

# МІЖНАРОДНИЙ ЄВРОПЕЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут  
«Європейська медична школа»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор ІНІ «СМШ»  
к.м.н. доцент І.Ю. Літвінова

« 26 » \_\_\_\_\_ 2021 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МЕДИЧНА ТА БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА

Підготовки	другого (магістерського) рівня
Галузі знань	22 «Охорона здоров'я»
Спеціальності	222 «Медицина»

Київ 2021

РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Навчально-науковий інститут «Європейська медична школа», кафедра фундаментальних дисциплін.

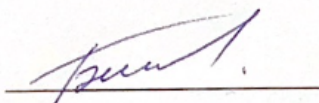
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Г.Б.Костинський, доктор медичних наук, професор, завідуючий кафедрою фундаментальних дисциплін; Н.О. Атамась, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри фундаментальних дисциплін; Б.Т. Агапов, доктор біологічних наук, професор; А.В. Меленевська, кандидат біологічних наук, доцент; Б.С. Сушко, кандидат біологічних наук, доцент; Р.В. Селезньова кандидат технічних наук, доцент; Серденко Т.В. кандидат фізико-математичних наук, старший викладач; Г.П.Таранюк, старший викладач.

Схвалено на засіданні кафедри фундаментальних дисциплін

Схвалено на засіданні кафедри фундаментальних дисциплін  
Протокол № 7 від 18.06.2021 року

Завідувач кафедри

доктор медичних наук, професор



Г.Б. Костинський

Затверджено на засіданні Вченої ради ННІ «Європейська медична школа»  
протокол № 1 від « 26 » 08 2021 року.

## ВСТУП

**Програма вивчення навчальної дисципліни** “Медична та біологічна фізика” складена відповідно до Стандарту вищої освіти України (далі – Стандарт) додипломної підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 «Медицина» кваліфікації освітньої «Магістр медицини» кваліфікації професійної «Лікар»

### Опис навчальної дисципліни (анотація)

Навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» є фундаментальною медико-біологічною дисципліною, що вивчає об'єкти живої природи і організм людини зокрема, виходячи з фізичних явищ та процесів, що зумовлюють їх життєдіяльність, та лежать в основі діагностичних, лікувальних та профілактичних методів медицини. Відповідно, навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» викладається студентам вищих медичних навчальних закладів, що набувають знання, навички та компетенції у галузі охорони здоров'я за спеціальністю «Медицина» освітньої кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти. Навчальна дисципліна складається з трьох основних розділів, а саме: основ математичного моделювання живих систем та математичної обробки медико-біологічних даних; основ біологічної фізики; основ медичної фізики. Перший розділ дисципліни вивчає елементи математичного аналізу (диференціального та інтегрального числення), теорії диференціальних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики в їх практичному застосуванні до описання явищ живої природи та обробки медико-біологічної інформації. Другий розділ дисципліни (біологічна фізика) вивчає явища та закономірності фізичної та фізико-хімічної природи на молекулярному та клітинному рівнях організації живих систем. Третій розділ дисципліни (медична фізика) вивчає окремі системи та функції організму людини, виходячи з фізичних процесів та явищ, що їх зумовлюють; вплив фізичних факторів навколишнього середовища на організм людини; фізичні принципи на яких ґрунтуються методи та технічні засоби медичної діагностики, лікування та профілактики захворювань.

Навчальна дисципліна викладається шляхом проведення лекційних та практичних (семінарських, лабораторних) занять та самостійної роботи студентів.

### Інформаційний опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 22 «ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я»	Нормативна
	Напрямок підготовки «Медицина»	
Змістових розділів – 3	Спеціальність: 222 «Медицина»	Рік підготовки:
		1-й
Загальна кількість годин – 120		1-й семестр
		Лекції
Тижневе навантаження: Аудиторних – 5 год.	Освітньо-кваліфікаційний рівень: «магістр медицини» кваліфікації професійної «лікар»	32 год.
		Практичні
		48 год.
		Самостійна робота
		40 год.



		Вид контролю:
		дифзалік

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» є фізичні явища, процеси та закономірності, що зумовлюють життєдіяльність об'єктів живої природи та організму людини зокрема, на всіх рівнях їх організації та лежать в основі діагностичних, лікувальних та профілактичних методів медицини.

**Міждисциплінарні зв'язки:** Як фундаментальна медико-біологічна дисципліна, «Медична та біологічна фізика» у відношенні об'єкту, предмету, методів, засобів вивчення та результатів навчання знаходиться у тісному зв'язку з іншими фундаментальними медико-біологічними дисциплінами, а саме: з медичною біологією, фізіологією, медичною хімією, біохімією, анатомією, гістологією, гігієною, екологією, медичною інформатикою, медичною статистикою, а також з рядом дисциплін клінічної спрямованості, таких як фармакологія, анестезіологія, радіаційна медицина, радіологія, офтальмологія, отоларингологія, травматологія, невідкладна медицина, медицина катастроф та інших. Медична та біологічна фізика у своєму практичному застосуванні має важливий біоетичний вимір.

## 1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**1.1.** Метою викладання навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» є формування у студентів

предметних та фахових компетентностей на основі системного та інтегративного підходу до вивчення та практичного застосування загальнонаукових, фундаментальних фізичних та біофізичних законів та закономірностей, що лежать в основі життєдіяльності об'єктів живої природи та організму людини зокрема.

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

- формування у студентів цілісної системи фізичних та біофізичних знань, що дозволяє розуміти явища та закономірності життєдіяльності об'єктів живої природи та організму людини, а саме:

знань біофізичних механізмів функціонування систем та органів організму людини в нормі та патології, вмінь їх практичного застосування;

знань механізмів впливу фізичних факторів навколишнього середовища на організм людини на мікро та макрорівнях організації живого;

знань фізичних принципів, що лежать в основі діагностичних, лікувальних та профілактичних методів медицини;

знань фізичних та технічних принципів роботи медичної апаратури діагностичного, лікувального та лікувально-профілактичного призначення;

знань методів математичного моделювання та статистичної обробки медико-біологічної інформації.

