

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО
_____ 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВБ 5.2 «Механіка суцільних середовищ»

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2022

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Очна (денна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 7 годин – 210 змістових модулів – 5	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Дисципліна за вибором
		Рік підготовки:
		3-й
		Семестр
		5-й, 6-й
		Лекції
		60 год.
		Практичні, семінарські
		44 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		106 год.
Форма підсумкового контролю: залік, іспит		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з дослідженням фізичних об'єктів і систем, процесів і явищ та їх технічними застосуваннями у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних макроскопічних теорій і методів фізики та/або астрономії.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни є формування у студентів наступної системи компетентностей, що включають знання, розуміння, уміння та навички фізико-математичного моделювання й кількісного аналізу фізичних процесів у макроскопічних системах з використанням методів класичної теорії поля, теорії пружності та гідродинаміки:

Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення,
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- K18. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.
- K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
- K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- K29. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та неформальну освіту.

Програмні результати навчання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен досягнути таких результатів:

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.

ПР08. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

3. Зміст навчальної дисципліни

3 рік, 5 семестр

Змістовий модуль 1. Основні поняття та величини механіки суцільних середовищ

Тема 1. Предмет механіки суцільних середовищ. Предмет і структура курсу. Задачі механіки суцільних середовищ. Основні положення моделі суцільного середовища: гіпотеза суцільності, гіпотеза локальної термодинамічної рівноваги, рух тіл як деформація суцільного середовища.

Тема 2. Кінематичні характеристики суцільних середовищ. Підходи Лагранжа та Ейлера до опису руху суцільних середовищ. Матеріальні та просторі координати.

Відносне переміщення частинок деформованого суцільного середовища. Тензори скінченних деформацій Гріна та Альмансі. Лагранжеві та ейлерові тензори (нескінченно) малих деформацій. Геометричний зміст їх діагональних компонент, шпурів, і недиагональних компонент. Лагранжів та ейлерів вектори лінійного повороту.

Диференціювання величин за часом у підходах Лагранжа та Ейлера. Матеріальна (субстанціональна) похідна, локальна і конвекційна швидкості зміни величини.

Тензор швидкостей деформації, фізичний зміст його діагональних компонент, недиагональних компонент та шпуру. Тензор завихреності (вихору), зв'язок його компонент із векторами завихреності та вихору швидкості. Розподіл швидкостей у суцільному середовищі. Теорема Гельмгольца.

Матеріальні похідні від елемента об'єму та від інтеграла по об'єму. Диференціювання за часом інтеграла по об'єму, що залежить від часу. Теорема Томсона–Кельвіна.

Тема 3. Динамічні характеристики суцільних середовищ. Сили в механіці суцільних середовищ. Масові (об'ємні) та поверхневі сили. Принцип напружень Коші і вектор напруження. Тензор напружень, фізичний зміст його компонент, нормальні напруження на напруження зсуву (дотичні).

Умови рівноваги для довільного об'єму суцільного середовища. Рівновага сил і зв'язок компонент тензора напружень з компонентами вектора напружень. Рівновага сил і моментів і симетричність тензора напружень.

Змістовий модуль 2. Загальні закони руху та основні моделі суцільних середовищ

Тема 4. Закони руху суцільних середовищ. Закон збереження маси та рівняння неперервності. Випадок нестисливого середовища. Багатокомпонентні суміш. Закон зміни кількості руху та закон руху (другий закон Ньютона). Закони зміни кінетичної енергії та механічної енергії для суцільного середовища. Основні положення та закони термодинаміки. Узагальнення законів руху на випадок термомеханічного середовища, закон зміни внутрішньої енергії такого середовища.

Тема 5. Модель ідеальних рідин (газів). Поняття ідеальної рідини (газу): нормальні сили і тиск, структура тензора напружень, умови адіабатичності та ізоентропічності, рівняння неперервності і рівняння Ейлера. Крайові умови для ідеальної рідини. Випадок рівноважних рідини і газу: гідростатичний тиск і закон Архімеда, барометрична формула.

Тема 6. Лінійна теорія пружності. Узагальнений закон Гука. Основні рівняння лінійної теорії пружності. Тензор пружних сталих. Випадок однорідного ізотропного середовища: відшукання пружних сталих, явний вигляд тензора напружень, коефіцієнти Ламе, вільна енергія деформації, модулі всебічного стиснення і зсуву. Крайові умови для задач пружності.

Рівновага ізотропних тіл. Простий розтяг стержня. Основні рівняння, крайові умови. Значення компонент тензорів напружень і деформації, коефіцієнт розтягу, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, відносна зміна об'єму стержня при деформації. Одностороннє стиснення.

Тема 7. Модель в'язких рідин (газів). Стоксівські та ньютонівські рідини. Тензор в'язких напружень для ньютонівських рідин, коефіцієнти в'язкості, коефіцієнти зсувної та об'ємної в'язкостей. Рівняння Нав'є – Стокса (– Дюгема). Випадок нестисливої в'язкої рідини, коефіцієнт кінематичної в'язкості. Крайові умови для в'язкої рідини на твердій поверхні, на граничній поверхні з другою рідиною (газом) і на вільній поверхні. Дисипація енергії в ньютонівських рідинах.

Рівняння гідродинаміки для рідких сумішей.

Змістовий модуль 3. Найпростіші задачі механіки суцільних середовищ

Тема 8. Стаціонарний рух ідеальної рідини (газу). Стаціонарні течії, лінії течії, інтеграл Бернуллі та його застосування: стаціонарний рух нестисливої ідеальної рідини вдовж труби із змінною площею перерізу, стаціонарна течія ідеального стисливого газу.

Тема 9. Одновимірні течії нестисливої в'язкої рідини. Неусталені гідродинамічні поля, раптово збудені: плоскопаралельним рухом однієї твердої поверхні відносно другої; обертанням навколо власної осі довгої циліндричної труби; різницею тисків між кінцями

довгої труби. Граничні випадки усталених потоків Куетта та Пуазейля. Рух рідини між двома циліндрами, що обертаються.

Рівняння гідродинаміки для рідких сумішей.

Тема 10. Звукові хвилі у суцільних середовищах. Пружні хвилі в ізотропному середовищі: рівняння руху середовища, рівняння коливань для поперечних і поздовжніх хвиль, поздовжня і поперечна швидкості звуку.

Звукові хвилі у в'язких ньютонівських рідинах (газах). Затухання поперечних збурень (в'язких зсувних хвиль). Поздовжні хвилі, їх дисперсія, швидкість поширення і коефіцієнт поглинання.

3 рік, 6 семестр

Змістовий модуль 4. Гідромеханіка ідеальних рідин і газів

Тема 11. Потенціальні течії ідеальної рідини. Циркуляція швидкості, теорема Томсона для ізоентропійних рухів. Потенціальні течії, потенціал швидкості, інтеграл Коші. Рух сфери в нестисливій необмеженій рідині. Парадокс Д'Аламбера. Випадок руху сфери зі змінною швидкістю, сила реакції рідини (газу).

Стаціонарне обтікання нескінченного кругового циліндра нестисливою ідеальною рідиною. Поверхнева циркуляція швидкості, підймальна сила Жуковського. Ефект Магнуса.

Тема 12. Двовимірні потенціальні течії. Метод комплексних потенціалів. Плоске потенціальне обтікання нестисливою ідеальною рідиною. Функція течії. Комплексний потенціал. Точкові джерела і вихори. Відновлення потенціалу швидкості, функції течії, поля швидкості та ліній течії з комплексного потенціалу. Комплексний потенціал обтікання кругового циліндра. Конформні перетворення, їх застосування до крайових задач гідродинаміки.

Задача про обтікання крила літака та інших профілів плоскопаралельним нестисливим потоком.

Тема 13. Ударні хвилі. Дозвукові та надзвукові потоки газу, число Маха. Особливості поширення звуку в надзвукових потоках Поверхні розриву, крайові умови для потоків речовини, імпульсу та енергії. Тангенціальні розриви та ударні хвилі. Стрибки тиску, густини, швидкості та ентальпії в ударній хвилі. Адіабата Гюгонію. Ударні хвилі в ідеальному газі.

Тема 14. Магнітна гідродинаміка електропровідної ідеальної рідини. Побудова рівнянь руху ідеальної рідини з високою електропровідністю. Поведінка силових ліній магнітного поля. Хвилі Альфвена в нестисливій рідині: збурення магнітного поля і поля швидкості, їх швидкість поширення та поляризації, збурення тиску.

Змістовий модуль 5. Гідродинаміка в'язких рідин і газів

Тема 15. Стаціонарні течії при малих числах Рейнольдса. Елементи теорії подібності. Рівняння Нав'є – Стокса в безрозмірному вигляді. Число Рейнольдса.

