

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту

«Фізико-технічний факультет»

(вказати назву структурного підрозділу)

Кузнєцов П.Е.

(вказати П.І.В керівника)

“28” серпня 2023 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

БІОМЕДИЧНІ НАНОТЕХНОЛОГІЇ (МЕДИЧНА І БІОЛОГІЧНА ФІЗИКА)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

галузь знань 10 – "Природничі науки"  
(шифр і назва)

спеціальність (напрям підготовки) 105 – "Прикладна фізика та наноматеріали"  
(шифр і назва)

освітня програма освітньо-професійна програма "Біомедичні нанотехнології"  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни вибіркова  
(обов'язкова / за вибором)

факультет NHI «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченого радою ННІ «Фізико-технічний факультет»

“25” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Трусова Валерія Михайлівна, д.ф.-м.н., професор, професор кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Шеїна Ірина Валеріївна, к.ф.-м.н., доцент кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Програму схвалено на засіданні кафедри

медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

Протокол від “22” червня 2023 року № 6

Завідувач кафедри медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

(підпис)

Валерія ТРУСОВА

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"

Гарант освітньо-професійної програми "Біомедичні нанотехнології"

(підпис)

Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА

Програму погоджено науково-методичною комісією

ННІ «Фізико-технічний факультет»

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»

(підпис)

Микола ЮНАКОВ

(прізвище та ініціали)

## **ВСТУП**

### **1. Опис навчальної дисципліни**

Робочу програму навчальної дисципліни «Медична і біологічна фізика» укладено відповідно до вимог стандарту вищої освіти України: перший (бакалаврський) рівень, галузь знань 10 – «Природничі науки», спеціальність 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого і введеного в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 16.06.2020 р. № 804.

Навчальна дисципліна «Медична і біологічна фізика» є необхідною складовою циклу професійної підготовки фахівців першого освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр», в якій розглядаються молекулярні основи медичної і біологічної фізики, фізика біомембрани та нервової провідності, механохімічні процеси та біофізика системи кровообігу, взаємодія фізичних полів з біосистемами та організмом людини.

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння основних особливостей будови і функціонування біосистем, фізичних та фізико-хімічними явищ у живих організмах, специфіки взаємодії фізичних факторів з біологічними структурами, що повинні бути враховані при розробці нових методів діагностики, терапії і хірургії.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є опанування методів розробки фізико-математичних моделей біологічних систем різного рівню організації та засвоєння експериментальних методів дослідження біологічних об'єктів.

Вивчення дисципліни «Медична і біологічна фізика» спрямовано на забезпечення таких загальних (ЗК) та фахових компетентностей (ФК) за спеціальністю, затвердженого Стандартом вищої освіти:

ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

ЗК 12. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ФК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

ФК 9. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

ФК 13. Здатність працювати з біологічними агентами, що використовують у біотехнологічних процесах, зокрема: з білками, нуклеїновими кислотами, мембраними, клітинами, тощо.

1.3. Кількість кредитів – 6

1.4. Загальна кількість годин – 180.

#### **1.5. Характеристика навчальної дисципліни**

Нормативна

Денна форма навчання

Рік підготовки

4-й

Семестр
7,8-й
Лекції
46 год.
Лабораторні заняття
60 год.
Практичні заняття
год.
Самостійна робота
74 год.
Індивідуальні завдання
2 год.

### 1.6. Заплановані результати навчання

Очікувані результати навчання відповідають програмним результатам навчання ОП «Медична і біологічна фізика» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»:

ПРН-1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

ПРН-2. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

ПРН-3. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики.

ПРН-4. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРН-5. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

ПРН-6. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

ПРН-7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукових технологій.

ПРН-8. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

ПРН-9. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

ПРН-10. Класифіковати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.

ПРН-11. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи

ПРН-12. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.

ПРН-13. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних

явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколошнє природне середовище та на здоров'я людини.

ПРН-14. Розуміти основні принципи здорового способу життя та вміти застосовувати їх для підтримки власного здоров'я та працездатності.

