

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра алгебри, топології та основ математики



Затверджено

На засіданні кафедри алгебри, топології та основ математики механіко-математичного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка (протокол № 1 від 29 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри проф. Банах Т.О.

Силабус з навчальної дисципліни
“Теорія складності обчислень”,
що викладається в межах освітньо-професійної програми
що викладається в межах ОПШ «Комп’ютерна алгебра,
криптологія та теорія ігор»,
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 111 “Математика”

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Теорія складності обчислень
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра алгебри, топології та основ математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – математика та статистика 111 – математика
Викладачі дисципліни	Іщук Юрій Богданович, к. ф.-м. н., доцент, доцент кафедри алгебри, топології та основ математики.
Контактна інформація викладачів	yuriy.ishchuk@lnu.edu.ua ; http://www.mmf.lnu.edu.ua/algstaff/1445 ; https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/ishchuk-yu-b Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 375. 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://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=4145
Інформація про дисципліну	Дисципліна покликана сприяти розвитку логічного, аналітичного та алгоритмічного мислення студентів і надавати студентам знання із основ теорії автоматів, алгоритмів та складності обчислень, практичні навички, необхідні для розв'язування теоретичних і практичних задач, побудови алгоритмів та оцінки їх складності.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Теорія складності обчислень” є нормативною дисципліною для студентів бакалаврату спеціальності 111 «Математика», які навчаються за освітньо-професійною програмою програм «Комп'ютерна алгебра, криптологія та теорія ігор» і викладається в третьому семестрі в обсязі 3-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення “Теорії складності обчислень” є забезпечення належної підготовки з комп'ютерної математики та її застосувань, формування особистості, розвиток інтелекту студентів та їх здатності до логічного і алгоритмічного мислення.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. Андрійчук В.І., Комарницький М.Я., Іщук Ю.Б., Вступ до дискретної математики. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 254с. 2. Alan Gibbons, Algorithmic Graph Theory, Cambridge University Press, 1985, 272 pages. 3. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest and Clifford Stein, Introduction to Algorithms, Third Edition, The MIT Press Cambridge, 2009, 1292 pages. 4. Donald E. Knuth. Fundamental Algorithms, volume 1 of The Art of Computer Programming. Addison-Wesley, 1968. Third edition, 1997. 5. Donald E. Knuth. Seminumerical Algorithms, volume 2 of The Art of Computer Programming. Addison-Wesley, 1969. Third edition, 1997. 6. Donald E. Knuth. Sorting and Searching, volume 3 of The Art of

	Computer Programming. Addison-Wesley, 1973. Second edition, 1998. 7. Klaus Wagner, Lectures on Complexity Theory, Spring Term 2016.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 90 годин. Аудиторних занять: 48 год., з них 32 год. лекційних та 16 год. практичних занять. Самостійної роботи: 42 год.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати: основні поняття теорії скінченних автоматів, реалізацію суматора натуральних чисел за допомогою скінченного автомата, властивості і структуру машини Тьюрінга, поняття поліноміального і експоненційного алгоритмів, часову оцінку алгоритмів, O-нотацію, класичні алгоритми цілочисельної арифметики та їхню складність, алгоритм Евкліда, теорему існування НСД і НСК цілих чисел, розширений алгоритм Евкліда, теорему Ламе, поняття характеристики поля, простого підполя, скінченні поля та їх зображення, властивості мультиплікативної група скінченного поля, бінарний алгоритм піднесення до степеня та його складність, типи задач та їхню звідність, означення класів P, NP, NP-повний, ймовірнісні алгоритми та відповідні класи складності.</p> <p>вміти: зображати скінченні автомати у вигляді орієнтованих графів і таблиць, знаходити мінімальні автомати, реалізувати суматор натуральних чисел як машину Тьюрінга, оцінювати довжини числа та складність класичних алгоритмів цілочисельної арифметики, шукати НСД і НСК, будувати скінченні поля, оцінювати складність алгоритмів модулярної арифметики, визначати тип задачі та зводити одну задачу до іншої, встановлювати клас складності алгоритмів.</p> <p>Загальні компетентності: ЗК-3 Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності; ЗК-6 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; ЗК-8 Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел; ЗК-9 Здатність приймати обґрунтовані рішення;</p> <p>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності: СК-1 Здатність формулювати проблеми математично та в символній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання; СК-4 Здатність конструювати формальні доведення з аксіом та постулатів і відрізняти правдоподібні аргументи від формально бездоганих; СК-5 Здатність до кількісного мислення; СК-6 Здатність розробляти і досліджувати математичні моделі явищ, процесів та систем; СК-7 Здатність застосовувати чисельні методи для дослідження математичних моделей; СК-9 Здатність застосовувати спеціалізовані мови програмування та пакети прикладних програм; СК-10 Здатність використовувати обчислювальні інструменти для чисельних і символних розрахунків. СК-13 Здатність до побудови математичних моделей прийняття оптимальних рішень в умовах конфлікту чи невизначеності.</p> <p>Результати навчання: РН-3 Знати принципи modus ponens (правило виведення логічних висловлювань) та modus tollens (доведення від супротивного) і використовувати умови, формулювання, висновки, доведення та наслідки математичних тверджень; РН-4 Розуміти фундаментальну математику на рівні, необхідному для досягнення інших вимог освітньої програми;</p>