Задача про обтікання твердої кулі стаціонарним потоком нестисливої в'язкої рідини: крайова задача для функції течії, поля швидкості та тиску, сила Стокса. Метод Ландау для розв'язання задачі в термінах швидкості. Задача Рибчинського–Адамара про обтікання рідкої краплі.

Обтікання кулі потоком рідини зі сталим градієнтом швидкості. Ефективна в'язкість суспензії.

Тема 16. Пограничний шар. Стійкість стаціонарного руху нестисливої в'язкої рідини. Ламінарний пограничний шар: рівняння Прандтля та його розв'язок для пограничного шару напівнескінченної площини, товщина шару. Турбулентність, її основні риси. Турбулентний пограничний шар: логарифмічний профіль швидкості, товщина шару. Особливості ламінарного та турбулентного режимів течії рідини в трубах.

Тема 17. Теплопровідність і дифузія у в'язких рідинах і рідких сумішах. Рівняння переносу тепла у в'язкій рідині, крайові умови. Нагрівання рідини при стоксівському обтіканні кулі. Дифузія і термодифузія. Конвекційний теплообмін.

4. Структура навчальної дисципліни

Теми занять	Кількість годин				
	Очна денна форма				
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	СР
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основні поняття та величини механіки суцільних середовищ					
Тема 1. Предмет механіки суцільного середовища	8	2	0		6
Тема 2. Кінематичні характеристики суцільних середовищ	18	6	4		8
Тема 3. Динамічні характеристики суцільних середовищ	18	4	4		10
Змістовий модуль 2. Загальні закони руху та основні моделі суцільних середовищ					
Тема 4. Закони руху суцільних середовищ	12	4	2		6
Тема 5. Модель ідеальних рідин (газів)	4	2	2		
Тема 6. Лінійна теорія пружності	14	4	2		8
Тема 7. Модель в'язких рідин (газів)	14	4	4		6
Змістовий модуль 3. Найпростіші задачі механіки суцільних середовищ					
Тема 8. Стаціонарний рух ідеальної рідини (газу)	11	1	2		8
Тема 9. Одновимірні течії нестисливої в'язкої рідини.	15	1	8		6
Тема 10. Звукові хвилі у суцільних середовищах	6	2	2		2
Змістовий модуль 4. Гідромеханіка ідеальних рідин і газів					
Тема 11. Потенціальні течії ідеальної рідини.	12	4	2		6
Тема 12. Двовимірні потенціальні течії. Метод комплексних потенціалів.	16	6	2		8
Тема 13. Ударні хвилі.	10	2	2		6
Тема 14. Магнітна гідродинаміка електропровідної ідеальної рідини.	10	2	2		6
Змістовий модуль 5. Гідродинаміка в'язких рідин і газів					
Тема 15. Стаціонарні течії при малих числах Рейнольдса	14	6	2		6
Тема 16. Пограничний шар.	14	4	2		8
Тема 17. Теплопровідність і дифузія у в'язких рідинах і рідких сумішах.	14	6	2		6
Усього годин	210	60	44		106

4. Теми практичних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Тензор деформацій у циліндричній системі координат.	2
2	Тензор деформацій у сферичній системі координат.	2
3	Теорема Томсона–Кельвіна.	2
4	Умова рівноваги моментів сил і симетричність тензора напружень.	2
5	Рівняння неперервності для суміші.	2
6	Гідростатичний тиск. Барометрична формула. Закон Архімеда.	2
7	Однорідні деформації стержня: простий розтяг, одностороннє стиснення. Модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, відносна зміна об'єму.	2
8	Тензор напружень в'язкої рідини у циліндричній системі координат.	2
9	Тензор напружень в'язкої рідини у сферичній системі координат.	2
10	Застосування інтеграла Бернуллі: стаціонарний рух нестисливої ідеальної рідини вдовж труби із змінною площею перерізу; стаціонарна течія ідеального стисливого газу.	2
11	Неусталені гідродинамічні поля, раптово збудені плоско-паралельним рухом однієї твердої поверхні відносно другої. Граничний випадок потоку Куєтта.	2
12	Неусталений рух нестисливої в'язкої рідини, раптово збудений різницею тисків між кінцями довгої труби. Граничний випадок потоку Пуазейля.	2
13	Неусталений рух нестисливої в'язкої рідини всередині довгої циліндричної труби, раптово приведеної в обертання навколо власної осі.	2
14	Рух нестисливої в'язкої рідини між двома циліндрами, що обертаються.	2
15	Поздовжні та поперечні звукові хвилі в ньютонівських рідинах.	2
16	Сила реакції з боку ідеальної рідини на сферу, що рухається зі змінною швидкістю.	2
17	Комплексний потенціал плоского поля обтікання нескінченної пластинки при ненульовому куті атаки. Поле швидкості, лінії течії і підймальна сила, що діє на пластинку.	2
18	Ударні хвилі в ідеальному газі.	2
19	Хвилі Альфвена в нестисливій ідеальній рідині з високою електропровідністю.	2
20	Поле обтікання твердої кулі стаціонарним потоком нестисливої в'язкої рідини. Сила Стокса. Метод крайової задачі для функції течії.	2
21	Модель Прандтля пограничного шару.	2
22	Нагрівання рідини при стоксівському обтіканні кулі.	2
	РАЗОМ	44

5. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття не передбачені навчальним планом

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/ види завдань	Кількість годин
1	Етапи становлення та основні задачі механіки суцільних середовищ.	6
2	Вектори і тензори. Ознака тензорності величини. Коваріантні, контраваріантні та фізичні компоненти. Закони перетворення. Метричний тензор.	4
3	Симетричні тензори другого рангу. Зведення до діагонального вигляду. Характеристичне рівняння, головні значення і головні осі тензора. Антисиметричні тензори другого рангу. Відповідні аксіальні вектори.	4
4	Диференціальні операції в криволінійних системах координат: градієнт, дивергенція, ротор, оператор Лапласа. Коваріантне диференціювання.	4
5	Конвекційна частина матеріальної похідної в криволінійних координатах.	6
6	Теорема Остроградського – Гаусса для тензорних полів.	2
7	Основні положення та закони термодинаміки.	4
8	Тензор модулів пружності та макроскопічна симетрія кристалів.	8
9	Структура тензора напружень нематичних рідких кристалів.	6
10	Одновимірний рух стисливого газу. Протікання газу через сопло.	8
11	Функції Бесселя і Неймана: диференціальне рівняння, розклади у степеневі ряди, нулі, асимптотики, ортогональність, нормування, ортонормованість, повнота. Рекурентні співвідношення, обчислення інтегралів з ними.	6
12	Поширення звуку у сильнов'язких рідинах.	2
13	Поліноми Лежандра: диференціальне рівняння, розклади у степеневі ряди, нулі, асимптотики, ортогональність, нормування, ортонормованість, повнота. Рекурентні співвідношення, обчислення інтегралів з ними.	6
14	Аналітичні функції. Аналітичне продовження. Конформні перетворення, їх основні властивості, застосування для розв'язання плоских крайових задач електростатики і гідродинаміки.	8
15	Повільне горіння і детонація газу.	6
16	Магнітна гідродинаміка в'язких рідин.	6
17	Рух краплі в рідині. Задача Рибчинського – Адамара.	6
18	Точні розв'язки рівнянь руху в'язкої рідини.	8
19	Конвекційний теплообмін.	6
	Разом	106

9. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні інтерактивні та наочні методи навчання. Головними словесними методами навчання є лекції і практичні заняття. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий або евристичний метод. Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод; дослідницький метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод.

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами аудиторного опитування і аудиторної активності студентів, виконання ними домашніх завдань, що включають теми практичних занять і теми для самостійної роботи, модульних контрольних робіт. Підсумковий семестровий контроль (іспит) додатково враховує результати підсумкової екзаменаційної роботи.

Критерії оцінювання виконання практичних занять і самостійної роботи

Теми практичних занять і теми для самостійної роботи оцінюються через виконання домашніх завдань. Кожне завдання включає кілька завдань та/чи запитань, відповіді на які кожний студент подає у письмовій формі. Відповіді перевіряються викладачем та обговорюються зі студентом і його однокурсниками. Оцінка за виконання визначається повнотою, правильністю і якістю наданих студентом відповідей. Вона включається в оцінку поточного контролю за алгоритмом, наведеним у пункті **12. Розподіл балів, отримуваних студентами.**

Критерії оцінювання контрольних робіт за модулями

Контрольні роботи за модулями проводиться в письмовій формі. Кожна робота складається з 10 теоретичних питань, кожне з яких може включати кілька пов'язаних підпитань, на які треба відповісти у стислій формі. Відповідь на кожне питання оцінюється за десятибальною шкалою наступним чином:

- повна правильна відповідь – 10 балів;
- повна відповідь, що містить незначну неточність – 9 балів;
- повна відповідь, що містить дві неточності – 8 балів;
- повна відповідь, що містить помилку, або неповна відповідь, де відсутнє певне пояснення – 7 балів;
- повна відповідь з двома помилками, або неповна відповідь з помилкою – 6 балів;
- за кожну наступну помилку чи відсутнє пояснення знімається 1 бал;
- повністю неправильна або відсутня відповідь – 0 балів.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль (іспит) проводиться в письмовій формі у вигляді письмової контрольної роботи, що оцінюється за 100-бальною шкалою. Вона складається з таких чотирьох розділів, що оцінюються наступним чином:

А. Математичні означення та базові співвідношення. Тестові запитання (загальною кількістю до 10) з наведеними відповідями у вигляді певних формул, одна з яких правильна. Оцінювання відповіді на кожне запитання:

- правильна відповідь – 2 бали, неправильна відповідь – 0 балів.

В. Аналіз правильності тверджень Тестові запитання (загальною кількістю до 12) з наведеними відповідями у вигляді певних тверджень, одне з яких правильне. Оцінювання відповіді на кожне запитання:

- правильна відповідь – 3 бали, неправильна відповідь – 0 балів.

С. Формулювання законів, означень, понять. Короткі теоретичні питання (загальною кількістю до 8), на які треба дати власні відповіді. Оцінювання відповіді на кожне питання:

- повна розгорнута відповідь – 4 бали;
- повна розгорнута відповідь, що містить неточності чи суперечності, або повна, але не розгорнута відповідь – 3 бали;
- повна розгорнута відповідь, що містить помилку, або повна, але не розгорнута відповідь, що містить неточності чи суперечності, або неповна відповідь – 2 бали

- повна розгорнута відповідь, що містить дві помилки, або повна, але не розгорнута відповідь, що містить помилку, або неповна відповідь, що містить помилку, неточності чи суперечності – 1 бал
- повна розгорнута відповідь, що містить три і більше помилок, або повна, але не розгорнута відповідь, що містить дві і більше помилок, або неповна відповідь, що містить дві і більше помилок, або відсутність відповіді – 0 балів.

D. Практичне завдання. Задача середнього рівня складності, що передбачає певний модельний аналіз. Оцінювання відповіді на завдання:

- повний розв'язок з усіма поясненнями – 20 балів;
- повний розв'язок з усіма поясненнями, що містить незначну неточність – 19 балів;
- повний розв'язок з усіма поясненнями, що містить дрібну обчислювальну помилку, або повний розв'язок, де окремі пояснення відсутні чи містять неточності – 18 балів;
- повний розв'язок з усіма поясненнями, що містить помилку, або повний розв'язок, де відсутні пояснення, або неповний розв'язок – 16 балів;
- повний розв'язок з двома помилками, або неповний розв'язок з помилкою – 14 балів;
- за кожен наступну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- при наявності правильного пояснення ходу розв'язання, правильних вихідних співвідношень та часткових обчислень – 12 балів;
- за відсутність одного із щойно зазначених пунктів, або за кожен наступну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що є повністю помилковою, або за відсутність відповіді – 0 балів.

Кількість балів, що студент отримує за письмову контрольну роботу, є сумою балів, що отриманих ним за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Підсумкова семестрова оцінка виставляється за шкалами, наведеними в пункті **12. Розподіл балів, отримуваних студентами.**

