ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДАНИЛА ГАЛИЦЬКОГО

Кафедра біофізики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
з науково-педагогічної роботи
доцент Ірина СОЛОНИНКО
_____
«17» 07 2023 р.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

МЕДИЧНА І БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА
ОК 6

підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти
галузі знань 22 «Охорона здоров'я»
спеціальності 222 «Медицина»

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

Завідувач кафедри
_____професор Роман ФАФУЛА

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

Голова методичної комісії
_____ доцент Тетяна ЄЩЕНКО

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Роман ФАФУЛА	д.б.н., професор, завідувач кафедри біофізики Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького;
Марія ВІСЬТАК	д.тех.н., професор 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 і біологічна фізика»
відповідно до Стандарту вищої освіти *другого (магістерського) рівня*
галузі знань *22 «Охорона здоров'я»*
спеціальності *222 «Медицина»*
освітньої програми *магістра медицини.*

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 медицині.

«Медична та біологічна фізика» є однією з фундаментальних загальноосвітніх дисциплін, що складають теоретичну основу підготовки фахівців вищої кваліфікації для медицини. 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 вивчаються біотермодинаміка, елементи молекулярної біофізики, біофізика клітинних процесів і складних систем, зокрема біологічних мембран, генерації біопотенціалів, кровоносної і дихальної системи, сенсорних систем, молекулярні механізм клітинних процесів.

У розділі 2 розглядають механізми дії чинників зовнішнього середовища на організм людини: механічних хвиль, електромагнітних хвиль різних діапазонів та параметрів, нейонізуючого та йонізуючого випромінювання. Також вивчаються фізичні принципи методів діагностики та терапії, медичне електронне обладнання для медичної візуалізації, реєстрації та терапії.

Структура навчальної дисципліни	Кількість кредитів, годин, з них				Рік навчання семестр	Вид контролю
	Всього	Аудиторних		СРС		
		Лекцій (год.)	Практичних занять (год.)			
Назва дисципліни: Медична та біологічна фізика ***Розділів 2***	**4 кредити / 120 год.**	**16**	**44**	**60**	**І курс (І, ІІ семестри)**	**іспит**
за семестрами						
Розділ 1	**2,0 кредити / 60 год.**	**8**	**22**	**30**	**І курс (І, ІІ семестр)**	
Розділ 2	**2,0 кредити / 60 год.**	**8**	**22**	**30**	**І курс (ІІ семестр)**	**іспит**

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

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;

Патофізіологія;

Гістологія, цитологія та ембріологія;

Медична інформатика;

Пропедевтика внутрішньої медицини;

Гігієна та екологія;

Радіологія;

Офтальмологія;

Оториноларингологія.

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 медицині та фармації; 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, у тому числі дослідницького та інноваційного характеру у сфері медицини. Здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії.

- *загальні:*

ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
ЗК 2	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК 3	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 4	Знання та розуміння предметної галузі та розуміння професійної діяльності.
ЗК 5	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
ЗК 6	Здатність приймати обґрунтовані рішення.
ЗК 7	Здатність працювати в команді.
ЗК 8	Здатність до міжособистісної взаємодії.
ЗК 9	Здатність спілкуватись іноземною мовою.
ЗК 10	Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології.
ЗК 11	Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 12 Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків.

- *спеціальні (фахові, предметні):*

ФК 2 Здатність до визначення необхідного переліку лабораторних та інструментальних досліджень та оцінки їх результатів.
ФК 10 Здатність до виконання медичних маніпуляцій.
ФК 17 Здатність до оцінювання впливу навколишнього середовища, соціально-економічних та біологічних детермінант на стан здоров’я індивідуума, сім’ї, популяції.

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

Матриця компетентностей

№	Компетентність	Знання	Уміння	Комунікація	Автономія та відповідальність
	Інтегральна компетентність				
	Здатність розв'язувати складні задачі, у тому числі дослідницького та інноваційного характеру у сфері медицини. Здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії.				
	Загальні компетентності				
1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	Знати: способи аналізу, синтезу та подальшого сучасного навчання.	Вміти: проводити аналіз інформації, приймати обґрунтовані рішення, набувати сучасні знання.	Встановлювати відповідні зв'язки для досягнення цілей.	Нести відповідальність за своєчасне набуття сучасних знань.
2	Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.	Знати: спеціалізовані концептуальні знання.	Вміти: розв'язувати складні задачі і 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.
3	Знання та розуміння предметної галузі та розуміння професійної діяльності.	Знати: структуру 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.
4	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації	Знати: елементи виробничої та соціальної адаптації та фактори успішної адаптації до нового середовища.	Вміти: формувати ефективну стратегію особистісної адаптації до нових умов.	Взаємодіяти з широким колом осіб (колеги, керівництво, фахівці з інших галузей) при виникненні нових ситуацій з елементами непередбачуваності.	Нести відповідальність за прийняття рішень.

