Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра трансляційної
медичної біоінженерії

[BFM66] БІОТЕХНОЛОГІЯ МІКРОБНОГО СИНТЕЗУ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	*G - Хімічна та біоінженерія*
Спеціальність	*G22 - Біомедична інженерія*
Освітня програма	Всі ОП
Статус дисципліни	Вибіркова (Ф-каталог)
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	Доступно для вибору починаючи з 4-го курсу, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. (Лекц. 28 год, Практ. 26 год, Лаб. год, СРС. год)
Семестровий контроль/контрольні заходи	Залік

Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекц.: Поєдинок Н. Л., Практ.: Поєдинок Н. Л.
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс в Moodle: https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=6435

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання Що буде вивчатися

Використання принципів виробництва біотехнологічної продукції мікробіологічного походження. Мікробіологічні об'єкти і їх застосування у народному господарстві, охороні здоров'я й науці, можливості отримання різних корисних для людини продуктів за допомогою мікроорганізмів (ферменти, вітаміни, органічні кислоти, антибіотики, амінокислоти), основні біотехнологічні схеми та умови виробництва мікробного синтезу і основні галузі їх використання, генетичної й клітинної інженерії (отримання високоефективних штамів мікроорганізмів).

Чому це цікаво/треба вивчати

Дисципліну доцільно вивчати, оскільки здатність застосовувати сучасні методи та методологічні підходи для створення мікробіологічного продукту з метою його практичного застосування, розуміти принципи роботи лабораторного обладнання, володіти прогресивними методами його експлуатації, визначати та розв’язувати широке коло проблем і задач мікробіологічної галузі шляхом розуміння їх основ та проведення теоретичних і експериментальних досліджень є актуальною задачею хіміко-біологічних та інженерних наук оскільки дозволяє підвищувати ефективність біотехнологічних процесів з використанням мікроорганізмів. Знання та уміння такого роду значно підвищують конкурентоспроможність фахівців на ринку праці у галузі сучасних біотехнологій.

Чому можна навчитися

Знання:

- мікробного синтезу як складової біотехнології, особливості процесів мікробного синтезу;
- промислових мікроорганізмів, мікробіологічних ферментних систем для промислових процесів;
- важливості та різноманітності мікробних продуктів;
- основ управління ростом та метаболізмом мікробів;
- промислових мікробіологічних процесів;
- мікробіологічного синтезу; білку одноклітинних організмів, вирощування мікробної біомаси;
- продуктів метаболізму мікроорганізмів на макрорівні: біотехнологічне виробництво амінокислот, органічних кислот, вторинних метаболітів, лікарських та профілактичних препаратів, енергії, біотехнологія металів, біотехнологія отримання продуктів харчування та напоїв, біотехнологія мікроорганізмів в охороні навколишнього середовища

Вміння:

- використовувати бібліотеки, інформаційні бази даних, інтернет-ресурси для пошуку необхідної інформації;
- аналізувати біологічні явища та процеси на молекулярному, клітинному, організменному, популяційно-видовому та біосферному рівнях з точки зору фундаментальних загальнонаукових знань, а також за використання спеціальних сучасних методів досліджень;
- планувати наукові дослідження, обирати ефективні методи дослідження та їх матеріальне забезпечення;
- уміти самостійно планувати і виконувати інноваційне завдання та формулювати висновки за його результатами;
- вміти формувати систему аналізу та інтерпретації нових результатів про структурну організацію, функціонування та формування угруповань мікроорганізмів, спираючись на поглиблені знання з

дисциплін професійно-практичної підготовки;
- визначати оптимальні шляхи біосинтезу речовин за допомогою біологічних агентів залежно від особливостей медико-біологічного застосування отримуваних речовин.

Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями

Здобуті знання та уміння є важливим інструментом у проведенні науково-дослідних робіт таоцінювання їх, використовувати результати наукового пошуку в практичній діяльності, працювати зі спеціальним лабораторним обладнанням, середовищами, зразками, вимірювальною технікою та здатність до організації і проведення мікробіологічного та імунологічного аналізу в лабораторних умовах, застосовувати сучасні методи та методологічні підходи для створення мікробіологічного продукту з метою його практичного застосування, визначати та розв'язувати широке коло проблем і задач мікробіологічної галузі шляхом розуміння їх основ та проведення теоретичних і експериментальних досліджень.