**1.3** Компетентності та результати навчання, формуванню яких сприяє дисципліна.

Згідно з вимогами стандарту навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» забезпечує набуття студентами **компетентностей:**

**інтегральної:**

- Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні спеціалізовані задачі у широких та мультидисциплінарних контекстах професійної діяльності лікаря, вирішувати практичні проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації, з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності у галузі охорони здоров'я.

- **загальних та фахових:**

**Загальні компетентності (ЗК)**

<b>ЗК 1.</b>	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
<b>ЗК 2.</b>	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
<b>ЗК 3.</b>	Здатність застосовувати знання у практичній діяльності.
<b>ЗК 4.</b>	Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
<b>ЗК 5.</b>	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації
<b>ЗК 6.</b>	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
<b>ЗК 7.</b>	Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел.
<b>ЗК 8.</b>	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
<b>ЗК 9.</b>	Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
<b>ЗК 11.</b>	Здатність працювати в команді.
<b>ЗК 12.</b>	Прагнення до збереження навколишнього середовища.
<b>Фахові компетентності (ФК)</b>	
<b>ФК 19.</b>	Здатність до оцінювання впливу навколишнього середовища, соціально-економічних та біологічних детермінант на стан здоров'я індивідуума, сім'ї, популяції.

Програмними результатами навчання (ПРН) для дисципліни є:

<b>Програмні результати навчання (ПРН)</b>	
<b>ПРН 14.</b>	Визначати джерело та/або місце знаходження потрібної інформації залежно від її типу; отримувати необхідну інформацію з визначеного джерела; обробляти та проаналізувати отриману інформацію
<b>ПРН 18.</b>	Визначати негативні фактори навколишнього середовища; аналізувати стан здоров'я певного контингенту; визначати наявність зв'язку між станом навколишнього середовища та станом здоров'я певного контингенту; розробляти профілактичні заходи на підставі даних про зв'язок між станом навколишнього середовища та станом здоров'я певного контингенту. Проводити оцінку впливу соціально-економічних та біологічних детермінант на здоров'я індивідуума, сім'ї, популяції.
<b>ПРН 25.</b>	Організовувати необхідний рівень індивідуальної безпеки (власної та осіб, про яких піклується) у разі виникнення типових небезпечних ситуацій в індивідуальному полі діяльності.

**Інтегративним кінцевим програмним результатом навчання**, формуванню якого сприяє навчальна дисципліна «Медична та біологічна фізика» є здатність розв'язувати типові та складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у галузі охорони здоров'я, шляхом моделювання проблемних ситуацій на основі системного аналізу комплексу факторів та умов визначеної та невизначеної природи, включно з їх аналітичною оцінкою, а саме:

- сформованість у студентів цілісної системи фізичних та біофізичних знань, що дозволяє розуміти явища та закономірності життєдіяльності об'єктів живої природи та організму людини;
- знання біофізичних механізмів функціонування систем та органів організму людини в нормі та патології, вміння їх практичного застосування;
- знання біофізичних механізмів впливу фізичних факторів навколишнього середовища на організм людини, здатність до оцінювання їх значимості;
- знання фізичних принципів, що лежать в основі діагностичних, лікувальних та профілактичних методів медицини;
- знання фізичних та технічних принципів роботи медичної апаратури діагностичного, лікувального та лікувально-профілактичного призначення;
- здатність застосовувати біофізичні знання на практиці, вміння визначати біофізичні чинники та механізми функціонування органів та систем організму в нормі та патології;

- володіння методами математичного моделювання та статистичної обробки медико-біологічної інформації.

## 2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

На вивчення навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» відводиться 120 годин, 4 кредити ЄКТС. В тому числі:

**аудиторних** годин – 80, із них лекції – 32 години;

**практичні** заняття – 48 годин;

**самотійна** робота студентів – 40 годин.

### ЗМІСТОВИЙ РОЗДІЛ 1.

## ОСНОВИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЖИВИХ СИСТЕМ ТА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

### Тема 1. Основи диференціального та інтегрального числення.

Поняття функції, її фізичний та біологічний зміст. Похідна. Геометричний та фізичний зміст похідної. Частинна похідна. Диференціал функції однієї та декількох змінних. Застосування диференціалу до наближених обчислень та оцінок похибок. Первісна. Невизначений та визначений інтеграл. Методи інтегрування. Метод заміни змінної та інтегрування частинами. Застосування інтегралу для обчислення площ та середніх.

### Тема 2. Елементи теорії диференціальних рівнянь.

Диференціальне рівняння. Види диференціальних рівнянь. Загальний та частинний розв'язок диференціального рівняння. Диференціальне рівняння з відокремлюваними змінними. Лінійні однорідні диференціальні рівняння зі сталими коефіцієнтами першого та другого порядків. Другий закон Ньютона як диференціальне рівняння. Рівняння руху матеріальної точки в полі консервативних сил. Диференціальні рівняння в частинних похідних. Рівняння дифузії та теплопровідності, їх частинні розв'язки.

### Тема 3. Моделювання динамічних процесів на основі диференціальних рівнянь.

Моделі популяційної динаміки з необмеженим та обмеженим ресурсом. Експоненціальний ріст. Логістична крива. Модель екологічного співтовариства «хижак – жертва». Моделі фармакокінетики, їх основні характеристики та параметри. Моделі однократного, неперервного та комбінованого введення лікарського препарату.

Гармонічний осцилятор. Рівняння вільних гармонічних коливань. Характеристики коливального руху. Амплітуда, період та частота коливань. Затухаючі коливання. Логарифмічний коефіцієнт затухання. Вимушені коливання. Резонанс. Автоколивання. Поняття системи зі зворотним зв'язком. Види зворотного зв'язку. Хвильовий рух. Хвильове рівняння. Рівняння плоскої хвилі. Характеристики хвильового руху. Амплітуда, частота, довжина хвилі. Швидкість хвилі. Складні (ангармонічні) періодичні коливання та хвилі. Розкладання складного періодичного процесу в частотний спектр. Фур'є-аналіз.

