

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

” *Вересень* ” 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 4.2 «Комп’ютерні методи розв’язання задач з фізики»

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 6 годин – 90 змістовних модулів – 2	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Обов'язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		3-й
		Семестр
		5,6-й
		Лекції
		40 год.
		Практичні
		-
		Лабораторні
		50
		Самостійна робота
		90 год.
Форма підсумкового контролю: залік		

2. Мета і завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, пов'язані з комп'ютерним моделюванням і дослідженням фізичних об'єктів і систем, процесів і явищ та їх технічними застосуваннями у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних обчислювальних методів та комп'ютерних пакетів.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є формування у студентів наступної системи компетентностей, що включають знання, розуміння, уміння та навички використання програмного пакету *Scilab* для фізико-математичного моделювання й кількісного аналізу процесів у різноманітних фізичних системах:

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, ЗК02.
- Здатність бути критичним і самокритичним, ЗК04.
- Здатність приймати обґрунтовані рішення, ЗК05.

- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, ЗК08.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії, СК16.

- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів, СК18.

- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем, СК20.

- Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси, СК21.

- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту, СК22.

- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації, СК24.

- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей, СК25.

- Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю, СК26.

- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень, СК27.

- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту, СК29.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.

- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань (ПР 08).

- Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.

- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку (ПР 25).

3. Зміст навчальної дисципліни

3 рік, 5 семестр

Змістовний модуль №1

Основи роботи з пакетом Scilab. Базові методи розв'язування задач з фізики

Тема 1. Основні характеристики пакету Scilab. Встановлення пакету на персональний комп'ютер, ознайомлення із середовищем та основними командами головного меню. Основи роботи в середовищі пакету: елементарні математичні вирази та операції, типи змінних, оператори, функції. Можливості програмування в пакеті. Умовні оператори, оператори циклу, оператори введення-виведення, обробки масивів.

Тема 2. Масиви та операції з ними. Матриці, перетворення матриць. Розв'язування систем лінійних рівнянь: матричний метод, метод Крамера, метод Гаусса. Обчислення струмів в електричних колах за допомогою правил Кірхгофа.

Тема 3. Функції та 2D графіки. Типи функцій: вбудовані та означені. Графічні можливості пакету Scilab: побудова та форматування двовимірних графіків. Графіки в полярній системі координат.

Тема 4. Алгебраїчні рівняння. Поліноми, операції з поліномами, корені поліномів. Метод половинного ділення (дихотомії). Розв'язування трансцендентних та систем трансцендентних рівнянь.

Тема 5. Інтегрування. Методи числового інтегрування: метод прямокутників, метод трапецій, формула Сімпсона, квадратурні формули Ньютона–Котеса. Операції інтегрування в пакеті Scilab. Період довільних коливань математичного маятника.

Тема 6. Задачі дифракції. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракція хвилі на напівобмеженій площині. Інтеграл Френеля. Спіраль Корню. Обчислення розподілу інтенсивності в дифракційній картині.

Тема 7. Звичайні диференціальні рівняння. Методи Ейлера та Ейлера–Коші. Розв'язування звичайних диференціальних рівнянь: Основи методу Рунге–Кутти. Розв'язування звичайних диференціальних рівнянь та їх систем у пакеті Scilab. Плоский рух тіла в гравітаційному полі двох інших тіл.

Тема 8. Лінійні коливання механічних систем. Інтегрування рівнянь коливань математичного маятника, подвійного маятника та маятника з рухомою точкою підвісу для довільних і малих амплітуд, порівняння розв'язків. Знаходження власних частот малих коливань. Вимушені коливання лінійних систем. Резонанс.

Тема 9. Нелінійні диференціальні рівняння. Рівняння ван дер Поля та його застосування. Модель Лоткі–Вольтерри (мисливець–жертва) та її модифікації. Дивні атрактори, приклади. Нелінійні коливання. Зміщення рівноважного стану та генерація вищих гармонік. Зміна основних частот. Вимушені нелінійні коливання. Амплітудно-частотна залежність. Резонанс в нелінійних системах.

