Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. директора

навчально-наукового інституту

комп’ютерної фізики та енергетики



_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

_____ 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Механіка суцільних середовищ

рівень вищої освіти	перший (бакалаврський) рівень
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма	Прикладна фізика енергетичних систем Комп’ютерна фізика
вид дисципліни	Обов’язкова
ННІ	комп’ютерної фізики та енергетики

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від "27" серпня 2025 року № 14

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Єгор НЄМЧЕНКО, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

Програму схвалено на засіданні кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

Протокол від "27" серпня 2025 року № 8

Завідувач кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

_____ Руслан СУХОВ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)

Прикладна фізика енергетичних систем
назва освітньої програми

_____ Денис ПРОТЕКТОР
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)
Комп'ютерна фізика
назва освітньої програми

_____ Єгор НЄМЧЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики
назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від "27" серпня 2025 року № 7

Голова методичної комісії Навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Механіка суцільних середовищ» складена відповідно до освітньо-професійних програм підготовки «Комп'ютерна фізика», «Прикладна фізика енергетичних систем» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Механіка суцільних середовищ» є отримання бакалаврами систематизованих уявлень про різні розділи сучасної фізики суцільних середовищ та початкових знань про теорію пружності та фізику рідин, різноманітні процеси, що відбуваються у цих середовищах.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Механіка суцільних середовищ» мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

різновиди станів конденсованої речовини та суцільних середовищ, основні фізичні характеристики різних суцільних середовищ: рідини, кристалічні та аморфні тверді тіла; рівняння гідродинаміки ідеальної та неідеальної рідини, типові задачі гідродинаміки та теорії пружності.

уміння:

пояснювати фізичні причини відмінностей у характеристиках різних суцільних середовищ, оцінювати основні фізичні характеристики рідин та твердих пружних тіл за визначеними умовами, проводити аналіз результатів розв'язку математичних задач щодо характеристик фізичного процесу.

Загальні компетентності (ЗК):

1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-2)
2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК-7)
3. Здатність реалізовувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав та свобод людини і громадянина в Україні. (ЗК-11)

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
6-й	-й
Лекції	
20 год.	год.

Практичні, семінарські заняття	
20 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.
Самостійна робота	
80 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті навчання студенти придбають такий

досвід використання систематизованих уявлень про різні розділи сучасної фізики суцільних середовищ, зокрема гідродинаміки, газодинаміки, та теорії пружності; а також уявлень про різноманітні процеси, що відбуваються у рідинах, газах та пружних твердих тілах.

Програмні результати навчання за освітньою програмою:

1. ПРН01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
2. ПРН02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.
3. ПРН04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Гідродинаміка ідеальної рідини

Тема 1. Система рівняння ідеальної рідини. Рівняння неперервності

Вступ до МСС. Моделі Ейлера і Лагранжа. Зв'язок інтегрального уявлення і диференціального. Рівняння безперервності.

Тема 2. Рівняння Ейлера для щільності потоку імпульсу і швидкості.

Закон зберігання імпульсу. Рівняння Ейлера. Рівняння для швидкості. Закон Паскаля. Закон Архімеда. Рівняння Бернуллі. Гідростатика.

Тема 3. Тензор щільності потоку імпульсу

Рівняння для імпульсу. Тензор щільності потоку імпульсу. Тензор напружень рідини та газу.

Тема 4. Рівняння балансу енергії.

Закон зберігання енергії. Рівняння для ентропії. Моделі Ейлера і Лагранжа

Тема 5 Парадокс Д’Аламбера. Приєднана маса

Парадокс Д’Аламбера в ідеальній рідині. Приєднана маса кулі, Приєднана маса тіл інших форм.

Розділ 2. Гідродинаміка неідеальної рідини

Тема 1. Рівняння Нав’є-Стокса

Рівняння Нав'є-Стокса. Граничні умови на щільність і потік маси (швидкість) в ідеальній і реальної рідини.

Тема 2. Потоки в’язкої рідини

Потік в'язкої рідини між двома площинами. Формула Пуазеля. Задача про в'язку хвилю. Ламінарний потік. Число Рейнольдса. Турбулентність.

Тема 3. Дифузія та теплопровідність

Рівняння балансу енергії з урахуванням теплопровідності. Рівняння теплопровідності. Рішення завдання про миттєве точковому джерелі. Теплова хвиля.

