

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет (інститут) Біологічний
Кафедра Фізіології людини і тварин

СИЛАБУС
нормативного освітнього компонента
СИСТЕМНА БІОЛОГІЯ

підготовки **Магістра**

спеціальності **Е1 Біологія та біохімія**

освітньо-професійної програми **Біологія**

Силабус освітнього компонента «Системна біологія» підготовки магістра, галузі знань Е природничі науки, математика та статистика, спеціальності Е1 біологія та біохімія, за освітньою програмою Біологія

Розробник: доц., к.б.н., Кузнєцов І.П.

Погоджено

Гарант ОПІ Біологія



(проф. Сухомлін К.Б.)

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри фізіології людини і тварин

протокол № 1 від 28 серпня 2025 р.

Завідувач кафедри:



(доц. Качинська Т. В.)

I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна /освітньо-наукова/освітньо-творча програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна (очна) (заочна) форма здобуття освіти	галузі знань: Е Природничі науки, математика та статистика, спеціальності: Е1 Біологія та біохімія, за ОПП: Біологія	Нормативний
Кількість годин/кредитів 120 / 4		Рік навчання 1
		Семестр 2 -ий
		Лекції 26 год.
		Практичні (семінарські) 20 год. Лабораторні год. Індивідуальні год.
		Самостійна робота 66 год.
ІНДЗ: немає		Консультації 8 год.
		Форма контролю: екзамен
Мова навчання: українська		

II. Інформація про викладача

ППП Кузнецов Ілля Павлович

Науковий ступінь кандидат біологічних наук

Вчене звання доцент

Посада доцент кафедри фізіології людини і тварин

Контактна інформація: Kuznetsov.Ilyya@vnu.edu.ua

Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

III. Опис освітнього компонента

1. **Анотація ОК.** «Системна біологія» присвячений вивченню складних біологічних систем через призму кількісних методів та математичного моделювання. Студенти ознайомляться з основами побудови моделей біохімічних реакцій за допомогою систем звичайних диференціальних рівнянь (ODE), що дозволяють описати динаміку концентрацій речовин у клітинних процесах. Особлива увага приділяється практичному використанню цих методів для аналізу регуляторних механізмів та передбачення поведінки біологічних систем. Другий блок курсу охоплює методи моделювання на основі диференціальних рівнянь з частинними похідними (PDE), що дають змогу досліджувати просторово-часові аспекти біологічних процесів, наприклад дифузію молекул, поширення сигналів у тканинах або градієнтні механізми розвитку. Такі підходи дозволяють переходити від рівня окремої клітини до організового масштабу, демонструючи міждисциплінарний характер системної біології. Окрему частину курсу присвячено вивченню біохімічних мереж та сучасним задачам біоінформатики. Розглядаються методи аналізу мережної топології, моделювання сигнальних шляхів та регуляторних взаємодій, а також підходи до роботи з великими біологічними даними. Студенти здобудуть знання, які допоможуть поєднувати експериментальні результати з комп'ютерними моделями для побудови цілісної картини функціонування живих систем

2. Пререквізити. Передумови вивчення курсу: для вивчення курсу студенти повинні попередньо прослухати курси «Інформатика», «Основи вищої математики та математичного аналізу», «Математичні методи в біології», «Молекулярна біологія», «Цитологія», «Гістологія», «Анатомія», «Фізіологія людини і тварин».

3. Мета і завдання освітнього компонента.

Метою навчального курсу є формування у студентів комплексу знань і умінь щодо системного опису біологічних та медичних явищ, формування на його основі математичних моделей вказаних явищ.

Завдання курсу: запропонувати систему сучасних уявлень, принципів, закономірностей кібернетики та її методів – моделювання у біології, фізіології та нейрокібернетиці, які допоможуть студентам систематизувати знання з проблем організації та функціонування живих систем, інформаційних процесів та управління у них.

4. Компетентності. Програмні результати навчання. Soft skills.

ЗК02. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК05. Здатність розробляти та керувати проектами.

ЗК06. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

СК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.

