

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗИНА  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ «ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ»  
Кафедра медичної фізики та біомедичних нанотехнологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту

«Фізико-технічний факультет»

(вказати назву структурного підрозділу)

Кузнєцов П.Е.

(вказати П.І.Б керівника)

“ 28 ” *серпня* 2023 р.

**ПРОГРАМА**

**Атестаційного екзамену «Прикладна фізика»**

**Галузь знань 10 Природничі науки**

**Спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»**

**Освітньо-професійна програма «Біомедичні нанотехнології»**

Погоджено:

Завідувач кафедри медичної фізики  
та біомедичних нанотехнологій,

член-кор. НАН України, д.ф.-м.н., доц.

Валерія ТРУСОВА

Гарант освітньо-професійної програми

«Біомедичні нанотехнології», к.ф.-м.н., доц.

Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА

Харків - 2023

## 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Мета атестаційного екзамену з прикладної фізики – оцінювання рівня професійної компетентності, ступеня засвоєння освітньо-професійної програми підготовки, та атестація фахівця на відповідність освітньо-кваліфікаційному рівню «бакалавр» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньо-професійної програми «Біомедичні нанотехнології»:

- засвоєння випускниками теоретичних основ сучасних методів аналізу маси, форми, розміру макромолекул, дослідження конформаційної рухомості та структури біомолекул;

- засвоєння знань про особливості практичного використання та границі застосування сучасних методів теоретичної та експериментальної фізики для досліджень структури та динаміки біомакромолекул, набуття відповідних експериментальних навичок;

- засвоєння теоретичних основ нанобіотехнології, а саме засвоєння знань про структуру і властивості основних нанооб'єктів, класифікації наночастинок і наноматеріалів на їх основі;

- оволодіння методами синтезу та аналізу нанооб'єктів, засвоєння знань про головні аспекти їх практичного використання, розуміння проблеми біобезпеки нанооб'єктів.

Атестаційний екзамен проводиться у встановлені терміни згідно наказу по університету. Перед екзаменом спеціалісти з дисциплін, що входять до програми кваліфікаційного іспиту, забезпечують проведення консультацій з ключових питань випробування.

Комплексний екзамен приймає екзаменаційна комісія (ЕК), склад якої затверджується окремим наказом ректора.

## 2. ПРОГРАМА ЕКЗАМЕНУ

Програма атестаційного екзамену «Прикладна фізика» містить ключові питання з професійно-орієнтованих дисциплін нормативних частин програм підготовки бакалаврів «Фізичні методи в біології та медицині» та «Біомедичні нанотехнології в медичній діагностиці».

**Метою** викладання даних навчальних дисциплін є формування у студентів цілісної системи знань щодо теоретичних і практичних основ сучасних методів аналізу маси, форми, розміру макромолекул, дослідження конформаційної рухомості та структури біомолекул, а також теоретичних і практичних основ нанобіотехнології.

**Зміст дисципліни** «Фізичні методи в біології та медицині» розкривається у трьох розділах: Розділ 1. Визначення структури біологічних об'єктів методами прямого та непрямого спостереження фізика, Розділ 2. Методи визначення розміру, форми і молекулярної маси біомакромолекул та Розділ 3. Методи дослідження конформаційної рухливості та електронної структури біополімерів у розчині.

**Теми та питання, винесені на атестацію:**

## Частина 1. Фізичні методи в біології та медицині.

### Розділ 1. Визначення структури біологічних об'єктів методами прямого та непрямого спостереження

#### ***Оптична мікроскопія.***

Актуальність дослідження біомакромолекул. Основні поняття мікроскопічних методів дослідження. Різновиди мікроскопії. Види оптичної мікроскопії. Класифікація оптичних мікроскопів. Світлова мікроскопія. Будова оптичного мікроскопу. Основні характеристики оптичної системи. Поляризаційна мікроскопія. Флуоресцентна мікроскопія.

#### ***Електронна мікроскопія.***

Види електронних мікроскопів. Фізичні основи електронної мікроскопії. Поняття роздільної здатності. Залежність між довжиною хвилі і напруженою прискорення електронів в межах класичної та релятивістської механіки. Будова просвічувального електронного мікроскопу. Практичні обмеження електронної мікроскопії. Метод позитивного контрастування. Метод негативного контрастування. Особливості приготування зразка. Виявлення артефактів. Растрова електронна мікроскопія. Технічні можливості растрового електронного мікроскопу. Підготовка об'єктів для досліджень і вимоги до них. Різновиди растрових електронних мікроскопів.

