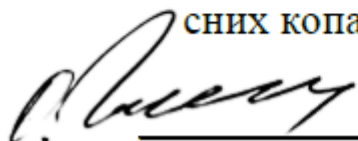


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет геологічний
Кафедра геології корисних копалин і геофізики

Затверджено
на засіданні кафедри геології корисних
копалин і геофізики геологічного
факультету Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 2 від 30.08.2023 р.)

Завідувач кафедри геології корисних копалин і геофізики


Олег ГАЙОВСЬКИЙ

Силабус з навчальної дисципліни
«Моделювання геологічних процесів»,
що викладається в межах ОПШ “Геологія”
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 103 “Науки про Землю”

Львів - 2023

Назва дисципліни	Моделювання геологічних процесів
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка вул. Грушевського, 4 Львів 79005
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет Кафедра геології корисних копалин і геофізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань: 10 Природничі науки Спеціальність: 103 Науки про Землю
Викладачі дисципліни	Хом'як Микола Миколайович, канд. фіз.-мат. наук, доцент
Контактна інформація викладачів	Микола Хом'як < mykola.khomyak@lnu.edu.ua > вул. Грушевського 4; кімн. 124
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультавання слухачів викладач здійснює згідно затвердженого графіку або за попередньою домовленістю. Можливі онлайн консультації через Teams, Telegram, Zoom, Moodle, електронну пошту або інші ресурси..
Сторінка курсу	https://geology.lnu.edu.ua/course/modeliuvannia-geolohichnykh-protsesiv
Інформація про дисципліну	Предметом навчальної дисципліни є кількісний опис полів напружень та деформацій гірських порід та масивів та комп'ютерних методів моделювання геомеханічних та тектонофізичних параметрів геологічного середовища.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна " Моделювання геологічних процесів " служить для ознайомлення та оволодіння основними теоретичними засадами моделювання геофізичних параметрів геологічного середовища, теоретичними основами опису полів напружень і деформацій в рамках механіки суцільних середовищ, прямими та оберненими задачами моделювання геодинамічних процесів і тектонофізики. Структурно дисципліну складено з трьох змістових модулів "Напруження в гірських породах", "Параметри деформації гірських порід" та "Моделювання геомеханічних параметрів порід та гірських масивів", що закінчуються контрольним (модульним) тестуванням кожен. На протязі семестру студент в рамках часу, відведеного на самостійну роботу, виконує також самостійні завдання (у вигляді задач до тем), яке дає змогу повніше виявити практичні знання та вміння щодо методів моделювання геофізичних параметрів геологічного середовища.
Мета та цілі дисципліни	Мета навчальної дисципліни — викласти студентам теоретичні (тектонофізичні) основи методів моделювання геофізичних параметрів геологічного середовища, основи теорії деформацій та напружень, реологічні моделі реальних геологічних тіл та масивів, міцнісні критерії та механізми утворення розривних пошкоджень, механо-математичну постановку задачі та методи розв'язування з допомогою сучасної комп'ютерної техніки.

	<p>Головні цілі</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ застосовувати поняття теорії напружень для тектонофізичних досліджень; ▪ описувати деформації структурних елементів геологічних масивів; ▪ оволодіння термінологією механіки суцільних середовищ та методів розв'язування прямих та обернених задач; ▪ ознайомленням з деякими методами опрацювання (діаграма стану, коло Мора) даних про поля напружень та деформацій; ▪ ширше висвітлення деяких з актуальних і прикладних тем, пов'язаних з аналізом тріщинуватості та тектонофізичними дослідженнями.
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p style="text-align: center;">Базова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Моделювання геодинамічних процесів: текст лекцій для студентів-магістрів геологічного факультету напряму підготовки 8.04010301 – геологія / укл.: М.М. Хом'як, Л.М. Хом'як – Львівський національний університет імені Івана Франка, 2017. – 95 с. 2. Allmendinger, R. W., Cardozo, N. C., Fisher, D. Structural Geology Algorithms: Vectors and Tensors. – Cambridge, England, Cambridge University Press, 2012. – 289 p. <p style="text-align: center;">Допоміжна</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Rey P. F. Introduction to Tectonophysics. – 2018.– 130 p. – Режим доступу: – https://www.researchgate.net/publication/328655704_Introduction_to_Tectonophysics 4. Gerya T. Introduction to Numerical Geodynamic Modelling Cambridge, England, Cambridge University Press, 2012. – 345 p. Режим доступу: – https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=55ad5f016143257f018b4582&assetKey=AS%3A273815538470917%401442294119973 5. Martel S. J. Structural Geology. – Режим доступу: https://www.soest.hawaii.edu/martel/Courses/GG303/ 6. Allmendinger, R. W. Modern Structural Practice. A structural geology laboratory manual for the 21st Century, v. 1.9.1, 2015-2020. – https://www.rickallmendinger.net/download
<p>Тривалість курсу</p>	<p>Один семестр</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Викладається для студентів спеціальності "103 Науки про Землю" денної форми навчання на першомуому курсі навчання (магістерський рівень). Загальна кількість годин – 90 (3,0 кредити за ECTS), з яких відведено лекції – 16 год., лабораторні заняття – 32 год. та самостійну роботу – 42 год. Закінчується заліком.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>У результаті вивчення даної дисципліни студент повинний: знати в обсязі, достатньому для вирішення прикладних задач термінологію, основні визначення, суть методів моделювання параметрів геологічного середовища;</p>