Програмні компетентності, які мають бути сформовані після вивчення дисципліни, та які відповідають освітній програмі «Регенеративна та біофармацевтична інженерія»:

Загальні компетентності

ЗК-1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-5 Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК-6 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ***ЗК-11***

Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт **Фахові компетентності**

ФК 4 Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації)

ФК 5 Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

ФК 9 Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами

ФК 11 Здатність аналізувати біологічні об'єкти різних форм організації (акаріоти, прокаріоти, еукаріоти: клітини та тканини людини й тварин) та окремі їх частини (білки, нуклеїнові кислоти тощо), використовуючи біологічні, хімічні, фізичні та математичні методи.

ФК 13 Здатність до інтегрованого використання інженерних та біологічних методів для розробки, проєктування, реалізації регенеративних та біофармацевтичних технологій, а також інженерних основ трансляційної медицини

Програмні результати навчання, які мають бути досягнуті після вивчення дисципліни та які відповідають освітній програмі «Регенеративна та біофармацевтична інженерія»:

ПРН 1 Організації та принципи функціонування біологічних об'єктів та окремих їх частин в умовах in vivo та in vitro, а також методи їх вивчення (оцінки) (біологічні, хімічні, фізичні, математичні).

ПРН 19 Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів

ПРН 20 Організовувати біоінженерні процеси залежно від характеристики використовуваного біологічного об'єкта та/або кінцевого продукту.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: Вивченню дисципліни передує якісне засвоєння знань з мікробіології, біохімії, молекулярної біології, основи генетики, вірусології, генної інженерії

Постреквізити: Дисципліни які вивчаються на основі даної дисципліни (за структурно-логічною схемою в ОП)

3. Зміст навчальної дисципліни

Теми лекційних занять:

№	Тема	Заняття	Тиждень вивчення
Розділ 1. **Наукові основи біотехнології мікробного синтезу**			
1	Тема 1. Мікробіологічний синтез, промисловий спосіб отримання хімічних сполук і продуктів, здійснюваний завдяки життєдіяльності мікробних клітин. (2 год.) Об'єкти біотехнології та їх функціональне значення. Мікробний синтез - складова частина біотехнології. Характеристика основних продуктів біотехнології мікробного синтезу, основні напрямки їх використання. Характеристика основних продуцентів. Перспективи розвитку біотехнології мікробного синтезу.	Лекція 1-2, практичне заняття 1-2	1-2
2	Тема 2. Критерії оцінки біотехнологічних процесів Процеси технологій мікробного синтезу (за групами виробництва біомаси та інших цінних продуктів метаболізму). Розгляд стадійних мікробіотехнологічних виробництв, їх схожість і відмінність в залежності від кінцевої мети технологічного процесу. Найголовніші вимоги до біосинтезу. Основні параметри для управління мікробіологічними процесами. Екологічна чистота мікробного синтезу	Лекція 3, практичне заняття 3,	3
3	Тема 3. Вимоги, що пред'являються промисловим мікроорганізмам. Генетичні та фізіологічні основи регуляції бактеріального синтезу Синтез продуктів у мікроорганізмів зі зміненим генотипом, штами-продуценти стійкі до фагів і бактерицидних речовин. Стабільність мутантів і рекомбінантів. Механізми відповіді мікробної популяції на зміни середовища. Фізіологічний стан культури та зміни активності продуцента. Використання генетичної інженерії для створення супер продуцентів.	Лекція 4-5, практичне заняття 4-5	4-5
4	Тема 4. Обладнання для промислового мікробного синтезу. Основні схеми виробництва біологічно активних мікробних метаболітів. Основні прийоми контролю процесів мікробного синтезу. Апаратурне оформлення процесів мікробіологічного синтезу. Характеристика основних стадій мікробної біотехнології	Лекція 6, практичне заняття 6	6
5	Тема 5. Системність підходів до наукових досліджень у біотехнології мікробного синтезу. Розробка сукупності методів, способів і прийомів, а також певна послідовність і спрямованість їх експериментальної реалізації..	Лекція 7, практичне заняття 7	7
Розділ 2. **Використання мікроорганізмів для отримання різних сполук.**			
6	Тема 6. Біологічно активні речовини мікробного синтезу. Контроль чистої культури штаму-продуцента. Колекції штамів мікроорганізмів. Біомаса інокуляту для виробництва, доза інокулюму. Оптимізація поживного середовища. Переробка культуральної рідини та сировини: концентрати, біомаса, очищені продукти. Дотримання вимог асептики, типи стерилізації всіх потоків і біореактора.	Лекція 8-9, практичне заняття 8-9,	8-9