### Тема 4. Основи теорії ймовірностей та математичної статистики.

Функціональний та статистичний зв'язок між явищами. Поняття випадкової події. Ймовірність випадкової події. Незалежні, залежні, сумісні та несумісні випадкові події. Теореми додавання та множення ймовірностей. Умовна ймовірність. Теорема Байєса, її епідеміологічний та клінічний зміст.

Випадкова величина. Статистична сукупність. Генеральна сукупність та вибірка. Дискретні та неперервні випадкові величини. Поняття математичного сподівання, дисперсії та середнього квадратичного відхилення. Поняття розподілу випадкової величини. Варіаційні ряди. Полігон та гістограма частот. Середнє значення, мода та медіана, вибіркова дисперсія та вибіркоче середньо-квадратичне відхилення. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Нормальний закон розподілу, його фізичний, біологічний та клінічний зміст. Розподіли Максвела та Больцмана. Оцінка параметрів генеральної сукупності за її вибіркою. Довірчий інтервал та довірча ймовірність. Розподіл Стьюдента. Кореляційний зв'язок між випадковими величинами. Рівняння регресії.

## ЗМІСТОВИЙ РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ

### **Тема 5. Основи молекулярної біофізики.**

Молекулярно-кінетична теорія речовини. Міжмолекулярна взаємодія. Водневий зв'язок. Структура та властивості води. Біологічні макромолекули. Види взаємодій в макромолекулах. Біологічні макромолекули в розчинах. Явища переносу в біологічних середовищах: дифузія, теплопровідність, в'язкість, електричний струм. Коефіцієнти дифузії та в'язкості. Мобільність молекул та іонів в розчинах. Електродифузія. Взаємодія між молекулами в поверхневому шарі рідини. Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу та методи його визначення. Поверхнево активні речовини. Змочування. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Поверхневий натяг альвеолярної стінки. Капілярні явища. Газова емболія.

### **Тема 6. Основи біологічної термодинаміки.**

Поняття термодинамічної системи. Ізольовані, закриті та відкриті системи. Термодинамічна рівновага. Рівноважні та нерівноважні процеси. Внутрішня енергія системи. Робота та теплота. Перший закон термодинаміки. Ентальпія. Закон Гесса. Другий закон термодинаміки. Ентропія, її статистичний зміст. Принцип Больцмана. Оборотні та необоротні процеси. Термодинамічні потенціали. Вільна енергія. Основні положення нерівноважної термодинаміки. Виробництво ентропії. Потоки та сили. Спряження потоків. Співвідношення взаємності Онзагера. Стаціонарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.

Організм як термодинамічна система. Застосування першого закону термодинаміки до організму. Види енергетичних витрат організму. Витрати енергії у зв'язку з роботою органів та функціями організму. Рівень базального метаболізму. Витрати на фізичну активність. Теплові витрати організму. Види теплових витрат. Тепловий баланс та терморегуляція. Джерела, механізми та шляхи відтворення енергії в організмі. Катаболізм. Рівень катаболізму. Енергетичний баланс організму.

### **Тема 7. Біофізика мембранних процесів.**

Структура та фізичні властивості біологічних мембран. Транспорт речовин через біологічні мембрани. Селективна проникність біологічної мембрани. Пасивний транспорт. Дифузія незаряджених частинок. Осмос. Осмотичний тиск. Дифузія заряджених частинок. Рівняння Нернста-Планка. Активний транспорт. Натрій – калієвий насос. Іонні канали.

### **Тема 8. Мембранні потенціали. Потенціал дії.**

Електрохімічна рівновага. Рівноважний концентраційний потенціал Нернста. Рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Каца. Моделювання проникності біологічної мембрани. Обрахунок рівноважних концентраційних потенціалів для іонів калія, натрія та хлору. Моделювання трансмембранної різниці потенціалів на основі рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Каца. Дослідження впливу іонної проникності мембран на формування трансмембранної різниці потенціалів. Електрична збудливість клітин. Потенціал дії та його фази. Деполяризація та реполяризація. Рефрактерність. Механізм генерації потенціалу дії. Ліганд- та потенціал залежні іонні канали. Поріг активації. Збуджувальний та гальмівний постсинаптичні потенціали. Генерація та розповсюдження потенціалу дії в нейроні. Нейротрансмісія.

## ЗМІСТОВИЙ РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

### **Тема 9. Основи біоакустики. Біофізика слуху.**

Поширення хвиль в пружному середовищі. Звук. Швидкість звуку. Акустичний ефект Доплера. Інтенсивність звуку. Звуковий опір (акустичний імпеданс). Звуковий тиск. Взаємодія звукових хвиль з біологічними тканинами. Відбивання, поглинання та розсіяння звукових хвиль. Коефіцієнти поглинання та пропускання. Залежність коефіцієнта поглинання від частоти звуку. Властивості ультразвуку. Ультразвукові методи діагностики. Терапевтичне та хірургічне застосування ультразвуку. Інфразвук. Об'єктивні та суб'єктивні

характеристики звуку. Рівень інтенсивності. Гучність, висота тону, тембр. Поріг чутності та його природа. Зв'язок між подразненням та відчуттям. Закон Вебера-Фехнера. Загальні принципи функціонування сенсорних систем організму. Залежність порогу чутності від частоти звуку. Аудиометрія. Діагностика слуху.

#### **Тема 10. Основи біореології.**

Види деформацій. Механічна напруга та відносна деформація. Пружність (еластичність) та пластичність. Закон Гука. Текучість (плинність) та в'язкість. Діаграма розтягу-стиску. Границя міцності. Механічні властивості та структурно-функціональна організація тканин організму. Пружні властивості колагенових та еластинових волокон. Діаграма деформацій окремих тканин організму. Пружні властивості кісток та судин. Емпіричні моделі в'язкоеластичності. Реологічні властивості біологічних рідин. Відносна та абсолютна в'язкість. В'язкість крові. Фактори, що зумовлюють в'язкість крові. Гематокрит. Клінічні методи визначення в'язкості крові. Визначення коефіцієнта в'язкості за допомогою капілярного віскозиметра. Віскозиметр Гесса. Визначення коефіцієнта в'язкості на основі формули Стокса. Ротаційний метод.