11. Питання для підготовки до періодичного й підсумкового контролів

1. Опишіть предмет і задачі механіки суцільних середовищ.
2. У чому полягає гіпотеза суцільності в механіці суцільного середовища?
3. Сформулюйте гіпотезу локальної термодинамічної рівноваги для суцільного середовища.
4. Які моделі суцільного середовища називають термомеханічними?
5. Які величини використовують для опису і еволюції стану рідини в термомеханічних моделях?
6. Як встановлюються відповідні рівняння для цих величин?
7. У чому полягають підходи Лагранжа та Ейлера до опису руху суцільних середовищ?
8. Які величини відносять до кінематичних характеристик суцільного середовища?
9. Запишіть вирази для відносного переміщення частинок при нескінченно малих деформаціях суцільного середовища в обох підходах. Поясніть зміст усіх величин у них, укажіть умови малості деформацій.
10. Який вигляд мають лагранжів та ейлерів тензори нескінченно малих деформацій? Які властивості симетрії вони мають? Як вони співвідносяться?
11. Що називають матеріальним відрізком?
12. Який геометричний (фізичний) зміст діагональних компонент тензорів нескінченно малих деформацій? Шпурів? Недіагональних компонент?
13. Опишіть процедуру знаходження явних виразів для фізичних компонент тензорів нескінченно малих деформацій у криволінійній системі координат
14. Що називають лагранжевими та ейлеровими тензорами поворотів? Які властивості симетрії вони мають? Як вони пов'язані з векторами лінійного повороту?
15. Як виконується диференціювання величин за часом у підходах Лагранжа й Ейлера?

16. Який вигляд має матеріальна (субстанціональна) похідна? З яких частин вона складається і який їх фізичний зміст?
17. Як, виходячи з ейлерового підходу, знайти закони руху частинок середовища?
18. Який вигляд має вираз для вектора відносної швидкості точок суцільного середовища? Поясніть зміст усіх величин у ньому.
19. Дайте означення тензора швидкостей деформацій. Який фізичний зміст його діагональних компонент, недиагональних компонент і шпuru для нескінченно малих деформацій?
20. Дайте означення тензора завихреності (вихору). Як він пов'язаний з вектором вихору швидкості?
21. Сформулюйте теорему Гельмгольца для розподілу швидкостей у суцільному середовищі.
22. Як знайти фізичні компоненти тензора швидкостей малих деформацій у криволінійній системі координат?
23. Запишіть явні вирази для похідної за часом від інтеграла по об'єму речовини у випадках, коли його поверхня: рухається за заданим законом; ϵ поверхнею речовини.
24. Запишіть похідну за часом від циркуляції векторного поля по замкненому матеріальному контуру. Як звідси отримати теорему Томсона–Кельвіна? Чим остання важлива?
25. Як класифікуються сили в механіці суцільних середовищ? Які їх основні характеристики?
26. Що називають вектором напруження? Як він залежить від орієнтації площадки, на яку він діє?
27. У чому полягає принцип напружень Коші і які його наслідки для вектора напружень?
28. Як означається тензор напружень? Який фізичний зміст його діагональних і недиагональних компонент?
29. З якої умови випливає зв'язок компонент тензора напружень з компонентами вектора напружень?
30. Як знайти силу, яка діє на замкнену поверхню, через значення тензора напружень на ній?
31. Якою умовою можна скористатися, щоб довести симетричність тензора напружень?
32. Сформулюйте теорему Гаусса–Остроградського для довільного тензорного поля.
33. Що називають рівнянням неперервності? З якого закону він випливає?
34. Який вигляд має умова нестисливості середовища?
35. Запишіть рівняння неперервності для суміші, коли компоненти суміші хімічно інертні та коли між ними відбуваються хімічні реакції зі зміною мас.
36. Запишіть закон зміни імпульсу для матеріального об'єму. Як з нього отримати рівняння руху середовища в диференціальній формі? Запишіть останній і поясніть зміст усіх величин і доданків у ньому.
37. Запишіть закони зміни кінетичної енергії та механічної енергії для механічного суцільного середовища.
38. Яким шляхом можна узагальнити попередні закони на випадок термомеханічного середовища?
39. Запишіть закон зміни внутрішньої енергії термомеханічного середовища в інтегральній і диференціальній формах. Поясніть зміст усіх величин і доданків у них.
40. У чому полягає закон ізотропії нормальних напружень у рівноважній рідині? Яка структура тензора напружень впливає з нього для такої рідини?
41. Запишіть рівняння механічної рівноваги рідини в явному вигляді. Як з нього отримати закон Архімеда?
42. Як з рівняння механічної рівноваги знайти розподіл тиску в рівноважній рідині і рівноважному газі?
43. У чому полягає наближення ідеальної рідини (газу)? Яка структура тензора напружень

- з нього впливає?
44. Запишіть рівняння Ейлера і крайові умови для ідеальної рідини. Як за допомогою умови ізоентропічності звести його до рівняння, що містить лише швидкість?
 45. Запишіть повну систему рівнянь ідеальної рідини. Покажіть, що для опису полів густини, тиску і швидкості в ідеальній рідині можна обмежитися розглядом системи п'яти рівнянь.
 46. Випишіть інтеграл Бернуллі, поясніть його зміст та умови застосовності.
 47. Запишіть узагальнений закон Гука для пружного середовища і поясніть зміст усіх величин у ньому.
 48. Поясніть, скільки незалежних компонент може у загальному випадку мати тензор пружних сталей.
 49. Які вимоги симетрії слід накласти на тензор пружних сталей однорідного ізотропного середовища? Яка структура тензора напружень впливає з цих вимог для такого середовища?
 50. Що називають коефіцієнтами Ламе? Модулями всебічного стиснення і зсуву? Як довести додатність останніх?
 51. Запишіть рівняння руху і крайові умови для однорідного ізотропного пружного середовища.
 52. Дайте означення однорідних деформацій. Наведіть приклади і випишіть відповідні крайові умови.
 53. Які типи хвиль поширюються в ізотропному пружному середовищі? Як отримати незалежні рівняння руху для них, виходячи із загального рівняння коливань середовища?
 54. Як співвідносяться швидкості поперечних і поздовжніх хвиль в ізотропному пружному середовищі?
 55. Які рідини називають стоксівськими? Ньютонівськими?
 56. Як означаються коефіцієнти зсувної, об'ємної і кінематичної в'язкостей для рідин (газів)?
 57. Які вимоги симетрії повинен задовольняти тензор в'язких напружень ньютонівської рідини? Виходячи з них, побудуйте його в явному вигляді.
 58. Знаючи тензор напружень для ньютонівської рідини, побудуйте рівняння Нав'є–Стокса–Дюгема Нав'є–Стокса. Який вони мають зміст? Поясніть всі позначення і зміст кожного доданка в них.
 59. Запишіть і поясніть крайові умови для в'язкої рідини на твердій поверхні, на граничній поверхні з другою рідиною (газом) і на вільній поверхні.
 60. Опишіть процедуру побудови замкненої системи рівнянь і випишіть їх для ньютонівських рідин.
 61. У чому полягає процедура лінеаризації системи рівнянь ньютонівської рідини для опису малих збурень у ній?
 62. Чи можуть у в'язких рідинах поширюватися поперечні хвилі?
 63. Опишіть характер дисперсії швидкості і коефіцієнта поглинання поздовжнього звуку у в'язкій рідині.
 64. Випишіть компоненти тензора в'язких напружень рідини у циліндричній системі координат.
 65. Які течії рідини називаються потенціальними?
 66. У чому полягає парадокс Д'Аламбера?
 67. Як залежить сила реакції з боку нестисливої ідеальної рідини на кульку від швидкості останньої?
 68. Який механізм формування підйимальної сили Жуковського, що діє на довгий круговий циліндр в стаціонарному потоці нестисливої ідеальної рідини? Яким формальним прийомом цей механізм можна врахувати?
 69. У чому полягає метод комплексного потенціалу для потенціальних течій? За яких

- умов ним можна користуватися?
70. Знаючи комплексний потенціал, як знайти вираз для сили, що діє з боку двовимірного потоку на тіло в ньому?
 71. Які перетворення комплекснозначних функцій називаються конформними?
 72. Як підіймальна сила, що діє з боку потоку на одиницю довжини крила, залежить від кута атаки?
 73. Запишіть закони збереження маси, імпульсу та енергії ідеального газу в інтегральній формі.
 74. Який вигляд мають крайові умови для стаціонарного потоку газу на поверхні розриву параметрів газу?
 75. Що називають адіабатою Гюгоніо?
 76. Запишіть систему рівнянь магнітної гідродинаміки ідеальної рідини з високою електропровідністю.
 77. Що називають хвилями Альфвена?
 78. Який фізичний зміст має число Рейнольдса?
 79. Які течії називають ламінарними і які турбулентними?
 80. Поставте задачу для знаходження сили Стокса. Які методи її розв'язання Ви знаєте?
 81. Запишіть рівняння Прандтля і крайові умови для руху рідини в ламінарному пограничному шарі напівобмеженої тонкої пластини, що знаходиться в плоскопаралельному потоці в'язкої рідини.