5	Тема 7. Виробництво амінокислот, органічних кислот, вітамінів. Значення отриманих препаратів у медицині, харчовій промисловості, в сільському господарстві. Джерела одержання. Водорозчинні та жиророзчинні вітаміни. Характеристика шляхів одержання вітамінів з мікроорганізмів. Синтез каротину, рибофлавіну, ергостерину: вимоги до живильних середовищ, джерела сировини, стадії біосинтезу, продуценти вітамінів. Умови культивування продуцентів, використання стимуляторів біосинтезу. Отримання та застосування.	Лекція 10, практичне заняття 10	10-11
6	Тема 8. Біотехнологія отримання антибіотиків. Антибіотики бактерій, актиноміцетів і грибів. Шляхи підвищення біосинтезу антибіотиків мікроорганізмами. Проблема втрати здатності мікроорганізмів до утворення антибіотиків в промисловості. Промислове отримання антибіотиків. Застосування антибіотиків.	Лекція 11, практичне заняття 11	12
7	Тема 9. Виробництво нуклеотидів, лимонної кислоти, оцтової кислоти, етанолу, біогазу, ферментів. Сфери застосування мікробних нуклеотидів бактерій та мікроскопічних грибів. Сфери застосування мікробіологічної лимонної кислоти, оцтової кислоти, етанолу, біогазу, ферментів. Структура та утворення нуклеотидів в мікробній клітині. Регуляція біосинтезу. Шляхи одержання. Синтез АТФ. Синтез нікотинамідинуклеотиду, інозинової кислоти та гуанозінполіфосфатів	Лекція 12, практичне заняття 12	13
8	Тема 10. Виробництво ацетону, бутанолу. Біоенергія: біотехнологія виробництва. Біополімери: біотехнологія виробництва	Лекція 13, практичне заняття 13	14

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять присвячені закріпленню знань отриманих на лекціях

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	**Мікроскопічні методи дослідження мікроорганізмів.** *Вивчення процесу спороутворення, виявлення бактеріальних ендоспор, капсул, запасаючих речовин, нуклеоїда. Вивчення рухливості бактерій* ***СРС****: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
2	**Морфологія бактерій, мікроміцетів, дріжджів і актиноміцетів** ***СРС****: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
3	**Основні види продукції мікробного синтезу.** *Загальні закономірності синтезу мікроорганізмами первинних і вторинних метаболітів, поняття про трофофазу та ідіофазу.* ***СРС****: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
4	**Живильні середовища для культивування мікроорганізмів та їх види. Методи стерилізації** *Виготовлення основних видів живильних середовищ* ***СРС****: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
5	**Скринінг wild-type-продуцентів та генноінженерних штамів, що синтезують глутамат.** *Обсяги промислового одержання амінокислот. Галузі застосування та шляхи одержання амінокислот* ***СРС****: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*

