

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра біофізики інформатики і медичної апаратури

ЗАТВЕРДЖУЮ  
В.о. проректора з науково-педагогічної роботи  
д.мед.н., професор Світлана Коткожинська



Вересня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«Медична та біологічна фізика»**

**Рівень вищої освіти:** другий (магістерський)

**Галузь знань:** 22 «Охорона здоров'я»

**Спеціальність:** 222 «Медицина»

**Освітньо-професійна програма:** Медицина

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми другого рівня вищої освіти з підготовки магістрів зі спеціальності 222 «Медицина» ОНМедУ, затвердженою Вченою Радою ОНМедУ від “23” серпня 2022 року (протокол № 9).

Розробники:

Леонід Годлевський, д.мед.н., професор, завідувач кафедри

Олександр Мандель, к.ф.-м.н., доцент, завуч кафедри

Андрій Пономаренко, к.мед.н., доцент

Сергій Марченко, магістр, старший викладач

Тетяна Приболовець, старший викладач

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Біофізики, інформатики та медичної апаратури.

Протокол № 14 від “27” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри  Леонід Годлевський

Погоджено із гарантом ОПП/ОНП «Медицина»  Валерія Марічереда

Схвалено предметною цикловою методичною комісією з медико-біологічних дисципліни ОНМедУ

Протокол № 6 від “30” червня 2022 р.

Голова предметної циклової методичної комісії з медико-біологічних дисципліни

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри Біофізики, інформатики та медичної апаратури.

Протокол № 1 від “30” серпня 2022 р.

Завідувач кафедри  Леонід Годлевський

### 1. Опис навчальної дисципліни:

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	Денна форма навчання	
Загальна кількість: Кредитів – 3 Годин – 90 Змістових підрозділів – 12	Обов'язкова	
	Рік підготовки	1, 2
	Семестр	I - II
	Лекції	20 годин
	Практичні	50 годин
	Самостійна робота	20 годин
	У т.ч. індивідуальні завдання	0
	Форма підсумкового контролю	Поточний, диф. залік

### 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** Формування у студентів системи знань про базові фізичні принципи та підходи до дослідження процесів у живій природі, фізико-технічні принципи функціонування медичних і технічних пристроїв, які застосовуються в практичній медицині, використання математичних методів у біомедичних дослідженнях, які складають основу предметних компетентностей з медичної та біологічної фізики і є невід'ємною складовою професійної компетентності майбутнього лікаря та фахівця галузі охорони здоров'я, а також підґрунтям для вивчення фахово-орієнтованих природничих та клінічних дисциплін у вищих медичних навчальних закладах України.

**Завдання:**

1. Застосувати науково-професійні знання; формулювати ідеї, концепції з метою використання в роботі освітнього та наукового спрямування.
2. Демонструвати знання методології дослідження в цілому і методів певної сфери наукових інтересів, зокрема.
3. Інтерпретувати та аналізувати інформацію, коректно оцінювати нові й складні явища та проблеми з науковою точністю критично, самостійно і творчо.
4. Виявляти невирішені проблеми у предметній області медицини та визначати шляхи їх вирішення.
5. Формулювати наукові гіпотези, мету і завдання наукового дослідження.
6. Виконувати та вдосконалювати сучасні методики дослідження за обраним напрямом наукового проекту та освітньої діяльності.
7. Використовувати результати наукових досліджень в медичній та фармацевтичній практиці, освітньому процесі та суспільстві.
8. Представляти результати наукових досліджень в усній і письмовій формах у науковому співтоваристві і суспільстві в цілому, відповідно до національних та міжнародних стандартів.
9. Управляти роботою колективу студентів, колег, міждисциплінарної команди.
10. Використовувати етичні принципи в роботі з пацієнтами, лабораторними тваринами, дотримуватися наукової етики.
11. Демонструвати академічну доброчесність та діяти відповідально щодо достовірності отриманих наукових результатів.

**Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей:**

- ІК – Здатність розв’язувати комплексні проблеми, проводити незалежне оригінальне наукове дослідження та здійснювати педагогічну, професійну, дослідницьку та інноваційну діяльність.
- ЗК1 – Здатність до вдосконалення та розвитку власного інтелектуального та загальнокультурного рівню.
- ЗК2 – Вміння працювати автономно, з дотриманням дослідницької етики, академічної доброчесності та авторського права.
- ЗК3 – Навички до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК4 – Здатність до спілкування і роботи у професійному середовищі та з представниками інших професій у національному та міжнародному контексті.
- ЗК5 – Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми, здатність генерувати нові ідеї.
- ЗК7 – Вміння планувати та управляти часом.
- СК1 – Глибокі знання і систематичне розуміння предметної області за напрямом та тематикою наукових досліджень у галузі медицини та фармації майбутньої професійної діяльності у сфері вищої фармацевтичної освіти.
- СК2 – Здатність до визначення потреби у додаткових знаннях за напрямком наукових досліджень, формулювати дослідницькі питання, генерувати наукові гіпотези у сфері фармації.
- СК5 – Володіння сучасними методами наукового дослідження.
- СК6 – Здатність проводити коректний аналіз та узагальнення результатів наукового дослідження.
- СК7 – Здатність інтерпретувати можливості та обмеження дослідження, його роль у суспільстві.
- СК9 – Оприлюднення результатів наукових досліджень в усній і письмовій формах відповідно до національних та міжнародних стандартів.

**Очікувані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:**

**Знати:**

- загальні фізичні та біофізичні закономірності, що лежать в основі процесів, які відбуваються в організмі людини;
- основи математичної обробки медико-біологічних даних;
- характеристики фізичних зовнішніх факторів, що впливають на організм людини, та біофізичні механізми цих впливів;
- фізичні та біофізичні основи медичного матеріалознавства;
- призначення та принципи роботи електронної медичної апаратури, техніку безпеки при роботі з нею.