Тема 10. Диференціювання. Перша інтерполяційна формула Ньютона. Обчислення похідних і частинних похідних у пакеті Scilab. Графічне зображення фізичних полів.

Тема 11. Методи обробки експериментальних даних. Метод найменших квадратів, лінійна регресія, коефіцієнти регресії і кореляції, індекс кореляції. Метод сплайнів, кубічні сплайни.

Тема 12. Метод Монте Карло. Основи методу Монте Карло, його реалізація в пакеті. Обчислення визначених інтегралів методом Монте Карло. Застосування методу до геометричних і механічних задач: обчислення площ та об'ємів, координат центрів мас та моментів інерції плоских та об'ємних твердих тіл (круг, циліндр, куля, тіла з порожнинами).

Тема 13. Власні значення та власті функції квантової системи. Алгоритм обчислення власних значень і власних функцій методом пристрілки. Застосування методу до нескінченно високої потенціальної ями. Власні значення і власті функції неоднорідної струни.

3 рік, 6 семестр

Змістовний модуль №2

Числові методи розв'язування задач теоретичної фізики та оптимізації

Тема 14. Рівняння теплопровідності. Метод скінченних різниць для диференціальних рівнянь у частинних похідних. Крайова задача для рівняння теплопровідності. Реалізація

методу скінченних різниць для її розв'язання. Функціональні можливості пакету для побудови тривимірних графіків.

Тема 15. Хвильове рівняння, рівняння Пуассона. Розв'язування крайової задачі для хвильового рівняння методом скінченних різниць. Реалізація методу для еліптичних рівнянь. Знаходження потенціалу поля, створюваного заданим просторовим розподілом заряду.

Тема 16. Квантовий гармонічний осцилятор. Обчислення власних енергій і власних функцій; нормування та перевірка ортогональності власних функцій; обчислення спостережуваних значень координати, імпульсу та їх квадратів. Вплив ангармонізму.

Тема 17. Одновимірні випадкові блукання. Моделювання випадкового блукання частинки на осі, його реалізація в пакеті Scilab. Координати частинки як випадкова послідовність чисел: знаходження, обробка, візуалізація, гістограма випадкових значень. Нормальний закон розподілу.

Тема 18. Випадкові блукання по двовимірній ґратці. Моделювання випадкового блукання по ґратках різних типів. Координати та середньоквадратичне зміщення частинки, їх обробка, візуалізація.. Коефіцієнт самодифузії частинки.

Тема 19. Дифузія ґраткового газу. Моделювання частково заповненої ґратки, ґраткового газу та випадкового блукання його частинок по частково заповненій двовимірній ґратці. Дифузія газу крізь кристалічну ґратку. Модель захоплення частинок пастками.

Тема 20. Неперервна модель дифузії. Рівняння Ейнштейна–Смолуховського, його розв'язання, обчислення середньоквадратичного зміщення та коефіцієнта дифузії. Вплив руху середовища на дифузію частинки.

Тема 21. Спектральний аналіз хвильових процесів. Спектральний аналіз неперервних і дискретних функцій методом Фур'є, коефіцієнти Фур'є для заданої функції. Ряди Фур'є для розривних функцій. Явище Гіббса на прикладі прямокутної імпульсної функції. Спектральний аналіз неперервних та дискретних функцій: спектральна функція (густина), задача синтезу, дискретне перетворення Фур'є, швидке перетворення Фур'є.

Тема 22. Задачі оптимізації. Відшукування точок екстремуму функцій однієї та багатьох змінних. Задачі лінійного програмування.

4. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1. Основи роботи з пакетом Scilab. Базові методи розв'язування задач з фізики						
Тема 1. Основні характеристики пакету Scilab	6		2	2		2
Тема 2. Масиви та операції з ними	8		2	2		4
Тема 3. Функції та 2D графіки	8		2	2		4
Тема 4. Алгебраїчні рівняння	6		2	2		2
Тема 5. Інтегрування	6		2	2		2
Тема 6. Задачі дифракції	6		2	2		2
Тема 7. Звичайні диференціальні	6		2	2		2

рівняння						
Тема 8. Лінійні коливання механічних систем	6		2	2		2
Тема 9. Нелінійні диференціальні рівняння	8		2	2		4
Тема 10 Диференціювання	6		2	2		2
Тема 11. Методи обробки експериментальних даних	8		2	4		2
Тема 12. Метод Монте Карло	6		2	2		2
Тема 13. Власні значення та власті функції квантової системи	10		2	4		4
Модуль 2. Числові методи розв'язування задач теоретичної фізики та оптимізації						
Тема 14. Рівняння теплопровідності	14		2	4		8
Тема 15. Хвильове рівняння, рівняння Пуассона	10		2	2		6
Тема 16. Квантовий гармонічний осцилятор	10		2	2		6
Тема 17. Одновимірні випадкові блукання	9		1	2		6
Тема 18. Випадкові блукання по двовимірній ґратці	9		1	2		6
Тема 19. Дифузія ґраткового газу	9		1	2		6
Тема 20. Неперервна модель дифузії	9		1	2		6
Тема 21. Спектральний аналіз хвильових процесів	10		2	2		6
Тема 22. Задачі оптимізації	8		2	2		6
Усього годин	180	0	40	50		90

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом

7. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1	Основні характеристики пакету Scilab	2
2	Масиви та операції з ними	2
3	Функції та 2D графіки	2
4	Алгебраїчні рівняння	2
5	Інтегрування	2
6	Задачі дифракції	2
7	Звичайні диференціальні рівняння	2
8	Лінійні коливання механічних систем	2
9	Нелінійні диференціальні рівняння	2

10	Диференціювання	2
11	Методи обробки експериментальних даних	4
12	Метод Монте Карло	2
13	Власні значення та властї функції квантової системи	4
14	Рівняння теплопровідності	4
15	Квантовий гармонічний осцилятор	2
16	Хвильове рівняння, рівняння Пуассона	2
17	Одновимірні випадкові блукання	2
18	Випадкові блукання по двовимірній ґратці	2
19	Дифузія ґраткового газу	2
20	Неперервна модель дифузії	2
21	Спектральний аналіз хвильових процесів	2
22	Задачі оптимізації	2
	РАЗОМ	50

8. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Встановлення пакету Scilab на власний комп'ютер, ознайомлення із середовищем, основними командами головного меню.	2
2	Введення та формування масивів і матриць. Операції з матрицями. Аналіз електричних кіл за допомогою правил Кірхгофа.	4
3	Форматування двовимірних графіків у декартовій і полярній системі координат. Формування груп графіків.	4
4	Розв'язування кубічних рівнянь та рівнянь четвертого порядку. Поведінка розв'язків у залежності від коефіцієнтів рівнянь.	2
5	Програмування операції інтегрування стандартними методами (прямокутників, трапецій, Сіпсона) у Scilab . Порівняння результатів.	2
6	Числовий аналіз інтегралів Френзеля та побудова спіралі Корню.	2
7	Плоский рух тіла в гравітаційному полі інших тіл.	2
8	Лінеаризація рівнянь коливань механічних систем.	2
9	Аналіз особливостей нелінійних коливань.	4
10	Рівняння та графічне зображення силових ліній електричних і магнітних полів, ліній течії гідродинамічних полів.	2
11	Типи крайових умов для кубічних сплайнів.	2
12	Обчислення координат центрів мас і моментів інерції неоднорідних тіл методом Монте Карло.	2
13	Власні частоти коливань неоднорідної струни.	4
14	Розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа методом скінченних різниць.	8
15	Вплив ангармонічності коливань на спектр квантового осцилятора.	6
16	Форматування тривимірних графіків.	6
17	Побудова функції розподілу координат частинки при випадковому блуканні.	6
18	Моделювання процесу дифузії частинки на двовимірній трикутній ґратці.	6
19	Моделювання захоплення електронів вузлами кристалічної ґратки.	6
20	Дифузія частинок у рухомому середовищі.	6
21	Крайові задачі для хвильового рівняння з розривними крайовими	6

	умовами і явище Гіббса. Випадок рівняння теплопровідності.	
22	Розв'язування задач оптимізації.	6
	РАЗОМ	90

9. Теми індивідуальних завдань

1. Символьні операції в Scilab.
2. Робота з файлами в Scilab.
3. Створення графічних додатків у Scilab.
4. Рівняння ван дер Поля і моделювання діяльності людського організму.
5. Резонанс в нелінійних коливаннях.
6. Крайові умови в методі скінченних різниць. Метод «хрест» для хвильового рівняння.
7. Метод скінченних різниць у криволінійних координатах.
8. Метод молекулярної динаміки.
9. Алгоритм Метрополіса.
10. Моделювання канонічного ансамблю.

10. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються наступні форми навчального заняття: лекційні та лабораторні заняття, самостійна робота та індивідуальні заняття. Під час проведення лабораторних занять застосовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний, евристичний, репродуктивний, проблемного викладення і частково-пошуковий. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод навчання.

11. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання та захисту лабораторних робіт та індивідуальних завдань.

Критерії оцінювання виконання лабораторних робіт

Студент повинен виконати всі лабораторні роботи. За написання працюючої програми та оформлення роботи згідно вимог методичних вказівок до лабораторних робіт нараховується 3 бали за кожну роботу. При захисті роботи, за кожну правильну відповідь на запитання додається 1 бал. За неповну, неправильну відповідь, відповідь, що містить помилки бали не додаються. Максимальна кількість балів за лабораторну роботу не повинна перевищувати 7 балів. При виставленні підсумкової оцінки сумуються оцінки за виконання та захист лабораторних робіт та індивідуальні завдання.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів). Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

V семестр

Поточний контроль, лабораторні роботи, домашні завдання, самостійна робота, індивідуальні завдання													Підсумковий бал		
Змістовний модуль №1 Поточний контроль на лекціях											Лабораторні роботи	Індивідуальні завдання			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	81	6	100
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			

VI семестр

Поточний контроль, лабораторні роботи, домашні завдання, самостійна робота, індивідуальні завдання										Підсумковий бал	
Змістовний модуль №1 Поточний контроль на лекціях								Лабораторні роботи	Індивідуальні завдання		
T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	63	19	100
2	2	2	2	2	2	2	2	2			

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка		
	За шкалою ЄКТС	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, первинний інструктаж з техніки безпеки, порядок виконання лабораторної роботи:

14. Рекомендована література

Основна

1. Scilab Enterprises. Scilab for Very Beginners. – Hauts-de-Seine: Scilab Enterprises, 2013. – 33 p.
2. Sandeep Nagar. Introduction to Scilab: For Engineers and Scientists. – New York: Apress, 2017. – 189 p.
3. Усов А.В., Шпинковський О.А., Шпинковська М.І. Чисельні методи та їх реалізація у середовищі Scilab: Навч. посіб. – Київ: Освіта України. 2013. – 192 с.
4. Фетісов В. С. Математична система Scilab: навч.-метод. посібн. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2022. 82 с
5. Campbell S. L., Chancelier J.-Ph., Nikoukhah R. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos. – New York: Springer, 2006. – 313 p.

Допоміжна

1. Scilab Group, Scilab Reference Manual. – INRIA Meta2 Project/ENPC Cergrene. – New York: Springer, 1997. – 700 p.
2. Дубовой В. М., Никитенко О. Д., Юхимчук М. С., Галушак А. В. Моделювання об'єктів і систем: навч. -метод. посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 157 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Scilab: <https://www.scilab.org/>
2. Lib.onu.edu.ua
3. Phys.onu.edu.ua