

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 з навчальної дисципліни
«Основи механіки суцільного середовища»,
що викладається в межах ОПП
«Математичне моделювання та комп'ютерна механіка»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
з спеціальності 113 Прикладна математика

Львів 2023

Назва дисципліни	Основи механіки суцільного середовища
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Університетська, 1, 79000, Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань: 11 Математика та статистика Спеціальність: 113 Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Яджак Наталія Степанівна, доктор філософії, доцент кафедри механіки
Контактна інформація викладачів	nataliya.yadzhak@lnu.edu.ua https://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/yadzhak-n-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/osnovy-mekhaniky-sutsilnoho-seredovishcha-osvitnia-prohrama-matematychne-modeliuvannia-ta-komp-iuterna-mekhanika
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Основи механіки суцільного середовища» є нормативною дисципліною зі спеціальності «Прикладна математика» для освітньої програми «Математичне моделювання та комп'ютерна механіка», яка викладається в 6 семестрі в обсязі 3,5 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS)
Коротка анотація дисципліни	Навчальна дисципліна «Основи механіки суцільного середовища» є однією з фундаментальних дисциплін механіки. Дисципліну розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з основними поняттями, законами, теоремами та підходами до постановки та розв'язання задач механіки суцільного середовища. Дисципліна є основою для подальшого вивчення нормативних дисциплін передбачених навчальним планом підготовки бакалаврів, зокрема курсу «Математичні моделі механіки суцільного середовища».
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни «Основи механіки суцільного середовища» є формування у студентів теоретичних знань та практичних навичок, пов'язаних з дослідженням явищам механіки суцільних середовищ, що досягається шляхом вивчення основних понять, законів та теорем, формування вміння постановки та розв'язання задач та аналізу отриманих результатів.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p style="text-align: center;"><i>Основна література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ [Електронний ресурс]: навч. посіб. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 290 с. 2. Механіка суцільних середовищ – 1. Механіка суцільних середовищ в інженерних розрахунках / Уклад.: О.С. Сахаров, А. Я. Карвацький – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – 231 с. 3. Муха І.С., Коссак О.С. Методичні рекомендації до розв’язування задач механіки суцільного середовища. Видання друге, виправлене. [Електронний ресурс]: Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2002. – 60 с. <p style="text-align: center;"><i>Додаткова література</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Fridtjov Irgens. Continuum Mechanics. Springer Berlin, Heidelberg, 2008 – 661 p. doi: 10.1007/978-3-540-74298-2. ISBN: 978-3-540-74297-5. 5. J. N. Reddy. An Introduction to Continuum Mechanics. Cambridge University Press; 2nd edition, 2013. – 454 p. doi: 10.1016/B978-0-7506-8560-3.X0001-1, ISBN: 978-0-7506-8560-3. 6. Nik Abdullah Nik Mohamed. Introduction to Continuum Mechanics for Engineers. Springer Singapore, 2023. – 188 p. doi: 10.1007/978-981-99-0811-0. ISBN: 978-981-99-0810-3. 7. W. Michael Lai, David Rubin, Erhard Krempf. Introduction to Continuum Mechanics. Butterworth-Heinemann, 2009. – 536 p. doi: 10.1016/C2009-0-07992-6, ISBN: 978-0-08-041700-4. 8. John W. Rudnicki. Fundamentals of Continuum Mechanics, John Wiley & Sons, 2014. – 218 p. ISBN: 978-1-118-47991-9. 9. Rubin M.B. Continuum Mechanics with Eulerian Formulations of Constitutive Equations in <i>Solid Mechanics and Its Applications</i>. Springer Cham, 2020, – 277 p. doi: 10.1007/978-3-030-57776-6. ISBN: 978-3-030-57775-9. 10. Ellad B. Tadmor, Ronald E. Miller, Ryan S. Elliott. Continuum Mechanics and Thermodynamics From Fundamental Concepts to Governing Equations. Cambridge University Press, 2011. ISBN: 9781139017657.
<p>Обсяг курсу</p>	<p>6 семестр: 64 години аудиторних занять: з них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 41 годин самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати основоположні поняття, закони та теореми механіки суцільного середовища, зокрема теорії деформацій та напружень, моделей рідин та газів, основ термодинаміки, а також підходи до розв’язання відповідних задач. - вміти розв’язувати задачі із використанням

	<p>теоретичного матеріалу, застосовувати вивчений матеріал до розв'язання практичних проблем.</p> <p>У результаті засвоєння матеріалу даного курсу студент набуває таких загальних (ЗК) і фахових (ФК) компетентностей:</p> <p>ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.</p> <p>ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.</p> <p>ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.</p> <p>ФК12. Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.</p> <p>ФК17. Здатність формувати та розв'язувати задачі механіки.</p> <p>і здобуде такі результати навчання (РН):</p> <p>РН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.</p> <p>РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формувати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.</p> <p>РН06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку.</p> <p>РН21. Знати основні поняття механіки та володіти методами розв'язування задач механіки.</p>
Ключові слова	Суцільне середовище, тензор деформацій, тензор напружень, вектор переміщень, рівняння руху, ідеальна рідина, в'язка рідина, газ, ентропія, енергія.
Формат курсу	Очний.
Теми	Інформацію про теми надано у схемі курсу.
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з: <ul style="list-style-type: none"> • Тензорного аналізу;

	<ul style="list-style-type: none"> • Опору матеріалів; • Теоретичної механіки; • Математичного аналізу.
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 навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> - Колоквіум – 10% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 10. - Контрольна робота № 1 – 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 20. - Контрольна робота № 2 – 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 20. - Іспит: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50. Загальна кількість балів: 100 балів. <i>Академічна доброчесність:</i> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними роботами та міркуваннями. Відсутність посилань на джерела, фабрикування результатів, 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. <i>Відвідання занять</i> 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, передбачених курсом. <i>Література:</i> 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 протягом семестру за виконання самостійних робіт, колоквиуму та контрольних робіт, а також іспиту вкінці семестру. При цьому враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання та ін.

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Оцінювання контрольних робіт. Кожна контрольна робота складається з 4 завдань, кожне з яких оцінюється за п'ятибальною шкалою:

5 – завдання виконано правильно і в повному обсязі, містить правильні висновки, ілюстрований (за потреби) відповідними рисунками та графіками, які правильно відображають суть виконаного завдання.

4 – завдання виконано повністю, проте наявні незначні помилки та описки;

3 – завдання виконано частково, наявні помилки, які впливають на отриманий результат.

2 – завдання виконано частково, наявні значні помилки, які свідчать про недостатнє розуміння студентом матеріалу;

1 – представлений студентом розв'язок містить лише окремі правильні незв'язні твердження;

0 – завдання не виконано зовсім.

Оцінювання колоквиуму:

Колоквиум проводиться в усній формі та складається з питань декількох рівнів складності: формулювання означень та основних теорем, виведення тверджень, пояснення взаємозв'язків між ними та застосування до вирішення завдань.

10 – студент володіє в повному обсязі теоретичним матеріалом, має відмінне розуміння понять та теорем, вміє їх застосовувати до поставлених завдань.

7 – 9 – студент добре володіє теоретичним матеріалом, вміє належним чином його застосовувати проте у процесі формулювань здійснює незначні помилки.

5 – 6 – студент на задовільному рівні володіє матеріалом, переважно обмежуючись лише основними означеннями та твердженнями.

4 – 3 – студент допускає значні помилки у формулюванні основних понять та тверджень, що свідчить про його нерозуміння матеріалу.

1 – 2 – студент володіє лише вибірковими основними поняттями та твердженнями, допускає помилки у

	<p>формулюваннях. 0 – студент не знає базових означень та теорем.</p>
Питання до екзамену, колоквіуму та контрольної роботи	<p>Питання до екзамену та колоквіуму:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Просторові (ейлерові) і матеріальні (лагранжеві) координати. • Способи опису руху. • Матеріальна (індивідуальна) похідна за часом. • Криволінійні системи координат. • Локальні коваріантні елементи базису. • Елементи тензорного числення. • Диференціювання за координатами. • Перетворення малої частинки суцільного середовища. • Тензори деформації Гріна та Альманзі. • Механічний зміст компонент тензорів деформації Гріна та Альманзі в лагранжевій системі координат. • Зв'язок компонент тензорів. • Зв'язок компонент тензорів деформацій з компонентами вектора переміщення. • Рівняння сумісності компонент тензора деформації. • Закон збереження маси для індивідуального об'єму. • Закон збереження кількості руху. Формула Коші для вектора напруження. • Тензор напружень. • Диференціальні рівняння руху. • Рідини і гази в МСС. • Тиск. • Повна система рівнянь механіки для ідеальних рідин. • В'язкі рідини та гази. Рівняння руху в'язкої рідини. • Рівняння Нав'є-Стокса. • Теорема живих сил (рівняння кінетичної енергії). • Термодинаміка. • Основні поняття. • Перший закон термодинаміки – закон збереження енергії. • Другий закон термодинаміки. <p>Завдання до контрольних робіт складаються з задач до вище наведених тем.</p>
Опитування	<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	Завдання, год.	Термін виконання
1-2	Розділ 1. <u>Поняття руху та елементи тензорного аналізу та теорії поля.</u> Просторові (Ейлерові) і матеріальні (Лагранжеві) координати. Способи опису руху. Матеріальна (індивідуальна) похідна за часом. Криволінійні системи координат. Локальні коваріантні елементи базису. Елементи тензорного числення. Диференціювання за координатами.	лек.	[1-9]	2	2 тижні
3-6	Розділ 2. <u>Теорія деформацій</u> Перетворення малої частинки суцільного середовища. Тензори деформації Гріна та Альманзі. Механічний зміст компонент тензорів деформації Гріна та Альманзі в лагранжевій системі координат. Зв'язок компонент тензорів. Зв'язок компонент тензорів деформацій з компонентами вектора переміщення. Рівняння сумісності компонент тензора деформації	лек.	[1-9]	4	4 тижні
7-10	Розділ 3. <u>Основні закони МСС (основні постулати)</u> Закон збереження маси для індивідуального об'єму. Закон збереження кількості руху. Формула Коші для вектора напруження. Тензор напружень. Диференціальні рівняння руху.	лек.	[1-9]	3	3 тижні
11-12	Розділ 4. <u>Найпростіші моделі рідин і газів.</u> Рідини і гази в МСС. Тиск. Повна система рівнянь механіки для ідеальних рідин. В'язкі рідини та гази. Рівняння руху в'язкої рідини. Рівняння Нав'є-Стокса.	лек.	[1-9]	2	2 тижні
13-15	Розділ 5. <u>Загальні теореми. Основи термодинаміки.</u> Теорема живих сил (рівняння кінетичної енергії). Термодинаміка. Основні поняття. Перший закон термодинаміки – закон збереження енергії. Другий закон термодинаміки.	лек.	[10]	3	4 тижні
16	Проведення колоквиуму	лек.		5	
1-3	Математичний апарат механіки суцільного середовища	лаб.	[1-9]	3	3 тижні

5-6	Загальні поняття механіки суцільного середовища	лаб.	[1-9]	2	2 тижні
7-9	Теорія деформацій суцільного середовища	лаб.	[1-9]	3	3 тижні
10	Контрольна робота № 1	лаб.		5	1 тиждень
11-12	Теорія напружень	лаб.	[1-9]	2	2 тижні
13-15	Основні закони та динамічні співвідношення механіки суцільного середовища	лаб.	[1-9]	3	3 тижні
16	Контрольна робота № 2	лаб.		4	1 тиждень