**Вміти:**

- проводити математичну і комп’ютерну обробку медико-біологічної інформації;
- користуватися медичною апаратурою, що застосовується у медицині, діагностиці, електростимуляції та фізіотерапії (зокрема, в електрокардіографії, реографії, імпеданс-плетизмографії, аудіометрії, оптичних та квантово-механічних приладах і системах, приладах радіометричного та дозиметричного контролю).
- виконувати розрахунки погрешностей при обробці медико-біологічних даних;
- проводити вимірювання проникності і біоелектричних потенціалів модельних мембран;
- вимірювати опір біотканин постійному і змінному струму;
- проводити вимірювання щільності рідини за допомогою рефрактометра;
- визначати оптичну активність розчинів за допомогою поляриметра;
- уміти аналізувати характер дії іонізуючого випромінювання на біотканини.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Підрозділ 1. Теорія ймовірності і математична статистика.

##### Тема 1. Вступне заняття. Основи теорії ймовірності.

Випадкові події, їх відносна частота та ймовірність. Складання і множення ймовірності подій, обчислення повної ймовірності. Теорема Байєса. Випадкові величини: дискретні і безперервні.

##### Тема 2. Основи математичної статистики.

Розподіл, ряд розподілу і багатокутний розподіли дискретної випадкової величини. Функція розподілу і її графік. Заходи положення центру розподілу. Заходи варіабельності значень випадкової величини. Щільність розподілу, крива розподілу безперервної випадкової величини.

#### Підрозділ 2. Математична обробка медико-біологічних даних.

##### Тема 3. Математична обробка медико-біологічних даних.

Поняття статистичного оцінювання. Перевірка вибірки на однорідність. Довірчий інтервал для математичного очікування генеральної сукупності. Оцінка випадкових погрішностей прямих вимірювань. Перевірка гіпотез про рівність параметрів незалежних нормальних сукупностей випадкових величин. Оцінка випадкових погрішностей непрямих вимірювань. Облік приладової похибки. Правила дії над наближеними числами.

##### Тема 4. Рубіжний контроль з матеріалу змістових блоків 1 та 2.

#### Підрозділ 3. Механіка обертального і коливального руху.

##### Тема 5. Обертальний рух.

Механіка. Поступальний і обертальний рух. Кінематика обертального руху. Кінематичні характеристики поступального і обертального руху і зв'язок між ними: лінійна і кутова швидкість, лінійне і кутове прискорення. Тангенціальне і нормальне прискорення. Інерційні властивості тіл в поступальному і обертальному русі. Момент інерції матеріальної крапки і твердого тіла. Момент сили. Динаміка обертального руху. Основне рівняння обертального руху. Момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу. Робота і кінетична енергія при обертальному русі. Центрифугування. Елементи біомеханіки.

##### Тема 6. Механічні коливання.

Коливання, їх різновиди: вільні, вимушені, параметричні і автоколивання. Основні поняття теорії коливань. Незгасаючі коливання. Диференціальне рівняння вільних незгасаючих коливань і його розв'язок. Параметри коливання. Швидкість і прискорення. Енергія коливань. Додавання гармонічних коливань однакової частоти. Диференціальне рівняння затухаючих коливань і його розв'язок. Амплітуда, частота, енергія затухаючих коливань. Диференціальне рівняння вимушених коливань і його рішення частоти. Резонанс.

#### Підрозділ 4. Біоакустика.

##### Тема 7. Механічні хвилі. Акустика. Фізика слуху.

Хвильовий рух. Механічні хвилі. Види хвиль. Швидкість їх розповсюдження. Гармонічна хвиля, її основні характеристики. Швидкість розповсюдження хвиль, довжина хвилі, період. Типи хвиль і умови їх збудження. Енергія і імпульс хвилі. Хвилеве рівняння і його рішення (плоска і сферична хвилі) Енергетичні характеристики хвилі. Рівняння Умова. Ударні хвилі. Ефект Доплера і його використання в медицині. Природа і види звуку. Фізичні характеристики звуку. Характеристики слухового сприйняття. Закон Вебера-Фехнера. Звукові вимірювання. Аудиометрія. Ультразвук і його застосування в медицині. Інфразвук. Вібрації і їх застосування в медицині.

## **Підрозділ 5. Рідини і тверді тіла. Основи реології і гемодинаміки.**

### **Тема 8. Механічні властивості твердих тіл і біотканин.**

Рідини і тверді тіла. Реологія. Механічна напруга і його складові. Пружність і пластичність. Види деформацій і їх характеристики. Пружні деформації. Механічні властивості твердих тіл. Закон Гука. Межа пружності. Залишкові деформації. Межі текучості і міцності. Релаксація напруги. В'язкопружні оборотні деформації.

### **Тема 9. Основи біореології.**

Механічні властивості рідин. Динамічна і кінематична в'язкості рідин. Формула Ньютона. Ньютонівські і неньютонівські рідини. Перебіг в'язкої рідини. Перебіг ламінарії і турбулентній. Число Рейнольдса. Течія в'язких рідин по трубам. Формула Пуазейля. Рух тіл у в'язких рідинах. Закон Стоксу. Методи визначення динамічної в'язкості. Основи гемодинаміки. Моделі системи кровообігу. Пристрій віскозиметрів і методи вимірювання в'язкості рідини. Динамічна і кінематична в'язкості рідин. Формула Ньютона. Ньютонівські і неньютонівські біологічні рідини. В'язкість слини. Зміна в'язкості залежно від характеру захворювань. Перебіг в'язких рідин по трубам. Формула Пуазейля. Рух тіл у в'язких рідинах. Закон Стоксу. Методи визначення динамічної в'язкості.

### **Тема 10. Система внутрішнього дихання.**

Будова органів системи дихання і дихальні м'язи. Гістологічне будова легень і повітроносних шляхів. Правило важеля. Дифузія газів через мембрану. Вентиляція легенів у спокої. Основи процесів зовнішнього дихання. Закономірності зміни тиску в легенях і плевральній порожнині під час вдиху і видиху. Регуляторні механізми, що забезпечують вдих і видих.

### **Тема 11. Біомеханіка роботи серця.**

Загальні принципи роботи серця та побудови системи кровообігу. Склад та реологічні властивості тканин серця, судин та крові. Режими циркуляції крові у серці та судинах. Вплив артерioskлерозу, стенозу та інших специфічних станів на режими кровообігу. Закон Лапласа. Трансмуральний тиск. Виникнення специфічних шумів при пороках серця. Нормальні значення параметрів, що характеризують роботу здорового серця. Механічна ефективність серця.

