



МОДЕЛЮВАННЯ В БІОТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	ОНП Біотехнології
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, в т.ч. аудиторні: лекцій – 36 год., практичних – 18 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	домашня контрольна робота, модульна контрольна робота; залік
Розклад занять	<i>Лекції: 2 год./тиждень; практичні заняття: 1 год./тиждень згідно розкладу</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: докт.біол.наук, професор, Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net, Практики: докт.біол.наук, професор, Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

При вивченні курсу «Моделювання в біотехнології» студенти повинні ознайомитись із системним підходом, методологією біометричного аналізу і математичного опису функціонування біосистем, як необхідна основа синтезу їх математичних моделей. Зокрема, у курсі розглядається побудова регресійних моделей, структурно-функціональне моделювання, моделювання динаміки біосистем та засоби його комп'ютерної реалізації. Аналізуються особливості математичного моделювання біосистем різного рівня організації. Висвітлюються питання управління та саморегуляції і їх відображення в моделях кінетики біологічних процесів, в т.ч. коливних. У кожному випадку наводиться конкретний математичний апарат із ілюстрацією його застосування на прикладах моделювання біофізичних, фізіологічних, біохімічних, популяційних та інших систем.

Курс «Моделювання в біотехнології» націлений на виконання таких задач: студенти повинні вміти аналізувати особливості математичного моделювання біосистем різного рівня організації. Набуті знання студенти повинні вміти застосовувати для опанування сучасних методів об'єктивного і суб'єктивного математичного моделювання, а також коректного інтерпретування результатів дослідження. У відповідності з різноманітністю досліджуваних в курсі «Моделювання в біотехнології» явищ та процесів організації біологічних процесів та систем при викладанні курсу враховується технічний та біотехнологічний профіль спеціальностей факультету біотехнологій.

Засвоївши курс «Моделювання в біотехнології», студенти повинні володіти основними поняттями, теоріями, моделями і принципами моделювання біологічних процесів та систем; знати класифікацію, методи роботи, властивості біофізичних систем, моделі розвитку популяцій, мікроорганізмів і їх спільнот, моделі продукційних процесів рослин; володіти основними математичними методами дослідження нелінійних моделей та їх реалізацією за допомогою

обчислювальних програм. При вивченні дисципліни студенти повинні опрацьовувати лекційний матеріал, розв'язувати домашні завдання, самостійно вивчати додаткову літературу. Поточний контроль здійснюється за допомогою опитувань на практичних заняттях. Курс «Моделювання в біотехнології» базується на знаннях із загальної фізики, математичного аналізу, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії диференціальних рівнянь, що забезпечує підготовку і формулювання світогляду майбутнього спеціаліста.

Мета дисципліни «Моделювання в біотехнології» полягає у наданні фундаментальних знань для розуміння та вивчення методів моделювання біологічних процесів і систем різних ступенів організації для їх подальшого використання у наукових дослідженнях, та використання сучасних обчислювальних програм з метою знаходження основних параметрів та розв'язків побудованих моделей і їхньої візуалізації.

Предметом дисципліни «Моделювання в біотехнології» є вивчення та застосування різних видів моделювання біологічних систем та процесів.

Програмні компетентності.

Згідно з освітньо-науковою програмою підготовки магістрів з біотехнології студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають набути такі програмні компетентності:

ЗК01.Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ФК05.Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання.

ФК09.Здатність застосовувати сучасні методи системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів.

ФК10.Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу та оптимізації біотехнологічних процесів, управління виробництвом, мати навички практичного впровадження наукових розробок.

Програмні результати навчання.

ПР04. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів.

ПР14. Здійснювати змістову постановку задач оптимізації в галузі біотехнології та біоінженерії, їх формалізацію, обирати придатні методи розв'язання таких задач і отримувати їх розв'язки із заданим ступенем точності.

ПР15. Мати навички планування та виконання експериментальних досліджень як особисто, так і у колективі, критичного аналізу отриманих результатів; оформлення результатів досліджень у вигляді звіту, наукової публікації, презентації на наукових та інших заходах.

ПР19. Вміти створювати та використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу та управління біотехнологічними об'єктами (процесами)

ПР20. Вміти використовувати методи молекулярної біоінженерії для створення нових біологічних агентів.

ПР21. Мати навички використання молекулярно-генетичних технологій для створення нових біологічних агентів.

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

Перелік дисциплін, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни - «Вища математика», «Фізика» та «Біофізика».

3. Зміст навчальної дисципліни «Моделювання в біотехнології».