5	Здатність приймати обґрунтоване рішення; працювати в команді; здатність до міжособистісної взаємодії.	Знати: тактику та стратегію 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 вибір та тактику способу комунікації
6	Здатність спілкуватись іноземною мовою.	Знати: одну (декілька) іноземних мов.	Вміти: застосовувати знання іноземної мови.	Використовувати іноземну мову у професійній діяльності.	Нести відповідальність за використання іноземної мови у професійній діяльності.
7	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.	Знати: інформаційні і 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 у професійній діяльності.	Нести відповідальність за розвиток професійних знань та умінь.
8	Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.	Знати: способи пошуку, опрацювання та аналізу інформації	Вміти: проводити пошуку, опрацювання та аналізу інформації	Використовувати різні способи опрацювання інформації.	Нести відповідальність за управління інформацією.
9	Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.	Знати: обов'язки та шляхи виконання поставлених завдань.	Вміти: визначити мету та завдання бути наполегливим та сумлінним при виконанні обов'язків.	Встановлювати міжособистісні зв'язки для ефективного виконання завдань та обов'язків.	Відповідати за якісне виконання поставлених завдань
	Спеціальні (фахові) компетентності				
1	Здатність до визначення необхідного переліку лабораторних та інструментальних досліджень та оцінки їх результатів.	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	Здатність до виконання медичних маніпуляцій.	Знати: біофізику роботи органів і систем організму людини.	Вміти: аналізувати біофізичні показники роботи органів і систем організму людини.	Обґрунтовано формувати та довести до пацієнта, фахівців висновки щодо необхідності проведення медичних маніпуляцій	Відповідальність, самостійність.
3	Здатність до оцінювання впливу навколишнього середовища, соціально-економічних та біологічних детермінант на стан здоров'я індивідуума, сім'ї, популяції.	Знати: фактори навколишнього середовища, які негативно впливають на здоров'я населення.	Вміти: оцінити стан навколишнього середовища та негативні фактори 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 1. Мати ґрунтовні знання із структури професійної діяльності. Вміти здійснювати професійну діяльність, що потребує оновлення та інтеграції знань. Нести відповідальність за професійний розвиток, здатність до подальшого професійного навчання з високим рівнем автономності (ЗК1 – ЗК12, ФК2, ФК10, ФК17).

ПРН 2. Розуміння та знання фундаментальних і клінічних біомедичних наук на рівні, достатньому для вирішення професійних задач у сфері охорони здоров'я (ЗК4, ЗК6, ЗК10 – ЗК12, ФК2, ФК10, ФК17).

ПРН 3. Спеціалізовані концептуальні знання, що включають наукові здобутки у сфері охорони здоров'я і є основою для проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері медицини та дотичних до неї міждисциплінарних проблем (ЗК1 – ЗК3, ЗК6, ЗК7, ЗК9 – ЗК12, ФК2).

ПРН 23. Оцінювати вплив довкілля на стан здоров`я людини для оцінки захворюваності населення (ФК17).

ПРН 24. Забезпечувати необхідний рівень індивідуальної безпеки (власної та осіб, про яких піклується) у разі виникнення типових небезпечних ситуацій в індивідуальному полі діяльності (ЗК6).

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;
- ✓ аналізувати механізми взаємодії фізичних чинників зовнішнього середовища з організмом людини;
- ✓ демонструвати здатність вибору методу інструментального дослідження згідно поставленої задачі;
- ✓ демонструвати навики роботи з медичною апаратурою, що застосовується для медичної візуалізації та терапії, зокрема ультразвукової діагностики, електрокардіографії, реографії, аудіометрії, приладах для фізіотерапії, оптичних та квантово-механічних приладах і системах, приладах радіометричного та дозиметричного контролю;
- ✓ пояснити принцип роботи медичного обладнання.

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. Елементи молекулярної біофізики

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.