## **Підрозділ 6. Термодинаміка біосистем.**

### **Тема 12. Основи термодинаміки. Термодинаміка біологічних систем.**

Термодинамічна система і її параметри. Відкриті, закриті і ізольовані системи. Термодинамічні процеси. Оборотні і необоротні процеси. Внутрішня енергія тіл і засоби її зміни: робота і теплопередача. Перший початок термодинаміки. Тепло, робота і внутрішня енергія. Другий початок термодинаміки. Ентропія. Принцип Больцмана. Основне рівняння термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Хімічний і електрохімічний потенціал. Нерівноважна термодинаміка. Стаціонарний стан. Принцип Пригожина. Організм як відкрита система. Основи термометрії та калориметрії.

### **Тема 13. Фізичні основи біомембранології.**

Мембрани клітин, їх роль та функції. Будова і моделі біологічних мембран. Властивості мембран.

## **Підрозділ 7. Механізми транспорту частинок в біологічних системах.**

### **Тема 14. Механізми пасивного та активного транспорту в біосистемах.**

Пасивний транспорт молекул. Дифузія нейтральних молекул. Закон Фіка. Проникність мембран і опір потоку речовин. Пасивний транспорт речовин крізь пори. Полегшена і обмінна дифузія. Осмос. Осмотичний тиск. Фільтрація. Пасивний транспорт іонів. Рівняння Нернста-Планка. Активний транспорт в біосистемах. Основні системи активного перенесення іонів. Механізм активного транспорту іонів та органічних речовин. Натрій-калієвий насос. Механізми ендо- та екзоцитозу.

### **Тема 15. Біоелектричні потенціали.**

Біопотенціали спокою. Рівноважні потенціали. Донанівське рівновага і потенціал Донана. Рівноважний потенціал Нернста. Стаціонарні потенціали. Потенціал Гольдмана-Ходжкина-Катца. Потенціал при роботі натрій-калієвого насоса (Томас). Біопотенціали дії. Іонні струми скрізь мембрани. Досліди Ходжкина, Хакслі і Катца, основні висновки. Модель натрієвого каналу. Розповсюдження потенціалу дії з немієлінізованому нервовому волокні. Телеграфне рівняння. Постійна довжини нервового волокна, її фізичний зміст. Мієлінізовані нервові волокна.

### **Тема 16. Рубіжний контроль з матеріалу змістовних блоків 3 - 7**

### **Підрозділ 8. Електростатика. Постійний струм.**

#### **Тема 17. Електричне поле.**

Електричний заряд. Закон збереження електричного заряду. Електричне поле, його силова і енергетична характеристики і зв'язок між ними. Теорема Гауса. Електричний диполь. Еквівалентний електричний генератор органів і тканин. Струмівий монополь і диполь. Дипольний електричний генератор серця. Вектор серця. Поняття про мультиполь. Мультипольний еквівалентний електричний генератор серця. Фізичні основи електрокардіографії.

#### **Тема 18. Електричний струм. Електрофорез.**

Електричний струм. Закон Ома. Явища термоелектричності та п'єзоелектричності. Процедури гальванізації та електрофорезу. Електропровідність та опір тканин організму. Дія аероіонів на організм людини.

### **Підрозділ 9. Електромагнетизм.**

#### **Тема 19. Магнітне поле. Фізичні основи магнітобіології.**

Магнітне поле. Магнітний момент контуру із струмом. Вектор індукції магнітного поля. Магнітний потік. Закон Ампера. Дія магнітного поля на контур із струмом. Енергія контуру із струмом в магнітному полі. Сила Лоренца. Електростатичні і магнітні електронні лінзи. Напруженість магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа. Закон повного струму. Закон електромагнітної індукції. Квазістаціонарні струми.

#### **Тема 20. Електромагнітні коливання і хвилі.**

Змінний струм, його отримання і параметри. Активний і реактивний опори. Повний опір кола змінного струму. Резонанси напруги і струмів. Потужність в крузі змінного струму. Пасивні електричні властивості біологічних середовищ і електричні величини, які їх описують. Поляризація. Електропровідність біологічних тканин і рідин. Реографія. Поняття про теорію Максвелла. Струм зсуву. Рівняння Максвелла. Електромагнітні хвилі і їх властивості. Швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль. Показник заломлення. Енергія електромагнітних хвиль. Вектор Пойнтінга. Шкала електромагнітних хвиль.

### **Підрозділ 10. Основи електромедичної апаратури.**

#### **Тема 21. Медична електроніка. Система отримання медичної інформації.**

#### **Електробезпека медичної апаратури.**

Медична електроніка. Дія змінного струму на тканині організму. Трифазна система струму. Лінійна і фазна напруга. Головні принципи забезпечення і методи забезпечення безпеки роботи з електричними приладами, вимоги техніки безпеки при роботі з медичною апаратурою. Класи електромедичних приладів залежно від засобу додаткового захисту від поразки струмом живильної мережі. Надійність медичної апаратури. Структурна схема отримання, передачі і реєстрації МБІ. Електроди і датчики МБІ, їх різновиди і характеристики. Передача сигналу. Пристрої відображення і реєстрації МБІ. Підсилювачі, основні риси їх будови. Основні характеристики підсилювачів. Лінійні (частотні) та нелінійні (амплітудні) спотворення і їх коефіцієнт. Смуга пропускання підсилювача. Можливі перешкоди, які заважають якісній роботі підсилювача. Різновиди генераторів електричних коливань. Електронний осцилограф.

Діадинамотерапія і ампліпульстерапія. Стаціонарні і такі, що імплантуються електростимулятори. Високочастотна фізіотерапевтична апаратура. Діатермомія і діатермокоагуляція. Загальна і місцева дарсонвалізація. Індуктотермія і УВЧ-терапія. Мікрохвильова терапія і терапія дециметрових хвиль.

### **Підрозділ 11. Оптичні методи та їх використання у біології та медицині.**

#### **Тема 22. Інтерференція та дифракція світла.**

Когерентні джерела і когерентні світлові хвилі. Інтерференція світла. Умови максимуму і мінімуму. Інтерференція світла в тонких пластинках (плівках). Прояснення оптики. Інтерферометри і їх застосування. Інтерференційний мікроскоп. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція на щілині в паралельних променях. Дифракційні ґрати і дифракційний спектр. Основи рентгеноструктурного аналізу. Поняття про голографію і її застосування в медицині.

