НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Державна установа
«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України
_____Ярослав БЛЮМ
наказ № 22 від 22 травня 2026 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

БІОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК ТА ЗАСТОСУВАННЯ НАНОСТРУКТУР У БІОЛОГІЇ

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії
галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика.

спеціальність Е1«Біологія та біохімія»

Шифр за ОНП – ВК 2.8.

КИЇВ – 2026

Робоча програма навчальної дисципліни **«Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології»** для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань Е Природничі науки, математика та статистика за спеціальністю Е1 Біологія та біохімія.
«22» травня 2026 року – 15 с.

Розробник:
Пірко Я.В., д.б.н., с.н.с.

Робоча програма **дисципліни «Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології»** схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» (протокол № 8 від «21» травня 2026 року).

Робоча програма дисципліни «Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології» розглянута на засіданні випускового відділу геноміки та молекулярної біотехнології «ІХБГ НАН України».

Завідувач відділу академік НАН України Ярослав БЛЮМ

20 травня 2026

© **Пірко Я.В.** , 2026 рік
© _____, 20_ рік
© _____, 20__ рік

ВСТУП

Навчальна дисципліна **«Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології»** є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* Е Природничі науки, математика та статистика за *спеціальністю* Е1 Біологія та біохімія.

Дана дисципліна є навчальною дисципліною за вибором аспіранта за ***спеціальністю*** Е1 Біологія та біохімія.

Викладається у 3 семестрі ІІ курсу аспірантури **в обсязі – 120 год *(4 кредити ECTS)*** зокрема: *лекції – **20** год, практичні роботи – **20** год, самостійна робота – **80** год.* У курсі передбачено *1 змістовий модуль*. Завершується дисципліна **заліком.**

Мета дисципліни – формування системного і цілісного уявлення про сучасні методи та підходи нанобіотехнології для створення наноприладів, вивчення біологічних систем, а також використання наночипів і нанороботів.

Завдання –

1) сформувати уявлення стосовно протеїн-ліпідних агрегатів;
2) дати уявлення про супермолекулярні комплекси ДНК, їх синтез, характеристику та властивості;
3) ознайомити із синтезом неорганічних наночастинок (срібла та золота, окису заліза тощо) та їх застосуванням і використанням в біології та медицині;
4) сформувати уявлення про основні методи аналізу наноструктур: трансмісійна електронна мікроскопія, скануюча електронна мікроскопія, конфокальна та флуоресцентна мікроскопія, ДНК макроарей, білковий макроарей тощо;
5) надати інформацію про «живі» наномашини, біосенсори, біочіпи;
6) ознайомити із біоміметичними наноструктурами.

В результаті вивчення навчальної дисципліни у здобувачів мають бути сформовані:

Інтегральна компетентність (ІК)

Здатність розв’язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розробляти та управляти проектами.

ЗК04. Здатність мотивувати людей та рухатися вперед.

ЗК05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК06. Здатність працювати автономно та в команді.

ЗК07. Здатність розуміти та застосовувати на практиці цінності, принципи і правила академічної доброчесності, дотримуватись принципу неприпустимості корупції.

Спеціальні (фахові) компетентності СК):

СК01. Здатність аналізувати явища та процеси з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, адекватно застосовувати концептуальні та методологічні знання в галузі біології.

СК02. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, зокрема, і міждисциплінарних.

СК03. Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові ідеї.

СК04. Здатність ініціювати, планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які мають бути оприлюднені у наукових виданнях.

СК05. Здатність обирати методи та критерії оцінки досліджуваних феноменів та процесів в галузі біології відповідно до цілей та завдань наукового дослідження.

СК06. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК07. Здатність ініціювати, розробляти, реалізовувати комплексні інноваційні проєкти.

СК08. Здатність оприлюднювати результатів наукових досліджень в усній і письмовій формах відповідно до національних та міжнародних стандартів у академічній спільноті та суспільстві.

СК09. Здатність дотримуватись етичних принципів, академічної доброчесності та авторського права в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК10. Здатність сформувати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір, навчатись упродовж життя.

СК11. Здатність використовувати закономірності та сучасні досягнення молекулярної генетики, клітинної біології, біотехнології у поєднанні з сучасним інструментарієм для дослідження біологічних систем та процесів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напряму, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

РН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямах.

РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми цитоплазматичної спадковості з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

РН08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

РН10. Мати чіткі сучасні уявлення про структуру, тонку структура генів, еволюцію генетичних систем клітин, біосинтез ДНК, механізми та закономірності передачі генетичної інформації від клітини до клітини, від покоління до покоління, експресію генів, що проявляються в конкретних ознаках і властивостях клітин; методи вивчення нуклеїнових кислот та розроблення нових методів і біотехнологій для практичного використання.

Місце дисципліни (*в структурно-логічній схемі підготовки фахівців*.)

Навчальна дисципліна «Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології» є вибірковою навчальною дисципліною програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 Біологія за *спеціальністю* 091 Біологія та біохімія.

Дисципліна висвітлює загальні принципи і підходи до сучасних методів отримання та аналізу наноструктурних матеріалів та їх подальшого використання у біології та медицині.

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології» є обов'язкові дисципліни «Методологія наукових досліджень», «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин», «Геномна інженерія та синтетична біологія», «Структурна та функціональна геноміка».

Навчальна дисципліна «Біосинтез наночастинок та застосування наноструктур у біології» є дисципліною за вибором для поглиблення знань та вмінь у системі професійної підготовки третього (освітньо-наукового) рівня з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю Е1 Біологія та біохімія.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль. Нанобіотехнологія. Біоміметичні наноструктури. «Зелений» синтез наночастинок. Методи аналізу наноструктурних матеріалів.

Тема 1. Нанобіотехнологія. Біоміметика, біоміметичні наноструктури. Протеїн-ліпідні агрегати. (***18*** *год.*)

Нанобіотехнологія. Основні пріоритетні напрямки нанобіотехнології. Біоміметика, біоміметичні наноструктури (біологічні мембрани, протеїн-ліпідні комплекси, використання біомиметичних мембран у нанобіотехнології). Протеїн-ліпідні агрегати.

Тема 2. Неорганічні наночастки. Вуглецеві наноматеріали. «Зелений» синтез та використання наночастинок металів з плазмонним резонансом. **(*20 год.*)**

Неорганічні наночастинки і їх використання в біології та медицині. Фулерени, нанотрубки, графени. «Зелений» синтез наночастинок металів (срібла та золота) з плазмонним резонансом.

Тема 3. Загальна характеристика квантум-дот наночастинок **(*20 год.*)**

Загальна характеристика квантум-дот наночастинок. CdS – наночастинки. Застосування квантум-дот наночастинок в дослідженнях in vitro та in vivo.

Тема 4. Методи аналізу наноструктурних матеріалів. **(*18 год.*)**

Методи аналізу наноструктурних матеріалів (флуоресцентна мікроскопія, конфокальна мікроскопія, атомна силова мікроскопія, трансмісійна електронна мікроскопія, скануюча електронна мікроскопія, спектроскопічні методи аналізу).

Тема 5. Біосенсори. Біочіпи. Біологічні наноробототи. **(*21 год.*)**

Біосенсори. Біочіпи. Створення біологічних наночипів для діагностики соматичних та інфекційних захворювань, в тому числі для видової ідентифікації збудників особливо небезпечних захворювань та токсинів. Створення біологічних нанороботів, що здатні ліквідовувати дефекти в організмі хворої людини завдяки нанохірургічному втручань. ДНК та білковий макроарей.

Тема 6. Перенесення генетичного матеріалу за допомогою різноманітних наноматеріалів. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології. (***23 год.***)

Перенесення генетичного матеріалу за допомогою різноманітних наноматеріалів (наноночастинок металів, вуглецевих наноматеріалів). Використання наночастинок як лікувальних препаратів нового покоління, а також як контейнерів для адресної доставки ліків в клітини-мішені. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ,
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