Математичне моделювання: базові поняття. Біологічні моделі, що описуються одним автономним

диференціальним рівнянням. Моделі одновимірних динамічних систем із дискретним часом. Найпростіші ймовірнісні моделі. Моделі, що описуються системами двох автономних диференціальних рівнянь. Дослідження стійкості стаціонарного стану нелінійних систем другого порядку. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Принцип простоти та його біологічне значення. Типи біфуркацій. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач.

Моделі ферментативного каталізу. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів та вплив параметрів на ріст. Моделювання проточних та непроточних культур. Багатосубстратні мікробні процеси. Вікові розподіли мікроорганізмів. Моделювання режимів культивування. Оптимізація продуктивності роботи установок для культивування та збільшення їх ефективності за різних умов. Кінетичні характеристики процесу біосинтезу. Моделювання оптимальних умов біосинтезу та керування процесом. Моделювання біосинтезу продуктів метаболізму та процесів конструювання біопрепаратів.

Моделі взаємодії двох видів. Коливання в темнових процесах фотосинтезу. Автоколивання в моделі гліколізу. Внутрішньоклітинні коливання концентрації кальцію. Клітинні цикли. Моделі клітинного перемикання. Моделювання двовікових культур. Моделі розповсюдження нервового імпульсу. Динаміка імунних реакцій та транспорт біопрепаратів. Кінетичні рівняння розподілених систем. Рівняння типу реакція-дифузія. Стійкість гомогенного стаціонарного стану. Поняття жорсткого збурення та автохвилі. Дисипативні структури, їх роль у біології. Поняття хаосу та фракталів. Реакція Белоусова-Жаботинського. Розподілені тригери і морфогенез. Моделі самоорганізації клітин та угруповань мікроорганізмів.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова та додаткова література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни

Базова:

1. Різниченко Г.Ю. Лекції по математичним моделям в біології. - НіЦ «Регулярна та хаотична динаміка», 2011. - 146 с.
2. Горго Ю.П. Фізіологічна кібернетика та інформатика людини (лекції). ВК «Поліграфсервіс», Київ, 2010, 99 с.
3. Томашевський В.М. Моделювання систем. - К: Видавнича група ВНУ, 2005. - 352 с.
4. Горго Ю.П. Основи біофізики, біоніки та психофізики людини в навколишньому середовищі (курс лекцій). ВК «Поліграфсервіс», Київ, 2010, 100 с.
5. Гриценко В.І., А.Б.Котова, М.І.Вовк, С.І.Кіфоренко, В.М.Белов. Інформаційні технології в біології та медицині. Курс лекцій: Навчальний посібник.- К., Наукова думка, 2007. - 383 с.

Додаткова:

1. Костюк П.Г. Біофізика : підручник / П.Г.Костюк, В.Л.Зима, І.С.Магура та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008, - 527 с.
2. Попадюха А.А., Горго Ю.П. Інформаційні технології та біофізичні оцінки діяльності операторів в біотехнічних системах. К., ПВП «Задруга», 2008, -199 с.
3. Максимович В.А., Беспалова С.В. Математичне моделювання в медичній біофізиці. Донецьк, 2002. -202 с.
4. Булах І.Є., Лях Ю.Є., Хаїмзон І.І. Медична інформатика. Навчальний посібник для студентів II курсу медичних спеціальностей у трьох частинах. Вінниця. Друкарня ВНМУ ім.. М.І. Пирогова, 2006. – 104 с.
5. Фурсова П.В., А.П.Левич. Математичне моделювання в екології суспільств. Проблеми довкілля (обзорна інформація ВІНДТІ), № 9, 2002. 99 с.
6. Інформаційні технології у фармації: підручник. / І.Є. Булах, Л. П. Войтенко, Л.О. Кухар, М. Р. Мруга, І.М. Шило. – К. : Медицина, 2008. – 224 с.

Рекомендації та роз'яснення:

- зазначені матеріали можна знайти в бібліотеці та Інтернеті;
- матеріали є факультативними;

- з конкретними темами дисциплін пов'язаний цикл розроблених лекцій.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Інформація за розділами, темами та про всі навчальні заняття (лекції і практичні) надаються, як рекомендації щодо їх засвоєння у формі календарного плану.