#### **Тема 23. Поляризоване світло в медичних дослідженнях.**

Природне і поляризоване світло. Площина поляризації. Поляризатор і аналізатор, їх головні площини. Закон Малюса. Поляризаційні явища при віддзеркаленні і заломленні світла. Кут повної поляризації, закон Брюстера. Явище подвійного променезаломлення. Оптичні осі. Позитивні і негативні кристали. Будова і призначення призми Ніколя. Дихроїзм. Поляріоди. Обертання площини поляризації. Оптично активні речовини. Стала обертання оптично активної речовини. Поляриметрія і її використання в медицині. Поляризаційна мікроскопія і її використання в медичних дослідженнях.

#### **Тема 24. Геометрична оптика. Оптичні системи ока і мікроскопа.**

Геометрична оптика як граничний випадок хвильової оптики. Закони віддзеркалення і заломлення світла. Лінзи і їх основна аберация. Лупа. Збільшення лупи. Ідеальна центрована оптична система. Будова ока людини. Око як центрована оптична система. Акомодация, відстань якнайкращого зору. Найменша точка зору, гострота зору. Недоліки оптичної системи ока. Оптична система біологічного мікроскопа. Що вирішує здатність мікроскопа. Корисне збільшення мікроскопа. Спеціальні методи оптичної мікроскопії. Волоконна оптика і її використання в ендоскопії.

#### **Тема 25. Теплове випромінювання. Термографія.**

Теплове випромінювання, природа і властивості. Характеристики теплового випромінювання. Чорне і сіре тіла. Закон Кірхгофа. Закони випромінювання чорного тіла. Тепловіддача організму. Тепловізор, рідкокристалічна термографія. Інфрачервоне випромінювання. Використання інфрачервоного випромінювання в медицині. Ультрафіолетове випромінювання, його біологічна дія. Використання ультрафіолетового випромінювання в медицині. Використання джерел УФ і ІЧ випромінювання в стоматології. Фотоелектричний ефект, основні види і закономірності. Фотоелектронні прилади і їх використання в медицині. Світловий еталон, основні світлові величини.

#### **Тема 26. Елементи квантової механіки. Електронний мікроскоп. Квантово-механічні методи дослідження біооб'єктів.**

Гіпотеза де Бройля. Хвильові властивості мікрооб'єктів. Електронний мікроскоп і його використання в стоматології. Хвильова функція і її фізичний зміст. Співвідношення Гейзенберга, рівняння Шредінгера. Атом водню. Квантові числа. Поняття про теорію Бору. Принцип Паулі. Електронні шари багатоелектронних атомів. Енергетичні рівні молекул. Спонтанне і індуковане випромінювання. Інверсна заселеність енергетичних рівнів. Квантові генератори (мазер, лазери, разери, газери). Принцип дії гелій-неонового лазера. Властивості індукованого випромінювання. Розщеплення енергетичних рівнів атомів в магнітному полі. Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР) і ядерний магнітний резонанс (ЯМР). ЯМР-інтроскопія.

#### **Тема 27. Випромінювання і поглинання енергії атомами і молекулами. Фотобіологічні процеси.**

Види квантових переходів. Спектри випромінювання і поглинання. Поглинання світла. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Колориметрія. Розсіяння світла, основні види. Закон Релея.



Нефелометрія. Оптичні атомні спектри. Спектр атома водню. Молекулярні спектри. Люмінесценція, основні види. Флуоресценція і фосфоресценція. Закон Стоксу. Люмінесцентний аналіз. Люмінесцентна мікроскопія. Хемілюмінесценція. Фотобіологічні процеси. Світлочутливість ока. Механізми зорової адаптації. Механізм зорової рецепції.

Підрозділ 12. Іонізуюче випромінювання.

### **Тема 28. Рентгенівське випромінювання. Фізичні основи рентгенодіагностики і рентгенотерапії.**

Рентгенівське випромінювання. Рентгенівська трубка. Гальмівне рентгенівське випромінювання. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі. Первинні процеси взаємодії рентгенівського фотона з атомом. Ефекти дії рентгенівського випромінювання на речовину. Послаблення рентгенівського випромінювання речовиною. Лінійний і масовий коефіцієнти ослаблення. Поглинання рентгенівського випромінювання речовиною. Лінійний і масовий коефіцієнти поглинання. Фізичні основи рентгенодіагностики і рентгенотерапії. Рентгенодіагностика в стоматології. Комп'ютерна рентгенівська томографія.

### **Тема 29. Радіоактивність. Фізичні основи радіодіагностики і радіотерапії.**

Радіоактивність. Основний закон радіоактивного розпаду. Період піврозпаду, стала розпаду. Експериментальне визначення кривої розпаду. Активність і питома активність, одиниці вимірювання. Альфа-розпад, Спектр енергій альфа-випромінювання. Електронний і позитронний бета-розпади. Спектр енергій бета-випромінювання. Нейтрино. Електронне захоплення. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Лінійні густина іонізації, гальмівна здатність і середній пробіг. Випромінювання Вавілова-Черенкова. Утворення електронно-позитронних пар. Анігіляція. Ослаблення гамма-випромінювання в речовині.

### **Тема 30. Елементи дозиметрії. Захист від дії радіації.**

Біофізичні основи дії іонізуючого випромінювання на організм. Детектори іонізуючих випромінювань. Використання радіонуклідів і нейтронів в медицині. Основні види прискорювачів заряджених частинок. Використання прискорювачів для променевої терапії. Використання прискорювачів в діагностиці. Доза поглинання і потужність дози поглинання. Експозиційна доза і потужність експозиційної дози. Зв'язок дози поглинання з експозиційною дозою. Зв'язок потужності експозиційної дози з активністю радіоактивного розпаду. Коефіцієнт якості (відносна біологічна ефективність) іонізуючого випромінювання.

Під час цього заняття також проводиться заключний диференційний залік з курсу.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі:		
		Лекції	Практика	СРС
1	2	3	4	5
<b>Змістовий блок 1. Теорія ймовірностей та математична статистика.</b>				
Тема 1. Вступний клас. Основи теорії ймовірностей.			2	
Тема 2. Основи математичної статистики.		2		
Разом за змістовим блоком 1		2		
<b>Змістовий блок 2. Теорія ймовірностей та математична статистика.</b>				
Тема 3. Математична обробка медико-біологічних даних.			2	
Тема 4. Межовий контроль за темами змістових блоків 1-2.			2	
Разом за змістовим блоком 2			4	
<b>Змістовий блок 3. Механіка обертання та коливань.</b>				
Тема 5. Обертання.			2	
Тема 6. Механічні коливання.			2	
Разом за змістовим блоком 3			4	
<b>Змістовий блок 4. Біоакустика.</b>				
Тема 7. Механічні хвилі. Акустика. Фізика слуху.		2	2	
Разом за змістовим блоком 4		2	2	4
<b>Блок вмісту 5. Рідини та тверді речовини. Основи реології та гемодинаміки.</b>				
Тема 8. Механічні властивості твердих тіл і рідин.		2	2	
Тема 9. Основи біореології. Механічні властивості рідин.			2	
Тема 10. Зовнішнє дихання.			2	
Тема 11. Біомеханіка серця людини.			2	
Разом за змістовим блоком 5		2	8	4
<b>Змістовий блок 6. Термодинаміка біосистем.</b>				
Тема 12. Основи термодинаміки. Термодинаміка біологічних систем.		2	2	
Тема 13. Фізичні властивості біологічних мембран.			2	2
Разом за змістовим блоком 6		2	4	2
<b>Змістовий блок 7. Механізми транспортування частинок у біологічних системах.</b>				
Тема 14. Механізми активного та пасивного транспорту в біологічних системах.		2	2	
Тема 15. Біоелектричні потенціали.			2	2
Тема 16. Межовий контроль за матеріалом змістових блоків 3-7.			2	
Разом за змістовим блоком 7		2	6	2

<b>Змістовий блок 8. Електростатика. DC.</b>				
Тема 17. Електричне поле.		2	2	
Тема 18. Електричний струм. Електрофорез.			2	
Разом за змістовим блоком 8		2	4	
<b>Змістовий блок 9. Електромагнетизм.</b>				
Тема 19. Магнітне поле. Фізичні основи магнітобіології.		2	2	
Тема 20. Електромагнітні хвилі			2	
Разом за змістовим блоком 9		2	4	2
<b>Змістовий блок 10. Основи електромедичного апарату.</b>				
Тема 21. Медична електроніка. Медична інформаційна система. Електричне медичне обладнання			2	2
Разом за змістовим блоком 10			2	2
<b>Змістовий блок 11. Оптичні методи та їх використання в біології та медицині.</b>				
Тема 22. Перешкоди та дифракція світла.		2	2	
Тема 23. Поляризоване світло в медицині.			2	
Тема 24. Геометрична оптика. Оптична система ока та мікроскоп			2	
Тема 25. Теплове випромінювання. Термографія		2	2	
Тема 26. Елементи квантової механіки. Квантово-механічні методи дослідження біологічних об'єктів			2	2
Тема 27. Випромінювання та поглинання енергії атомами та молекулами. Фотобіологічні процеси			2	2
Разом за змістовим блоком 11		4	12	4
<b>Блок змісту 12. Іонізуюче випромінювання.</b>				
Тема 28. Рентген. Фізичні принципи Рентген і променева терапія		2	2	2
Тема 29. Радіоактивність. Фізичні принципи радіодіагностики та променевої терапії			2	
Тема 30. Елементи дозиметрії. Захист від радіації Диференціальне випробування.		2	2	2
Разом за змістовим блоком 12			6	
<b>РАЗОМ</b>		<b>20</b>	<b>50</b>	<b>20</b>

**5. Тематичний план** лекцій з дисципліни “Медична і біологічна фізика” для студентів I-го курсу лікувального факультету

№№ п.п.	Найменування теми лекції і її зміст	Лекційні заняття	
		Об'єм годин	Семест р
1	Основи теорії ймовірності. Основи математичної статистики	2	1
2	Механічні коливання та хвилі. Акустика	2	1
3	Рідини і тверді тіла. Основи реології і гемодинаміки. Моделі системи кровообігу. Біомеханіка роботи серця.	2	1
4	Термодинаміка	2	1
5	Механізми транспорту частинок в біологічних системах. Біоелектричні потенціали	2	1
6	Електростатика. Постійний струм. Змінний електричний струм	2	1
7	Магнітне поле. Електромагнітні коливання і хвилі	2	2
8	Хвильова оптика. Поляризація світла. Взаємодія світла з речовиною	2	2
9	Теплове випромінювання. Основні положення квантової механіки.	2	2
10	Рентгеновське випромінювання. Радіоактивність. Радіобіологія	2	2
	<b>РАЗОМ</b>	<b>20</b>	

**6. Тематичний план** семінарських занять по дисципліні “Медична і біологічна фізика” для студентів I-го курсу лікувального факультету

	Тема семінарського заняття і його зміст	Семінарські заняття	
		Об'єм год	Семест р
1	Вступне заняття. Основи теорії ймовірності.	2	1
2	Основи математичної статистики	2	1
3	Обробка медично-біологічних даних	2	1
4	Рубіжний контроль з матеріалу змістовних блоків 1-2	2	1
5	Обертальний рух. Біомеханіка	2	1
6	Механічні коливання	2	1
7	Механічні хвилі. Акустика. Фізика слуху	2	1
8	Механічні властивості твердих тіл і біологічних тканин	2	1
9	Механічні властивості та течія біологічних рідин	2	1
10	Механізм зовнішнього дихання	2	1
11	Біомеханіка роботи серця	2	1
12	Основи термодинаміки. Термодинаміка біологічних систем.	2	1
13	Фізичні питання біомембранології	2	1
14	Механізми активного та пасивного транспорту	2	1
15	Біопотенціали	2	1
16	Рубіжний контроль з матеріалу змістовних блоків 3-7	2	2
17	Електричне поле. Фізичні основи електрокардіографії	2	2
18	Електричний струм. Електрофорез	2	2
19	Магнітне поле. Фізичні основи магнітобіології	2	2
20	Електромагнітні коливання і хвилі. Реографія	2	2
21	Медична електроніка. Система отримання медичної інформації та електробезпека медичної апаратури	2	2
22	Інтерференція і дифракція світла	2	2
23	Поляризоване світло в медичних дослідженнях	2	2
24	Геометрична оптика. Оптичні системи ока і мікроскопа	2	2
25	Теплове випромінювання. Термографія	2	2
26	Елементи квантової механіки. Квантово-механічні методи дослідження біооб'єктів.	2	2
27	Випромінювання і поглинання енергії атомами і молекулами. Фотобіологічні процеси	2	2
28	Рентгенівське випромінювання. Фізичні основи рентгенодіагностики і рентгенотерапії	2	2
29	Радіоактивність. Фізичні основи радіодіагностики і радіотерапії	2	2
30	Елементи дозиметрії. Захист від дії радіації. Диференційний залік.	2	2
	<b>РАЗОМ</b>	<b>60</b>	