	<p>мати уявлення про сучасні програмні засоби та їхню функціональність щодо вирішення тектонофізичних задач; уміти аналізувати дані про поля напружень та деформацій, використовувати сучасні моделі даних.</p>
Ключові слова	Математичне моделювання, тензор напружень і деформацій, рівняння рівноваги та фундаментальні фізичні закони (збереження), постановка прямих та обернених задач, пружна та пластична деформація, механіка суцільного і геологічного середовища, критерії тріщинуватості.
Формат курсу	Очний, а за необхідності дистанційний у Teams
Теми	Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ*
Підсумковий контроль, форма	залік
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти мають мати базові знання із загальної геології, тектоніки та тектонофізики, вищої математики, інформатики та обробки геологічних даних, виконувати структурні вимірювання в польових та лабораторних умовах.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лабораторні заняття та завдання з моделювання та аналізу полів напружень та деформацій у геологічному середовищі. За необхідності висвітлення теоретичних основ у формі лекцій, презентацій, відео. Тестування у системі Moodle. Консультації. Організація самостійної роботи, самоконтроль.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер або ноутбук, загальнонавчальні (Microsoft Excel, TEAMS) та спеціалізовані (MATLAB тощо) комп'ютерні програми.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання знань студента викладач здійснює за кредитно-модульною системою з використанням 100-бальної шкали. Підрахунок балів студента буде виконано шляхом їхнього насумовування за формами поточного контролю знань.</p> <p>Форми контролю: опитування на лекції, лабораторні заняття, оцінювання самостійних завдань, тестування. Розподіл балів за формами контролю такий:</p> <ul style="list-style-type: none"> – лекційне опитування – максимум 16 балів; – виконання завдань на лабораторних заняттях (16 занять по 3 бали); максимальна кількість балів 48; – виконання індивідуальних завдань в межах самостійної роботи (2 завдання по 5 балів); максимальна кількість балів 10; – контрольні заміри (тести) (26 питань по 1 балу); максимальна кількість балів 26; <p>Загалом упродовж семестру – максимум 100 балів.</p> <p>Щоб отримати відмітку «зараховано» студенту необхідно набрати в сумі не менше 51 бала.</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Списування, втручання в роботу студентів, відсутність посилань на використані джерела при написанні рефератів - приклади можливої академічної недоброчесності. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p><i>Відвідання занять</i> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції. Студенти мають інформувати</p>

	<p>викладача про неможливість відвідати заняття.</p> <p><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 й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><i>Політика виставлення балів.</i> Враховуються бали набрані на контрольному опитуванні, самостійній роботі.</p>
<p>Питання до тем</p>	<p>Тема 1. Вступ.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Що вивчає наука тектонофізика? 2. Які нові терміни ви зустріли? Який вони мають зміст? 3. Опишіть етапи структурного аналізу. Яка різниця між кінематичним та динамічним аспектом аналізу? Який етап складають польові дослідження, на вашу думку? 4. У чому відмінність між фізичним та математичним (комп'ютерним моделюванням)? 5. Поясніть суть та важливість гіпотези суцільності. Чи завжди вона виконується, і які умови сприяють її застосуванню? 6. Які постулати механіки суцільного середовища ви знаєте? Сформулюйте та охарактеризуйте кожен із них. 7. Які види енергії ви знаєте? Які види сил ви знаєте? Що означають терміни “кількість руху” та “момент кількості руху”? <p>Тема 2. Напруження в точці.</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Зовнішні та внутрішні сили. Характеристика поверхневих сил, нормальні й дотичні напруження. Поняття “напружений стан в точці”. Тензор напружень, індексні позначення. Графічна інтерпретація компонент тензора напружень для елементарного об'єму. 9. Зв'язок між поверхневими силами та внутрішніми напруженнями. Чи змінюються компоненти тензора напружень в разі повороту системи координат? Від чого залежать напруження в повернутій системі координат? Які величини показують фізичний зміст тензора напружень? 10. Які властивості головних напружень? Які їхні переваги перед тензором напружень, записаним у довільній (ортогональній) системі координат? 11. Скільки є інваріантів тензора напружень? Як їх знайти? Як зв'язані компоненти тензора з головними напруженнями? <p>Тема 3. Інваріанти тензора напружень. Головні напруження.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Записати довільний тензор напружень, що відповідає плоскому напруженому стану. Які сили діють на площинці, нормаль до якої нахилена під кутом α до осі x? Що їх врівноважує? 2. Як визначити нормальне σ та дотичне τ напруження на площині, знаючи її орієнтацію та компоненти тензора напруження? Наприклад, знайти σ і τ, якщо задано тензор

