

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра системного проектування

Затверджено

На засіданні
кафедри системного проектування
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30.08.2022 р.)

Завідувач кафедри:



Роман ШУВАР

Силабус з навчальної дисципліни
“Паралельні та розподілені обчислення”,
що викладається в межах ОПП
“Інженерія програмного забезпечення”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Паралельні та розподілені обчислення
Адреса викладання дисципліни	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра системного проектування
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
Викладачі дисципліни	Шувар Р.Я., зав. каф. сист. проект., кандидат фізико-математичних наук, доцент
Контактна інформація викладачів	roman.shuvar@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/shuvar-r-ya-2
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 205, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів
Сторінка курсу	https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=75
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Паралельні та розподілені обчислення” є нормативною дисципліною з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми “Інформаційні системи та технології”, яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для того, щоб оволодіти концепціями сучасного програмування в рамках парадигм паралельного та розподіленого програмування та розв'язувати складні прикладні задачі з використанням паралельних обчислювальних систем. Тому у дисципліні представлено як огляд концепцій сучасних паралельних та розподілених обчислень, так і засобів та інструментів, які потрібні для розробки прикладного паралельного програмного забезпечення з використанням сучасних технологій MPI, OpenMP, CUDA, HTCondor, GRID.
Мета та цілі дисципліни	<i>Мета:</i> ознайомлення студентів з сучасними підходами до організації розподілених обчислень, архітектурами розподілених обчислювальних систем і особливостями організації процесів розподіленої обробки інформації для оволодіння сучасними підходами та інструментами для раціональної експлуатації паралельних та розподілених комп'ютерних систем. <i>Цілі:</i> забезпечити знайомство студентів з загальною теорією методів паралельних та розподілених обчислень і сформуванню навички їх практичного використання; навчити студента вибирати і обґрунтувати методи розв'язування задач за допомогою паралельного виконання

	<p>програм, вказувати область їх застосування, записувати алгоритм розв'язування, реалізувати його на персональному комп'ютері</p>
Література для вивчення дисципліни	<p>1) В. Ю. Вінник. Алгоритмічні мови та основи програмування: мова С. Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2007. 328 ст.</p> <p>2) Рольщиков В. Б. Технології розподілених систем та паралельних обчислень. Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ 2016.155 ст.</p> <p>3) Chandra, R., Dagum, L., Kohr, D., Maydan, D., McDonald, J., and Melon, R. (2000). Parallel Programming in OpenMP. San-Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers.</p> <p>4) OpenMP Common Core: Making OpenMP Simple Again – Tim Mattson, Helen He, Alice Koniges (2019).</p> <p>5) William Gropp Ewing Lusk, Anthony Skjellum. Using MPI, third edition: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface (Scientific and Engineering Computation) Paperback – November 7, 2014</p> <p>6) Петренко А. І. Практикум з ґрид-технологій : навчальний посібник / А. І. Петренко, С. Я. Свістунов, Г. Д. Кисельов. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 580 ст.</p> <p>7) Edward Kandrot. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming. Michigan, April 2012.</p> <p>8) Ruud van der Pas, Eric Stotzer and Christian Terboven. Using OpenMP – The Next Step, 2017.</p> <p>9) Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 ст.</p> <p>10) Barbara Chapman, Gabriele Jost, Ruud van der Pas. Using OpenMP: portable shared memory parallel programming (Scientific and Engineering Computation). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press., 2008. - 353 pp</p> <p>11) HTCondor Version 10.2.1 Manual. Available at: https://htcondor.readthedocs.io/en/latest/index.html</p>
Обсяг курсу	<p>Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 56 год.</p>
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати: основні положення, що лежать в основі паралельних та розподілених обчислень, концепції сучасного програмування сучасні підходи до організації розподілених обчислень, архітектури розподілених обчислювальних систем і особливості організації процесів розподіленої обробки інформації. Мати навички створення та відлагодження паралельних та розподілених програм. Володіти методами і засобами програмного забезпечення для паралельних і розподілених комп'ютерних систем;</p> <p>вміти: застосовувати знання для розв'язування прикладних задач, а саме керувати та реалізувати взаємодію процесів, моделювати паралельні обчислення, створювати та налагоджувати паралельні та розподілені програми, здійснювати побудову паралельних алгоритмів, створювати програми із застосуванням багатьох процесів (потоків). Реалізувати синхронні або асинхронні варіанти паралельних процесів з використанням бібліотек MPI / OpenMP / CUDA, за допомогою стандартних засобів мови програмування С.</p> <p>Після вивчення даного курсу «Паралельні та розподілені обчислення» здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та</p>