**7. Тематичний план** самостійної (індивідуальної) роботи студентів по дисципліні “Медична і біологічна фізика” для студентів I-го курсу лікувального факультету

№ з/п	Т Е М А	Кількість годин
1	Ультразвук. Основні властивості і особливості поширення ультразвуку. Дія ультразвуку на біологічні тканини та органи людини.	2
2	Інфразвук, фізичні характеристики інфразвуку. Дія інфразвуку на біологічні тканини та органи людини.	2
3	Деформаційні властивості біологічних тканин.	2
4	Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу та методи його визначення. Газова емболія.	2
5	Основні положення рівноважної термодинаміки. Ентропія. II закон термодинаміки. Принцип Больцмана. Термодинамічні потенціали. Термодинаміка і проблема охорони навколишнього середовища.	2
6	Основні положення нерівноважної термодинаміки (лінійний закон, виробництво ентропії, спряження потоків).	2
7	Стаціонарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.	2
8	Відкриті біологічні системи, далекі від рівноваги. Поняття про синергетику.	2
9	Дифузія гідрофільних та гідрофобних молекул через мембрани. Специфіка вибіркової проникності.	2
10	Іонні струми в біологічних мембранах їх роль в формуванні біологічних потенціалів. Поняття про зворотні струми.	2
11	Сучасна діагностична і фізіотерапевтична апаратура.	2
12	Магнітні властивості біологічних тканин. Фізичні основи магнітобіології.	2
13	Прилади медичної оптики (поляриметр, рефрактометр, концентраційний колориметр, нефелометр та інші).	2
14	Фотоефект та його застосування. Фотоелектричні прилади в медицині.	2
15	Застосування люмінесценції в медицині.	2
16	Лазери та їх застосування в медицині.	2
17	Рентгенівське випромінювання та його застосування в медицині.	2
18	Послаблення радіоактивного випромінювання при його проходженні через свинцевий, залізний та алюмінієвий екрани.	2
19	Комп'ютери в медицині.	2
20	Підготовка до перевірки засвоєння матеріалу.	2
	<b>РАЗОМ</b>	<b>40</b>

## 8. Індивідуальні завдання

Не передбачено.

## 9. Методи навчання

### Практичні заняття:

Вивчення матеріалу за підручниками та посібниками. Опитування учнів і бесіда викладача з ними, з виявленням фрагментів матеріалу, які представляються їм складними і неясними. Пояснення викладачем цих частин матеріалу, з ілюстрацією їх практичного значення в медицині. Виконання поставлених викладачем в аудиторії завдань, з їх перевіркою та роз'ясненням помилок.

На практичних заняттях можуть застосовуватися такі методи навчання:

- методи, що забезпечують сприймання і засвоєння знань студентами (лекції, самостійна робота, інструктаж, консультація);
- методи застосування знань і набуття й закріплення умінь і навичок (семінарські й практичні заняття, контрольні завдання, робота в клініці, проведення практики);
- методи перевірки й оцінювання знань, умінь і навичок;
- методи заохочення і покарання.

**Самостійна робота:** самостійна робота з підручником, самостійне вирішення завдань.

## 10. Методи контролю і критерії оцінювання результатів навчання

### *Оцінювання поточної навчальної діяльності, одного практичного заняття:*

Оцінювання успішності вивчення кожної теми дисципліни виконується за традиційною 4-х бальною шкалою.

На практичному (лабораторному) занятті повинно бути опитано не менше 50% студентів, а на семінарському - не менше 30%. Наприкінці семестру (циклу) кількість оцінок у студентів в групі в середньому повинно бути однаковим.

Наприкінці вивчення дисципліни поточна успішність розраховується як середній поточний бал, тобто середнє арифметичне всіх отриманих студентом оцінок за традиційною шкалою, округлене до 2 (двох) знаків після коми, наприклад 4,75.

### **Критерії поточного оцінювання на практичному занятті:**

«5»	Студент вільно володіє матеріалом, приймає активну участь в обговоренні проблем винесених на заняття, впевнено демонструє аналітичні навички під час заняття та інтерпретації наданих модельних даних лабораторних та інструментальних досліджень, висловлює свою думку з теми заняття, демонструє наукове та аналітичне мислення.
«4»	Студент добре володіє матеріалом, приймає участь в обговоренні проблем винесених на заняття, демонструє аналітичні навички під час заняття та інтерпретації наданих модельних даних лабораторних та інструментальних досліджень з деякими помилками, висловлює свою думку з теми заняття, демонструє наукове та аналітичне мислення.
«3»	Студент недостатньо володіє матеріалом, невпевнено приймає участь в обговоренні проблем винесених на заняття, демонструє аналітичні навички під час заняття та інтерпретації наданих модельних даних лабораторних та інструментальних досліджень з суттєвими помилками.