з/п	Назва	Кількість годин		
		лекції	практичні	СРС
	Змістовий модуль *Нанобіотехнологія. Біоміметичні наноструктури. «Зелений» синтез наночастинок. Методи аналізу наноструктурних матеріалів.*			
1	**Тема 1**. *Нанобіотехнологія. Біоміметика, біоміметичні наноструктури. Протеїн-ліпідні агрегати.*	2	3	9
2	**Тема 2.** *Неорганічні наночастки. Вуглецеві наноматеріали. «Зелений» синтез та використання наночастинок металів з плазмонним резонансом*	4	3	15
3	**Тема 3**. *Загальна характеристика квантум-дот наночастинок*	4	3	15
4	**Тема 4.** *Методи аналізу наноструктурних матеріалів*	2	3	9
5	**Тема 5.** *Біосенсори. Біочіпи. Біологічні наноробототи*	4	4	16
6	**Тема 6.** *Перенесення генетичного матеріалу за допомогою різноманітних наноматеріалів. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології*	4	4	16
	ВСЬОГО	**20**	**20**	**80**

Загальний обсяг – ***120*** *год* ***(4 кредити ECTS)****, у* тому числі:
Лекцій – ***20*** *год.*
Практичні заняття – ***20*** *год.*
Самостійна робота – ***80*** *год.*

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ

Нанобіотехнологія. Біоміметичні наноструктури. «Зелений» синтез наночастинок. Методи аналізу наноструктурних матеріалів.

ТЕМА 1. *НАНОБІОТЕХНОЛОГІЯ. БІОМІМЕТИКА, БІОМІМЕТИЧНІ НАНОСТРУКТУРИ. ПРОТЕЇН-ЛІПІДНІ АГРЕГАТИ* ***(14 год)***

Лекція 1. *НАНОБІОТЕХНОЛОГІЯ. ОСНОВНІ ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ. БІОМІМЕТИКА, БІОМІМЕТИЧНІ НАНОСТРУКТУРИ (БІОЛОГІЧНІ МЕМБРАНИ, ПРОТЕЇН-ЛІПІДНІ КОМПЛЕКСИ, ВИКОРИСТАННЯ БІОМИМЕТИЧНИХ МЕМБРАН У НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ). ПРОТЕЇН-ЛІПІДНІ АГРЕГАТИ* ***(2 год)***

Практичне заняття 1 (3 год)

Приготування ліпосом.

Завдання для самостійної роботи (9 год)

Робота з літературою.
Використання біоміметики у повсякденному житті.

Контрольні запитання та завдання:

1. Основні пріоритетні напрямки нанобіотехнології.
2. Біоміметика, біоміметичні наноструктури.
3. Протеїн-ліпідні агрегати.

Рекомендована література:

[1-26**]**

ТЕМА 2. *НЕОРГАНІЧНІ НАНОЧАСТКИ. ВУГЛЕЦЕВІ НАНОМАТЕРІАЛИ. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ ТА ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ З ПЛАЗМОННИМ РЕЗОНАНСОМ* ***(22 год)***

Лекція 2. *НЕОРГАНІЧНІ НАНОЧАСТИНКИ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ. ФУЛЕРЕНИ, НАНОТРУБКИ, ГРАФЕНИ. «ЗЕЛЕНИЙ» СИНТЕЗ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ (СРІБЛА ТА ЗОЛОТА) З ПЛАЗМОННИМ РЕЗОНАНСОМ* ***(4 год)***

Практичне заняття 2 (3 год)

1. *Знайомство з обладнанням в лабораторії.*
2. *Техніка безпеки на робочому місці.*
3. *Приготування розчинів для синтезу наночастинок срібла та золота.*

Завдання для самостійної роботи (15 год)

Робота з літературою. Опрацювати загальні принципи синтезу наночастинок з плазмонним резонансом.

Контрольні запитання та завдання:

1. Неорганічні наночастинки і їх використання в біології та медицині.
2. Фулерени, нанотрубки, графени.
3. «Зелений» синтез наночастинок металів (срібла та золота) з плазмонним резонансом.

Рекомендована література:

[1- 26]

ТЕМА 3. *ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАНТУМ-ДОТ НАНОЧАСТИНОК* ***(22 год)***

Лекція 3. *ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАНТУМ-ДОТ НАНОЧАСТИНОК. CDS – НАНОЧАСТИНКИ. ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТУМ-ДОТ НАНОЧАСТИНОК В ДОСЛІДЖЕННЯХ IN VITRO ТА IN VIVO* **(4 год)**.

