

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Директор Навчально-наукового інституту  
«Фізико-технічний факультет»  
(вказати назву структурного підрозділу)  
Кузнєцов П.Б.  
(вказати П.Б. керівника)  
“ \_\_\_\_\_ 2023 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Технології розподілених систем та паралельні обчислення**  
(назва початкової дисципліни)

рівень вищої освіти	другий (магістр)
галуз знань	10 «Природничі науки»
спеціальність	105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
освітня програма	«Прикладна фізика»
спеціалізація	
вид дисципліни	обов'язкова
факультет	ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою Навчально наукового інституту «Фізико-технічний факультет»

“25” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

**Маловиця Максим Сергійович** доктор філософії, доцент кафедри фізики ядра та високих енергій імені О. І. Ахієзера.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

Протокол від “16” червня 2023 року № 10

Завідувач кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

(підпис)

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ Микола ШУЛЬГА

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

(назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна)

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова науково-методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»

(підпис)

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ Микола ЮНАКОВ

## **ВСТУП**

Програму навчальної дисципліни «Технології розподілених систем та паралельні обчислення» складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого рівня вищої освіти (магістр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 105 –

Прикладна фізика та наноматеріали». Освітня програма: «Прикладна фізика». При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти другого (магістерського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р.

## **ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ**

### **1.1 Мета викладання навчальної дисципліни**

Основною метою викладання курсу «Технології розподілених систем та паралельні обчислення» є ознайомлення студентів з існуючими технологіями розподілених систем та паралельних обчислень та використання їх при розв'язанні задач з фізики, які вимагають числових розрахунків. При вивченні курсу, студенти будуть мати змогу набути теоретичних знань необхідних для розробки програм, які використовують паралельні обчислення.

### **1.2 Основні завдання вивчення дисципліни**

Основним завданням викладання курсу «Технології розподілених систем та паралельні обчислення» є підготовка студентів до самостійного (або у складі наукової групи) виконання поставлених завдань, які передбачають розв'язання складних фізичних задач за допомогою високопродуктивних методів числових розрахунків.

В даному курсі будуть вивчатися такі методи високопродуктивних обчислень як: паралельні обчислення на одному процесорі, обчислення на розподілених системах та обчислення на графічному процесорі (GPU).

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення курсу «Технології розподілених систем та паралельні обчислення»:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК-1)
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК-7)
- Здатність працювати автономно. (ЗК-9)

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення курсу «Технології розподілених систем та паралельні обчислення»:

- Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем. (СК-6)
- Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. (СК-7)
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем (СК-10)

### **1.3 Кількість кредитів: 3**

#### 1.4 Загальна кількість годин: 90

#### 1.5 Характеристика навчальної дисципліни

<b>Обов'язкова / за вибором</b>	
Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Рік підготовки	
1-й	—
Семестр	
-й	—
Лекції	
32 год.	—
Практичні, семінарські заняття	
—	—
Самостійна робота	
58 год.	—
Індивідуальні завдання	
—	—

#### 1.6 Заплановані результати навчання

В результаті вивчення курсу «Технології розподілених систем та паралельні обчислення» студенти отримають теоретичні знання необхідні для розробки та впровадження програм здатних виконувати паралельні обчислення як на одному комп'ютері, так і на розподілених системах.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика», спеціальність 105 –

- Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні. (Зн-2)
- Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем. (Зн-3)
- Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. (Ум-1)
- Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій. (Ум-3) •
- оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проектів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проектів. (Ком-4)

## **ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Розділ 1. Основні поняття**

Тема 1. Види розподілених систем

Тема 2. Моделі паралельних систем

Тема 3. Мережеві взаємозв'язки

Тема 4. Складність паралельних систем

Тема 5. Розробка паралельних алгоритмів

### **Розділ 2. Технологія OpenMP**

Тема 6. Загальні характеристики OpenMP

Тема 7. Розпаралелювання циклів

Тема 8. Паралельні завдання

### **Розділ 3. Технологія MPI**

Тема 9. Загальні характеристики MPI

Тема 10. Синтаксис операцій MPI. Основні операції MPI

Тема 11. Зв'язок між процесами. Колективні операції з даними у MPI

### **Розділ 4. Паралельні обчислення за допомогою GPU.**

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви розділів	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.
<b>Розділ 1. Основні поняття</b>												
Разом за розділом 1	30		—	—	—	16	—	—	—	—	—	—
<b>Розділ 2. Технологія OpenMP</b>												
Разом за розділом 2	28	7	—	—	—	21	—	—	—	—	—	—
<b>Розділ 3. Технологія MPI</b>												
Разом за розділом 3	28	7	—	—	—	21	—	—	—	—	—	—
<b>Розділ 4. Паралельні обчислення за допомогою GPU.</b>												
	4	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>32</b>	—		—	<b>58</b>	—	—	—	—	—	—

### 4. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Види розподілених систем	4
2	Моделі паралельних систем	4
3	Мережеві взаємозв'язки	6
4	Складність паралельних систем	6
5	Розробка паралельних алгоритмів	10
6	Загальні характеристики OpenMP	8
7	Розпаралелювання циклів	10

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
8	Паралельні завдання	10
9	Загальні характеристики MPI	8
10	Синтаксис операцій MPI. Основні операції MPI	10
11	Зв'язок між процесами. Колективні операції з даними у MPI	10
12	Паралельні обчислення за допомогою GPU.	4
	<b>Разом</b>	

## 5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Запишіть неформальне визначення паралелізму. Запишіть етапи циклу роботи процесору. Запишіть переважні типи паралельності.

Перерахуйте класифікації архітектур обчислювальних машин. Перерахуйте варіанти PRAM моделей паралельних обчислювальних машин, коротко опишіть кожну з них. За допомогою яких величин можна оцінити якість розпаралелювання програми?

Перерахуйте топологічні властивості мереж взаємозв'язку. Які критерії треба враховувати при відображенні мереж взаємозв'язку у реальний простір? Намалюйте мережу взаємозв'язку типу "2D сітка", які ступені вузлів у ній присутні? Чи регулярна така топологія?

Які важливі властивості має модель програмування завдання-канал? Запишіть формулу для пошуку нових значень функції у алгоритмі кінцевих різниць. Які інструкції виконує кожне завдання при виконанні алгоритму? За яку мінімальну кількість кроків можливо обрахувати всі попарні взаємодії  $N$  об'єктів, якщо алгоритм заснований на  $N$  завданнях і максимум 4 каналах на завдання?

Дайте визначення наступним термінам: паралелізм, масштабованість, локальність, модульність. Чому треба приділяти увагу на етапі поділу при проектуванні паралельних алгоритмів? Які бувають шаблони організації зв'язку при проектуванні паралельних алгоритмів?

Намалюйте структуру типу "бінарне дерево", в основі якої 8 елементів, та результат агломерації цієї структури. Які типи балансування навантаження паралельних розрахунків ви знаєте? Які переваги та недоліки рекурсивного поділу навіпіл по одній координаті?

Якою директивою задається розпаралелювання програми при використанні OpenMP?

Яка функція повертає номер паралельного потоку в якому знаходиться програма, якщо використовується OpenMP? Яким параметром, при компіляції програми, підключається бібліотека OpenMP?

Яка директива OpenMP змушує програму виконувати структурований блок рівно одним потоком? Яку функцію виконує директива #pragma omp taskwait? Якою директивою OpenMP можна припинити створення виконання нових завдань, якщо змінна “i” досягла значення 17?

Який тип розподілених систем за класифікацією Фліна можна розпаралелити за допомогою стандарта MPI? Якою строкою у кодї програми підключається бібліотека MPI у мові програмування C? Які функції виконують процедури MPI\_Init та

Якою командою запускаються програми, які використовують бібліотеку MPI, та використовують 4 розподілені розахункові одиниці? Яка команда визначає ідентифікатор поточного процесу у програмі з MPI? За допомогою якого параметру задається список комп'ютерів на яких буде виконуватися програма, яка використовує бібліотеку MPI?

## **6. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

В даному курсі індивідуальні завдання не передбачені.

## **7. МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

При викладанні предмету технології розподілених систем та паралельні обчислення використовують словесні, наочні, практичні та дискусійні методи навчання. На лекціях використовують найчастіше словесний, наочний та дискусійний методи. На практичних заняттях найчастіше використовують практичний та дискусійний методи. Під час самостійної роботи знаходять застосування всі згадані методи навчання.

## **8. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ**

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

Поточний контроль (60 балів) складається з:

удиторна робота – 15 балів;

виконання домашніх завдань – 45 балів;

Підсумковий контроль проводиться у формі іспиту (40 балів).

Завдання на іспит: екзаменаційний білет містить два теоретичних питання (по 10 балів на питання) та однієї задачі (20 балів).

## **9. СХЕМА НАРАХУВАННЯ БАЛІВ**

Лекційні заняття	
------------------	--



Домашні завдання	
Контрольна робота	—
Іспит	
Сума	<b>100</b>

## **Критерії оцінювання навчальних досягнень**

### Поточне оцінювання

Бали за роботу на лекційних заняттях розраховуються виходячи з кількості відвідуваних лекцій. Додаткові бали можливо отримати шляхом активної участі у заняттях (помічає помилки, задає змістовні питання, відповідає на питання лектора).

Якщо студент не має змоги відвідувати заняття, передбачені додаткові домашні завдання, за допомогою яких студент матиме змогу показати знання пропущених занять, які він отримав шляхом самостійного вивчення матеріалів.

Протягом семестру студентам задаються домашні завдання, які оцінюються виходячи з повноти та достовірності відповідей. При наявності ознак порушення академічної доброчесності, студентам задаються уточнюючі питання, за допомогою яких оцінюється рівень самостійності виконання завдань.

### Підсумковий контроль

Іспит складається з двох завдань: два теоретичні питання (по 10 балів) і одна практична задача (10 балів).

Відповіді на питання оцінюються виходячи з повноти відповіді або розв'язаної задачі. При наявності ознак порушення академічної доброчесності, студентам задаються уточнюючі усні запитання, за допомогою яких оцінюється рівень самостійності виконання завдань.

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 15 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

## **Шкала оцінювання**

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену	для заліку
	відмінно	зараховано
	добре	
	задовільно	
	незадовільно	не зараховано

## 10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна література:

Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 с.

Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.

Минайленко Р.М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. — Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2021. — 153 с.

### Допоміжна література:

1

.

2. Trobec R., Slivnik B., Bulić P., Robič B.: Introduction to Parallel Computing. Springer Nature

F

3

.

## 11. ПОСИЛАННЯ НА ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ, ВІДЕО-ЛЕКЦІЇ, ІНШЕ МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Сайт присвячений технології OpenMP: <https://www.openmp.org/>

Сайт присвячений технології Open MPI: <https://www.open-mpi.org/>

Онлайн компілятор з можливістю використання OpenMP: <https://www.onlinegdb.com/>