МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
Кафедра методів математичної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
"12" вересня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 10 «Просторові мішані задачі теорії пружності»

Рівень вищої освіти	**другий (магістерський)**
Галузь знань	**11 Математика та статистика**
Спеціальність	**113 Прикладна математика**
Освітньо-професійна програма	**Прикладна математика**

ОНУ
2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Просторові мішані задачі теорії пружності». – Одеса: ОНУ, 2022

Розробники:
Фесенко Ганна Олександрівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри методів математичної фізики.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри методів математичної фізики

Протокол № _1_ від. “_30_”_серпня_2022_ р.

Завідувач кафедри _____ Юрій ПРОЦЕРОВ
(підпис)

Погоджено із гарантом ОПП «Прикладна математика» Ольга КІЧМАРЕНКО

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № __ від. “____”_____2022 р.

Голова НМК _____ Євген СТРАХОВ
(підпис)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри меодів математичної фізики

Протокол № ___ від. “____”_____20__ р.

Завідувач кафедри _____

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		очна (денна, вечірня) форма навчання
Загальна кількість: кредитів – 4 годин – 120 змістових модулів – 3	Галузь знань **11 Математика та статистика** Спеціальність **113 Прикладна математика** Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	За вибором
		Рік підготовки:
		1
		Семестр
		2
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		20 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		80 год.
		Форма підсумкового контролю: **іспит**

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: курс «Просторові мішані задачі теорії пружності» є додатковим математичним курсом, що є розвиненням базового курсу «Рівняння математичної фізики», передбачений учбовим планом за спеціальністю Прикладна математика. Метою дисципліни є ознайомлення студентів з основними поняттями, пов'язаними із постановками та методами розв'язання просторових задач теорії пружності.

Завдання дисципліни: отримання знань стосовно методів розв'язання мішаних просторових задач. Студенти повинні знати основні поняття, які вивчаються у курсі: постановка тривимірних задач теорії пружності та методи їх розв'язання. Студенти повинні вміти розв'язувати задачі.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

Інтегральна компетентність.

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми прикладної математики у професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог;

Фахових компетентностей:

ФК.02. Здатність розробляти методи побудови й дослідження моделей складних систем у різних галузях людської діяльності, будувати математичні моделі природних та соціальних явищ та чисельно їх розраховувати;

ФК.06. Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців;

Очікувані результати навчання: в результаті вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати: як записати постановку динамічної задачі теорії пружності та надати алгоритм її розв'язання.

вміти: самостійно опрацьовувати літературу; встановлювати межі застосування моделей, що пропонуються; використовувати сучасне програмне забезпечення для отримання числових результатів за побудованим аналітичним розв'язком, що відповідає наступним програмам навчання:

ПРН02. Вміти застосовувати методи здобуття знань із даних, методи оцінки та інтерпретації знайдених закономірностей;

ПРН06. Вміти застосовувати математичний апарат при вирішенні актуальних задач на практиці;

ПРН07. Вміти будувати моделі складних систем, обирати методи їх дослідження, реалізовувати побудовані моделі програмно та перевіряти їх адекватність за допомогою комп'ютера;

ПРН12. Вміти будувати аналітичні та чисельні алгоритми розв'язування динамічних задач математичної фізики;

3. Програма дисципліни

Змістовий модуль 1. Просторові задачі теорії пружності. Метод Папковича - Нейбера, Трефца. Нове подання рівнянь Ламе та його використання до розв'язання просторових задач.

Тема 1. Постановка просторових мішаних задач теорії пружності. Метод Папковича - Нейбера, Трефца.

Тема 2. Подання рівнянь Ламе через два спільно та одне окремо розв'язуване рівняння у декартовій та циліндричній системі координат.

Тема 3. Неоднорідні векторні крайові задачі.

Змістовий модуль 2. Піводнорідні мішані просторові задачі для шару.

Тема 4. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов гладкого контакту.

Тема 5. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов жорсткого закріплення.

Тема 6. Точні та наближені розв'язки просторових задач в залежності від типу крайових умов.

Змістовий модуль 3. Неоднорідні мішані просторові задачі для шару.

Тема 7. Незв'язної термопружності для шару.

Тема 8. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням дії внутрішньої сили.

Тема 9. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням його власної ваги.

