

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

Затверджено

На засіданні
кафедри інформаційних систем
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2020 р.)



Завідувач кафедри Г.А. Шинкаренко

Силабус з навчальної дисципліни

Чисельне моделювання у проблемах взаємодії фізико-механічних полів,

**що викладається в межах ОНП Прикладна математика
третього (аспірантського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 113 – прикладна математика**

Львів 2020р.

Назва дисципліни	Чисельне моделювання у проблемах взаємодії фізико-механічних полів
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 інформаційних систем (ІС)
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – математика та статистика 113 – прикладна математика
Викладачі дисципліни	Шинкаренко Георгій Андрійович, професор кафедри інформаційних систем
Контактна інформація викладачів	heorhiy.shynkarenko@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 260. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю) та згідно розкладу консультацій.
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/employee/shynkarenko
Інформація про дисципліну	Курс надає знання принципів побудови проекційно-сіткових схем та їх реалізації для наукових та інженерних обчислень у проблемах взаємодії фізичних та механічних полів, зокрема, у застосуваннях термопружності, термогідроакустики, пезо- і піроелектрики.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Чисельне моделювання у проблемах взаємодії фізико-механічних полів” є вибірковою дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми, яка викладається в 4-му семестрі в обсязі 3-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення цієї дисципліни є освоєння аспірантами теоретичних і практичних основ консервативних проекційно-сіткових схем, принципів розробки програмного забезпечення для їх реалізації та способів аналізу результатів числових експериментів
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трушевський В.М., Шинкаренко Г.А., Щербина Н.М. Метод скінченних елементів і штучні нейронні мережі. Теоретичні аспекти і застосування. Львів, Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2014 – 396 с. 2. Шинкаренко Г.А. Проекційно-сітково методи розв’язування початково-крайових задач. Київ, НМКВО, 1991. – 88 с. 3. Ignaczak J. Thermoelasticity with finite wave speeds/J. Ignaczak, M. Ostoj-Starzewski. – New York: Oxford University Press Inc., 2010. –412p. 4. V.V. Stelmashchuk, H.A. Shynkarenko. Well-Posedness of the Lord–Shulman Variational Problem of Thermopiezoelectricity. Journal of Mathematical Sciences, – 2019. – Vol. 238. – No 2. – pp. 139-153. 5. Gockenbach M.S. Understanding and Implementing the Finite Element Method. SIAM, 2006. – 380 pp. 6. Zienkiewicz O. C. The Finite Element Method. Vol. 1: The Basis. Oxford: Butterworth & Heinemann, 2002. - 688 p

	<p>7. STELMASHCHUK V.V., SHYNKARENKO H.A.: Numerical solution of Lord-Shulman thermopiezoelectricity forced vibrations problem Journal of Computational & Applied Mathematics. – 2016. – No. 2. – P. 106-119. ISSN: 0868-6912.</p> <p>8. CHYR I.A., SHYNKARENKO H.A.: Well-posedness of the Green-Lindsay variational problem of dynamic thermoelasticity, Math. Methods, and Physical and Mechanical Fields. 2016, 58 (3), 15-25. ISSN 0130–9420. (In Ukrainian)</p> <p>9. Bermudez A. Two discretization schemes for a time-domain dissipative acoustics problem / A. Bermudez, R. Rodrigues, D. Santamarina // Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. – 2006. – Vol. 16, Issue 10. – Pp. 1559-1598.</p> <p>10. https://freefem.org/</p> <p>11. https://fem-code.com/</p> <p>12. Scilab www.scilab.org</p>
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 90 годин, з них 32 год. лекцій та 16 год. практичних. Самостійної роботи: 42 год.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу аспірант буде :</p> <p>Знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Лінійні оператори і функціонали в гільбертових просторах; - Крайова та початково-крайова задачі для систем рівнянь в частинних похідних. Приклади механіки суцільного середовища. - Варіаційна задача. Простори допустимих функцій, білінійна і лінійна форми, неперервність, V-еліптичність і коерцитивність. - Закони збереження маси, руху, імпульсу, енергії. Рівняння балансу. Єдиність, регулярність та обмеженість розв'язку задачі. - Коректність стаціонарної варіаційної задачі, теорема Лакса-Мільграма-Вишика; - Апроксимації Рітца-Гальоркіна та методу скінченних елементів (МСЕ). Базисні функції просторів апроксимацій МСЕ. Інтерполяційні властивості апроксимацій МСЕ. Апріорні оцінки похибки та збіжність апроксимацій МСЕ. - Початково-крайові та варіаційні задачі для гіперболо-параболічних систем рівнянь, рівняння балансу та наслідки з них. - Напівдискретні апроксимації Гальоркіна. - Однокрокові рекурентні схеми інтегрування в часі, їх стійкість та збіжність. <p>Вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Будувати апроксимації МСЕ для еліптичних задач; - Будувати напівдискретні апроксимації для нестационарних задач; - Реалізовувати схеми МСЕ з використанням сучасних технологій та середовищ обчислень; - Аналізувати результати числових експериментів.
Ключові слова	Варіаційні методи, МСЕ схеми інтегрування в часі, програмна реалізація
Формат курсу	<p>Очний, дистанційний</p> <p>Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.</p> <p>Ознайомлення з Internet курсами з питань МСЕ</p> <p>Open University courses:</p> <p>https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-finite-element-analysis/content-section-1</p> <p>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%3A%2F%2Fwww.class-central.com%2F</p>

