

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ
ІМЕНІ А.В. СВДЗИНСЬКОГО

СИЛАБУС
вибіркового освітнього компонента
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ПРОЦЕСІВ
підготовки **Бакалавра**

Луцьк – 2026

Силабус освітнього компонента «КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНИЧИХ ПРОЦЕСІВ» підготовки бакалавра.

Розробник: Сахнюк Василь Євгенович, доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Погоджено

Гарант освітньо-професійної програми:



доц. Замуруєва О.В.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського
протокол № 6 від 10 лютого 2026 р.

Завідувач кафедри



доц. Сахнюк В.Є.

I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна очна форма навчання	10 Природничі науки 104 Фізика та астрономія Комп'ютерна фізика Перший (бакалаврський) рівень	Нормативна
Кількість годин/кредитів 150/5		Рік навчання 4
ІНДЗ: <u>немає</u>		Семестр 1-ий
		Лекції 10 год.
		Практичні (семінари) 20 год.
		Самостійна робота 110 год.
		Консультації 10 год.
Мова навчання	Форма контролю: залік	
	українська	

II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові	Сахнюк Василь Євгенович
Науковий ступінь	кандидат фізико-математичних наук
Вчене звання	доцент
Посада	Доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського
e-mail	Sakhnyuk.VasyI@vnu.edu.ua
Дні занять (посилання на електронний розклад)	http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація курсу

Освітній компонент «Комп'ютерне моделювання природничих процесів» демонструє універсальність фізико-математичних методів для опису складних систем живої та неживої природи. Курс поєднує фундаментальні підходи обчислювальної фізики з задачами біофізики, екології та синергетики. Студенти перейдуть від класичних аналітичних розв'язків до проведення повноцінних комп'ютерних експериментів, досліджуючи моделі популяційної динаміки, нелінійні коливання, процеси теплопереносу та явища детермінованого хаосу. Особлива увага приділяється чисельним методам розв'язування диференціальних рівнянь та візуалізації фазових траєкторій, що дозволяє виявляти неочевидні закономірності (біфуркації, дивні атрактори) у досліджуваних системах.

2. Мета освітнього компонента

Метою викладання освітнього компонента є формування у студентів компетентностей щодо алгоритмізації та програмної реалізації математичних моделей природничих явищ, які описуються нелінійними звичайними диференціальними рівняннями та рівняннями в частинних похідних. Курс спрямований на розвиток навичок дослідження стійкості динамічних систем та інтерпретації результатів чисельного моделювання.

Завдання освітнього компонента:

- Навчити студентів будувати коректні математичні моделі природних процесів та обґрунтовано обирати чисельні методи (Ейлера, Рунге-Кутта, скінченних різниць) для їх комп'ютерної реалізації.
- Дослідити динаміку розвитку популяцій в умовах обмежених ресурсів та міжвидової конкуренції на прикладі моделей Мальтуса, Ферхюльста та системи «Хижак–Жертва».
- Опанувати методи дослідження автоколивальних процесів у природі (на прикладі рівняння Ван дер Поля) та вивчити вплив параметрів системи на виникнення біфуркацій.
- Реалізувати алгоритми розв'язування рівнянь теплопровідності та дифузії методом скінченних різниць для моделювання розподілу фізичних величин у просторі.
- Провести чисельний аналіз хаотичних систем (атрактори Лоренца та Ресслера).
- Розвинути навички побудови фазових портретів динамічних систем для якісного аналізу їх поведінки, визначення типів стаціонарних точок та областей стійкості.

3. Soft skills

Після вивчення освітнього компонента «Комп'ютерне моделювання природничих процесів» здобувач освіти розвине такі *soft skills*:

Критичне та аналітичне мислення (здатність оцінювати фізичну адекватність комп'ютерних моделей, верифікувати чисельні результати та виявляти помилки обчислень).

Розв'язання комплексних проблем (уміння розділяти складні природничі процеси на алгоритмічні етапи та знаходити ефективні обчислювальні рішення, коли аналітичні методи не працюють).

Креативність та інноваційність (розробка нестандартних підходів до візуалізації природничих процесів та створення інформативних анімацій).

Інформаційна грамотність (навичка формалізації фізичних законів мовою програмування, робота з технічною документацією та адаптація бібліотек коду під власні дослідження).

Комунікаційні навички (здатність аргументовано захищати обрані методи моделювання та чітко пояснювати логіку програмного коду колегам).

Адаптивність та гнучкість (готовність до швидкого освоєння нових версій програмного забезпечення та сучасних алгоритмів обробки даних).

