

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра теоретичної фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи
О.В.Запорожченко

2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ З ФІЗИКИ

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-професійний) рівень –бакалавр

Галузь знань 10 – природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія

(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія

Вид дисципліни вибіркова

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій

(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробники програми:

кандидат фізико-математичних наук, доцент Сушко М.Я.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики та астрономії, Протокол № 1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри

(підпис)

Адамян В. М.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “ 3 ” вересня _____ 2020 року

Голова НМК

(підпис)

Ніцук Ю.А.

(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Комп'ютерні методи розв'язування задач з фізики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія». Освітньо-професійна програма: «Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. 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.

1.2. 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.

1.3. Кількість кредитів 6

1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Обов'язкова/ <u>за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
3-й, 5 і 6 семестри
Лекції
Практичні/семінарські
Лабораторні
92 год.
Самостійна робота
88 год.
У тому числі індивідуальні заняття
10 год,

1.6. Заплановані результати навчання:

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.
- 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.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

3 рік, 5 семестр

Розділ 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.

3 рік, 6 семестр

Розділ 2. Числові методи розв'язування задач теоретичної фізики та оптимізації

Тема 12. 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 13. 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 14. 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.

Тема 15. 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 16. 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 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.

3. Структура навчальної дисципліни

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

Тема 8. Лінійні коливання механічних систем	10			6		4
Тема 9. Нелінійні диференціальні рівняння	8			4		4
Тема 10 Диференціювання	8			4		4
Тема 11. Методи обробки експериментальних даних	8			4		4
Розділ 2. Числові методи розв'язування задач теоретичної фізики та оптимізації						
Тема 12. Рівняння теплопровідності	10			6		4
Тема 13. Хвильове рівняння, рівняння Пуассона	8			4		4
Тема 14. Власні значення та власті функції квантової системи	8			4		4
Тема 15. Квантовий гармонічний осцилятор	8			4		4
Тема 16. Метод Монте Карло	8			4		4
Тема 17. Одновимірні випадкові блукання	8			4		4
Тема 18. Випадкові блукання по двовимірній ґратці	8			4		4
Тема 19. Дифузія ґраткового газу	8			4		4
Тема 20. Неперервна модель дифузії	8			4		4
Тема 21. Спектральний аналіз хвильових процесів	8			4		4
Тема 22. Задачі оптимізації	8			4		4
Усього годин	180	0	0	92		88

4. Теми лабораторних робіт

№	Назва теми	Кількість годин
1	Основні характеристики пакету Scilab	4
2	Масиви та операції з ними	4
3	Функції та 2D графіки	4
4	Алгебраїчні рівняння	4
5	Інтегрування	4
6	Задачі дифракції	4
7	Звичайні диференціальні рівняння	4
8	Лінійні коливання механічних систем	6
9	Нелінійні диференціальні рівняння	4
10	Диференціювання	4
11	Методи обробки експериментальних даних	4
12	Рівняння теплопровідності	6
13	Хвильове рівняння, рівняння Пуассона	4
14	Власні значення та власті функції квантової системи	4
15	Квантовий гармонічний осцилятор	4
16	Метод Монте Карло	4

17	Одновимірні випадкові блукання	4
18	Випадкові блукання по двовимірній ґратці	4
19	Дифузія ґраткового газу	4
20	Неперервна модель дифузії	4
21	Спектральний аналіз хвильових процесів	4
22	Задачі оптимізації	4
	РАЗОМ	92

5. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Встановлення пакету Scilab на власний комп'ютер, ознайомлення із середовищем, основними командами головного меню.	4
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.	4
5	Програмування операції інтегрування стандартними методами (прямокутників, трапецій, Сіпсона) у Scilab . Порівняння результатів.	4
6	Числовий аналіз інтегралів Френзеля та побудова спіралі Корню.	4
7	Плоский рух тіла в гравітаційному полі інших тіл.	4
8	Лінеаризація рівнянь коливань механічних систем.	4
9	Аналіз особливостей нелінійних коливань.	4
10	Рівняння та графічне зображення силових ліній електричних і магнітних полів, ліній течії гідродинамічних полів.	4
11	Типи крайових умов для кубічних сплайнів.	4
12	Форматування тривимірних графіків.	4
13	Розв'язування крайових задач для рівняння Лапласа методом скінченних різниць.	4
14	Власні частоти коливань неоднорідної струни.	4
15	Вплив ангармонічності коливань на спектр квантового осцилятора.	4
16	Обчислення координат центрів мас і моментів інерції неоднорідних тіл методом Монте Карло.	4
17	Побудова функції розподілу координат частинки при випадковому блуканні.	4
18	Моделювання процесу дифузії частинки на двовимірній трикутній ґратці.	4
19	Моделювання захоплення електронів вузлами кристалічної ґратки.	4
20	Дифузія частинок у рухомому середовищі.	4
21	Крайові задачі для хвильового рівняння з розривними крайовими умовами і явище Гіббса. Випадок рівняння теплопровідності.	4
22	Розв'язування задач оптимізації.	4
	РАЗОМ	88

6. Теми індивідуальних занять

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.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються наступні форми навчального заняття: 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. Індивідуальні заняття проводяться з окремими студентами з метою підвищення рівня їх підготовки та розкриття потенційних творчих здібностей.

9. Методи контролю

Поточне опитування, перевірка домашніх завдань, перевірка самостійної роботи, обговорення тем індивідуальних занять, підсумкові залікові роботи.

Підсумкові бали для оцінки знань студентів за тему лабораторного заняття розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Максимальне число балів
1.	Відвідування занять	Конспект, комп'ютерна програма	2
2	Аудиторна активність студента		2
2	Виконання класних і домашніх завдань, самостійної роботи	Комп'ютерна програма, письмові та усні відповіді	5
3	Сума		9

10. Схема нарахування балів

У семестр

Поточний контроль, домашні завдання, самостійна робота, індивідуальні завдання		Підсумкова контрольна робота (залік)	Підсумковий бал*
Розділ 1	Індивідуальні заняття		
90	10	100	100

* Обчислюється як середнє від двох балів: балу поточного контролю за активністю студента (включаючи самостійну роботу та індивідуальні завдання) та балу за підсумкову контрольну роботу.

VI семестр

Поточний контроль, домашні завдання, самостійна робота, індивідуальні завдання		Підсумкова контрольна робота (залік)	Підсумковий бал*
Розділ 2	Індивідуальні заняття		
90	10	100	100

* Обчислюється як середнє від двох балів: балу поточного контролю за активністю студента (включаючи самостійну роботу та індивідуальні завдання) та балу за підсумкову контрольну роботу.

9. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться в письмовій формі у вигляді письмової контрольної роботи, що оцінюється за 100-бальною шкалою. Робота складається з чотирьох практичних завдань. Відповідь на кожне завдання подається у вигляді відповідної комп'ютерної програми та оцінюється окремо за 25 бальною шкалою. Критерії оцінювання відповіді на завдання:

- раціонально структурована і правильно працююча програма – 25 балів;
- нераціонально структурована, але правильно працююча програма – 20;
- програма містить дрібні текстові помилки, унаслідок чого не працює – 15 балів;
- програма містить одну помилкову команду чи операцію, або помилку у постановці фізичної задачі – 10 балів;
- програма містить дрібні текстові помилки та або одну помилкову команду чи операцію, або помилку у постановці фізичної задачі – 5 балів;
- в інших випадках – 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав за письмову контрольну роботу, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання.

Кінцева оцінка виставляється за середнім значенням від суми балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

Шкала оцінювання

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		

10. Рекомендована література

Перелік навчально-методичної літератури

Основна література

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. Алексеев Е. Р., Чеснокова О. В., Рудченко Е. А. Scilab. Решение инженерных и математических задач. – М.: ALT Linux; БИНОМю Лаборатория знаний., 2008. – 269 с.
4. Поршнев С. В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. СПб.: Лань, 2011. – 736 с.
5. Campbell S. L., Chancelier J.-Ph., Nikoukhah R. Modeling and Simulation in Scilab/Scicos. – New York: Springer, 2006. – 313 p.

Додаткова література

1. Scilab Group, Scilab Reference Manual. – INRIA Meta2 Project/ENPC Cergrene. – New York: Springer, 1997. – 700 p.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне

1. Scilab: <https://www.scilab.org/>