

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра прикладної математики



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету
математики і інформатики _____

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ _____

.. 29 .. 08 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Сучасні методи і підходи прикладної математики

рівень вищої освіти _____ третій (освітньо-науковий) _____

галузь знань _____ 11 – Математика та статистика _____

спеціальність _____ 113 – Прикладна математика _____

освітня програма _____ Прикладна математика _____

спеціалізація _____

вид дисципліни _____ обов'язкова _____

факультет _____ математики і інформатики _____

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики
“29” серпня 2023 року, протокол №8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Кізілова Наталія Миколаївна, доктор фізико-математичних наук, професор, професор
кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики

Протокол від “28” серпня 2023 року № 10

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми Прикладна математика

Гарант освітньо-наукової програми Прикладна математика



Наталія КІЗІЛОВА

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики

Протокол від “29” серпня 2023 року № 1

Голова науково-методичної комісії
факультету математики і інформатики



Ольга АНОЩЕНКО

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності _____ 113 - Прикладна математика спеціалізації _____

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» 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. Основні завдання вивчення дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» є вивчення аспірантами основних типів прикладних задач, математичних формулювань задач, 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	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
30 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
15 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
135 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Аспіранти 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;
5. проводити наукові дослідження прикладних проблем з різних галузей.

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.

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.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
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	20	4	2			14						
Тема 2. Основні математичні методи розв'язання задач і аналізу їх властивостей	20	4	2			14						
Тема 3. Статистичний аналіз даних і формулювання гіпотез	20	4	2			14						
Тема 4. Стохастичні моделі у моделюванні	17	2	1			14						
Тема 5. Методи оптимізації	20	4	2			14						
Разом за розділом 1	97	18	9			70						
Розділ 2. Моделювання у різних галузях наук і технологіях												
Тема 6. Індустріальна математика і задачі оптимізації	15	2	1			12						
Тема 7. Математичні моделі в біології і медицині	16	3	1			12						
Тема 8. Математичні моделі в сучасних нанотехнологіях	17	2	2			13						
Тема 9. Математичні моделі в геофізиці і екології	18	3	1			14						
Тема 5. Математична епідеміологія	17	2	1			14						
Разом за розділом 2	83	12	6			65						
Усього годин	180	30	15			135						

5. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі прикладної математики і відповідні математичні моделі	2
2	Використання аналітичних перетворень і чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних і диференціальних рівнянь	2
3	Використання класичних і сучасних методів статистичного аналізу даних	2
4	Метод динаміки частинок і його програмні реалізації.	2
5	Візуалізація динамічних процесів в фізичних системах	2
6	Задачі математичної епідеміології	2

7	Моделювання динаміки складних біофізичних систем	2
8	Організація наукових досліджень в міждисциплінарних науках	1
	Разом	15

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
	Виконання домашніх завдань і ознайомлення з літературою з таких тем:	
1	Задачі багатокритеріальної оптимізації динамічних систем	27
2	Моделювання динаміки пандемії covid-19	27
3	Статистичний аналіз даних і моделювання біологічних систем	27
4	Статистичний аналіз даних і моделювання екологічних систем	27
5	Статистичний аналіз даних і моделювання нанорозмірних систем	27
	Разом	135

6. Індивідуальні завдання (не передбачені)

7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний і частково-пошуковий методи. Аспіранти опановують значну частину теоретичного матеріалу шляхом самостійного розв'язання прикладної задачі. Протягом семестру виконується індивідуальний проект, результати якого підсумовують усі теми курсу.

8. Методи контролю

1. 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 екзамену.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Екзамен	Сума
Розділ 1					Розділ 2							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Разом		
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 40 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Зміст семестрового проекту: 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 проекту 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.

Екзаменаційна 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 правильно 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

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

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 AnSysRluent 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. – 373p.
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/>