Розділ 3. Звук в рідинах та газах

Тема 1. Швидкість звуку

Швидкість звуку. Відбиття та переломлення звуку

Тема 2. Поглинання звуку в середовищах

Тема 3. Поверхневі хвилі

Поверхневі хвилі малої амплітуди в каналах заданої глибини. Поверхневі хвилі кінцевої амплітуди в каналах заданої глибини

Розділ 4. Теорія пружності

Тема 1. Тензор деформації твердого тіла

Деформації твердого тіла. Тензор деформації. Тензор напружень

Тема 2. Характеристики пружності твердого тіла

Коефіцієнти Ламе. Модуль зсуву, коефіцієнт всебічного стиснення.

Тема 3. Закон Гука

Модуль Юнга. Закон Гука. Коефіцієнт Пуассона

Тема 4. Повздовжній звук в твердих тілах

Швидкість поздовжнього звуку.

Тема 5. Поперечний звук в твердих тілах

Швидкість поперечного звуку

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	ср.		л	п	лаб.	інд.	с р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Гідродинаміка ідеальної рідини												
Тема 1.	6	1	1			4						
Тема 2.	6	1	1			4						
Тема 3.	6	1	1			4						
Тема 4.	6	1	1			4						
Тема 5.	6	1	1			4						
Разом за розділом 1	30	5	5			20						
Розділ 2. Гідродинаміка неідеальної рідини												
Тема 1.	6	1	1			4						
Тема 2.	6	1	1			4						
Тема 3.	6	1	1			4						
Разом за розділом 2	18	3	3			12						
Розділ 3. Звук в рідинах та газах												
Тема 1.	8	1	1			6						
Тема 2.	8	1	1			6						
Тема 3.	8	1	1			6						
Разом за розділом 3	24	3	3			18						
Розділ 4. Теорія пружності												
Тема 1.	8	1	1			6						
Тема 2.	10	2	2			6						
Тема 3.	10	2	2			6						
Тема 4.	10	2	2			6						
Тема 5.	10	2	2			6						
Разом за розділом 4	48	9	9			35						

Усього годин	120	20	20			80						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Години
1	Система рівняння ідеальної рідини	1
2	Рівняння Ейлера для щільності потоку імпульсу і швидкості.	1
3	Тензор щільності потоку імпульсу	1
4	Баланс енергії	1
5	Приєднана маса	1
6	Рівняння Нав'є-Стокса	1
7	Потоки в'язкої рідини	1
8	Дифузія та теплопровідність	1
9	Розповсюдження, відбиття та переломлення звуку	1
10	Поглинання звуку в середовищах	1
11	Поверхневі хвилі	1
12	Тензор деформації твердого тіла	1
13	Характеристики пружності твердого тіла	2
14	Закон Гука	2
15	Повздовжній звук в твердих тілах	2
16	Поперечний звук в твердих тілах	2
	Разом	20

5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Вивчити систему рівнянь ідеальної рідини	4
2	Засвоїти рівняння Ейлера для щільності потоку імпульсу і швидкості.	4
3	Навчитися виводити тензор щільності потоку імпульсу	4
4	Вивчити основи балансу енергії	4
5	Засвоїти поняття парадоксу дАламберу та поняття приєднаної маси	4
6	Навчитися доведенню рівняння Нав'є-Стокса	4
7	Вивчити поняття потоків в в'язкій рідини	4
8	Засвоїти фізичні основи процесів дифузії та теплопровідності	4
9	Вивчити основні властивості розповсюдження, відбиття та переломлення звуку	6
10	Навчитися виводити коефіцієнт поглинання звуку в середовищах	6
11	Вивчити явища поверхневих хвиль	6
12	Засвоїти поняття тензору деформації твердого тіла	6
13	Вивчити основні характеристики пружності твердого тіла	6
14	Вміти доводити закон Гука	6
15	Вивести основні параметри повздовжнього звуку в твердих тілах	6
16	Вивести основні параметри поперечного звуку в твердих тілах	6
	Разом	80

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються такі методи навчання

1. проблемні методи навчання з застосуванням
   - розв'язання проблемних задач
   - навчальних дискусій
   - активізації самостійного вивчення студентами літератури
2. метод проблемного викладання з постановкою проблеми на початку нової теми
3. Дослідницький метод при самостійному вирішенні студентами завдань контрольних робіт

8. Методи контролю

При оцінюванні успішності і зарахуванні окремих модулів враховуються робота студента під час проведення самостійної роботи. Формою підсумкового контролю успішності навчання є виконання завдань заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота																Іспит	Сума
Розділ 1					Розділ 2			Кр	Розділ 3			Розділ 4					
T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T4	T5	
3	3	3	3	4	4	4	4	8	3	3	3	3	3	3	3	3	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

Мінімальна кількість балів для допуску студента до підсумкового іспиту становить – 20 балів.

