

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет інформаційних технологій і математики
Кафедра комп'ютерних наук та кібербезпеки

СИЛАБУС
нормативного освітнього компонента
СУЧАСНІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПОЧАТКОВО-
КРАЙОВИХ ЗАДАЧ

(назва освітнього компонента)

підготовки _____ доктора філософії _____
(назва освітнього рівня)

спеціальності 113 Прикладна математика _____
(шифр і назва спеціальності)

освітньо-наукової програми

Прикладна математика _____
(назва освітньо-професійної освітньо-наукової/освітньо-творчої програм)

Силабус освітнього компонента «Сучасні обчислювальні методи розв'язування початково-крайових задач» підготовки доктора філософії, галузі знань 11 Математика та статистика, спеціальності 113 Прикладна математика, за освітньою програмою Прикладна математика.

Розробник:

Пастернак Я.М., професор кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки, доктор фіз.-мат. наук, професор.

Погоджено

Гарант освітньо-наукової програми:



Пастернак Я.М.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки

протокол № 2 від 25 вересня 2024 р.

Завідувач кафедри:



Гришанович Т.О.

© Пастернак Я.М., 2024 р.

I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна /освітньо-наукова/освітньо-творча програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна (очна) форма навчання	11 Математика та статистика, 113 Прикладна математика, Прикладна математика, третій (доктора філософії)	Нормативна
Кількість годин/кредитів <u>300/10</u>		Рік навчання – <u>1-ий</u>
		Семестр – 1-ий, 2-ий
		Лекції – 84 год.
		Практичні (семінарські) – 0 год. Лабораторні – 62 год. Індивідуальні – 0 год.
		Самостійна робота – 136 год.
		Консультації – 18 год.
ІНДЗ: <u>немає</u>	Форма контролю: <u>екзамен</u>	
Мова навчання – <u>українська</u>		

II. Інформація про викладача (- ів)

ППІ Пастернак Ярослав Михайлович
 Науковий ступінь доктор фізико-математичних наук
 Вчене звання професор
 Посада професор кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки
 Контактна інформація iaroslav.pasternak@vnu.edu.ua
 Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi>

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація курсу

Курс стосується викладу сучасних обчислювальних методів розв'язування початково-крайових задач для систем диференціальних рівнянь у частинних похідних. Розглядаються методи скінченних різниць, скінченних елементів, інтегральних рівнянь, граничних елементів, безсіткові методи на основі апроксимацій радіальними базовими функціями або методом рухомих найменших квадратів.

2. Пререквізити (попередні курси, на яких базується вивчення освітнього компонента)

Другий (магістерський) рівень вищої освіти.

3. Мета і завдання освітнього компонента

Ознайомити здобувачів вищої освіти освітньо-наукового рівня із сучасними числовими методами розв'язування крайових та початково-крайових задач математичної фізики. Подати особливості програмування та використання окреслених числових підходів та можливостей їх адаптації до практично важливих задач інженерії, геофізики, фільтрації тощо.

4. Результати навчання (Компетентності)

Результати навчання:

РН01. Знання сучасних методів наукових досліджень у галузі математичного моделювання складних процесів, систем та явищ, а також обчислювальних методів їхньої реалізації.

РН02. Уміння формулювати завдання та методи власного наукового дослідження, обґрунтовувати його актуальність, мету і значення для розвитку предметної галузі та суміжних дисциплін.

РН03. Уміння планувати і виконувати наукові та прикладні дослідження в обраній предметній галузі, робити науково обґрунтовані висновки за їхніми результатами, презентувати та відстоювати останні.

РН05. Уміння здійснювати інноваційні наукові дослідження у предметній галузі, створювати чи синтезувати нові науково обґрунтовані знання.

РН07. Уміння шукати, аналізувати та обробляти наукову інформацію із різних джерел.

РН09. Вмотивованість до навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.

РН10. Уміння математичного формулювання задач, що моделюють складні процеси, системи чи явища.

РН11. Уміння створювати математичні моделі складних систем, процесів та явищ.

РН12. Уміння створювати обчислювальні методи та алгоритми кількісного аналізу складних процесів та систем.

РН13. Уміння застосовувати комплексні підходи, що інтегрують у собі наукові методи обраної та суміжних галузей знань.

РН14. Уміння створювати ефективні програмні комплекси, зокрема із використанням розподілених обчислень, адаптивних та експертних схем на основі систем штучного інтелекту чи машинного навчання, що дають можливість здійснювати обчислювальні експерименти для вирішення сформульованих задач чи проблем.

РН15. Уміння аналізувати, обробляти та представляти отримані наукові результати, прогнозувати їх застосування, науковий, соціальний чи економічний ефекти.

Компетентності:

ЗК01. Здатність до критичного аналізу, оцінювання, створення та синтезу нових комплексних науково обґрунтованих ідей.

ЗК02. Здатність застосовувати сучасні методи наукових досліджень як в обраній галузі, так і в суміжних дисциплінах.

ЗК03. Здатність спілкуватися українською та іноземною (англійською) мовами як усно, так і письмово; уміння представляти отримані результати перед науковою спільнотою обраної предметної галузі та громадськістю.

ЗК04. Здатність до самоорганізації, саморозвитку та самовдосконалення.

ЗК05. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК07. Здатність генерувати нові наукові ідеї та ініціювати дослідно-інноваційні проекти.

ЗК08. Здатність до лідерства та управління командою у сфері наукових досліджень.

ЗК09. Здатність до пошуку та обробки наукової інформації за обраною тематикою дослідження.

СК01. Знання і розуміння сучасних наукових теорій, методів та моделей, уміння застосовувати їх до синтезу нових ідей, моделювання та аналізу складних систем, процесів та явищ.

СК02. Уміння застосовувати аналітичні методи аналізу та математичного моделювання складних систем, процесів та явищ.

СК03. Уміння створювати нові та адаптувати існуючі обчислювальні методи до вирішення науково-проблемних завдань прикладної математики та суміжних галузей.

СК04. Здатність інтегрувати наукові знання із різних розділів математики та інших дисциплін, застосовувати системний підхід при здійсненні наукових досліджень та розв'язуванні відповідних науково-прикладних задач.

СК05. Здатність до побудови математичного формулювання, аналітичної або числової моделі складної системи, процесу чи явища.

СК07. Уміння використовувати сучасний комп'ютерний інструментарій для створення програмних рішень, що реалізують створені математичні моделі, методи та обчислювальні алгоритми.

СК08. Здатність проводити числовий комп'ютерний експеримент, критично аналізувати отримані результати.

СК09. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач прикладної математики, обробки результатів числових експериментів.

СК10. Уміння аргументувати та відстоювати нові результати власних наукових досліджень, спираючись на апробовані наукові знання у галузі прикладної математики.

5. Структура освітнього компонента

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
Змістовий модуль 1. Математичне формулювання початково-крайових задач						
Тема 1. Основи функціонального аналізу	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 2. Крайові задачі для лінійних диференціальних рівнянь в часткових похідних	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 3. Крайові задачі для нелінійних диференціальних рівнянь в часткових похідних	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 4. Початково-крайові задачі математичної фізики	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 5. Огляд основних підходів до числового розв'язування початково-крайових задач. Сіткові методи	17	4	4	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Разом за модулем 1.	77	20	12	40	5	20
Змістовий модуль 2. Класичні числові методи розв'язування крайових задач без поділу області						
Тема 6. Основна лема варіаційного числення. Формулювання крайових задач	17	4	4	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 7. Метод Гальоркіна	17	4	4	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 8. Метод Петрова – Гальоркіна	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 9. Метод зважених нев'язок	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 10. Методи на основі варіацій лишків (найменших квадратів)	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 4
Разом за модулем 2	79	20	14	40	5	20
Види підсумкових робіт						Бал
–						
Модульна контрольна робота 1						30
Модульна контрольна робота 2						30
Екзамен						60
Всього годин/Балів (I семестр)	156	40	26	80	10	100
Змістовий модуль 3. Методи скінченних елементів						
Тема 11. Дискретизація області	10	4	2	4		ДС, РЗ/К / 4
Тема 12. Вибір функцій форми	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 13. Підходи до обчислення матриці жорсткості	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4

Тема 14. Розширені методи скінченних елементів	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 15. Адаптивні схеми методів скінченних елементів	17	6	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Разом за модулем 3	72	22	18	28	4	20
Змістовий модуль 4. Безсіткові методи та методи граничних елементів						
Тема 16. Безсіткові методи на основі апроксимації рухомими найменшими квадратами	17	6	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 17. Безсіткові методи на основі апроксимації радіальними базовими функціями	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 18. Зведення початково-крайових задач до сингулярних інтегральних рівнянь	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 19. Метод граничних елементів для двовимірних областей	15	4	4	6	1	ДС, РЗ/К / 4
Тема 20. Метод граничних елементів для просторових областей	10	4	2	4		ДС, РЗ/К / 4
Разом за модулем 4	72	22	18	28	4	20
Види підсумкових робіт						Бал
–						
Модульна контрольна робота 1						30
Модульна контрольна робота 2						30
Екзамен						60
Всього годин/Балів (II семестр)	144	44	36	56	8	100
Усього годин	300	84	62	136	18	

Методи контролю*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

6. Завдання для самостійного опрацювання.

1. Методи молекулярної динаміки.
2. Ітераційні методи розв’язування систем лінійних алгебричних рівнянь.
3. Сіткові методи розв’язування диференціальних рівнянь в часткових похідних.
4. Питання збіжності та стійкості числових алгоритмів.
5. Алгоритми для роботи із системами рівнянь з розрідженими матрицями.
6. Визначення власних частот коливань.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти. Здобувачі освіти повинні відвідувати лабораторні заняття та вчасно складати відповідні завдання до роботи на комп’ютерах. Оцінювання робіт здійснюється з урахуванням вірно виконаного обсягу у пропорції до визначеного цим силабусом балу із заокругленням до більшого.

Політика щодо академічної доброчесності. Здобувачам вищої освіти дозволяється вивчати довірливі джерела інформації, що стосуються тематики завдань, а також консультуватися та працювати у групах зі своїми колегами за курсом. Проте завдання повинні бути виконані самостійно. В іншому разі відповідні бали здобувачу вищої освіти не зараховуються.

Політика щодо дедлайнів та перескладання. Завдання мають бути виконані у межах відведеного на це часу. Невчасно здане завдання зменшує відповідний бал оцінювання на 10 %.

Оцінювання знань здобувачів освіти здійснюється під час поточного контролю за результатами виконання тих видів робіт, які передбачені силабусом освітнього компонента. (згідно Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки).

Оцінювання навчальних досягнень здійснюється за 100 бальною шкалою. Оцінка включає в себе поточний контроль (оцінюється робота на парах, вчасне і якісне виконання домашніх завдань, самостійне розв'язання індивідуальних завдань) та підсумковий модульний контроль (письмові модульні контрольні роботи). Максимальна кількість балів, яку може заробити студент під час поточного оцінювання за семестр – 40 балів. Підсумковий модульний контроль за семестр включає в себе оцінки за всі модульні контрольні роботи (МКР). Максимальна кількість балів, яку може заробити студент під час модульного контролю за семестр складає 60 балів.

Якщо за результатами семестру накопичено не менше 75 балів і студент погоджується із цим результатом, то оцінка за семестр може виставлятися без складання екзамену. В іншому разі студент складає екзамен; максимальна кількість балів, яку можна отримати на екзамені – 60 балів. Вони замінюють бали модульного семестрового контролю, поточний семестровий контроль при цьому зберігається. Екзамен проходять в усній формі. Оцінка за семестр у випадку складання екзамену є сумою балів поточного контролю та балів, отриманих під час екзамену.

V. Підсумковий контроль

На іспит виносяться основні питання, типові та комплексні задачі, ситуації, завдання, що потребують творчої відповіді та умінь синтезувати отримані знання і застосовувати їх під час розв'язання практичних задач.

Іспит проводиться в усній формі. На іспит виносяться подані нижче питання.

Питання та форма проведення іспиту визначені у цьому силабусі.

Питання, що виносяться на іспит (I семестр):

1. Крайові задачі для лінійних диференціальних рівнянь в часткових похідних
2. Крайові задачі для нелінійних диференціальних рівнянь в часткових похідних
3. Початково-крайові задачі математичної фізики
4. Огляд основних підходів до числового розв'язування початково-крайових задач.
Сіткові методи
5. Основна лема варіаційного числення. Формулювання крайових задач
6. Метод Гальоркіна
7. Метод Петрова – Гальоркіна
8. Методи Рітца, Бубнова – Гальоркіна
9. Метод зважених нев'язок
10. Методи на основі варіацій лишків (найменших квадратів)

Питання, що виносяться на іспит (II семестр):

1. Дискретизація області

2. Вибір функцій форми
3. Підходи до обчислення матриці жорсткості
4. Розширені методи скінченних елементів
5. Адаптивні схеми методів скінченних елементів
6. Безсіткові методи на основі апроксимації рухомими найменшими квадратами
7. Безсіткові методи на основі апроксимації радіальними базовими функціями
8. Зведення початково-крайових задач до сингулярних інтегральних рівнянь
9. Метод граничних елементів для двовимірних областей
10. Метод граничних елементів для просторових областей

VI. Шкала оцінювання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є іспит

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка	Оцінка за шкалою ECTS	
		оцінка	пояснення
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
1–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є залік

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка
90–100	Зараховано
82–89	
75–81	
67–74	
60–66	
1–59	Незараховано (необхідне перескладання)

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси (літературні джерела, рекомендована література (основна, додаткова, Інтернет-ресурси) та інші джерела).

1. Przeradzki B. Selected Methods for Nonlinear Boundary Value Problems. Lodz University of Technology, 2021.
2. Henderson J., Luca R. Boundary Value Problems for Second-Order Finite Difference Equations and Systems. De Gruyter, 2023.
3. Dalla Riva M., Lanza de Cristoforis M., Musolino P. Singularly Perturbed Boundary Value Problems: A Functional Analytic Approach. Springer, 2021.
4. Keskin A.Ü. Boundary Value Problems for Engineers with MATLAB Solutions. Springer International Publishing, 2019.
5. Surana K.S., Reddy J.N. The Finite Element Method for Boundary Value Problems: Mathematics and Computations. CRC Press, 2017. 820 p.
6. Powers D.L. Boundary Value Problems and Partial Differential Equations. Elsevier, 2006. 515 p.

7. Steinbach O. Numerical Approximation Methods for Elliptic Boundary Value Problems: Finite and Boundary Elements. Springer, 2008. 396 p.
8. Liu G.R., Gu Y.T. An Introduction to Meshfree Methods and Their Programming. Springer, 2005. 496 p.
9. Sulym, H., Pasternak, Ia., Smal, M., Vasylyshyn, A. Mixed Boundary Value Problem for an Anisotropic Thermoelastic Half-Space Containing Thin Inhomogeneities. *Acta Mechanica et Automatica*, Volume 13, Issue 4, 1 December 2019, Pages 238-244.
10. Kushnir R., Pasternak I., Sulym H. 3D Time-Harmonic Elastic Waves Scattering on Shell-Like Rigid Movable Inclusions. *Advances in Mechanics. Advanced Structured Materials* 2023. vol 191. Springer, Cham. P. 313–327.