6	**Різноманіття ферментних препаратів. Застосування ферментів у промисловості, сільському господарстві, медицині, дослідницькій практиці.** *Субстратна специфічність пектиназ, ліпаз, в-галактозидаз та L-аспарагіназ. Мікроорганізми - промислові продуценти пектиназ, ліпаз, в-галактозидаз та L**[1]**аспарагіназ. Стабілізація ферментних препаратів. Особливості фізичної та хімічної імобілізації. Великотонажні виробництва з використанням імобілізованих ферментів та клітин* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
7	**Особливості культивування псевдомонад, метаногенів та пропіонібактерій як продуцентів вітаміну В12.** *Галузі застосування ціанокобаламіну. Біосинтез каротинів з використанням бактерій та грибів. Галузі застосування каротиноїдів.* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
8	**Дослідження маслянокислого бродіння.** *Селективне виділення маслянокислих бактерій з природних джерел існування. Дослідження морфології та біохімічної активності маслянокислих бактерій.* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою.*
9	**Характеристика дріжджів як об'єктів.** *Визначення морфології дріжджів. Одержання включень. Визначення включень, спор, гігантських колоній дріжджів* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
10	**Особливості культивування псевдомонад, метаногенів та пропіонібактерій як продуцентів вітаміну В12.** *Галузі застосування ціанокобаламіну. Біосинтез каротинів з використанням бактерій та грибів. Галузі застосування каротиноїдів* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
11	**Виробництво нуклеотидів.** *Історія створення та сучасні напрямки галузі. Регулювання біосинтезу нуклеотидів. Створення ауксотрофних мутантів із заблокованими шляхами синтезу нецільових нуклеотидів.* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
12	**Дослідження спиртового бродіння.** *Приготування і аналіз середовища культивування дріжджів та посівного матеріалу. Визначення відсотка життєдіяльності клітин. Аналіз показників культуральної рідини. Кількісне визначення етилового спирту. Якісні реакції на етиловий спирт* ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
13	**Дослідження оцтовокислого бродіння.** *Виділення чистої культури. Оцтовокисле бродіння. Аналіз оцтовокислого бродіння **СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
14	**Анаеробне утворення мікроорганізмами лактату, пропіонату, бутирату, форміату, ацетату, сукцинату** ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*
15	**Синтез прокаріотами компонентів поверхневих структур (клітинної стінки, слизистих утворень, джгутиків, ворсинок)** ***СРС**: Виконання домашніх завдань у робочому зошиті за даною темою*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Пирог Т.П., Пенчук Ю.М. Біохімічні основи мікробного синтезу: підручник – К.: Видавництво Ліра –К. – 2019. – 304
2. Okafor N. Modern Industrial Microbiology and Biotechnology, 2017
3. Нікітін Г.А. Біохімічні основи мікробіологічних виробництв.– К.: Вища школа, 1994. – 230 с.
4. Синтез мікробного полісахариду етаполану на олієвмісних промислових відходах : автореф. дис. канд. техн. наук : 03.00.20 "Біотехнологія" / М. О. Івахнюк ; Нац. ун-т харч. технол. - Київ, 2019. – 25 с.
5. Капрельянц, Л. В. Теоретичні основи біотехнології : навч. посіб. / Капрельянц Леонід Вікторович. — Харків : Факт, 2020. — 291 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 290-291. – ISBN 978-966-637-959-0.
6. Шашкова, К. О. Фармацевтична та медична біотехнологія. нанотехнології у фармації. *Редакційна колегія: Головний редактор: проф. АА Котвіцька Заступник редактора:*

проф. ВП Черних, 2019, 27.
7. ХАРЧЕНКО, Є. В.; СКРОЦЬКА, Оксана Ігорівна. Використання мікроорганізмів для біогенного синтезу наночасток. 2020.