Практичне заняття 3 (3 год)

1. *Техніка безпеки на робочому місці.*
2. *Приготування екстрактів міцелію грибів для синтезу квантум-дот наночастинок.*
3. *Приготування екстрактів рослин для синтезу наночастинок металів*.

Завдання для самостійної роботи (15 год)

Робота з літературою.

Методи синтезу квантум-дот наночастинок.

Контрольні запитання та завдання:

1. Загальна характеристика квантум-дот наночастинок.
2. CdS – наночастинки.
3. Застосування квантум-дот наночастинок в дослідженнях *in vitro* та *in vivo*.

Рекомендована література:

[1-26]

Тема 4. *МЕТОДИ АНАЛІЗУ НАНОСТРУКТУРНИХ МАТЕРІАЛІВ* ***(14 год)***

Лекція 4. *МЕТОДИ АНАЛІЗУ НАНОСТРУКТУРНИХ МАТЕРІАЛІВ (ФЛУОРЕСЦЕНТНА МІКРОСКОПІЯ, КОНФОКАЛЬНА МІКРОСКОПІЯ, АТОМНА СИЛОВА МІКРОСКОПІЯ, ТРАНСМІСІЙНА ЕЛЕКТРОННА МІКРОСКОПІЯ, СКАНУЮЧА ЕЛЕКТРОННА МІКРОСКОПІЯ, СПЕКТРОСКОПІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ)* ***(2 год)***.

Практичне заняття 4 (3 год)

1. *Техніка безпеки на робочому місці.*
2. *«Зелений» синтез наночастинок срібла*.

Завдання для самостійної роботи (9 год)

Робота з методичними рекомендаціями по проведенню ізолюванню хлоропластів.

Контрольні запитання та завдання:

1. Загальна характеристика методів аналізу наноструктурних матеріалів.
2. Атомна силова мікроскопія.
3. Трансмісійна електронна мікроскопія.
4. Скануюча електронна мікроскопія.
5. Спектроскопічні методи аналізу.

Рекомендована література:

[1-26]

Тема 5. *БІОСЕНСОРИ. БІОЧІПИ. БІОЛОГІЧНІ НАНОРОБОТОТИ.* ***(24 год)***

Лекція 5. *БІОСЕНСОРИ. БІОЧІПИ. СТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ НАНОЧИПІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СОМАТИЧНИХ ТА ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ, В ТОМУ ЧИСЛІ ДЛЯ ВИДОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗБУДНИКІВ ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ТА ТОКСИНІВ. СТВОРЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ НАНОРОБОТІВ, ЩО ЗДАТНІ ЛІКВІДОВУВАТИ ДЕФЕКТИ В ОРГАНІЗМІ ХВОРОЇ ЛЮДИНИ ЗАВДЯКИ НАНОХІРУРГІЧНОМУ ВТРУЧАНЬ. ДНК ТА БІЛКОВИЙ МАКРОАРЕЙ* **(4 год).**

Практичне заняття 5 (4 год)

1. *Ознайомлення з технікою безпечного поводження з приладами для електрофорезу.*
2. *Приготування буферних розчинів для електрофорезу.*
3. *Оцінка якості ДНК за допомогою електрофорезу в агарозному гелі.*

Завдання для самостійної роботи (16 год)

Робота з літературою.

Молекулярна гібридизація як основа роботи біочипів та біосенсорів.

Контрольні запитання та завдання:

1. Біосенсори. Біочіпи.
2. Створення біологічних наночипів для діагностики соматичних та інфекційних захворювань, в тому числі для видової ідентифікації збудників особливо небезпечних захворювань та токсинів.
3. Створення біологічних нанороботів, що здатні ліквідовувати дефекти в організмі хворої людини завдяки нанохірургічному втручань. ДНК та білковий макроарей.

