

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**  
**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем**  
**Кафедра медичної радіофізики**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан \_\_\_\_\_ Андрій НЕТРЕБА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Паралельні обчислення**

**для студентів**

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	другий
освітня програма	Біомедична фізика, інженерія та інформатика
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2024/2025
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	залік

**Викладач:**

Судаков Олександр Олександрович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри медичної радіофізики

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Розробник:**

**Судаков Олександр Олександрович**, кандидат фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри медичної радіофізики

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**

Завідувач кафедри медичної радіофізики

\_\_\_\_\_ **Сергій РАДЧЕНКО**

Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № \_\_ від « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ **Сергій РАДЧЕНКО**

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року.

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** "Паралельні обчислення" полягає в опануванні студентами основ побудови паралельних алгоритмів, основ розробки паралельних та розподілених програм, ознайомлення з сучасними технологіями в галузі паралельних розподілених обчислень, та особливостями їх практичного застосування в біомедичній галузі, зокрема, для моделювання процесів у біологічних системах, обробки та архівування діагностичних даних, керування медичним обладнанням.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна "Паралельні обчислення" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр" і спирається на знання, отримані в курсах з основ програмування, основ технологій комп'ютерних мереж, алгоритмів та методів обчислень, математичних дисциплін, а також є основою для практичного застосування навичок, отриманих в курсах «Фізика біомолекул», «Додаткові розділи біофізики», «Біонанотехнології», «Математичні методи обробки діагностичних даних», «Сучасні комп'ютерні технології у медицині», «Комп'ютерне моделювання у біофізиці та медицині», «Медична інформатика», «Комп'ютерне моделювання у медичному приладобудуванні», «Обробка приладових даних», «Телемедицина».

Попередні вимоги:

*студент повинен знати:* основи програмування мовою C/C++, основи математичних та фізичних дисциплін на рівні випускника бакалаврату і першого року магістратури Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

*студент повинен вміти:* розробити і запустити послідовну комп'ютерну програму для вирішення тієї чи іншої фізичної, або математичної задачі на рівні знань бакалаврату і першого року магістратури Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Основна увага приділяється прикладним аспектам предмету, таким як застосування технологій MPI та OpenMP для розробки паралельних та розподілених програм для моделювання та обробки даних, особливостям застосування обчислювальних кластерів та ґрид-систем, також надається мінімальний обсяг знань з основ побудови паралельних алгоритмів та особливостей роботи паралельних обчислювальних систем

### **4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):**

1. Засвоїти основні підходи до розробки паралельних та розподілених алгоритмів обрахунку, обміну даними та синхронізації процесів і потоків; принципи побудови паралельних та розподілених програм і систем; основи технологій побудови паралельних та розподілених систем; основи застосування паралельних та розподілених систем;

2 Студент повинен навчитись розробляти паралельні та розподілені програми для вирішення ресурсоємних прикладних задач, застосовувати паралельні та розподілені обчислювальні системи, такі як кластери, ґрид та багатопроцесорні системи і з спільною пам'яттю.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

– коди, назви компетентностей із переліку компетентностей в описі освітньої програми

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

ФК1. Здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних;

ФК2. Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень;

ФК9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій;

ПРН 3. Знання сучасних обчислювальних та інформаційних технологій;

ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і побудови наукоємних технологій;

ПРН 12. Інтерпретувати науково-технічну інформацію;

ПРН 17. Організувати результативну роботу індивідуально і як член команди.

## 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
<b>1</b>	<b>знати:</b>	лекційні заняття	Модульний контроль	до 35
1.1	Загально вживану термінологію та класифікації паралельних та розподілених обчислювальних систем	<i>Лекція 1,6, Самостійна робота</i>	Модульний контроль	6
1.2	Принципи побудови паралельних та розподілених систем	<i>Лекція 3-5,11, , Самостійна робота</i>	Модульний контроль	12
1.3	Сучасні підходи до створення паралельних та розподілених програм	<i>Лекція 3, 6-11, Самостійна робота</i>	Модульний контроль	12
1.4	Основи побудови паралельних та розподілених алгоритмів	<i>Лекція 12, , Самостійна робота</i>	Модульний контроль	5
<b>2</b>	<b>вміти:</b>	лекційні заняття, практичні заняття, самостійна робота	Модульний контроль	до 55
2.1	Застосувати високопродуктивні обчислювальні системи для вирішення задач у галузі фізики, математики та інших	<i>Практичні заняття 3-5, , Самостійна робота</i>	Модульний контроль	25
2.2	Створювати паралельні та розподілені комп'ютерні програми	<i>Практичні заняття 7-11</i>	Модульний контроль	25
2.3	Розпаралелювати алгоритм вирішення задач	<i>Лекція 12, , Самостійна робота</i>		5
<b>3</b>	<b>комунікація:</b>	лекційні заняття, , Самостійна робота	Модульний контроль	до 5
3.1	Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію	<i>Лекції, практичні заняття, , Самостійна робота</i>	Модульний контроль	3
3.2	Здатність до командної роботи у великих науково-дослідницьких проектах	<i>Лекції, практичні заняття, , Самостійна робота</i>	Модульний контроль	2
<b>4</b>	<b>автономність та відповідальність:</b>	лекційні заняття	Модульний контроль	до 5
4.1	Здатність до самостійного пошуку наукової літератури або інших джерел інформації для розв'язання поставленої перед студентом науково-дослідницької задачі	<i>Лекції, практичні заняття, Самостійна робота</i>	Модульний контроль	5