Зокрема, відповідно до вимог ОКХ бакалавра прикладної фізики та наноматеріалів, студенти будуть:

**знати** загальні принципи застосування фізико-математичних методів у медичній фізиці та біофізиці.

**вміти** проводити дослідження механізмів функціонування біологічних структур фізичними методами.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

### *Розділ 1. Молекулярні основи медичної і біологічної фізики.*

**Тема 1. Місце біофізики і медичної фізики у сучасній науці.** Задачі та методичні підходи біофізики і медичної фізики. Розділи біофізики і медичної фізики, їх взаємодія та перспективи їх розвитку.

**Тема 2. Основні особливості хімії живих систем.** Білки. Електроліти. Склад та первісна структура білків. Нуклеїнові кислоти. Хіральність біологічних молекул. Ліпіди.

**Тема 3. Водні розчини.** Біологічна роль води. Аномальні фізичні властивості води. Структурні моделі води. Водні розчини електролітів. Гідратація іонів. Теорія іонної атмосфери Дебая-Хюкеля. Біологічна роль іонів.

**Тема 4. Фізичні властивості макромолекул.** Природа внутрішніх та міжмолекулярних взаємодій. Сильні та слабі взаємодії в біологічних молекулах. Макромолекули і високоеластичність. Внутрішнє обертання та поворотна ізомерія. Макромолекула як кооперативна система. Клубок та глобула. Методи дослідження макромолекул. Поліелектролітна природа макромолекул.

**Тема 5. Фізичні властивості білка.** Задачі фізики білка. Фізико-хімічні властивості амінокислот. Первинна та вторинна структура білка. Конформація поліпептидного ланцюга. Переход спіраль-клубок. Білкова глобула та гідрофобні взаємодії. Зв'язок між первинною та просторовою структурами білка. Проблема самозбирання білкової глобули. Структура та стійкість глобули.

**Тема 6. Фізика нуклеїнових кислот.** Структура нуклеїнових кислот. Фізичні властивості мономерів нуклеїнових кислот. Типи спіральної структури ДНК та РНК. Біологічна роль нуклеїнових кислот.

### *Розділ 2. Фізика біомембран та нервової провідності.*

**Тема 7. Структура та функції мембрани.** Основні функції біологічних мембрани у живій клітині. Розвиток уявлень про молекулярну будову біомембрани. Сучасна модель будови ліпідної мембрани. Основні класи та будова органічних ліпідів. Впорядковані супрамолекулярні ліпідні системи. Актуальність та сучасний стан теоретичного дослідження та молекулярного моделювання біологічних мембрани та систем на їх основі.

**Тема 8. Мембрани ліпіди.** Фосфоліпідні біслої та мембрани. Експериментальні методи дослідження будови та фізико-хімічних властивостей біологічних мембрани. Ліпідний склад мембрани та її фізико-хімічні характеристики. Фазові перетворення. Методи отримання модельних мембраних систем.

**Тема 9. Міжмолекулярні взаємодії в мембраних.** Ліпід-ліпідні взаємодії. Мембрани білки. Основні види білок-ліпідних взаємодій. Сили, що стабілізують комплекси білків з ліпідами. Білок-білокі супрамолекулярні ансамблі.

**Тема 10. Транспорт в мембраних.** Пасивний та активний мембраний транспорт. Внутріклітинний транспорт білків. Дифузія крізь мембрани. Явище осмосу. Тонічність розчинів.

**Тема 11. Електрогенез мембрани.** Мембраний потенціал. Потенціал спокою. Рівняння Гольдмана. Рівняння Томаса. Натрій-калієві канали. Природа та властивості потенціалу дії. Рівняння Ходжкіна-Хакслі. Генерація нервового імпульсу. Структура та властивості потенціал-залежних іонних каналів. Міелінові та безміелінові волокна.

**Тема 12. Фізичні аспекти нервової провідності.** Природа тваринної електрики. Аксон та нервовий імпульс. Генерація та поширення нервового імпульсу. Еквівалентна електрична схема. Механізми активного транспорту іонів крізь мембрани. Іонні канали, воротний струм. Молекулярний механізм перенесення іонів крізь мембрани. Синаптична передача імпульсу.

### *Розділ 3. Механохімічні процеси та біофізика системи кровообігу.*

**Тема 13. Структура м'язів та м'язових білків.** Гістологічні типи м'язів. Структура м'язової тканини. Структура білків актину та міозину.

**Тема 14. Механізм м'язового скорочення. Ковзна модель скорочення м'язів.** Історичний огляд моделей м'язового скорочення. Послідовність процесів під час м'язового скорочення. Основні положення теорії ковзних ниток.

**Тема 15. Енергетика м'язів. Механохімічні системи.** Класична схема Лімна та Тейлора. Джерела енергії м'язового скорочення. Основні особливості механохімічних систем.

**Тема 16. Біомеханічні властивості м'язів.** Пасивні та активні властивості м'язів. Моделі Максвела та Кельвіна-Фойхта. Повзучість та релаксація напруги. Типи скорочення м'язового волокна. Зв'язок довжина-напруга при ізометричному скороченні. Трикомпонентна модель Хілла.

**Тема 17. Рівняння Хілла.** Тетанус. Експериментальні дослідження Хілла. Емпіричне рівняння Хілла. Потужність та ККД м'язового волокна.

**Тема 18. Теоретичні основи моделювання м'язового скорочення.** Основні постулати математичного моделювання м'язового скорочення. Теорія Хакслі. Теорія Дещеревського.

**Тема 19. Реологічні характеристики крові. Швидкість осідання еритроцитів.** Склад крові. В'язкість крові та її залежність від гематокриту, швидкості зсуву, температури та ступеня агрегації еритроцитів. Ефект Фареуса-Ліндквіста. Механічні властивості еритроцитів. Методи визначення в'язкості рідини. Швидкість осідання еритроцитів.

**Тема 20. Гемодинамічні характеристики крові.** Лінійна швидкість та потік крові. Режими течії крові. Типи судин та основні закони гемодинаміки в них. Тиск крові. Закон Хагена-Пуазеля. Гідродинамічний опір судин.

**Тема 21. Модель Франка.** Функціональна організація кровоносної системи. Гідродинамічна модель Франка. Аналогія між законами Хагена-Пуазеля та Ома.

**Тема 22. Пульсова хвиля. Перенесення речовин в капілярній системі.** Швидкість пульсової хвилі. Дифузійний та конвективний способи обміну речовин в капілярній системі. Онкотичний тиск. Процеси фільтрації та реабсорбції. Зсув фільтраційно-реабсорбційної рівноваги. Набряк.

**Тема 23. Фізичні методи вимірювання тиску та швидкості кровотоку.** Прямі та непрямі методи вимірювання тиску крові. Методи вимірювання лінійної швидкості та потоку крові (електромагнітна та ультразвукова флюметрія, термоелектричні методи, оклюзійна плетизмографія, індикаторний метод).

### *Розділ 4. Взаємодія фізичних полів з біосистемами та організмом людини*

**Тема 24. Вплив низьких температур на біооб'єкти. Використання низьких температур в медицині.** Фізичні основи низькотемпературного консервування. Кріопротектори. Гіпобіоз та гіпотермія людини. Загальна та краніоцеребральна гіпотермія. Клінічні ефекти кріотерапії. Кріохірургія.

**Тема 25. Використання ультразвуку в біології та медицині. Методи ультразвукової (УЗ) томографії.** Одновимірні та двовимірні режими УЗ томографії. Допплерівські режими УЗ томографії. Тривимірні зображення. Основні типи УЗ сканерів. Медична інтенсиметрія та метрологія.

**Тема 26. Ультразвукові явища. Застосування ультразвуку в методах терапії і діагностики.** Фізіологічні ефекти УЗ терапії. Області застосування УЗ в хірургії.

**Тема 27. Слухова рецепція. Фізичні принципи будови органів слуху у людини.** Метод аудіометрії. Будова органу слуху людини. Теорії фізіології слуху. Поріг чутності та бальового відчуття. Закон Вебера-Фехнера. Метод аудіометрії.

**Тема 28. Взаємодія електромагнітних полів з біологічними структурами.** Первинна дія постійного струму на тканини організму. Гальванізація. Електрофорез. Вплив імпульсного струму. Електростимуляція. Діатермія та дарсонвалізація. Діатермія. Дарсонвалізація. Аероіони та їхнє лікувально-профілактичне значення. Франклінізація. Вплив змінного електричного поля. УВЧ-терапія. Вплив електромагнітних хвиль. ДЦВ- та мікрохвильова терапія. Вплив НЧ магнітного поля. Індуктотермія.

**Тема 29. Радіаційна біофізика. Дія іонізуючих випромінювань на різних рівнях біологічної організації.**

**Тема 30. Радіоліз води. Проблема забруднення навколошнього середовища. Застосування іонізуючого випромінювання в медицині.**

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Молекулярні основи медичної і біологічної фізики</b>						
Тема 1. Місце біофізики і медичної фізики у сучасній науці		1		2		
Тема 2. Основні особливості хімії живих систем		1		4		4
Тема 3. Водні розчини		1		2		4
Тема 4. Фізичні властивості макромолекул		1		2		3
Тема 5. Фізичні властивості білка.		2		3		3
Тема 6. Фізика нуклеїнових кислот.		2		3		2
Разом за розділом 1		8		16		16
<b>Розділ 2. Фізика біомембран та нервової провідності</b>						
Тема 7. Структура та функції мембран.		2		2		4
Тема 8. Мембральні ліпіди.		1		4		4
Тема 9. Міжмолекулярні взаємодії в мембрахах.		2		2		4
Тема 10. Транспорт в мембрахах.		2		2		4
Тема 11. Електрогенез мембран.		2		3		2
Тема 12. Фізичні аспекти нервової провідності.		1		3		
Разом за розділом 2		10		16		18
<b>Розділ 3. Механохімічні процеси та біофізика системи кровообігу</b>						
Тема 13. Структура м'язів та м'язових білків.		2				
Тема 14. Механізм м'язового скорочення. Ковзна модель скорочення м'язів.		2		4		4
Тема 15. Енергетика м'язів. Механохімічні системи.		2				4
Тема 16. Біомеханічні властивості м'язів.		2				
Тема 17. Рівняння Хілла.		1				
Тема 18. Теоретичні основи моделювання		2				

м'язового скорочення.					
Тема 19. Реологічні характеристики крові. Швидкість осідання еритроцитів.	1		4		4
Тема 20. Гемодинамічні характеристики крові.	1				4
Тема 21. Модель Франка.	1				
Тема 22. Пульсова хвиля. Перенесення речовин в капілярній системі.	1		4		
Тема 23. Фізичні методи вимірювання тиску та швидкості кровотоку.	1		6		4
Разом за розділом 3	16		18		20
<b>Розділ 4. Взаємодія фізичних полів з біосистемами та організмом людини</b>					
Тема 24. Вплив низьких температур на біооб'єкти. Використання низьких температур в медицині.	2		2		4
Тема 25. Використання ультразвуку в біології та медицині. Методи ультразвукової (УЗ) томографії.	2		2		4
Тема 26. Ультразвукові явища. Застосування ультразвуку в методах терапії і діагностики.	2				
Тема 27. Слухова рецепція. Фізичні принципи будови органів слуху у людини. Метод аудіометрії.	2		6		2
Тема 28. Взаємодія електромагнітних полів з біологічними структурами.	2				4
Тема 29. Радіаційна біофізика. Дія іонізуючих випромінювань на різних рівнях біологічної організації.	1				4
Тема 30. Радіоліз води. Проблема забруднення навколишнього середовища.	1				2
Разом за розділом 4	12		10		20
<b>Усього годин</b>	180	46	60		74

