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

«Динамічні 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 «Динамічні 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 № _1 від. “_09_”_вересня_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
		1
		Лекції
		20 год.
		Практичні, семінарські
		20 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		80 год.
		Форма підсумкового контролю: **залік**

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни: курс «Динамічні задачі теорії пружності» є спеціальним 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 динамічних задач теорії пружності**.**

Завдання дисципліни: отримання знань стосовно методів розв'язання динамічних задач. Студенти повинні знати основні поняття, які вивчаються у курсі: постановка динамічних 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. Постановка динамічних задач теорії пружності. Розповсюдження хвиль. Швидкості хвиль.

Тема 1. Постановка основних задач динамічної теорії пружності. Задача Коші.

Тема 2. Розривні розв'язки динамічних задач, слабкі та сильні розриви.

Тема 3. Розповсюдження хвиль у необмеженому середовищі.

Змістовий модуль 2. Постановка задач у потенціалах.

Тема 4. Узагальнена теорема Гельмольца. Постановка динамічних задач у потенціалах.

Тема 5. Подання переміщень через контурні інтеграли.

Тема 6. Фундаментальні розв'язки динамічних рівнянь теорії пружності.

Змістовий модуль 3. Методи розв'язання. Теорема існування та єдиності розв'язку.

Тема 7. Методи розв'язання динамічних задач теорії пружності. Умови випромінювання Зоммерфельда.

Тема 8. Теорема існування та єдиності розв'язку динамічних задач.

Тема 9. Поверхневі хвилі.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Очна (денна, вечірня) форма навчання					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Постановка динамічних задач теорії пружності. Розповсюдження хвиль. Швидкості хвиль						
Тема 1. Постановка основних задач динамічної теорії пружності. Задача Коші.		4	2			6
Тема 2. Розривні розв’язки динамічних задач, слабкі та сильні розриви.		2	2			10
Тема 3. Розповсюдження хвиль у необмеженому середовищі.		2	4			10
Разом за змістовим модулем 1	42	8	8			26
Змістовий модуль 2. Постановка задач у потенціалах						
Тема 1. Узагальнена теорема Гельмольца. Постановка динамічних задач у потенціалах.		2	2			6
Тема 2. Подання переміщень через контурні інтеграли.		2	2			10
Тема 3. Фундаментальні розв’язки динамічних рівнянь теорії пружності.		2	2			10
Разом за змістовим модулем 2	38	6	6			26
Змістовий модуль 3. Методи розв’язання. Теорема існування та єдиності розв’язку						
Тема 1. Методи розв’язання динамічних задач теорії пружності. Умови випромінювання Зоммерфельда		2	2			8
Тема 2. Теорема існування та єдиності розв’язку динамічних задач		2	2			10
Тема 3. Поверхневі хвилі		2	2			10
Разом за змістовим модулем 3	40	6	6			28
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 задач динамічної теорії пружності	2
2	Випадок усталених коливань	2
3	Випадок нестаціонарного динамічного навантаження	2
4	Задача Лемба	2
5	Подання переміщень через контурні інтеграли	2
6	Застосування методу інтегральних перетворень	2
7	Переміщення у віддаленому полі	2
8	Динамічна задача для чверть простору	2
9	Динамічна задача для пружного шару з циліндричним отвором	2
10	Динамічна задача для шару з циліндричним жорстким включенням	
	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, заліку – 10 годин;
2) реферат – 10 годин;
3) самостійне опрацювання додаткового матеріалу – 60 годин;

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Швидкості розповсюдження хвиль у ізотропному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі	9
2	Випадок усталених коливань. Нестаціонарна задача та задача про усталені коливання.	9
3	Фундаментальні розв’язки. Поверхні слабких та сильних розривів Випадок нестаціонарного динамічного навантаження	9
	Елементарні розв’язки з особливими точками: центр розширення – стискання, центр обертання	
4	Метод функціонально-інваріантних розв’язків	9
5	Розв’язання хвильового рівняння та рівнянь теорії пружності: звичайні та комплексні плоскі хвилі, хвилі з круговим фронтом	9
6	Відбиття плоских поздовжніх та поперечних хвиль від плоскої границі.	5
7	Поверхневі хвилі Релея. Власні коливання півпростору.	5
8	Поверхневі хвилі Лява. Теорія Похгаммера-Крі.	5
	Разом	**60**

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 - залік. 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	Теоретична підготовка	Практична підготовка

відсоток від максимальної кількості балів	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 елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час

	ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	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 задач динамічної теорії пружності
2. Швидкості розповсюдження хвиль у ізотропному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі
3. Випадок усталених коливань
4. Випадок нестаціонарного динамічного навантаження
5. Задача Лемба
6. Фундаментальні розв'язки. Поверхні слабких та сильних розривів
7. Випадок нестаціонарного динамічного навантаження
8. Подання переміщень через контурні інтеграли
9. Застосування методу інтегральних перетворень
10. Переміщення у віддаленому полі
11. Динамічна задача для чверть простору
12. Динамічна задача для пружного шару з циліндричним отвором
13. Динамічна задача для шару з циліндричним жорстким включенням
14. Елементарні розв'язки з особливими точками: центр розширення – стискання, центр обертання
15. Метод функціонально-інваріантних розв'язків
16. Розв'язання хвильового рівняння та рівнянь теорії пружності: звичайні та комплексні плоскі хвилі, хвилі з круговим фронтом
17. Відбиття плоских поздовжніх та поперечних хвиль від плоскої границі.
18. Поверхневі хвилі.

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	

85–89	**B**	добре	зараховано
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. Процеров Ю. С., Мойсєєнок О. П. Математичне моделювання деяких задач механіки і техніки. Одеса : Одеськ. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2015. 61 с.
2. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пружності. Львів : Світ, 1994. 560 с.
3. Гринченко В. Т., Мелешко В. В. Гармонические колебания и волны в упругих телах. Киев : Наук. Думка, 1981. 284 с.
4. Анісімов І. О. Коливання та хвилі: підруч. для студ. вищ. навч. закл. М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. К. : ВПЦ «Київ. ун-т», 2009. 399 с.
5. Посацький С. Л. Опір матеріалів. Львівський університет. 1973. 403 с.

Додаткова

1. G.P. Cherepanov, E.F. Afanas'ev. Some dynamic problems of the theory of elasticity—a review. *International Journal of Engineering Science*. 1974. V. 12, Issue 8. P. 665—690. DOI: http://anonym.to/?http://doi.org/10.1016/0020-7225%2874%2990043-3
2. Akbarov S.D. Recent investigations on dynamic problems for an elastic body with initial (residual) stresses (review). *Int Appl Mech*. 2007. V. 43, P. 1305–1324. https://doi.org/10.1007/s10778-008-0003-8
3. Guz A.N., Kubenko V.D., & Cherevko M.A. Diffraction of elastic waves. *Soviet Applied Mechanics*. 1978. V. 14, Issue 8. P. 789-798. https://link.springer.com/article/10.1007/BF00883678
4. 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. https://doi.org/10.1007/s10958-020-04954-3

5. Anna Fesenko and Nataly Vaysfel'd. The dynamical problem for the infinite elastic layer with a cylindrical cavity. *Procedia Structural Integrity*. 2021. V. 33. P. 509-527. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.10.058
6. N. Vaysfeld, Z. Zhuravlova. The transient mixed problem for an elastic semi-strip. *J Eng Math*. 2021. 127:16. https://doi.org/10.1007/s10665-021-10106-6
7. V. Reut, N. Vaysfeld, Z. Zhuravlova. Non-stationary mixed problem of elasticity for a semi-strip. *Coupled Systems Mechanics.* 2020. V. 9, No. 1. P. 77-89. https://doi.org/10.12989/csm.2020.9.1.077

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