Рекомендована література:

[1- 26]

Тема 6. *ПЕРЕНЕСЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНОМАНІТНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ. МЕДИЧНІ СОЦІАЛЬНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ* **(*24 год*)**

Лекція 6. *ПЕРЕНЕСЕННЯ ГЕНЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНОМАНІТНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ (НАНОНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ, ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ). ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЯК*

ЛІКУВАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ, А ТАКОЖ ЯК КОНТЕЙНЕРІВ ДЛЯ АДРЕСНОЇ ДОСТАВКИ ЛІКІВ В КЛІТИНИ-МІШЕНІ. МЕДИЧНІ СОЦІАЛЬНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ ***(4 год)***

Практичне заняття 6 (4 год)

1. *Техніка безпеки на робочому місці.*
2. *Аналіз синтезованих наночастинок за допомогою спектроскопічних методів дослідження.*

Завдання для самостійної роботи (16 год)

Робота з літературою.

Види генетичної трансформації рослин.

Контрольні запитання та завдання:

1. Перенесення генетичного матеріалу за допомогою різноманітних наноматеріалів (наноночастинок металів, вуглецевих наноматеріалів).
2. Використання наночастинок як лікувальних препаратів нового покоління, а також як контейнерів для адресної доставки ліків в клітини-мішені.
3. Медичні соціальні та економічні аспекти нанобіотехнології.

Рекомендована література:

[1- 26]

Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль (ЗМ) входять теми 1-6.

Види контролю – поточний та підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння аспірантами навчального матеріалу. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, письмовий контроль, тестовий, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Обов'язковим для заліку є відпрацювання всіх практичних занять. У випадку відсутності аспіранта, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

Оцінювання за формами поточного контролю: ***Коефіцієнт 2***

	ЗМ	
	Min. – 30 балів	*Max. – 50 балів*
Практичні навички	*„3" x 10 = 30*	*„5" x 10 = 50*
„3/5" **–** мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати аспірант		

Для аспірантів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* ***60*** *балів*, для здачі заліку обов'язкове проходження додаткового тестування.

Підсумковий контроль проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів змістовних модулів.

	Залік (підсумкова оцінка)
Мінімум	60
Максимум	**100**

При цьому, кількість балів:

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-39** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **40-60** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **61-69** відповідає оцінці «задовільно»;
- **70 - 80** відповідає оцінці «добре»;
- **81 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень, % /Marks, (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECTS	Оцінка за національною шкалою (National grade)	залік
90 – 100	**A**	**відмінно** (Excellent)	**зараховано**
82 – 89	**B**	**добре** (Good)	
74 – 81	**C**		
64 – 73	**D**	**задовільно** (Satisfactory)	
60 – 63	**E**		
35 – 59	**FX**	**незадовільно** (Fail) з можливістю повторного складання	**не зараховано**
1 – 34	**F**	**незадовільно** (Fail) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного викладання матеріалу, дослідницькі.

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42, 2 , рік введення в експлуатацію – 2004; ноутбук, екран, Zoom/Google Meet — сервіси для дистанційного навчання та он-лайн консультацій.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторії відділу клітинної біології і біотехнології, відділу популяційної генетики.

Політики навчальної дисципліни

Рекомендації щодо роботи на курсі: брати активну участь у всіх формах роботи на заняттях, присвячувати 1-2 год. щодня виконанню самостійної роботи та підготовці до занять, задавати питання під час занять, вчасно здавати завдання та виконувати усі форми контролю.

Відвідування занять. Відвідування лекцій та практичних занять є обов'язковим. При спізненні на лекцію або практичне заняття більше ніж на 5 хвилин здобувач(ка) освіти можете бути не допущений(на) до заняття. Пропущені заняття відпрацьовуються відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в аспірантурі Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки Національної академії наук України» https://ifbg.org.ua/uk/293/normatyvno-pravove-ta-metodychne-zabezpechennya-navchannya-v-aspiranturi

Академічна доброчесність. В ДУ «ІХБГ НАН України» дотримуються принципу нетерпимості («нульової толерантності») до порушень академічної доброчесності та етики академічних взаємовідносин. Будь-які порушення принципів академічної доброчесності тягнуть за собою відповідальність у встановленому в ДУ «ІХБГ НАН України» порядку https://ifbg.org.ua/uk/293/normatyvno-pravove-ta-metodychne-zabezpechennya-navchannya-v-aspiranturi

Використання електронних гаджетів та інструментів штучного інтелекту допускається лише з дозволу викладача.