#### **Тема 11. Фізичні основи гемодинаміки.**

Рух ідеальної рідини. Лінійна та об'ємна швидкість течії. Рівняння неперервності течії. Статичний та динамічний тиск. Закон Бернуллі. Реальні рідини. Рух в'язкої рідини. Сила в'язкого тертя. Формула Стокса. Ньютонівські та неньютонівські рідини. Ламінарна та турбулентна течії. Число Рейнольдса. Закон Гагена-Пуазейля. Гідродинамічний (гемодинамічний) опір. Гідромеханічна модель кровообігу. Насосна функція серця. Ударний (сistolічний) та хвилинний об'єм крові. Закон Франка-Старлінга. Тиск крові. Систолічний та діастолічний тиск. Пульсовий та середній артеріальний тиск. Центральний венозний тиск. Гемодинамічний опір. Загальний периферичний опір. Робота та потужність серця. Опір руху крові, швидкість кровотоку та розподіл кров'яного тиску в відділах судинного русла. Розрахунок параметрів гемодинаміки. Методи визначення артеріального тиску та швидкості крові. Пальпаторний та аускультативний методи. Тони Короткова. Динаміка тиску та кровонаповнення судини. Пульсові хвилі. Вплив в'язкості крові на показники гемодинаміки. Залежність в'язкості крові від характеру кровотоку. Біофізичні чинники розвитку аневризми та закупорок судин.

#### **Тема 12. Основи біологічної електродинаміки. Електрографічні методи діагностики.**

Основні характеристики електромагнітного поля (ЕМП) в вакуумі та в речовині. Теорія Максвелла. Електромагнітні хвилі та їх властивості. Енергія електромагнітної хвилі. Густина енергії. Вектор Умова-Пойнтінга. Шкала електромагнітних хвиль. Електрична та магнітна активність тканин та органів організму. Фізичні основи електрографії та магнітографії. Електрична активність міокарда та її фізичне моделювання. Модель струмового диполя. Основні положення теорії Ейнтховена. Електрична вісь та інтегральний електричний вектор серця. Трикутник Ейнтховена. Стандартні відведення. Електрокардіограма. Формування електрокардіограми. Інформативність електрокардіографічної діагностики. Недоліки теорії Ейнтховена та її вдосконалення. Вектор-кардіографія.

#### **Тема 13. Фізичні основи реографії.**

Проходження змінного електричного струму через біологічні тканини. Опір біологічних тканин змінному струму. Імпеданс. Дисперсія імпедансу. Біофізичне моделювання дисперсії імпедансу. Дослідження дисперсії імпедансу тканин та його клінічне значення. Фізичні основи реографії. Залежність імпедансу тканин та органів від кровонаповнення. Запис реограми та її інформативність. Розрахунок показників гемодинаміки за даними реограм. Діагностична значимість реографії. Фізичні та технічні принципи роботи реографа.

#### **Тема 14. Фізичні основи та методи фізіотерапії.**

Взаємодія ЕМП з біологічними тканинами. Фізичні, фізико-хімічні та фізіологічні ефекти що виникають під дією ЕМП на організм людини. Терапевтичні методи на основі дії постійного та імпульсного електричного струму. Гальванізація. Електрофорез. Електросон. Дарсонвалізація. Дія постійного електричного поля на біологічні тканини. Франклінізація. Тепловий ефект струмів провідності та зміщення. Діатермія, електротомія та електрокоагуляція. УВЧ – терапія. Дія магнітного поля на організм людини. Індукційні струми. Індуктотермія. Магнітотерапія.



**Тема 15. Основи біологічної оптики. Оптичні методи дослідження біологічних об'єктів.**

Електромагнітна природа світла. Швидкість світла. Показник заломлення. Дисперсія. Розкладання білого світла в спектр. Світлове сприйняття. Елементи фотометрії. Світловий потік. Сила світла. Світимість. Яскравість. Освітленість. Вимірювання освітленості. Світність. Закони геометричної оптики. Ідеальна центрована оптична система. Оптична система ока. Біофізичні основи зору. Оптичні прилади. Оптична мікроскопія. Характеристики мікроскопу. Збільшення, роздільна здатність та розрізнення. Явище рефракції. Рефрактометрія. Явище поляризації. Закон Малюса. Оптично активні середовища. Закон Біо. Поляриметрія. Взаємодія світла з речовиною. Дисперсія, поглинання та розсіювання світла. Коефіцієнти поглинання та пропускання. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптична густина розчину. Концентраційна колориметрія. Розсіювання світла в дисперсних середовищах. Ефект Тиндаля. Молекулярне розсіювання світла. Закон Релея. Нефелометрія.

**Тема 16. Фізичні основи радіології та радіаційної медицини. Радіаційна безпека.**

Квантова теорія світла. Формула Планка. Основні положення квантової механіки. Теплове випромінювання. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Фізичні основи термографії. Інфрачервоне випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання. Дія інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання на організм. Індуковане випромінювання. Лазери. Застосування лазерів в медицині. Рентгенівське випромінювання. Рентгенографія. Комп'ютерна томографія. Позитронно-емісійна томографія (ПЕТ). Резонансні методи квантової механіки. Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР). Ядерний магнітний резонанс (ЯМР). Магнітно-резонансна томографія (МРТ).

Іонізуюче випромінювання. Види іонізуючого випромінювання. Радіоактивність. Види радіоактивного розпаду. Альфа- та бета- розпад. Правила зміщення. Основний закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність. Одиниці активності. Радіовуглецеве датування. Взаємодія радіоактивного випромінювання з речовиною. Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Експозиційна доза. Потужність експозиційної дози. Поглинена доза. Потужність поглиненої дози. Методи дозиметрії. Дозиметри. Взаємодія іонізуючого випромінювання з біологічними тканинами. Відносна біологічна ефективність випромінювання. Біологічна еквівалентна доза. Потужність еквівалентної дози. Радіобіологічні ефекти. Радіаційні пошкодження. Захист від іонізуючого випромінювання. Принципи радіаційної безпеки. Біофізичні основи променевої терапії.