Предмет та методи біофізики, зв'язок з іншими науками. Основні розділи біофізики. Сучасна медична біофізика (новітні напрямки досліджень).

Термодинаміка рівноважних станів. Основні поняття термодинаміки. Перший закон термодинаміки. Основні види робіт, які здійснюються в живому організмі. Ентальпія. Закон Гесса. Калориметрія. Другий закони термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Зміна стандартної вільної енергії. Хімічний потенціал. Електрохімічний потенціал. Термодинаміка біологічних процесів. Температурний гомеостаз, хімічна і фізична терморегуляція.

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

Міжмолекулярна взаємодія у біополімерах (ковалентна взаємодія, електростатична і дисперсійна взаємодія, гідрофобна взаємодія, водневий зв'язок). Біофізика білків. Ферментний каталіз. Біофізика нуклеїнових кислот. Дифузія. Осмотичний і онкотичний тиск. Основні біофізичні методи дослідження біополімерів. Електрофорез. Ультрацентрифугування. Рентгеноструктурний аналіз.

Тема 2. Біофізика мембранних процесів

Конкретні цілі:

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

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

Структурні елементи біологічних мембран. Фізичні властивості біомембран. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран. Види 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. Первинно- і вторинно активний транспорт. Йонні насоси та обмінники. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи Na^+, K^+-помпи. Везикулярний 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 у нервових волокнах. Локальні потенціали. Кабельна теорія. Еквівалентна електрична схема ділянки збудливої мембрани. Феноменологічні рівняння Ходжкіна-Хакслі. Загальні принципи функціонування йонних каналів. Натрієві канали. Калієві канали. Кальцієві канали. Аніонні канали. Ворітні струми потенціалкерованих йонних каналів. Поняття про каналопатії.

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 в'язкості крові та методів вимірювання тиску крові і швидкості кровообігу.

Елементи біомеханіки. Опорно-руховий апарат людини. Динамічна і статистична робота людини при різних видах її діяльності. Ергометрія. Методи і прилади для вимірювання біомеханічних характеристик. Механічні властивості біологічних тканин. Закон Гука. Модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона. Текучість і релаксація напруги.

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

Основи біореології. 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 її використання у діагностиці захворювань.

Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу. Методи його визначення. Поверхневі явища в організмі людини. Газова емболія.

Ламінарна та турбулентна текучість рідини. Число Рейнольдса. Основні поняття гемодинаміки. Стаціонарний плин рідин. Рівняння неперервності та рівняння Бернуллі. Лінійна та об`ємна швидкості. Плин в'язких рідин. Формули Пуазейля і Гагена-Пуазейля. Гідравлічний опір. Біофізика кровообігу. Робота та потужність серця. Методи вимірювання тиску крові та швидкості кровоплину. Пульсова хвиля. Основні показники гемодинаміки.

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

Тема 4. Біофізика сенсорних систем

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати основні фізичні поняття та закони біоакустики;
- ✓ пояснювати фізичні основи аудіометрії;
- ✓ 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. Біофізичні механізми перетворення сигналів у сенсорних рецепторах.

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 і больового відчуття. Закон Вебера-Фехнера. Біофізичні основи слухового відчуття. Слухові процеси у зовнішньому, середньому та внутрішньому вусі. Узгодження імпендансів. Кодування інформації в слуховому аналізаторі. Механотрансдукція у волоскових клітинах. Фізичні основи аудіометрії. Аудіограма та криві однакової гучності. Біофізичні основи голосу.

Закони геометричної оптики. Основні фотометричні величини. Оптична сила ока. Заломлюючі поверхні ока. Рефрактометрія. Рефракція ока в нормі і патології. Акомодація. Аберація. Дифракція. Роздільна здатність ока. Кут зору. Денне та сутінкове бачення. Чутливість ока. Вади зору та їх корекція. Сприйняття кольорів. Просторове бачення. Молекулярний механізм зорової рецепції. Процеси трансдукції у фоторецепторах сітківки.

Біофізичні особливості сприйняття нюху, смаку та дотику. Структура рецепторних молекул. Механізм трансдукції у нюхових нейронах та волоскових клітинах.

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

Тема 5. Вплив механічних чинників на живий організм. Основи медичної апаратури. Фізичні принципи ультразвукової діагностики

Конкретні цілі:

- ✓ класифікувати механічні коливання і хвилі;
- ✓ пояснювати біофізичні механізми дії ультразвуку та інфразвуку на організм людини та пояснювати механізми, що лежать в основі використання ультразвуку в медицині;
- ✓ пояснювати фізичні принципи ультрасонографії;
- ✓ класифікувати електронну медичну апаратуру, що застосовується в діагностиці, електростимуляції та фізіотерапії.

