

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

Оновлено та затверджено
на засіданні
кафедри прикладної математики
факультету прикладної математики та
інформатики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 5 від 19.11 2023 р.)



Завідувач кафедри

Юрій ЯЩУК

Силабус з навчальної дисципліни
«Математичне моделювання та симуляції»,
що викладається в межах ОНП Прикладна математика
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
з спеціальності 113 – прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Математичне моделювання та симуляції
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	11 – математика та статистика 113 – прикладна математика
Викладачі дисципліни	Стягар Андрій Орестович, доцент кафедри прикладної математики
Контактна інформація викладачів	andriy.styahar@lnu.edu.ua ; https://ami.lnu.edu.ua/employee/styahar-a-o ; 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/course/matematychno-modeliuvannia-ta-symuliatsii-pm-1-9
Інформація про дисципліну	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам знання практичних аспектів застосування числових методів та здобути навички застосування числових методів у прикладних задачах та розробки проектів з їх використанням. Тому у курсі представлено огляд числових методів для розв'язування задач математичної фізики, розглянуто метод спектральних елементів та інші методи високого порядку, продемонстровано застосування числових методів на прикладі задач сейсмології
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Математичне моделювання та симуляції» є вибірковою дисципліною з спеціальності 113 – прикладна математика для освітньої програми Прикладна математика, яка викладається в 11му семестрі в обсязі 4,5 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Математичне моделювання та симуляції» є освоєння студентами основних принципів застосування числових методів до розв'язування прикладних задач математичної фізики.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pozrikidis C. Introduction to Finite and Spectral Element Methods with Matlab, 2nd edition. CRC Press, 2014. – 793 pp. 2. Lohner R. Applied Computational Fluid Dynamics Techniques: an Introduction Based on Finite Element Methods. Wiley, 2008 – 519 pp. 3. Igel, H. Computational Seismology: a Practical Introduction. Oxford University Press, 2017. – 323 pp. 4. Quarteroni A. Numerical Models for Differential Problems. MS&A. Springer, 2009. – 601 pp. 5. Shearer P. Introduction to Seismology. Cambridge University Press, 2009. – 396 pp. 6. F. di Michele, A. Styahar, D. Pera, J. May, R. Aloisio, B. Rubino, P. Marcati. Fault shape effect on SH waves using finite element method, Springer, Journal of Seismology, 26 (2022), pp. 417-437, doi: https://doi.org/10.1007/s10950-022-10075-y

	7. F. di Michele, D. Pera, J. May, V. Kastelic, M. Carafa, A. Styahar, B. Rubino, R. Aloisio, P. Marcati. On the possible use of the not-honoring method to include a real thrust into 3D physical based simulations, 21st International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA), 13-16 September 2021, Cagliari, Italy, pp. 268-275, DOI 10.1109/ICCSA54496.2021.00044
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 135 годин. Аудиторних занять: 48 год., з них 32 год. лекцій та 16 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 87 год.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде : Знати: <ul style="list-style-type: none"> - Основи методу спектральних елементів - Числові схеми для різних прикладних задач - Переваги та недоліки застосування числових методів - Структуру проектів методу спектральних та скінченних елементів - Основи зв'язку між неперервними та дискретизованими варіантами прикладних задач - Базові математичні моделі, що застосовуються для моделювання землетрусів Вміти <ul style="list-style-type: none"> - Розробляти комп'ютерне забезпечення для числового розв'язування крайових задач - Проводити симуляції та аналізувати отримані результати програм - Обирати числовий метод для розв'язування прикладних задач - Правильно проводити валідацію та верифікацію алгоритмів
Ключові слова	Метод скінченних елементів, метод спектральних елементів, математичне моделювання
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультацій.
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Огляд курсу. Математичні моделі землетрусів (4 години лекційні, 2 години лабораторні) 2. Скінченнорізницеві методи для числового розв'язування задач, які виникають при моделюванні землетрусів (4 години лекційні, 2 години лабораторні) 3. Схема МСЕ для числового розв'язування задач сейсмології (2 години лекційні, 2 години лабораторні). 4. Одновимірний метод спектральних елементів та його застосування (2 години лекційні, 2 години лабораторні). 5. Двовимірний метод спектральних елементів та його застосування (4 години лекційні, 2 години лабораторні). 6. Метод спектральних елементів для гіперболічних рівнянь (2 години лекційні). 7. Перетворення Фур'є та його застосування в сейсмології (2 години лекційні). 8. Дискретне перетворення Фур'є та його застосування (2 години лекційні, 2 години лабораторні) 9. Швидке перетворення Фур'є (2 години лекційні) 10. Обернені задачі в сейсмології (2 години лекційні) 11. Застосування паралельних обчислень та НРС для моделювання землетрусів (2 години лекційні, 2 години лабораторні) 12. Приклади симуляцій у сейсмології та аналіз результатів (4 годин лекційних, 2 години лабораторні)

Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру																																									
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з <ul style="list-style-type: none"> - чисельних методів - чисельних методів математичної фізики - рівнянь математичної фізики - програмування. 																																									
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції (лекція-розповідь, лекція-бесіда) Індивідуальні завдання																																									
Необхідне обладнання	Проектор																																									
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 : 75% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 75 (5 завдань по 15 балів, розв'язки завдань потрібно презентувати) • колоквиум: 25% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 25 (5 завдань по 5 балів) <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Оцінка за шкалою ECTS</th> <th rowspan="2">Оцінка в балах</th> <th colspan="3">Оцінка за національною шкалою</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Екзамен, диференційований залік</th> <th>залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>Відмінно</td> <td>100 - 90</td> <td>Відмінно</td> <td>5</td> <td rowspan="5">зараховано</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>Дуже добре</td> <td>81 - 89</td> <td rowspan="2">Добре</td> <td rowspan="2">4</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>Добре</td> <td>71 - 80</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>Задовільно</td> <td>61 - 70</td> <td rowspan="2">Задовільно</td> <td rowspan="2">3</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>Достатньо</td> <td>51 - 60</td> </tr> <tr> <td>FХ (F)</td> <td>Незадовільно</td> <td>0 - 50</td> <td>Незадовільно</td> <td>2</td> <td>не зараховано</td> </tr> </tbody> </table> <p>Критерії оцінювання індивідуальних завдань:</p> <p>15 балів – студент повністю виконав умови завдання, правильно розв'язавши усі задачі, бере активну участь в обговоренні задач та презентації розв'язків, відповідає на всі питання, пропонує альтернативні розв'язки;</p> <p>12-14 балів – студент виконав завдання, розв'язавши усі задачі з незначними помилками та неточностями, бере активну участь в обговоренні задач та презентації розв'язків, відповідає на всі питання;</p> <p>9-11 балів – студент виконав завдання частково, розв'язки містять помилки та неточності, бере активну участь в обговоренні задач та презентації розв'язків, відповідає на більшість питань;</p> <p>5-8 балів – студент виконав завдання частково, розв'язки містять помилки, які суттєво впливають на отриманий результат, та є</p>					Оцінка за шкалою ECTS		Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою			Екзамен, диференційований залік		залік	A	Відмінно	100 - 90	Відмінно	5	зараховано	B	Дуже добре	81 - 89	Добре	4	C	Добре	71 - 80	D	Задовільно	61 - 70	Задовільно	3	E	Достатньо	51 - 60	FХ (F)	Незадовільно	0 - 50	Незадовільно	2	не зараховано
Оцінка за шкалою ECTS		Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою																																							
			Екзамен, диференційований залік		залік																																					
A	Відмінно	100 - 90	Відмінно	5	зараховано																																					
B	Дуже добре	81 - 89	Добре	4																																						
C	Добре	71 - 80																																								
D	Задовільно	61 - 70	Задовільно	3																																						
E	Достатньо	51 - 60																																								
FХ (F)	Незадовільно	0 - 50	Незадовільно	2	не зараховано																																					

неповними, при презентації розв'язків коментарі до розв'язків є недостатніми для розуміння розв'язків;

1-4 бали – студент виконав завдання частково з грубими помилками, коментарі до розв'язків практично відсутні;

0 балів – студент не виконав завдання

Критерії оцінювання завдань на колоквиумі:

5 балів – студент повністю розкрив теоретичне завдання;

4 бали – студент розкрив теоретичне завдання з незначними помилками та неточностями;

3 бали – студент розкрив теоретичне завдання частково, міркування містять помилки та неточності;

2 бали – студент розкрив теоретичне питання частково, міркування містять помилки, які суттєво впливають на результат, коментарі є недостатніми для розуміння;

1 бал – студент практично не розкрив теоретичне питання, міркування містять грубі помилки, коментарі практично відсутні;

0 балів – студент не відповів на питання або не продемонстрував базового рівня розуміння при відповіді на питання.

Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають письмові індивідуальні завдання.

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.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом.

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.

Стратегія оцінювання. Враховуються бали набрані на 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.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Питання до колоквиуму	<p>Математичні моделі землетрусів</p> <p>Скінченнорізницеві методи для числового розв'язування задач, які виникають при моделюванні землетрусів</p> <p>Схема МСЕ для числового розв'язування задач сейсмології.</p> <p>Одновимірний метод спектральних елементів та його застосування.</p> <p>Двовимірний метод спектральних елементів та його застосування.</p> <p>Метод спектральних елементів для гіперболічних рівнянь.</p> <p>Перетворення Фур'є та його застосування в сейсмології.</p> <p>Дискретне перетворення Фур'є та його застосування</p> <p>Швидке перетворення Фур'є</p> <p>Обернені задачі в сейсмології</p> <p>Застосування паралельних обчислень та НРС для моделювання землетрусів</p> <p>Приклади симуляцій у сейсмології та аналіз результатів</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу

№	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література	Завдання	Термін виконання
1	Огляд курсу. Математичні моделі землетрусів (4 години)	Лекція	[3], [5]-[7]	Опрацювання лекційного матеріалу (4 години)	2 тижні
	Математичні моделі землетрусів Індивідуальне завдання 1 (2 години)	Лабораторна	[3], [5]-[7]	Виконання індивідуального завдання №1 (7 годин)	1 тиждень
2	Скінченнорізницеві методи для числового розв'язування задач, які виникають при моделюванні землетрусів (4 години)	Лекція	[1]-[5]	Опрацювання лекційного матеріалу (4 години)	2 тижні
	Скінченнорізницеві методи для числового розв'язування задач, які виникають при моделюванні землетрусів Індивідуальне завдання 2 (2 години)	Лабораторна	[1]-[5]	Виконання індивідуального завдання №2 (7 годин)	1 тиждень
3	Схема МСЕ для числового	Лекція	[1]-[5]	Опрацювання лекційного	1 тиждень

	розв'язування задач сейсмології (2 години)			матеріалу (2 години)	
	Схема МСЕ для числового розв'язування задач сейсмології (2 години)	Лабораторна	[1]-[5]	Виконання домашнього завдання (5 годин)	1 тиждень
4	Одновимірний метод спектральних елементів та його застосування (2 години)	Лекція	[1]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
	Одновимірний метод спектральних елементів та його застосування Індивідуальне завдання 3 (2 години)	Лабораторна	[1]	Виконання індивідуального завдання №3 (7 годин)	1 тиждень
5	Двовимірний метод спектральних елементів та його застосування (4 години)	Лекція	[1]	Опрацювання лекційного матеріалу (4 години)	2 тижні
	Двовимірний метод спектральних елементів та його застосування Індивідуальне завдання 4 (2 години)	Лабораторна	[1]	Виконання індивідуального завдання №4 (7 годин)	1 тиждень
6	Метод спектральних елементів для гіперболічних рівнянь (2 години)	Лекція	[1]-[5]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
7	Перетворення Фур'є та його застосування в сейсмології (2 години)	Лекція	[3],[5],[6]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
8	Дискретне перетворення Фур'є та його застосування (2 години)	Лекція	[3],[5],[6]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
	Дискретне перетворення Фур'є та його застосування	Лабораторна	[3],[5],[6]	Виконання індивідуального	1 тиждень

	Індивідуальне завдання 5 (2 години)			завдання №5 (7 годин)	
9	Швидке перетворення Фур'є (2 години)	Лекція	[3],[5],[6]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
10	Обернені задачі в сейсмології (2 години)	Лекція	[3]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
11	Застосування паралельних обчислень та НРС для моделювання землетрусів (2 години)	Лекція	[7]	Опрацювання лекційного матеріалу (2 години)	1 тиждень
	Застосування паралельних обчислень та НРС для моделювання землетрусів (2 години)	Лабораторна	[7]	Виконання домашнього завдання (5 годин)	1 тиждень
12	Приклади симуляцій у сейсмології та аналіз результатів (4 години)	Лекція	[1-7]	Опрацювання лекційного матеріалу (4 години)	2 тижні
	Приклади симуляцій у сейсмології та аналіз результатів Проведення колоквиуму (2 години)	Лабораторна	[1-7]	Підготовка до колоквиуму (10 годин)	1 тиждень