«2»	Студент не володіє матеріалом, не приймає участь в обговоренні проблем винесених на заняття, не демонструє аналітичні навички під час заняття та інтерпретації наданих модельних даних лабораторних та інструментальних досліджень.
-----	---

**На останньому практичному занятті викладач зобов'язаний оголосити студентам результати їх поточної академічної успішності, академічну заборгованість (якщо така є).**

**До підсумкової атестації допускаються лише ті студенти, які не мають академічної заборгованості і мають середній бал за поточну навчальну діяльність не менше 3,00.**

### *Підсумковий контроль знань з дисципліни*

#### **Критерії оцінювання результатів навчання здобувачів освіти на диференційованому заліку:**

«5»	Виставляється студенту, який систематично працював протягом семестру, показав під час екзамену різнобічні і глибокі знання програмного матеріалу, вміє успішно виконувати завдання, які передбачені програмою, засвоїв зміст основної та додаткової літератури, усвідомив взаємозв'язок окремих розділів дисципліни, їхнє значення для майбутньої професії, виявив творчі здібності у розумінні та використанні навчально-програмного матеріалу, проявив здатність до самостійного оновлення і поповнення знань; рівень компетентності – високий (творчий);
«4»	Виставляється студенту, який виявив повне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, що рекомендована програмою, показав достатній рівень знань з дисципліни і здатний до їх самостійного оновлення та поновлення у ході подальшого навчання та професійної діяльності; рівень компетентності – достатній (конструктивно-варіативний)
«3»	Виставляється студенту, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та наступної роботи за професією, справляється з виконанням завдань, передбачених програмою, допустив окремі помилки у відповідях на іспиті і при виконанні іспитових завдань, але володіє необхідними знаннями для подолання допущених помилок під керівництвом науково-педагогічного працівника; рівень компетентності – середній (репродуктивний)
«2»	Виставляється студенту, який не виявив достатніх знань основного навчально-програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може без допомоги викладача використати знання при подальшому навчанні, не спромігся оволодіти навичками самостійної роботи; рівень компетентності – низький (рецептивно-продуктивний)



### 11. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Оцінка за дисципліну складається на 50,0% з оцінки за поточну успішність та на 50,0% з оцінки за іспит.

**Середній бал за дисципліну переводиться у національну оцінку та конвертується у бали за багатобальною шкалою.**

Конвертація традиційної оцінки за дисципліну у 200-бальну здійснюється інформаційно-обчислювальним центром університеті програмою «Контингент».

Таблиця конвертації традиційної оцінки у багатобальну:

Національна оцінка за дисципліну	Сума балів за дисципліну
«5»	<b>185 – 200</b>
«4»	<b>151 – 184</b>
«3»	<b>120 – 154</b>

Бали з дисципліни незалежно конвертуються як у шкалу ECTS, так і у чотирибальну шкалу. Бали шкали ECTS у чотирибальну шкалу не конвертуються і навпаки. Подальші рахунки здійснює інформаційно-обчислювальний центр університету.

Конвертація традиційної оцінки з дисципліни та суми балів за шкалою ECTS

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

Оцінку за шкалою ECTS виставляє навчальний підрозділ ОНМедУ або деканат після ранжування оцінок з дисципліни серед студентів які навчаються на одному курсі і за однією спеціальністю. Ранжування студентів – громадян іноземних держав рекомендовано за рішенням Вченої ради проводити в одному масиві.

## 12. Перелік питань до підсумкового контролю.

1. Класифікація явищ. Ймовірність випадкових явищ, теорема додавання ймовірностей.
2. Теорема множення ймовірностей для незалежних випадкових явищ, умовна ймовірність, теорема множення ймовірностей для залежних випадкових явищ.
3. Розподіл випадкових явищ, математичне очікування, дисперсія, середнє квадратичне відхилення.
4. Основні закони розподілу випадкових величин (нормальний закон, розподіл Пуассона, біноміальний розподіл та інші). Деформації, їх види .
5. Пружність та пластичність. Закон Гука. Модуль Юнга. Коефіцієнт Пуассона. Деформаційні властивості біологічних тканин.
6. Поверхневий натяг. Коефіцієнт поверхневого натягу та методи його визначення. Газова емболія. Внутрішнє тертя. В'язкість. Формула Ньютона для внутрішнього тертя.
7. Ньютонівські та неньютонівські рідини. В'язкість крові. Стационарний плин рідин.
8. Рівняння неперервності. Лінійна та об'ємна швидкості. Основне рівняння динаміки рідин.
9. Ламінарний та турбулентний плин. Число Рейнольдса. Рівняння Бернуллі. Плин в'язких рідин. Формула Пуазейля. Гідравлічний опір.
10. Основні положення рівноважної термодинаміки. Ентропія. Принцип Больцмана.
11. Значення термодинаміки в проблемі охорони навколишнього середовища.
12. Основні положення нерівноважної термодинаміки (лінійний закон, виробництво ентропії, спряження потоків).
13. Стационарний стан відкритих систем. Теорема Пригожина.
14. Структурна організація біологічних мембран. Фізичні властивості біомембран.
15. Рідкокристалічний стан біомембран. Динамічні властивості мембран.
16. Пасивний транспорт речовин крізь мембранні структури. Рівняння Фіка. Швидкість дифузії.
17. Рівняння Нернста-Планка. Електрохімічний градієнт і потенціал. Рівняння Теорелла.
18. Активний транспорт, основні види. Молекулярна організація активного транспорту на прикладі роботи K-Na-насосу. Спряження потоків.
19. Природа мембранного потенціалу спокою (рівноважні потенціали Нернста для різноманітних іонів, дифузійний потенціал, потенціал Доннана).
20. Природа мембранного потенціалу спокою (стационарний потенціал Гольдмана-Ходжкіна-Катца, умови стационарності, основні рівняння електродифузії іонів в стационарному стані, проникності мембрани для іонів в стані спокою).
21. Потенціал дії (ПД). Гіпотеза виникнення ПД. Еквівалентна електрична схема мембрани.
22. Феноменологічні рівняння Ходжкіна-Хакслі. Поняття про воротні іонні струми.
23. Поширення потенціалу дії в біологічних мембранах. Телеграфне рівняння.
24. Швидкість поширення потенціалу. Особливості поширення потенціалу дії в мієліновому волокні.
25. Незатухаючі та вимушені коливання, диференційні рівняння та їх розв'язок.
26. Резонанс. Автоколивання.
27. Затухаючі коливання. Диференційне рівняння затухаючих коливань, його розв'язання. Коефіцієнт затухання, декремент і логарифмічний декремент.
28. Механічні хвилі. Рівняння хвилі. Потік енергії. Вектор Умова.
29. Акустика. Фізичні характеристики звуку. Фізика слуху, характеристики слухового відчуття. Закон Вебера-Фехнера.
30. Аудиометрія. Шкала інтенсивності та шкала гучності звуку, одиниці. Пороги чутності та больового відчуття. Аудиограма.
31. Ультразвук. Основні властивості та особливості поширення ультразвуку.