Тема 10. Чисельно-аналітична методика обчислення кратних інтегралів, що виникають під час розв'язання мішаних задач.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Просторові задачі теорії пружності. Метод Папковича - Нейбера, Трефца. Нове подання рівнянь Ламе та його використання до розв'язання просторових задач.						
Тема 1. Постановка просторових мішаних задач теорії пружності. Метод Папковича - Нейбера, Трефца.		2	2			10
Тема 2. Подання рівнянь Ламе через два спільно та одне окремо розв'язуване рівняння у декартовій та циліндричній системі координат.		2	2			10
Тема 3. Неоднорідні векторні крайові задачі.		2	2			8
Разом за змістовим модулем 1	40	6	6			28
Змістовий модуль 2. Піводнорідні мішані просторові задачі для шару.						
Тема 1. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов гладкого контакту.		2	2			6
Тема 2. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов жорсткого закріплення.		2	2			10
Тема 3. Точні та наближені розв'язки просторових задач в залежності від типу крайових умов.		2	2			10
Разом за змістовим модулем 3	38	6	6			26
Змістовий модуль 3. Неоднорідні мішані просторові задачі для шару.						
Тема 1. Незв'язної термопружності для шару.		2	2			6
Тема 2. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням дії внутрішньої сили.		2	2			10
Тема 3. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням його власної ваги.		2	2			5
Тема 4. Чисельно-аналітична методика обчислення кратних інтегралів, що виникають під час розв'язання мішаних задач.		2	2			5
Разом за змістовим модулем 4	42	8	8			26
Усього годин	**120**	**20**	**20**			**80**

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Постановка просторових мішаних задач теорії пружності.	2
2	Метод Папковича - Нейбера, Трефца.	2
3	Подання рівнянь Ламе.	2
4	Метод розв’язання неоднорідних векторних крайових задач.	2
5	Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов гладкого контакту.	2
6	Порівняння розв’язків задач пружності для шару та смуги.	2
7	Задача стаціонарної теплопровідності для шару.	2
8	Порівняння розв’язків з аналогічною задачею для смуги.	2
9	Неоднорідні міішані просторові задачі	2
10	Чисельно-аналітична методика обчислення кратних інтегралів.	2
	Разом	**20**

7. Теми лабораторних занять

Не передбачено навчальним планом

8. Самостійна робота

Самостійна робота студентів складає 80 годин. Розподіл самостійної роботи за видами навчальних робот:

1) підготовка до лекційних занять, контрольних робіт, іспита – 10 годин;
2) реферат – 10 годин;
3) самостійне опрацювання додаткового матеріалу – 60 годин;

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Асимптотичні методи розв’язання мішаних задач основного типу	10
2	Задача про втискування кругового штампа у півнескінченний шар	10
3	Антиплоска задача про коливання штампа на пружному півпросторі	10
4	Динамічна мішана задача про антиплоску деформацію пружного шару	10
5	Задача пружності про штамп, що рухається	10
6	Контактні задачі при урахуванні сил терття	10
7	Контактні задачі з повним розділом граничних умов	10
8	Підготовка до лекційних занять, контрольних робіт, іспита	10

	Разом	**80**

Самостійна робота оформлюється у вигляді доповіді та (або) виконання індивідуального завдання, обговорення та оцінювання яких здійснюється на поточному та підсумковому контролі.

Самостійна робота здобувачів забезпечується засобами Google Workspace for Education.

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи:

– своєчасність виконання;

– доброчесність та коректність у представлені текстів, презентацій та посилань (у разі доведеного плагіату бали за роботу анулюються);

– повнота, грамотність і коректність розкриття основних положень;

– творчий підхід до постановки і реалізації завдання;

– відповідність формальним критеріям (структура, послідовність, логічність, мовна грамотність, якість оформлення тощо).

– вміння застосовувати теоретичні знання для рішення практичних завдань.

9. Методи навчання

Метод проблемного викладення (наукового пошуку).

Пояснювально-ілюстративні методи: лекція, пояснення, самостійне опрацювання літературних джерел, робота з електронними конспектами лекцій та презентаціями, опрацювання наукових публікацій.

Наочні методи (презентації, ілюстрації, презентації результатів власних досліджень).

Репродуктивні методи та практичні методи: розв’язування задач за алгоритмами конкретних методів, практичні роботи, виконання індивідуальних завдань.

Дослідницький метод.

Методи формування і стимулювання пізнавальної діяльності: навчальні дискусії

10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи поточного періодичного контролю: індивідуальне усне поточне опитування, оцінювання доповідей, оцінювання виконання та захисту індивідуальних завдань, письмові поточні самостійні роботи.

Підсумковий контроль - іспит. Підсумкова оцінка визначається як сума балів за поточний і періодичний контроль за 100-бальною системою, виставляється за результатами роботи здобувача вищої освіти впродовж всього семестру.

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
Відмінно (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/ розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
Добре (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
Задовільно (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно

	елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
Незадовільно з можливістю повторного складання (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни (0-34% від максимальної кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача

Примітка: максимальна кількість балів за кожною темою вказана в п.12.

11. Питання для поточного і періодичного контролю

1. Постановка просторових мішаних задач теорії пружності. Метод Папковича - Нейбера, Трефца.
2. Подання рівнянь Ламе через два спільно та одне окремо розв'язуване рівняння у декартовій та циліндричній системі координат.
3. Неоднорідні векторні крайові задачі.
4. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов гладкого контакту.
5. Мішана просторова задача пружності для шару при виконанні умов жорсткого закріплення.
6. Точні та наближені розв'язки просторових задач в залежності від типу крайових умов.
7. Незв'язної термопружності для шару.
8. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням дії внутрішньої сили.
9. Мішана задача теорії пружності для шару з урахуванням його власної ваги.
10. Чисельно-аналітична методика обчислення кратних інтегралів, що виникають під час розв'язання мішаних задач.
11. Асимптотичні методи розв'язання мішаних задач основного типу.
12. Задача про втискування кругового штампа у півнескінченний шар.
13. Антиплоска задача про коливання штампа на пружному півпросторі.

14. Динамічна мішана задача про антиплоску деформацію пружного шару.
15. Контактні задачі при урахуванні сил тертя.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточне тестування та самостійна робота									Сума балів
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3			
Т1	Т2	Т3	Т5	Т4	Т6	Т7	Т8	Т9	**100**
15	15	10	5	5	10	15	15	10	

Розподіл балів за видами навчальної роботи

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Поточний контроль на лекціях	5	4	20
Виконання і захист практичних робіт	5	4	20
Усього за змістовим модулем 1			**0 – 40**
Змістовий модуль 2			
Поточний контроль на лекціях	5	2	10
Виконання і захист практичних робіт	10	1	10
Усього за змістовим модулем 2			**0-20**
Змістовий модуль 3			
Поточний контроль на лекціях	5	4	20
Виконання і захист практичних робіт	5	4	20
Усього за змістовим модулем 3			**0 – 40**
Підсумкова сума балів			**0 – 100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку

90–100	**A**	відмінно	зараховано
85–89	**B**	добре	
75–84	**C**		
70–74	**D**	задовільно	
60–69	**E**		
35–59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0–34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Навчально-методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни; силабус; навчально-методичні матеріали для лекцій, конспекти (тексти, схеми) лекцій; мультимедійні презентації; плани практичних занять; методичні вказівки (рекомендації) щодо самостійного вивчення дисципліни.

14. Рекомендована література

Основна

1. Вайсфельд Н.Д., Фесенко Г.О. Мішані задачі теорії пружності для півнескінченного шару: монографія. Одеса : Астропринт, 2019. 120 с.
2. Вайсфельд Н.Д., Фесенко Г.О. Контактна механіка. Шорсткість, розшарування і зношування поверхонь : колективна монографія / за заг. ред. Р.М. Мартиняка // Львів : Видавець Вікторія Кундельська, 2022. – 392 с. – URL: https://www.researchgate.net/publication/366177313

Додаткова

1. Мартиненко М.А. Мішані просторові задачі математичної теорії пружності. Київ : НУХТ, 2012. 373 с.
2. Мірошніков В.Ю. Дослідження другої основної задачі теорії пружності для шару з декількома циліндричними порожнинами. *Mechanics and Advanced Technologies*. 2019. Т. 2 (86). С. 34 – 43.
3. Гринченко В.Т., Улитко А.Ф. Пространственные задачи теории упругости и пластичности. Равновесие упругих тел канонической формы. Київ: Наук.думка, 1985. 280 с.
4. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пружності. Львів : Світ, 1994. 580 с.
5. Fesenko A.A., Moyseenok A.P. Exact Solution of a Nonstationary Problem for the Elastic Layer with Rigid Cylindrical Inclusion. *J Math Sci*. 2020. V. 249. P. 478–495.
6. Kalentev E. A. Stress-strain state of an elastic half-space with a cavity of arbitrary shape. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering.* 2018. https://doi.org/10.1186/s40712-018-0094-x

15. Електронні інформаційні ресурси

1. http://nbuv.gov.ua/ – Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського;
2. http://lib.onu.edu.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова.
3. http://www.library.univ.kiev.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки ім. М. Максимовича Київського національного університету ім. Тараса Шевченко.
4. http://www.lnulibrary.lviv.ua/ - Сайт Наукової бібліотеки Львівського національного університету ім. Івана Франка.
5. http://www.dnpb.gov.ua/ – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського;
6. http://korolenko.kharkov.com/ – Сайт Харківської державної наукової бібліотеки імені В.Г. Короленка.
7. https://www.imath.kiev.ua/ – Сайт Інституту математики НАН України;
8. https://umj.imath.kiev.ua/ – Український математичний журнал;
9. https://scholar.google.com/ - Google Scholar, пошукова система, яка індексує повний текст наукових публікацій всіх форматів і дисциплін.
10. https://indexcopernicus.com/ - Index Copernicus (IC) — онлайнова наукометрична база даних
11. https://www.scopus.com/home.uri - Scopus, бібліографічна і реферативна база даних
12. https://clarivate.com/products/web-of-science/ - Web of Science, бази наукової літератури і патентів

https://en.wikipedia.org/wiki/Time-scale_calculus -Time scale - Wikipedia