

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет біології та лісового господарства
Кафедра фізіології людини і тварин

СИЛАБУС
вибіркового освітнього компонента
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА НЕЙРОНАУКА
підготовки доктора філософії

Луцьк – 2025

**Силабус вибіркового освітнього компонента «Обчислювальна нейронаука»
підготовки доктора філософії**

Розробник: Кузнецов І. П., кандидат біологічних наук, доцент

Погодженю

Гарант

ОНП



(доц. Фіщук О.С.)

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри фізіології
людини і тварин**

Протокол № 1 від 28.09.2025 р.

Завідувач кафедри:



(доц. Качинська Т.В.)

1. Опис освітнього компонента

Таблиця 1

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь | Характеристика навчальної дисципліни |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Денна форма навчання | 09 «Біологія» 091 «Біологія та біохімія» «Доктор філософії» | Вибіркова |
| Кількість годин/кредитів 120/4 | | Рік навчання 2-й |
| | | Семестр 3 |
| ІНДЗ: відсутнє | | Лекції 6 год. |
| | | Практичні 8 год. |
| | | Самостійна робота 106 год. |
| | | Консультації – 0 год. |
| Форма контролю: залік | | |

II. Інформація про викладача

Викладач: Кузнецов Ілля Павлович

Науковий ступінь: кандидат біологічних наук

Вчене звання: доцент

Посада: доцент кафедри фізіології людини і тварин

Контактна інформація: тел. (095) 6314835, пошта: Kuznetsov.Ilyya@vnu.edu.ua

Дні занять <https://ps.vnu.edu.ua/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація освітнього компонента. Вибірковий ОК присвячений присвячений вивченню математичних, статистичних та алгоритмічних методів аналізу і моделювання структур і функцій нервової систем. У межах курсу розглядаються формальні моделі нейронів і нейронних мереж, динаміка нейронної активності, кодування та обробка інформації в мозку, а також моделі навчання і нейропластичності. Особлива увага приділяється зв'язку між біологічними механізмами роботи нервової системи та їх обчислювальними інтерпретаціями, включно з теорією інформації, стохастичними процесами, байєсівськими моделями та методами машинного навчання. Курс поєднує теоретичні лекції з аналізом експериментальних нейрофізіологічних даних і практичними прикладами комп'ютерного моделювання. У результаті проходження курсу студенти здобувають розуміння того, як складні когнітивні та поведінкові функції можуть виникати з динаміки нейронних систем, а також розглядають існуючі інструменти для формалізації та кількісного дослідження процесів у мозку.

Силабус вибіркового освітнього компонента «Планування біоекологічних досліджень» складено з урахуванням можливості формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів освіти рівня доктора філософії.

2. Мета і завдання освітнього компонента

Метою вивчення ВОК є формування у здобувачів освіти уявлення про сучасні підходи і інструменти в області математики та обчислювальної науки, які застосовуються для моделювання нейрофізіологічних процесів.

Основними завданнями ВОК є: оволодіння комплексом знань і навичок, пов'язаних з аналізом нейрофізіологічних даних і публікацій з методи визначення основних закономірностей, які підлягають формалізації.

3. Soft skills: комунікабельність; активність; командна робота; професіоналізм; креативність; вміння працювати в команді; критичне мислення, аналітичне мислення, здатність видокремлювати

проблеми, ініціативність, вміння приймати рішення.

4. Структура освітнього компонента

| Назви тем | Кількість годин | | | | | Форма контролю/ Бали |
|---|-----------------|----------|----------|------------|----------|-------------------------|
| | Усього | Лек. | Лабор. | Сам. роб. | Конс. | |
| Тема 1. Предмет обчислювальної нейронауки. Рівні постановки проблем в нейронауці. Типи математичних моделей в нейронауці. | 28 | 2 | 2 | 24 | | УВ/10 КР/15 |
| Тема 2. Моделі нейронної збудливості як основа обчислювальної нейронауки. Моделювання нейронної активності на рівні мереж та нервових ланцюгів. | 28 | 2 | 2 | 24 | | УВ/10 КР/15 |
| Тема 3. Активний вивід та предиктивне кодування. Використання теорії інформації та байєсівських методів для моделювання поведінки організму та динаміки окремих систем мозку. | 28 | 2 | 2 | 24 | | УВ/10 КР/15 |
| Тема 4. Самоорганізація та теорія хаосу в нейронауці. Взаємодія процесів збудження і гальмування в світлі нелінійної динаміки. | 36 | | 2 | 34 | | УВ/10 КР/15 |
| Всього годин | 120 | 6 | 8 | 106 | 0 | /100 |

Форми контролю*: УВ – усні відповіді, КР– контрольна робота.