**3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Назви змістових розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усь ого	у тому числі				
л.		п.	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Змістовий розділ 1. Основи математичного моделювання живих систем та статистичного аналізу медико-біологічних даних.</b>						
Тема 1. Основи диференціального та інтегрального числення.		2	6			2
Тема 2. Елементи теорії диференціальних рівнянь.		2	3			2
Тема 3. Моделювання динамічних процесів на основі диференціальних рівнянь.		2	3			2
Тема 4. Основи теорії ймовірностей та математичної статистики.		2	3			2
Разом за змістовим розділом 1		8	15			8
<b>Змістовий розділ 2. Основи біологічної фізики.</b>						
Тема 5. Основи молекулярної біофізики.		2	3			2
Тема 6. Основи біологічної термодинаміки.		2	3			2
Тема 7. Біофізика мембранних процесів.		2				4

Тема 8. Мембранні потенціали. Потенціал дії.		2	3		2
Разом за змістовим розділом 2		8	9		10
<b>Змістовий розділ 3. Основи медичної фізики.</b>					
Тема 9. Основи біоакустики. Біофізика слуху.		2	3		2
Тема 10. Основи біореології.		2	3		2
Тема 11. Фізичні основи гемодинаміки.		2	3		4
Тема 12. Основи біологічної електродинаміки. Електрографічні методи діагностики.		2	3		2
Тема 13. Фізичні основи реографії.		2			4
Тема 14. Фізичні основи та методи фізіотерапії.		2	3		2
Тема 15. Основи біологічної оптики. Оптичні методи дослідження біологічних об'єктів.		2	3		2
Тема 16. Фізичні основи радіології та радіаційної медицини. Радіаційна безпека.		2	3		4
Разом за змістовим розділом 3.		16	21		22
Разом за трьома змістовими розділами		32	45		
Підсумковий контроль знань.			3		
<b>Усього годин</b>		<b>32</b>	<b>48</b>		<b>40</b>

#### 4. ТЕМИ ЛЕКЦІЙ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основи диференціального та інтегрального числення.	2
2	Елементи теорії диференціальних рівнянь.	2
3	Основи математичного моделювання живих систем.	2
4	Основи статистичного аналізу медико-біологічних даних.	2
5	Основи молекулярної біофізики.	2
6	Основи біологічної термодинаміки.	2
7	Біофізика мембранних процесів.	2
8	Мембранні потенціали. Потенціал дії.	2
9	Основи біоакустики. Біофізика слуху.	2
10	Основи біореології.	2
11	Фізичні основи гемодинаміки.	2
12	Основи біологічної електродинаміки.	2
13	Фізичні основи реографії.	2
14	Фізичні основи та методи фізіотерапії.	2
15	Основи біологічної оптики.	2
16	Фізичні основи радіології та радіаційної медицини.	2
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

#### 5. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування методів диференціального числення.	3
2	Застосування методів інтегрального числення.	3
3	Методи розв'язання диференціальних рівнянь.	3
4	Моделювання динамічних процесів на основі диференціальних рівнянь.	3
5	Вивчення методів теорії ймовірностей та математичної статистики.	3
6	Визначення основ молекулярної біофізики та біологічної термодинаміки.	3

7	Вивчення енергетичного балансу організму людини.	3
8	Моделювання та обрахунків мембранних потенціалів.	3
9	Вивчення біофізичних механізмів слуху. Аудіометрія.	3
10	Реологічні властивості біологічних тканин.	3
11	Фізичні основи гемодинаміки. Моделювання процесу кровообігу.	3
12	Фізичні основи електрокардіографії та реографії.	3
13	Фізичні основи фізіотерапії.	3
14	Оптичні методи дослідження біологічних об'єктів.	3
15	Біологічна дія іонізуючого випромінювання. Вивчення основ дозиметрії.	3
16	Підсумковий контроль знань. Диференційований залік.	3
	<b>Разом</b>	<b>48</b>

## 6. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Застосування диференціалу до наближених обчислень та оцінки похибок вимірювань.	2
2	Застосування визначеного інтегралу для обчислення площ та об'ємів фігур, та знаходження середніх.	2
3	Математичні моделі популяційної динаміки, епідеміології та фармакокінетики.	2
4	Періодичні процеси в живому організмі.	2
5	Застосування методів теорії ймовірностей в медицині.	2
6	Структура та властивості води. Водневий зв'язок.	2
7	Організм як термодинамічна система.	2
8	Структура та функції біологічних мембран.	2
9	Осмос. Біологічне та клінічне значення осмосу.	2
10	Потенціал дії: генерація та розповсюдження. Нейротрансмісія.	2
11	Ультразвукові методи діагностики.	2
12	Біофізичне моделювання процесів м'язевого скорочення.	2
13	В'язкість крові: методи вимірювання та клінічне значення.	2
14	Електрографічні методи діагностики.	2
15	Імпеданс біологічних тканин. Дисперсія імпедансу.	2
16	Реографія та її клінічне значення.	2
17	Методи фізіотерапії. Фізіотерапевтична апаратура.	2
18	Око як оптична система.	2
19	Радіаційні методи діагностики.	2
20	Біологічна дія іонізуючого випромінювання.	2
	<b>Разом</b>	<b>40</b>

## 7. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Індивідуальні завдання надаються студентам, що вивчають дисципліну «Медична та біологічна фізика» з метою набування ними інтегральної компетентності – здатності вирішення стандартних та нестандартних задач, предметних, загальних та фахових компетентностей: здатності вчитися і оволодівати знаннями; здатності до аналізу та синтезу знань та отриманої інформації, її аналітичної обробки; комунікаційних навичок, тощо. Формою в якій здійснюється презентація та оцінювання результатів виконання студентами індивідуальних завдань є практичне (семінарське) заняття, чим забезпечується публічність та прозорість оцінювання та комунікації. Індивідуальні завдання виконуються у формі реферату, презентуються у формі усної доповіді.

Відповідно, теми індивідуальних завдань знаходяться в межах тем практичних (семінарських) занять та самостійної роботи студентів передбачених даною програмою.

## 8. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Завдання для самостійної роботи мають на меті поглиблене вивчення студентами начального матеріалу передбаченого даною програмою, а також засвоєння суміжних з програмними тем важливих для розуміння навчального матеріалу дисципліни в цілому. Самостійна робота студентів є складовою формування інтегральної, загальної та спеціальних (фахових) компетентностей, а саме: навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; здатності до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Завдання для самостійної роботи студентів формуються відповідно до тем програми і передбачають підготовку до засвоєння поточних тем та розкриття зв'язку між окремими темами. Формою контролю самостійної роботи студентів є усне опитування та/або тестування на поточному аудиторному занятті.

## 9. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Оволодіння дисципліною «Медична та біологічна фізика» реалізується на основі пояснювально-ілюстративного, репродуктивного, проблемного, евристичного, дослідницького та інтерактивного методів навчання. **Пояснювально-ілюстративний** метод використовується в процесі викладання лекційного матеріалу, під час семінарських та практичних занять. **Репродуктивний** метод використовуються в процесі засвоєння студентами методів математичного аналізу та статистичної обробки даних, а також під час лабораторних робіт, що передбачає слідування правилам здійснення операцій і слугує здобуттю навички виконання інструкцій, і таким чином – набуванню відповідної предметної та професійної компетентності, необхідної в процесі здійснення протоколів лікування та проведення клінічних досліджень. **Проблемний, дослідницький та евристичний** методи використовуються в процесі самостійної та індивідуальної роботи студентів і передбачають творче вирішення проблемних завдань та застосування проектного підходу. Дані методи слугують формуванню загальних та предметних компетентностей таких як : здатність до аналізу та синтезу знань та отриманої інформації, її аналітичної обробки; навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; моделювання клінічних ситуацій, оцінки релевантності медичних заходів. Репрезентація означених методів навчання відбувається в процесі проведення семінарських занять. **Інтерактивні** методи слугують набуванню студентами комунікаційних компетенцій, навичок діалогічного мислення і використовуються в процесі проведення практичних занять, індивідуальної роботи студента з викладачем, а також в процесі дистанційного навчання.

## 10. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методами контролю успішності освоєння студентами програми дисципліни «Медична та біологічна фізика» є: усне опитування; письмовий (комп'ютерний) тест; письмова контрольна робота; перевірка здобутих фахових компетентностей за результатами виконання індивідуальних практичних завдань, в тому числі лабораторних робіт, і які застосовуються для поточного контролю та підсумкового вихідного контролю успішності навчання. Поточний контроль успішності навчання здійснюється на кожному практичному (семінарському, лабораторному) занятті і оцінюється за 4-ти бальною шкалою.

## 11. ФОРМА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Підсумковий контроль знань з дисципліни «Медична та біологічна фізика» здійснюється у формі диференційованого заліку вивчення всіх тем запланованих даною програмою. Диференційований залік з дисципліни проводиться у вигляді письмової контрольної роботи за індивідуальними варіантами, кожний з яких містить 3 теоретичних питання та одну задачу.

## 12. СХЕМА НАРАХУВАННЯ ТА РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ

Поточна успішність студентів оцінюється за 4-и бальною шкалою на кожному практичному (семінарському, лабораторному) занятті.

Оцінка за дисципліну визначається як сума підсумкового балу за поточну успішність (Таб.1) та балу за підсумковий контроль у формі диференційованого заліку, і виражається за 200 - бальною шкалою (Табл.2).

**Перерахунок середньої оцінки за поточну успішність у багатобальну шкалу для дисциплін, що завершуються екзаменом або диференційованим заліком**

Таб.1

4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала	4-бальна шкала	200-бальна шкала
5	120	4.29	103	3.58	86
4.96	119	4.25	102	3.54	85
4.92	118	4.21	101	3.50	84
4.87	117	4.17	100	3.46	83
4.83	116	4.12	99	3.42	82
4.79	115	4.08	98	3.37	81
4.75	114	4.04	97	3.33	80
4.71	113	4.00	96	3.29	79
4.67	112	3.96	95	3.25	78
4.62	111	3.92	94	3.21	77
4.58	110	3.87	93	3.17	76
4.54	109	3.83	92	3.12	75
4.50	108	3.79	91	3.08	74
4.46	107	3.75	90	3.04	73
4.42	106	3.71	89	3	72
4.37	105	3.67	88	Менше 3	Недостатньо
4.33	104	3.62	87		



Оцінка за диференційований залік виставляється за 4-ох бальною шкалою та конвертується у 80-ти бальну шкалу за семою: «5» - 80 балів, «4» - 64 бали, «3» - 48 балів, «2» - 0 балів. Максимальна кількість балів, яку може набрати здобувач освіти під час складання підсумкового контролю, становить 80. Підсумковий контроль вважається зарахованим, якщо здобувач освіти набрав не менше 60% від максимальної суми балів за підсумковий контроль. Мінімальна кількість балів, яку здобувач освіти повинен набрати за підсумковий контроль становить 48. Вихідна успішність оцінюється у балах 200 бальної шкали ECTS та за національною шкалою оцінювання («відмінно», «добре», «задовільно», «не задовільно») у наступній відповідності (Таб №2):

Таб.2.

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	За національною шкалою		Визначення
		4-х бальна шкала	Залік	
180 – 200	A	5 (відмінно)	зараховано	Відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок.
160 - 179	B	4 (добре)		Вище середнього рівня з кількома помилками.
150 – 159	C			В загальному правильна робота з певною кількістю помилок.
130 – 149	D	3 (задовільно)		Непогано, але зі значною кількістю недоліків.
120 – 129	E			Виконання задовольняє мінімальні критерії.
50 – 119	Fx	2 (незадовільно)	не зараховано	Можливе повторне складання.
0 – 49	F			Необхідний повторний курс з навчальної дисципліни.