Лекційні заняття.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Математичне моделювання в біології: базові поняття. Поняття моделі. Об'єкти, цілі та методи моделювання. Моделі в різних науках. Типи моделей, які використовують у біології, різних біотехнологіях та медицині. Етапи математичного моделювання. Комп'ютерні та математичні моделі. Типи моделей, які використовують у біології, біотехнологіях та медицині. Застосування методів математичного та натурального моделювання у біотехнології. Приклади математичних моделей у біології. Приклади математичних моделей в біології: модель «хижаки – жертви», математичне моделювання в імунології, математична модель росту популяції бактерій, математичне моделювання поширення інфекції. Література базова: [1,4]. Література додаткова [3,4]
2	Лекція 2. Структурно -функціональні особливості математичного моделювання в біотехнологіях. Структура системи. Середовище. Теоретико-множинний рівень абстрактного опису системи. Топологічні абстрактні моделі. Теорія подібності, математична, геометрична та фізична подібності. Ізоморфність (подібність) двох систем. Простір станів системи. Аналогія, абстракція та спрощення. Основні типи моделей. Математичні моделі та математичне моделювання. Формальні методи побудови моделей. Принципи побудови математичних моделей в біології та медицині. Література: [2,4]. Література додаткова [3,6]
3	Лекція 3. Специфіка математичного моделювання біологічних систем і процесів. Історія перших моделей в біології. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів. Регресивні, імітаційні, якісні моделі. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей. Приклади математичних моделей у біології. Ряд Фібоначі. Швидкість поглинання кисню листям. Моделі продукційного процесу рослин. Особливості молекулярної динаміки та біологічної кінетики. Моделі водних екосистем. Моделі глобальної динаміки. Специфіка моделей живих систем. Література: [1,3]. Література додаткова [2,3,4]
4	Лекція 4. Моделі біологічних систем, що описуються одним диференціальним рівнянням першого порядку. Моделі, що зводяться до одного диференціального рівняння першого порядку (моделі росту чисельності ізольованої популяції, модель популяційного спалаху комах, модель розмноження клітин, росту колонії мікроорганізмів, безперервні моделі, експоненціальне зростання, логістичний зростання, моделі з найменшою критичною чисельністю степеневий та експоненційний закон). Аналіз математичної моделі на прикладі логістичного рівняння. Вплив запізнювання. Приклад: хімічні реакції першого порядку. Література: [1,4]. Література додаткова [2,5]
5	Лекція 5. Моделі, що описуються системами двох автономних диференціальних рівнянь. Поняття фазової площини, фазового простору та фазового портрету. Фазова траєкторія. Метод ізоклінів, головні ізокліни. Особлива точка. Стаціонарний стан системи. Системи 2 лінійних рівнянь, лінійне однорідне перетворення координат. Типи особливих точок: вузол, сідло, фокус, центр. Типи фазових портретів. Література: [1,5]. Література додаткова [3,4]
6	Лекція 6. Математичне моделювання швидких і повільних змін в біологічних системах. Принцип простоти та його біологічне значення. Проблема швидких і повільних змінних. Теорема Тихонова. Метод квазістаціонарних концентрацій. Формулювання принципу простоти. Фермент - субстратна реакція Міхаеліса-Ментен як приклад принципу простоти. Проблема автокаталізу. Часова ієрархія: «середні»,

