

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра прикладної математики

Затверджено

На засіданні
кафедри прикладної математики
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № _____ від _____ 2020 р.)

Завідувач кафедри Савула Я. Г.

Силабус з навчальної дисципліни
“Чисельні методи математичної фізики”,
що викладається в межах ОПП Системний аналіз
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 124 – системний аналіз

Львів 2020 р.

Назва дисципліни	Чисельні методи математичної фізики
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра прикладної математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 124 – системний аналіз
Викладачі дисципліни	Дияк Іван Іванович, професор кафедри прикладної математики Турчин Юлія Ігорівна, доцент кафедри прикладної математики, Стягар Андрій Орестович, доцент кафедри прикладної математики
Контактна інформація викладачів	ivan.dyyak@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/dyyak ; yuliya.turchyn@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/turchyn ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 278. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/course1/
Інформація про дисципліну	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам знання принципів скінченно елементного аналізу(СЕА), як необхідного інструменту у вигляді програмного забезпечення в інженерному проектуванні, а також у багатьох інших галузях науки та техніки. Тому у курсі представлено застосування МСЕ до лінійних стаціонарних і нестаціонарних задач, а також задач на власні значення. Основну частину курсу займає розгляд практичних і теоретичних аспектів МСЕ та його основних програмних реалізацій.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Чисельні методи математичної фізики” є нормативною дисципліною з спеціальності 124 – системний аналіз для освітньої програми Системний аналіз, яка викладається в 8-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни “Чисельні методи математичної фізики” є освоєння студентами теоретичних і практичних основ МСЕ та МГЕ та принципів розробки програмного забезпечення для їх реалізації на робочих станціях і кластерах.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ярема Савула. Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами. Львів, Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004 – 221с. https://ami.lnu.edu.ua/academics/library 2. Brenner S.C., Scott L.R. The Mathematical Theory of Finite Element Methods. Springer-Verlag New York Inc., 1994 – 294 pp. 3. Smith B., Bjorstad P., Gropp W. Domain Decomposition. Cambridge University Press, 1996 – 224 pp. 4. Akin J. E. Finite Element Analysis with Error Estimators. Elsevier, 2006. – 447pp. 5. Zienkiewicz O. C. The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis. Oxford: Butterworth & Heinemann, 2002. - 688 p

	<p>6. Nguyen D. Finite element methods: Parallel-Sparse Statics and Eigen- Solutions.– Springer, 2006–534p.</p> <p>7. Schanz M., Steinbach O.(Eds.) Boundary Element Analysis. Mathematical Aspects and Applications.– Springer, 2007–424p.</p> <p>8. https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/</p> <p>9. https://freefem.org/</p> <p>10. https://fem-code.com/</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 70 год., з них 42 год. Лекцій та 28 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 50 год.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Додатні, додатно визначені оператори, формули Гріна; - Задачу про мінімум функціоналу, узагальнений розв'язок; - Головні та природні крайові умови; - Метод Рітца, метод Бубнова-Гальоркіна; - Метод зважених залишків, метод граничних елементів; - Апроксимації на скінченних елементах: лагранжеві, ермітові одновимірні апроксимації. апроксимації на трикутниках, двовимірні ізопараметричні апроксимації, просторові апроксимації на тетраедрах та паралелепіпедах; - Апріорні оцінки похибки МСЕ; - Задачі на власні значення, мінімаксимальний принцип Куранта; - Напівдискретні апроксимації Гальоркіна для параболічних початково-крайових задач; - Альтернувальний метод Шварца, МДО без налягання областей. <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Будувати схеми МСЕ для задачі Штурма-Ліувілля; - Будувати схеми МСЕ для рівняння Пуассона у двовимірному випадкові; - Будувати ізопараметричні апроксимації МСЕ для еліптичних задач; - Будувати напівдискретні апроксимації для нестационарних задач; - Реалізовувати схеми МСЕ на сучасних комп'ютерах з використанням підходів паралелізації.
Ключові слова	Варіаційні методи, МСЕ, МГЕ, методидекпозиції області, адаптивні алгоритми, програмна реалізація МСЕ
Формат курсу	<p>Очний, дистанційний</p> <p>Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.</p> <p>Ознайомлення з Internet курсами по МСЕ</p> <p>Open University courses: https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-finite-element-analysis/content-section-1</p> <p>або eDX courses: High Performance Finite Element Modeling https://www.edx.org/course/high-performance-finite-element-modeling?source=aw&awc=6798_1587147662_7cb82852a251632f8bb9ad32b97285a1&utm_source=aw&utm_medium=affiliate_partner&utm_content=text-link&utm_term=301045 https://www.class-central.com/%2F</p> <p>або COURSERA courses: https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/exam/sO3rZ/unit-2-quiz</p>

Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вступ. Предмет курсу. Комп'ютерні CAD/CAM технології. Варіаційні методи. Додатні і додатно визначенні оператори. 2. Задача про мінімум квадратичного функціоналу. Головні та природні граничні умови. Задачі з неоднорідними умовами. 3. Метод Рітца. Метод скінченних елементів. Слабкий розв'язок крайової задачі. Абстрактна варіаційна задача. Метод Бубнова-Гальоркіна. 4. Апроксимації на скінченних елементах. Апроксимації ермітового типу, апроксимації функціями-бульбашками. 5. Апроксимації на трикутниках. Апроксимації на тетраедрах. Ізопараметричні апроксимації. 6. Методи зважених залишків, як основа методів скінченних і граничних елементів. Методи граничних елементів. 7. Априорна оцінка точності. Априорна оцінка точності за Нітше. 8. Крайові задачі для рівняння Пуассона. Схема МСЕ побудована на ізопараметричних апроксимаціях. 9. Задачі на власні значення. Дискретний спектр оператора Штурма – Ліувілля. 10. Метод Рітца в задачах на власні значення. Похибки власних значень і власних функцій. 11. Варіаційне формулювання параболічної задачі. Напівдискретні апроксимації Гальоркіна. Стійкість і збіжність напівдискретних апроксимацій. Дискретизація варіаційної задачі за часом. 12. Адаптивні схеми МСЕ та МГЕ. 13. Методи декомпозиції області. Альтернуючий метод Шварца. 14. Метод скінченних елементів "розривів-зв'язків". 15. Проблеми програмної реалізації.
Підсумковий контроль, форма	Комбінований залік і екзамен у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з <ul style="list-style-type: none"> - Чисельних методів; - Програмування; - Функціонального аналізу достатніх для сприйняття категоріального апарату методів скінченних і граничних елементів.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції Індивідуальні завдання Групові проекти, менторство
Необхідне обладнання	Комп'ютер із програмним забезпеченням Visual Studio 2017/2019, Internet доступ до обчислювального кластера.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • індивідуальні завдання : 35% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 35 • ознайомлення з безкоштовними курсами по МСЕ в Internetі з виконанням індивідуальних завдань: 15% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 15 • екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 Підсумкова максимальна кількість балів 100. Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають одну письмову

	<p>роботу (тест з теоретичних завдань) і звіт про виконання проекту.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента 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 практичні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, 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 тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. 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>Симетричні, додатно визначені оператори. Теорема про функціонал енергії. Метод Рітца. Слабкий розв'язок крайової задачі. Метод Бубнова-Гальоркіна. Функції апроксимації в МСЕ. Особливості ізопараметричних апроксимацій. Апріорні оцінки похибки. Схеми МСЕ для рівняння Пуассона. Властивості спектра оператора. Мінімаксимальний принцип Куранта. Похибки власних чисел і власних значень. Варіаційне формулювання параболічної задачі. Стійкість напівдискретних апроксимацій. Дискретизація задачі за часом. Адаптивні схеми МСЕ. Методи декомпозиції області.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>