Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор навчально-наукового інституту
комп'ютерної фізики та енергетики
_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА
"28" серпня 2023 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

МЕТОДИ СКІНЧЕННИХ ТА ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

рівень вищої освіти	другий (магістерський)
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	«Комп'ютерна фізика»
вид дисципліни	за вибором

навчально – науковий інститут комп'ютерної фізики та енергетики

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

28 серпня 2023 року, протокол № 8/23

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Стрельнікова Олена Олександрівна, професор кафедри комп'ютерної фізики, науковий співробітник

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 28 серпня 2023 року № 8/23

Завідувач кафедри комп'ютерної фізики _____ Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

Гарант освітньо-наукової програми «Комп'ютерна фізика»

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО

Програму погоджено науково-методичною комісією
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від 28 серпня 2023 року № 8/23

Голова науково-методичної комісії
навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни **«Методи скінченних та граничних елементів»** складена відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерна фізика» підготовки другого (магістерського) рівня вищої освіти

спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета: навчання роботі з математичними методами скінченних та граничних елементів, які дають можливість аналізувати і моделювати пристрої, процеси і явища.

1.2. Завдання: навчання студентів основним методам скінченних та граничних елементів.

1.3. Кількість кредитів — 5

1.4. Загальна кількість годин — 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна	
Вид кінцевого контролю (семестровий екзамен або залік) Семестровий іспит	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
	год.
Самостійна робота	
86 год.	год.
Індивідуальні завдання	
год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати: основні варіаційні методи для знаходження наближених розв'язків рівнянь математичної фізики; варіаційні методи, що застосовуються для вирішення задач теоретичної фізики;

вміти: використовувати сучасні варіаційні методи для отримання розв'язків рівнянь у часткових похідних, що винікають у прикладній фізиці; знаходити енергетичні простори, координатні системи та наближені розв'язкі рівнянь математичної фізики.

Програмні результати навчання за освітньою програмою:

1. ПРН2. Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.

2. ПРН4. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.
3. ПРН8. Вміти розроблювати гіпотези та запропоновувати способи їх перевірки за допомогою відповідних аналітичних, експериментальних та чисельних інструментів

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Постановка варіаційної задачі та необхідна умова існування екстремуму функціонала.

Тема 1. Постановка найпростішої задачі варіаційного числення

Поняття функціонала. Функціональні простори. Неперервність функціонала. Умови близькості. Сильний та слабкий екстремум. Постановка найпростішої задачі варіаційного числення. Історія розвитку варіаційного числення. Основні відомості про застосування методів варіаційного числення.

Тема 2. Необхідна умова екстремуму функціонала. Рівняння Ейлера

Поняття варіації функціонала. Вивід необхідної умови екстремуму функціонала. Побудова рівняння Ейлера. Віипадки інтегровності рівняння Ейлера

Тема 3. Узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення

Функціонали, що залежать від похідних вищого порядку. Умова Ейлера — Пуасона. Функціонали, що залежать від кількох функцій. Система рівнянь Ейлера. Функціонали, що залежать від функції кількох незалежних змінних. Умова Ейлера — Остроградського.

Розділ 2. Основні типи варіаційних задач.

Тема 4. Варіаційні задачі з граничними точками, що рухаються

Постановка задачі з рухомими граничними точками. Необхідні умови екстремуму функціонала з рухомими граничними точками. Умови трансверсальності. Геометрична інтерпретація умов трансверсальності. Варіаційні задачі з рухомими границями для функціоналів від двох функцій.

Тема 5. Варіаційні задачі на умовний екстремум

Задачі варіаційного числення з голоморфними та неголоморфними зв’язками. Ізоперіметрична задача. Поняття задачі Лагранжа. Метод Лагранжа. Поле лагранжевих кривих. Задача Майера. Задача Больца.

Розділ 3. Методи дослідження варіаційних задач.

Тема 6. Достатні умови екстремуму функціонала в найпростішій задачі варіаційного числення

Поняття поля кривих. Поле екстремалей. Достатня умова Якобі можливості включення екстремалей у центральне поле. Функція Вейерштрасса. Поняття варіації першого та вищих порядків. Умова Лежандра.

Тема 7. Прямі методи варіаційного числення.

Поняття прямих методів варіаційного числення. Кінцево-різницевий метод Ейлера. Метод Рітца.

3. Структура навчальної дисципліни

Назві розділів і тим	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. Постановка варіаційної задачі та необхідна умова існування екстремуму функціонала												
Разом за розділом 1	48	10	10			28						

Розділ 2. Основні типи варіаційних задач.												
Разом за розділом 2	51	11	11			29						
Розділ 3. Методи дослідження варіаційних задач.												
Разом за розділом 3	51	11	11			29						
Усього годин	150	32	32			86						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва тими	Кількість годин
1	Поняття функціонала. Необхідна умова існування екстремуму функціонала найпростішого типу. Рівняння Ейлера–Лагранжа.	6
2	Випадки повної інтегровності рівняння Ейлера–Лагранжа.	5
3	Екстремальні принципи у фізиці	6
4	Крайові умови: екстремалі, кінці яких можуть вільно ковзати по вертикалі; умови трансверсальності. Задача Больца	5
5	Ізопериметричні задачі. Функціонали, які залежать від функції та її вищих похідних	5
6	Крайові умови для рівняння Ейлера–Пуассона. Просторові задачі.	5
	Разом	32

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва тими	Кількість годин
1	Вивчити поняття функціонала. Приклади функціоналів.	11
2	Ознайомитись з необхідною умовою існування екстремуму функціонала найпростішого типу. Рівняння Ейлера–Лагранжа.	10
3	Вивчити перші інтеграли рівняння Ейлера–Лагранжа.	10
4	Вивчити узагальнення найпростішої задачі варіаційного числення	10
5	Вивчити рівняння Ейлера–Пуассона.	9
6	Ознайомитись з ізопериметричними задачами.	9
7	Вивчити рівняння Ейлера–Остроградського.	9
8	Вивчити матеріал лекцій	6
9	Виконати практичні роботи	6
10	Підготовитись до екзамену	6
	Разом	86

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені

7. Методи контролю

У процесі оцінювання навчальних досягнень студентів застосовуються такі методи:

- Методи усного контролю: індивідуальне опитування, фронтальне опитування, співбесіда, екзамен.