	«швидкі» та «повільні» змінні Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач. Катастрофи. Література: [1,2]. Література додаткова [2,6]
7	Лекція 7. Математичні моделі мультистаціонарних та тригерних біологічних систем. Тригер. Способи переключення тригера. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами. Силове і параметричне перемикання тригера. Модель конкуренції. Диференціація та морфогенез. Розподілені тригери і морфогенез. Модель генетичного тригера з дифузією. Генетичний тригер Жакоба і Моно. Еволюція. Відбір одного з двох і декількох видів. Література: [4,5]. Література додаткова [2,3,5]
8	Лекція 8. Моделі взаємодії двох видів. Гіпотези Вольтерра. Аналогії з хімічної кінетикою. Система Лотки-Вольтерра «хижак-жертва». Система «хижак-жертва» із врахуванням внутрішньо видової конкуренції. Вольтеррівські моделі взаємодій. Класифікація типів взаємодій конкуренція. Моделі взаємодії видів. Модель Колмогорова. Модель взаємодії двох видів комах Макарура. Параметричний і фазові портрети системи. Література[1,3]. Література додаткова [2,5]
9	Лекція 9. Натурні та математичні моделі фотосинтезу. Фізико-хімічна сутність процесу фотосинтезу. Моделі світлової та темної реакції фотосинтезу. Загальна формула фотосинтезу. Природа та моделі основних реакцій фотосинтезу. Моделі хромопластів. Принципова схема та фізичний зміст різних стадій фотосинтезу. Модель структурної організації пігмент-білкових комплексів антен фотосинтезу. Математична модель коливань в темнових процесах фотосинтезу. Література:[4]. Література додаткова [1,6].
10	Лекція 10. Моделювання процесів регуляції в організмі. Математична модель нервового імпульсу. Потенціал дії нейрону. Рівняння динаміки руху іонів через мембрану. Модель синаптичної активації. Математична інтерпретація структурно-функціональних взаємозв'язків в нейроні. Математичне моделювання системи регуляції вуглеводного обміну. Контур регуляції параметричного гомеостазу при гіпоглікемії. Модель глікогенолізу. Максимальна і мінімальна моделі системи регуляції вуглеводного обміну. Синтез алгоритмів на мінімальних моделях. Моделюючий комплекс. Література: [5]. Література додаткова [6]
11	Лекція 11. Моделі поведінки біологічних об'єктів у нестабільному середовищі. Модель клітинної адаптації. Адаптація метаболізму гіпоергічної клітини. Адаптивне реагування клітин на зміни в локальному середовищі. Модель децентралізованого механізму адаптації організму. Математична теорія пристосування організму до повторюваних дій шкідливих хімічних факторів середовища. Адекватна математична модель динаміки змін досліджуваного показника при однократній дії фактору середовища. Динамічна моделі і інформаційні технології прогнозу життєдіяльності людини в різних умовах середовища. Література:[4,5]. Література додаткова [3,6]
12	Лекція 12. Математичне та натурне моделювання скоротливих процесів. Будова скелетних м'язів. Актин-міозинова система. Моделі механізмів скорочення попереково-посмугованих м'язів. Моделі скорочення гладеньких м'язів. Білки саркомеру, тонка та товста протофібрили. Моделі молекулярних механізмів м'язевого скорочення. Регуляція взаємодії в акто-міозиновій системі. Енергетика та біомеханіка м'язевого скорочення. Література : [2,4]. Література додаткова [3,5]
13	Лекція 13. Математичні моделі та алгоритми керування системою вуглеводного обміну. Фізіологічні передумови моделювання системи вуглеводного обміну. Математичне компартментальне моделювання системи вуглеводного обміну. Максимальна модель. Мінімальні моделі. Моделюючий комплекс імітаційного дослідження зовнішніх керуючих впливів. Схема дворівневого імітаційного моделювання. Синтез алгоритмів оптимального керування системою регуляції глікемії. Принцип функціонування програми оптимального рішення, при попарній взаємодії лікарняних препаратів, вибраних із певних груп. Оптимальне моделювання конструювання лікарських препаратів, концентрації забруднюючих речовин тощо, методами CO & PSO. Максимальна та мінімальна моделі. Література: [1,5] . Література додаткова: [2]

14	Лекція 14. Регулювання і функціонування нейронних мереж в біотехнологіях. Управління і регулювання. Біонічні системи. Блок-схема функціональних систем управління. Алгоритми видів керування в біотехнологіях із зворотним зв'язком. Види регулювання в біотехнологічних системах. Автоматичне регулювання, регулювання по збуренню і по відхиленню. Екстремальне, оптимальне і адаптивне регулювання. Алгоритмічна стратегія виявлення адаптації. Адаптивне керування. Структура нейронних мереж. Особливості роботи штучних нейронних мереж. Література [3,5].
15	Лекція 15. Моделювання процесів біосинтезу та процесів конструювання біопрепаратів. Моделі та кінетичні характеристики процесу біосинтезу в клітинах. Моделювання оптимальних умов біосинтезу продуктів метаболізму та процесів конструювання біопрепаратів. Модель дії лікарських сполук на ферменти біосинтезу та їх ефективності. Модель накопичення продукту метаболізму на прикладі лейцину. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно». Література:[3] Література додаткова [2,3,5]
16	Лекція 16. Математичне та натурне моделювання нервової тканини. Модель впливу слабого електричного поля на біологічні системи. Моделі розповсюдження нервового імпульсу: класична модель Ходжкіна-Хакслі. Вплив слабких електромагнітних полів на біологічні системи. Поняття резонансу. Модель перенесення іонів на мембранах за участю переносника. Періодичний вплив системи трансмембранного переміщення іонів зі стаціонарним станом типу стійкий фокус . Мультистаціонарна модель. Автоколивальна модель. Динамічний хаос. Частота впливу як керуючий параметр. Стохастичний резонанс. Література:[2,4]. Література додаткова [3-5]
17	Лекція 17. Основні принципи моделювання ферментативного каталізу. Моделювання режимів культивування. Дослідження одиночного культиватора повного змішування та проточного культиватора із центрифугою. Керування продуктивністю за наявності обмежень на концентрацію біомаси та субстрату. Керування перехідними процесами. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів, росту біомаси та вплив параметрів на ріст. Моделювання проточних та непроточних культур мікроорганізмів. Література: [1, 3]. Література додаткова [3,4]
18	Лекція 18. Математичне моделювання в екології. Математичне моделювання в екології співтовариств. Класифікація математичних моделей біологічних продукційних процесів. "Організменні" моделі. Концепція лімітуючих факторів. Застосування різних способів формалізації закону мінімуму Лібіха в моделях з диференційними рівняннями. Література додаткова [3,5]

Практичні заняття

Основні завдання циклу Практичних занять з дисципліни є формування у студентів вміння до розв'язування теоретичних і практичних біотехнологічних задач.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання (дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань)

№ з/п	Назва теми заняття
1	Практичне заняття 1. Приклади математичних моделей у біології. Специфіка моделювання живих систем. Особливості біологічної кінетики. Принципи та приклад побудови математичних моделей в біології та медицині. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. Література: [базова- 5,6]
2	Практичне заняття 2. Розв'язок систем диференціальних рівнянь. Графічне представлення розв'язку. Визначення типів особливих точок. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання, класичними моделями у біології, що описуються системою диференціальних рівнянь та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Література: [базова- 1; додаткова - 4]
3	Практичне заняття 3. Дослідження моделей одновимірних динамічних систем із дискретним часом на прикладі дискретного логістичного рівняння та моделей динаміки

	чисельності жука-шкідника, взаємодії забруднення із навколишнім середовищем. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Література:[базова- 3; додаткова - 2]
4	Практичне заняття 4. Розв'язок систем диференціальних рівнянь. Дослідження стійкості стаціонарних станів методом Ляпунова на прикладі рівнянь Лотки, Вольтерри, Міхаеліса-Ментен. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Моделювання проточних та непроточних культур мікроорганізмів. Модель Моно. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно». Література:[базова- 1; додаткова - 5]
5	Практичне заняття 5. Моделі фотосинтезу. Моделі світлової та темної реакції фотосинтезу. Загальна формула фотосинтезу Моделі хромoplastів. Класична модель коливань в темних процесах фотосинтезу. Література: [базова-2 ; додаткова -2]
6	Модульна контрольна робота.
7	Практичне заняття 7. Дослідження моделі Тайсона-Новака клітинного циклу. Моделювання генетичного триггеру Жакоба і Моно. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивань та граничних циклів. Література:[базова- 3; додаткова - 5].
8	Практичне заняття 8. Доповіді і обговорення домашніх контрольних робіт.
9	Практичне заняття 9. Залік

5. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів проводиться у вигляді: підготовки до аудиторних занять (46 годин), модульної контрольної роботи (4 годин), підготовки до заліку (6 годин) та підготовки і оформлення домашньої контрольної роботи на тему використання методів моделювання у напрямку своєї магістерської дисертації чи на вибрану тему, перелік яких наводиться нижче (10 годин), на що відводяться 66 годин.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять. Література: базова та додаткова література.	46
2	Підготовка до модульної контрольної роботи, 1-8 лекції.	4
3	Підготовка та оформлення домашньої контрольної роботи та презентації. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	10
4	Підготовка до заліку, 1-18 лекції.	6
5	Всього	66

При підготовці до лекцій пропонуються для самостійної роботи студентів такі питання:

- основні поняття математичного моделювання та класичні моделі в біології. Література: [базова- 1,4; додаткова - 3,4]; - 2,5 год.
- біофізичні методи підготовки завдань для моделювання у біотехнологіях. Література:[базова- 2,4; додаткова - 3,6]; - 2 год.
- приклади математичного моделювання у біотехнології. Література:[базова- 1,3; додаткова - 2,3,4]; - 2,5 год.
- приклади математичного моделювання та класичні моделі у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. Література:[базова- 1,4; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
- приклади математичного моделювання та класичні моделі у біології, що описуються системою диференціальних рівнянь. Література:[базова- 1,5; додаткова - 3,4]; - 2,5 год.
- побудова та опис математичних моделей хімічних та біохімічних реакції першого порядку. Література:[базова- 2,4; додаткова - 1,6]; - 2,5 год.

