

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

**Затверджено**

на засіданні  
кафедри обчислювальної математики  
факультету прикладної математики та  
інформатики  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.)

Завідувач кафедри



Роман ХАПКО

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Комп'ютерне моделювання в електрооптиці»,**  
**що викладається в межах першого (бакалаврського) рівня**  
**вищої освіти для здобувачів**  
**з спеціальності 113 Прикладна математика**

Львів 2023 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Комп'ютерне моделювання в електрооптиці
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра обчислювальної математики
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	11 Математика та статистика 113 Прикладна математика
<b>Викладачі дисципліни</b>	Бешлей Андрій Володимирович, асистент кафедри обчислювальної математики, Ярмола Галина Петрівна, доцент кафедри обчислювальної математики
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:andriy.beshley@lnu.edu.ua">andriy.beshley@lnu.edu.ua</a> ; <a href="http://ami.lnu.edu.ua/employee/beshley/">http://ami.lnu.edu.ua/employee/beshley/</a> ; <a href="mailto:halyna.yarmola@lnu.edu.ua">halyna.yarmola@lnu.edu.ua</a> ; <a href="https://ami.lnu.edu.ua/employee/yarmola/">https://ami.lnu.edu.ua/employee/yarmola/</a> ; Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 262. м. Львів, вул. Університетська, 1
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю).
<b>Сторінка курсу</b>	
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Комп'ютерне моделювання в електрооптиці» є дисципліною на вибір з спеціальності 113 – прикладна математика, яка викладається в 6-му семестрі (4 кредитів ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна «Комп'ютерне моделювання в електрооптиці» охоплює наступні розділи чисельних методів: різницева апроксимація диференціальних операторів, стійкість і збіжність різницевої задачі, прості та спеціальні ітераційні методи розв'язування систем лінійних алгебричних рівнянь великої розмірності. При розгляді конкретних методів основна увага зосереджується на постановці задач, на збіжності та стійкості методів. Викладення матеріалу здійснюється з використання основних понять математичного та функціонального аналізу.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення дисципліни є освоєння студентами основ побудови, аналізу і застосування чисельних методів для розв'язування задач, які описуються рівняннями еліптичного типу. Головним завданням курсу є ознайомлення студентів із комп'ютерним моделюванням задач електрооптики, головними поняттями теорії різницевих схем, ітераційними методами систем лінійних рівнянь великої розмірності та із практичними рекомендаціями їхнього використання.
<b>Література для вивчення</b>	1. Дудикевич А.Т., Підківка Л.І. Чисельне розв'язування плоскої та осесиметричної задачі Діріхле для рівняння Пуассона у випадку

<b>дисципліни</b>	<p>складних областей. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2001. – 101 с.</p> <p>2. Цегелик Г.Г. Чисельні методи. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. І.Франка, 2004. – 408с.</p> <p>3. Гаврилюк І.П., Макаров В.Л. Методи обчислень.-К.: Вища школа, 1995.- Ч.1, Ч.2.</p> <p>4. Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. Практикум з чисельних методів. Львів: ЛНУ ім.Івана Франка, 2013.-432с.</p> <p>5. Дудикевич А.Т., Кардаш А.І., Левицька С.М. Алгоритм розв’язування тривимірної задачі Діріхле для рівняння конвекції-дифузії // Вісник ВПІ. – 2010. – Вип. 2. – С. 126–129.</p> <p>6. Dongsheng Cheng, Jianjun Chen, Guangqing Long. An Optimal Fourth-Order Finite Difference Scheme for the Helmholtz Equation Based on the Technique of Matched Interface Boundary // Discrete Dynamics in Nature and Society. – 2021. – Vol.2021. – <a href="https://doi.org/10.1155/2021/2539272">https://doi.org/10.1155/2021/2539272</a>.</p>
<b>Обсяг курсу</b>	<p>Загальний обсяг: 120 годин (аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 год. лабораторних занять; самостійної роботи: 56 год).</p>
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p><b>знати:</b> прості та складні ітераційні методи розв’язування систем лінійних алгебричних рівнянь великої розмірності,</p> <p><b>вміти:</b> застосовувати вивчені методи при розв’язуванні конкретних задач на чисельних прикладах та реалізувати їх на комп’ютерах.</p>
<b>Ключові слова</b>	<p>Задачі електрооптики, рівняння еліптичного типу, диференціальний та різницевий оператор, апроксимація, система лінійних алгебричних рівнянь, прямі та ітераційні методи, метод Гауса, метод релаксації.</p>
<b>Формат курсу</b>	<p>Очний.</p>
<b>Теми</b>	<p>Подано нижче у таблиці Схема курсу «Комп’ютерне моделювання в електрооптиці»</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	<p>Залік.</p>
<b>Пререквізити</b>	<p>Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Чисельних методів лінійної алгебри;</li> <li>- Чисельних методів</li> <li>- Функціонального аналізу;</li> <li>- Програмування.</li> </ul>
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Презентації, лекції (лекція-розповідь, лекція-бесіда). Індивідуальні завдання.</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Комп’ютер із програмним забезпеченням Visual Studio, доступ до Internet мережі.</p>
<b>Критерії</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.</p>

оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	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																
FX (F)	Незадовільно	0 - 50	Незадовільно	2	не зараховано														
<p>Впродовж семестру студент може отримати 100 балів. З них:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- індивідуальні завданн: максимальна кількість – 50 балів (5 програм по 10 балів); 50% семестрової оцінки</li> <li>- контрольна робота: максимальна кількість – 50 балів (5 теоретичних/практичних завдань по 10б); 50% семестрової оцінки.</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><b>Критерії оцінювання індивідуальних завдань:</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>10балів</th> <th>Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>10балів</b></td> <td>студент повністю виконав умови завдання, алгоритм реалізовано правильно, відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання, проводить чіткий аналіз та порівняння отриманих результатів;</td> </tr> <tr> <td><b>8-9балів</b></td> <td>студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, алгоритм реалізовано правильно, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з незначними неточностями;</td> </tr> <tr> <td><b>6-7балів</b></td> <td>студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з неточностями;</td> </tr> <tr> <td><b>3-5балів</b></td> <td>студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які частково може виправити, якщо на них вкаже викладач, на запитання відповідає з помилками, проводить аналіз отриманих результатів з помилками;</td> </tr> <tr> <td><b>1-2бали</b></td> <td>студент виконав завдання частково або з грубими помилками, які самостійно не може виправити, переважно не відповідає на запитання;</td> </tr> <tr> <td><b>0 балів</b></td> <td>студент не виконав завдання.</td> </tr> </tbody> </table>						10балів	Критерії оцінювання	<b>10балів</b>	студент повністю виконав умови завдання, алгоритм реалізовано правильно, відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання, проводить чіткий аналіз та порівняння отриманих результатів;	<b>8-9балів</b>	студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, алгоритм реалізовано правильно, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з незначними неточностями;	<b>6-7балів</b>	студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з неточностями;	<b>3-5балів</b>	студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які частково може виправити, якщо на них вкаже викладач, на запитання відповідає з помилками, проводить аналіз отриманих результатів з помилками;	<b>1-2бали</b>	студент виконав завдання частково або з грубими помилками, які самостійно не може виправити, переважно не відповідає на запитання;	<b>0 балів</b>	студент не виконав завдання.
10балів	Критерії оцінювання																		
<b>10балів</b>	студент повністю виконав умови завдання, алгоритм реалізовано правильно, відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання, проводить чіткий аналіз та порівняння отриманих результатів;																		
<b>8-9балів</b>	студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, алгоритм реалізовано правильно, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з незначними неточностями;																		
<b>6-7балів</b>	студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями, проводить аналіз отриманих результатів з неточностями;																		
<b>3-5балів</b>	студент виконав завдання частково, алгоритм реалізовано з помилками, які частково може виправити, якщо на них вкаже викладач, на запитання відповідає з помилками, проводить аналіз отриманих результатів з помилками;																		
<b>1-2бали</b>	студент виконав завдання частково або з грубими помилками, які самостійно не може виправити, переважно не відповідає на запитання;																		
<b>0 балів</b>	студент не виконав завдання.																		

**Критерії оцінювання теоретичних/практичних завдань:**

<b>10 балів</b>	<b>Критерії оцінювання</b>
<b>10 балів</b>	студент правильно виконав практичне завдання; вільно володіє навчальним матеріалом, чітко розкриває зміст теоретичних питань;
<b>7-9 балів</b>	студент виконав завдання з незначними помилками (на кінцевому етапі), але алгоритм розв'язування знає і вміє його застосовувати; добре володіє навчальним матеріалом, розкриває повністю зміст теоретичних питань з незначними неточностями;
<b>4-6 балів</b>	студент виконав завдання з помилками, алгоритм виконання, в основному, знає; володіє навчальним матеріалом на достатньому рівні, розкриває зміст теоретичних питань невичерпно та з неточностями, виникають труднощі під час аналізу матеріалу;
<b>1-3 бали</b>	студент виконав лише частину завдання або повністю, але зі значними помилками; частково знає теоретичний матеріал (основні поняття, твердження, нескладні алгоритми), розкриває зміст питань зі значними помилками;
<b>0 балів</b>	студент не володіє навчальним матеріалом і не виконав 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 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 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.

**Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані за індивідуальні завдання та контрольну роботу. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного 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.

<b>Питання до контрольної роботи.</b>	<p>Задачі електрооптики.</p> <p>Різницева апроксимація диференціальних операторів.</p> <p>Апроксимація граничних умов.</p> <p>Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Пуассона. Область складної форми.</p> <p>Різницева схема підвищеного порядку апроксимації.</p> <p>Прямі методи розв'язування СЛАР: метод Гауса та його модифікації для систем високого порядку.</p> <p>Ітераційні методи розв'язування СЛАР: метод простої ітерації, метод Якобі та Зейделя, їх збіжність.</p> <p>Ітераційні методи верхньої релаксації за точками та лініями, вибір максимального за модулем власного числа та оптимального параметру релаксації.</p> <p>Чисельне розв'язування тривимірних задач конвекції-дифузії.</p> <p>Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Гельмгольца.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

## Схема курсу «Комп'ютерне моделювання в електрооптиці»

### Лекції

Тиждень	Тема	Кількість годин	Література
1-2	Задачі електрооптики. Сітка. Шаблон. Різницеві апроксимації похідних. Різницева апроксимація диференціальних операторів. Апроксимація граничних умов.	4	[1, 2, 3]
3-4	Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Пуассона в прямокутнику та в області складної форми.	4	[1, 2, 3]
5-6	Різницева схема підвищеного порядку апроксимації.	4	[1, 2, 3]
7-8	Прямі методи розв'язування СЛАР: метод Гауса та його модифікації для систем високого порядку.	4	[1, 4]
9-10	Ітераційні методи розв'язування СЛАР: метод простої ітерації, метод Якобі та Зейделя, їх збіжність..	4	[1, 4]
11-14	Ітераційні методи верхньої релаксації за точками та лініями, вибір максимального за модулем власного числа та оптимального параметру релаксації.	8	[1, 4]
15	Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Гельмгольца.	2	[6]
16	Чисельне розв'язування тривимірних задач конвекції-дифузії.	2	[5]
	Разом	32	

## Лабораторні заняття

Тиждень	Тема	Кількість годин	Література
1-2	Різницева апроксимація похідних. Різницева апроксимація диференціальних операторів. Апроксимація граничних умов.	4	[1, 2, 3]
3-4	Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Пуассона в прямокутнику. Застосування різних прямих методів для систем різницевої рівнянь. <i>Індивідуальне завдання №1. Реалізувати метод Гауса для розв'язування різницевої апроксимації задачі Діріхле для рівняння Пуассона.</i>	6	[1, 4]
5-7	Алгоритм та особливості реалізації методів простих ітерацій та Зейделя. Дослідження збіжності та стійкості. <i>Індивідуальні завдання №2-3. Реалізувати методи простих ітерацій та Зейделя для розв'язування різницевої апроксимації задачі Діріхле для рівняння Пуассона.</i>	6	[1, 4]
8-10	Алгоритм та особливості реалізації методу верхньої релаксації за точками. Дослідження збіжності та стійкості. <i>Індивідуальне завдання №4. Реалізувати метод верхньої релаксації за точками для розв'язування різницевої апроксимації задачі Діріхле для рівняння Пуассона.</i>	6	[1, 4]
11-14	Алгоритм та особливості реалізації методу верхньої релаксації за лініями. Дослідження збіжності та стійкості. <i>Індивідуальне завдання №5. Реалізувати метод верхньої релаксації за лініями для розв'язування різницевої апроксимації задачі Діріхле для рівняння Пуассона.</i>	6	[1, 4]
15	Різницева апроксимація задачі Діріхле для рівняння Гельмгольца.	2	[6]
16	Контрольна робота.	2	
	Разом	32	

## Самостійна робота

№ з/п	Тема	Кількість годин	Література
1	Апроксимація диференціальних операторів на довільній сітці. Порядок апроксимації, збіжність, стійкість, коректність.	6	[1, 3,4]
2	Застосування різних прямих методів для систем різницевої рівнянь.	10	[1, 4]
3	Прості ітераційні методи, дослідження їх ефективності.	10	[1, 4]
4	Обчислення максимального за модулем власного числа різними методами.	5	[1]
5	Рекурентне обчислення оптимального параметру релаксації.	5	[1]
6	Метод верхньої релаксації за точками, дослідження на ефективність.	10	[1]
7	Метод верхньої релаксації за лініями, дослідження на ефективність.	10	[1]
	Разом	56	