СК02. Здатність формулювати задачі моделювання, створювати моделі об'єктів і процесів на прикладі різних рівнів організації живого із використанням математичних методів й інформаційних технологій.

СК03. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.

СК04. Здатність аналізувати і узагальнювати результати досліджень різних рівнів організації живого, біологічних явищ і процесів.

СК05. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи з використанням сучасних методів та обладнання.

СК08. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових і прикладних досліджень, готувати наукові публікації, брати участь у наукових конференціях та інших заходах.

ПРН4. Розв'язувати складні задачі в галузі біології, генерувати та оцінювати ідеї.

ПРН6. 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.

ПРН11. Проводити статистичну обробку, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних із використанням програмних засобів та сучасних інформаційних технологій.

ПРН12. Використовувати інноваційні підходи для розв'язання складних задач біології за невизначених умов і вимог.

ПРН16. Критично осмислювати теорії, принципи, методи з різних галузей біології для вирішення практичних задач і проблем.

Soft skills(т. зв. «м'які навички): вміння працювати в команді; креативність; вміння прогнозувати, гнучкість, швидка адаптація до змін та ін.

5. Структура освітнього компонента

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
Змістовий модуль 1. Динамічні моделі в системній біології.						
Тема 1. Вступ. Історія, структура та завдання системної біології.	4	2		2		
Тема 2. Диференціальне та інтегральне числення, диференційні рівняння.	10	2		8		
Тема 3. Звичайні диференціальні рівняння, їх використання для аналізу кінетики реакцій.	11	2	2	6	1	Пр, Т / 5, 4
Тема 4. Системи звичайних диференційних рівнянь. Кінетика за Міхаеліс-Ментен.	11	2	2	6	1	Пр, Т / 5, 4
Тема 5. Системи звичайних диференційних рівнянь для різних типів кінетичних процесів.	13	2	4	6	1	Пр, Т / 10, 6
Тема 6. Типи регуляції в системі ЗДР. Генетичний осцилятор.	9	2		6	1	
Тема 7. Диференційні рівняння в частинних похідних, їх використання для дослідження кінетики реакцій.	13	2	2	8	1	Пр, Т / 5, 4
Разом за модулем 1	71	14	10	42	5	43
Змістовий модуль 2. Графові моделі в системній біології. Біоінформатика.						
Тема 8. Основи теорії графів.	6	2		4		
Тема 9. Сигнальні шляхи як графові структури.	8	2	2	4		Пр, Т / 5, 4
Тема 10. Моделювання невідомих взаємодій, псевдо-вузли.	6	2		4		
Тема 11. Генні мережі регуляції, епістатичні мережі, мережі взаємодій ліків із цільовими білковими структурами.	9	2	2	4	1	Пр, Т / 5, 4
Тема 12. Мережі типу Small-World та безмасштабні мережі.	7	2		4	1	
Тема 13. Біоінформатика. Марківські та приховані марківські моделі у аналізі геному та протеому.	9	2	2	4	1	Пр, Т / 5, 4
Разом за модулем 2	45	12	6	24	3	27
Види підсумкових робіт						Бал
<i>МКР1 (перший змістовий модуль)</i>						15
<i>МКР2 (другий змістовий модуль)</i>						15
Всього годин/Балів		26	16	66	8	100

Форми контролю*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

6. Завдання для самостійного опрацювання

Тема 1. Вступ. Історія, структура та завдання системної біології.

Тема 2. Диференціальне та інтегральне числення, диференційні рівняння.

Тема 3. Звичайні диференціальні рівняння, їх використання для аналізу кінетики реакцій.

Тема 4. Системи звичайних диференційних рівнянь. Кінетика за Міхаеліс-Ментен.

Тема 5. Системи звичайних диференційних рівнянь для різних типів кінетичних процесів.

Тема 6. Типи регуляції в системі ЗДР. Генетичний осцилятор.

Тема 7. Диференційні рівняння в частинних похідних, їх використання для дослідження кінетики реакцій.

Тема 8. Основи теорії графів.