- ознайомлення з основними поняттями використання теорії динамічних систем для математичного моделювання. [2,6] Література: [базова- 1,2; додаткова - 2,6]; - 2,5 год.
 - приклади математичного моделювання та моделі у біології із експоненціальним зростанням та логістичним зростанням. Література: [базова- 2,5; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття та моделі еволюції. Література: [базова- 1,4; додаткова - 2,3,5]; - 2,5 год.
 - ознайомлення з основними поняттями теорії стійкості, метод створення параметричних та фазових портретів біотехнологічних систем. Література: [базова- 1,3; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття автоколивальних процесів на прикладі математичних моделей темнових процесів фотосинтезу. Література: [базова- 2,4; додаткова - 1,6]; - 2,5 год.
 - застосування математичних методів до створення максимальних та мінімальних моделей фізіологічних систем. Література: [базова- 5; додаткова - 6]; - 2,5 год.
 - ознайомлення з моделюванням та теоріями нервово - м'язового скорочення. Література: [базова- 2,4; додаткова - 3,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття моделювання у фармацевтиці та створенні косметичних препаратів. Література: [базова- 3; додаткова - 2,3,5]; - 2,5 год.
 - моделювання електричної організації живих тканин, провідності живих середовищ та синтиційного середовища. Література: [базова- 2,4; додаткова - 3,5]; - 2 год.
 - ознайомлення з основними моделями росту культур мікроорганізмів, росту біомаси та вплив параметрів на ріст. Література: [базова- 1,3; додаткова - 1,4]. - 2,5 год.
- Всього на СРС за матеріалами лекцій - 39 год.

При самостійній роботі підтримується використання інформаційних джерел з Інтернету.

При підготовці до практичних занять пропонуються для самостійної роботи студентів такі питання:

- ознайомлення з методами розв'язання рівнянь дифузії та осмосу в клітинах. Література: [базова- 4,5; додаткова - 3,6]; - 2,5 год.
 - моделювання кінетики живих середовищ. Література: [базова- 4,5; додаткова - 3,6]; - 2 год.
 - особливості використання в біотехнології моделі генетичного тригера Жакоба і Моно. Література: [базова- 3,5; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
- Всього на СРС за матеріалами Практичнеарів -7 год.

При самостійній роботі підтримується використання інформаційних джерел з Інтернету.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин. Задаються дедлайни виконання реферативних і контрольних робіт та перескладань.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

З ДКР проводиться політика щодо академічної доброчесності.

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

Використання додаткових джерел інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків. Призначаються заохочувальні та штрафні бали.

Політика щодо відвідування: Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для формування компетентностей, визначених стандартом освіти. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування,

міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу. Захист індивідуальних завдань проводиться на практичних заняттях.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою лекцій та практичних занять - (36 балів), модульна контрольна робота (МКР) - (24 бали), домашня контрольна робота (ДКР) - (40 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 100 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни нижче.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для першої атестації студент повинен мати, як мінімум - 10 балів, для другої атестації, як мінімум - 30 балів.

Семестровий контроль: залік. Загальна сума балів на заліку – 100 балів (бали, отримані за семестр анулюються).

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг від 55 до 100 балів, написання МКР, виконання ДКР.

Рейтингова система оцінки успішності студентів
з дисципліни “Моделювання в біотехнології”
для спеціальності 162 "біотехнології та біоінженерія",
Факультет біотехнології і біотехніки
(Другий магістерський рівень, денна форма навчання)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практики	Лабор. роботи	СРС	МКР	ДКР	Семестр. атестація
3	4	120	36	18		66	1	1	залік

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- опитування за темою лекцій та практик;
- модульної контрольної роботи ;
- домашньої контрольної роботи.

Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
	опитування за темою занять			
	- ваговий бал	4	9	36
	- якість відповіді *	0 - 4		
2.	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал	24	1	24
	- якість виконання МКР **	0 - 24		
3.	Домашня контрольна робота	40	1	40
	- якість виконання***	0 - 40		
4	Всього			100

* опитування за темою лекцій та практик (якість відповіді на питання) - 4 бали:

- відповідь не зовсім вірна - 1 бал;
- відповідь достатня, але дуже обмежена - 2 бали;
- відповідь вірна, але не повна - 3 бали ;
- відповідь правильна та повна - 4 бали .

** - Якість виконання МКР:

- повністю розкриті відповіді з використанням ілюстративних матеріалів - 23 - 24 бали ;
- помилка в одному завданні або неповна відповідь в одному завданні - 19 - 22 балів ;
- помилка в одному завданні або неповні відповіді в двох завданнях - 15 - 18 балів ;

- помилки в двох завданнях або неповні відповіді в трьох завданнях - 9 - 14 балів;
 помилки в трьох завданнях або неповні відповіді в чотирьох завданнях - 1 - 8 балів.
 МКР не зараховується при оцінці ≤ 14 балів;
 МКР зараховується при оцінці ≥ 15 балів.

