

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

“29” серпня 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Задачі прикладної математики і сучасні технології

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) рівень _____

галузь знань 11 – Математика та статистика _____

спеціальність 113 – Прикладна математика _____

освітня програма «Прикладна математика» _____

спеціалізація _____

вид дисципліни _____ за вибором _____

факультет _____ математики і інформатики _____

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“27” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: *Кізілова Наталія Миколаївна*, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор закладу вищої освіти кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики
Протокол від “26” серпня 2024 року № 8

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом
освітньо-професійної програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-професійної програми «Прикладна математика»



Світлана ІГНАТОВИЧ

Програму погоджено з гарантом
освітньо-наукової програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-наукової програми «Прикладна математика»



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено науково-методичною комісією
факультету математики і інформатики

Протокол від “27” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



Євген МЕНЯЙЛОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Задачі прикладної математики і сучасні технології” складена відповідно до **освітньо-професійної та освітньо-наукової** програм підготовки

магістр

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

Спеціальності (напрямку) 113 Прикладна математика

спеціалізації _____

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни “**Задачі прикладної математики і сучасні технології**” є надання знань і практичних навичок у формулюванні і розв’язанні різних типів прикладних задач, які виникають у різних галузях виробництва, науки і сучасних технологіях.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни “**Задачі прикладної математики і сучасні технології**” є вивчення студентами основних типів прикладних задач, математичних формулювань задач та напіваналітичних і чисельних методів їх розв’язання, методів аналізу і візуалізації результатів для подальшого використання в різних галузях науки і виробництва.

1.3. Кількість кредитів 6

1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	
Семестр	
2-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
116 год.	
У тому числі індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання

студенти повинні досягти таких результатів навчання:

Знати:

1. основні типи задач прикладної математики і математичних методів їх розв'язання;
2. принципи математичного моделювання фізичних систем;
3. чисельні методи, алгоритми і програмний код для комп'ютерного моделювання динамічних систем;
4. моделі і методи статистичного аналізу даних;

Вміти:

1. формулювати і перевіряти гіпотези на основі результатів застосування класичних і сучасних методів статистичного аналізу;
2. зводити прикладну задачу до відповідної системи диференціальних рівнянь і знаходити розв'язок системи напіваналітичними або чисельними методами;
3. проводити моделювання методом динаміки частинок;
4. використати сучасні пакети програм для візуалізації і наочного представлення результаті моделювання;

2. Тематичний план навчальної дисципліни.

Розділ 1. Математичні основи моделювання фізичних систем.

Тема 1. Типи задач прикладної математики і відповідні математичні моделі.

Задачі індустріальної і фінансової математики. Логістика. Задачі математичної біології і медицини. Задачі фізики і фізичної хімії. Класи задач, системи рівнянь і крайові умови.

Тема 2. Основні математичні методи розв'язання задач і аналізу їх властивостей. Аналітичні, напіваналітичні, асимптотичні методи. Чисельні методи. Методи прямого моделювання.

Тема 3. Статистичний аналіз даних і формулювання гіпотез. Аналіз загальної статистики. Дискримінантний, кореляційний, кластерний аналіз. Методи розпізнавання і класифікації. Спектральний, фрактальний і вейвліт-аналіз.

Тема 4. Методи молекулярної динаміки і молекулярних ґрат. Теорія, алгоритми, програмний код і приклади використання методу динаміки частинок (молекулярної динаміки) для розв'язання різних типів прикладних задач.

Розділ 2. Прикладні задачі в сучасних технологіях.

Тема 5. Індустріальна математика і задачі оптимізації. Основні визначення, статистичні дані, аналіз закономірностей, математичні моделі, задачі оптимізації на мережах.

Тема 6. Математичні моделі в біології і медицині. Моделі біологічних структур як динамічних систем. Моделі хижак-жертва. Моделі математичної епідеміології. Модель оптимального керування процесом лікування захворювання. Обробка даних. Часові ряди. Медичні зображення. Штучний інтелект.

Тема 7. Математичні моделі в сучасних нанотехнологіях. Моделі мікро- і нанофлюїдики. Моделі тепломасообміну в мікропристроях. Лабораторія на чипі. Фрактальні моделі наноструктур.