	<p>PH-5 Мати навички використання спеціалізованих програмних засобів комп'ютерної та прикладної математики і використовувати інтернет-ресурси;</p> <p>PH-6 Знати методи математичного моделювання природничих та/або соціальних процесів;</p> <p>PH-9 Уміти працювати зі спеціальною літературою іноземною мовою;</p> <p>PH-10 Розв'язувати задачі придатними математичними методами, перевіряти умови виконання математичних тверджень, коректно переносити умови та твердження на нові класи об'єктів, знаходити й аналізувати відповідності між поставленою задачею й відомими моделями;</p> <p>PH-12 Відшуковувати потрібну науково-технічну інформацію у науковій літературі, базах даних та інших джерелах інформації;</p> <p>PH-15 Знати теоретичні основи і застосовувати алгебраїчні методи для вивчення математичних структур;</p> <p>PH-20 Розв'язувати основні математичні задачі аналізу даних; застосовувати базові загальні математичні моделі для специфічних ситуацій, мати навички управління інформацією, і застосування комп'ютерних засобів статистичного аналізу даних;</p> <p>PH-22. Вміти розробляти методи шифрування та дешифрування інформації за допомогою комп'ютерної алгебри та криптології.</p> <p>PH-23. Знати основи кодування, захисту інформації та захисту даних і застосовувати алгоритми комп'ютерної алгебри та методи криптології.</p>
Ключові слова	Скінченний автомат, машина Тьюрінга, алгоритм, часова оцінка алгоритмів, задачі пошуку та розпізнавання, класи складності алгоритмів.
Формат курсу	Очний, дистанційний Проведення лекційних, практичних і консультацій.
Теми	<ol style="list-style-type: none"> 1. Означення і приклади скінченних автоматів. 2. Зображення автоматів у вигляді орієнтованих графів і таблиць. 3. Суматор натуральних чисел як скінченний автомат. 4. Машина Тьюрінга. 5. Суматор натуральних чисел як машина Тьюрінга. 6. Поняття алгоритму. Поліноміальні і експоненційні алгоритми. 7. Часова оцінка алгоритмів. O-нотація. Оцінка довжини числа. 8. Класичні алгоритми цілочисельної арифметика та їхня складність. 9. Алгоритм Евкліда. Теореми існування НСД і НСК цілих чисел. 10. Розширений алгоритм Евкліда. 11. Теорема Ламе. 12. Характеристика поля, прості підполя. Скінченні поля та їх зображення. Мультиплікативна група скінченного поля. 13. Бінарний алгоритм піднесення до степеня та його складність. 14. Типи задач та їхня звідність. 15. Класи P, NP, NP-повний. 16. Ймовірнісні алгоритми та класи складності.
Підсумковий контроль, форма	Третій семестр – іспит.
Пререквізити	Для вивчення даного курсу студентам потрібно знати програмний матеріал таких дисциплін: дискретна математика, лінійна алгебра, інформатика та програмування.
Постреквізити	Засвоєння тем даного курсу та оволодіння програмними вміннями є необхідними передумовами вивчення таких компонент освітньої

	програми, як „Криптологія”, „Алгоритмічна теорія графів”, „Топологічний аналіз даних”, „Курсова робота”, „Практика з комп’ютерної математики”, „Методи оптимізації та керування”, „Виробнича практика”.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, дискусії, консультації.
Необхідне обладнання	Комп’ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>III-ий семестр. Оцінювання поточної успішності впродовж семестру проводиться за 50-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • контрольні роботи: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30. • складання тестового модуля (колоквіума): 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10. • оцінка за поточну успішність і виконання завдань на практичних заняттях: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 10. <p>Максимальна оцінка за іспит – 50 балів. Підсумкова максимальна кількість балів 100.</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 написанні контрольних робіт, колоквіумів є підставою для їх 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 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 (виконання завдань контрольних робіт, колоквіумів), самостійній роботі. 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.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до заліку чи екзамену.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Означення і приклади скінченних автоматів. 2. Зображення автоматів у вигляді орієнтованих графів і таблиць. 3. Суматор натуральних чисел як скінченний автомат. 4. Машина Тьюрінга. 5. Суматор натуральних чисел як машина Тьюрінга.

	<ol style="list-style-type: none"> 6. Поняття алгоритму. Поліноміальні і експоненційні алгоритми. 7. Часова оцінка алгоритмів. O-нотація. Оцінка довжини числа. 8. Класичні алгоритми цілочисельної арифметика та їхня складність. 9. Алгоритм Евкліда. Теорема існування НСД і НСК цілих чисел. 10. Розширений алгоритм Евкліда. 11. Теорема Ламе. 12. Характеристика поля, прості підполя. Скінченні поля та їх зображення. Мультиплікативна група скінченного поля. 13. Бінарний алгоритм піднесення до степеня та його складність. 14. Типи задач та їхня звідність. 15. Класи P, NP, NP-повний. 16. Ймовірнісні алгоритми та класи складності.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

ДОДАТОК

Схема курсу

Тиж- день, год.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання, год.	Термін виконан- ня
1	2	3	4	5	6
Перший тиждень, 3 год.	Тема 1. Означення і приклади скінченних автоматів.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Тема 1. Означення і приклади скінченних автоматів.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 1 год.	Один тиждень
Другий тиждень, 3 год.	Тема 2. Зображення автоматів у вигляді орієнтованих графів і таблиць.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 2. Зображення автоматів у вигляді орієнтованих графів і таблиць.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Третій тиждень, 3 год.	Тема 3. Суматор натуральних чисел як скінченний автомат.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 3. Суматор натуральних чисел як скінченний автомат.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 1 год.	Один тиждень

1	2	3	4	5	6
Четвертий тиждень, 3 год.	Тема 5. Машина Тьюрінга.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 5. Машина Тьюрінга.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
П'ятий тиждень, 3 год.	Тема 5. Суматор натуральних чисел як машина Тьюрінга.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 5. Суматор натуральних чисел як машина Тьюрінга.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 1 год.	Один тиждень
Шостий тиждень, 3 год.	Тема 6. Поняття алгоритму. Поліноміальні і експоненційні алгоритми.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу. 1 год.	Один тиждень
	Тема 6. Поняття алгоритму. Поліноміальні і експоненційні алгоритми.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання. 2 год.	Один тиждень
Сьомий тиждень, 3 год.	Тема 7. Часова оцінка алгоритмів. O-нотація. Оцінка довжини числа.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Контрольна робота №1	Практичне заняття, 1 год.			Один тиждень
Восьмий тиждень, 3 год.	Тема 8. Класичні алгоритми цілочисельної арифметика та їхня складність.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 8. Класичні алгоритми цілочисельної арифметика та їхня складність.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень

1	2	3	4	5	6
Дев'я- тий тиждень, 3 год.	Тема 9. Алгоритм Евкліда. Теореми існування НСД і НСК цілих чисел.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 9. Алгоритм Евкліда. Теореми існування НСД і НСК цілих чисел.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 1 год.	Один тиждень
Десятий тиждень, 3 год.	Тема 10. Алгоритм Евкліда. Теореми існування НСД і НСК цілих чисел.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 10. Алгоритм Евкліда. Теореми існування НСД і НСК цілих чисел.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Одинад- цятий тиждень, 3 год.	Тема 11. Теорема Ламе.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу., 1 год	Один тиждень
	Тема 11. Теорема Ламе. .	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 1 год.	Один тиждень
Дванад- цятий тиждень, 3 год.	Тема 12. Характеристика поля, прості підполя. Скінченні поля та їх зображення. Мультиплікативна група скінченного поля.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 12. Характеристика поля, прості підполя. Скінченні поля та їх зображення. Мультиплікативна група скінченного поля.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень

1	2	3	4	5	6
Тринадцятий тиждень, 3 год.	Тема 13. Бінарний алгоритм піднесення до степеня та його складність.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 13. Бінарний алгоритм піднесення до степеня та його складність.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Чотирнадцятий тиждень, 3 год.	Тема 14. Типи задач та їхня звідність.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
.	Тема 14. Типи задач та їхня звідність.	Лекція, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
П'ятнадцятий тиждень, 3 год.	Тема 15. Класи P, NP, NP-повний.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 1 год.	Один тиждень
	Тема 15. Класи P, NP, NP-повний.	Практичне заняття, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Шістнадцятий тиждень, 3 год.	Тема 16. Ймовірнісні алгоритми та класи складності.	Лекція, 1 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Підготовка до контрольної роботи 4 год.	Один тиждень
	Контрольна робота №2	Практичне заняття, 2 год.			Один тиждень
Разом		32 год. лекцій, 16 год. практичних занять		42 год. самостійної роботи	