напружень $\begin{bmatrix} -10 & 2 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$, нормаль до площини повернута проти год. стрілки на 30° від осі x

- Умова для визначення головних напрямків та головних напружень. Скільки існує головних напружень і як їх знайти (правило довороту до головних осей)?
- Як визначити головні дотичні напруження? Чому їх називають головними? На яких площинках вони діють? Як вони зв'язані з головними (нормальними) напруженнями?
- Рівняння рівноваги в напруженнях: як їх отримати для плоского напруженого стану, які часткові види масових сил ви знаєте?
- Траєкторії напружень. Як їх будують? Властивості. Правило конвергентності. Траєкторії напружень в околі нейтральної точки. Пояснити явище рефракції напружень.

Тема 4. Часткові випадки напруженого стану.

- В чому особливості одновісного та плоского напруженого стану?
- Фізичний зміст та інтерпретація напруження розтягу-стиску та зсуву.
- Навести приклади деформацій чистого зсуву, кручення, повздовжнього та поперечного згину.
- Зобразити графічно силові фактори для шару.
- В чому особливості тривимірного напруженого стану?
- Пояснити складові сил, що входять у рівняння рівноваги і граничні умови в напруженнях.
- Як Ви розумієте специфіку термінів: динамічні задачі, інерціальні та ударні навантаження?

Тема 5. Задачі на побудову кола Мора для плоского напруженого стану.

- Що зображають на діаграмі Мора і як її побудувати? Які співвідношення на колі Мора ви знаєте?
- Як визначити на колі Мора орієнтацію площин, де діють головні напруження, якщо відома орієнтація осей координат, в якій задано тензор напружень?

Тема 6. Коло Мора для просторового напруженого стану.

- В чому полягає алгоритм побудови кола Мора для тривимірного напруженого стану.
- Що дано та що потрібно знайти у прямій задачі на побудову кола Мора для просторового напруженого стану.
- Як розв'язується обернена задача на побудову кола Мора для просторового напруженого стану?

Тема 7. Кінематика переміщень точок простору.

1. Як охарактеризувати деформації точок суцільного середовища? Що означає фраза “рух тіла, як жорсткого цілого”? Перенос, поворот і деформація середовища: в чому відмінність?
2. Охарактеризувати вектор переміщень.
3. Зв'язок деформацій з переміщеннями. У яких випадках деформацій не виникає?

Тема 8. **Компоненти тензора деформацій.**

1. Деформації розтягу-стиску та зсуву. Малі та скінченні деформації. Як вони пов'язані з переміщеннями?
2. Тензор деформації та його властивості. Аналогія з тензором напружень.
3. Побудова кола Мора для деформацій (плоска деформація).
4. Головні напрямки деформацій. Найбільші деформації зсуву.
5. Інваріанти деформації, їхній фізичний зміст.
6. Зв'язок компонент тензора деформацій з головними деформаціями.
7. Чистий та простий зсув як інтерпретація компонент тензора напружень на початково круговому включенні.
8. Пояснити умови сумісності деформацій.
9. Дислокації та їх види. Вплив наявності дислокацій на деформацію середовища.
10. Як знайти енергію деформації? Види енергії деформації. В яких одиницях вимірюють??

Тема 9. **Інваріанти деформацій.**

1. Назвіть інваріанти тензора деформації.
2. В яких геодинамічних ситуаціях домінують деформації зміни форми чи об'єму?