#### ***Зондова мікроскопія.***

Техніка скануючої зондової мікроскопії. Скануюча силова мікроскопія: атомно-силова, електронно-силова та магнітно-силова мікроскопія. Принцип роботи скануючих зондових мікроскопів. Режими сканування силового мікроскопа. Застосування атомно-силової, електронно-силової та магнітно-силової мікроскопії. Скануюча тунельна мікроскопія. Близькопольна оптична мікроскопія.

#### ***Сучасні тенденції розвитку методів мікроскопії.***

Конфокальна мікроскопія. Концепція будови конфокального мікроскопа. Режими конфокальної мікроскопії. Принцип та схема роботи сучасного лазерного конфокального мікроскопа. Флуоресцентна мікроскопія суперроздільної здатності. Ідея методу мікроскопії суперрозділення. Принцип дії наноскопу. Кріоелектронна мікроскопія. Метод побудови тривимірних зображень. Метод вітрифікації.

#### ***Основи методу рентгеноструктурного аналізу.***

Основи кінематичної теорії розсіяння. Формула Брегга-Вульфа. Розсіяння рентгенівських променів вільним електроном. Опис рентгенівського розсіяння за допомогою фур'є-перетворення. Визначення структурного фактору. Вимога неоднорідності електронної густини. Дискретна картина дифракції від одномірного ланцюга атомів. Розсіювання від окремого атома або молекули, що входять до складу періодичного ланцюга. Рентгенівське розсіювання від двовимірної періодичної атомної ґратки. Рентгенівське розсіювання від тривимірних атомних ґраток. Розсіяння рентгенівських променів в кристалах. Фур'є-перетворення згортки. Інтерференційна функція Лауе. Сфера Евальда. Температурний множник інтенсивності розсіяння.

Інтегральна інтенсивність. Визначення просторової групи. Кристалографічна оцінка молекулярної маси. Використання просторової групи для отримання інформації про симетрію макромолекули.

#### ***Апаратура рентгеноструктурних досліджень.***

Генерування рентгенівського випромінювання. Структурна схема рентгенівського дифрактометра. Особливості реєстрації дифракційної картини дифрактометричним методом. Фактори, що впливають на профіль дифракційного максимуму. Вибір оптимального режиму вимірювання дифракційних спектрів.

#### ***Визначення структури глобулярних білків методом рентгеноструктурного аналізу.***

Етапи визначення структури молекули. Обчислення функції Паттерсона з вимірюваної інтенсивності розсіювання. Метод множинних ізоморфних заміщень. Структурні фактори для ізоморфних важкоатомних похідних. Використання паттерсонівських карт для локалізації важких атомів. Використання даних про положення важких атомів для оцінки фаз структурного фактора. Уточнення структурної моделі методом найменших квадратів. Інтерпретація карти електронної густини.

#### ***Особливості рентгенівської дифракції у волокнах.***

Рентгенівське розсіювання від волокон. Дискретний характер структурного фактора спіралі. Модель для  $\alpha$ -спіралі. Рентгенівське розсіювання від реальної  $\alpha$ -спіралі. Рентгенівське розсіювання від волокон нуклеїнових кислот.

## **Розділ 2. Методи визначення розміру, форми і молекулярної маси біомакромолекул**

### ***Метод седиментації та ультрацентрифугування.***

Загальні особливості гідродинамічних методів дослідження макромолекул. Седиментація під дією сили тяжіння або відцентрової сили. Ультрацентрифуга. Опис процесів переносу в ультрацентрифугузі. Рівняння Ламма. Рівняння Сведберга. Визначення молекулярної маси за швидкістю седиментації. Метод седиментаційної рівноваги. Метод наближення до седиментаційної рівноваги. Оцінка чистоти препаратів. Дослідження конформаційних змін у макромолекулах. Оцінка молекулярних мас. Залежність швидкості седиментації від концентрації. Вплив присутності кількох макромолекулярних компонентів. Зональне центрифугування багатокомпонентних систем.

### ***Метод дифузії.***

Дифузія макромолекул. Перенос маси як потік речовини. Закони дифузії Фіка. Рішення рівнянь Фіка. Вимірювання дифузії. Інтерпретація коефіцієнта дифузії з молекулярної точки зору. Вплив форми частинок на тертя поступального руху. Інтерпретація вміряних значень коефіцієнтів тертя.

### ***Віскозиметрія.***

Вимірювання в'язкості. Вплив швидкості зсуву на величину вимірюваної в'язкості. Вплив молекул розчиненої речовини на в'язкість розчину.

Залежність в'язкості від форми молекул. Визначення молекулярної маси за допомогою вимірювань в'язкості. Деякі випадки застосування віскозиметричних вимірів. Пружнов'язка релаксація.

### ***Інші методи визначення маси, форми та розмірів біомолекул.***

Гель-фільтрація. Властивості молекулярних сит пов'язаних з розмірами та конформацією макромолекул. Електрофорез. Розрахунок електрофоретичної рухливості. Електрофорез в присутності додецилсульфату натрію як метод визначення молекулярних мас. Подвійне променезаломлення. Поляризація при подвійному променезаломленні. Звичайний і незвичайний промені. Дихроїзм. Призма Ніколя. Оцінка асиметричності (форми), розмірів та поляризованості молекул методом подвійного променезаломлення. Визначення переважної орієнтації в потоці за допомогою подвійного променезаломлення. Осмометрія. Визначення молекулярної маси білків за осмотичним тиском їх розчинів. Релеєвське розсіювання. Пружне та непружне розсіювання світла. Рівняння Релея. Рівняння Дебая. Визначення молекулярної маси молекули за даними розсіювання світла. Векторні діаграми Мі. Фактор внутрішньої інтерференції. Діаграма Зімма.

## **Розділ 3. Методи дослідження конформаційної рухливості та електронної структури біополімерів у розчині**

### ***Спектроскопічні методи аналізу.***

Сутність методу ультрафіолетової та видимої спектроскопії. Будова молекули. Повна внутрішня енергія молекули. Походження молекулярних спектрів. Характеристика переходів між енергетичними рівнями і відповідних видів молекулярних спектрів. Електронні спектри. Типи переходів електронів в молекулі. Апаратурне обладнання. Фотоелектроколориметр та спектрофотометр. Основні вузли спектрофотометра. Сфери застосування.

### ***Коливальна спектроскопія.***

Коливання багатоатомної молекули. Елементи й операції симетрії. Заселеність коливальних рівнів. Нормальні коливання. Форми нормальних коливань. Ускладнюючі фактори в коливальних спектрах. Методи коливальної спектроскопії. Теоретичні основи інфрачервоної спектроскопії. Інфрачервоний спектр. Якісний і кількісний аналіз за ІЧ-спектрами. Прилади для інфрачервоної спектроскопії. Умови запису ІЧ-спектрів. Підготовка зразку до аналізу. Застосування ІЧ-спектроскопії. Задачі, які розв'язуються методами ІЧ-спектрометрії. ІЧ-спектри окремих класів органічних сполук. Структурний аналіз на основі ІЧ спектрів. Порядок виконання структурного аналізу ІЧ спектрів. ІЧ-Фур'є-спектроскопія. Інтерферометр. Теорія комбінаційного розсіювання світла. Класична теорія розсіювання випромінювання. Квантово-механічний підхід. Правила добору в спектроскопії комбінаційного розсіювання. Галузі застосування спектроскопії раманівського (комбінаційного) розсіювання. Особливості методу. Спектри КР. Застосування раманівської спектроскопії. Порівняння ІЧ-спектроскопії та спектроскопії раманівського розсіювання.

### ***Радіоспектроскопія.***

Розщеплення енергетичних рівнів у магнітному полі. Явище електронного парамагнітного резонансу. Спіновий магнітний момент атома. Умови виникнення ЕПР. Основні параметри спектрів ЕПР. Тонка структура у спектрах ЕПР. Схема будови ЕПР-спектрометра. Методи спінових міток і спінових «пасток». Метод подвійної ЕПР-спектроскопії. Особливості приготування зразків для ЕПР-спектроскопії. Застосування ЕПР. Магнітні властивості ядер. Взаємодія магнітного дипольного моменту ядра з магнітним полем. Умови спостереження ЯМР. Фактори, що визначають частоту резонансу. Форма сигналу ЯМР та фактори, що визначають її. Принципи реєстрації сигналу ЯМР. Блок-схема спектрометра ЯМР. Характеристики ЯМР спектрів. Хімічний зсув. Ефекти оточення електронами. Мультиплетність. Ефекти оточення ядрами. Фактори, що визначають константу спін-спінової взаємодії. Імпульсна фур'є-спектроскопія ЯМР. Двовимірна ЯМР-спектроскопія. Подвійний ЯМР-резонанс. Особливості підготовки зразків, підбору розчинників і стандартів для ЯМР-спектроскопії. Рідинний та твердофазовий ЯМР. Застосування ЯМР. Вивчення мембранних білків методом ЯМР.

### ***Мас-спектроскопія.***

Сутність методу мас-спектрометрії. Умови мас-спектроскопії та її характеристика. Іонізація молекул зразка. Закономірності руху іонів у мас-спектрометрі. Способи обчислення інтенсивності піків у мас-спектрах і подачі спектральних даних. Типи іонів, які реєструються в мас-спектрометрії. Правила мас-спектрометрії. Техніка і особливості досліджень методом мас-спектрометрії. Загальна схема приладу. Характеристики мас-спектрометра. Основні підходи до інтерпретації мас-спектрів. Основні етапи проведення експерименту. Типи мас-спектрометрів. Застосування мас-спектрометрії. Визначення молекулярної формули речовини. Установлення структури речовини за мас-спектром низької розрізняювальної здатності.

### ***Диференційна сканувальна калориметрія.***

Фізичні основи методу диференційної сканувальної калориметрії. Термодинамічні властивості біомакромолекул. Крива теплоємності рідких кристалів. Характеристика фазових переходів за даними диференційної сканувальної калориметрії. Крива плавлення ліпідів. Практичне застосування методу диференційної сканувальної калориметрії.

### ***Спектрометрія кругового дихроїзму.***

Оптично активні молекули. Хіральність молекул. Взаємодія світла з оптично активним середовищем. Молярний дихроїзм та молярна еліптичність. КД-спектр. Умови для спостереження КД-спектру. Визначення вторинної структури білків. Особливості третинної структури за даними КД-спектру. Аналітичні застосування методу кругового дихроїзму. Аналіз структури мембранних білків. Поляриметричний аналіз багатокомпонентних розчинів за допомогою методу кругового дихроїзму.

### ***Мессбауерівська спектроскопія.***

Основи мессбауерівської спектроскопії. Умови виникнення ефекту Мессбауера. Ширина лінії мессбауерівського спектру. Параметри мессбауерівських спектрів. Ізмерний зсув. Квадрупольне розщеплення. Надтонка структура магнітних взаємодій. Техніка і особливості досліджень методом мессбауерівської спектроскопії. Функціональна схема мессбауерівського спектрометра. Визначення основних параметрів мессбауерівських спектрів.

## Частина 2. Біомедичні нанотехнології в медичній діагностиці.

### ***Наноматеріали. Технології отримання наноматеріалів.***

Основні класи наноматеріалів. Основні властивості наночастинок. Отримання нанооб'єктів за допомогою технології «bottom-up». Отримання нанооб'єктів за допомогою технології «top-down».

### ***Наночастинки металів. Магнітні наночастинки.***

Основні характеристики наночастинок металів. Сучасні технології отримання наночастинок металів. Фізико-хімічні властивості наночастинок металів. Переваги магнітних наночастинок. Класифікація магнітних наночастинок. Магнітні рідини. Будова та кристалохімія магнетиту. Стабілізатори та дисперсійні середовища для створення магнітних рідин. Загальна характеристика наночастинок заліза. Фізико-хімічні та структурні властивості наночастинок заліза.

### ***Наночастинки благородних металів.***

Наночастинки золота: властивості, форма, будова, реакційна здатність. Поверхневий плазмонний резонанс. Застосування нанозолота в медицині. Наночастинки срібла: характеристика, будова, властивості, механізм дії. Використання наночастинок міді, оксиду титану, оксиду кремнію у фармації та медицині.

### ***Біоматеріали.***

Визначення та характеристика біоматеріалів. Натуральні та синтетичні біоматеріали. Класифікація біоматеріалів за відкликом живого організму. Хімічні, фізико-механічні та біологічні властивості біоматеріалів. Трансплантати та імплантати. Біосумісність біоматеріалів

### ***Вуглецеві наноматеріали.***

Стани атома вуглецю. Класифікація вуглецевих структур. Алотропи вуглецю. Типи просторових ґраток кристалів. Наноалотропи вуглецю.

### ***Графен.***

Визначення та основні відмінності графену. Історія отримання графену. Особливості електронної фізики графену. Застосування графену у біомедицині.

### ***Вуглецеві нанотрубки як нові алотропні модифікації вуглецю.***

Одношарові та багатошарові вуглецеві нанотрубки. Хіральність нанотрубок. Функціоналізовані вуглецеві нанотрубки. Властивості вуглецевих нанотрубок. Отримання вуглецевих нанотрубок. Застосування вуглецевих нанотрубок. Вуглецеві нанотрубки у біомедицині. Токсичність вуглецевих нанотрубок.

### ***Фулерени: структура, методи отримання та властивості.***

Відкриття фулеренів. Їх будова та властивості. Гіперфулерени, фулериди та фулерити як різновиди фулеренів. Застосування фулеренів. Антиоксидантна активність фулеренів. Методи створення проб фулеренів C<sub>60</sub> для біологічних досліджень. Розподіл в організмі та токсичність *in vivo*.

### ***Квантові точки.***

Класифікація нанооб'єктів за геометричним принципом. Квантові точки як напівпровідникові нанокристали. Квантово-розмірні ефекти. Оптичні властивості квантових точок. Фізичні методи синтезу квантових точок. Особливості біологічного синтезу кадмій-вмісних квантових точок. Використання квантових точок як люмінесцентних міток для візуалізації структур та процесів у живих клітинах.

### ***Молекулярні пристрої.***

Класи молекулярних пристроїв. Біоміметика. Джерела енергії для біомолекулярних двигунів. Фотоіндуковані реакції з переносом заряду в супрамолекулярних структурах. Ротаксани і катенани. Оптичні молекулярні пінцети. Штучний мускул.

### ***Мікро- і наноелектромеханічні системи.***

Конструктивні особливості мікоелектромеханічних (MEMS) та наноелектромеханічних систем (NEMS). Типи наноактюаторів. Матеріали і методи для виготовлення MEMS та NEMS. Застосування MEMS технологій. Нанобіоелектроніка.

### ***Нанороботи.***

Конструкція медичного наноробота. Класифікація медичних нанороботів. Біологічні мікро електромеханічні системи (БіоMEMS). Типи та технології отримання БіоMEMS. Функції БіоMEMS в організмі людини. Нанокompозити з функціями нанороботів. Біомедичні застосування нанороботів.

### ***Лабораторії на чипі.***

Переваги мікроаналітичних лабораторій (мікросистем повного аналізу, МПА). Типи та принципи дії біочипів. ДНК-мікроареї. Технології створення лабораторій на чипі. Застосування МПА у медицині. Медична нанотехніка. Смарт-терапія.

### **Список рекомендованих джерел:**

1. О.С. Волошина, М.М. Антонюк Методи досліджень в біотехнології: Конспект лекцій для студ. напряму 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. – К.: НУХТ, 2012. – 157 с.
2. Електрофоретичні методи аналізу / А. Ю. Куліков, О. С. Чернишова, Н. О. Никітіна. - Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 68 с.
3. Хроматографічні та електрофоретичні методи аналізу біологічних макромолекул : метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт з курсу «Методи аналізу в біотехнології» для студ. спец. 8.091607 «Біотехнологія» / уклад. : В.



Ю. Черненко, Ж. М. Івахненко. – К. : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2005. – 48 с.

4. Методичні рекомендації до вивчення теми «Інфрачервона спектроскопія» з дисципліни «Фізичні методи дослідження речовини» для студентів спеціальностей 102 «Хімія», 014 «Середня освіта (Хімія)» / Укладачі доц. Юрченко О.М., проф. Кормош Ж.О., доц. Савчук Т.І., доц. Корольчук С.І. – Луцьк: ФОП Іванюк В.П. – 80 с.

5. Дідух В. Д. Біологічна фізика з фізичними методами аналізу : навч. пос. / В. Д. Дідух, Ю. А. Рудяк, О. А. Багрій-Заяць. — Тернопіль, 2021.—305 с.

6. Мас-спектрометрія : підручник / О. В. Іщенко, С. В. Гайдай, О. А. Беда. – К. : ВПЦ "Київський університет". 2018. – 244 с.

7. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих на-вчальних закладів / Д.О. Мельничук, С.Д. Мельничук, В.М. Войціцький та ін.: за ред. акад. Д.О. Мельничука. – К.: ЦП «Компринт», 2016. – 289 с.

8. Фізичні методи дослідження в хімії: навчальний посібник для самостійної роботи (для студентів спеціальності «Хімія» хімічного факультету) / уклад.: М. М. Олійник, М. В. Горічко, О. М. Швед та ін. – Вінниця: ДонНУ, 2015. – 198 с.

9. Остапченко Л. І. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації: методи дослідження : навч. посіб. / Л. І. Остапченко, І. В. Компанець, Т. Б. Синельник. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2017. – 447 с.

10. Афанасьєва К. С. Фізичні методи в молекулярній генетиці : навч. посіб. / К. С. Афанасьєва ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. – К. : Київський університет, 2016. – 127 с.

11. Мартиненко О. І. Методи молекулярної біотехнології : лаборат. практик. / О. І. Мартиненко ; наук. ред. Д. М. Говорун. – Київ : Академперіодика, 2010. – 231 с.

12. Суховія М.І., Шафраньош М.І., Шафраньош І.І., Методи медико-біологічних досліджень. (навч. посібник для студ. спец. «Біомед. інж.»). - Ужгород: Вид. УжНУ, «Говерла», 2022. –53 с.

13. Methods in Molecular Biophysics: Structure, Dynamics, Function for Biology and Medicine. – N.R. Zaccai, I.N. Serdyuk, J. Zaccai. - Cambridge University Press, 2017.

14. Principles and Techniques of Biochemistry and Molecular Biology. – K. Wilson, J. Walker. – Cambridge University Press, 2010. – 736 p.

15. Biophysical Chemistry of Proteins: An Introduction to Laboratory Methods. – E. Vuxbaum. – Springer Science & Business Media, 2010. – 510 p.

16. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., М.І. Цвіліховський, І.Я. Коцюмбас, М.О. Захаренко, А.Ф. Ображей, А.М. Головка, Біотехнологія: Підручник. - К.: Фірма «ІНКОС», 2006. – 647 с.

17. Шуаїбов О.К., Грицак Р.В. Біомедична інженерія. Вступ до спеціальності.: Навчальний посібник. – Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Видавництво «Говерла», 2019. – 177 с.
18. І.С. Чекман, З.Р. Ульберг, В.О. Маланчук, Н.О. Горчакова, І. А. Зупанець, Нанонаука, нанобіологія, нанофармація. Монографія. - К.: Поліграф плюс, 2012. - 328 с .
19. С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, П.П. Горбик, І.В. Уварова. Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення: монографія – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 480 с.
20. О. М. Завражна, О. О. Пасько, А. І. Салтикова. Основи нанотехнологій – Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 184 с.
21. Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. Наноматеріалознавство - Херсон : ОЛДІ - плюс, 2015. - 550 с.
22. Поплавко Ю.М., Борисов О.В., Якименко Ю.І. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка - Київ : НТУУ "КПІ", 2012. - 300 с.
23. Уварова І.В., Максименко В.Б. Біосумісні матеріали для медичних виробів / Навчальний посібник ФБМІ НТУУ «КПІ» – Київ: КІМ, 2013. – 232 с.
24. Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої – Київ: «Інтерсервіс», 2015. – 350 с.
25. Вимірювання у нанотехнологіях: методи і засоби: навч. посіб. / П. Р. Гамула [та ін.] ; за ред. Б. І. Стадника, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2016. – 186 с.
26. О. М. Назаров, М. М. Нищенко Наноструктури та нанотехнології: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. - Нац. авіац. ун-т. – К. : НАУ, 2012. — 245 с.
27. Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, Ю. І. Якименко. Нанофізика, наноматеріали, наноелектроніка: навч. посіб, Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». — К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 299 с.
28. В. Малишев, Н. Кущевська, О. Папроцька, О. Терещенко. Наноматеріали та нанотехнології /, вид. Університет «Україна», 2018. – 140 с.
29. Хорошилова Т. І., Хромишев В.О., Рябов С.В., Хромишева О.О. Нанохімія - Мелітополь, 2014.- 206 с.

### **3. СТРУКТУРА ЕКЗАМЕНУ ТА МЕТОДИКА ЙОГО ПРОВЕДЕННЯ**

Атестаційний екзамен є методом об'єктивного контролю якості вищої освіти фахової підготовки студентів. Рівень фахової підготовки встановлюється опосередковано за допомогою завдань і складається з двох частин, що дозволяє перевірити сформованість відповідних компетентностей:

- 1) письмова перевірка знань з дисципліни «Фізичні методи в біології та медицині», що входить до програми кваліфікаційного іспиту.
- 2) письмова перевірка знань з дисципліни «Біомедичні нанотехнології в медичній діагностиці», що входить до програми кваліфікаційного іспиту.

Процедура проведення атестаційного екзамену:

1. На екзамені кожен студент групи отримує бланк для написання відповіді. Викладач проводить інструктування щодо заповнення бланка відповіді. У бланку кожен студент повинен зазначити власні реквізити (групу, прізвище, ініціали), дату проведення екзамену.

2. Екзаменаційна комісія відкриває конверт з білетами. Отримавши білет, кожен студент у бланку відповідей фіксує його номер.

3. На першому етапі екзамену проходить розгорнута письмова відповідь на два теоретичних питання з фахової дисципліни підготовки бакалавра «Фізичні методи в біології та медицині» протягом 120 хвилин.

4. На другому етапі – розгорнута письмова відповідь на теоретичне питання з фахової дисципліни «Біомедичні нанотехнології в медичній діагностиці» протягом 60 хвилин.

5. Після перевірки та усного обговорення членами ЕК письмових екзаменаційних робіт студента члени ЕК виставляють підсумкові оцінки.

#### **4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ**

При формуванні загальної оцінки виходити з того, що у структурі атестаційного екзамену питання теоретичної частини завдання з курсу «Фізичні методи в біології та медицині» становлять 60 % (теоретичне питання з розділу 1 (П1), теоретичне питання з розділу 2 або розділу 3 (П2), кожне по 30 балів), а питання теоретичної частини завдання з курсу «Біомедичні нанотехнології в медичній діагностиці» – 40 % (одне теоретичне питання (П3) – 40 балів).

Виконання кожного завдання оцінюється балом по шкалі від 0 до 100, наведеним у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Відповідності балів та критеріїв оцінювання атестаційного іспиту студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

№ з/п	Кільк. балів	При оцінці відповідей на теоретичні питання
1	0	Виявлено, що студент виявив академічну недобросовісність.
2	0	Відсутність відповіді
3	1-19	Часткова відповідь з критичними помилками та суперечностями. Наведено лише визначення окремих термінів, які входять до тематики сформульованого питання
4	20-39	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено лише загальні відомості з тематики питання.
5	40-49	Неповна відповідь з низкою некритичних помилок та суперечностей. Наведено нечітку, неконкретну та неповну відповідь

6	50-59	Неповна та нечітка відповідь з окремими некритичними помилками та суперечностями.
7	60-69	Неповна відповідь з 1 – 2 незначними помилками та неточностями.
8	70-79	Наведено правильну в цілому відповідь з окремими порушеннями логіки викладення матеріалу або без належних ілюстрацій. Є зауваження до оформлення відповіді, що ускладнює розуміння тексту
9	80-89	Повна розгорнута правильна відповідь з окремими незначними неточностями. Є зауваження до оформлення тексту або ілюстрацій.
10	90-100	Повна розгорнута з точки зору сучасних наукових фізичних уявлень відповідь без помилок. Додатково оцінюється стиль та грамотність викладання матеріалу.

Загальна оцінка єдиного атестаційного іспиту за шкалою від 0 до 100 балів розраховується за формулою:

$$\text{Оцінка} = 0,3 \cdot \text{П1} + 0,3 \cdot \text{П2} + 0,4 \cdot \text{П3},$$

де П1, П2, П3 – бали за виконання окремих завдань екзаменаційного білета.

Якщо «Оцінка» не є цілим числом, то результат округлюється до цілого показника у бік збільшення.

Відповідність балів оцінці за національною чотирирівневою шкалою наведена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Відповідності балів та оцінки за національною шкалою при складанні атестаційного екзамену студентами освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

Бали	За національною шкалою
90-100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно