

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра біофізики та біоінформатики

Затверджено
на засіданні кафедри біофізики
та біоінформатики
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 11 від 22 січня 2024 р.)

Завідувач кафедри *АБС*
д.б.н., проф. Андрій БАБСЬКИЙ

СИЛАБУС
навчальної дисципліни «КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В
БІОЛОГІЇ»,
що викладається в межах ОПП «Біохімія», «Біофізика», «Генетика»,
«Ботаніка», «Зоологія», «Мікробіологія», «Фізіологія людини і тварин»,
«Фізіологія рослин» другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 091 Біологія та біохімія

Силабус вибіркової дисципліни
«Комп'ютерне моделювання в біології» 2024–2025 н.р.

Назва курсу	Комп'ютерне моделювання в біології
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Біологічний факультет, кафедра біофізики та біоінформатики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	091 Біологія 091 Біологія та біохімія
Викладачі курсу	Доцент кафедри біофізики та біоінформатики, к.б.н., доцент Бура Марта Володимирівна
Контактна інформація викладачів	marta.bura@lnu.edu.ua
Консультації по курсу відбуваються	Аудиторні консультації: щосереди, 11:50-13:30 (вул. Грушевського 4, корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, біологічний факультет, III поверх, ауд. № 325 (викладацька)). Онлайн-консультації: через Zoom; за допомогою попередньої домовленості. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на корпоративну електронну скриньку Бураї М.В.
Сторінка курсу	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6334
Інформація про курс	Дисципліна «Комп'ютерне моделювання в біології» є вибірковою дисципліною, що викладається в межах ОПП «Біохімія», «Біофізика», «Генетика», «Ботаніка», «Зоологія», «Мікробіологія», «Фізіологія людини і тварин», «Фізіологія рослин» другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальності 091 Біологія та біохімія в 3 семестрі в обсязі 4 кредитів ЄКТС. Тривалість курсу: обсяг курсу 120, самостійних 72, аудиторних 48.
Коротка анотація курсу	Вибіркову дисципліну «Комп'ютерне моделювання в біології» розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів зі системним підходом, методологією біометричного аналізу і математичного опису функціонування біосистем, як необхідна основа синтезу їх математичних моделей. Зокрема, розглядається побудова регресійних моделей, структурно-функціональне моделювання, моделювання динаміки біосистем та засоби його комп'ютерної реалізації. Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: Модуль 1. Вступ до математичного моделювання біосистем. Модуль 2. Комп'ютерне моделювання динаміки біосистем.
Мета та цілі курсу	Навчальну дисципліну розроблено з метою ознайомлення магістрів-біофізиків зі системним підходом, методологією біометричного аналізу і математичного опису функціонування біосистем. Зокрема, розглядається побудова регресійних моделей, структурно-функціональне моделювання, моделювання динаміки біосистем та засоби його комп'ютерної реалізації. Висвітлюються питання управління та саморегуляції та їх відображення в моделях кінетики біологічних процесів, в т.ч. коливних процесів, та питання динамічних змін.

	<p>Основними цілями вивчення вибіркової дисципліни є розуміння базових закономірностей моделювання біологічних систем, він базується на результатах, отриманих в області цитології, генетики, екології, математики, молекулярної біології з використанням математичних методів дослідження.</p>
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології. – К.: Наукова думка, 2024. – 196 с. 2. Allman, E. S., Allman, E. S., & Rhodes, J. A. Mathematical models in biology: an introduction. – Cambridge University Press, 2004. – 384 p. 3. Оглобля О.В., Мірошніченко М.С., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології, К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 66 с. 4. Прилуцький Ю.І., Оглобля О.В., Скляр Ю.П., Богуцька К.І. Математичні моделі в біології, К.: ВПЦ КНУ, 2002. – 64 с. 5. Антонюк В.С., Бондаренко М.О., Ващенко В.А. [та ін.]. Біофізика і біомеханіка: підруч. для студ. вищ. навч. закл.– К.: НТУУ «КПІ», 2012.– 344 с. 6. Костюк П.Г., Зима В.Л., Магура І.С., Мірошніченко М.С., Шуба М.Ф. Біофізика, К.: ВПЦ КНУ, 2008. – 567 с. 7. Ingalls B. Mathematical Modelling in Systems Biology: An Introduction. – Mathematics University of Waterloo, 2012. – 396p. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Санагурський Д.І. Об'єкти біофізики. Львів. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 522 с. 2. Швець Е. Я., Кісарін О.О. Комп'ютерне моделювання фізіологічних систем людини : навчально-методичний посібник. – Запоріжжя, 2009. – 175с. 3. Мащенко В.Г. Математичне моделювання. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2014. 519 с. 4. Tomlin C. J. & Axelrod D. Biology by numbers: mathematical modelling in developmental biology // Nature Reviews Genetics. – 2007, Vol. 8,. P. 331–340. 5. Іванків К.С., Щербатий М.В. Математичне моделювання біологічних та еколого-економічних процесів. – Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2005. – 154 с. <p>Інформаційні ресурси</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. https://www.math.uwaterloo.ca/~bingalls/MMSB/Notes.pdf 2. https://www.scirp.org/pdf/AM_2015050714472128.pdf 3. https://youtu.be/LZ_-Bdc7Bk 4. https://doi.org/10.1016/j.mbs.2023.109033 5. https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12915-015-0189-2
<p>Обсяг курсу</p>	<p>48 години аудиторних занять. З них: 32 годин лекцій; 16 годин семінарських/практичних занять; 72 години самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати основні поняття, теорії та положення математичного моделювання; - теоретичні концепції сучасної методології; - методи біометричного аналізу та засоби комп'ютерної реалізації; - фундаментальну і сучасну біофізичну літературу. <ul style="list-style-type: none"> - вміти застосовувати знання у практичній діяльності; - вирішувати тестові завдання;

	<ul style="list-style-type: none"> - володіти основами системного підходу до аналізу складних явищ; - застосовувати для опанування сучасних методів об'єктивного і суб'єктивного математичного моделювання, а також коректної інтерпретування результати дослідження; - уміти синтезувати знання в нових ситуаціях; - уміти проводити енергетичний аналіз деяких біологічних процесів; - уміти здобувати нові знання, використовуючи сучасні інформаційні освітні технології.
Ключові слова	Модель, біологічна система, моделювання, .
Формат курсу	Очний
Теми	Наведено у табл. 1
Підсумковий контроль	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з біології, математики, хімії, фізики, фізіології, біофізики, екології, інформаційних технологій, англійської мови.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Основними формами навчання є лекційна подача матеріалу, проведення практичних занять, а також організація самостійної роботи студентів. Вивчення дисципліни супроводжується інформаційними, ілюстративними та проблемними методами навчання.</p> <p>Лекції супроводжуються демонстрацією основних положень, таблиць з використанням мультимедійних засобів. На практичних заняттях здійснюється роз'яснення сутності завдань і підходів до їх вирішення, а також вирішення проблемних питань.</p> <p>При використанні проблемних лекцій пропонуються питання для самостійного розмірковування. Задаються питання, які заставляють студента шукати розв'язання проблемних ситуацій.</p> <p>Робота в малих групах використовується переважно на практичних заняттях і створює можливості для участі кожного студента за темою занять. Вона забезпечує формування особистісних якостей і досвіду соціального спілкування.</p>
Необхідне обладнання	Вивчення курсу потребує використання мультимедійного обладнання та персонального комп'ютера. Для вивчення курсу достатньо володіти такими програми як Microsoft Office Word, Microsoft Office Excel, Microsoft Office Power Point, Zoom, MsTeams.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. До здачі заліку допускаються студенти, що успішно відпрацювали практичні заняття.</p> <p>Максимальна кількість 100 балів.</p> <p>Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оцінка якості виконання практичних занять (доповідь+активність на заняттях) – 30 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 30 балів. • проміжна модульна робота, що містить тести різного типу складності – 45 % семестрової оцінки; максимальна кількість – 45 балів; • виконання самостійного індивідуального завдання (ІЗ + рецензування роботи ІЗ колеги-студента) – 25 % семестрової оцінки; максимальна кількість – 25 балів. <p>Враховуються бали, набрані на практичних заняттях, поточному</p>

	<p>тестуванні, та бали за виконання самостійних/індивідуальних завдань. Бали за практичну роботу: – оцінювання роботи студента на практичних заняттях – до 30 балів (по 2 балів максимально за роботу на занятті). Бали за самостійну роботу – до 25 балів: письмове індивідуальне завдання (ІЗ), яке оцінюють 15 балами; сліпе рецензування робіт – 10 балів.</p> <p>Проміжний контроль: модульна контрольна робота (у системі Moodle), що містить тести різного типу складності і яку оцінюють 45 балами Індивідуальні та письмові завдання студентів повинні бути виконані самостійно, з дотриманням вимог академічної доброчесності.</p> <p>Підсумковий контроль – залік, який студент отримує на підставі результатів виконання ним усіх видів робіт упродовж семестру.</p> <p>Академічна доброчесність: Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем зданого завдання.</p> <p>Відвідування занять: є важливою складовою навчання. Студенти зобов'язані інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. За поважної причини, яка підтверджена документально, студент може відпрацювати практичне заняття у відведений час. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Якщо студенти не можуть самостійно знайти літературу, то вона буде надана викладачем винятково в освітніх цілях без права передачі її третім особам. Студенти заохочуються до використання тих джерел яких немає серед рекомендованих.</p>
<p>Питання до іспиту (чи питання до контрольної роботи)</p>	<p>Змістовий модуль №1.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Метод моделювання і його пізнавальне значення в біологічних дослідженнях. 2. Експеримент (кількісні експериментальні дані) як основа моделювання біосистем. 3. Адекватні засоби математичного опису біосистем. 4. Комп'ютеризація математичного моделювання. 5. Теоретична спрямованість моделювання. 6. Методологія синтезу математичних моделей біосистем. 7. Поняття моделі; способи побудови моделі (фізичні та нефізичні моделі); класифікація моделей. 8. Загальне формулювання задачі моделювання. 9. Математичне моделювання стаціонарних залежностей (функціональних зв'язків, впливів) між досліджуваними характеристиками біосистем. 10. Регресійні моделі (лінійні та нелінійні). 11. Багатофакторні впливи та множинна регресія. 12. Методи лінеаризації нелінійних моделей. 13. Перетворення Лайнуівера-Берка в моделюванні швидкості хімічних реакцій. 14. Математичні методи для моделювання динамічних процесів у біосистемах. 15. Загальні принципи опису динаміки біологічних процесів. 16. Алгебраїчні та диференціальні рівняння (системи рівнянь) як засоби опису часової динаміки. 17. Модель культиватора. 18. Основи теорії «катастроф». 19. Методи дослідження систем диференціальних рівнянь. 20. Модель хімічної реакції Лотки; модель гліколізу. 21. Імовірісно-статистичні методи представлення процесів на

	<p>молекулярному рівні.</p> <p>22. Ієрархічна класифікація моделей (за складністю та відображальною здатністю).</p> <p>Змістовий модуль №2.</p> <p>23. Моделювання динаміки біосистем.</p> <p>24. Функціональні моделі біосистем. Елементарні кінетичні рівняння та їх розв'язування.</p> <p>25. Математичні моделі систем нульового та першого порядку.</p> <p>26. Методи дослідження диференціального рівняння першого порядку. Рівняння Мальтуса, Ферхюльста-Перла.</p> <p>27. Числові методи комп'ютерної реалізації (розв'язку рівнянь) динамічних моделей.</p> <p>28. Моделювання часової динаміки концентрацій в хімічних реакціях нульового і першого порядку.</p> <p>29. Математичні моделі другого порядку. Кінетика хімічних реакцій другого порядку.</p> <p>30. Модель внутрішньовидової конкуренції (дискретний період розмноження та неперервне розмноження одного виду).</p> <p>31. Модель міжвидової конкуренції (модель Лотки-Вольтерра); модель «хижак-жертва» (модель Вольтерра).</p> <p>32. Модель Лотка для автоколивного процесу (аналітичний розв'язок і його аналіз).</p> <p>33. Методи пониження порядку при моделюванні складних динамічних систем (на прикладі моделі Ходжкіна-Хакслі).</p> <p>34. Особливості моделювання динаміки структуризованих біосистем.</p> <p>35. Структуризація описових функцій в кінетиці реакцій ферментативного каталізу. Вивід та аналіз рівняння Міхаеліса-Ментен.</p> <p>36. Структурно-функціональні моделі.</p> <p>37. Виділення, опис і реалізація структурних підсистем.</p> <p>38. Математичний опис зв'язків між підсистемами (на прикладі популяційних моделей Вольтера).</p> <p>39. Динаміка в моделях відкритих систем.</p> <p>40. Моделювання комплексу мембранопов'язаних процесів</p> <p>41. Принципи адекватного моделювання складних систем.</p> <p>42. Елементи теорії управління (регулювання). Типи управління в біосистемах.</p> <p>43. Модифікована еволюційна модель Ейгена.</p> <p>44. Модель переключення синтезу білка (модель Жакоба-Моно).</p> <p>45. Моделі регуляторних систем зі зворотніми зв'язками.</p> <p>46. Математичні моделі гомеостазу.</p> <p>47. Ієрархізація в багаторівневих системних моделях.</p> <p>48. Стохастичні моделі взаємодії; ймовірнісна модель найпростішої біомолекулярної реакції.</p> <p>49. Марковські процеси зі скінченою або ліченою множиною станів.</p> <p>50. Концепції опису біосистем як об'єкту дослідження.</p> <p>51. Елементи якісної теорії динамічних систем. Поняття фазового та параметричного портрету.</p> <p>52. Рівноважні стани, перехідні процеси, граничні цикли в динамічних системах.</p> <p>53. Аналіз типу рівноважних станів та характеру динамічних процесів в моделях біосистем.</p> <p>54. Тригерні моделі біосистем. Оцінка адекватності результатів моделювання складних систем.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1. Схема навчальної дисципліни «Комп'ютерне моделювання в біології»

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Завдання, год	Термін
1 тиждень	Тема 1. Метод моделювання і його пізнавальне значення в біологічних дослідженнях. Експеримент (кількісні експериментальні дані) як основа моделювання біосистем.	Лекція	Основна 1-3. Додаткова література: 2. Інформаційні ресурси: 1.	2 год Сам. робота: 4 год експеримент – (кільк.експер.дані) як основа моделювання біосистем.	1 т.
2 тиждень	Тема. 2. Адекватні засоби математичного опису біосистем. Комп'ютеризація математичного моделювання. Теоретична спрямованість моделювання. Тема. 1-2.	Лекція Пр.Зан.	Основна 1-4. ДЛ: 2-3. ІР: 1.	2 год Сам. робота: 4 год адекватні засоби математичного опису біосистем. 2 год Оформ. презентації/рецензії	1 т.
3 тиждень	Тема. 3. Методологія синтезу математичних моделей біосистем. Поняття моделі; способи побудови моделі (фізичні та нефізичні моделі); класифікація моделей: статичні та динамічні (неперервні та дискретні (детерміновані та стохастичні)). Математичне моделювання стаціонарних залежностей (функціональних зв'язків, впливів) між досліджуваними характеристиками біосистем.	Лекція	Основна 1-4,7. ДЛ: 5. ІР: 1-2.	2 год Сам. робота: 4 год загальне формулювання задачі моделювання; динаміки фізико-хімічних процесів в сист. нульового порядку.	1 т.
4 тиждень	Тема. 4. Комп'ютерне моделювання динаміки фізико-хімічних процесів в системах нульового і першого порядку. Стійкість стаціонарного стану (по Ляпунову). Тема. 3-4.	Лекція ПЗ	Основна 1-4,6-7. ДЛ: 2,5. ІР:.	2 год Сам. робота: 4 год особливості розподілу речовин на різних рівнях; характеристики стац. стану. 2 год Оформ. презентації/рецензії	1 т.
5 тиждень	Тема 5. Регресійні моделі (лінійні та нелінійні). Багатофакторні впливи та множинна регресія. Методи	Лекція	Основна 1-4,6-7. ДЛ: 1-3. ІР: 3	2 год Сам. робота: 5 год заг. характеристики	1 т.

	лінеаризації нелінійних моделей. Перетворення Лайнуівера-Берка в моделюванні швидкості хімічних реакцій.			впливу фіз. та хім. чинників на організм тв. та росл.	
6 тиждень	Тема 6. Моделі росту популяцій. Модель Мальтуса. Неперервна модель логістичного росту. Тема. 5-6.	Лекція ПЗ	Основна 1-4, 7 ДЛ: 2-3. ІР: 3.	2 год Сам. робота: 5 год нерівномірність розподілу в різних органах; типи моделей. 2 год Оформ. презентації/рецензії.	1 т.
7 тиждень	Тема 6. Математичні методи для моделювання динамічних процесів у біосистемах. Загальні принципи опису динаміки біологічних процесів. Алгебраїчні та диференціальні рівняння (системи рівнянь) як засоби опису часової динаміки. Модель культиватора. Методи дослідження систем диференціальних рівнянь. Модель хімічної реакції Лотки; модель гліколізу. Їх якісний та чисельний аналіз.	Лекція	Основна 1-4,6-7. ДЛ 1-2. ІР: 1, 3.	2 год Сам. робота: 5 год Основи теорії «катастроф». ІНД.ЗАВДАННЯ	1 т.
8 тиждень	Тема 7. Особливості моделювання динаміки структурованих біосистем. Імовірісно-статистичні методи представлення процесів на молекулярному рівні. Ієрархічна класифікація моделей (за складністю та відображальною здатністю). Тема. 7-8.	Лекція ПЗ	Основна 1,2,6-7. ДЛ:2-3. ІР: 5.	2 год Сам. робота: 5 год приклади моделей різних типів (біохім. біофізичні, популяційні тощо) 2 год Оформ. презентації/рецензії	1 т.
9 тиждень	Тема 9. Моделювання динаміки біосистем. Функціональні моделі біосистем. Елементарні кінетичні рівняння та їх розв'язування. Математичні моделі систем нульового та першого порядку. Методи дослідження диференціального рівняння першого порядку. Рівняння Мальтуса, Ферхюльста-Перла. Числові методи комп'ютерної реалізації (розв'язку рівнянь) динамічних моделей.	Лекція	Основна 3-4, 7. ДЛ: 1-3, 5. ІР: 4.	4 год Сам. робота: 4 год елем. кінетичні рівняння та їх розв'язування; зміни електрофіз. процесів ембр. клітин за умов дії антибіотиків, правила призначення антибіотиків.	1 т.
10 тиждень	Тема 10. Математичний опис і комп'ютерне моделювання часової динаміки	Лекція	Основна 4-3. ДЛ: 1-2,5. ІР:1,3.	2 год Сам. робота: 4 год	

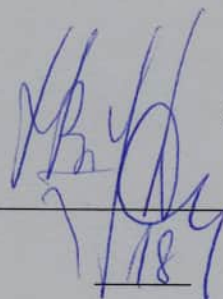
	<p>мембранопов'язаних процесів. Моделі транспорту іонів через плазматичну мембрану та генерації трансмембранного потенціалу в ембріональних клітинах. Модель Санагурського.</p> <p>Тема. 9-10.</p>	ПЗ		<p>числові методи комп. реалізації (розв'язку рівнянь) дин. моделей.</p> <p>2 год Оформ. презентації/рецензії</p>	1 т.
11 тиждень	<p>Тема. 11. Математичні моделі другого порядку. Кінетика хімічних реакцій другого порядку. Можливі динамічні режими, які реалізуються в моделях (аперіодичні та коливні). Модель внутрішньовидової конкуренції (дискретний період розмноження та неперервне розмноження одного виду). Модель міжвидової конкуренції (модель Лотки-Вольтерра); модель «хижак-жертва» (модель Вольтерра). Модель Лотка для автоколивного процесу (аналітичний розв'язок і його аналіз).</p>	Лекція	<p>Основна 1,5-6. ДЛ: 5, 11. ІР: 1.</p>	<p>2 год</p> <p>Сам. робота: 5 год методи пониження порядку при моделюванні складних дин. систем (на прикладі моделі Ходжкіна-Хакслі)</p>	1 т.
12 тиждень	<p>Тема. 12. Особливості моделювання динаміки структуризованих біосистем. Структуризація описових функцій в кінетиці реакцій ферментативного каталізу.</p> <p>Тема. 11-12.</p>	Лекція ПЗ	<p>Основна 3,4,6-7. ДЛ: 2,3, 5. ІР: 1.</p>	<p>2 год</p> <p>Сам. робота: 4 год принципи адекватного моделювання складних динамічних систем.</p> <p>2 год Оформ. презентації/рецензії</p>	1 т.
13 тиждень	<p>Тема. 13. Структурно-функціональні моделі. Виділення, опис і реалізація структурних підсистем. Математичний опис зв'язків між підсистемами (на прикладі популяційних моделей Вольтера). Динаміка в моделях відкритих систем.</p>	Лекція	<p>Основна 1-4,7. ДЛ: 2-3. ІР: 1.</p>	<p>2 год</p> <p>Сам. робота: 4 год популяц. моделі.</p>	1 т.
14 тиждень	<p>Тема. 14. Принципи адекватного моделювання складних систем. Комплексне відображення фізико-хімічних та інформаційних процесів у біосистемах. Елементи теорії</p>	Лекція	<p>Основна 1,4,7. ДЛ: 2,3,5. ІР: 1.</p>	<p>2 год</p> <p>Сам. робота: 4 год елементи теорії управління (регулювання). типи управління в біосистемах.</p>	1 т.