*** - Якість виконання ДКР:

- повне розкриття теми з використанням формул, блок-схем, графіків та таблиць, із самостійною думкою та презентацією - 35 - 40 балів ;
 повне розкриття теми та із презентацією - 28 - 34 балів ;
 не повне розкриття теми, або незначні помилки чи без презентації - 20 - 27 балів ;
 не обґрунтоване або дуже скорочене подання теми без презентації - 11 - 19 балів;
 наявність грубих помилок в розкритті чи поданні теми без презентації - 1 - 10 балів;
 ДКР не зараховується при оцінці ≤ 23 балів;
 ДКР зараховується при оцінці ≥ 24 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $R = 36 + 24 + 40 = 100$ балів.

Рейтингова шкала з дисципліни складає - $R = 100$ балів;

Необхідною умовою для одержання заліку "автоматом" є відповіді при опитуванні на лекціях та практичних заняттях, виконання на позитивну оцінку модульної контрольної роботи та домашньої контрольної роботи. При цьому загальний рейтинг повинен бути більшим за 60 балів. Для підвищення рейтингової оцінки проводиться залік. При цьому попередній рейтинг анулюється.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів:: 1 атестація – «зараховано» - 10 балів (30 – максимум), 2 атестація – 30 балів (70 – максимум).

До заліку допускаються студенти, які набрали більше 55 балів, виконали МКР та підготували ДКР на позитивну оцінку.

Шкала відповідності рейтингових балів традиційним оцінкам

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
59 -56	Незадовільно
До 55 балів	Не допущено

Підсумкова оцінка якості знань з дисципліни визначаються за традиційною 4-рівневою шкалою з урахуванням індивідуальних поточних оцінок за вище наведеною шкалою:

Білет для проходження заліку складається з 4 питань, 1 питання оцінюється у 25 балів.

Повна відповідь на питання - 5 (23 - 25 балів)

Зроблені незначні помилки - 4 (19 - 22 бали)

Суттєві неточності у відповіді - 3 (15 - 18 балів)

Відповідь не зарахована при отриманні ≤ 14 балів .

Шкала рейтингових оцінок:

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 \leq R < 100$	відмінно
$85 \leq R < 94$	Дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 \leq R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Виконання домашньої контрольної роботи визначаються після обговорення з кожним студентом теми використання моделювання в напрямку підготовки його магістерської дисертації чи самостійно вибраної студентом іншої теми.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік) подаються, як додаток 2 до силабусу.

Можливе зарахування проходження дистанційних чи он-лайн курсів за відповідною тематикою з наявністю додаткового реферату по визначеній темі лекцій чи практик.

Робочу програму навчальної дисципліни «Моделювання в біотехнології» складено
докт. біол. наук, проф. Горго Ю.П.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 18 від 25. 05. 2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 26.06.2023)

Приклади питань у формі білетів до МКР "Моделювання у біотехнології"

Білет № 1

1. Математичне моделювання в біології: базові поняття.
2. Регресивні, імітаційні, якісні моделі.
3. Модель популяційного спалаху комах
4. Формулювання принципу простоти при моделюванні.

Білет № 2

1. Поняття моделі. Об'єкти, цілі та методи моделювання.
2. Приклади використання ряду Фібоначі в біології.
3. Експоненціальне зростання процесів
4. Тригер. Способи переключення тригера в системах.

Білет № 3

1. Комп'ютерні та математичні моделі.
2. Моделювання молекулярної динаміки та біологічної кінетики.
3. Модель розмноження клітин
4. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні

Білет № 4

1. Класифікація моделей
2. Модель швидкість поглинання кисню листям.
3. Логістичне зростання, теорема Ферхюльста.
4. Силоне і параметричне перемикання тригера.

Білет № 5

1. Структурні особливості системи.
2. Моделі глобальної динаміки.
3. Метод ізокліни
4. Фермент - субстратна реакція Міхаеліса-Ментен, як приклад принципу простоти

Білет № 6

1. Поняття "Середовище".
2. Класифікація моделей біологічних процесів.
3. Аналіз математичних моделей на прикладі логістичного рівняння
4. Метод квазістаціонарних концентрацій

Білет № 7

1. Теорія подібності.
2. Принципи побудови математичних моделей в біології та медицині.
3. Вплив запізнювання на моделювання.
4. Генетичний тригер Жакоба і Моно.

Білет № 8

1. Ізоморфність (подібність) двох систем.
2. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей.
3. Головні ізокліни.
4. Диференціація та морфогенез.

Білет № 9

1. Простір станів системи.
2. Моделі водних екосистем.
3. Поняття фазової площини, фазового простору та фазового портрету
4. Відбір одного з двох і декількох видів.

