

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра механіки

Затверджено

На засіданні кафедри механіки
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)



Завідувач кафедри:

Олександр АНДРЕЙКІВ

Силабус із навчальної дисципліни
“Теорія оболонок”,
що викладається в межах першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
113 – Прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Теорія оболонок
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – Математика та статистика 113 – Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Звізло Іван Степанович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри механіки
Контактна інформація викладачів	ivan.zvizlo@lnu.edu.ua https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/zvizlo-i-s
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1. Кафедра механіки, каб. 148.
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/teoriia-obolonok-113-prykladna-matematyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Теорія оболонок” є вибірковою дисципліною для студентів спеціальності 113 Прикладна математика, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 6-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальна дисципліна “Теорія оболонок” є важливим курсом при підготовці спеціалістів в області прикладної математики, так як оболонки і інші тонкостінні просторові конструкції знаходять широке застосування в різних галузях техніки. Крім того, розвиток будівельних, авіаційних, суднобудівних та інших конструкцій в багатьох випадках пов’язаний з використанням тонкостінних елементів, що обумовлено їх порівняно легкістю та міцністю.
Мета та цілі дисципліни	Метою викладання дисципліни є забезпечити ґрунтовне засвоєння основних понять класичної теорії оболонок, вміння ставити та розв’язувати практично важливі задачі з інженерної практики. Під час вивчення курсу студенти навчаються спрощувати та вникати в механічну сторону реального об’єкту, так як теорія оболонок базується на глибокому аналізі роботи конструкції, ознайомляться з порівняно простими практичними методами розрахунку оболонок.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<ol style="list-style-type: none"> Thin Plates and Shells: Theory, Analysis, and Applications / E. Ventsel, T. Krauthammer. – New York: Marcel Dekker, 2001. – 651 p. Theory of Plates and Shells / S. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger. – New York: McGraw-Hill Book Company, 1959. – 591 p. Теорія пластин і оболонок: конспект лекцій / укладач І.В. Павленко. – Суми: Видавництво СумДУ, 2010. – 67 с. Основи теорії пластин та оболонок з елементами магнітопружності: підручник / Я. М. Григоренко, Л. В. Мольченко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. – 403 с. Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells: Theory and Analysis. Second Edition / J.N. Reddy. – Boca Raton: CRC Press, 2004. – 855 p. Розв'язання проблеми надійності й безпеки оболоноквих структур з недосконаlostями форми методами обчислювальної механіки / Лук'янченко О.О. – К.: Каравела, 2019. – 198 с. Пластини та оболонки: основи розрахунків на міцність та жорсткість: навчальний посібник / Пискунов С.О., Онищенко Є.Є., Трубочев С.І. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 117 с.
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Загальний обсяг: 180 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекцій та 32 години лабораторних робіт. Самостійної роботи: 116 год.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>У результаті вивчення даного курсу студент буде:</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рівняння рівноваги у криволінійній ортогональній системі координат змішаного типу; • зв'язок між компонентами тензора напружень і деформації; • основні співвідношення і гіпотези теорії оболонок; • зв'язок між коефіцієнтами квадратичних форм поверхні і компонентами деформації; • зівняння сумісної деформації серединної поверхні по даних компонентах її деформації; • загальні рівняння оболонок обертання; <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сформулювати задачі про дослідження напружено-деформованого стану оболонок; • записувати крайові умови; • визначати зусилля і моменти в оболонці; • визначати роботу сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки; • визначати напружено-деформований стан циліндричної оболонки; • визначати напружено-деформований стан пологої оболонки.
<p>Ключові слова</p>	<p>Оболонка, компоненти тензора деформації, компоненти тензора напружень, напружено-деформований стан, зусилля і моменти.</p>
<p>Формат курсу</p>	<p>Очний.</p>
<p>Теми</p>	<ol style="list-style-type: none"> Деякі відомості із теорії поверхонь. Зв'язок між компонентами тензора деформації і вектора переміщення в ортогональній криволінійній системі координат. Рівняння рівноваги у криволінійній ортогональній системі координат змішаного типу. Зв'язок між компонентами тензора напружень і деформації.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. Постановка задач про дослідження напружено-деформованого стану оболонки. Вихідні співвідношення і гіпотези. 4. Компоненти деформації серединної поверхні оболонки. 5. Зв'язок між коефіцієнтами квадратичних форм поверхні і компонентами деформації. Геометричний зміст компонент деформації серединної поверхні оболонки. 6. Рівняння сумісної деформації серединної поверхні по даних компонентах її деформації. 7. Зусилля і моменти. Рівняння рівноваги оболонки. 8. Зв'язок між компонентами зусиль, моментів і компонентами деформації серединної поверхні оболонки. Формули для визначення напружень у довільній точці оболонки. 9. Робота сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки. Крайові умови. 10. Теорема взаємності робіт. 11. Деякі відомості з поверхонь обертання. Загальні рівняння оболонок обертання. 12. Циліндрична оболонка. 13. Сферична оболонка. 14. Пологі оболонки. 15. Основні співвідношення пластинок, як частковий випадок теорії пологих оболонок.
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення даного курсу студенти потрібні базові знання з: <ul style="list-style-type: none"> - алгебри і геометрії; - математичного аналізу; - диференціальних рівнянь; - рівнянь математичної фізики; - теоретичної механіки; - опору матеріалів; - основ механіки суцільного середовища.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор). Для проведення практичних/лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams, ZOOM).
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду нав-	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> • модульний контроль № 1: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50.

чальної діяльності)

• модульний контроль № 2: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50.

Підсумкова максимальна кількість балів за семестр 100.

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 практичні 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 при 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.

Оцінювання модульного контролю відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання.

Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:

75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно;

50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності;

25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові;

0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.

Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:

Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.

<p>Питання до модульного контролю</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Означення поверхні. 2. Перша квадратична форма поверхні. 3. Друга квадратична форма поверхні. 4. Умови Кодаці-Гаусса. 5. Рівняння рівноваги в ортогональній криволінійній системі координат. 6. Закон Гука. 7. Основні гіпотези і співвідношення. 8. Компоненти деформації серединної поверхні оболонки. 9. Геометричний зміст компонент деформації серединної поверхні оболонки. 10. Рівняння сумісності деформації серединної поверхні оболонки. 11. Рівняння рівноваги оболонки. 12. Закон Гука для оболонки. 13. Робота сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки. 14. Постановка задач теорії оболонок в зусиллях і моментах. 15. Задача теорії оболонок в переміщеннях. 16. Теорема Бетті. 17. Основні рівняння теорії оболонок обертання. 18. Конічна оболонка. 19. Сферична оболонка. 20. Циліндрична оболонка.
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Тема 1. Деякі відомості із теорії поверхонь. Зв'язок між компонентами тензора деформації і вектора переміщення в ортогональній криволінійній системі координат.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
1	Тема 1. Деякі відомості із теорії поверхонь. Зв'язок між компонентами тензора деформації і вектора переміщення в ортогональній криволінійній системі координат.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
2	Тема 2. Рівняння рівноваги у криволінійній ортогональній системі координат змішаного типу. Зв'язок між компонентами тензора напружень і деформації.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
2	Тема 2. Рівняння рівноваги у криволінійній ортогональній системі координат змішаного типу. Зв'язок між компонентами тензора напружень і деформації.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
3	Тема 3. Постановка задач про дослідження напружено-деформованого стану оболонок. Вихідні співвідношення і гіпотези.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
3	Тема 3. Постановка задач про дослідження напружено-деформованого стану оболонок. Вихідні співвідношення і гіпотези.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
4	Тема 4. Компоненти деформації серединної поверхні оболонки.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
4	Тема 4. Компоненти деформації серединної поверхні оболонки.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
5	Тема 5. Зв'язок між коефіцієнтами квадратичних форм поверхні і компонентами деформації. Геометричний зміст компонент деформації серединної поверхні оболонки.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
5	Тема 5. Зв'язок між коефіцієнтами квадратичних форм поверхні і компонентами деформації. Геометричний зміст компонент деформації серединної поверхні оболонки.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
6	Тема 6. Рівняння сумісної деформації серединної поверхні по даних компонентах її деформації.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
6	Тема 6. Рівняння сумісної деформації серединної поверхні по даних компонентах її деформації.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень

7	Тема 7. Зусилля і моменти. Рівняння рівноваги оболонки.	лек.	[[1-4]	3	1 тиждень
7	Тема 7. Зусилля і моменти. Рівняння рівноваги оболонки.	лаб.	[1-4]	3	1 тиждень
8	Тема 8. Зв'язок між компонентами зусиль, моментів і компонентами деформації серединної поверхні оболонки. Формули для визначення напружень у довільній точці оболонки.	лек.	[1-4]	3	1 тиждень
8	Модульний контроль № 1	лаб.	–	–	–
9	Тема 9. Робота сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки. Крайові умови.	лек.	[1-6]	3	1 тиждень
9	Тема 8. Зв'язок між компонентами зусиль, моментів і компонентами деформації серединної поверхні оболонки. Формули для визначення напружень у довільній точці оболонки. Тема 9. Робота сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки. Крайові умови.	лаб.	[1-6]	3	1 тиждень
10	Тема 10. Теорема взаємності робіт.	лек.	[1-6]	3	1 тиждень
10	Тема 10. Теорема взаємності робіт.	лаб.	[1-6]	3	1 тиждень
11	Тема 11. Деякі відомості з поверхонь обертання. Загальні рівняння оболонок обертання.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
11	Тема 11. Деякі відомості з поверхонь обертання. Загальні рівняння оболонок обертання.	лаб.	[1-7]	3	1 тиждень
12	Тема 12. Циліндрична оболонка.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
12	Тема 12. Циліндрична оболонка.	лаб.	[1-7]	3	1 тиждень
13	Тема 13. Сферична оболонка.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
13	Тема 13. Сферична оболонка.	лаб.	[1-7]	3	1 тиждень
14	Тема 14. Пологі оболонки.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
14	Тема 14. Пологі оболонки.	лаб.	[1-7]	3	1 тиждень
15	Тема 15. Основні співвідношення пластинок, як частковий випадок теорії пологих оболонок.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
15	Тема 15. Основні співвідношення пластинок, як частковий випадок теорії пологих оболонок.	лаб.	[1-7]	3	1 тиждень
16	Тема 15. Основні співвідношення пластинок, як частковий випадок теорії пологих оболонок.	лек.	[1-7]	3	1 тиждень
16	Модульний контроль № 2	лаб.	–	–	–
8	Тема 16. Рівняння рівноваги в ортогональній криволінійній системі координат. Закон Гука.	самоств. робота	[1-6]	13	3 тижні
10	Тема 17. Робота сил і моментів на переміщеннях точок серединної поверхні оболонки. Задача теорії оболонок в переміщеннях.	самоств. робота	[1-6]	13	3 тижні
Разом:				116	–