Самоорганізація та тайм-менеджмент (ефективне планування часу для виконання об'ємних обчислювальних проєктів та самостійного опрацювання матеріалу).

4. Структура освітнього компонента.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ.	Сам. Роб.	Конс.	*Форма контролю/ Бали
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1						
Тема 1. Побудова математичних моделей для природничих процесів.	20	2	2	15	1	ДС,ПР/10
Тема 2. Методи чисельного дослідження математичних моделей природничих процесів.	20	2	2	15	1	ДС,ПР/10
Тема 3. Моделі популяційної динаміки. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Модель Мальтуса та логістичне рівняння (Ферхюльста). ➤ Система «Хижак–Жертва» (рівняння Лотки-Вольтерри). 	26		4	20	2	ДС,ПР/20
Тема 4. Нелінійні коливання в природі. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Рівняння Ван дер Поля (автоколивання, наприклад, в серцевому м'язі). ➤ Біфуркації: як зміна параметра призводить до якісної зміни поведінки системи. 	28	2	4	20	2	ДС, ПР /20
Тема 5. Процеси переносу: теплопровідність та дифузія. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Чисельне розв'язування рівняння теплопровідності (метод скінченних різниць). ➤ Розподіл тепла в стержні та пластині. 	28	2	4	20	2	ДС, ПР /20
Тема 6. Детермінований хаос. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Атрактор Лоренца (модель конвекції атмосфери, «ефект метелика»). 	28	2	4	20	2	ДС, ПР /20

➤ Атрактор Ресслера. Поняття дивного атрактора.						
Разом за модулем 1	150	10	20	110	10	
Всього годин/Балів	150	10	20	110	10	
Всього балів						100

*Форма контролю: ДС – дискусія, ПР – практична робота.

Самостійна робота студента над засвоєнням матеріалу з освітньої компоненти передбачає: опрацювання лекційного матеріалу, опрацювання рекомендованої літератури, підготовку до практичних робіт, виконання домашніх завдань, підготовку до контрольної роботи.

IV. Політика оцінювання

Політика оцінювання результатів навчання здобувачів освіти регламентується положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки від 26 червня 2025 року (<https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/2025.-Про-поточне-і-підсумк.оцінювання.pdf>).

Відвідування лекцій студентом не оцінюється. Однак, для засвоєння студентам рекомендується відвідувати лекційні заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для розв'язування задач на практичних заняттях, виконання домашніх завдань та завдань, що пропонуються на контрольних заходах. Відвідування практичних занять є обов'язковим.

Поточна оцінка формується з оцінювання виконання завдань на практичних заняттях: 10 балів за одне практичне;

Завдання практичного заняття вважаються виконаними вчасно, якщо здобувач освіти надав викладачу звіт з їх виконання не пізніше наступної практичної роботи.

У випадку пропуску практичних занять (з поважних причин) здобувач освіти має право відпрацювати пропущені заняття на консультаціях та добрати ту кількість балів, яку було визначено на пропущені теми.

Згідно Порядку визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки (https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024_Визнання_резул_татів_ВНУ_ім._Л.У._ред.pdf) студентіві можуть бути зарахованими результати навчання, які отримані у формальній, неформальній та/або інформальній освіті.

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись положень Кодексу академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки (<http://ra.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Kodeks-akademichnoyi-dobrochesnosti.pdf>), і розуміють, що за його порушення несуть особисту відповідальність.

Бали	Критерії оцінювання
10	Бездоганно. Завдання виконане повністю. Побудовано адекватну математичну модель, правильно обрано чисельний метод. Результати візуалізовані на високому рівні (фазові портрети, анімація, чіткі підписи). Надано вичерпну фізичну інтерпретацію. Присутні елементи творчого підходу.
9	Відмінно. Завдання виконане повністю. Математична модель працює, код не містить синтаксичних помилок. Є незначні, несуттєві похибки в оформленні графіків або звіту. Фізична інтерпретація правильна. Всі обов'язкові вимоги завдання реалізовані.
8	Дуже добре. Завдання виконане повністю, але є дрібні технічні недоліки: неоптимальний вибір кроку інтегрування (що не впливає критично на результат), відсутність частини коментарів у коді або дрібні неточності в налаштуваннях візуалізації. Висновки присутні.
7	Добре. Завдання в цілому виконане, модель запускається, але є помилки у використанні інструментарію (наприклад, неточно задані початкові умови). Графічна частина виконана з відхиленнями від вимог. Пояснення результатів неповні.
6	Задовільно. Завдання виконане частково або з помилками. Програма працює, але результати моделювання мають сумнівну фізичну достовірність (значні похибки чисельного методу). Графіки неінформативні. Пояснення мінімальні.
5	Посередньо. Виконано менше 70% завдання. Є серйозні помилки в реалізації алгоритму (неправильно записані рівняння). Результати моделювання фізично неадекватні. Пояснення відсутні або помилкові.
4	Незадовільно (з можливістю доопрацювання). Виконано менше половини завдання. Частина інструментів використана неправильно (код не компілюється або видає помилку при запуску). Результати не відповідають поставленій задачі.
3	Слабко. Виконано лише окремі фрагменти коду, які не об'єднані в працюючу модель. Результат практично непридатний для аналізу. Відсутнє розуміння суті задачі.
2	Формально. Завдання виконане формально (механічно скопійовано), результат некоректний.
1	Погано. Спроба виконати завдання є, але без суттєвих правильних елементів.
0	Не виконано. Завдання не виконане або не здане.