Білет № 10

1. Аналогія, абстракція та спрощення.
2. Специфіка моделювання живих систем.
3. Проблема швидких і повільних змінних.
4. Модель генетичного тригера з дифузією.

Білет № 11

1. Формальні методи побудови моделей.
2. Модель росту чисельності ізольованої популяції
3. Принцип простоти та його біологічне значення.
4. Типи особливих точок: вузол, сідло, фокус, центр.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік)

1. Структура та блок-схема систем в біотехнології.
2. Теоретико-множинний рівень абстрактного опису системи.
3. Простір станів системи.
4. Аналогія, абстракція та спрощення.
5. Формальні методи побудови моделей.
6. Специфіка моделювання живих систем.
7. Історія перших моделей в біології.
8. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів.
9. Приклади математичних моделей у біології.
10. Приклади використання рядів Фібоначі у біології.
11. Модель швидкості поглинання кисню листям.
12. Особливості молекулярної динаміки та біологічної кінетики.
13. Моделювання водних екосистем.
14. Моделі, що зводяться до одного диференціального рівняння першого порядку (
15. Моделі росту чисельності ізольованої популяції,
16. Модель розмноження клітин,
17. Модель росту колонії мікроорганізмів,
18. Що таке "безперервні моделі".
19. Як визначити експоненціальне зростання
20. Логістичне рівняння і логістичне зростання
21. Моделі з найменшою критичною чисельністю.
22. Відмінності степеневого та експоненційного розподілів.
23. Вплив запізнювання на розвиток популяцій.
24. Метод ізоклінів та головні ізокліни.
25. Що таке лінійні системи.
26. Моделювання хімічних реакцій першого порядку.
27. Проблема швидких і повільних змінних.
28. Теорема Тихонова.
29. Метод квазістаціонарних концентрацій.
30. Що таке " принцип простоти".
31. Проблема автокаталізу.
32. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні
33. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач.
34. Теорія катастроф.
35. Генетичний тригер. Способи переключення тригера.
36. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами.
37. Теорема Ляпунова.
38. Диференціація та морфогенез.
39. Розподілені тригери і морфогенез.
40. Формула Ферхюльста .
41. Відбір одного з двох і декількох видів в моделі еволюції.

Приклади тем для підготовки ДКР по моделюванню в біотехнологіях

1. Біологічні та геофізичні ритми. Сегментаційний годинник.
2. Моделювання фотосинтезу. Моделі процесів у фотосинтетичній мембрані.
3. Моделі клітинних ритмів. Внутрішньоклітинні коливання концентрації Ca^{2+} .
4. Біологічні ритми. Циркадні ритми.
5. Моделювання автоколивань в гліколізі.
6. Моделювання тригерних схем Жакоба і Моно. Генетичний тригер.
7. Моделі клітинної диференціації.
8. Модель регулювання клітинного циклу в еукаріотів.
9. Моделювання первинних процесів виникнення життя на Землі.
10. Моделі відбору (відбір одного із двох рівноправних, тригерні режими).
11. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів та вплив параметрів на ріст. 12. Моделювання інгібування росту популяцій надлишком субстрату, продуктами ферментації, іонами H^+ .
13. Математичне моделювання процесів росту клітин та їх колоній.
14. Моделювання культур з проточним та непроточним середовищем.
15. Модель багато субстратних мікробних процесів.
16. Моделювання процесів в культиваторі повного змішування та в проточному культиваторі із центрифугою.
17. Моделювання динаміки імунної реакції.
18. Моделювання динаміки періодичних захворювань та факторів, що визначають межу між одужанням і загибеллю організмів.
19. Моделювання кінетики ферментативних перетворень.
20. Моделі ритмічної активності міокарда та технології її використання.
21. Модель репресії синтезу ферментів.
22. Кінетична модель ферментативних реакцій.
23. Математична модель «біологічного годинника» вищих рослин
24. Моделювання в біотехнологіях лікарських препаратів.
25. Моделювання процесів біосинтезу та процесів конструювання біопрепаратів.
26. Моделювання при конструюванні нових білків та пептидів.
27. Комп'ютерні та математичні моделі нервової системи і нервових процесів.
28. Приклади побудови математичних моделей в медицині.
29. Моделювання в ветеринарних технологіях.
30. Моделі продукційних процесів рослин.
31. Моделювання м'язових процесів людини та тварин
32. Приклади моделей екологічних систем.
33. Моделювання біохімічної кінетики технологічних процесів.
34. Моделювання серцево-судинної та кровоносної систем.
35. Моделі популяційних процесів в соціумах.
36. Моделі генетичних перетворень