Тема 9. Сигнальні шляхи як графові структури.

Тема 10. Моделювання невідомих взаємодій, псевдо-вузли.

Тема 11. Генні мережі регуляції, епістатичні мережі, мережі взаємодій ліків із цільовими білковими структурами.

Тема 12. Мережі типу Small-World та безмасштабні мережі.

Тема 13. Біоінформатика. Марківські та приховані марківські моделі у аналізі геному та протеому.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти

Практичні навички (виконання лабораторної роботи) оцінюються за результатами виконання практичних робіт. Відвідування занять є обов'язковим та дає можливість отримати задекларовані загальні та фахові компетентності, вчасно і якісно виконати завдання. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету). Практична робота може бути оцінена на максимальну кількість балів, якщо студент вчасно виконав всі завдання, оформив роботу, зробив висновки. Практичні роботи здаються на наступному занятті після закінчення практичної роботи.

Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Політика щодо дедлайнів та перескладання: роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (з кожної теми віднімається 0,5 балів від отриманого).

Політика щодо академічної доброчесності

Списування під час письмового опитування, контрольних робіт та МКР заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу.

Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Можливість визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та інформальній освіті. Визнання результатів навчання, отриманих у неформальній освіті здійснюється відповідно до «Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки» (https://eenu.edu.ua/sites/default/files/Files/viznannya_rezultativ_snu_im. l.u. 2.pdf)

Рекомендовані платформи для проходження навчання у неформальній освіті: Prometheus + <https://prometheus.org.ua/>

Всеосвіта <https://vseosvita.ua/webinar>

Coursera <https://coursera.org>

За умови підтвердження, що зміст майстер-класів (семінарів, курсів тощо) відповідає темам курсу, сертифікати участі в них (або інші підтверджуючі документи) будуть достатньою підставою для зарахування відповідних тем.

Можливість отримати додаткові (бонусні) бали. Здобувачам освіти, які брали участь у роботі конференцій, підготовці наукових публікацій, в олімпіадах, конкурсах студентських наукових робіт тощо й досягли значних результатів, може бути присуджено додаткові (бонусні) бали, які зараховуються як результати поточного контролю з відповідного ОК. Систему бонусних балів погоджує науково-методична комісія факультету (інституту). При цьому загальна кількість балів за поточну роботу не може перевищувати 70 балів.

V. Підсумковий контроль

Підсумковий контроль – екзамен. Оцінювання знань студентів здійснюється за результатами поточного й модульного контролю. При цьому завдання із цих видів контролю оцінюються в діапазоні від 0 до 100 балів включно.

У випадку незадовільної підсумкової оцінки, або за бажання підвищити рейтинг, студент складає екзамен у письмовій формі. При цьому на екзамен виноситься 30 балів, а бали, набрані за результатами модульних контрольних робіт, анулюються. Для отримання оцінки потрібно набрати певну кількість балів згідно шкали оцінювання.

Орієнтовні питання до іспиту

1. Що таке системна біологія і чим вона відрізняється від класичної молекулярної біології?
2. Які основні принципи лежать в основі системного підходу до вивчення живих систем?
3. Як поняття «емерджентності» застосовується в системній біології?
4. Які типи моделей використовуються для опису біологічних систем?
5. Що таке топологічна модель біологічної мережі?
6. Які етапи включає побудова математичної моделі біологічного процесу?
7. Які обмеження існують у використанні редукціоністських підходів для вивчення біології?
8. Як системна біологія інтегрує дані з геноміки, протеоміки та метаболоміки?
9. Що таке "модульність" у біологічних мережах і чому вона важлива?
10. Як поняття зворотного зв'язку пояснює стабільність або коливання в клітинних системах?
11. Як формулюється система ЗДР для опису хімічних реакцій у клітині?
12. Що таке кінетика за масовою дією (law of mass action)?
13. Як визначається швидкість реакції у моделі Майкла-Ментен?
14. У чому полягає різниця між детермінованими та стохастичними моделями реакційних систем?
15. Що таке стаціонарний стан системи диференціальних рівнянь і як його знаходять?
16. Як проводиться лінеаризація нелінійної системи біохімічних рівнянь?
17. Як використовуються фазові портрети для аналізу поведінки системи?
18. Наведіть приклад моделі генетичного осцилятора і поясніть, які рівняння його описують.
19. Які параметри визначають стійкість біохімічної системи?
20. Що таке біфуркація в контексті клітинних процесів?
21. У яких випадках необхідно використовувати PDE для моделювання біологічних процесів?
22. Що описує рівняння дифузії Фіка і як воно застосовується до клітинного середовища?
23. Як можна змодельовати дифузію білків у клітині за допомогою PDE?
24. У чому полягає різниця між локальними та просторово-розподіленими моделями?
25. Як PDE використовуються для опису градієнтів морфогенів під час ембріонального