Додаткова

1. Біотехнологія: Підручник / В.Г. Герасименко, М.О. Герасименко, М.І. Цвіліховський та ін.; Під ред. В.Г. Герасименка. – К.: Фірма «Інкос», 2006. – 647 с.
2. Нікітін Г.А. Біохімічні основи мікробіологічних виробництв.– К.: Вища школа, 1994. – 230 с.
3. Покиньброда, Тетяна Ярославівна. "Біотехнологія поверхнево-активних продуктів бактерій роду pseudomonas, їх властивості та застосування." (2018).
4. Гайдук, Ю. М. Одержання підсолоджувачів мікробним синтезом / Ю. М. Гайдук, Ю. М. Пенчук // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 29–40.
5. МАРИНЯКО, А. І.; ШИДЛОВСЬКА, О. А.; ВОЛОШИНА, І. М. Мікробний синтез лізоциму. In: *Перспективні матеріали та інноваційні технології: біотехнологія, прикладна хімія та екологія*. Київський національний університет технологій та дизайну, 2020.
6. McNeil B., Harvey L. M. Practical Fermentation Technology, 2008
7. Crueger and A Crueger, Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology, Sinaeur Associates, 1990.
8. Буценко Л.М. Технології мікробного синтезу лікарських засобів: навч.посібн./ Л.М. Буценко, Ю.М. Пенчук, Т.П. Пирог. – К: НУХТ, 2010. – 323с
9. Мікробіологія біологічних агентів: лабораторний практикум/ Е.М. Попова, О.А. Васильченко, А.В.Дражнікова, В.В. Хробуст. – К.: НАУ, 2014. – 88с.
10. Технологія пробіотиків: Підруч. / С.О. Старовойтова, О.І. Скроцька, Ю.М. Пенчук, Т.П. Пирог. – К.: НУХТ, 2012. – 318 с.
11. Яворська Г.В. Промислова мікробіологія [Текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Г.В. Яворська, С.П.Гудзь, С.О. Гнатуш. – Л.: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009. – 256 с
12. Сидоров Ю.І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості: навчальний посібник. – Львів: Інтелект-Захід, 2007. – 736 с. 23.Чуешов В.И. Промышленная біотехнологія: учеб. пособие для студ. Вузов. – Х.: Издательство НФаУ "Золотые страницы", 2004. – 112 с.
13. Бондар І.В. Промислова мікробіологія. Харчова і агробіотехнологія: навч. посібник / І.В. Бондар, В.М. Гуляєв. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинський держ. технічний ун-т. – ДДТУ, 2004. – 280 с.
14. Волкогон В. В., Надкернична О. В., Л. М. Токмакова та ін. Експерементальна грунтова мікробіологія: монографія. К.: Аграрна наука, 2010- 465 с.
15. Климнюк С.І., Ситник І.О., Творко М.С., Широбоков В.П. Практична мікробіологія: Посібник Тернопіль: Укрмедкнига, 2004.-77 с
16. Snustad P., Simmons M. Principles of genetics. / Second edition –John Wiley & Sons. New York. 1999. – 876 p.
17. Griffiths A.J., Gelbart W.M., Miller J.H. et al. An introduction to genetic analysis.– Freeman and company. New York. 2000. – 730 p.
18. Nicholl D. An introduction to genetic engineering. / Second edition – Cambridge University press. 2002. – 292 p.
19. Hartwell L., Hood L., Goldberg M. et al. Genetics: from genes to genomes.– McGraw Hill: Higher education. New York. 2004. – 880 p.
20. McNeil B., Harvey L. M. Practical Fermentation Technology, 2008
21. Crueger and A Crueger, Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology, Sinaeur Associates, 1990.

- **Інформаційні ресурси**
- www.ncbi.nlm.nih.gov,

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції проводяться за класичною схемою: у наочній формі лектор викладає відповідну тему. Під час лекції та після її закінчення здобувачі мають можливість ставити запитання. З окремих питань лекційного курсу

може проводитися дискусія між лектором та здобувачами – або акцентувати увагу на важливих, принципових та проблемних моментах. Здобувачі можуть робити нотатки під час лекцій, а презентація та/або конспект лекції чи його фрагменти викладаються із можливістю завантаження на платформі дистанційного навчання
«Сікорський».

Практичні заняття мають на меті набуття більш глибоких знань та умінь з тем, що висвітлюються в рамках лекційного курсу та самостійно опановуються здобувачами. Алгоритм проведення практичного заняття передбачає наступне: викладач викладає базові (стратегічні) тези в рамках відповідної теми, здобувачі виступають із міні-повідомленнями із заздалегідь сформованими проблемними питаннями в рамках відповідної теми, відбувається дискусія між доповідачем, іншими здобувачами та викладачем, яка має на меті з'ясувати всі фундаментальні та прикладі аспекти відповідних технологій регенеративної медицини. Повідомлення здобувачів передбачають підготовку відповідної аналітичної записки на кшталт невеликого огляду літератури українською мовою, а також наочної презентації, що дозволяє поглиблювати навички письмової та усної наукової української мови. За необхідності під час практичних занять відбувається вивчення (ознайомлення) нормативних документів, методичних рекомендацій тощо, а також розв'язання ситуаційних задач. На останньому практичному занятті проходить виконання здобувачами модульної контрольної роботи (МКР) у формі тесту. Матеріал, що є корисним для підготовки до практичних занять викладається із можливістю завантаження на платформі дистанційного навчання «Сікорський».

Лекційні та практичні заняття проводяться згідно розкладу занять http://rozklad.kpi.ua/ за такою схемою: спершу проводяться лекційні заняття, а після їх закінчення – практичні. Деталізована інформація доводиться до відома здобувачів через відповідні канали зв'язку, зокрема через платформи «Сікорський» та «Кампус».