	<p>Програмних результатів навчання:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.</p> <p>ФК26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.</p> <p>ФК27. Здатність використовувати для розробки програмного забезпечення перспективні засоби та технології, зокрема, науки про дані, штучного інтелекту, IoT, вбудованих систем тощо.</p> <p>ФК29. Здатність здійснювати розробку програмного забезпечення використовуючи сучасні парадигми програмування.</p> <p>ПРН5. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПРН7. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <p>ПРН13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.</p> <p>ПРН26. Знати та вміти застосовувати засоби інженерії програмного забезпечення для реалізації проєктів з використанням технологій науки про дані та штучного інтелекту.</p>
Ключові слова	Паралельні обчислення, розподілені системи, процеси, паралельне програмування, паралельне опрацювання даних, OpenMP, MPI, CUDA, HTCCondor, GRID-технології..
Формат курсу	Очний
Теми	<p>Тема 1. <i>Основні поняття паралельних обчислень та розподілених систем.</i></p> <p>Тема 2. <i>Основні елементи OpenMP. Структура програми OpenMP. Директиви компілятора. Конструкції для створення та управління потоками.</i></p> <p>Тема 3. <i>Конструкції для синхронізації потоків в OpenMP. Замки</i></p> <p>Тема 4. <i>Функції часу виконання OpenMP. Функції середовища виконання. Змінні оточення.</i></p> <p>Тема 5. <i>Завдання (Task) в OpenMP. Огляд стандартів 2.5, 3.0, 3.1, 4.0, 4.5, 5.0 та 5.1.</i></p> <p>Тема 6. <i>Підхід до реалізації паралельних обчислень на основі MPI. Основні поняття MPI.</i></p> <p>Тема 7. <i>Обміни повідомленнями між процесами в MPI.</i></p> <p>Тема 8, 9. <i>Комунікаційні режими в MPI. Колективні операції передачі даних. Синхронізація процесів. Колективні комунікаційні операції..</i></p> <p>Тема 10. <i>Глобальні обчислювальні операції над розподіленими даними в MPI. Користувацькі функції. Комунікатори і групи процесів.</i></p> <p>Тема 11. <i>Типи даних MPI. Похідні типи даних. Функції упаковки та розпакування даних. Функції декартових топологій.</i></p>

	<p>Тема 12. <i>Технологія CUDA. Реалізація неграфічних обчислень на графічних процесорах.</i></p> <p>Тема 13. <i>CUDA C. Основи програмування.</i></p> <p>Тема 14. <i>Розподілені системи.</i></p> <p>Тема 15. <i>Розподілені обчислення.</i></p> <p>Тема 16. <i>Високопродуктивні обчислювальні системи.</i></p>																																																																			
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру																																																																			
Пререквізити	<p>Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вища математика; - дискретна математика; - основи програмування; - алгоритмізація і програмування; - об'єктно-орієнтоване програмування; - алгоритми і структури даних; - методи та технології обчислень. 																																																																			
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).																																																																			
Необхідне обладнання	Комп'ютери із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.																																																																			
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Змістовий модуль 1: 25% семестрової оцінки за виконання модульного завдання (есе, тест, написання програми, тощо). • Змістовий модуль 2: 25% семестрової оцінки за виконання модульного завдання (есе, тест, написання програми, тощо). • Виконання лабораторних робіт: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. <p>Залік: підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="16">Поточне тестування та самостійна робота</th> <th rowspan="2">Сума</th> </tr> <tr> <th colspan="8">Змістовий модуль 1, лабораторні роботи</th> <th colspan="8">Змістовий модуль 2, лабораторні роботи</th> </tr> <tr> <th>T1</th><th>T2</th><th>T3</th><th>T4</th><th>T5</th><th>T6</th><th>T7</th><th>T8</th> <th>T9</th><th>T10</th><th>T11</th><th>T12</th><th>T13</th><th>T14</th><th>T15</th><th>T16</th> <th rowspan="2">100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td> <td>4</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання</p>	Поточне тестування та самостійна робота																Сума	Змістовий модуль 1, лабораторні роботи								Змістовий модуль 2, лабораторні роботи								T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	100	2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	
Поточне тестування та самостійна робота																Сума																																																				
Змістовий модуль 1, лабораторні роботи								Змістовий модуль 2, лабораторні роботи																																																												
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	100																																																				
2	2	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3																																																					

	<p>в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали за виконання лабораторних робіт. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<p>Основні поняття паралельних обчислень та розподілених систем. Огляд основних понять паралельних обчислень та розподілених систем. Бібліотека OpenMP: історія розвитку, ключові поняття, базові функції та конструкції.</p> <p>Основні елементи OpenMP. Структура програми OpenMP. Директиви компілятора. Конструкції для створення та управління потоками.</p> <p>Конструкції розподілення роботи між потоками. Конструкції для управління роботи з даними. Приклади паралельних реалізацій множення матриць та векторів.</p> <p>Конструкції для синхронізації потоків в OpenMP. Замки. Огляд директив синхронізації потоків. Синхронізація за допомогою технології замків. Види замків та принципи їх роботи. Приклади застосування замків для синхронізації потоків.</p> <p>Функції часу виконання OpenMP. Функції середовища виконання. Змінні оточення.</p> <p>Замір часу виконання паралельної програми. Огляд основних функцій середовища виконання OpenMP програми. Огляд основних змінних оточення середовища OpenMP, приклади застосування. Паралельний розв'язок СЛАР методом Гауса.</p> <p>Завдання (Task) в OpenMP. Огляд стандартів 2.5, 3.0, 3.1, 4.0, 4.5, 5.0 та 5.1. Огляд завдань (tasks) для організації паралельного виконання програми. Опції для роботи з завданнями, директиви синхронізації виконання завдань</p> <p>Огляд нововведень у стандартах OpenMP 2.5, 3.0, 3.1, 4.0, 4.5, 5.0 та 5.1.</p> <p>Підхід до реалізації паралельних обчислень на основі MPI. Основні поняття MPI.</p> <p>Стандарти MPI та його реалізації. Основні поняття MPI, приклад MPI програми. Типи даних MPI, функції визначення часу виконання MPI програми. Структура програми, що використовує інтерфейс MPI. Функція MPI_Init. Функція MPI_Finalize. Функції MPI_Comm_size і MPI_Comm_rank. Функція MPI_Abort.</p>

	<p>Обміни повідомленнями між процесами в MPI. Комунікації точка-точка. Блокуюча передача. Блокуючий прийом. Бар'єрна синхронізація. Функція MPI_Sendrecv. Комунікаційні режими в MPI. Колективні операції передачі даних. Синхронізація процесів. Колективні комунікаційні операції. Комунікаційні режими з блокуванням та без блокування. Використання блокуючих операцій комунікації. Використання передачі по готовності. Неблокуючий обмін. Об'єднання запитів на прийом/відправлення повідомлень. Глобальні обчислювальні операції над розподіленими даними в MPI. Користувацькі функції. Комуникатори і групи процесів. Функції виконання глобальних обчислювальних операцій. Комуникатори і групи процесів. Функції для роботи з існуючими групами. Функції для створення та знищення груп та комуникаторів. Приклади паралельних реалізацій. Типи даних MPI. Похідні типи даних. Функції упаковки та розпакування даних. Функції декартових топологій. Огляд основних типів даних в MPI. Приклади застосування функцій упаковки та розпаковки. Віртуальні топології, функції декартових топологій, приклади реалізацій. Технологія CUDA. Реалізація неграфічних обчислень на графічних процесорах. GPGPU. Технологія CUDA. Інструменти CUDA. CUDA Toolkit. Огляд архітектур графічних процесорів NVidia. CUDA C. Основи програмування. Основи програмування мовою CUDA C. Типи обчислювальних систем. Основні терміни. Модель пам'яті CUDA. Основні функції CUDA C. Практичне застосування інструментів CUDA C. Високопродуктивні обчислювальні системи. Кластери паралельних та розподілених обчислень. Приклади застосувань паралельних обчислень. Комп'ютерні кластери. Кластер лабораторії високопродуктивних обчислювальних систем. HTCondor. Розгортання та огляд. Виконання завдань. Доступні реалізації: MPI, Java, Python, Docker, VM застосунки. Інтерфейс командного рядка. Адміністрування.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

**Схема курсу “Паралельні та розподілені обчислення”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Основні поняття паралельних обчислень та розподілених систем. Огляд основних понять паралельних обчислень та розподілених систем. Бібліотека OpenMP: історія розвитку, ключові поняття, базові функції та конструкції.	Лекція	[1], [2], [3], [4], [5] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Вступне заняття. Техніка безпеки, перевірка обладнання та налаштування програмного забезпечення. Робота в навчальному кластері. Послідовна версія програм.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Основні елементи OpenMP. Структура програми OpenMP. Директиви компілятора. Конструкції для створення та управління потоками. Конструкції розподілення роботи між потоками. Конструкції для управління роботи з даними. Приклади паралельних реалізацій множення матриць та векторів	Лекція	[1], [4], [8], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1. Основні конструкції OpenMP програм.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Конструкції для синхронізації потоків в OpenMP. Замки. Огляд директив синхронізації потоків. Синхронізація за допомогою технології замків. Види замків та принципи їх роботи. Приклади застосування замків для синхронізації потоків	Лекція	[1], [4], [8], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Паралельні цикли в OpenMP програмах.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Функції часу виконання OpenMP. Функції середовища виконання. Змінні оточення. Замір часу виконання паралельної програми. Огляд основних функцій середовища виконання OpenMP програми. Огляд основних змінних оточення середовища OpenMP, приклади застосування. Паралельний розв'язок СЛАР методом Гауса.	Лекція	[1], [4], [8], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.3. Синхронізація в OpenMP програмах.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Завдання (Task) в OpenMP. Огляд	Лекція	[1], [4], [8], [10]	2	кінець

	стандартів 2.5, 3.0, 3.1, 4.0, 4.5, 5.0 та 5.1. Огляд завдань (tasks) для організації паралельного виконання програми. Опції для роботи з завданнями, директиви синхронізації виконання завдань Огляд нововведень у стандартах OpenMP 2.5, 3.0, 3.1, 4.0, 4.5, 5.0 та 5.1.		Сайт курсу		поточного тижня
5	Лаб.4. Реалізація LU-розкладу матриці за допомогою завдань (tasks) в OpenMP програмах.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Підхід до реалізації паралельних обчислень на основі MPI. Основні поняття MPI. Стандарти MPI та його реалізації. Основні поняття MPI, приклад MPI програми. Типи даних MPI, функції визначення часу виконання MPI програми. Структура програми, що використовує інтерфейс MPI. Функція MPI_Init. Функція MPI_Finalize. Функції MPI_Comm_size і MPI_Comm_rank. Функція MPI_Abort.	Лекція	[1], [7], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Лаб.5. Реалізація алгоритмів сортування засобами OpenMP.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Обміни повідомленнями між процесами в MPI. Комунікації точка-точка. Блокуюча передача. Блокуючий прийом. Бар'єрна синхронізація. Функція MPI_Sendrecv.	Лекція	[1], [7], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лаб. 6. Комунікації «точка-точка»: прості блокувані обміни.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Комунікаційні режими в MPI. Колективні операції передачі даних. Комунікаційні режими з блокуванням та без блокування.	Лекція	[1], [5], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Синхронізація процесів. Колективні комунікаційні операції. Використання блокуючих операцій комунікації. Використання передачі по готовності. Неблокуючий обмін. Об'єднання запитів на прийом/відправлення повідомлень.	Лекція	[1], [5], Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
9	Лаб.7. Комунікації «точка-точка». Неблокуючі передачі в MPI.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Глобальні обчислювальні операції над розподіленими даними в MPI. Користувацькі функції. Комунікатори і групи процесів. Функції виконання глобальних обчислювальних операцій. Комунікатори і групи процесів. Функції для роботи з існуючими групами. Функції для створення та знищення	Лекція	[1], [5], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

	груп та комунікаторів. Приклади паралельних реалізацій.				
10	Лаб.8. Колективні функції.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Типи даних MPI. Похідні типи даних. Функції упаковки та розпакування даних. Функції декартових топологій. Огляд основних типів даних в MPI. Приклади застосування функцій упаковки та розпаковки. Віртуальні топології, функції декартових топологій, приклади реалізацій.	Лекція	[1], [5], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Лаб.9. Групи і комунікатори.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Технологія CUDA. Реалізація неграфічних обчислень на графічних процесорах. GPGPU. Технологія CUDA. Інструменти CUDA. CUDA Toolkit. Огляд архітектур графічних процесорів NVidia.	Лекція	[1], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Лаб.10. Отримання інформації про GPU з підтримкою CUDA.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	CUDA C. Основи програмування. Основи програмування мовою CUDA C. Типи обчислювальних систем. Основні терміни. Модель пам'яті CUDA. Основні функції CUDA C. Практичне застосування інструментів CUDA C.	Лекція	[1], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Лаб.11. Реалізація Single-Precision A·X Plus Y за допомогою CUDA C API.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня Сайт курсу: https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=189 тижня
14	Розподілені системи. Кластери паралельних та розподілених обчислень. Приклади застосувань паралельних обчислень.	Лекція	[2], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Лаб.12. Реалізація паралельного множення матриць за допомогою CUDA C API.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Розподілені обчислення. Комп'ютерні кластери. Кластер лабораторії високопродуктивних обчислювальних систем. HTCondor. Знайомство та розгортання системи. Завдання. Знайомство з доступними API. Використання з MPI застосунками.	Лекція	[2], [9], [11], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Лаб. 13. Знайомство з HTCondor. Розгортання та робота із MPI застосунками.	Лабораторна робота	[11], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Високопродуктивні обчислювальні системи. Виконання складних паралельних	Лекція	[2], [9], [11], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

	обчислень на кластері лабораторії високопродуктивних обчислювальних систем. Java, Python реалізації в HTCondor. Адміністрування в HTCondor.				
16	Підсумкове заняття ЗМ 2	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

Сайт курсу: <https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=189>