

**СИЛАБУС
навчальної дисципліни
“Числові методи математичної фізики”**

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	вибіркова
Викладач (розробник)	
	<p>Новак Олександр Петрович, кандидат фізико-математичних наук, novak-o-p@ukr.net Інститут прикладної фізики НАН України, вул. Петропавлівська, 58, м. Суми</p>
Загальна інформація про дисципліну	
Анотація	Основним завданням вивчення навчальної дисципліни є вивчення методів й алгоритмів чисельного рішення алгебраїчних і трансцендентних рівнянь, систем лінійних алгебраїчних рівнянь, задач апроксимації, чисельного диференціювання й інтегрування, звичайних диференціальних рівнянь і їхніх систем, що не інтегруються в елементарних функціях та їх програмна реалізація мовами програмування.
Мета	Метою викладання дисципліни є засвоєння студентами основ обчислювальної математики, вироблення навичок по адаптації стандартних алгоритмів до нових – чисельних рішень складних прикладних задач, а також надбання навичок із програмної реалізації алгоритмів розв’язання задач чисельного обчислення мовами програмування
Результати навчання	<p>Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі</p> <p>Компетентності:</p> <p>Здатність розв’язувати складні задачі та вирішувати практичні завдання під час професійної діяльності в комп’ютерній галузі, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризуються комплексністю та невизначеністю умови вимог.</p> <p>Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування</p>

	<p>тощо.</p> <p>Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.</p> <p>Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.</p> <p>Результати навчання:</p> <p>Студенти повинні знати: особливості побудови математичних моделей, чисельні методи рішення алгебраїчних і трансцендентних рівнянь, чисельні методи лінійної алгебри, методи обробки даних (методи інтерполяції, апроксимації даних, чисельного диференціювання й інтегрування), чисельні методи рішення звичайних диференційних рівнянь, застосування алгоритмів обчислювальної математики для розв'язання інженерних задач.</p> <p>Вміти: вирішувати алгебраїчні і трансцендентні рівняння, вирішувати системи лінійних алгебраїчних рівнянь, вирішувати задачі інтерполяції й апроксимації, чисельно диференціювати й інтегрувати, чисельно вирішувати звичайні диференційні рівняння і системи звичайних диференційних рівнянь, вирішувати задачі чисельного характеру з застосування мов програмування. Отримати навички складання узагальненого алгоритму рішення поставленої задачі шляхом декомпозиції її на найпростіші на основі спадної і/або висхідної концепції; створення найпростіших програм в інтегрованому середовищі алгоритмічних мов високого рівня (редагування, компіляція, виконання); складання алгоритмів рішення алгебраїчних і трансцендентних рівнянь, систем лінійних алгебраїчних рівнянь, задач інтерполяції і апроксимації, чисельного диференціювання і інтегрування; алгоритмів рішення звичайних диференційних рівнянь і систем звичайних диференційних рівнянь; алгоритмів знаходження екстремумів функції; вирішувати задачі чисельного характеру з застосування мов програмування; робити аналіз результату математичних розрахунків.</p>	
Обсяг дисципліни	<p>Кількість кредитів – 4</p> <p>Загальна кількість годин — 120 год.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Лекції — 32 год; ○ Практичні — 14 год; ○ Семінарські – 4 год.; ○ Самостійна робота — 70 год. 	
Форма підсумкового контролю	Залік	
Опис навчальної дисципліни		
Лекційні заняття		
№ з/п	Назви тем	К-сть годин

	Розділ 1. Чисельні методи розв'язання алгебраїчних рівнянь та систем алгебраїчних рівнянь.	
1	Лекція 1. Вступ до навчальної дисципліни «Числові методи математичної фізики» Предмет вивчення і задачі дисципліни. Основні історичні етапи розвитку обчислювальної математики.	2
2	Лекція 2. Математичне моделювання. Основи теорії похибок. Особливості побудови математичних моделей. Способи опису: детермінантні моделі, стохастичні моделі. Кількість реалізацій і точність обчислень. Похибки обчислень, алгоритмів, математичних моделей. Абсолютна і відносна похибки. Поширення похибок.	4
3	Лекція 3. Чисельні методи розв'язання алгебраїчних і трансцендентних рівнянь Методи відділення коренів. Методи дихотомії, ітерацій, хорд, дотичних. Комбінований метод. Збіжність методів. Визначення похибки обчислень. Наближене рішення рівнянь методом ітерацій (послідовних наближень) теорема про збіжність методу.	4
4	Лекція 4. Чисельні методи лінійної алгебри. Рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) методом Гауса. Схема єдиного розподілу. Прямий і зворотній хід. Обчислення визначника матриці методом Гауса. Знаходження зворотної матриці. Чисельні методи рішення СЛАР із стрічковою матрицею. Метод прогону. Чисельні методи рішення СЛАР із симетричною матрицею. Метод LU-розкладання. Ітераційні методи рішення СЛАР. Визначення і види норм матриці. Зведення системи до виду, зручному для ітерацій. Метод простої ітерації (Якобі). Теорема про збіжність методу. Метод Гауса-Зейделя. Теорема про збіжність. Порівняння методів.	4
	Розділ 2. Наближення функції.	
5	Лекція 5. Задача інтерполяції функції. Постановка задачі інтерполяції та екстраполяції. Побудова інтерполяційного поліному Лагранжа. Приклади використання. Похибка інтерполяційної формули Лагранжа. Кінцеві різниці та їх властивості. Вивід першої та другої інтерполяційної формули Ньютона. Залишкові члени інтерполяційних формул. Центральні різниці. Перша та друга інтерполяційна формули Гауса. Наближене диференціювання функцій, заданих як таблиці. Оцінка похибки. Зворотна інтерполяційна задача. Загальний вигляд кубічного сплайну. Побудова кубічного сплайну. Види сплайнів. Вирішення задачі знаходження коефіцієнтів кубічного сплайну за допомогою метода прогону.	6
6	Лекція 6. Задача апроксимації функції. Постановка задачі апроксимації. Метод найменших квадратів. Загальний випадок. Степений базис. Випадок лінійних функцій. Апроксимація табличних даних за допомогою прямої та параболи. Апроксимація і чисельне диференціювання за методом найменших квадратів.	4
	Розділ 3. Чисельне інтегрування та диференціювання.	
7	Лекція 7. Наближене обчислення інтегралів. Постановка задачі обчислення інтегралу. Найпростіші квадратурні формули – формули лівих та правих прямокутників. Геометрична інтерпретація. Погрішність формул. Формула середніх прямокутників. Геометрична інтерпретація. Похибка	4

	формули середніх прямокутників. Загальна ідея квадратурних формул. Вивід загального виду квадратурної формули – формула Ньютона-Котеса. Формули прямокутників. Формула трапеції. Формула Симпсона (формула парабол). Геометричний зміст. Залишковий член формули Симпсона. Похибки квадратурних формул.	
8	Лекція 8. Методи розв’язання звичайних диференціальних рівнянь (ЗДР), систем звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Постановка задачі Коши. Рішення ЗДР першого порядку за допомогою рядів Тейлора. Однокрокові методи. Метод Ейлера. Уточнений метод Ейлера. Метод Рунге-Кутта. Методика з’ясування порядку похибки наближеного методу рішення задачі Коши. Геометрична інтерпретація однокрокових методів. Багатокрокові методи рішення звичайних диференціальних рівнянь. Методи Мілна. Загальна похибка методу Мілна. Метод Адамса. Загальна похибка методу Адамса. Застосування методу Мілна й Адамса. Рішення систем звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Метод Ейлера. Рішення змішаної крайової задачі для звичайних диференціальних рівнянь вищих порядків. Заміна похідних функцій за допомогою кінцевих різностей. Метод прогонки. Оцінка похибки. Стійкість та збіжність різницьових схем.	4
Разом (год.)		32
Практичні заняття		
1	Чисельні методи розв’язання алгебраїчних і трансцендентних рівнянь	2
2	Методи простої ітерації, комбінований метод розв’язання алгебраїчних і трансцендентних рівнянь	2
3	Чисельні методи розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь	2
4	Метод простої ітерації розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	2
5	Інтерполяційні формули Ньютона, Гауса, Лагранжа	2
6	Апроксимація за методом найменших квадратів	2
7	Чисельне інтегрування. Формули трапецій і Симпсона.	2
Разом		14
Семінарські заняття		
1	Чисельні методи розв’язання звичайних диференціальних рівнянь.	2
2	Метод Рунге-Кутта.	2
Разом		4
Самостійна робота Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять		
1	Комбінований метод. Визначення похибки обчислень.	8
2	Чисельні методи розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь із стрічковою матрицею. Метод прогону.	10
3	Ітераційні методи рішення систем нелінійних алгебраїчних рівнянь.	8
4	Загальний вигляд кубічного сплайну. Побудова кубічного сплайну. Види сплайнів.	10
5	Апроксимація даних за допомогою штучних однонаправлених та радіальних нейронних мереж, які навчаються.	8
6	Найпростіші квадратурні формули. Похибки квадратурних формул.	8
7	Чисельні методи розв’язання звичайних диференціальних рівнянь. Методи кінцевих	10

	різниць. Уточнений метод Ейлера. Оцінка похибок.	
8	Багатокрокові методи рішення звичайних диференціальних рівнянь. Метод Мілна. Метод Адамса.	8
Разом (год.)		7

ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

Сумативне оцінювання

1.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

№	Методи сумативного оцінювання	Бали / Вага у загальній оцінці	Дата складання
1.	Практичні заняття	48 балів / 48 %	Згідно графіка навчального процесу
2.	Семінарські заняття	12 балів / 12 %	
3.	Атестація (тест множинного вибору)	20 балів / 20%	
4.	Виконання індивідуальних завдань	20 балів / 20%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Практичні заняття (6 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 8-6 бали; - добрі відповіді 6-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 3-1 бал. Максимум: 48 балів.
2	Семінарські заняття (2 заняття)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 6-5 бали; - добрі відповіді 4-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 2-1 бал. Максимум: 12 балів
3	Атестація (тест множинного вибору) (2 тести)	Залежить від кількості вірних відповідей на тест: - 90% правильних відповідей 10-9 балів; - 80% правильних відповідей 8-7 бали; -70% правильних відповідей 6-5 бали; -60% правильних відповідей 5-4 бали; -50% правильних відповідей 3-1 бал; <50% правильних відповідей 0 балів; Максимум: 20 балів.
4	Індивідуальні завдання (4 завдання)	- Завдання виконано, аспірант добре орієнтується в матеріалі 5 балів. - Завдання виконані з незначними помилками, аспірант не достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі 3-4 бали. - Завдання виконане не в повній мірі, аспірант не достатньо орієнтується в матеріалі 1-2 балів. - Завдання не виконане або виконане не вірно 0 балів. Максимум: 20 балів.

Методичне забезпечення

1. Тексти та конспекти лекцій

2. Методичні розробки для аспірантів з практичних занять
3. Доступ та опрацювання он-лайн ресурсів

Рекомендована література

Базова

1. Пасічник В.В., Висоцька В.А., Андруник В.А. Чисельні методи в комп'ютерних науках: Навч. Посібник. – Львів: Новий світ. – 2019. – 470 с.
2. Волонтир Л.О., Зелінська О.В., Потапова Н.А. Чисельні методи: навч. Посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2019. – 322с.
3. Ярошенко О.І., Григорків М.В. Числові методи: Навч. Посібник. – Чернівці: Чернівецькій нац. ун-т, 2.18. – 172 с.
4. Langtangen H.P., Mardal K.-A. Introduction to Numerical Methods for Variational Problems. – Springer Nature Switzerland A&G, 2018. - 395 p.
5. Gupta R.K. Numerical Methods: Fundamentals and Application. – Cambridge University Press, 2018. - 373 p.
6. Chandra S., Sharma M.K. Numerical Methods and data Analysis. IK International Publishing House LTD, 2019. – 418 p.
7. Surane K.S. Numerical Methods and Methods of Approximation in Science and Engineering. – Taylor & Francis, 2017. 478 p.
8. Houry R., Douglas H. Numerical Methods and Modelling for Engineering. – Springer Nature Switzerland A&G, 2017. - 332 p.
9. Програмування числових методів мовою Python : підруч. / А. В. Анісімов, А. Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий ; за ред. А. В. Анісімова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. – 640 с.
10. Основи програмування алгоритмічною мовою Python: навч. посіб. для студ. / М.А.Новотарський. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 701 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/49913>
11. Elegant SciPy: The Art of Scientific Python / Juan Nunez-Iglesias, Stéfan van der Walt, Harriet Dashnow. – O'Reilly Media, Inc., 2017. – 275 p.

Допоміжна

1. The Art of Readable Code: Simple and Practical Techniques for Writing Better Code / Dustin Boswell, Trevor Foucher. – O'Reilly Media, Inc., 2011. – 202 p.
2. Алгоритми і структури даних. / Андрій Крєневич. – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2021. – 200 с.
3. Segura J., Gil A., Temme N.M. Numerical Methods for Special Functions. – Society for Industrial AND Applied Mathematics, 2017. – 432 p.

Інформаційні ресурси

1. Документація SciPy: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/>
2. Документація Matplotlib: <https://matplotlib.org/stable/users/index>
3. Онлайн курс "Harvard: PH526x. Using Python for research". <https://www.edx.org/course/using-python-for-research>
4. Онлайн курс "Програмування для всіх: основи Python". University of Michigan. https://prometheus.org.ua/course/course-v1:Michigan+PFE101+2023_T3
5. Онлайн курс "Python: Структури даних". University of Michigan. https://prometheus.org.ua/course/course-v1:Michigan+PDS101+2023_T3
6. Онлайн курс "Розробка та аналіз алгоритмів. Частина 1". Київський Політехнічний Інститут. https://prometheus.org.ua/course/course-v1:KPI+Algorithms101+2015_Spring

Академічна доброчесність

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись Етичного кодексу ученого України. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів

навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право і сум права; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

У випадку порушення академічної доброчесності – реагування відповідно до «Положення про академічну доброчесність в ІПФ НАН України».