Тема 8. Математичні моделі в геофізиці і екології.

Аналіз геофізичної і екологічної інформації. Математичні моделі перенесення забруднень в повітрі, поверхневих і підземних водах, і в ґрунтах. Моделі теорії ігор. Штучний інтелект.

Тема 9. Математична епідеміологія

Історія та еволюція математичних методів і моделей. Пандемія covid19. Аналіз часових рядів. Кореляційний і кластерний аналіз. Детерміністичні і ймовірнісні моделі.

Тема 10. Використання штучного інтелекту в прикладних дослідженнях

Методи машинного навчання. Глибоке машинне навчання. Нейронні мережі. Моделі і методи штучного інтелекту. Синтетичні методи. Приклади використання.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Математичні основи моделювання фізичних систем												
Тема 1. Типи задач прикладної математики і відповідні математичні моделі	16	3	3			10						
Тема 2. Основні математичні методи розв'язання задач і аналізу їх властивостей	18	4	4			10						
Тема 3. Статистичний аналіз даних і формулювання гіпотез	18	4	4			10						
Тема 4. Методи молекулярної динаміки і молекулярних ґрат	16	3	3			10						
Разом за розділом 1	68	14	14			40						
Розділ 2. Математичні моделі наномеханіки і нанореології.												
Тема 5. Індустріальна математика і задачі оптимізації	17	3	2			12						
Тема 6. Математичні моделі в біології і медицині	17	3	2			12						
Тема 7. Математичні моделі в сучасних нанотехнологіях	18	3	3			12						
Тема 8. Математичні моделі в геофізиці і екології	18	3	3			12						
Тема 9. Математична епідеміологія	18	3	3			12						

Тема 10. Використання штучного інтелекту в прикладних дослідженнях	22	3	3			16						
<i>Контрольна робота</i>	2		2									
Разом за розділом 2	112	18	18			76						
<i>Всього годин</i>	180	32	32			116						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі прикладної математики і відповідні математичні моделі	3
2	Використання аналітичних перетворень і чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних і диференціальних рівнянь	3
3	Використання класичних і сучасних методів статистичного аналізу даних	4
4	Метод динаміки частинок і його програмні реалізації.	4
5	Візуалізація динамічних процесів в фізичних системах	4
6	Задачі математичної епідеміології	4
7	Моделювання динаміки складних біофізичних систем	4
8	Використання штучного інтелекту для розв'язання прикладних задач	4
	<i>Контрольна робота</i>	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Написання та валідація програмного коду для чисельних розрахунків методом динаміки частинок	28
2	Написання та валідація програмного коду для чисельних розрахунків фрактальних розмірностей наноструктур	28
3	Виконання домашніх завдань з використання паралельних обчислень в задачах динаміки рідин	30
4	Виконання домашніх завдань із задач багатокритеріальної оптимізації динамічних систем	30
	Разом	116

6. Індивідуальні завдання (не передбачені робочим планом)

7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний і частково-пошуковий методи. Студенти опановують значну частину теоретичного матеріалу шляхом самостійного

розв'язання прикладної задачі наномеханіки. Протягом семестру виконується індивідуальний проєкт, результати якого підсумовують усі теми курсу.

8. Методи контролю

1. Онлайн дискусія за матеріалами кожної лекції (в обсязі 25-30% від часу лекції), список питань для обговорення надається наприкінці кожної лекції.
2. Стисле опитування за матеріалами попередньої лекції
3. Перевірка виконання домашніх завдань
4. Виконання практичних завдань на відкритих онлайн-дошках
5. Проведення контрольної роботи
6. Проведення заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Сума
Семестровий проєкт	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальні завдання	Залік	
40	20	---	40	100

Критерії оцінювання

Контрольна робота оцінюється у 20 балів. Робота складається з теоретичних та практичних запитань. У разі правильної обґрунтованої відповіді студент отримує за завдання бали; якщо у відповіді є помилки, бал не зараховується.

Зміст семестрового проєкту: студентам надана проста прикладна задача з обраної галузі. Потрібно запропонувати математичну модель, сформулювати і розв'язати відповідну систему рівнянь або задачу оптимізації.