12. Розподіл балів, отримуваних студентами

У ході поточного контролю студент може отримати за кожну тему до 20 балів, які нараховуються таким чином:

№ з/п	Вид роботи	Форма контролю	Максимальне число балів
1	Відвідування занять	Конспект занять	2
2	Аудиторна активність студента	Спостереження за аудиторною роботою студента	2
3	Виконання класних і домашніх завдань, самостійної роботи	Письмові розв'язки, письмові та усні відповіді	16
	Сума		20

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати за кожну контрольну роботу за змістовним модулем, складає 100 балів.

Підсумковий бал за кожний змістовний модуль обчислюється за такою схемою: знаходиться відсоток, який загальна сума балів, набраних студентом у ході поточного контролю, складає від максимально можливої за всі теми у цьому модулі; обчислюється відсоток, який загальна сума балів, набраних студентом у ході виконання контрольної роботи за змістовним модулем, складає від максимально можливої; знаходиться середнє значення для цих двох відсотків; від цього середнього береться певний ваговий відсоток (який чисельно дорівнює максимальній сумі балів за цей змістовий модуль і вказано нижче).

Підсумкова семестрова оцінка визначається за результатами поточного, періодичного та (при наявності) підсумкового контролів за такими алгоритмами:

5 семестр

Поточний та періодичний контроль			Підсумковий бал*
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Змістовий модуль 3	
30	40	30	100

* Обчислюється як сума балів поточного та періодичного контролів.

Дані для обчислення балів поточного і періодичного контролю:

Поточний та періодичний контроль									Підсумковий бал*	
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	100
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Контрольна робота за модулем 1 – 100			Контрольна робота за модулем 2 – 100				Контрольна робота за модулем 3 – 100			

6 семестр

Поточний та періодичний контроль		Підсумковий контроль (іспит)	Підсумковий бал**
Змістовий модуль 5	Змістовий модуль 6		
50	50	100	100

** Обчислюється як сума балів поточного та періодичного контролів, помножена на коефіцієнт 0,7, та балу за підсумкову контрольну роботу, помноженого на 0,3.

Дані для обчислення балів поточного і періодичного контролю:

Поточний та періодичний контроль							Підсумковий контроль (іспит)	Підсумковий бал**
Змістовий модуль 4				Змістовий модуль 5				
T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	100	100
20	20	20	20	20	20	20		
Контрольна робота за модулем 4 – 100				Контрольна робота за модулем 5 – 100				

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	За шкалою ECTS	За національною шкалою	
		Для екзамену	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	Не зараховано
0 – 34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення включає такі матеріали: робоча програма навчальної дисципліни <https://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>; силабус; конспекти і нотатки лекцій; завдання і методичні вказівки до практичних занять; завдання і контрольні питання для поточного, періодичного і підсумкового контролів.

14. Рекомендована література

Основна

1. Batchelor, G. K. An introduction to fluid dynamics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 658 p.
2. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. Fluid mechanics. – Oxford: Elsevier, 1987. – 539 p.
<https://phys.au.dk/~srf/hydro/Landau+Lifschitz.pdf>
3. Landau, L. D., Lifshitz, E. M. Theory of elasticity. – Oxford: Elsevier, 2005. – 187 p.
4. Mase, G. T., Smelser, R. E., Mase, G. E. Continuum Mechanics for Engineers. Boca Raton: CRC Press, 2010. – 370 p.
5. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ: навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 290 с.
6. Затовський О. В., Олейнік В. П. Лекції з курсу «Класична механіка». Ч. 2. Рух твердого тіла. Основні принципи механіки Гамільтона. Механіка суцільних середовищ. О.: ОНУ, 2006. – 88 с.

Додаткова

1. Борисенко А.И., Тарапов И.Е. Механика сплошной среды. В 3-х ч. Ч. 1: Векторный анализ и начала тензорного исчисления. – Харьков.: Золотые страницы, 2003. – 319 с.
2. Mase, G. E. Continuum Mechanics for Engineers. New York: McGraw Hill, 1970. – 221 p.
3. Затовский А. В. Граничные задачи гидродинамики. Методические указания. . – О.: ОГУ, 1990. – 40 с.
4. Тарапов Е. И. Механика сплошной среды. В 3-х ч. Ч.2. Общие законы кинематики и динамики. – Харьков.: Золотые страницы, 2002. – 515 с.

13. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://phys.onu.edu.ua>
2. <http://theorphys.onu.edu.ua/uk/textbooks>
3. <http://en.wikipedia.org/>
4. <http://arxiv.org/abs/1306.1675>