6. Самостійна робота здобувача

Загальний об'єм самостійної роботи в рамках дисципліни складає 78 годин, зокрема:

- підготовка до практичних занять – 15 годин;
- підготовка до модульної контрольної роботи (МКР) – 15 годин;
- самостійне опрацювання тем – 48 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Здобувачам можуть нараховуватися заохочувальні бали. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

Заохочувальні бали нараховуються за такі види діяльності:

- створення інфографіки або іншого засобу графічної інтерпретації інформації для однієї з тем курсу (5 балів);
- участь у міжнародних або всеукраїнських наукових конференціях, з'їздах тощо (за тематикою навчальної дисципліни) (за умови публікації тез доповідей) (5 балів);
- підготовка рукопису оглядової чи експериментальної статті або участь у конкурсах (за умови зайняття призового місця) за тематикою навчальної дисципліни (10 балів).

Відвідування занять

Штрафні бали за відсутність на заняттях не виставляються. Однак, здобувачам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються практичні навички, необхідні для ґрунтовного формування відповідних компетентностей.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи оцінювання

Контрольні заходи оцінювання, виконання яких передбачено на занятті, проводяться у завчасно визначений день, який оголошується здобувачам на першому тижні освітнього процесу. Виконання таких контрольних заходів оцінювання в інший день дозволяється за вагомих та/або форс-мажорних обставин.

У разі відсутності здобувача на практичному занятті, де передбачається його виступ із повідомленням, такий виступ або переноситься на інше практичне заняття, або замінюється на підготовку аналітичної записки із відповідної теми обсягом 5-10 сторінок (у разі особливих форс-мажорних обставин).

Результат модульної контрольної роботи для здобувача, який не з'явився на контрольний захід, є нульовим. У такому разі, здобувач має можливість виконати модульну контрольну роботу у інший час за погодженням із викладачем. Перенесення строків проходження тесту можливе лише з поважних причин (форс-мажорні обставини).

Повторне тестування в рамках модульної контрольної роботи не передбачене.

Забезпечення об'єктивності оцінювання здобувачів

Об'єктивність оцінювання здобувачів на всіх етапах оволодіння дисципліною забезпечується через наступні механізми. По-перше, використання тестових форм оцінювання знань. По-друге, детальні рекомендації щодо рейтингової системи оцінювання результатів навчання (розділ 8 Силабусу). По-третє, використання здобувачами та викладачами всіх можливих інструментів комунікацій, що забезпечують збереження історії комунікацій (електронна пошта, соціальні мережі, месенджери тощо). По-четверте, для перевіряння письмових видів робіт здобувачів у разі їх незгоди із результатами оцінювання може залучатися інший

викладач, який має відповідну професійну компетенцію та призначений кафедрою на поточний навчальний рік. У разі відсутності узгодженої думки викладачів щодо оцінки роботи здобувача питання виноситься на засідання кафедри, а врегулювання питання здійснюється згідно з «Положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського» http://osvita.kpi.ua/node/182.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання

В день оголошення результатів контрольного заходу, здобувач має право в індивідуальному порядку задати всі питання, які його цікавлять стосовно результатів контрольного заходу. Якщо здобувач не погоджуються з оцінкою, він має право звернутися із апеляційною заявою до деканату факультету, що регламентовано «Положенням про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського» http://osvita.kpi.ua/node/182. Задля забезпечення об'єктивності оцінювання письмових робіт їх перевірка здійснюється двома викладачами кафедри (лектор; викладач, що проводить практичні заняття, чи інший викладач, що є компетентним з даної дисципліни та визначений кафедрою).

Академічна доброчесність

У разі використання контенту, захищеного авторським правом, результатів аналітичних досліджень та/або іншої інформації, здобувачі мають обов'язково вказувати джерело.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (https://kpi.ua/code). У разі виникнення потреби у перевірці академічних текстів, підготовлених здобувачам, на наявність текстових запозичень здобувач може звернутися безпосередньо до викладача або відповідальної особи кафедри з питань перевірки академічних текстів.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки здобувачів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (https://kpi.ua/code).