Політика щодо осіб з особливими освітніми потребами. Здобувачі з особливими освітніми потребами мають зв'язатися з викладачем задля розробки індивідуальної освітньої траєкторії. Час відповіді викладача: 24 години.

Рекомендована література

Основна:

1. Yubing Xie The nanobiotechnology, 2013, CRC Press. - 648 p.
2. Biomedical Nanostructures. Kenneth Gonsalves, Craig Halberstadt, Cato T. Laurencin, Lakshmi Nair. – Hardcover, 2007 - 540 c.
3. Malcolm N. Jones, Dennis Chapman. Micelles, Monolayers and Biomembranes. // The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 1997. - V. 63, I. 4–6. - P. 351-352.
4. Нанотехнології в медицині та біології : навч. посіб. / Д. М. Заячук; "Львівська політехніка", національний університет. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2022. 303 с. Бібліогр.: с. 296-297 (укр.)

Додаткова:

5. Burlaka O.M., Pirko Ya.V., Yemets A.I., Blume Ya.B. Application of Carbon Nanotubes for Plant Genetic Transformation // Nanocomposites, Nanophotonics, Nanobiotechnology, and Applications. Fesenko O., Yatsenko L. (Eds.) – Springer Proc. Phys. – Springer, Switzerland: 2014. – V. 156 – P. 233-256.
6. Borovaya M.N., Burlaka O.M., Yemets A.I., Blume Ya.B. Biosynthesis of quantum dots and their potential applications in biology and biomedicine // Nanoplasmonics, Nano-

Optics, Nanocomposites, and Surface Studies (Eds. Fesenko O., Yatsenko L.),Springer-Verlag: Springer Proceedings in Physics. - 2015. - Vol. 167, Chapter 24. – P. 339-362.
7. Liu X., Dai Q., Austin L., Coutts J., Knowles G., Zou J., Chen H., Huo Q. A one-step homogeneous immunoassay for cancer biomarker detection using gold nanoparticle probes coupled with dynamic light scattering // J. Am. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 130, N 9. – P. 2780–2782.
8. Чехун В.Ф. Создание нових лекарственных форм на основе нанокомпозитных материалов для решения современных проблем онкологии // Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології – 2011. - Т. 9, № 1. - С. 261—274.
9. Song J. Y., Kim B.S. Rapid biological synthesis of silver nanoparticles using plant leaf extracts// Bioprocess Biosyst. Eng. – 2009. – Vol. 32. – P.79–84.
10. Ahmad A., Mukherjee P., Mandal D., Senapati S., Khan M. I., Kumar R., Sastry M. Enzyme mediated extracellular synthesis of CdS nanoparticles by the fungus, *Fusarium oxysporum* // J. Am. Chem. Soc. – 2002. – Vol. 124. – P. 12108-12109.
11. Mude N., Ingle A., Gade A., Rai M. Synthesis of silver nanoparticles using callus extract of *Carica papaya* – A First Report // J. Plant Biochemistry and Biotechnology. – 2009. – Vol. 18. – P. 83-86.
12. Борова М.М., Науменко А.П., Пірко Я.В., Круподьорова Т.А., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Отримання квантових точок CdS з використанням гриба *Pleurotus ostreatus* // Доповіді НАН України. – 2014. - № 2. – С. 153 – 159.
13. Борова М.М., Науменко А.П., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Стабільність квантових точок CdS, синтезованих за допомогою бактерії *Escherichia coli* // Доповіді НАН України. – 2014. – № 7. – С. 145 – 151.
14. Borovaya Mariya N, Naumenko Antonina P, Matvieieva Nadia A, Blume Yaroslav B, Yemets Alla I. Biosynthesis of luminescent CdS quantum dots using plant hairy root culture // Nano.Res.Lett. - 2014. – Vol. 9, № 1. – P. 1 – 7.
15. Borovaya M.N., Pirko Ya.V., Krupodorova T.A., Naumenko A.P., Blume Ya.B., Yemets A.I. Biosynthesis of cadmium sulfide quantum dots using *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. // Biotechnol. & Biotec. Eq.– 2015. – Vol.29, № 6. – P.1156 -1163.
16. Borovaya M., Horiunova I., Plokhovska S., Pushkarova N., Blume Ya., Yemets A. Synthesis, properties, and bioimaging applications of silver-based quantum dots. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22: 12202. DOI:10.3390/ijms222212202
17. Pirko Ya., Borovaya M., Danylenko I., Kolomys O., Smertenko P., Lytvyn O., Roshchina N., Strelchuk V., Yemets A., Blume Ya. Eco-friendly synthesis of gold nanoparticles using *Camellia sinensis* phytoextracts. *Letters Appl. NanoBioSci.*, 2021, 10(3): 2515–2524. https://doi.org/10.33263/LIANBS103.25152524
18. Vus K., Tarabara U., Danylenko I., Pirko Ya., Krupodorova T., Yemets A., Blume Ya., Turchenko V., Klymchuk D., Smertenko P., Zhytniakivska O., Trusova V., Petrushenko S., Bogatyrenko S., Gorbenko G. Silver nanoparticles as inhibitors of insulin amyloid formation: A fluorescence study. *J. Mol. Liquids*, 2021, Vol. 342, 117508 https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117508
19. Dzhagan V., Mazur N., Kapush O., Skoryk M., Pirko Ya, Yemets A., Dzhahan Vl., Shepeliavyi P., Valakh M., and Yukhymchuk V. Self-Organized SERS Substrates with Efficient Analyte Enrichment in the Hot Spots *ACS Omega*, 2024, *9* (4), 4819-4830 DOI: 10.1021/acsomega.3c08393.
20. Dzhagan V., Mazur N., Smirnov O., Yeshchenko O., Isaieva O., Kovalenko M., Vuichyk M., Skoryk M., Pirko Ya., Yemets A., Yukhymchuk V., Valakh M. SERS-application of Ag nanoparticles synthesized with aqueous fungi extract. Journal of