Тема 10. **Задачі на побудову кола Мора для деформацій.**

1. Який алгоритм побудови кола Мора за заданим тензором деформацій для плоского деформованого стану?
2. Визначити орієнтацію площинок деформацій, що відповідають точкам на колі Мора.
3. Побудова кола Мора за “розеткою” для деформацій. Стандартний і модифікований алгоритм побудови.

Тема 11. **Зв'язок між деформаціями та напруженнями.**

1. Що зв'язують визначальні співвідношення? Як їх ще називають? Чому вони є феноменологічними та макроскопічними? Які вимоги до визначальних співвідношень?
2. Які процеси деформування є ізотермічними, а які – адіабатичними?

3. Дати характеристику для типової діаграми деформування в координатах $\varepsilon - \sigma$. Які деформації називають пластичними? Що таке зміцнення матеріалу?
4. Сформулювати закон Гука для лінійно-пружного ізотропного тіла. Охарактеризувати фізичний зміст модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона. Які інші коефіцієнти ще використовують?
5. Які величини характеризують зміну об'єму?

Тема 12. Рівняння рівноваги та граничні умови.

1. Що характеризують швидкості поздовжніх та поперечних хвиль? Які тіла називають ізотропними, а які анізотропними? Навести приклади.
2. Що показують рівняння рівноваги? Які зовнішні сили можуть діяти на елементарний об'єм (паралелепіпед)?
3. В чому полягає математична постановка граничних задач в рамках механіки суцільних середовищ? Які граничні задачі ви знаєте? Що буде розв'язок задачі?
4. Сформулюйте принцип віртуальних робіт та принцип Лагранжа. Для чого їх використовують? Як розуміти фразу "кінематично допустимі переміщення"?

Тема 13. Пружна деформація.

1. В чому полягає узагальнений закон Гука?
2. Які пружні модулі Ви знаєте? Як їх визначити?.
3. Характеристика сейсмічних хвиль. Пояснити зв'язок між швидкостями поширення хвиль та пружними модулями.

Тема 14. Пластична деформація.

1. Складові загальної (сумарної) деформації.
2. Умови пластичності Треска-Сен-Венана та Губера-Мізеса-Генкі.
3. Реологічні моделі пружно-пластичного деформування та відповідні діаграми .
4. Гіпотези теорії пластичності.
5. Механізми утворення пластичної деформації.
6. Лінії ковзання та їхні властивості. Як їх побудувати?
7. Явище повзкості та типова крива повзкості. Три стадії повзкості.
8. Складові деформації повзкості.
9. Механічні моделі в'язкого деформування. рідина Ньютона, тіла Максвелла, Фойгта, Кельвіна, Бінгама. Охарактеризувати їхні діаграми деформування. Явища релаксації напружень та пружної післядії.

Тема 15. Руйнування гірських порід та масивів.

1. Описати можливі підходи до опису феномену руйнування.
2. Інженерні теорії міцності. Які з них найкраще відповідають

	<p>реальній поведінці гірських порід?</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Сформулювати критерій руйнування Мора. Для чого його можна використовувати? 4. Типова обвідна кіл Мора. Коефіцієнт внутрішнього тертя. Найпростіші наближення для обвідної кіл Мора (Кулона-Нав'є-Мора та модифікація Гріффітса). 5. Які фактори впливають на міцність порід? Ефективне напруження, і що може зменшити? <p>Тема 16. Руйнування гірських порід та масивів (прод.).</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Три типи тріщин. Розривні порушення на поверхні землі та їхній зв'язок з напрямками дії головних напружень. 2. Механізми руйнування. Порівняти з механізмами пластичного деформування.
Опитування	Тестування (в системі MOODLE) для поточного контролю знань
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу

СХЕМА КУРСУ
«Моделювання геологічних процесів»

№	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1	<p style="text-align: center;">Напруження в гірських породах</p> <p>Вступ.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Предмет і завдання курсу, значення моделювання геофізичних параметрів в геології. • Геологічні об'єкти та апарат математичної фізики, застосування механіки суцільного середовища, основні механічні поняття. • Основні гіпотези, фізичні закони і принципи теоретичних досліджень. Етапи розв'язання задач тектонофізики. 	<p><i>Лекція – 2 год,</i> <i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i></p>	1-й тжд
2	<p style="text-align: center;">Тема 2. Напруження в точці.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Зосереджені та розподілені сили. • Одиниці вимірювання. • Масові (об'ємні) та поверхневі сили, реакції. Внутрішні та зовнішні сили. • Напруження в точці: вектор напружень, нормальні та дотичні напруження. Проекція вектора напружень на осі координат. • Тензор напружень. Системи координат і формули перетворення. 	<p><i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i></p>	2-й тжд
3	<p style="text-align: center;">Тема 3. Інваріанти тензора напружень. Головні напруження.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Головні осі тензора напружень та головні нормальні напруження. • Тензорні інваріанти. Кульовий тензор та девіатор напружень. Діаграма Мора. • Головні дотичні напруження. Октаедричні напруження та інтенсивність напружень. 	<p><i>Лекція – 2 год,</i> <i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i></p>	3-й тжд
4	<p style="text-align: center;">Тема 4. Часткові випадки напруженого стану.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Одновісний і плоский напружений стан. • Напруження розтягу-стиску та зсуву. • Чистий зсув, кручення, повздовжній та поперечний згин. • Силкові фактори для шару. • Тривимірний напружений стан. • Рівняння рівноваги і граничні умови в напруженнях. • Динамічні задачі, інерціальні та ударні навантаження. 	<p><i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i></p>	4-й тжд

5	<p>Тема 5. Задачі на побудову кола Мора для плоского напруженого стану.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудова кола Мора за заданим тензором напружень для плоского напруженого стану. • Визначення орієнтації площинок, що відповідають точкам на колі Мора. • Орієнтація головних напружень за колом Мора. 	<p>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	5-й тжд
6	<p>Тема 6. Коло Мора для просторового напруженого стану.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Дані та побудова кола Мора для тривимірного напруженого стану. • Пряма задача на побудову кола Мора для просторового напруженого стану. • Обернена задача на побудову кола Мора для просторового напруженого стану. 	<p>лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	6-й тжд
7	<p>Параметри деформації гірських порід</p> <p>Тема 7. Кінематика переміщень точок простору.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Вектор переміщень. • Вираз компонентів деформації через переміщення, геометрична інтерпретація. • Визначення деформації за відомими переміщеннями та обернена задача. 	<p>Лекція – 12 год, лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	7-й тжд
8	<p>Тема 8. Компоненти тензора деформацій.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Деформація в одномірному випадку. • Тензор деформації. • Мала та скінченна деформація. • Швидкості деформації. • Інтенсивність деформацій. • Сумісність деформацій. Плоска деформація. 	<p>лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	8-й тжд
9	<p>Тема 9. Інваріанти деформацій.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Інваріанти тензора деформації. • Деформації зміни форми та об'єму. 	<p>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	9-й тжд
10	<p>Тема 10. Задачі на побудову кола Мора для деформацій.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудова кола Мора за заданим тензором деформацій для плоского деформованого стану. • Визначення орієнтації площинок деформацій, що відповідають точкам на колі Мора. • Орієнтація головних деформацій за колом Мора. 	<p>лабораторне заняття – 2 год самостійна робота – 2,5 год</p>	10-й тжд
11	<p>Тема 11. Зв'язок між деформаціями та напруженнями.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Діаграма стану та її характеристика. 	<p>Лекція – 2 год, лабораторне заняття – 2 год</p>	11-й тжд

	<ul style="list-style-type: none"> • Найпростіші реологічні моделі. 	<i>самостійна робота – 2,5 год</i>	
12	<p>Тема 12. Рівняння рівноваги та граничні умови.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Рівновага елемента середовища в картезіанській системі координат. • Граничні умови в переміщеннях та напруженнях. • Постановка крайових задач. 	<i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i>	12-й тжд
13	<p>Модельовання геомеханічних параметрів порід та гірських масивів</p> <p>Тема 13. Пружна деформація.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Узагальнений закон Гука • Пружні модулі та їхнє визначення. • Сейсмічні хвилі. Зв'язок швидкостей поширення хвиль та пружних модулів. 	<i>Лекція – 2 год,</i> <i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i>	13-й тжд
14	<p>Тема 14. Пластична деформація.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поняття незворотної деформації. • Види пластичної деформації. • Миттєва пластичність. • Деформації повзкості. 	<i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 2,5 год</i>	14-й тжд
15	<p>Тема 15. Руйнування гірських порід та масивів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поняття руйнування та роль руйнування в механіці гірських порід. • Інженерні критерії руйнування. • Критерій руйнування Кулона-Мора. 	<i>Лекція – 2 год,</i> <i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 3,5 год</i>	15-й тжд
16	<p>Тема 16. Руйнування гірських порід та масивів (продовження).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Аналіз тріщинуватості. • Типові структурні утворення для різної орієнтації головних напружень для приповерхневих шарів. 	<i>лабораторне заняття – 2 год</i> <i>самостійна робота – 3,5 год</i>	16-й тжд