32. Інфразвук, фізичні характеристики інфразвуку. Дія ультразвуку та інфразвуку на біологічні тканини та органи людини.
33. Електричні характеристики біологічних тканин. Закон Ома в диференційній формі. Провідність біологічних тканин.
34. Ємнісні властивості біологічних тканин. Еквівалентна електрична схема.
35. Біофізичні основи електрографії. Поняття про еквівалентний електричний генератор.
36. Концепція Ейнтховена про генез ЕКГ (інтегральний електричний вектор серця, дипольний потенціал, система відведень).
37. Серце як струмовий електричний диполь (струмовий диполь та його характеристики, дипольний потенціал серця).
38. Ланцюг змінного струму, що містить активний, ємнісний та індуктивний опір. Поняття про векторну діаграму. Імпеданс.
39. Імпеданс біологічних тканин. Дисперсія імпедансу. Фізичні основи реографії.
40. Магнітне поле та його характеристики. Закон Біо-Савара-Лапласа.
41. Магнітні властивості речовин. Фізичні основи магнітобіології.
42. Теорія електромагнітних хвиль Максвелла (струм зміщення, рівняння Максвелла, швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль).
43. Фізичні процеси в біооб'єктах під дією електричних, магнітних полів та електромагнітного поля (поляризація, струми провідності, індуктивні та зміщення).
44. Фізичні основи терапевтичних методів (гальванізація, франклінізація, діатермія, індуктотермія, дарсонвалізація, УВЧ- та НВЧ-терапія, мікрохвильова резонансна терапія). Теплова та специфічна дія.
45. Елементи геометричної оптики. Центрована оптична система. Оптична мікроскопія. Характеристики мікроскопу.
46. Поляризація світла. Способи одержання поляризованого світла.
47. Подвійне променезаломлення. Призма Ніколя. Закон Малюса.
48. Оптично активні речовини. Кут обертання площини поляризації. Закон Біо. Концентраційна поляризація.
49. Поглинання світла. Закон Бугера. Поглинання світла розчинами. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Концентраційна колориметрія.
50. Розсіяння світла в дисперсних середовищах. Молекулярне розсіяння світла.
51. Закон Релея. Нефелометрія.
52. Основні уявлення квантової механіки: хвильові властивості мікрочастинок, формула де Бройля.
53. Хвильова функція та її фізичний зміст, співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Поняття про електронний мікроскоп.
54. Квантовомеханічна модель атома водню. Рівняння Шредингера. Квантові числа. Енергетичні рівні. Принцип Паулі.
55. Випромінювання та поглинання світла атомами та молекулами. Спектри випромінювання і поглинання. Спектрофотометрія.
56. Теплове випромінювання тіл, його характеристики. Абсолютно чорне та сірі тіла. Закон Кірхгофа. Теплове випромінювання
57. Біофізичні основи взаємодії іонізуючого випромінювання з біологічними тканинами.
58. Дозиметрія іонізуючого випромінювання. Експозиційна та поглинута дози. Біологічна дія випромінювання, біологічна еквівалентна доза.
59. Потужність дози. Одиниці доз та потужностей доз. 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 іонізуючого випромінювання. Експозиційна та поглинута дози.
70. Біологічна дія випромінювання, біологічна еквівалентна доза. Потужність дози. Одиниці доз та потужностей доз.

### 13. Методичне забезпечення:

- Робоча програма навчальної дисципліни
- Силабус навчальної дисципліни
- Мультимедійні презентації
- Методичні розробки практичних занять

### 14. Рекомендована література

#### *Основна:*

1. Медична і біологічна фізика / За ред. О.В.Чалого, 2-е видання - К. : Книга-плюс, 2005.
2. Медична і біологічна фізика / За ред. О.В.Чалого. т.1 - К. : Віпол, 1999 т.2 - К. : Віпол, 2001.
3. Медична і біологічна фізика (практикум) / за ред. О.В.Чалого. – К.: Книга плюс, 2003.
4. Медична та біологічна фізика: (навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. IV рівня акредитації) / В. П. Марценюк та ін. — Тернопіль: ТДМУ, 2012, 303 с. — ISBN 978-966-673-193-0
5. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика. / Киев, Изд. дом “Профессионал”, 2004, 702 с.
6. Свердан П.Л. Вища математика: Аналіз інформації у математиці та медицині. – Львів, Світ, 1998.
7. Чалий О.В., Стучинська Н.В., Меленевська А.В. Вища математика. – К.: Техніка, 2001.
8. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура І.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика. - К.: Обереги, 2001.
9. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика. – Харьков, Изд-во НФАУ, 2003.
10. Зима В.Л. Біофізика. Збірник задач. К.: Вища шк., 2001.

#### *Додаткова:*

1. Чернавский Д.С. Синергетика та інформатика, 2004.
2. Чалий А.В., Цехмістер Я.В.. Флуктуаційні моделі процесів самовпорядкування К.: Віпол, 1994.
3. Чалий А.В. Нерівноважні процеси у фізиці та біології. - К.: Наук. думка, 1997.
4. Чалий О.В. Синергетичні принципи освіти та науки. К.: Віпол, 2000.

### 15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://amphu.org> (Медична фізика в Україні)
2. <http://uamedphys.blogspot.com> (Книги з медичної фізики)
3. <http://iopscience.iop.org/0031-9155> (журнал “Physics in Medicine and Biology”)
4. [www.mednavigator.net](http://www.mednavigator.net) (Медична пошукова система)
5. <https://physicsworld.com/c/medical-physics> (інформаційні ресурси медичної і біологічної фізики)
6. <http://iomp.org> (Міжнародна організація медичної фізики)
7. <https://aapm.org/default.asp> (Сайт американської асоціації фізиків в медицині)
8. <https://aapm.onlinelibrary.wiley.com/journal/24734209> (Журнал «Medical Physics»)
9. <https://efomp.org> (Сайт європейської федерації медичних фізиків)