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 ГАРАЧЕВСЬКА

«09» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ГРАФІВ В ФІЗИЦІ

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
ННІ	комп'ютерної фізики та енергетики

2023 / 2024 навчальний рік

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

28 грудня 2023 року, протокол № 12-1/23

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:
Бакуменко Олександр Вікторович, старший викладач кафедри комп'ютерної фізики

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від 15 грудня 2023 року № 12/23

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 21 грудня 2023 року № 12/23

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

_____ Денис ПРОТЕКТОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Задачі теорії графів в фізиці» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки магістра «Комп'ютерна фізика» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є дати уявлення про основні сучасні методи та алгоритми аналізу великих даних.

Курс охоплює такі розділи комп'ютерних та математичних наук: прикладна теорія графів, прикладні пакети в задачах енергетики, основні триангуляційні алгоритми.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

- вивчення основних методів і алгоритмів аналізу великих даних;
- практичне застосування основних методів і алгоритмів аналізу великих даних.

Загальні і спеціальні компетенції

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК03. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність працювати автономно та в команді.

СК01. Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методики, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

СК05. Здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач.

1.3. Кількість кредитів - 4

1.4. Загальна кількість годин - 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Вид кінцевого контролю: залік	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
56 год.	год.
Індивідуальні завдання	

год.

1.6. Заплановані результати навчання

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

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- Мати розвинуту обґрунтовану наукову інтуїцію і вміти відображати та розробляти ефективні та особисті стратегії навчання.
- Критично розуміти наукові методи, мати краще розуміння наукового процесу як такого, а також розуміти перспективи майбутньої роботи.

вміти:

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.

ПРН3 Обговорювати та знаходити прогресивні та інноваційні рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних та виробничих проектів.

ПРН9 Професійно повідомляти про наукові проблеми, результати та невизначеності, усно та в письмовій формі.

ПРН10 Мати розвинуту обгрунтовану наукову інтуїцію і вміти відображати та розробляти ефективні та особисті стратегії навчання

ПРН11 Вміти працювати незалежно, але також у тісній співпраці з іншими, щоб вчасно виконати дослідницький проект

ПРН12 Критично розуміти наукові методи, мати краще розуміння наукового процесу як такого, а також розуміти перспективи майбутньої роботи .

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теорія графів

Тема 1. Ідентифікація графів. Звичайні графи. Ізоморфізм графів. Інваріанти та їх обчислення.

Тема 2. Проблема ізоморфізма. Деякі застосування цільності та нещільності.

Розділ 2. Експандери

Тема 3. Експандери та їх використання

Тема 4. Побудова експандерів у слабому та сильному сенсі

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів 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. Постановка задачі обробки експериментальних даних. Зв'язок задачі обробки даних і планування експерименту. Класифікація задач обробки.												

Тема 1. Ідентифікація графів. Звичайні графи. Ізоморфізм графів. Інваріанти та їх обчислення.	30	8		8		14						
Тема 2. Проблема ізоморфізма. Деякі застосування цільності та нещільності.	30	8		8		14						
Разом за розділом 1	60	16		16		28			-	-	-	
Розділ 2. Експандери												
Тема 3. Експандери та їх використання	30	8		8		14						
Тема 4. Побудова експандерів у слабому та сильному сенсі	30	8		8		14						
Разом за розділом 2	60	16		16		28			-	-	-	
Усього годин	120	32		32		56						

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Програмно реалізувати алгоритму пошуків у ширину та глибину (2 бала)	**3**
2	Програмна реалізація задачі про найкоротший шлях з використанням алгоритму Дейкстри (2 бала)	**3**
3	Програмна реалізація алгоритму Форда-Фалкерсона (2 бала)	**3**
4	Реалізація алгоритмів построєння мінімального остовного дерева (2 бала)	**3**
5	Програмна реалізація алгоритму Краскала (2 бала)	**3**
6	Реалізувати построєння випуклого шару множини точек (2 бала)	**3**
7	Розробити та программно реалізувати із візуалізацією у середовищі MATLAB емулятор машини Т'юрінга (5 балів)	**3**
8	Розробити та програмно реалізувати программу, яка створює тріангуляцію Делоне за заданим набором точек (15 балів)	**11**
Разом		**32**

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчити використання засобів теорії графів при комп'ютерному моделюванні та обробці великих масивів даних	2
2	Реалізувати алгоритми пошуку у ширину та глибину	2
3	Реалізувати розв'язання задачі про найкоротший шлях за допомогою алгоритму Дейкстри	2
4	Реалізувати алгоритм Форда-Фалкерсона	2

5	Реалізувати один з алгоритмів построєння мінімального остовного дерева	2
6	Реалізувати алгоритм Краскала	2
7	Реалізувати алгоритм построєння випуклого шару множини точек	2
8	Реалізувати алгоритм Беллмана-Форда	2
9	Розробити структури програми для створення триангуляції Делоне множини вузлів	4
10	Розробити структури даних, що необхідні для створення програми	4
11	Створити підпрограми перевірки умови Делоне для двох трикутників	4
12	Створити підпрограми фліпу двох трикутників	4
13	Створити підпрограми ідентифікації трикутника, в який попадає черговий вузел.	4
14	Створити підпрограми розбивки трикутників	4
15	Створити підпрограми візуалізації результатів построєння	4
16	Створити підпрограми змельчення тріангуляцій	4
17	Розробити основної частини програми ізвикористанням підходу «Divide & Conquer»	4
18	Реалізувати фінальну зборка програми та тестування	4
Разом		**56**

6. Індивідуальні завдання

Передбачена 1 розрахунково-графічна робота.

7. Методи навчання

Лекції викладаються методом проблемного викладення. Використовуючи будь-які джерела й засоби, лектор, перш ніж викладати матеріал, ставить проблему, формулює пізнавальне завдання, а потім, розкриваючи систему доведень, порівнюючи погляди, різні підходи, показує спосіб розв'язання поставленого завдання. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку. Лабораторні заняття ведуться дослідницьким методом.

8. Методи контролю

На заняттях – опитування, розв’язання задач за допомогою системи MATLAB. По закінченні модуля – модульний контроль. Форма підсумкового контролю знань – залік

Розрахунково-графічна робота складається з трьох завдань. Два теоретичні питання (по 6 балів за повну відповідь на кожне) та 8 балів за вичерпне виконання практичного завдання.

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – 20 балів.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Залік	Сума
Розділ 1		Розділ 2		РГР, передбачена навчальним планом	Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	20	60	40	100
10	10	10	10				

Нарахування балів при поточному контролі

4 бали – робота в аудиторії
6 балів – виконання самостійної роботи

Критерії оцінювання розрахунково-графічної роботи

Правильність відповіді	– 5 балів
Відсутність помилок в розрахунках	– 5 балів
Коректність програмного коду	– 10 балів

Критерії оцінювання відповідей на підсумковій роботі

Питання 1 – теоретичне питання (10 балів)

Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал
Коректність викладок	– 1 бал
Послідовність викладок	– 1 бал
Логічність викладок	– 1 бал

Питання 2 дослідницька задача. (15 балів)

Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бал
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бал
Наявність графічного відображення	– 2 бал
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал

Питання 3 – дослідницька (15 балів)

Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бал
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бал
Наявність графічного відображення	– 2 бал
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бал
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бал

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	

1-49	незадовільно	не зараховано

Для отримання «автомату» на екзамені від студента потрібно своечасно та якісно виконувати навчальний план, бути активним та зацікавленим на аудиторних заняттях.

Схема нарахування балів на заліку:

