

**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 алгебри,  
топології та основ математики

проф. Банах Т. О.

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«МАШИННІ ДОВЕДЕННЯ»,**  
**що викладається в межах ОПП «Комп'ютерна алгебра,**  
**криптологія та теорія ігор»**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності 111 – Математика**

Назва дисципліни	Машинні доведення
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка, механіко-математичний факультет, м. Львів, вул. Університетська, 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет, кафедра алгебри, топології та основ математики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань: 11 Математика та статистика, Спеціальність: 111 Математика
Викладачі дисципліни	Мельник Іванна Орестівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри алгебри, топології та основ математики
Контактна інформація викладачів	e-mail: <a href="mailto:ivanna.melnyk@lnu.edu.ua">ivanna.melnyk@lnu.edu.ua</a> , <a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/melnyk-i-o">https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/melnyk-i-o</a> м. Львів, вул. Університетська, 1, ауд. 375 Роб. тел. (032) 239 41 72
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій або практичних занять (за попередньою домовленістю) за адресою: м. Львів, вул. Університетська 1, ауд. 375. Можливі консультації онлайн на платформі Zoom або Microsoft Teams (за попередньою домовленістю). Для погодження часу консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	<a href="https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/mashynni-dovedennia-opp-komp-iuterna-algebra-kryptolohiia-ta-teoriia-ihor">https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/mashynni-dovedennia-opp-komp-iuterna-algebra-kryptolohiia-ta-teoriia-ihor</a>
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Машинні доведення» є вибірковою навчальною дисципліною зі спеціальності 111 «Математика» для освітньої програми «Комп'ютерна алгебра, криптологія та теорія ігор» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, яка викладається в восьмому семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською кредитно-трансферною системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Машинні доведення» включає елементи формальної логіки, числення висловлень, числення предикатів, елементи теорії моделей. Поняття і методи логіки необхідні для побудови доведень, обґрунтування правильності тих чи інших способів здобуття істинного знання.
Мета та цілі дисципліни	<u>Метою</u> вивчення дисципліни «Машинні доведення» є ознайомлення студентів з основними поняттями, методами та результатами математичної логіки, побудовою формальних теорій, формалізацією міркувань, формування у майбутніх математиків навиків вивчення структури математичних тверджень, побудови доведень, навчитись ефективно застосовувати теоретичний математичний апарат для розв'язання практичних задач.  <u>Завдання</u> дисципліни: сприяти розвитку логічного, абстрактного, аналітичного та алгоритмічного мислення студентів, навчитись ефективно застосовувати теоретичний апарат логіки висловлювань, логіки предикатів для розв'язання практичних задач.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Андрійчук В. І., Комарницький М. Я., Мельник І. О. Елементи математичної логіки та теорії рекурсії: навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 282 с.</li> <li>2. Дрозд Ю. А. Основи математичної логіки: курс лекцій – К.: ВПЦ</li> </ol>