Оцінювання індивідуальних завдань проводиться в межах 12 - бальної шкали від 4-ох до 12-ти балів і додається до суми балів за поточну успішність за 120 - бальною шкалою при виведенні оцінки за дисципліну.

Співвідношення між результатами оцінювання поточної навчальної діяльності і підсумкового контролю знань – 60 % та 40 %.

### 13. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Методичне забезпечення навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» складають:

1. Робоча навчальна програма дисципліни;
2. Плани лекцій, практичних занять та самостійної роботи студентів;
3. Тези лекцій з дисципліни;
4. Методичні рекомендації та розробки для викладача;
5. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів;
6. Методичні матеріали, що забезпечують самостійну роботу студентів;
7. Тестові та контрольні завдання до практичних занять;
8. Перелік питань та завдань для поточного, проміжного та підсумкового контролю знань з дисципліни.

**Питання підсумкового контролю знань з дисципліни  
«Медична та біологічна фізика»:**

1. Диференціал, часткові похідні, повний диференціал, застосування диференціалів в наближених обчисленнях.
2. Фізичний та геометричний змісти похідної функції.
3. Невизначений і визначений інтеграли, методи інтегрування.
4. Обчислення площ та середніх за допомогою інтегралу.
5. Диференціальні рівняння 1-го порядку, диференціальні рівняння 2-го порядку зі сталими коефіцієнтами.
6. Другий закон Ньютона як диференціальне рівняння. Рівняння руху.
7. Гармонічний осцилятор. Рівняння гармонічних коливань.
8. Незатухаючі та вимушені коливання. Резонанс. Автоколивання.
9. Затухаючі коливання. Диференційне рівняння затухаючих коливань, його розв'язання. Коефіцієнт затухання, декремент і логарифмічний декремент.
10. Механічні хвилі. Рівняння хвилі.
11. Рівняння дифузії та теплопровідності, їх частинні розв'язки.
12. Моделі динаміки популяцій з необмеженим та обмеженим ресурсом.
13. Модель динаміки популяцій «хижак – жертва».
14. Фармакокінетична модель та її параметри.
15. Модель однократного введення лікарського препарату.
16. Модель неперервного та комбінованого введення лікарського препарату.
17. Класифікація явищ. Ймовірність випадкових явищ, теорема додавання ймовірностей.
18. Теорема множення ймовірностей для незалежних випадкових явищ, умовна ймовірність, теорема множення ймовірностей для залежних випадковий явищ.
19. Умовна ймовірність. Теорема Байєса, її клінічне та епідеміологічне застосування.
20. Розподіл випадкових явищ, математичне очікування, дисперсія, середнє квадратичне відхилення.
21. Основні закони розподілу випадкових величин (нормальний закон, розподіл Пуассона, біноміальний розподіл та інші).
22. Основні положення рівноважної термодинаміки. Ентропія. Принцип Больцмана.
23. Термодинамічні потенціали.
24. Енергетичний баланс організму.
25. Основні положення нерівноважної термодинаміки (лінійний закон, виробництво ентропії, спряження потоків). Стаціонарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.
26. Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу та методи його визначення. Газова емболія.
27. Сучасні уявлення про будову та функції біологічних мембран. Білки в біологічних мембранах, їх роль.
28. Види транспорту речовин через біологічну мембрану. Дифузія. Осмос. Осмотичний тиск.
29. Біофізичний механізм генерації мембранних потенціалів живої клітини. Потенціал спокою. Рівняння Нернста. Рівняння Гольдмана-Ходжкіна-Каца.
30. Потенціал дії. Механізм генерації та розповсюдження нервового імпульсу.
31. Біофізичні моделі м'язевого скорочення.
32. Акустика. Фізичні характеристики звуку. Об'єктивні та суб'єктивні характеристики слуху. Закон Вебера – Фехнера.
33. Шкала інтенсивності та шкала гучності звуку, одиниці. Поріг чутності та больовий поріг. Аудиометрія. Аудиограма.
34. Ультразвук. Основні властивості та особливості поширення ультразвуку та інфразвуку. Дія ультразвуку на біологічні тканини та органи людини.