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Лабораторні мікродозатори: принципи дії, типи, застосування	3
2.	Буферні розчини.	3
3.	Метод спектрофотометричного аналізу	3
4.	Взаємодія барвників з ДНК	3
5.	Взаємодія барвників з РНК	2
6.	Взаємодія фармакологічних препаратів з нуклеїновими кислотами	3
7.	Плавління нуклеїнових кислот.	3
8.	Конформаційна поведінка білків у розчині.	3
9.	Ліпосоми як модельні системи у дослідженні біомембрани	2
10.	Метод гель-фільтрації.	3
11.	Ліпосоми як нанопереносники лікарських препаратів	3
12.	Метод мікроелектрофорезу	3
13.	Метод рК зондів	3
14.	Окисно-відновні індикатори	3

15.	Метод рівноважного діалізу.	3
16.	Аналіз електронно-мікроскопічних зображень в програмі ImageJ	3
17.	Аналіз структури біомолекул в програмному середовищі VMD	2
18.	Візуалізація та характеризація молекул в редакторах Marvin Sketch та Avogadro	3
19.	Метод молекулярного докінгу	3
20.	Молекулярно-динамічне моделювання білків	3
21.	Вимірювання артеріального тиску за методом Короткова	3
	<b>Разом</b>	<b>60</b>

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
	<b>Розділ 1. Молекулярні основи медичної і біологічної фізики</b>	<b>16</b>	
1.	Термодинаміка рівноважних станів	4	Екзамен
2.	Термодинаміка незворотних процесів	4	Екзамен
3.	Теорема Пригожина	3	Екзамен
4.	Гідрофобний ефект	3	Екзамен
5.	Внутрішномолекулярна динаміка білкової молекули	2	Екзамен
	<b>Розділ 2. Фізика біомембрани та нервової провідності</b>	<b>18</b>	
6.	Латеральна гетерогенність ліпідів в мембрахах	4	Екзамен
7.	Вплив ліпідного складі на товщину та кривину мембрани	4	Екзамен
8.	Транспорт речовин крізь мембрани за допомогою білків-переносчиків	4	Екзамен
9.	Електростатичний потенціал мембрани. Теорія Гуї-Чепмена	4	Екзамен
10.	Дипольний та трансмембраний потенціали	2	Екзамен
	<b>Розділ 3. Механохімічні процеси та біофізика системи кровообігу</b>	<b>20</b>	
11.	Механохімічні системи.	4	Екзамен
12.	Моделювання нестационарних режимів скорочення.	4	Екзамен
13.	Швидкість осідання еритроцитів.	4	Екзамен
14.	Типи судин та основні закони гемодинаміки в них.	4	Екзамен
15.	Фізичні методи вимірювання тиску та швидкості кровотоку.	4	Екзамен
	<b>Розділ 4. Взаємодія фізичних полів з біосистемами та організмом людини</b>	<b>20</b>	
16.	Використання низьких температур в медицині.	4	Екзамен
17.	Застосування ультразвуку в методах терапії і діагностики.	4	Екзамен
18.	Фізичні принципи будови органів слуху у людини. Метод аудіометрії.	2	Екзамен
19.	Взаємодія електромагнітних полів з біологічними структурами.	4	Екзамен
20.	Дія іонізуючих випромінювань на різних рівнях біологічної організації.	4	Екзамен
21.	Проблема забруднення навколошнього середовища. Застосування іонізуючого випромінювання в медицині.	2	Екзамен
	<b>Разом</b>	<b>74</b>	

## **6. Індивідуальні завдання**

Розрахунково-графічна робота обсягом 2 год. за темою 9 "Міжмолекулярні взаємодії в мембронах", та курсова робота (2 семестр) на одну з тем курсу.

## **7. Методи контролю**

Поточного:

- відвідування занять та ведення конспекту;
- поточний контроль на лабораторних заняттях;
- контрольні роботи;
- самостійна робота;
- розрахунково-графічна робота та курсова робота.

Складові підсумкового контролю:

- бали поточного контролю;
- оцінка за виконання лабораторного практикуму з розрахунковими роботами;
- комбінований письмовий екзамен.

