)
7. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (Інформаційні ресурси з медичної фізики)
8. <https://physicsworld.com/c/biophysics-bioengineering/> (Інформаційні ресурси з біофізики і біоінженерії)
9. <http://www.nbuv.gov.ua/> (Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського)