

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.Б.

(вказати П.І.Б керівника)

“ 28 ” серпня 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Біомедичні нанотехнології (Біонаноматеріали)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

галузь знань 10 – "Природничі науки"

спеціальність 105 – "Прикладна фізика та наноматеріали"

освітня програма освітньо-професійна програма "Біомедичні нанотехнології"

вид дисципліни вибіркова

факультет ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

ВСТУП

1. Опис навчальної дисципліни

Робочу програму навчальної дисципліни «Біонаноматеріали» 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 «Біонаноматеріали» є необхідною складовою циклу професійної підготовки фахівців першого освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр». Дисципліна дозволяє сформуванню у студентів розуміння сучасних основних напрямків використання біонаноматеріалів в медицині, біомедицині, оволодіти теоретичними основами фізико-хімічних аспектів взаємодії біонаноматеріалів різних класів з організмом людини, а також сформуванню практичних навичок характеристики та оцінки біосумісності біонаноматеріалів.

1.1. **Метою** викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів із сучасними уявленнями про передові розробки в галузі біонаномедицини та біонанотехнології, зокрема, про використання біонаноматеріалів для профілактики, діагностики та терапії хвороб різних систем організму, розробку новітніх методів лікування захворювань та систем адресної доставки ліків за допомогою нанорозмірних біоструктур.

1.2. Основні **завдання** вивчення дисципліни:

- узагальнення і систематизація знання про сучасні напрями і перспективи розвитку біонаноматеріалознавства;
- ознайомлення та набуття практичних навичок отримання дизайну біонаноматеріалів різних класів;
- вивчення основних механізмів, що лежать в основі біосумісності біонаноматеріалів;
- ознайомлення та вивчення загальних медико-технічних вимог до матеріалів, що контактують з біологічним середовищем, біологічних реакцій організму на матеріали, що імплантуються;
- характеристика основних видів біонаноматеріалів та напрями їх використання.

Вивчення дисципліни «Біонаноматеріали» 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 7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ФК 3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

ФК 4. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.

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

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

1.3. Кількість кредитів: 7

1.4. Загальна кількість годин: 210

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
4-й
Семестр
8-й
Лекції
56 год.
Лабораторні роботи
56 год.
Самостійна робота
98 год.
Індивідуальні завдання
5 год.

1.6. Заплановані результати навчання

Очікувані результати навчання відповідають програмним результатам навчання ОП «Біомедичні нанотехнології» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»:

ПРН-2. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

ПРН-3. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

ПРН-4. 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-5. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРН-6. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

ПРН-7. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

ПРН-8. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

ПРН-9. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

ПРН-10. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

ПРН-11. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.

ПРН-18. 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-19. 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-20. 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 навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.

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

знати та розуміти: а) основні класи та фізико-хімічні властивості біонаноматеріалів та біонаноконструкцій; б) основні класи біонаноматеріалів для медичної апаратури та інструментів, клітинної інженерії та біодруку; в) основні методи та технології отримання нанорозмірних біоматеріалів; г) основні підходи до діагностики та лікування захворювань за допомогою нанотехнологічних методів з використанням біонаноматеріалів.

вміти: а) аналізувати та систематизувати інформацію щодо методів дослідження біонаноматеріалів з подальшим використанням в медицині; б) включати отримані знання у вже існуючу систему знань і застосовувати їх в самостійних розробках; в) самостійно планувати проведення досліджень, спрямованих на дизайн терапевтичних платформ на основі біонаноматеріалів; г) генерувати нові плідні науково-технічні і інноваційні ідеї для реалізації задач біонаноматеріалознавства.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Тема 1. Біонаноматеріали як особливий клас наноматеріалів

Загальні поняття наноматеріалознавства. Характерні особливості наноматеріалів. Класифікація нанорозмірних об'єктів за розмірністю, топологією, складом, розподілом та формою структурних елементів. Біоматеріалознавство. Нанорозмірні біологічні об'єкти. Фундаментальна матеріалознавча тріада. Напрямки розвитку нанобіотехнології. Структурні та функціональні властивості біологічних об'єктів, як основа для створення біонаноматеріалів. Нанобіомедицина

Тема 2. Унікальні фізико-хімічні властивості наноматеріалів

Сутність розмірних ефектів та їх прояви в біології. Внутрішні і зовнішні, класичні та квантові розмірні ефекти. Вплив розмірних ефектів на структурні, механічні, електронні, оптичні та термодинамічні властивості наноматеріалів.

Тема 3. Наноматеріали природного походження

Біологічні нанооб'єкти: білки, нуклеїнові кислоти, полісахариди, глікопротеїни, ліпопротеїди, желатин, хітозан, віруси, екзосоми тощо. Поняття молекулярного розпізнавання та молекулярної інкапсуляції. Самозбірка та самоорганізація як ключові принципи створення біонаноматеріалів. Біоструктури як темплати для синтезу неорганічних наноматеріалів. Приклади застосування функціональних білків у наномедицині. Збірка наноструктур різної топології на основі ДНК.. ДНК-орігамі. Біоміметичні наноструктури та пристрої.

Тема 4. Біосумісні наноматеріали для адресної доставки ліків

Переваги спрямованої доставки лікарських препаратів. Технології контрольованого вивільнення ліків. Типи керованого таргетування. Види наноконтейнерів для інкапсуляції та транспортування біологічно активних речовин: міцели, везикули, дендримери, рідкі кристали, нанокапсули, наносфери. Наночастинки типу ядро-оболонка. Багатофункціональні наночастинки. Переваги ліпідних везикул (ліпосом) як наноносіїв

фармакологічних агентів. Методи інкапсуляції ліків у ліпосоми. Методи націлювання систем доставки фармакологічних препаратів. Імуноліпосоми. Полімерні системи контрольованої доставки ліків Підвищення ефективності наносистем доставки адресного транспортування лікарських речовин.

Тема 5. Біомагнетизм і біогенні магнітні наночастинки у біотехнології та медицині

Типи біогенних магнітних наночастинок (БМН). Функції БМН в живих організмах. Фізико-хімічні властивості БМН. Магнітосоми. БМН в бактеріях, археях та багатоклітинних організмах. БМН в органах та тканинах людини у нормі і при патології. Феритин. Біогенний магнетит. Основні стадії біомінералізації БМН. М=Магніточутливі носії та нанокомпозити. Магнітокеровані наносії ліків. Магнітна силова мікроскопія БМН. Перспективи застосування БМН у медицині.

Тема 6. Матеріали для ортопедії та стоматології

Загальна характеристика матеріалів для ортопедичних імплантатів. Модуль Юнга для різних біоматеріалів. Властивості металевих матеріалів та їх використання в ортопедії та стоматології. Класифікація та властивості біокерамічних матеріалів. Біоінертна та біоактивна біокераміка. Природні та штучні полімерні матеріали в медицині. Біоінертні, біоактивні, біодеградовані полімери. Водорозчинні полімерні системи та гідрогелі. Основні вимоги стосовно біосумісності полімерних матеріалів. Приклади застосування полімерів в медицині.

Тема 7. Матеріали для реконструктивних медичних технологій

Матеріали та вироби для реконструкції систем кровообігу. Біосумісність біоматеріалів, що контактують з кров'ю. Гемосумісність судинних протезів. Матеріали для протезів кровонесних судин. Матеріали для серцево-судинної хірургії. Матеріали для стентів. Основні вимоги до стентів. Матеріали для протезів клапанів серця. Основні вимоги до штучних клапанів серця. Матеріали для реконструкції м'яких тканин і внутрішніх органів. Штучні покриття шкіри. Сорбційні матеріали. Біоматеріали для хірургічного шва.

Тема 8. Матеріали для клітинних технологій та тканинної інженерії

Тканинна інженерія як основа відновлення органів. Біоматеріали для клітинних матриксів. Основні вимоги до клітинних матриксів. 2D та 3D матрикси. Матрикси на основі біополімерів. Гідрогелі. Культивування клітин людини. Типи та технології культивування стовбурових клітин. Клітинні технології у серцево-судинній хірургії.

Тема 9. Штучні органи і матеріали для їх конструювання

Створення органів і тканин із використанням функціональних клітин. Поживні культуральні середовища. Матеріали для створення штучної нирки та легень. Матеріали для очних імплантатів. Біовухо. Штучне серце.

Тема 10. Допоміжні біоматеріали: адсорбенти, абсорбенти та антибіотики

Вуглецеві сорбенти медичного призначення. Сорбційний потенціал вуглецевих сорбентів. Залежність сорбційних характеристик вуглецевих матеріалів від їх пористості. Алмазні сорбенти. Оцінка токсичності матеріалів на основі вуглецю. Комбіновані ентеросорбенти. Використання біоматеріалів для покращення селективної дії антибіотиків. Фторвуглецеві полімери як нові гемосумісні матеріали.

Тема 11. 3D моделювання органів людини

Основні принципи побудови 3D-моделей. Функціональні можливості програм для побудови та роботи з 3D-моделями. Особливості програмного забезпечення для медичного 3D-моделювання. Сегментація зображень. Будова 3D-сканеру для створення 3D-моделі. Підбір технології друку.

Тема 12. 3D біопрінтинг

Принципова схема типового 3D-принтеру. 3D-принтери закритого та відкритого типів. Класифікація, хімічний склад та фізико-хімічні властивості основних матеріалів для

друку. Матеріали для друку моделей біомедичного призначення. Обробка моделей після друку. 3D-принтери для виготовлення медичних імплантів. Біосумісні полімери.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Тема 1		5	4		8
Тема 2		4			8
Тема 3		5	5		8
Тема 4		4	5	3	8
Тема 5		5	10		8
Тема 6		5			8
Тема 7		5	9		9
Тема 8		4	5		8
Тема 9		5		1	8
Тема 10		5			8
Тема 11		4	4		9
Тема 12		5	14	1	8
Усього годин	210	56	56	5	98

4. Теми лабораторних робіт

	Назва теми	Кількість годин
1.	Основні методи дослідження біосумісних властивостей біоматеріалів	4
2.	Отримання ліпосом методом екструзії	4
3.	Інкапсуляція гідрофільних та гідрофобних фармакологічних агентів в ліпосоми на прикладі доксорубіцину та хелату европію	5
4.	Амідоїдні фібрили як особливий клас білкових наноматеріалів	5
5.	Біологічні реакції на імплантати	5
6.	Взаємодія біокераміки з кістковою тканиною	5
7.	Біодеградація біоматеріалів, що використовуються для імплантатів	5
8.	Основні способи оцінювання гемосумісності полімерних матеріалів	4
9.	Біоматеріали для клітинної та тканинної інженерії	5
10.	Адитивні технології для 3D друку	4
11.	Підготовка 3D моделей для друку	5
12.	Метод екструзійного друку	5
13.	Особливості друку біологічної шкіри	4
	Разом	56

5. Завдання для самостійної роботи

	Назва теми	Кількість годин
1.	Основні напрямки використання біонаноматеріалів в медицині	4
2.	Фактори, які визначають вибір металів і сплавів в якості біоматеріалів	4
3.	Застосування полімерних матеріалів для медичних ціле	4
4.	Основні детермінанти біосумісності біокераміки	4
5.	Застосування полімерів в травматології, ортопедії та офтальмології	3
6.	Наноматеріали для нейроінженерії	4
7.	Нанобіотехнологія вірусів	4
8.	Етапи створення тканинно-інжинірингового імплантату	4
9.	Системи контрольованої доставки біоактивних речовин у лікувальних та діагностичних цілях.	4
10.	Основні методи оцінки біосумісності матеріалів медичного призначення	4
11.	Нанотехнологічні біокоректори і сорбенти для медицини	3
12.	Молекулярні мотори як двигуни для нанороботів	4
13.	Шляхи підвищення стабільності біонаночастинок	4
14.	Наноматрикси для стовбурових клітин	4
15.	Неліпосомальні ліпідні наноструктури	4
16.	Поліморфізм біонаночастинок	4
17.	Біомедичні нанотехнології у регенеративній медицині.	4
18.	Наночастинки у кардіології.	4
19.	Друк на клітинах, стовбурових клітинах	4
20.	3D-друк для ортопедичних імплантатів	4
21.	Нетипові види 3D принтерів	4
22.	Особливості друку біологічними матеріалами	4
23.	Поведінка біоматеріалів під час біодруку	4
24.	Білкова інженерія як складова молекулярної біотехнології.	4
25.	Створення штучних білків зі специфічними властивостями	4
	Разом	98

6. Індивідуальні завдання

Курсова робота обсягом 1 год., розрахунково-графічна робота обсягом 3 год. та реферативна робота обсягом 1 год.

7. Методи контролю

Поточний контроль на практичних заняттях. Виконання контрольних робіт, виконання домашніх завдань. Письмовий екзамен в 8 семестрі.

8. Схема нарахування балів

8-й семестр

Домашні завдання	Лабораторні роботи	Контрольна робота	Залік	Сума
16	24	20	40	100

1. Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен виконати всі розрахункові роботи, домашні завдання, виконати (дистанційно або письмово) контрольну роботу.
2. Рейтинг кожної роботи, термін її виконання та подання оформлених робіт визначається викладачем, який веде практичні заняття.
3. 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.
4. Семестровий екзамен вважається зданим, якщо сума балів за залік ≥ 10 балів. Якщо сума отриманих студентом на заліку балів виявляється меншою ніж 10, необхідно перескладання заліку.
5. Семестровий екзамен вважається складеним, якщо сума балів за екзамен ≥ 10 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка заліку	Оцінка екзамену
90 – 100	зараховано	відмінно
70 – 89		добре
50 – 69		задовільно
1 – 49	не зараховано	незадовільно

9. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Підручники, навчальні посібники.

10. Рекомендована література

1. Біосумісні матеріали для медичних виробів: навч. посіб. / І.В. Уварова, В.Б. Максименко. — К.: КіМ, 2013. — 231 с.
2. Наноматеріали в медицині: навч. посіб. / І.В. Уварова, В.Б. Максименко, Т.М. Ярмола. — К.: КіМ, 2013. — 172 с.
3. Біоматеріали та біосумісність: навч. посіб. / О.Я. Беспалова. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 97 с.
4. Композиційні та наноматеріали: навч. посіб. / О.Є. Колосов. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. — 224 с.
5. Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення: монографія / С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, П.П. Горбик, І.В. Уварова. — Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. — 480 с.
6. Наноматеріали, нанотехнології, нанопристрої / Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л. — Київ: «Інтерсервіс», 2015. — 350 с.
7. Нанохімія і наноматеріали: навч. посіб. / Т. А. Донцова, М. І. Літинська, Ю. М. Феденко. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 170 с.
8. Регенеративна та біофармацевтична інженерія. Розробка технічного файлу на медичний виріб / О.Я. Беспалова. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. — 124 с.
9. Bionanotechnology: lessons from nature / D.S. Goodsell. — New Jersey: Wiley, 2004. — 337 p.

10. Plenty of room for biology at the bottom: Introduction to bionanotechnology / E. Gazit. – London: Imperial College Press, 2013. – 214 p.

11. Додаткова література

1. Прикладна біохімія та біоматеріали. Практикум / О.Я. Беспалова. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 45 с.

2. Національний стандарт України ДСТУ 3627:2005. Вироби медичні. Розроблення і ставлення на виробництво. Основні положення. – Київ. – 2005

3. Ibrahim T. Ozbolat. 3D Bioprinting: Fundamentals, Principles and Applications.- 2016.- p. 126-262.

4. Williams DF. On the mechanisms of biocompatibility. Biomaterials. – 2008 – Vol. 29. P. 2941–2953.

5. International Standard ISO 10993-1. Biological evaluation of medical devices. Reproduced By Global Engineering Documents With The Permission of ISO Under Royalty Agreement.

6. Методи молекулярної біотехнології: Лабораторний практикум / О. І. Мартиненко. – Київ: Академперіодика, 2010 – 232 с.

7. 3D Bioprinting: Fundamentals, Principles and Applications / I. Ozbolat. – 2016. – Academic Press. – 356 p.

8. 3D Bioprinting and Nanotechnology in Tissue Engineering and Regenerative Medicine, 2nd ed. / L. Zhang, K. Leong, J. Fisher. – 2022. – Academic Press. – 562 p.

9. Інтернет-ресурс «Molecular Machinery of Life»,
<https://www.youtube.com/watch?v=FJ4N0iSeR8U>

10. Інтернет-ресурс «Expelled - Cell Animation»,
<https://www.youtube.com/watch?v=ZDH8sWiUsAM>

11. Інтернет-ресурс «Expelled - Cell Animation»,
<https://www.youtube.com/watch?v=ZDH8sWiUsAM>