- Методи письмового контролю: контрольна робота, екзамен.

- Методи самоконтролю: уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

Кількість балів за роботу з теоретичним матеріалом, на практичних заняттях, під час виконання самостійної роботи залежить від дотримання таких вимог: систематичність відвідування занять; своєчасність виконання навчальних і індивідуальних завдань; повний обсяг їх виконання; якість виконання навчальних і індивідуальних завдань; самостійність виконання; творчий підхід у виконанні завдань; ініціативність у навчальній діяльності; виконання тестових завдань.

Загальна максимальна бальна оцінка за екзамен складатиме 40 балів. Мінімальний підсумковий бал складатиме 50 балів, а максимальний – 100 балів. Підсумкова оцінка визначається шляхом переводу підсумкового балу з дисципліни у традиційну академічну оцінку національної шкали ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно" за шкалою, що наведено у попередньому пункті робочої програми.

Передбачаються бали за:

- експрес-контроль на лекції – 8;
- виконання контрольної роботи – 20;
- виконання практичних робіт - 32
- іспит – 40 балів.

Систему рейтингових балів для різних видів контролю та порядок їх переведення у національну (4-бальну) та європейську (ECTS) шкалу подано нижче у таблицях.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота														Сума
Розділ 1		Розділ 2		Самостійна робота									Контроль на робота	Залік	
Т1	Т2	Т3	Т4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	2*5	30	100
2	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Мінімальна кількість балів для допуску до підсумкового контролю становить – 20 балів.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Поточний контроль , робота в аудиторії:

Відсутність помилок в розрахунках	3 бала
Правильність відповіді	1 бал
Знання цілей завдання	2 бал
Коректність програмного коду-	2 бала

Самостійна робота

За кожну задачу 1-9 такі критерії (5 балів)

Наявність відповіді правильної відповіді	1 бал
Коректність викладок	1 бала
Коректність програмного коду	2 бала

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	

9. Рекомендована література

Основна

1. Диференціальне та інтегральне числення функцій однієї змінної. Конспект лекцій. (І курс І семестр) / В. О. Гайдей, Л. Б. Федорова, І. В. Алєксєєва, О. О. Диховичний. — К: НТУУ «КПІ», 2013. — 104 с..
2. 2. Алексєєва І. В. Диференціальне та інтегральне числення функцій однієї змінної. Практикум / І. В. Алєксєєва, В. О. Гайдей, О. О. Диховичний, Л. Б. Федеорова. — К.: НТУУ «КПІ», 2012. — 176 с.
3. 3.Шкіль М.І., Колесник Т.В. Вища математика. – К.:Вища школа, 1986.
4. 4. Рубіш В.В. Конспект лекцій з курсу "Вища математика": Частина І. – Ужгород: ДВНЗ УжНУ, 2015. – 96 с.
5. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.
6. Овчаренко В.А., Подлєсний С.В., Зінченко С.М. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.
7. . Гончаров О. А. Чисельні методи розв’язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с
8. Павленко І.В.П Метод скінченних елементів в задачах коливань механічних систем: Навчальний посібник.– Суми: Вид-во СумДУ, 2007.–180с.
9. . Thomee V. Galerkin Finite Element Methods for Parabolic Problems [2-nd ed.] / Thomee V. – New-York: Springer, 2006. – 382 p.

Допоміжна

1. Адамян В. М., Сушко М. Я. Вступ до математичної фізики. Introduction to MathematicalPhysics. – Одеса: Астропринт, 2003. – 320 с.
2. Адамян В. М., Сушко М. Я. Варіаційне числення.– Одеса: Астропринт, 2005. – 128 с.
3. Адамян В. М., Сушко М. Я. Методи математичної фізики. Методичні вказівки з курсу ―Методи математичної фізики‖ для студентів фізичного факультету. – Одеса:Астропринт, 2007. –39 с.
4. Karaiev, A., Strelnikova, E.: Singular integrals in axisymmetric problems of elastostatics. International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing 11(1), 2050003 (2020). DOI:10.1142/S1793962320500038
5. . Huang, W.-X. and Tian, F.-B. Recent trends and progress in the immersed boundary method. Journal of Mech. Eng. Sciences, 233(23-24), 2019.
6. Креневич А.П. Алгоритми і структури даних. Підручник. – К.: ВПЦ "Київський Університет", 2021. – 200 с..

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

1. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна.
2. ParaView. Режим доступу: http://www.paraview.org/.
3. ХДНБ ім. В.Г. Короленка (Харків, пров. Короленка 18)
4. Харківський ЦНТЕІ (Харків, просп. Гагаріна, 4)
5. Сайт персональних навчальних систем ХНЕУ ім. С. Кузнеця. – http://www.ikt.hneu.edu.ua/.
6. Gmsh: a three-dimensional finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. Режим доступу: http://geuz.org/gmsh/.
7. Problem Solving with Algorithms and Data Structures using Python [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://runestone.academy/runestone/books/published/pythonds/index.html