	управління (регулювання). Типи управління в біосистемах. Модифікована еволюційна модель Ейгена. Модель переключення синтезу білка (модель Жакоба-Моно). Їх якісний та чисельний аналіз. Тема. 13-14.	ПЗ		2 год Оформ. презентації/рецензії	
15 тиждень	Тема. 15. Моделі регуляторних систем зі зворотніми зв'язками. Стационарність в моделях відкритих систем. Математичні моделі гомеостазу. Ієрархізація в багаторівневих системних моделях. Стохастичні моделі взаємодії; ймовірнісна модель найпростішої бімолекулярної реакції. Марковські процеси зі скінченою або ліченою множиною станів.	Лекція	Основна 1,2,4-6.	2 год Сам. робота: 4 год ймовірнісна модель переносу електрона у фотос. комплексах молекул; ориг. стохастична модель Ca^{2+} -регуляції скор. скелетного м'язу.	1 т.
16 тиждень	Тема. 16. Елементи аналізу математичних моделей. Концепції опису біосистем як об'єкту дослідження. Особливості експерименту in model. Елементи якісної теорії динамічних систем. Поняття фазового та параметричного портрету. Рівноважні стани, перехідні процеси, граничні цикли в динамічних системах. Аналіз типу рівноважних станів та характеру динамічних процесів в моделях біосистем. Тема. 15-16.	Лекція ПЗ з обговоренням.	Основна 1,4,7. ДЛ 5. ІР:3.	2 год Сам. робота: 4 год концепції опису біосистем як об'єкту дослідж. МОДУЛЬНА РОБОТА 2 год Оформ. презентації/рецензії	1 т.

Автор



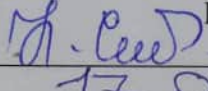
Марта БУРА

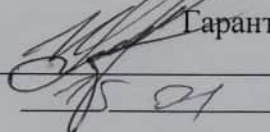


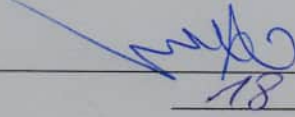
«Погоджено»
Голова методичної ради
біологічного факультету

Віталій ГОНЧАРЕНКО

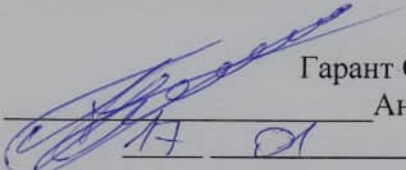
січень 2024 р.

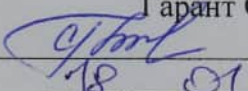

Гарант ОПП «Біохімія»
Наталія СИБІРІНА
17.01.2024 р.

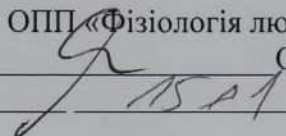

Гарант ОПП «Біофізика»
Марта БУРА
15.01.2024 р.



Гарант ОПП «Ботаніка»
Анастасія ОДІНЦОВА
18.01.2024 р.


Гарант ОПП «Генетика»
Наталія ГОЛУБ
16.01.2024 р.


Гарант ОПП «Зоологія»
Андрій БОКОТЕЙ
17.01.2024 р.


Гарант ОПП «Мікробіологія»
Світлана ГНАТУШ
18.01.2024 р.


Гарант ОПП «Фізіологія людини і тварин»
Оксана ІККЕРТ
15.01.2024 р.


Гарант ОПП «Фізіологія рослин»
Наталія РОМАНІЮК
17.01.2024 р.