	<p>«Київський університет», 2005.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. <i>Thompson S.</i> Type Theory &amp; Functional Programming. Computing Laboratory, University of Kent, 1999. – 378 p.</li> <li>4. <i>Андрійчук В. І., Комарницький М. Я., Іщук Ю. Б.</i> Вступ до дискретної математики. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 254 с.</li> <li>5. <i>Ebbinghaus H.-D., Flum J., Thomas W.</i> Mathematical Logic, 3<sup>rd</sup> ed. – Springer, 2021. – 313 p.</li> <li>6. <i>Mendelson E.</i> Introduction to Mathematical Logic. 6<sup>th</sup> ed. – CRC Press, 2015. – 513 p.</li> <li>7. <i>Kleene S. C.</i> Mathematical Logic. – Courier Corporation, 2013. – 416 p.</li> <li>8. <i>Chang C. C., Keisler H. J.</i> Model Theory – Courier Corporation, 2013. – 672 p.</li> <li>9. <i>Van Cleeve M.</i> Introduction to logic and critical thinking. – 2016. – 224 p.</li> </ol>
Обсяг дисципліни	<p><b>Загальний обсяг:</b> 90 годин.</p> <p>Всього аудиторних занять: 48 годин. З них 24 години лекцій, 24 години практичних занять.</p> <p>Самостійна робота: 42 години. Кредитів: 3.</p>
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення курсу «Машинні доведення» студент повинен:</p> <p><b>Знати:</b> основні поняття і методи традиційної та математичної логіки.</p> <p><b>Вміти:</b> формулювати твердження у формі необхідних або достатніх, та необхідних і достатніх умов, аналізувати підтверджуючі приклади та конструювати контрприкладів, проводити пошук логічних схем доведення (розкласти складну проблему на прості; активізувати необхідні для розв'язання теоретичні знання); використовувати непряме доведення, метод доведення від супротивного.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни відповідно до освітньої програми формуються <b>програмні компетентності</b>.</p> <p><b>Інтегральна компетентність</b></p> <p>Здатність розв'язувати складні спеціалізовані практичні завдання в галузі середньої освіти, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, знань з математики, педагогіки, психології, теорії та методики навчання математики і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.</p> <p><b>Загальні компетентності</b></p> <p><b>ЗК-1.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>ЗК-2.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК-6.</b> Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;</p> <p><b>ЗК-7.</b> Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями;</p> <p><b>ЗК-8.</b> Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p><b>ЗК-9.</b> Здатність приймати обґрунтовані рішення.</p> <p><b>ЗК-13.</b> Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.</p> <p><b>Фахові компетентності спеціальності</b></p> <p><b>СК-1.</b> Здатність формулювати проблеми математично та в символічній формі з метою спрощення їхнього аналізу й розв'язання.</p> <p><b>СК-2.</b> Здатність подавати математичні міркування та висновки з них у формі, придатній для цільової аудиторії, а також аналізувати та</p>

	<p>обговорювати математичні міркування інших осіб, залучених до розв'язання тієї самої задачі.</p> <p><b>СК-3.</b> Здатність здійснювати міркування та виокремлювати ланцюжки міркувань у математичних доведеннях на базі аксіоматичного підходу, а також розташовувати їх у логічну послідовність, у тому числі відрізняти основні ідеї від деталей і технічних викладок.</p> <p><b>СК-4.</b> Здатність конструювати формальні доведення з аксіом та постулатів і відрізняти правдоподібні аргументи від формально бездоганих.</p> <p><b>СК-6.</b> Здатність розробляти і досліджувати математичні моделі явищ, процесів та систем.</p> <p><b>СК-9.</b> Здатність застосовувати спеціалізовані мови програмування та пакети прикладних програм.</p> <p><b>Програмні результати навчання</b></p> <p><b>РН-1.</b> Знати основні етапи історичного розвитку математичних знань і парадигм, розуміти сучасні тенденції в математиці.</p> <p><b>РН-3.</b> Знати принципи <i>modus ponens</i> (правило виведення логічних висловлювань) та <i>modus tollens</i> (доведення від супротивного) і використовувати умови, формулювання, висновки, доведення та наслідки математичних тверджень.</p> <p><b>РН-4.</b> Розуміти фундаментальну математику на рівні, необхідному для досягнення інших вимог освітньої програми.</p> <p><b>РН-5.</b> Мати навички використання спеціалізованих програмних засобів комп'ютерної та прикладної математики і використовувати інтернет-ресурси.</p> <p><b>РН-7.</b> Пояснювати математичні концепції мовою, зрозумілою для нефахівців у галузі математики.</p> <p><b>РН-10.</b> 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><b>РН-12.</b> Відшукувати потрібну науково-технічну інформацію у науковій літературі, базах даних та інших джерелах інформації.</p>
Ключові слова	Логіка, поняття, міркування, доведення, аксіома, числення, висловлювання, предикат, числення висловлень, числення предикатів, формула, секвенція.
Формат дисципліни	Очний
Теми	Перелік тем подано в додатку у формі схеми курсу.
Підсумковий контроль, форма	Залік. Залік виставляється за результатами навчальної діяльності студентами протягом семестру.
Пререквізити	Для вивчення дисципліни студенти потребують знань з дискретної математики.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання дисципліни	Лекції, виконання практичних завдань, консультації.
Необхідне обладнання	Дошка, крейда, навчальні посібники, мультимедійний проектор, комп'ютер, доступ до мережі «Інтернет», доступ до платформ Microsoft Teams, Zoom,

<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Telegram, електронна пошта.</p> <p>Результати навчальної діяльності студентів в семестрі оцінюються за 100-бальною шкалою.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти протягом семестру виконають дві контрольні роботи та два колоквіуми. Варіант контрольної роботи включає в себе задачі відповідного змістовного модуля різних типів та рівнів складності. Колоквіум передбачає виконання тестових теоретичних завдань та надання розгорнутих відповідей на теоретичні питання з доведеннями теорем.</p> <p>Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• робота під час практичних занять (16 занять): 16% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 16; участь в кожному практичному занятті оцінюється в 1 бал.</li> <li>• 2 контрольні роботи (практична частина курсу): 44% семестрової оцінки; контрольні роботи №1, №2 : 22 + 22 = 44; максимальна кількість балів – 44.</li> <li>• 2 колоквіуми (теоретична частина курсу) по 20 балів кожний: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 40; 20 x2=40.</li> </ul> <p>Залік виставляється на останньому занятті за результатами набраних балів. Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p> <p>Порядок вивчення та оцінювання дисципліни доводиться до відома студентів протягом семестру. Успішність навчання студентів оцінюється за шкалою «зараховано» / «не зараховано».</p> <p style="text-align: center;"><b>Шкала оцінювання: Університету , національна та ECTS</b></p> <table border="1" data-bbox="411 1032 1489 1576"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Оцінка в балах</th> <th rowspan="2">Оцінка ECTS</th> <th colspan="2">За національною шкалою</th> </tr> <tr> <th>Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку</th> <th>Залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90 – 100</td> <td>A</td> <td>Відмінно</td> <td rowspan="5">Зараховано</td> </tr> <tr> <td>81-89</td> <td>B</td> <td rowspan="2">Добре</td> </tr> <tr> <td>71-80</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>61-70</td> <td>D</td> <td rowspan="2">Задовільно</td> </tr> <tr> <td>51-60</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>0-50</td> <td>F/FX</td> <td>Незадовільно з можливістю повторного складання</td> <td>Не зараховано можливістю повторного складання</td> </tr> </tbody> </table> <p>Бали в діапазоні 90–100 означають, що студент виявив всебічні, систематизовані, глибокі знання програмного матеріалу, уміння вільно виконувати завдання передбачені програмою. Знання основної і ознайомлення з додатковою літературою, передбачених програмою на рівні творчого використання.</p> <p>Бали в діапазоні 71–89 означають, що студент виявив загалом добрі знання навчального матеріалу, але допустив ряд помітних помилок, показав систематичний характер знань з дисципліни, здатний їх використовувати та поповнювати в процесі подальшого навчання.</p> <p>Бали в діапазоні 61–70 означають, що студент виявив знання основного навчального матеріалу, справився з виконанням завдань, передбачених програмою, ознайомився з основою літературою, рекомендованою програмою, допустив значну кількість помилок у відповідях на запитання, тестуванні, при виконанні завдань.</p>	Оцінка в балах	Оцінка ECTS	За національною шкалою		Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку	Залік	90 – 100	A	Відмінно	Зараховано	81-89	B	Добре	71-80	C	61-70	D	Задовільно	51-60	E	0-50	F/FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано можливістю повторного складання
Оцінка в балах	Оцінка ECTS			За національною шкалою																					
		Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку	Залік																						
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано																						
81-89	B	Добре																							
71-80	C																								
61-70	D	Задовільно																							
51-60	E																								
0-50	F/FX	Незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано можливістю повторного складання																						