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

Програмні результати навчання (назва)	Результати навчання дисципліни										
	Код										
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1	
ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.	+	+	+	+	+	+	+			+	
ЗК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;	+	+	+	+	+	+	+				
ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;					+	+	+	+	+		
ФК1. Здатність брати участь у складанні запитів на виконання наукових та науково-технічних проектів, в тому числі і міжнародних;								+	+	+	
ФК2. Здатність брати участь у плануванні методики проведення та матеріального забезпечення експериментів та лабораторних досліджень;					+	+	+				
ФК9. Здатність до постійного поглиблення знань в галузі прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ПРН 3. Знання сучасних обчислювальних та інформаційних технологій;	+	+	+	+	+	+	+				
ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і побудови наукоємних технологій;				+	+	+	+				
ПРН 12. Інтерпретувати науково-технічну інформацію;	+	+	+	+				+	+	+	
ПРН 17. Організовувати результативну роботу індивідуально і як член команди.					+	+	+	+	+	+	

## 7. Схема формування оцінки

### 7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами виконання індивідуальних завдань. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.10 [знання] – до 35 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 55%;
- результат навчання 3.1-3.2 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання:

- **семестрове оцінювання:** Навчальний семестр має два змістовні модулі. Після складання індивідуальних завдань №5 та №11 проводяться письмові модульні контрольні роботи. Обов'язковим для допуску до заліку є: виконання всіх індивідуальних завдань на оцінку не нижче, ніж 20 балів
- **підсумкове оцінювання (у формі заліку):** форма заліку – усна з практичними завданнями. Завдання складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів. У випадку успішного виконання всіх індивідуальних завдань на оцінки 35 балів і вище додаткові 40 балів нараховуються без складання заліку.
- **умови допуску до заліку:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **40 балів**, для одержання допуску до заліку обов'язково повинні виконати необхідну кількість індивідуальних завдань.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

### 7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min.	Max.
Модульний контроль 1	17	30
Модульна контроль 2	18	30

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульний контроль 1	жовтень
Модульна контроль 2	грудень
Добір балів/додаткові завдання	грудень
Іспит	грудень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

Значення	Змістовні модулі	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	40	20	60
Максимум	60	40	100

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100%
<b>Добре</b> / Good	75-89%
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74%
<b>Незадовільно</b> / Fail	0-59%

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Вступ, задачі курсу, класифікація паралельних та розподілених систем	2	-	4
2	Реєстрація на обчислювальному кластері та у грид	-	3	6
3	Технології паралельних та розподілених обчислень	2	3	8
4	Робота з обчислювальним кластером	-	3	8
5	Робота у грид	-	3	8
6	Розробка паралельних програм у спільній пам'яті	-	3	8
7	Розробка паралельних програм у розподіленій пам'яті	-	3	8
8	Основні характеристики паралельних алгоритмів	2	3	6
9	Алгоритми синхронізації	2	-	5
10	Апаратні засоби паралельних обчислень	2	-	8
11	Алгоритми роботи розподілених систем	2	-	4
12	Основи розпаралелювання чисельних методів	2	3	8
<b>Всього</b>		<b>14</b>	<b>24</b>	<b>81</b>

Загальний обсяг **120** год., в тому числі:

Лекції **14** год.

Практичні заняття **24** год.

Консультація **1** год.

Самостійна робота **81** год.

## 9. Завдання на самостійну роботу:

1. Вивчення основної термінології та класифікацій паралельних і розподілених обчислювальних систем, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння основних термінів та класифікацій під час написання модульних контрольних
2. Виконання реєстрації на обчислювальному кластері Інформаційно-обчислювального центру Київського національного університету імені Тараса Шевченка та у грид-інфраструктурі для наукових та освітніх установ України на основі демонстрацій, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється вміння зареєструватись і використовувати вказані обчислювальні ресурси під час практичних занять
3. Вивчення основних програмних технологій паралельних та розподілених обчислень, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння принципів роботи основних програмних технологій паралельних та розподілених обчислень під час написання модульних контрольних
4. Отримання навичок роботи з обчислювальним кластером на основі демонстрацій, описів, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється вміння запускати і керувати задачами на обчислювальному кластері під час практичних занять і виконання індивідуальних завдань.
5. Отримання навичок роботи у грид на основі демонстрацій, описів, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється вміння запускати і керувати задачами у грид під час практичних занять і виконання індивідуальних завдань.
6. Отримання навичок розробка паралельний програм у спільній пам'яті на основі стандарту OpenMP, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється вміння розробити паралельне програму на основі технології OpenMP під час практичних занять і виконання індивідуальних завдань.
7. Отримання навичок розробка паралельний програм у розподіленій пам'яті на основі стандарту MPI, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється вміння розробити паралельне програму на основі технології MPI під час практичних занять і виконання індивідуальних завдань.
8. Вивчення основних характеристик і властивостей паралельних алгоритмів , використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння принципів роботи основних паралельних алгоритмів під час написання модульних контрольних, практичних занять і виконання індивідуальних завдань
9. Вивчення основних алгоритмів синхронізації, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння принципів роботи основних алгоритмів синхронізації під час написання модульних контрольних
10. Вивчення архітектур апаратних засобів паралельних обчислень, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння принципів побудови архітектур апаратних засобів паралельних обчислень під час написання модульних контрольних
11. Вивчення основних алгоритмів роботи розподілених систем, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння принципів функціонування алгоритмів роботи розподілених систем під час написання модульних контрольних
12. Вивчення основних підходів до розпаралелювання обчислювальних методів, використовуючи матеріал лекції і літературні джерела у тому числі англійською мовою. Оцінюється розуміння і вміння використовувати основні підходи до розпаралелювання обчислювальних методів під час написання модульних контрольних, практичних занять і виконання індивідуальних завдань



## 10. Рекомендована література:

### Основні джерела:

1. Algebra-Algorithmic Models and Methods of Parallel Programming; NAS of Ukraine, Institute of Software Systems / P.I. Andon, A.Yu. Doroshenko, K.A. Zhreb, O.A. Yatsenko. – Kyiv : Akadem-periodyka, 2018.- 192 p. ISBN 978-966-360-367-4 (англ., укр.)
2. Вступ до програмування мовою C++. Організація обчислень : навч. посіб. / Ю. А. Белов, Т. О. Карнаух, Ю. В. Коваль, А. Б. Ставровський. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 175 с. с.: іл. ISBN (укр.) ISBN 978-966-439-
3. Cameron Hughes, Tracey . Hughes. Parallel and Distributed Programming Using C++ . - Addison-Wesley Professional; 1st edition (February 12, 2008), - 720 p. (англ., є переклади іншими мовами)
4. Peter Pacheco. Parallel Programming with MPI. - Morgan Kaufmann; 1st edition (October 15, 1996) - 448 p.
5. The Linux documantation project <http://tldp.org>
6. Torque resource manager Manual online <https://support.adaptivecomputing.com/torque-resource-manager-documentation/>
7. Klemm, Michael and Cownie, Jim. High Performance Parallel Runtimes: Design and Implementation, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2021. <https://doi.org/10.1515/9783110632729>
8. Effective Modern C++: 42 Specific Ways to Improve Your Use of C++11 and C++14. ISBN 1-491-90399-6
9. Geist Al, Beguelin A., Dongarra J., Jiang W., Manchek R. PVM: parallel virtual machine .- The MIT press, Cambridge; London, 1997, 278p. (АНГЛ.)
10. Eds. A.M.Bruaset, A.Tveito. Numerical solution of partial differential equations on parallel computers. - Springer, Berlin, Heidelberg, 2006, 482 p. (Англ.)
11. OpenMP API specification <https://www.openmp.org/>
12. MPI documents <https://www.mpi-forum.org/docs/>

### Додаткові і джерела:

1. Joseph Jaja. An Introduction to Parallel Algorithms - Addison-Wesley Professional; 1st edition (April 3, 1992) – 576p. ISBN-10 :0201548569
2. Обчислювальний кластер Київського національного університету імені Тараса Шевченка <http://www.cluster.kiev.ua>
3. Грід-інфраструктура для наукових та освітніх установ України <http://grid.org.ua>
4. М.В. Кононов, А.В. Мисник, С.П. Радченко, О.О. Судаков Моделювання фізичних процесів Київський університет, Київ, 2006, 90с (Укр.)

## 10. Словник фахових термінів

№	Англійською мовою	Українською мовою
1	Computing cluster	Обчислювальний кластер
2	Computing grid	Обчислювальний ґрид
3	Message Passing Interface, MPI	Інтерфейс обміну повідомленнями
4	Single Instruction Multiple Data, SIMD	Один потік команд багато потоків даних
5	Amdahl law	Закон Амдала (Амдаля)
6	Performance	Продуктивність
7	Latency	Початкова затримка
8	Paracomputer	Паракомп'ютер
9	Blocking	Розбиття на блоки
10	Locking	Блокування
11	Parallelizing	Розпаралелювання
12	Speed-up	Прискорення
13	Mutex	М'ютекс
14	SpinLock	Спін-блокування
15	Semaphore	Семафор
16	Thread	Потік
17	Resource manager	Менеджер ресурсів
18	Graphic Accelerator	Графічний акселератор
19	Grid Security Infrastructure, GSI	Інфраструктура безпеки у ґрид
20	Pipeline	Конвеєр