V. Підсумковий контроль

Формою підсумкового семестрового контролю є залік. Оцінювання здійснюється за накопичувальною шкалою.

Залік виставляється за результатами поточної роботи за умови, що здобувач освіти виконав ті види навчальної роботи, які визначено силабусом. У дату складання заліку записується у відомість сума поточних балів, які здобувач освіти набрав під час поточної роботи.

У випадку, якщо здобувач освіти протягом поточної роботи набрав менше як 60 балів, він складає залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання анулюються. Максимальна кількість балів на залік під час ліквідації академічної заборгованості 100 балів. Під час ліквідації академічної заборгованості студенту необхідно виконати п'ять завдань, типові до тих, що виконувались на практичних роботах. При цьому кожне завдання оцінюється максимум у 20 балів.

У день складання заліку за основною сесією заборонено проводити додаткові опитування здобувача освіти, а також здобувач освіти не має права доздавати будь-який вид робіт, передбачений силабусом освітнього компоненту.

Перелік питань на залік

1. Математичне моделювання: основні етапи побудови моделі, верифікація та валідація результатів.
2. Чисельні методи: характеристика методу Ейлера та методів Рунге-Кутта (точність, стійкість).
3. Моделі росту популяцій: моделі Мальтуса (експоненціальної) та моделі Ферхюльста (логістичної).
4. Стійкість динамічних систем: аналіз стаціонарних точок логістичного рівняння та їх біологічна інтерпретація.
5. Система «Хижак–Жертва»: модель Лотки-Вольтерри, аналіз фазового портрета.
6. Автоколивальні системи: рівняння Ван дер Поля, поняття граничного циклу та умови виникнення автоколивань.
7. Теорія біфуркацій: визначення біфуркації, типи зміни поведінки системи при зміні керуючого параметра.
8. Рівняння в частинних похідних: фізичний зміст рівняння теплопровідності (дифузії) та постановка крайових задач.
9. Метод скінченних різниць: принцип дискретизації простору й часу, апроксимація похідних.
10. Чисельне розв'язування рівняння теплопровідності: побудова явної різницевої схеми.
11. Детермінований хаос: визначення, необхідні умови виникнення хаосу в динамічних системах.

12. Атрактор Лоренца: система рівнянь конвекції, властивості дивного атрактора та «ефект метелика».
13. Геометрія хаосу: поняття фрактальної розмірності дивних атракторів.
14. Топологія хаосу: атрактор Ресслера (рівняння, фазовий портрет типу «стрічка Мебіуса»).

VI. Шкала оцінювання знань здобувачів освіти

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка
90–100	Зараховано
82–89	
75–81	
67–74	
60–66	
0–59	Незараховано (необхідне перескладання)

VII. Рекомендована література

1. Котовський В.Й. Цибульський Л.Ю. Комп'ютерне моделювання фізичних процесів. - К., Наукова думка, 2019. - 215 с.
2. Прилуцький Ю.І., Костерін С.О. Комп'ютерне моделювання в біології: підручник. — Київ: Наукова думка, 2024. — 196 с.
3. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навч. посібник. – Чернівці: Чернівецький національний ун-т, 2013. – 519 с.
4. Федорчук В. А. Комп'ютерне моделювання динамічних систем : навчальний посібник / В. А. Федорчук. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2015. – 108 с. 21. Фельдман Л.П. та ін. Чисельні методи в інформатиці. — К.: Видавнича група BHV, 2006. — 480 с.
5. Frank Y. Wang. Physics with Maple: The Computer Algebra Resource for Mathematical Methods in Physics. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2006. 610 p.
6. Frank E. Harris. Mathematics for Physical Science and Engineering Symbolic Computing Applications in Maple and Mathematica. University of Utah, Salt Lake City, UT and University of Florida, Gainesville, FL. 2014. 780 p.