	<p>Бали в діапазоні 51–60 свідчать про значні недоліки в знаннях основного навчального матеріалу, про принципові помилки при виконанні передбачених програмою завдань.</p> <p>Бали в діапазоні 1–50 означають, що студент не мав знань зі значної частини матеріалу, допускав принципові помилки при виконанні більшості передбачених програмою завдань, неспроможний самостійно засвоїти програмний матеріал і потребує повторного вивчення дисципліни.</p>
Політика курсу	<p><b>Академічна доброчесність.</b> Очікується, що студенти виконуватимуть навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю самостійно, не користуються недозволеними засобами, не видають за свої результати роботи інших людей. При використанні чужих ідей і тверджень у власних роботах посилаються на використані джерела інформації. 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. Жодні форми недоброчесності не толеруються.</p> <p><b>Відвідування занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття дисципліни. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. За згодою декана та викладача дозволяється перейти на індивідуальний графік занять. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх передбачених видів робіт.</p> <p><b>Література.</b> Література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, може бути 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><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали поточного та підсумкового контролю, а також самостійної роботи. 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>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано після завершення 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
Перший тиждень, 4 год.	<b>Вступ до математичної логіки.</b> Вступ. 3 історії логіки. Елементи традиційної логіки. Предмет і методи логіки в її історичному розвитку. Алгебра висловлень. Висловлення та їх значення істинності. Логічні операції над висловленнями. Формули логіки висловлень, їх еквівалентність. Тавтології і суперечності. Закони логіки	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Вступ до математичної логіки. Вступ. 3 історії логіки. Елементи традиційної логіки. Предмет і методи логіки в її історичному розвитку. Алгебра висловлень. Формули логіки висловлень, їх еквівалентність.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Другий тиждень, 4 год.	Логіка висловлень. Елементи семіотики, логічні мови і числення. Семантика, синтаксис. Числення. Логіка висловлень. Формули, доведення.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Логіка висловлень. Елементи семіотики, логічні мови і числення. Семантика, синтаксис. Числення. Логіка висловлень. Формули, доведення.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Третій тиждень, 6 год.	Логіка предикатів. Поняття алгебраїчної операції, відношення та предиката, приклади. Алгебраїчні системи, підсистеми. Алфавіт, терми і формули.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Логіка предикатів. Поняття алгебраїчної операції, відношення та предиката. Алгебраїчні системи, підсистеми. Алфавіт, терми і формули числення предикатів.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Четвер- тий тиждень, 4 год.	Логіка предикатів. Вільні та зв'язані змінні і терми. Підстановка термів. Доведення.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Логіка предикатів. Вільні та зв'язані змінні і терми. Підстановка термів. Доведення.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
П'ятий тиждень, 4 год.	Функціональне програмування $\lambda$ -числення. Вступ Редукція і функціональне програмування. Застосування і абстракція.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Функціональне програмування $\lambda$ -числення. Вступ Редукція і функціональне програмування. Застосування і абстракція.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень

Шостий тиждень, 4 год.	Функціональне програмування $\lambda$ -числення. Вільні і зв'язані змінні. Функції більшої кількості аргументів	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу. Підготуватися до контролю знань, 3 год.	Один тиждень
	Функціональне програмування $\lambda$ -числення. Вільні і зв'язані змінні. Функції більшої кількості аргументів	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання. Підготуватися до контролю знань, 2 год.	Один тиждень
Сьомий тиждень, 4 год.	Колоквіум №1	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни		
	Контрольна робота №1	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни		
Восьмий тиждень, 4 год.	$\lambda$ -числення. Конверсія. Степінь Лямбди. Редукція. Призначення типу. Розширення. Редукція систем.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	$\lambda$ -числення. Конверсія. Степінь Лямбди. Редукція. Призначення типу. Розширення. Редукція систем.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Дев'ятий тиждень, 4 год.	Вступ до теорії типів. Історія. Базові поняття. Нормалізація. Залежні типи, Типи рівності. Індуктивні типи. Універсальний тип.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Вступ до теорії типів. Історія. Базові поняття. Нормалізація. Залежні типи, Типи рівності. Індуктивні типи. Універсальний тип.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Десятий тиждень, 4 год.	Теорія типів. Пропозиційна логіка: неформальний підхід. Міркування, доведення, виведення. Правила пропозиційного числення.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу, 2 год.	Один тиждень
	Теорія типів. Міркування, доведення, виведення. Правила пропозиційного числення.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання, 2 год.	Один тиждень
Одинадцятий тиждень, 4 год.	Ізоморфізм Каррі Говарда. Квантори. Основні типи.	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Опрацювати рекомендовану літературу. Підготуватися до контролю знань, 3 год.	Один тиждень
	Ізоморфізм Каррі Говарда. Квантори. Основні типи.	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни	Виконати домашнє завдання. Підготуватися до контролю знань, 2 год.	Один тиждень
Дванадцятий тиждень, 4 год.	Колоквіум №2	Лекція, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни		
	Контрольна робота №2	Практичне заняття, 2 год.	Див. Література для вивчення дисципліни		
Разом		24 год. лекцій, 24 год. практичних занять		42 год. самостійної роботи	