МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра загальної фізики

Затверджено
На засіданні кафедри загальної фізики
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29.08.2025 р.)

Завідувач кафедри Василь СТАДНИК

Силабус
з навчальної дисципліни
«Методи комп'ютерного експерименту у вивченні фізичних процесів»,
що викладається в межах
ОПП «Комп'ютерні технології у прикладній фізиці»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2025

Назва дисципліни	Методи комп'ютерного експерименту у вивченні фізичних процесів
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова, 19, 79005, Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладачі дисципліни	Лектор: Демків Тарас Михайлович, професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н.; лабораторні роботи проводить проф. Демків Т.М.
Контактна інформація викладачів	taras.demkiv@lnu.edu.ua
Консультації з дисципліни відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Можливі також он-лайн консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram, Viber.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/academics/bachelor/curriculum-it-technologies-in-physics
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Методи комп'ютерного експерименту у вивченні фізичних процесів» є нормативною дисципліною для підготовки бакалавра за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали, яка викладається в VI семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліну	Навчальна дисципліна дає навики опису складних фізичних процесів за допомогою математичного апарату, складання алгоритму вирішення завдання, перекладу алгоритму на мову програмування Python, отримання результатів за допомогою комп'ютера та проведення їх аналізу. Дисципліна сприяє розвитку навичок використання обчислювальних систем вільного доступу для вирішення професійних завдань.
Мета та цілі дисципліни	**Мета**: ознайомити студентів з основними поняттями і методами комп'ютерного моделювання фізичних процесів та їх застосуванням за допомогою ООП Python та математичного середовища Sage. **Завдання**: навчити студентів формулювати постановку задачі для комп'ютерного моделювання фізичних процесів та застосовувати методи комп'ютерного моделювання (включно з графічними) до практичних задач.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. Lutz M. Learning Python – Published by O'Reilly Media, Inc. – 2013. – 1320 p. 2. Креневич А.П. Python у прикладах і задачах. Навчальний посібник: Частина 1. Структурне програмування. К.: ВПЦ "Київський Університет", 2017. – 206 с. 3. Креневич А.П. Python у прикладах і задачах. Навчальний посібник: Частина 2. Об'єктно-орієнтоване програмування – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2020. – 152 с. 4. Васильєв А. Програмування мовою Python. – Навчальний посібник. – Богдан. – 2018. – 504 с. 5. Barry P. Head First Python (2nd Edition). – All IT books. – 2016. – 624 p.

	6. https://uk.wikibooks.org/wiki/Підручник_мови_Python/Неформальний_вступ_до_мови_Python. 7. С.В.Шокалюк. Основи роботи в SAGE. – К.: НПУ ім. Драгоманова. – 2008. – 64 с. 8. Березовський В. Є., Ковальов Л. Є., Медведєва М. О. Чисельні методи з прикладами реалізації мовою Python: навчальний посібник. – Умань: ВПЦ «Візаві». – 2023. – 88 с. 9. Попов А. В., Каданер О. О., Колесніков Д. В., Інкарбаєва О. С. Комп'ютерне моделювання та оброблення даних: навч. посібник. –Харків: ХАІ, 2024. – 72 с. **Допоміжна:** 10. Савчин В.П., Шувар Р.Я. Електронне перенесення в напівпровідниках та напівпровідникових структурах. – Видавничий центр ЛНУ імені І.Франка. – 2008. – 688с. 11. Harvey Gould, Jan Tobochnik, and Wolfgang Christian. An Introduction to Computer Simulation Methods Applications to Physical System. – 2016. – 780p. 12. Програмування числових методів мовою Python : навч. посіб. / А. Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий, Є. В. Глушко ; за ред. А. В. Анісімова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2013. – 463 с. ***Інформаційні ресурси*** 1. https://pythonguide.rozh2sch.org.ua/ 2. https://docs.python.org/ 3. https://wiki.python.org 4. http://www.wikipedia.org 5. http://docs.scipy.org/
Тривалість дисципліни	один семестр
Обсяг дисципліни	120 години, з яких 64 год. аудиторних занять, з них 32 год. лекцій та 32 год. лабораторних занять та 56 год. самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	**Загальні компетентності (ЗК):** ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК 3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК 5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. ЗК 6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні. **Спеціальні компетентності (СК):** СК 1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів. СК 4. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок. СК 5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій. СК 6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем. СК 7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. СК 9. Здатність планувати та створювати програмне забезпечення, використовуючи мови високого рівня. СК 11. Здатність моделювати фізичні системи та процеси. **Програмні результати навчання (ПРН):** ПРН 01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для

	розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики. ПРН 02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. ПРН 04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій. ПРН 05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики. ПРН 07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково технічну інформацію в галузі прикладної фізики. ПРН 09. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію. ПРН 10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проектів. ПРН 11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні. ПРН 12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем. ПРН 14. Програмувати з використанням мов високого рівня. ПРН 16. Вміти формалізувати фізичні задачі для реалізації комп’ютерного експерименту. Після завершення цієї дисципліни студент буде: **знати:** 1) методи чисельного інтегрування та диференціювання функцій; 2) чисельні методи рішення задач математичної фізики; 3) основні поняття програмування; 4) синтаксис мови програмування Python; 5) синтаксис математичного середовища SAGE; 6) основні бібліотеки для математичних обчислень мови програмування Python (SymPy, NumPy, Matplotlib, Math, тощо); **вміти:** 1) використовувати набуті знання для розрахунку характеристик фізичних процесів і явищ на практиці; 2) розуміти фізичні принципи явищ та процесів, які моделюються; 3) розраховувати та аналізувати результати комп’ютерного моделювання, виходячи як з основних положень комп’ютерного моделювання, так і з емпіричних експериментальних даних; 4) вміти використовувати для цього сучасне програмне забезпечення (мову програмування Python та математичне середовище SAGE).
Ключові слова	Python, математичні моделі, математичне середовище SAGE, кінетичні ефекти у напівпровідниках
Формат дисципліни	очний
Теми	Наведено у табл. 1.
Підсумковий контроль, форма	Підсумковий контроль: залік у кінці семестру. Форма: письмово-усна.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань із загальних дисциплін фізики, «Матаналіз», «Аналітична геометрія», «Обчислювальна техніка і програмування», «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Об’єктно-

	орієнтоване програмування», «Чисельні методи».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації (ілюстрація, демонстрація), виконання лабораторних робіт, розповіді, пояснення, дискусія.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми і операційні системи, програмне середовище Python, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • робота на лабораторних заняттях під час семестру – 90 % сумарної оцінки. Максимальна кількість балів 90: • максимальна оцінка для лабораторних робіт №1-4, 6-8 – 10 балів, градація оцінювання відповідно до такої шкали: • виконання лабораторної роботи – 3 б; • правильне оформлення звіту – 2 б; • захист лабораторної роботи – 5 б з наступною градацією: • 5 – студент повністю володіє матеріалом; • 4 – студент добре володіє матеріалом, є незначні помилки; • 1-3 – студент частково володіє матеріалом; • 0 б – студент не володіє матеріалом; • максимальна оцінка для лабораторної роботи № 5 – 15 балів: • виконання лабораторної роботи – 5 б, • правильне оформлення звіту – 2 б, • захист лабораторної роботи – 8 б з наступною градацією: • 8 – студент повністю володіє матеріалом; • 6-7 – студент добре володіє матеріалом, є незначні помилки; • 1-5 – студент частково володіє матеріалом; • 0 б – студент не володіє матеріалом; • лабораторної роботи № 9 – максимальна оцінка – 5 балів: • виконання лабораторної роботи – 1 б, • правильне оформлення звіту – 1 б, • захист лабораторної роботи – 3 б з наступною градацією: • 3 – студент повністю володіє матеріалом; • 2 – студент добре володіє матеріалом, є незначні помилки; • 1 – студент частково володіє матеріалом; • 0 б – студент не володіє матеріалом; • робота на лекціях (тестове опитування лекційного матеріалу по 2-х змістових модулях в кінці семестру) – 10 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 10. • Всі тестові запитання мають однакову вагу. Сумарна кількість балів за пройдений тест прямопропорційна до числа правильних відповідей. Невиконана лабораторна робота студентом оцінюється в 0 балів. Підсумкова максимальна кількість балів – 100. **Академічна доброчесність** здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі

	студента є підставою для її незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених дисципліною. **Література**. Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів**. Враховуються бали, набрані на лабораторних та поточному тестуванні. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання та ін. **Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.**
Питання до модульних контролів (замірів знань)	1. Переваги та недоліки мови програмування Python. Області використання. 2. Типи даних, що використовуються в Python та їх синтаксис. 3. Етапи обчислювального експерименту. Порівняння з фізичним експериментом. 4. Чисельні методи та вимоги до них при використанні у математичному моделюванні. 5. Методи для побудови 2-D та 3-D графіків у Python. Методи форматування графіків. Побудова кількох графіків в одному вікні. 6. Реалізація класів у Python. Змінна self. 7. Перколяція. Поріг перколяції на квадратній ґратці. З'єднувальний кластер. 8. Характеристики кластерів у теорії протікання для квадратної ґратки. 9. Ренорм-групи. Реалізація методу ренорм-групи за запропонований Рейнольдсом. 10. Область застосування теорії протікання. 11. Бібліотека Tkinter у Python. Об'єкт Canvas. Синтаксис і застосування. 12. Математична модель руху частинки в електричних та магнітних полях. Магнітні лінзи. 13. Спеціальні методи у Python. Можливості та область використання. 14. Система комп'ютерної математики SAGE. Програмні інтерфейси. Функціональні можливості. 15. Функція розподілу Фермі-Дірака та концентрація носіїв заряду у зоні провідності й дірок у валентній зоні напівпровідника. 16. Механізми розсіяння у напівпровідниках та їх часи релаксації. 17. Рівняння електронейтральності для власних та легованих напівпровідників. 18. Модель температурної залежності провідності рівня Фермі у власних напівпровідниках. 19. Модель температурної залежності провідності рівня Фермі у власних напівпровідниках з домішками.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні дисципліни.

Таблиця 1

Схема дисципліни «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»

Тиж-день	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Літерату-ра	Термін виконан-ня
Змістовий модуль 1. Принципи комп'ютерного моделювання. Семантика ООП Python. Класи. Бібліотеки.				
1, 2	**Тема 1**. Місце комп'ютерного експерименту у фізиці. ООП Python	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 8 год, самостійна робота – 10 год.	Базова: 1, 4, 6, 8, 9;	2 тижні
3, 4	**Тема 2**. Методи розрахунку диференціальних рівнянь. Графіка у Python	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 5 год.	Базова: 1, 4, 5, 8; Допоміж-на: 11	2 тижні
5, 6	**Тема 3**. Методи чисельного розв'язування ньютонівських рівнянь руху. Класи у Python	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 5 год.	Базова: 2-4; Допоміж-на: 11	2 тижні
Змістовий модуль 2. Математичне моделювання за допомогою ООП Python та математичного середовища Sage				
7, 8	**Тема 4**. Задача про перколя-цію. Теорія протікання	Лекції – 4 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 6 год.	Базова: 1-3; Допоміж-на: 10	2 тижні
9-10	**Тема 5**. Система SAGE	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 7 год.	Базова: 1-3, 7	1,5 тижня
10-12	**Тема 6**. Статичні поля зарядів. Рух заряджених частинок в електричних та магнітних по-лях	Лекції – 5 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 7 год.	Базова: 2, 3, 7 Допоміж-на: 12	2,5 тижні
13-15	**Тема 7**. Кінетичні ефекти у напівпровідниках	Лекції – 6 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год.	Базова: 2-5, 7 Допоміж-на: 10, 11	3 тижні
16	**Тема 8**. Розв'язок диференціа-льних рівнянь з декількома незалежними змінними	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год.	Базова: 2-4, 7 Допоміж-на: 12	1 тиждень