розвитку?

26. Які чисельні методи застосовуються для розв'язання PDE у системній біології (наведіть приклади)?

27. Що таке граничні умови і як вони впливають на розв'язок PDE?

28. Як комбінуються PDE та ЗДР у гібридних моделях клітинних процесів?

29. Наведіть приклад реакційно-дифузійної моделі Тьюрінга.

30. Які явища можуть бути пояснені за допомогою реакційно-дифузійних моделей (приклади з біології)?

31. Як подати біологічну мережу у вигляді графа?

32. Що таке вершини та ребра у графовому поданні генетичних або білкових мереж?

33. Як обчислити ступінь вершини у графі та що він означає у біологічному контексті?

34. Що таке кластерний коефіцієнт і як він інтерпретується у мережах білкових взаємодій?

35. Які типи мереж розрізняють у системній біології: орієнтовані, неорієнтовані, зважені?

36. Як можна виявити ключові вузли (hub nodes) у регуляторній мережі?

37. Що таке центральність вузла і які існують типи центральності (degree, betweenness, closeness)?

38. Як поняття "мотива" використовується у структурному аналізі генетичних мереж?

39. У чому полягає різниця між випадковими та безмасштабними мережами?

40. Як топологічні властивості мережі можуть впливати на її стійкість до мутацій?

41. Що означає термін «безмасштабна мережа» (scale-free network)?

42. Який тип розподілу ступенів характеризує безмасштабні мережі?

43. Які біологічні мережі демонструють безмасштабність?

44. Як безмасштабність впливає на стійкість біологічних мереж до випадкових ушкоджень?

45. Як ідентифікуються ключові гени чи білки у безмасштабних мережах?

46. Яке біологічне значення має властивість малосвітовості (small-world property)?

47. Як можна використати безмасштабні моделі для аналізу метаболічних мереж?

48. Як безмасштабність проявляється у протеомних мережах?

49. Як за допомогою графових методів виявити модулі коекспресії генів?

50. Які обмеження існують у застосуванні безмасштабних мереж для опису біологічних систем?

VI. Шкала оцінювання

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка	Оцінка за шкалою ECTS	
		оцінка	пояснення
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
0–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси.

1. Горобець С.В., Горобець О.Ю., Дем'яненко І.В. Біоінформатика. Практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерії» / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 87 с. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1f576a1b-66a5-43b1-9fef-41b4077d3eee/content>
2. Кузнецов І. П., Качинська Т. В. Лабораторний практикум з нейроінформатики / Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, медико-біологічний факультет, кафедра фізіології людини і тварин. – Луцьк, 2020. – 92 с.
3. Мислити моделями (укр. субтитри) <https://ru.coursera.org/learn/model-thinking>
4. Курс з системної біології від МІТ: https://ocw.mit.edu/courses/8-591j-systems-biology-fall-2014/video_galleries/lecture-videos/
5. Курс з системної біології, Coursera: <https://www.coursera.org/learn/systems-biology>
6. Курс з основ обчислювальної і системної біології від МІТ: https://ocw.mit.edu/courses/7-91j-foundations-of-computational-and-systems-biology-spring-2014/video_galleries/video-lectures/