Теми практичних занять

| № з/п | Тема | Кількість годин | Кількість балів |
|-------|--|-----------------|-----------------|
| 1 | Модель нейрона у програмі Neuron | 2 | 25 |
| 2 | Теорія інформації у нейронауці | 2 | 25 |
| 3 | Системний рівень організації мозку | 2 | 25 |
| 4 | Обчислювальна нейронаука та штучний інтелект | 2 | 25 |
| | Разом | 14 | 100 |

5. Перелік тем для самостійної роботи

1. Феноменологічні обчислювальні моделі нейрону
2. Роль комп'ютерних симуляцій у нейронауці
3. Модель leaky integrate-and-fire та його властивості
4. Моделювання рефрактерного періоду
5. Синапси проведення (Conductance-based) та синапси струму (current-based)
6. Синаптичний шум та стохастичність передачі
7. Популяційне кодування (population coding) у нейронних ансамблях
8. Spike-Timing Dependent Plasticity (STDP)
9. Ентропія нейронних сигналів

10. Взаємна інформація між стимулом і відповіддю
11. Гіпотеза активного виводу
12. Часова інтеграція в рекурентних мережах
13. Нейронні моделі прийняття рішень
14. Drift-diffusion model і нейронні кореляти прийняття рішення в цих моделях
15. Обчислювальні моделі уваги
16. Моделювання когнітивного контролю
17. Зв'язок обчислювальної нейронауки та глибокого навчання
18. Проект Blue Brain Project
19. Проект Human Brain Project
20. Проект Alain Brain Atlas
21. Програмне забезпечення Nest, його можливості.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти. Здобувач освіти повинен відвідувати згідно розкладу занять всі види аудиторних занять передбачені навчальним планом. Графік консультацій із навчальної дисципліни розміщений на дошці оголошень та на сайті кафедри зоології. У разі відсутності студента на занятті він зобов'язаний його відпрацювати (графік відпрацювання знаходяться на дошці оголошень кафедри). У випадку нетипових ситуацій та об'єктивних причин можливий перехід на дистанційну форму навчання на платформі Moodle <http://194.44.187.60/moodle/>. Відносини викладача та здобувача освіти регулює [ПОЛОЖЕННЯ про організацію освітньо-наукового процесу здобувачів вищої освіти на третьому \(освітньо науковому/освітньо-творчому\) та науковому рівнях у Волинському національному університеті імені Лесі Українки](#)

Політика щодо академічної доброчесності. Викладач і здобувач освіти мають дотримуватись ст. 36 Закону України «Про освіту». Політика щодо академічної доброчесності регулюється [Кодексом академічної доброчесності ВНУ імені Лесі Українки](#). ЗО повинен самостійно виконати всі завдання лабораторних робіт, а у випадку запозичень інформації зобов'язаний коректно її відображати з посилання на першоджерело. Використання будь-яких джерел інформації під час проведення різних форм оцінювання знань (поточний, модульний, підсумковий контроль) заборонено.

Політика щодо дедлайнів та перескладання. Здобувач освіти повинен вчасно виконати всі завдання лабораторних робіт і надавати їх для перевірки викладачу. У випадку відсутності студента на занятті з об'єктивних причин (хвороба, заява по поважній причині) термін здачі робіт може бути змінений. До підсумкової форми контролю (заліку) здобувач освіти має відпрацювати пропущені заняття та здати лабораторні роботи і допускається за умови отримання незадовільної оцінки за поточний контроль.

Можливість визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та інформальній освіті. Якщо здобувач освіти отримав знання у неформальній (курси, семінари, тренінги, стажування) чи інформальній освіті і їх тематика, обсяг вивчення та зміст відповідають освітньому компоненту в цілому або його окремому розділу, змістовому модулі, темі (темам), що передбачені силабусом навчальної дисципліни, і проходження яких підтверджено документально (сертифікат, свідоцтво, посилання тощо), то зарахування результатів такого навчання здійснюється згідно [ПОЛОЖЕННЯ про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки](#)

V. Підсумковий контроль

Із вибірових освітніх компонентів форма контролю – залік. Оцінювання знань здобувачів освіти здійснюється під час поточного контролю за результатами виконання тих видів робіт, які передбачені силабусом.

Порядок проведення заліку. У випадку незадовільної підсумкової оцінки, або за бажання підвищити рейтинг, студент складає залік у формі тестування. При цьому на залік виноситься *100 балів* (кожне питання оцінюється максимум в 5 балів), а бали, набрані за результатами поточного

контролю, анулюються. Для складання заліку потрібно набрати не менше 60 балів за 100-бальною шкалою.

Питання, завдання заліку.

1. Обчислювальна нейронаука: предмет, цілі та місце серед нейронаук
2. Рівні аналізу за Марром у моделюванні мозку
3. Біологічна правдоподібність та обчислювальна простота моделей
4. Типи експериментальних даних для обчислювальних моделей
5. Описові, пояснювальні та предиктивні моделі
6. Роль комп'ютерних симуляцій у нейронауці
7. Модель як формалізована гіпотеза
8. Обмеження та спрощення в моделюванні мозку
9. Біофізичні основи генерації потенціалу дії
10. Модель Ходжкіна–Хакслі: структура та рівняння
11. Іонні канали та їх роль у збудженні нейрона
12. Моделі integrate-and-fire як спрощені біофізичні моделі
13. Модель leaky integrate-and-fire та його властивості
14. Порогові механізми та генерація спайків
15. Моделювання рефрактерного періоду
16. Спайкова адаптація та її функціональне значення
17. Модель Іжикевича та класифікація нейронних режимів
18. Обчислювальне моделювання хімічних синапсів
19. Збуджувальні та гальмівні синапси
20. Синаптичні затримки та часові ефекти
21. Синапси проведення (Conductance-based) та синапси струму (current-based)
22. NMDA-рецептори та нелінійність синаптичної інтеграції
23. Короткочасна синаптична пластичність
24. Полегшення і депресія проведення збудження у моделях синапсів
25. Синаптичний шум та стохастичність передачі
26. Агрегація синаптичних входів
27. Основи нейронного кодування
28. Швидкісне кодування (rate coding)
29. Часове кодування та спайкові патерни
30. Популяційне кодування (population coding) у нейронних ансамблях
31. Інформаційна ємність нейронної відповіді
32. Роль шуму в нейронному кодуванні
33. Розподілене кодування (sparse coding) та ефективні представлення
34. Біологічні нейронні мережі як обчислювальні системи
35. Мережі із прямим та зворотним поширенням сигналу (feedforward, recurrent)
36. Динаміка рекурентних мереж
37. Атракторні нейронні мережі
38. Моделі робочої пам'яті на основі атракторів
39. Стабільність та біфуркації в мережах
40. Роль гальмування в мережевій динаміці
41. Баланс збудження та гальмування в мережевій динаміці
42. Правило Гебба та його інтерпретації
43. Обмеження геббівського навчання

44. Spike-Timing Dependent Plasticity (STDP)
45. Часові вікна STDP та напрям пластичності
46. Нейромодуляція та роль дофаміну
47. Трифакторні правила навчання
48. Обчислювальні моделі навчання з підкріпленням
49. Навчання з вчителем, навчання без вчителя, навчання з підкріпленням (supervised, unsupervised, reinforcement learning) у мозку
50. Біологічні обмеження алгоритмів навчання
51. Теорія інформації в нейронауці
52. Ентропія нейронних сигналів
53. Взаємна інформація між стимулом і відповіддю
54. Гіпотеза предиктивного кодування
55. Гіпотеза активного виводу
56. Компроміс між точністю та енергоспоживанням
57. Байєсівський підхід до функціонування мозку
58. Байєсівські моделі сприйняття
59. Априорні та апостеріорні розподіли в нейронних моделях
60. Обмеження та критика байєсівського мозку
61. Нейронні осциляції та їх походження
62. Моделювання тета-, бета- та гамма-ритмів
63. Синхронізація нейронів
64. Фазове кодування інформації
65. Часова інтеграція в рекурентних мережах
66. Нейронні моделі прийняття рішень
67. Drift-diffusion model і нейронні кореляти прийняття рішення в цих моделях
68. Обчислювальні моделі уваги
69. Моделювання когнітивного контролю
70. Нейронні механізми робочої пам'яті
71. Обчислювальні моделі категоризації
72. Навчання правилам і абстракціям
73. Прийняття рішень в режимах «з моделлю» та «без моделі» (model-free vs model-based)
74. Зв'язок обчислювальної нейронауки та глибокого навчання
75. Валідація обчислювальних моделей
76. Перенавчання (overfitting) і узагальнення в моделях глибокого навчання
77. Етичні аспекти обчислювального моделювання мозку
78. Обчислення як фундаментальна властивість мозку
79. Оптимальність мозку як обчислювальної системи
80. Проект Blue Brain Project
81. Проект Human Brain Project
82. Проект Allen Brain Atlas
83. Програмне забезпечення Neuron, його можливості
84. Програмне забезпечення Nest, його можливості.

Шкала оцінювання знань

| | |
|----------------|---------------------|
| Оцінка в балах | Лінгвістична оцінка |
|----------------|---------------------|

| | |
|--------|--|
| | |
| 90–100 | Зараховано |
| 82–89 | |
| 75–81 | |
| 67–74 | |
| 60–66 | |
| 0–59 | Незараховано (необхідне перескладання) |

V. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Обчислювальна нейронаука: курс YouTube: https://youtube.com/playlist?list=PLtXDglJrEj4a4dUf4pcyhH3inWcSuWy9j&si=nOC5Totr8E_BwnnG
2. Посудін Ю.І. Біофізика : підручник. – К. : , 2016. - 451 с.
3. Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп’ютерне моделювання в біології: підручнику – Київ: Наукова думка, 2024 – 196 с.
4. Dayan, Peter., & Abbott, Laurence. (2014). Theoretical Neuroscience : Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems. MIT Press.
5. Gerstner, Wulfram., Kistler, W. M. ., Naud, Richard., & Paninski, Liam. (2015). Neuronal dynamics : from single neurons to networks and models of cognition. Cambridge University Press.
6. Izhikevich, E. M. . (2014). Dynamical Systems in Neuroscience : the Geometry of Excitability and Bursting. MIT Press.
7. Miller, Paul. (2018). An introductory course in computational neuroscience. The MIT Press.
8. Trappenberg, T. P. . (2023). Fundamentals of computational neuroscience. Oxford University Press.