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Нарахування балів при поточному контролі.

1(2) бал – робота в аудиторії
2 бали – виконання самостійної роботи

Критерії оцінювання відповідей на контрольній роботі

Теоретичні питання (4 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок, визначень – 1 бал
Правильність відповіді – 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 1 бал
Розв'язання задачі (4 балів)
Наявність відповіді – 1 бал
Коректність викладок, визначень – 1 бал
Правильність відповіді – 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках – 1 бал

Критерії оцінювання відповідей на підсумковій роботі

Питання 1 – теоретичне питання (5 балів)
Відсутність помилок в теоретичній частині – 2 бали
Коректність викладок – 1 бал
Послідовність викладок – 1 бал

Логічність викладок	– 1 бал
Питання 2 дослідницька задача. (15 балів)	
Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бали
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бали
Наявність графічного відображення	– 2 бали
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бали
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бали
Питання 3 – дослідницька (15 балів)	
Наявність відповіді	– 1 бал
Коректність викладок	– 2 бали
Логічність викладок	– 1 бал
Коректність визначень	– 1 бал
Повнота відповіді	– 1 бал
Правильність відповіді	– 2 бали
Наявність графічного відображення	– 2 бали
Знання цілей задачі	– 1 бал
Відсутність помилок в розрахунках	– 2 бали
Відсутність помилок в теоретичній частині	– 2 бали

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Eckert, Michael (2006). The Dawn of Fluid Dynamics: A Discipline Between Science and Technology. Wiley. p. ix. ISBN 3-527-40513-5.
2. Anderson, J. D. (2007). Fundamentals of Aerodynamics (4th ed.). London: McGraw–Hill. ISBN 978-0-07-125408-3.
3. Nangia, Nishant; Johansen, Hans; Patankar, Neelesh A.; Bhalla, Amneet Pal S. (2017). "A moving control volume approach to computing hydrodynamic forces and torques on immersed bodies". Journal of Computational Physics. 347: 437–462. arXiv:1704.00239. Bibcode:2017JCoPh.347..437N. doi:10.1016/j.jcp.2017.06.047. S2CID 37560541.
4. White, F. M. (1974). Viscous Fluid Flow. New York: McGraw–Hill. ISBN 0-07-069710-8.

5. Wilson, DI (February 2018). "What is Rheology?". Eye. 32 (2): 179–183. doi:10.1038/eye.2017.267. PMC 5811736. PMID 29271417.
6. Platzer, B. (2006-12-01). "Book Review: Cebeci, T. and Cousteix, J., Modeling and Computation of Boundary-Layer Flows". ZAMM. 86 (12): 981–982. Bibcode:2006ZaMM...86..981P. doi:10.1002/zamm.200690053. ISSN 0044-2267.
7. Shengtai Li, Hui Li "Parallel AMR Code for Compressible MHD or HD Equations" (Los Alamos National Laboratory) [1] Archived 2016-03-03 at the Wayback Machine
8. "Transient state or unsteady state? -- CFD Online Discussion Forums". www.cfd-online.com.
9. Pope, Stephen B. (2000). Turbulent Flows. Cambridge University Press. ISBN 0-521-59886-9.
10. See, for example, Schlatter et al, Phys. Fluids 21, 051702 (2009); doi:10.1063/1.3139294
11. Landau, Lev Davidovich; Lifshitz, Evgenii Mikhailovich (1987). Fluid Mechanics. London: Pergamon. ISBN 0-08-033933-6.
12. Ortiz de Zarate, Jose M.; Sengers, Jan V. (2006). Hydrodynamic Fluctuations in Fluids and Fluid Mixtures. Amsterdam: Elsevier.
13. Landau, Lev Davidovich; Lifshitz, Evgenii Mikhailovich (1959). Fluid Mechanics. London: Pergamon.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. **http://ua-referat.com/Поняття** суцільного середовища
2. **http://studopedia.com.ua/1_131126_elementi-mehaniki-sutsilnih-seredovishch.html**