Дистанційне навчання

Проходження он-лайн курсів передбачено у випадку форс-мажорних обставин (зокрема, карантинних заходів) та для інклюзивного навчання здобувачів із особливими потребами.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна розрахована на вивчення для здобувачів із особливими освітніми потребами, але слід враховувати велике навантаження на зоровий апарат. В залежності від особливих потреб здобувачів можливе використання дистанційного навчання.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль. Робота на практичних та лабораторних заняттях передбачає опитування та короткі повідомлення здобувача із заздалегідь визначеного питання (3 повідомлення для кожного здобувача). Кожне повідомлення оцінюється у 20 балів: повне розкриття питання – 20 балів, наявність незначних упущень – 15–19 балів, наявність незначних помилок – 10–14 балів, наявність суттєвих помилок – 5–9 балів.

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться у вигляді тесту, який оцінюється у 40 балів.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Перша контрольна точка передбачає наявність одного повідомлення здобувача на практичному занятті, друга – не менше двох повідомлень.

Максимальний семестровий рейтинг здобувача: 60 балів (3 повідомлення на практичних заняттях) + 40 балів (МКР) = 100 балів.

Семестровий контроль: Екзамен. Умови допуску до семестрового контролю: виконання трьох повідомлень на практичних заняттях та виконання МКР (із сумарним рейтингом не менше 60 балів). У разі семестрового рейтингу 60 балів та вище здобувач може отримати екзамен автоматично. У разі незгоди або рейтингу менше 60 балів екзамен складається у формі тестування (20 питань: кожне питання – 2 бали).

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, що виносяться на семестровий контроль відповідають тематиці лекційних та практичних занять.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті, здійснюється згідно з «Тимчасовим положенням про порядок визнання результатів навчання, набутих студентами КПІ ім. Ігоря Сікорського у неформальній/інформальній освіті» (https://osvita.kpi.ua/node/119).

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

Питання з розділу 1. **Наукові основи біотехнології мікробного синтезу**

1. Мікробний синтез – основні поняття.
2. Мікробіологічний синтез, промисловий спосіб отримання хімічних сполук і продуктів, здійснюваний

завдяки життєдіяльності мікробних клітин.
3. Мікробіологічний синтез як наука та прикладна діяльність.
4. Історичний огляд розвітку мікробіологичного синтезу
5. Вимоги, що пред'являються промисловим мікроорганізмам.
6. Обладнання для промислового мікробного синтезу
7. Культивування організмів. Види ферментації.
8. Поверхневий та глибинний способи культивування. Особливості напівбезперервної ферментації.
9. Періодичне культивування. Основні фази росту мікроорганізмів. Фактори, що впливають на їх тривалість.
10. Кількісні показники росту культур мікроорганізмів.
11. Безперервне культивування. Переваги та основні показники процесу.
12. Способи керування процесами безперервного культивування.
13. Загальна схема отримання суспензійних культур для виробництва вторинних біологічно активних речовин:
14. Системність підходів до наукових досліджень у біотехнології, які передбачають розробку сукупності методів, способів і прийомів, а також певну послідовність і спрямованість їх експериментальної реалізації..
15. Стадії промислового біосинтезу.
16. Отримання продуктів метаболізму мікроорганізмів.
17. Отримання рекомбінантних продуктів. Биотрансформация речовин
18. Поняття про біобезпеку.
19. Клітинна іммобілізація. Переваги, недоліки, способи вдосконалення процесу.
20. Методи клітинної іммобілізації.
21. Типи реакторів з іммобілізованими клітинами.

***Питання з розділу 2*. Використання мікроорганізмів для отримання різних сполук.**

1. Характеристика шляхів одержання вітамінів з мікроорганізмів.
2. Синтез каротину, рибофлавіну, ергостерину: вимоги до живильних середовищ, джерела сировини, стадії біосинтезу.
3. Продуценти вітамінів і умови їх культивування, використання стимуляторів біосинтезу.
4. Біосинтез амінокислот (глютамінової кислоти, лізину, аспарагінової кислоти, триптофану).
5. Шляхи одержання та продуценти амінокислот.
6. Шляхи промислового отримання полісахаридів.
7. Біосинтез мікробних полісахаридів.
8. Технологія отримання гібереллінів у промислових умовах.
9. Способи культивування продуцентів алкалоїдів.
10. Сфери застосуваня мікробних нуклеотидів бактерій та мікроскопічних грибів.
11. Синтез нікотинамідинуклеотиду, інозинової кислоти та гуанозінполіфосфатів
12. Вирощування мікробної біомаси.
13. Отримання продуктів метаболізму мікроорганізмів.
14. Отримання рекомбінантних продуктів. Биотрансформация речовин
15. Виробництво амінокислот.
16. Виробництво органічних кислот.
17. Виробництво вітамінів.
18. Виробництво спиртів.
19. Виробництво поліолів.
20. Виробництво вторинних метаболітів.
21. Виробництво антибіотиків.
22. Виробництво лікарських препаратів.
23. виробництво профілактичних препаратів.
24. Виробництво ферментів.
25. Виробництво амінокислот.
26. Виробництво нуклеотидів.
27. Виробництво лимонної кислоти.
28. Виробництво оцтової кислоти.
29. Виробництво етанолу.
30. Виробництво біогазу.
31. Білок одноклітинних: біотехнологія виробництва.
32. Біологічно активні речовини: біотехнологія виробництва.