Загальна характеристика і класифікація електронних медичних приладів. Використання електронної медичної апаратури у діагностиці та терапії. Електроди та датчики. Підсилення та генерація сигналів. Правила безпеки при роботі з електронною медичною апаратурою.

Ультразвук та інфразвук. Джерела та детектори ультразвуку й інфразвуку. Особливості поширення та біофізичні основи дії ультразвуку на біологічні тканини. Використання ультразвуку в медицині. Літотрипсія. Фізичні принципи ультразвукової діагностики. Ефект Доплера. Доплерографія. Дія інфразвуку та вібрацій на тіло людини.

Тема 6. Електромагнітні явища в біології та медицині

Конкретні цілі:

- ✓ трактувати ґенез електрокардіограми на підставі аналізу основних концепцій електрокардіографії;
- ✓ пояснювати фізичні основи дії постійного і 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 і патології;
- ✓ пояснювати механізм дії магнітного 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;
- ✓ робити висновки 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. Фізичні та біофізичні основи електроенцефалографії.

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.

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). Механізм дії імпульсних струмів на біотканини. Електростимуляція органів і тканин. Кардіостимулятори. Дефібрилятори.

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 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:

- ✓ пояснювати фізичні основи явищ поглинання, розсіяння, дисперсії та поляризації світла;
- ✓ трактувати фізичні механізми, що лежать в основі рефрактометрії, фотоколориметрії, нефелометрії та поляриметрії;
- ✓ демонструвати навички роботи з колориметром, рефрактометром і сахариметром;
- ✓ пояснювати механізми дії електромагнітного випромінювання ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного діапазонів на живий організм;
- ✓ пояснювати основні закони теплового випромінювання тіл;
- ✓ трактувати теплове випромінювання тіла людини та фізичні основи методу термографії;
- ✓ трактувати основні поняття квантової механіки;
- ✓ пояснювати квантово-механічну модель атома водню (енергетичні стани, квантові числа, принцип Паулі);

- ✓ трактувати фізичні механізми, що лежать в основі вимірювання розмірів мікрооб'єктів за допомогою електронного мікроскопа;
- ✓ порівнювати відповідні характеристики оптичного та електронного мікроскопів;
- ✓ 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 механізми дії лазерного випромінювання на біологічні тканини;
- ✓ 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. Ендоскопія.

Поглинання світла. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами, закон Бугера-Ламберта-Бера. Фотоколориметрія. Оптичні властивості біологічних тканин.

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.

Елементи фотобіології. Основні види і стадії фотобіологічних процесів. Електронні переходи в атомах і молекулах. Фотохімічні реакції. Механізм біологічної дії електромагнітного випромінювання ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного діапазонів на живий організм. Застосування нейонізуючого випромінювання у медицині. Фотомедицина.

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.

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 закономірності, властивості. Закон Стокса. Біолюмінесценція. Хемілюмінесценція та її діагностичне значення. Фотолюмінесценція (флуоресценція і фосфоресценція).

Явище фотоефекту. Зовнішній та внутрішній фотоелектричні ефекти та їх використання у медицині.

Індуковане випромінювання. Рівноважна (больцманівська) та інверсна заселеність енергетичних рівнів. Лазери, принцип дії та застосування в медицині. Взаємодія лазерного випромінювання з біотканинами.

Резонансні методи квантової механіки. Ядерний магнітний резонанс, електронний парамагнітний резонанс, їх застосування в медицині. Магнітно-резонансна томографія.

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 і захист від рентгенівського випромінюваня. Взаємодія рентгенівського випромінювання з біологічними тканинами. Біомедичне застосування рентгенівського випромінювання (рентгенівська терапія, рентгенівська томографія тощо)

Радіоактивність, основні види і властивості. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність, одиниці активності. Біологічна дія йонізуючого випромінювання: первинні фізико-хімічні процеси. Пряма та непряма дія йонізуючого випромінювання. Модифікація радіобіологічних ефектів. Діагностичне і лікувальне застосування радіонуклідів. Захист від дії йонізуючого випромінювання. Радіопротектори та радіосенсибілізатори. Фізичні та біофізичні проблеми, пов'язані з аварією на Чорнобильській АЕС: віддалені ефекти.