### **Якісні критерії оцінювання успішності виконання контрольних робіт, індивідуальних завдань, інших видів роботи, що потребують оцінювання**

#### **Вимоги для оцінки „відмінно”:**

- міцне засвоєння змісту програми навчальної дисципліни та наукових першоджерел;
- здатність повністю, глибоко і всебічно розкрити зміст поставленого завдання;
- правильне застосування одержаних знань з різних дисциплін для вирішення поставлених завдань; послідовне і логічне викладання матеріалу;
- здатність обґрунтувати власну думку та ставлення до певних фахових проблем;
- чітке розуміння і вільне доречне застосування фахової науково-технічної термінології, вміння грамотно ілюструвати відповідь прикладами;
- здатність встановлювати взаємозв'язок між основними поняттями;
- вільне використання теоретичних знань для аналізу практичного матеріалу;
- демонстрація високого рівня набутих практичних навичок.

Можлива наявність незначних неточностей у викладенні матеріалу, які не приводять до помилкових висновків і рішень, але впливають на отриманий бал.

#### **Вимоги для оцінки „добре”:**

- добре засвоєння основного зміст навчальної дисципліни, основних ідей наукових першоджерел;
- належна аргументація, правильне та послідовне розкриття основного змісту матеріалу;
- демонстрація власних міркувань з приводу тих чи інших проблем;
- точне використання наукової термінології;
- демонстрація основних практичних навичок при аналізі фахових задач.

Можлива наявність певних непринципових неточностей у використанні спеціальної термінології, похибок у логіці викладання теоретичного матеріалу або аналізу практичних даних, невизначальних помилок у висновках та узагальненнях, що не впливають на конкретний зміст відповіді, але впливають на отриманий бал.

#### **Вимоги для оцінки „задовільно”:**

- засвоєння лише базових понять дисципліни, обмеженість відповіді лише такими поняттями, відсутність поглиблених аналізу та опису проблеми чи питання, наявність у відповіді лише частини необхідної інформації; неналежне оперування інформацією з наукових першоджерел;
- неналежна послідовність та логіка у викладанні матеріалу та висновків;
- неналежне чи відсутнє обґрунтування оцінки фактів та явищ;

- наявність суттєвих помилок при викладенні матеріалу, поясненні термінології та вирішенні практичних питань.

Обсяг викладення змісту питання, кількість та суттєвість помилок визначально впливають на отриманий бал.

**Оцінку „незадовільно”** студент отримує, якщо:

- основний зміст завдання не розкрито;
- продемонстровано низький рівень орієнтації у змісті програми дисципліни та наукових першоджерелах;
- не підтверджено знання наукових фактів та визначень;
- допущено суттєві принципові помилки у викладанні матеріалу та висновках;
- продемонстровано низький рівень знання та застосування спеціальної термінології;
- відсутність наукового мислення та практичних навичок.

## 8. Схема нарахування балів

7-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Лабораторні роботи	Реферат	Контрольна робота	Разом		
30	20	10	60	40	100

8-й семестр

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен	Сума
Лабораторні роботи	Курсова робота	Контрольна робота	Разом		
30	20	10	60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 30 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

## Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

## 9. Рекомендована література

### Основна література

1. Медична і біологічна фізика, під редакцією Чалого О.В., том 1, 2, Київ, 1999.
2. Медична та біологічна фізика : підручник для студентів медичних ВНЗ / В. Г. Кнігавко, О. В. Зайцева, М. А. Бондаренко [та ін.] ; за ред. В. Г. Кнігавка. - Харків : ХНМУ, 2013. – 364 с.
3. Медична та біологічна фізика : підручник для студ. вищих мед. (фарм.) навч. заклад. / [О.

- В. Чалий, Я. В. Цехмістер, Б. Т. Агапов та ін.] ; за ред. проф. О. В. Чалого. — Вид. 2-ге. — Вінниця : Нова Книга, 2017. — 528 с.
4. Іщейкіна Ю. О. Медична і біологічна фізика : навч. посібник / Іщейкіна Ю. О., Макаренко В. І., Тронь Н. В. — 2-ге видання. — Полтава : Шевченко Р. В., 2014. — 352 с.
  5. Медична і біологічна фізика : підруч. для студ. вищ. мед. заклад. III-IV р. акред. / Під заг. ред. О. В. Чалого. — 2-ге вид., переробл. і доп. — К. : Книга плюс, 2005. — 760 с.
  6. Медична та біологічна фізика: підручник для студентів медичних ВНЗ / О. І. Антюф'єєва, Л. В. Батюк, М. А. Бондаренко та ін.; за ред. В. Г. Кнігавка. — Харків : ХНМУ, 2010. — 370 с.
  7. Medical and biological physics: textbook for the students of higher medical establishments of the IV accred. level / Edited by Alexander V. Chalyi. - Third edition. — Vinnytsia : Nova Knyga, 2017. — 480 p.
  8. Medical and biological physics: textbook for the students of higher medical establishments of the IV accred. level / Chalyi A. V., Tsekhmister Ya. V., Agapov B. T., [et al.]. — Vinnytsia, Nova Knyha, 2010. — 480 p.
  9. Молекулярна біологія : підручник / А.В. Сиволоб. - К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. - 384 с.
  10. Біофізика і біомеханіка: підруч. / В.С. Антонюк, М.О. Бондаренко, В.А. Ващенко та ін. — К.: НТUU «КП», 2012. — 344 с.
  11. Біофізика: Підручник / Посудін Ю.І. — Київ, 2016.
  12. Літнарович Р.М. Біофізика. Медична фізика, теоретична і прикладна фізика. МЕГУ, Рівне, 2011, - с. 104
  13. Медична і біологічна фізика: Навчальний посібник для студентів спеціальності 222 «Медицина»/ Е.І. Сливко, О.З. Мельнікова, О.З.Іванченко, Н.С. Біляк. - Запоріжжя, 2018.- 291 с.

#### **Допоміжна література**

1. Зима В.Л., Біофізика. Збірник задач. Навчальний посібник для студентів біологічних, медичних та фізичних факультетів., К., «Вища школа», 2001, 124 с.
2. Ємчик Л. Ф. Медична і біологічна фізика : Підручник / Л. Ф. Ємчик, Я. М. Кміт. — Львів : Світ, 2003. — 592 с.
3. Доброда В. Є. Біофізика та медична апаратура: Навч. посібн. для студ. вищ. навч. закл. / В. Є. Доброда, В. О. Тіманюк. — К. : Професіонал, 2006. — 200 с.
4. Костюк П. Г. Біофізика / П. Г. Костюк, В. Л. Зима, І. С. Магура, М. С. Мірошниченко, М. Ф. Шуба. — К. : ВПЦ «Київський університет», 2008. — 567 с.
5. Лопушанський Я. Й. Збірник задач і запитань з медичної і біологічної фізики : навч. посібн. для студ. вищ. мед. навч. закл. III-IV рівн. акр. / Я. Й. Лопушанський. — 3-є вид., доповн. і випр. — Вінниця : Нова книга, 2010. — 584 с.
6. Медична і біологічна фізика. / О. В. Чалий, Я. В. Цехмістер, Б. Т. Агапов та ін. / За ред. О. В. Чалого. — К. : Книга плюс, 2004. — 751 с.
7. Медична і біологічна фізика: Практикум : навч.-метод. посіб. для вищ. мед. навч. закл. / за ред. О. В. Чалого. — К. : Книга плюс, 2003. — 217 с.
8. Основи біологічної і медичної фізики, інформатики й апаратури : навч. посіб. для студ. вищ. мед. закл. осв. / за ред. Л. С. Годлевського. — Одеса : ОДМУ, 2003. — 258 с.
9. Федишин Я. І. Фізика з основами біофізики. / Федишин Я. І. — Львів : Світ, 2005. — 400 с.
10. Шевченко А. Ф. Основи медичної і біологічної фізики. / Шевченко А. Ф. — К. : Медицина, 2008. — 656 с.
11. Compendium of Medical Physics, Medical Technology and Biophysics for students, physicians and researchers. Nico A.M. Schellart. — Department of Biomedical Engineering and Physics Academic Medical Center University of Amsterdam.— Amsterdam.— 2009 (electronic book).
12. Bengt Nöling. Methods in Modern Biophysics. — 2009.