33. Біотехнологічне виробництво ацетону.
34. Біотехнологічне виробництво бутанолу.
35. Біоенергія: біотехнологія виробництва.
36. Біополімери: біотехнологія виробництва.

Додаток 1 До розділу 6 Самостійна робота

Приблизна тематика рефератів:

1. Характеристика основних продуктів біотехнології мікробного синтезу, основні напрямки їх використання.
2. Перспективи розвитку біотехнології мікробного синтезу.
3. Процеси технологій мікробного синтезу (за групами виробництва біомаси та інших цінних продуктів метаболізму).
4. Розгляд стадійних мікробіотехнологічних виробництв, їх схожість і відмінність залежно від кінцевої мети технологічного процесу.
5. Основні параметри для управління мікробіологічними процесами.
6. Екологічна чистота мікробного синтезу.
7. Системи транспорту субстратів.
8. Шляхи катаболізму субстратів у бактерій.
9. Регуляція транспорту субстратів і ферментів.
10. Регуляція енергетичного і конструктивного метаболізму.
11. Контроль швидкості росту клітин.
12. Надсинтез продуктів у мікроорганізмів зі зміненим генотипом.
13. Отримання штамів-продуцентів, стійких до фагів і бактерицидних речовин.
14. Типові схеми виробництва мікробних метаболітів.
15. Основні прийоми контролю процесів мікробного синтезу.
16. Характеристика основних стадій мікробної біотехнології.
17. Підтримка чистої культури штаму-продуцента.
18. Переробка культуральної рідини та сировини: концентрати, біомаса, очищені продукти.
19. Дотримання вимог асептики, типи стерилізації всіх потоків і біореактора. Характеристика шляхів одержання вітамінів з мікроорганізмів.
20. Синтез каротину, рибофлавіну, ергостерину: вимоги до живильних середовищ, джерела сировини, стадії біосинтезу.
21. Продуценти вітамінів і умови їх культивування, використання стимуляторів біосинтезу.
22. Біосинтез амінокислот (глютамінової кислоти, лізину, аспарагінової кислоти, триптофану).
23. Сфери застосуваня мікробних нуклеотидів бактерій та мікроскопічних грибів. Синтез нікотинамідинуклеотиду, інозинової кислоти та гуанозінполіфосфатів. Органічні кислоти: особливості одержання та шляхи застосування. Продуценти органічних кислот.
24. Система депонування штамів продуцентів.
25. Характеристика процесу ферментації.
26. Продуценти ферментів (грибні та бактеріальні) та методи їх культивування. Отримання іммобілізованих ферментів та клітин мікроорганізмів, носії. Перспективні технології й продуценти в мікробному синтезі.

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Силабус, презентації лекцій та рекомендації до практичних занять знаходяться в Електронному Кампусі, онлайн-курс на платформі Сікорський. Лабораторне обладнання.

Обладнання загальноаналітичне, в т.ч. екстрактори, вакуумна фільтрувальна установка, ротаційний випарювач, аналітичні ваги, обладнання для потенціометричних вимірювань, pH-метри, спектрофотометр в УФ- та видимій ділянці спектру, обладнання для електрофорезу, камера для проявлення ТШХ, тощо.

Мультимедійне обладнання. При дистанційному навчанні використовуються сервіси відеоконференцій Zoom/Google meet.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):
Складено професором кафедри ТМБ, д.біол.н. Поєдинок Н. Л.;
Ухвалено кафедрою ТМБ (протокол № 16 від 24 червня 2026 р.)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол №10 від 25 червня 2026 р.)