35. Деформації, їх види. Пружність та пластичність. Закон Гука. Модуль Юнга. Коефіцієнт Пуассона.
36. Механічні властивості біологічних тканин. Еластичність. Текучість. Діаграма розтягу – стискання матеріалу.
37. Біофізичні моделі пружності біологічних тканин.
38. Внутрішнє тертя. В'язкість. Формула Ньютона для внутрішнього тертя. Ньютонівські та неньютонівські рідини. В'язкість крові.
39. Стаціонарна течія. Рівняння неперервності течії. Лінійна та об'ємна швидкості течії. Основне рівняння динаміки рідин.
40. Ламінарна та турбулентна течії. Число Рейнольдса. Рівняння Бернуллі. Течія в'язких рідин. Формула Пуазейля. Гідравлічний опір.
41. Електромагнітне поле і його характеристики. Шкала електромагнітних хвиль.
42. Електричне поле та його характеристики. Пасивні електричні характеристики біологічних тканин. Провідність біологічних тканин. Закон Ома в диференціальній формі. Електрофорез.
43. Електричні характеристики біологічних тканин. Закон Ома в диференційній формі. Провідність біологічних тканин. Ємнісні властивості. Еквівалентна електрична схема тканини.
44. Біофізичні основи електрографії. Поняття про еквівалентний електричний генератор. Концепція Ейнтховена про генез ЕКГ (інтегральний електричний вектор серця, потенціал диполя, система відведень).
45. Серце, як струмовий електричний диполь (струмовий диполь та його характеристики, дипольний потенціал серця).
46. Електричне коло змінного струму, що містить активний, ємнісний та індуктивний опір. Поняття про векторну діаграму. Імпеданс.
47. Імпеданс біологічних тканин. Дисперсія імпедансу. Фізичні основи реографії.
48. Магнітне поле та його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа. Магнітні властивості речовин. Фізичні основи магнітобіології.
49. Теорія електромагнітних хвиль Максвелла (струми зміщення, швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль).
50. Фізичні процеси в біологічних об'єктах під дією електромагнітного поля (поляризація, струми провідності, зміщення та індуктивні).
51. Фізичні основи терапевтичних методів (гальванізація, франклінізація, діатермія, індуктотермія, дарсонвалізація, УВЧ- та НВЧ-терапія, мікрохвильова резонансна терапія). Теплова та специфічна дія.
52. Поляризація світла. Способи одержання поляризованого світла. Подвійне променезаломлення. Призма Ніколя. Закон Малюса.
53. Оптично активні речовини. Кут обертання площини поляризації. Закон Біо. Концентраційна поляриметрія.
54. Поглинання світла. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Концентраційна колориметрія.
55. Розсіяння світла в дисперсних середовищах. Молекулярне розсіяння світла. Закон Релея. Нефелометрія.
56. Основні уявлення квантової механіки: хвильові властивості мікрочастинок, формула де Бройля, хвильова функція та її фізичний зміст, співвідношення невизначеності Гейзенберга. Поняття про електронний мікроскоп.
57. Квантово механічна модель атома водню. Рівняння Шредингера. Квантові числа. Енергетичні рівні. Принцип Паулі.
58. Випромінювання та поглинання світла атомами та молекулами. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрофотометрія.
59. Теплове випромінювання тіл, його характеристики. Абсолютно чорне та сіре тіла. Закон Кірхгофа. Теплове випромінювання тіла людини. Поняття про термографію.
60. Закон випромінювання абсолютно чорного тіла: закон випромінювання Планка, закон Стефана-Больцмана, закон зміщення Віна.

61. Фотоефект та його застосування. Внутрішній та зовнішній фотоефекти. Фотоелектричні прилади в медицині.
62. Люмінесценція: види, основні закономірності, властивості. Закон Стокса. Застосування люмінесценції в медицині.
63. Індуковане випромінювання. Рівноважна та інверсна заселеність енергетичних рівнів. Лазери, принцип дії та застосування в медицині.
64. Резонансні методи квантової механіки, їх застосування в медицині. Електронний парамагнітний та ядерний магнітний резонанси.
65. Рентгенівське випромінювання, спектр та характеристики, застосування в медицині. Взаємодія рентгенівського випромінювання з речовиною. Закон послаблення рентгенівського випромінювання.
66. Радіоактивність. Види радіоактивності. Основний закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність, одиниці активності.
67. Іонізуюче випромінювання та його види. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Захист від дії іонізуючого випромінювання.
68. Біофізичні основи взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними тканинами.
69. Дозиметрія. Експозиційна та поглинена дози. Біологічна дія випромінювання, біологічна еквівалентна доза. Потужність дози. Одиниці доз та потужностей доз.

## 14. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Медична та біологічна фізика. Частина I / [В.І. Федів, О.І. Олар, О.Ю. Микитюк та ін.]. Навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів - Чернівці: Видавництво БДМУ, 2016. - 205 с. (Рекомендовано ДУ «Центральний методичний кабінет з вищої медичної освіти МОЗ України» лист № 23-01-9/225 від 05.03.2016, протокол № 1 від 24. 03.2016).
2. Медична та біологічна фізика. Частина II / [В.І.Федів, О.І.Олар, О.Ю.Микитюк, В.Ф.Боечко]. Навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів - Чернівці: Видавництво БДМУ, 2017. - 235 с. (рекомендовано ДУ «Центральний методичний кабінет з вищої медичної освіти МОЗ України», лист № 23-01-9/261 від 08.06.2017р, протокол № 2 від 02. 06.2017)
3. Медична та біологічна фізика. Навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів / В.І.Федів, О.І.Олар, В.В. Кульчинський, Г.Ю. Рудько. Навчальний посібник для студентів вищих медичних навчальних закладів - Чернівці, Буковинський державний медичний університет, 2017.-342 с. - Мова англійська. (рекомендовано ДУ «Центральний методичний кабінет з вищої медичної освіти МОЗ України», лист № 23-01-9/258 від 08.06.2017р, протокол № 2 від 02. 06.2017)
4. Medical and Biological Physics. MODULE 1. Mathematical processing of medical and biological data. Basic of regularities of biomechanics and electricity and their use for diagnosis and treatment. Educational-methodical textbook / ed. by V.I. Fediv // Chernivtsi, Higher State Educational Establishment of Ukraine "Bukovinian State Medical University", 2019. - 146 pp.
5. Medical and Biological Physics. MODULE 2. Basic concepts and laws of electromagnetism, optics, quantum and nuclear physics. Educational-methodical textbook / ed. by V.I. Fediv // Chernivtsi, Bukovinian State Medical University, 2020. - 151pp.
6. В.Л. Зима Біофізика. Збірник задач. К.: Вища школа, 2001.
7. Я. Лопушанський. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики. Львів, Наукове товариство ім.Тараса Шевченка, 2006.

### Допоміжна

1. Медична та біологічна фізика: підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / за ред. проф. О. В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця : Нова Книга, 2017.— 528 с.

2. Medical and Biological Physics. / edited by prof. A.V. Chalyi. – 2<sup>nd</sup> ed. – Vinnytsia, Nova Knyha, 2013.  
– 480 p.
3. Біофізика/ П.Г.Костюк (ред.), В.Л.Зима, І.С.Магура, Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2008.
4. Будова і принципи роботи медичного обладнання: посібник / В.Д. Дідух та інші. – ТДМУ. – 2016. – 268 с.

## 15. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

- Інформаційними ресурсами навчальної дисципліни «Медична та біологічна фізика» є:
- Міністерство освіти і науки України <http://www.mon.gov.ua/>
  - Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського <http://www.nbuv.gov.ua/>
  - Інтернет ресурси з вищої математики, медичної та біологічної фізики.