Питання	Нарахування балів
Звичайні графи. Підграфи. Суграфи.	Визначення звичайного графа – 2; Перелік основних властивостей графа – 2; Визначення частини графа та підграфа – 3; Визначення суграфа - 3
Паросочетання. W-збільшувач. Інваріант $\pi(G)$.	Визначення паросочетання – 2; Визначення W-збільшувача – 2; Визначення інваріанта $\pi(G)$ - 2; Приведення приклада використовування W-збільшувача для розв'язку задач на дводольному графі – 4;
Ізоморфізм графів. Розповсюджені класи ізоморфних графів.	Визначення ізоморфізму графів – 3; Приведення прикладу ізоморфних та неізоморфних графів – 3; Перелік розповсюджених класів ізоморфних графів – 4
Дводольний граф. Опора графа. Накриття графа.	Визначення дводольного графа – 2; Визначення опопри графа – 2; Визначення накриття графа – 3; Визначення накриваючого числа графа – 3;
Інваріанти. Вектор ступенів, щільність, нещільність, хроматичне число, число Хадвігера, число компонент графа.	Визначення вектору ступенів – 2; Визначення інваріанта графа – 3; Перелік та визначення найбільш відомих інваріантів графа – 5;
l-зв'язність. k-віддільність. Теорема Уїтні. Теорема Дирака. Теорема Менгера.	Визначення l-зв'язності – 2; визначення k-віддільності – 2; Формулювання теореми Уітні – 2; Формулювання теореми Дирака – 2; Формулювання теореми Менгера – 2;
Многочленні інваріанти F, E, G, H.	Визначення інваріанта F – 2; Визначення інваріанта G – 2; Визначення інваріанта H – 3; Визначення інваріанта G – 3;
Зважений граф. q-відстань. q-центральні та q-периферійні вершини.	Визначення зважених графів – 2; Визначення q-выдстаны – 3; Визначення й-центральних та q-периферійних вершин - 3; Визначення q-діаметру та q-радіусу – 2
Матриця сміжностей. Двійковий код матриці сміжностей. Максі-код, міні-код.	Визначення та властивості матриці сміжностей -3; Визначення двійковогго коду матриці сміжностей – 3; Визначення максі- та міні-коду – 4;
Ейлерови цепі і цикли.	Визначення валентності вершини – 3; Визначення Ейлерової цепі та циклу – 3; Формулювання теореми Ейлера – 4.
Обчислення інваріантів графа. Щільність, нещільність, хроматичне число.	Опис стратегії обчислення складнообчислимих інваріантів – 2; Опис алгоритму обчислення щільності – 2; Опис алгоритму обчислення нещільності – 3; Опис алгоритму обчислення хроматичного числа – 3;
Мультиграф. Матриця інціденцій.	Визначення мултиграфа – 4; Відмінності мультиграфа від неорієнтованого графа загального вигляду – 2; Опис матриці інциденцій мультиграфа – 2; Формулювання варіанту теореми Менгера для мультиграфа – 2;
Проблема ізоморфізму. Повнота інваріантів. Модульний добуток графів.	Опис проблеми визначення ізоморфізму графів – 1; Визначення повного інваріанту – 2; Розбір повноти найбільш відомих інваріантів – 2; Опис алгоритму

	розв’язання проблеми ізоморфізму графів за допомогою модульного добутка – 5;
Каркаси і розрізи. Теорема Котзіга.	Визначення каркасу графа – 2; Визначення розрізу графа – 2; Формулювання теореми Котзіга – 3; Формулювання наслідку із теореми Котзіга – 3.
Маршрути. Цепь. Цикли. Гамильтонова цепь. Теорема Кеніга.	Визначення маршруту – 1; Визначення цепі – 1; Визначення циклу – 1; Визначення Гамільтонової цепі та циклу – 3; Формулювання теореми Кеніга – 2; Доказ теореми Кеніга – 3;
Скінченні графи загального вигляду. Графи Бержа.	Визначення графу загального вигляду – 2; Визначення дуг, ланок та ланцюгів – 2; Визначення орієнтованого графа – 2; Визначення графа Бержа – 2; Визначення сімметрического та антісімметрического графа Бержа – 2.
Шарніри. Перешийки. Блоки.	Визначення шарніру – 1; Визначення перешейка – 1; Визначення блока – 1; Формулювання основних теорем, що пов’язані із шарнірами та блоками – 7
Булеві методи в теорії графів. Задача про трансверсалі.	Формулювання задачі про трансверсалі – 3; Приклад розв’язку задачі про трансверсалі – 3; Викладення алгоритму пошуку максимальної груди графа за допомогою трансверсалей – 4.
Дерева. Цикломатичне число. Кортежування дерев.	Визначення цикломатичного числа – 1; Формулювання лемми проневід’ємність цикломатичного числа та її наслідку – 1; Доказ лемми про невід’ємність цикломатичного числа – 3; Визначення дерева – 1; Формулювання теореми про властивості дерев – 2; Викладення алгоритму кортежування дерев – 2;
Полосові алгоритми злиття триангуляцій.	Викладення загальної схеми полосових алгоритмів злиття – 6; Викладення алгоритму випуклого полосового злиття – 4; Викладення алгоритму невипуклого полосового злиття – 5.
Алгоритми прямої побудови триангуляції Делоне.	Викладення алгоритму прямого перебору – 7; Викладення пошагового алгоритму з k-D деревом пошуку – 7; Викладення кліточного пошагового алгоритму – 6;
Триангуляція Делоне з обмеженнями. Основні визначення.	Визначення триангуляції з обмеженнями, поліліній, регіонів – 5; Визначення оптимальної та жадної триангуляції з обмеженнями – 6; Викладення жадного алгоритму построєння триангуляції Делоне з обмеженнями – 9
Двопрохідні алгоритми побудови тріангуляції Делоне.	Викладення алгоритму лінійного заметання площини – 5; Викладення вєєрного алгоритму – 5; Викладення алгоритму рекурсивного розщеплення – 5; Викладення стрічкового алгоритму – 5
Цепной та ітеративний алгоритми побудови тріангуляції з обмеженнями.	Викладення цепного алгоритму – 4 Викладення ітеративного алгоритму – 4 Викладення алгоритму вставки структурних відрізків «Будуй розбиваючи» - 4 Викладення алгоритму вставки структурних відрізків «Удаляй та будуй» - 4 Викладення алгоритму вставки структурних відрізків «Перебудовувай та будуй» - 4
Алгоритм злиття «Розділяй і володарюй». Злиття тріангуляцій «Видаляй і будуй», «Будуй та	Викладення алгоритму злиття «Розділяй і властвуй» - 8 Викладення схеми «Видаляй та будуй» - 4 Викладення схеми «Будуй та перебудовуй» - 4 Викладення схеми «Будуй, перебудовуючи» - 4

перебудовуй», «Будуй, перебудовуючи».	
Ітеративні алгоритми тріангуляції зі зміненим порядком додавання точок.	Викладення ітеративного полосового алгоритму – 4 Викладення ітеративного квадратного алгоритму – 4 Викладення ітеративного алгоритму із послойним згущенням – 4 Викладення ітеративного алгоритму із сортировкою вдовж кривої що заповнює площину – 4 Викладення ітеративного алгоритму із сортировкою по Z-коду – 4
Ітеративні алгоритми триангуляції Делоне з індексуванням пошуку трикутників.	Викладення алгоритму триангуляції з індексуванням R-деревом – 7 Викладення алгоритму триангуляції з індексуванням k-D-деревом – 7 Визначення R-дерва – 3; Визначення k-D-дерева – 5
Простий ітеративний алгоритм створення триангуляції Делоне. Алгоритм «Удаляй та будуй».	Викладення простого ітеративного алгоритму – 7; Викладення алгоритму «Удаляй і будуй» – 7; Оцінка обчислювальної складності алгоритмів – 7; Визначення суперструктури – 7; Перелік варіантів суперструктур – 7.
Перевірка умови Делоне.	Викладення схеми перевірки умови Делоне за допомогою рівняння описаного кола – 6; Викладення схеми перевірки умови Делоне за допомогою зазадалегідь обчисленого кола – 5; Викладення схеми перевірки умови Делоне за допомогою перевірки суми протилежних кутів – 9
Триангуляція Делоне. Основні визначення. Оптимальна триангуляція. Жадний алгоритм.	Визначення задачі побудови триангуляції – 4; Визначення оптимальної триангуляції – 4; Визначення триангуляції Делоне – 4; Викладення жадного алгоритму побудови триангуляції – 8.

10. Рекомендована література

Наочні матеріали надаються з використанням ПЕОМ та проекційного устаткування у спеціально обладнаних аудиторіях.

Основна література

1. S.Arora, B.Barak. Computational Complexity: a Modern Perspective. ISBN 10: 0521424267 ISBN 13: 9780521424264
2. A. Lubotzky, R. Phillips, and P. Sarnak. Ramanujan graphs. Combinatorica, 8:261–277, 1988.
3. Joel Friedman. On the second eigenvalue and random walks in random d-regular graphs. Combinatorica, 11:331–362, 1991.
4. Kowalski E. An introduction to expander graphs. ETH Zurich
5. Miklós Ajtai, János Komlós, and Endre Szemerédi. Deterministic simulation in logspace. In Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, pages 132–140, 1987.

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

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна.