

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ННІ «Інститут геології»

Кафедра *геофізики*

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора інституту
з навчальної роботи

В. Демидов
« 26 » *серпня* Всеволод ДЕМИДОВ
2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Механіка суцільного середовища»

для здобувачів

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
блок дисциплін
вид дисципліни

10 Природничі науки
103 Науки про Землю
бакалавр
Геологія та менеджмент надрокористування
Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	5
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік


Викладачі: *Кузьменко Павло Миколайович, кандидат геологічних наук, доцент кафедри геофізики, доцент*

Продовжено: на 20__/20__ н.р. _____ «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20__/20__ н.р. _____ «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20__/20__ н.р. _____ «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

© Кузьменко П.М. 2022 рік

КИЇВ - 2022

Розробники: *Кузьменко Павло Миколайович, кандидат геологічних наук,
доцент кафедри геофізики, доцент;*

Затверджено
В.о. зав. кафедри геофізики
 Олександр ШАБАТУРА
Протокол № 19 від «29» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією інституту *ННІ «Інститут геології»*

Протокол № 1 від «26» серпня 2022 року

Голова науково-методичної комісії  Всеволод ДЕМІДОВ

Мета дисципліни – є оволодіння здобувачами теорією напружено-деформованого стану матеріального середовища, постановки статичних і динамічних задач теорії пружності, пластичності і в'язкопружності, теорією розповсюдження пружних хвиль різної поляризації в однорідному ізотропному і анізотропному середовищі.

Вимоги до вибору навчальної дисципліни:

1. Вміння застосовувати набуті знання для вирішення геологічних задач геофізичними методами.

Анотація навчальної дисципліни / референс:

В програмі дисципліни основна увага приділяється теорії пружності й пластичності, в'язкопружності. Основними поняттями предмету є щільність маси, вектори переміщень і швидкості середовища, тензори внутрішніх напруг і деформацій, щільність кінетичної та внутрішньої енергії тіла, а також закони збереження. Розглядаються функції повзучості й релаксації, а також комплексні модулі. В якості математичної основи використовується матеріальний тензор як математичний об'єкт, який існує незалежно від вибору системи координат і є інваріантним, тому має широке застосування при вивченні напруженого і деформованого стану реального середовища.

Завдання (навчальні цілі):

- надати фізико-математичні основи механіки суцільного середовища;
- оволодіння здобувачами геофізичного змісту курсу на основі вивчення теоретичних основ;
- набуття здобувачами необхідних методологічних знань з тензорного аналізу, проведення дій над тензорами, інваріанти тензора, закони перетворення тензора до нової системи координат;
- дослідження геологічного середовища, з точки зору теоретичних аспектів методів механіки суцільного середовища, визначення видів напружено-деформованого стану;
- ознайомити з термінологічним апаратом механіки суцільного середовища та тензорного аналізу;
- пояснити загальні принципи застосування механіки суцільного середовища для вирішення практичних завдань;

Результати навчання:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форма/Методи викладання і навчання	Форма/Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Основи тензорного аналізу	Лекція, лабораторна	Письмова робота	до 20%
1.2	Теорію пружності	лекція	Письмова робота	до 10%
1.3	Види деформованого стану середовища	Лекція, лабораторна	Письмова робота	до 5%
1.4	Процес хвильового руху у пружному середовищі	Лекція, лабораторна	Письмова робота	до 20%
1.5	Теорію пластичності. Основні положення і означення.	лекція	Письмова робота	до 5%
1.6	Методи визначення лінійної	лекція	Письмова	до 5%

	<i>в'язкопружності</i>		<i>робота</i>	
2.1	Описувати напружено-деформований стан середовища та визначати базовий зв'язок з геологічними об'єктами	Лекція, лабораторна	Письмова робота	до 15%
2.2	Володіти базовими практичними навиками під час застосування тензорної алгебри для опису явищ механіки суцільного середовища	лекція	Письмова робота	до 5%
3.1	Вміти організувати колективну роботу для ефективного вирішення поставленої задачі	лекція	Письмова робота	до 5%
4.1	Розуміння особистої відповідальності за професійні рішення які можуть давати інформацію про геологічне середовище	лекція	Письмова робота	до 10%

Структура курсу: лекційні та лабораторні заняття, самостійна робота студентів.

Схема формування оцінки:

Форми оцінювання здобувачів

1. Семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота з основ тензорного аналізу та теорії пружності – 20 балів (рубіжна оцінка 12 балів)
2. Контрольна робота з основ теорії пластичності та в'язкопружності сейсмічних даних – 20 балів (рубіжна оцінка 12 балів).
3. Оцінка за виконання та захист робіт на лабораторних заняттях – 40 балів (рубіжна оцінка 24 бали)

2. Підсумкове оцінювання у формі заліку: максимальна оцінка 20 балів, рубіжна оцінка 12 балів. Під час заліку здобувач виконує завдання з використанням знань та вмінь з петрофізики. **Підсумкове оцінювання у формі заліку не є обов'язковим, при відмові від участі у даній формі оцінювання здобувач не отримає відповідні бали до підсумкової оцінки.**

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 бальною шкалою.

Змістовні модулі (ЗМ) формують бали, які виставляються за результатами роботи студента впродовж усього семестру, як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру.

	ЗМ1/Частина 1	ЗМ2/Частина 2	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	24	24	12	60
Максимум	40	40	20	100

Студент не допускається **до заліку**, якщо під час семестру набрав менше **40** балів.¹

¹ У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – 20 балів, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

Організація оцінювання: *Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою та передбачає: виконання лабораторних робіт (де студенти мають продемонструвати якість засвоєних знань та вирішити поставлені задачі без обмеження інструментарію та техніки вирішення проблеми) та проведення 2 письмових модульних контрольних робіт. Підсумкове оцінювання проводиться у формі заліку.*

Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

№ теми	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
<i>Змістовий модуль I</i> <i>Основи тензорного аналізу та теорії пружності</i>				
1	Вступ. Тема 1 Основи тензорного аналізу	4	2	6
2	Тема 2 Теорія пружності	4		8
3	Тема 3 Види деформованого стану середовища	4	4	6
4	Тема 4. Хвильовий рух у пружному середовищі	4	4	6
	<i>Контрольна робота 1</i>			2
<i>Змістовий модуль II</i> <i>Основи теорії пластичності та в'язкопружності сейсмічних даних</i>				
5	Тема 5. Рідини	4		6
6	Тема 6. Теорія пластичності	4		6
7	Тема 7. Лінійна в'язкопружність	2	4	4
	<i>Контрольна робота 2</i>			2
	<i>Залікова письмова робота</i>	2		
Всього		28	14	46

Загальний обсяг 90 год.², в тому числі:

Лекцій – **28 год.**

Лабораторні – **14 год.**

Консультації - **2 год.**

Самостійна робота – **46 год**

² Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна

1. Продайвода Г.Т., Теорія і задачі суцільного середовища. – Навчальний посібник, Київ, Видавничий центр «Київський університет».
2. Борисенко А.И., Тарапов И.Е. Векторный анализ и начала тензорного исчисления. -Харьков, 1978.- 120.
3. Кільчевський М.О., Нечипоренко Г.Д., Шальда Л.М. Основи аналітичної механіки. -Київ, 1975.-220 с.
4. Савін Г.М., Рушицький Я.Я. Елементи механіки спадкових середовищ. - Київ, 1976. - 260 с
5. Карвацький А. Я. К21 Механіка суцільних середовищ [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 290 с.: іл. – Бібліогр.: с. 284–285.
6. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Розв'язання задач [Текст]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький — К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. — 392 с. Гриф надано Вченою радою НТУУ «КПІ»
7. Математичне моделювання та експериментальні дослідження складного теплообміну при рості кристалів [Текст] : моногр. / В. І. Дешко, А. Я. Карвацький, Ю. В. Лохманець та ін. // Серія: Стан та перспективи розвитку функціональних матеріалів для науки і техніки / Під ред

Додаткова

1. Poincot T. Theoretical and numerical combustion / Thierry Poincot, Denis Veynante. — 2nd ed. — Philadelphia : Edwards, 2005. — 522 p.
2. Mathematical Model of Solid-Fuel Gasification in a Fluidized Bed / E. N. Panov, A. Ya. Karvatskii, T. B. Shilovich, T. V. Lazarev, A. S. Moroz // Chemical and Petroleum Engineering. — 2014. — Vol. 50, Nos. 5–6. — P. 312—322.
3. Quentin Berg Continuum Mechanics Volume II of Lecture Notes on the Mechanics of Solids Rohan // Department of Mechanical Engineering Abeyaratne, 1988: <http://web.mit.edu/abeyaratne/lecture notes.html>
4. Тимошенко С.П. Курс теории упругости. - Киев, 1972. - 502 с.

Питання на залік

1. Основні постулати механіки суцільного середовища.
2. Узагальнений закон Гука. Тензорна і матрична форма запису.
3. Фазова і променева швидкості пружних хвиль в ізотропному та анізотропному середовищах (порівняльний аналіз).
4. Комплексні модулі пружності і піддатливості, їх фізичний зміст.
5. Моделі суцільних середовищ.
6. Закон Ньютона для в'язких стискаємих рідин.
7. Поняття тензору і його фізична природа. Навести приклади.
8. Поверхневі хвилі в ізотропному середовищі.
9. Пружні постійні і модулі пружності ізотропного середовища.
10. Комплексні релаксаційні модулі лінійного в'язко-пружного середовища. Рівняння Крамерса-Крьонінга.
11. Виразити швидкість повздовжніх і поперечних хвиль однорідного ізотропного середовища через модуль об'ємного стиску K і здвигу G , якщо відомі постійні Ламе λ і μ . Показати, що швидкість повздовжньої хвилі більше швидкості поперечної хвилі.
12. Узагальнений закон Гука. Пружні постійні і сприйнятливості ізотропного та анізотропного середовища.
13. Власні значення і напрямки тензору напруг. Інваріанти тензору напруг.
14. Види напруженого стану суцільного середовища.
15. Рівняння руху об'єму в компонентах зміщень для однорідного ізотропного середовища. Два типи пружних хвиль в ізотропному середовищі.
16. Пластичність суцільного середовища. Критерій пластичності.
17. Розповсюдження плоскої пружної хвилі в однорідному ізотропному лінійно в'язко-пружному середовищі
18. Виразити фазові швидкості повздовжньої і поперечної хвилі, які розповсюджуються в однорідному ізотропному середовищі з щільністю ρ і постійними Ламе λ , μ , через модуль об'ємного стиску K і модуль зсуву G .
19. Явище повзучості і релаксації в'язко-пружного середовища. Принцип суперпозиції Больцмана.
20. В'язко-пружна поведінка матеріалів. Найпростіші механічні моделі в'язко-пружної поведінки.
21. Моделі суцільного середовища. Порівняльний аналіз.
22. Величина, яка характеризує тензорну властивість в довільному напрямку (розглянути на прикладі тензору другого рангу).
23. Розповсюдження плоскої монохроматичної хвилі в однорідному анізотропному середовищі (рівняння Гріна-Крістоффеля).
24. Основні дії тензорної алгебри. Згортка тензора.
25. Тензор напруг. Властивості тензора напруг. Власні (головні) значення і напрямки тензора напруг.
26. Інваріанти тензора деформацій. Визначення переміщень за деформаціями.
27. Залежність між напругами і деформаціями в теорії пружності (фізичний закон).
28. Постійні Ламе і пружні модулі для ізотропного середовища.
29. Фундаментальні рівняння статичної й динамічної рівноваги.
30. Вектор потоку енергії й променева швидкість. Групова швидкість.
31. Характеристичні поверхні: фазових швидкостей, обернених швидкостей (поверхня повільностей або рефракції), хвильова поверхня (поверхня променевої швидкості).
32. Ньютонові рідини. Основні рівняння Ньютонової рідини.
33. В'язко-пружна поведінка матеріалів. Найпростіші механічні моделі в'язко-пружної поведінки.
34. Повзучість і релаксація. Функція повзучості. Функція релаксації.

35. Згортки тензорів пружних постійних і податливостей. Їх прикладне значення.
36. Постановка статичних і динамічних задач теорії пружності.
37. Квазіповдовжні і квазіпоперечні хвилі. Продольні нормалі. Акустичні осі.

ПИТАННЯ НА ІСПИТ/ЗАЛІК

1. 3-D сейсморозвідка, принципів переваги над 2-D сейсморозвідкою.
2. Коефіцієнти відбиття та проходження за нормального падіння хвилі. Акустична жорсткість.
3. Основні припущення при інтерпретації сейсмічних даних.
4. Принципи поділу сейсмічних досліджень за основними завданнями та цільовою спрямованістю.
5. Основи засади кінематичного та динамічного підходу до інтерпретації даних сейсморозвідки
6. Основні типи пасток вуглеводнів та їх відображення на сейсмічних даних.
7. Сейсмічні атрибути та вирішувані ними задачі з пошуку і розвідки родовищ корисних копалин
8. Побудова швидкісних моделей для перерахунку час-глибина та створення синтетичних сейсмічних трас
9. Інверсійні перетворення після підсумовування.
10. Інверсійні перетворення до підсумовування.
11. AVO-аналіз сейсмічних даних
12. AVO-класифікація газонасичених пісковиків
13. Інтеграція результатів інтерпретації для вирішення задач пошуків вуглеводнів
14. Петрофізичні засади прогнозування характеристик геологічного розрізу за сейсмічними даними.
15. Сейсмічні межі. Сильні та слабкі межі.
16. Сейсмічна стратиграфія.
17. Позитивний та негативний коефіцієнт відбиття
18. Прямі індикатори пошуків вуглеводнів.
19. Основні критерії виявлення диз'юнктивних порушень за сейсмічними даними.
20. Швидкості у сейсморозвідці.
21. Інтерпретація сейсмічних даних.
22. Просторові системи спостережень.
23. Основна діагностична ознака виявлення вуглеводнів за сейсмічним методом.
24. Побудова геолого-геофізичних моделей за сейсмічними та свердловинними даними.