Nanoparticle Research, 2023, 25: 37, p. 1-10. https://doi.org/10.1007/s11051-023-05683-9

21. Dzhagan V., Smirnov O., Kovalenko M., Gudymenko O., Mazur N., Kapush O., Skoryk M., Pirko Ya., Yemets A., Valakh M., Shepeliavyi P., Yukhymchuk V. SERS-substrates based on ZnO nanoflowers prepared by green synthesis. Analytical Biochemistry, 2023, 681:115328, p. 1-8. DOI: 10.1016/j.ab.2023.115328
22. Mazur N.V., Kapush O.A., Isaieva O.F., Budzulyak S.I., Buziashvili A.Yu., Pirko Y.V., Skoryk M.A., Yemets A.I., Hreshchuk O.M., Yukhymchuk V.O., Dzhagan V.M.. Facile SERS substrates from Ag nanostructures chemically synthesized on glass surfaces. Physics and Chemistry of Solid State, 2023, V. 24, №. 4, P. 682-691. https://doi.org/10.15330/PCSS.24.4.682-691
23. Dzhagan V., Mazur N., Kapush O., Skoryk M., Pirko Ya., Yemets A., Dzhahan V., Shepeliavyi P., Valakh M., Yukhymchuk V. Self-organized SERS substrates with efficient analyte enrichment in the hot spots. ACS Omega, 2024, V.9(4), p.4819–4830. doi:10.1021/acsomega.3c08393
24. Ismail R.K, Abd Al Hussan S. M., Jasim S. K. (2025). Advances in Biosynthesis of Nanoparticles: A Review. Indonesian Journal of Material Research. 3. 2987-1654. doi:10.26554/ijmr.20253249.
25. Kim, B.J., Abdelfattah, N.S., Hostetler, A. *et al.* Progress in cancer vaccines enabled by nanotechnology. *Nat. Nanotechnol.* **20**, 1558–1572 (2025). https://doi.org/10.1038/s41565-025-02021-z
26. Бузіашвілі А.Ю., Комолов К.А., Климчук Д.О., Пірко Я.В., Ємець А.І. «Зелений» синтез наночастинок сульфіду цинку та їх характеристика. // V конференція молодих вчених «Біологія рослин та біотехнологія» 15-16 травня 2025р м. Київ, С. 31 http://ifbg.org.ua/~files/events/_2025/PlantBiolBiotechnol/Abstract_book_-_Plant_biology_and_biotechnology_2025.pdf