Природний фон радіоактивності. Дозиметрія йонізуючого випромінювання. Експозиційна та поглинена дози. Еквівалентна біологічна доза. Потужність доз. Лінійна передача енергії. Відносна біологічна ефективність. Детектори йонізуючого випромінювання.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Лекції	Практичні заняття	СРС	Індивідуальна робота
Розділ 1. Біофізика біологічних систем				
Тема 1. Біотермодинаміка. Елементи молекулярної біофізики.	–	4	8	–
Тема 2. Біофізика мембранних процесів.	4	4	7	
Тема 3. Основи біомеханіки і біореології. Біофізика системи кровообігу та зовнішнього дихання.	2	12	9	
Тема 4. Біофізика сенсорних систем.	2	4	4	
Разом за розділом 1	**8**	**24**	**28**	**–**
Розділ 2. Дія фізичних чинників на живий організм. Фізичні основи методів медичної візуалізації та терапії				
Тема 5. Вплив механічних чинників на живий організм. Основи медичної апаратури. Фізичні принципи ультразвукової діагностики.		2	2	–
Тема 6. Електромагнітні явища в біології та медицині.	2	6	2	
Тема 7. Квантово-оптичні явища в біології та медицині.	4	8	20	
Тема 8. Радіаційна біофізика. Фізичні основи променевої діагностики та променевої терапії.	2	4	8	
Разом за розділом 2	**8**	**20**	**32**	**–**
Усього годин 120 / 4 кредити ЕКТС	**16**	**44**	**60**	**–**
Підсумковий контроль				**Іспит**

4. Тематичний план лекцій

№ з.п	ТЕМА	Кількість годин
1.	Клітинні мембрани. Структурна організація та біофізичні властивості мембран. Мембранний транспорт.	2
2.	Мембранний потенціал спокою. Механізми генерації і розповсюдження потенціалу дії. Основні біофізичні властивості йонних каналів.	2
3.	Елементи біомеханіки. Біофізичні основи реології та гемодинаміки.	2
4.	Біофізика сенсорних систем. Біофізика слуху. Біофізичні основи зорової рецепції.	2
5.	Фізичні принципи електрокардіографії та реографії. Вплив електричного та магнітного поля на живий організм.	2
6.	Інструментальні методи аналізу: оптичні, спектральні та люмінесцентні методи.	2
7.	Вплив йонізуючого випромінювання на живий організм. Основи дозиметрії. Фізичні основи променевої діагностики та променевої терапії.	2
8.	Резонансні методи квантової механіки. Ядерний магнітний резонанс, електронний парамагнітний резонанс, їх застосування в медицині.	2
	Всього	**16**

5. Тематичний план лабораторно-практичних занять

№ з.п.	ТЕМА	Кількість годин
1.	Термодинаміка біологічних систем.	2
2.	Елементи молекулярної біофізики. Окремі біофізичні методи досліджень в медицині.	
3.	Основи біофізики мембранних процесів. Мембранний транспорт.	2
4.	Мембранні потенціали. Потенціал спокою. Потенціал дії. Поширення потенціалу дії в мієлінізованих та немієлінізованих нервових волокнах.	2
5.	Основи біомеханіки.	2
6.	Біофізика м'язового скорочення.	2
7.	Основи біореології. Вивчення реологічних властивостей біологічних рідин.	2
8.	Поверхневий натяг біологічних рідин.	2
9.	Біофізика системи кровообігу.	2
10.	Біофізика зовнішнього дихання.	2
11.	Біофізика слуху. Звукові методи діагностики.	2
12.	Біофізика органу зору. Біофізичні основи зорової рецепції.	2
13.	Вплив механічних чинників на живий організм. Фізичні принципи ультразвукової діагностики.	2
14.	Фізичні основи електрографії тканин та органів. Електрокардіографія.	2
15.	Електропровідність клітин та тканин. Дія електричного струму на організм людини. Фізичні основи методів гальванізації, електрофорезу і реографії.	2
16.	Дія змінного електричного та магнітного поля високої, ультрависокої та надвисокої частот на біологічні об’єкти.	2
17.	Поглинання та розсіяння світла в біологічних середовищах. Фотоколориметрія і спектрофотометрія.	2
18.	Поляризація світла. Поляриметрія. Поляризаційна мікроскопія.	2
19.	Теплове випромінювання. Термографія.	2
20.	Індуковане випромінювання. Вплив лазерного випромінювання на живий організм та його застосування в медицині.	2
21.	Рентгенівське випромінювання. Методи рентгенодіагностики та рентгенотерапії в медицині.	2
22.	Радіоактивне випромінювання. Вплив йонізуючого випромінювання на живий організм. Дозиметрія йонізуючого випромінювання.	2
	Всього	**44**

6. Тематичний план самостійної роботи

№ з.п.	ТЕМА	Кількість годин	Вид контролю
1.	Термодинаміка необоротних процесів.	4	Поточний контроль на практичних заняттях
2.	Елементи молекулярної біофізики. Міжмолекулярна взаємодія у біополімерах. Біофізика білків. Ферментний каталіз. Біофізика нуклеїнових кислот.	4	
3.	Загальні принципи функціонування йонних каналів. Поняття про каналопатії.	3	
4.	Йонні струми в біологічних мембранах. Модель Ходжкіна-Хакслі. Еквівалентна електрична схема біомембрани. Вплив лікарських речовин на величину мембранного потенціалу.	4	
5.	Статика. Опорно-рухова система людини.	3	
6.	Біофізика гладких м'язів. Біомеханіка й енергетика серцевого м’яза.	3	
7.	Біофізичні основи голосу.	3	
8.	Основні біофізичні властивості сенсорних систем і рецепторів. Біофізичні особливості сприйняття нюху, смаку та дотику.	4	
9.	Основи медичної апаратури.	2	
10.	Біомагнетизм. Фізичні основи використання магнітних полів у медицині.	2	
11.	Закони геометричної оптики. Рефрактометрія.	2	
12.	Оптична мікроскопія, види мікроскопів та їх характеристика.	2	
13.	Електронна мікроскопія.	2	
14.	Фотобіологічні процеси. Фотомедицина.	2	
15.	Явище фотоефекту та люмінесценції. Застосування люмінісценції в медицині.	4	
16.	Лазерні апарати: правила безпечної експлуатації. Біологічні ефекти впливу лазерного випромінювання на тканини організму.	2	
18.	Резонансні методи квантової механіки. ЯМР-томографія.	6	
18.	Рентгенівська візуалізація, джерела рентгенівського випромінювання. Рентгенографія. Мамографія. Ангіографія. Комп’ютерна томографія. Формати збереження та засоби аналізу зображень.	4	
19.	Методи радіоізотопної медицини. Радіонуклідна діагностика. Позитронно-емісійна томографія.	2	
20.	Ядерна безпека. Захист від дії йонізуючого випромінювання.	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 фахово-орієнтованих прикладних задач);
- 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.
- ✓ Підсумковий контроль проводиться у формі іспиту (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.

Оцінювання знань, навичок та вмінь студентів **на підсумковому контролі** (іспиті) здійснюється за такими **критеріями**:

Критерії оцінювання теоретичних питань	Бали
Студент(ка) в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, аргументовано його викладає, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань	6
Студент(ка) достатньо в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає, але при викладанні допускаються несуттєві неточності	5
Студент(ка) достатньо повно володіє навчальним матеріалом, але не достатньо обґрунтовано його викладає або допускаються помилки	4
Студент(ка) не достатньо повно відповідає на поставлене питання, не достатньо аргументує свою відповідь, порушується послідовність викладення матеріалу, помиляється у використанні понятійного апарату чи формул	3
Студент(ка) лише в загальній формі розбирається в матеріалі, відповідь неповна і неглибока; недостатньо правильні формулювання	2
Студент(ка) частково володіє навчальним матеріалом, не розкриває зміст питання, показує незадовільне знання понятійного апарату	1
Студент(ка) не володіє навчальним матеріалом та не в змозі його викласти, дає неправильну відповідь на питання чи взагалі нічого не відповідає	0

Критерії оцінювання практичних вмінь/навичок	Бали
Наведено логічно правильну послідовність розв'язування. Обґрунтовано всі ключові моменти розв'язування. Отримано правильну відповідь.	5
Наведено логічно правильну послідовність розв'язування. Деякі з ключових моментів розв'язування обґрунтовано недостатньо. Можливі 1–2 негрубі описки в обчисленнях, перетвореннях, що не впливають на правильність подальшого розв'язування. Отримана відповідь може бути неправильною або неповною.	4
Наведено логічно правильну послідовність розв'язування. Деякі з ключових моментів обґрунтовано недостатньо або не обґрунтовано. Можливі 1–2 помилки або описки в обчисленнях або перетвореннях, що незначно впливають на правильність подальшого розв'язування. Отримана відповідь може бути неправильною, або неповною, або розв'язано правильно лише частину завдання.	3
У правильній послідовності розв'язування пропущено деякі етапи. Ключові моменти розв'язування не обґрунтовано. Можливі помилки в обчисленнях або перетвореннях, що впливають на подальше розв'язування. Отримана відповідь неповна або неправильна.	2
У послідовності розв'язування є лише деякі етапи розв'язування.Ключові моменти розв'язування не обґрунтовано. Отримана відповідь неправильна або завдання розв'язано не повністю	1
Не розпочато розв'язування завдання або розв'язок завдання повністю неправильний	0

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

Форми поточного контролю:

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 – іспит (II семестр).

Іспит – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з навчальної дисципліни. Іспит проводиться у письмовій формі за екзаменаційними білетами, складеними відповідно до програми навчальної дисципліни. Форма проведення іспиту є письмовою стандартизованою і включає контроль теоретичної і практичної підготовки.

Структура білета та критерії оцінювання кожного типу завдань іспиту:

1) 40 стандартних тестових завдань, кожне з яких має одну правильну відповідь з п'яти запропонованих (формат А). На написання тестового контролю виділяється 40 хв. (40 балів – по 1 балу за кожне тестове завдання);
2) п’ять відкритих описових питань (1 - 5 завдання, 30 балів – по 6 балів за кожне питання) та дві розрахункові задачі з фаховим (медико-біологічним) змістом (6 - 7 завдання, 10 балів – по 5 балів за кожну задачу). Тривалість – 95 хв.

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 іспиту становить 120 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент за поточну навчальну діяльність для допуску до іспиту 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 іспитом

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 3**	**Недос-татньо**
4.54	**109**	**3.99**	**96**	**3.45**	**83**		
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 іспиту становить 80.

Мінімальна кількість балів при складанні іспиту - не менше 50.

Оцінка з дисципліни, яка завершується іспитом визначається, як сума балів за поточну навчальну діяльність (не менше 72) та балів за іспит (не менше 50).

Бали з дисципліни незалежно конвертуються як в шкалу ECTS, так і в 4-бальну (національну) шкалу. Бали шкали ECTS у 4-бальну шкалу не конвертуються і навпаки. Бали студентів, які навчаються за однією спеціальністю, 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.
- Мультимедійні презентації лекцій.
- Відеоконтент лекцій, розміщений на платформі дистанційного навчання.
- Методичні рекомендації та розробки для викладача.
- Методичні рекомендації до практичних занять для студентів.
- Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів.
- Тестові та контрольні завдання до практичних занять.
- Питання та завдання до підсумкового контролю (іспиту).

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.

Допоміжна:

1. Зима В. Л. Біофізика. Збірник задач / Зима В.Л. - К.: Вища шк., 2001.– 124 с.
2. Костюк П.Г. Біофізика / П.Г. Костюк, В.Л. Зима, І.С. Магура, М.С. Мірошниченко, М.Ф. Шуба. − К.: ВПЦ «Київський університет», 2008. – 567 с.
3. Лопушанський Я. Й. Збірник задач і питань з медичної і біологічної фізики: навч. посібник / Я.Й. Лопушанський. – Вінниця: Нова Книга, 2010. – 584 с.
4. Сливко Е.І., Мельнікова О.З., Іванченко О.З., Біляк Н.С. Медична і біологічна фізика: навч. посіб. для студ. спец. 222 «Медицина». – Запоріжжя, 2018. – 291 с.
5. Cotterill R. Biophysics. An introduction. J. Wiley & Sons, 2002. – 396 p.
6. Davidovits P. Physics in biology and medicine. 5-th ed. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2019. – 377 p.

7. Glaser R. Biophysics an introduction. 2-nd ed. – Berlin: Springer, 2012. – 407 p.
8. Herman I.P. Physics of the Human Body. – Springer, 2008. – 860 p.
9. Hobie R.K., Roth B.J. Intermediate Physics for Medicine and Biology / R.K. Hobie, B.J. Roth. – Springer, 2007. – 616 p.
10. Newman J. Physics of the Life Sciences. – Springer, 2008. – 718 p.

15. 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)