Після виконання семестрового проєкту студенти надають звіт, за результатами цього звіту виставляється оцінка до 40 балів за такими критеріями:

0-10 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель прикладної задачі, однак практичної реалізації результату отримано не було.

10-25 балів - Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель прикладної задачі. Був використаний метод розв'язання задачі (напіваналітичний або чисельний).

25-35 балів - Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для прикладної задачі, на базі чого була запропонована математична модель задачі і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі.

35-40 балів - Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для прикладної задачі, на базі чого були запропоновані кілька (2-3) математичних моделі задачі і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі и використаний для розв'язання прикладної задачі з різними параметрами.

Залікова робота складається з трьох завдань і передбачає письмову відповідь на два теоретичних питання зі списку, який надається студентам заздалегідь, а також розв'язання практичної задачі.

Кожне теоретичне завдання оцінюється максимально 15 балами, задача – 10 балами.

По кожному завданню залікової роботи нараховується:

- максимальний бал у разі правильної обґрунтованої відповіді;
- за незначні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід міркувань в цілому правильний;
- якщо відповідь не відповідає жодному з критеріїв – виставляється 0 балів.

Шкала оцінювання (дворівнева)

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50-100	зараховано
1-49	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Кізілова Н.М. Метод динаміки частинок в математичному моделюванні динамічних систем. Методичні рекомендації для студентів другого курсу другого (магістерського) рівню вищої освіти зі спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна. - 2023. - 108с.
2. Кізілова Н.М. Метод скінченних елементів в розв'язанні прикладних задач механіки рідини з AnSys Rluent 2021R1. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2021. – 80 с.
3. Kizilova N.N. “Applied problems of microfluidics and nanofluidics.” Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Наномеханіка та сучасні нанотехнології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 36с.
4. Кізілова Н.М. «Прикладні задачі сучасної мікрофлюїдики і нанофлюїдики.» Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Наномеханіка та сучасні нанотехнології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 36с.
5. Kizilova N.N., Solovjova H.N. “Rheology of materials.” Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Основи реології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 52с.
6. Кізілова Н.М. «Метод скінченних елементів у розв'язанні задач механіки рідини і газу.» Методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з курсу «Чисельні методи механіки суцільних середовищ» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 64с.
7. Кізілова Н.М., Ромашов Ю.В. Розв'язання внутрішніх та зовнішніх задач обтікання. Методичні рекомендації. – Харків. – 2017. – 48 с.
8. Козлов Г.В., Яновський Ю.Г., Карнет Ю.Н. Фрактальний підхід в механіці композитів. К.: Наук.думка, 2008, 420 с.

Допоміжна література

1. Meyer E., Overney R.M., Dransfeld K., Gyalog T. Nanoscience. World Scientific Publ., 1998. – 373р.

2. Karniadakis G.E.M., Beskok A. Microflows. Springer Verlag.- 2002. – 340p.
3. Kizilova N. Biomimetic composites reinforced by branched nanofibers. Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies. Springer Proceedings in Physics, Vol.167. O. Fesenko and L. Yatsenko, (Eds.). – 2015. – P. 7–23.
4. Cherevko V., Kizilova N. Complex flows of immiscible microfluids and nanofluids with velocity slip boundary conditions. Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications, Springer Proceedings in Physics , vol. 183, O. Fesenko, L. Yatsenko (eds.). – 2017. – P. 207–230.
5. Logan J.D. Applied Mathematics. John Wiley & Sons, Inc. 2013.
<https://eduguidehome.files.wordpress.com/2019/03/applied-mathematics-by-david-logan-4th-edition.pdf>
6. Mauch S. Introduction to Methods of Applied Mathematics or Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers. 2004.
7. http://www.wright.edu/~chaocheng.huang/lecture/mth4820/text/Caltech_applied_math.pdf

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

1. Examples for Applied Mathematics
<https://www.wolframalpha.com/examples/mathematics/applied-mathematics>
2. WOLFRAM Demonstrations Project in Applied Mathematics
<https://demonstrations.wolfram.com/>
3. PhNET interactive simulations project. University of Colorado <https://phet.colorado.edu/>
4. Virtual Lab project <https://thevirtulab.com/>
5. Applied Mathematics Problems and Solutions
<https://www.mccormick.northwestern.edu/applied-math/research/areas/>