	або COURSERA courses: https://www.coursera.org/learn/finite-element-method/exam/sO3rZ/unit-2-quiz
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вступ. Мета та завдання курсу. Організація курсу. Комп'ютерні технології наукових та інженерних обчислень. 2. Варіаційне формулювання крайових та початково-крайових задач для систем рівнянь в часткових похідних в гільбертових просторах. Рівняння балансу. Єдиність, регулярність та обмеженість розв'язків. 3. Дискретизація варіаційних задач. Метод Гальоркіна. Метод скінченних елементів 4. Апріорні оцінки похибок апроксимацій МСЕ. Збіжність послідовності апроксимацій МСЕ. 5. Варіаційне формулювання еволюційних варіаційних задач. Рівняння балансу. 6. Напівдискретні апроксимації Гальоркіна. Стійкість і збіжність напівдискретних апроксимацій. 7. Дискретизація варіаційних задач за часовою змінною. Однокрокові рекурентні схеми інтегрування в часі з лінійними та квадратичними апроксимаціями. Рівняння балансу та можливі порушення механізму обміну енергією між полями взаємодії. 8. Стійкість та збіжність рекурентних схем. Безумовно стійкі схеми. Вибір параметрів схеми 9. Проблеми комп'ютерного моделювання, обчислювальний експеримент.
Підсумковий контроль, форма	Екзамен у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу аспіранти потребують базових знань з курсів: Чисельні методи; Програмування; Функціональний аналіз. Диференціальні рівняння
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції Індивідуальні завдання
Необхідне обладнання	Комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням та internet доступом.
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"> • індивідуальні завдання : 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 • екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що аспіранти підготують реферат з теоретичними засадами курсу та результатами своїх індивідуальних завдань.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи слухачів будуть їх оригінальними дослідженнями та міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел. Виявлення ознак академічної</p>

	<p>недоброчесності в рефераті є підставою для незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що аспіранти відвідають лекції та лабораторні заняття курсу. Аспіранти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів індивідуальних завдань, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку аспіранти 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 на поточних заняттях, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність аспіранта під час лабораторних робіт; недопустимість пропусків та запізнь на заняття без поважних причин; плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до заліку чи екзамену.	<p>Початково-крайові та відповідні їм варіаційні задачі фізик та механіки суцільного середовища: термопружності, термогідроакустики, пьезо- і піроелектрики</p> <p>Рівняння балансу енергії, маси, імпульсу. Наслідки з них</p> <p>Коректність формулювання варіаційних задач.</p> <p>Метод скінченних елементів. Оцінки похибок і збіжність апроксимацій МСЕ.</p> <p>Напівдискретні апроксимації МСЕ за просторовими змінними. Рівняння балансу напівдискретизованих задач. Похибки напівдискретизації МСЕ.</p> <p>Однокрокові рекурентні схеми (ОРС) інтегрування за часовою змінною.</p> <p>Рівняння балансу цілком дискретизованої задачі та його наслідки стосовно єдиності розв'язку. Стійкість ОРС, оцінки похибок та збіжність.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>