Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра комп'ютерної фізики

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
В.о. директора
навчально-наукового інституту
комп'ютерної фізики та енергетики



_____ Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

"27" червня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електродинаміка 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 Прикладна фізика нетрадиційної енергетики 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: Костянтин НЄМЧЕНКО, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри комп'ютерної фізики

Програму схвалено на засіданні кафедри комп'ютерної фізики

Протокол від "26" серпня 2025 року № 8

Завідувач кафедри комп`ютерної фізики

_____ Костянтин НЄМЧЕНКО
(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)
Прикладна фізика нетрадиційної енергетики
назва освітньої програми

_____ Ілля МАРУЩЕНКО
(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 «Електродинаміка суцільних середовищ» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів спеціальності 10 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни:

Вивчення і освоєння студентами основних теоретичних методів опису і дослідження електромагнітних явищ і придбання навичок самостійної постановки і розв'язку задач класичної електродинаміки.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

Основним завданням курсу «Електродинаміка суцільних середовищ» є забезпечення формування у студентів знань основних фактів і методів електродинаміки суцільних середовищ, отримання навиків застосування наукових знань на практиці при аналізуванні та вирішенні фізичних задач, які виникають при вирішенні фізичних проблем мікроскопіки.

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	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	
Лабораторні заняття	
0 год.	
Самостійна робота	
56 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	

1.6. Заплановані результати навчання:

- згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти мають отримати такі компетентності (ЗК, СК):

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
ЗК05. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
ЗК06. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.
ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК08. Навички міжособистісної взаємодії.
ЗК09. Здатність працювати автономно.

ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.
ЗК12. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
СК01. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.
СК02. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленій презентації їхніх результатів.
СК03. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.
СК04. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.
СК05. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп’ютерних технологій.
СК06. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.
СК07. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.
СК08. Здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах.
СК09. Здатність проводити самостійно та в команді наукові дослідження фізичних систем, явищ і процесів (експериментальні, теоретичні, комп’ютерне моделювання) в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

- згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти повинні досягти таких результатів навчання (РН):
РН01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
РН02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.
РН03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв’язанні практичних проблем прикладної фізики.
РН04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.
РН05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.
РН06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.
РН07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.
РН09. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.
РН10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.
РН11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.
РН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Рівняння Максвелла у середовищі

Тема 1. Рівняння Максвелла у вакуумі.
Зміст: Мікроскопічні рівняння Максвелла у вакуумі та у середовищі. Принципи усереднення рівнянь Максвелла. Поняття суцільних середовищ.(2 год.)
Тема 2 Поляризація середовищ
Зміст: Поняття поляризації. Вектор поляризації. Індукція електричного поля. Діелектрична проникність (2 год)
Тема 3. Намагніченість середовища.
Зміст: Вектор намагніченості. Індукція магнітного поля. Діелектрична проникність (2 год)
Тема 4 Повна система рівнянь Максвелла.
Зміст: Диференціальна форма рівнянь Максвела. Інтегральна форма рівнянь Максвела. Матеріальні рівняння. Енергія та потік електромагнітного поля в середовищі, яке покоїться.

Розділ 2. Електростатика та магнітостатика

Тема 5. Електростатика у суцільних середовищах.
Зміст: Електростатика у суцільних середовищах. Рівняння електростатики та граничні умови для електростатичного потенціалу. Поле точкового заряду у середовищі. Тема 6. Магнітостатика у суцільних середовищах.
Зміст: Магнітостатика у суцільних середовищах. Векторний потенціал. Стаціонарні струми та їх магнітне поле. Поля сталих магнітів.
Тема 7. Індукції та напруженості полів.
Зміст: Вектори індукцій та напружностей полів. Граничні умови.
Тема 8. Електростатика провідників і діелектриків. (2 год.)
Зміст: Енергія системи заряджених провідників в середовищі. Ємнісні коефіцієнти. Тема 9. Постійне магнітне поле. (3 год.)
Зміст: Сили, що діють на провідники зі струмом. Пондеромоторні сили. (2 год.)

Розділ 3. Електромагнітні хвилі у середовищі

Тема 10. Рівняння електромагнітних хвиль. (2 год.)
Тема 11. Дисперсія діелектричної проникності, поглинання. (2 год.)
Зміст: Діелектрична проникність речовини при різних частотах. Комплексна діелектрична проникність. Фазова і групова швидкості в середовищі з дисперсією.
Тема 12. Віддзеркалення і заломлення. (2 год.)
Зміст; Поширення в неоднорідному середовищі. Електромагнітні хвилі в анізотропних середовищах. Дифракція, інтерференція.

Розділ 4. Електромагнітні явища у суцільних середовищах

Тема 13. Квазістаціонарне наближення. (2 год.)
Зміст: Рівняння і умови їх застосовності. Проникнення змінних полів в провідники. Енергія магнітного поля і струмів Коефіцієнти індукції. Перетворення енергії в ланцюзі квазістаціонарного струму.
Тема 14. Надпровідність. (2 год.)
Зміст: Надпровідність. Критичний струм, критичне магнітне поле. Причина виникнення надпровідності. Ефект Мейснера. Рівняння Лондонів. Глибина проникнення магнітного поля. Застосування надпровідності. Явище високотемпературної надпровідності. Тема 15. Феромагнетизм та інші магнітні властивості

Тема 16. Магнітогідродинаміка.
Зміст: Магнітогідродинамічні хвилі. Електричне поле в обмеженому просторі і моди хвиль.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин											
	денна форма											
	усього	у тому числі										
		л	п	л	ін	с.р.						
1	2	3	4	5	6	7						
Розділ 1. Рівняння Максвелла у середовищі												
Тема 1	8	2	2			4						
Тема 2	8	2	2			4						
Тема 3	8	2	2			4						
Тема 4	8	2	2			4						
Разом за розділом 1	**32**	**8**	**8**			**16**						
Розділ 2. Електростатика та магнітостатика												
Тема 5	8	2	2			4						
Тема 6	8	2	2			4						
Тема 7	8	2	2			4						
Тема 8	8	2	2			4						
Тема 9	8	2	2			4						
Разом за розділом 2	**40**	**10**	**10**			**20**						
Розділ 3. Електромагнітні хвилі у середовищі												
Тема 10	6	2	2			2						
Тема 11	7	2	2			3						
Тема 12	7	2	2			3						
Разом за розділом 3	**20**	**6**	**6**			**8**						
Розділ 4. Електромагнітні явища у суцільних середовищах												
Тема 13	7	2	2			3						

Тема 14	7	2	2			3						
Тема 15	7	2	2			3						
Тема 16	7	2	2			3						
Разом за розділом 4	**28**	**8**	**8**			**12**						
Усього годин	**120**	**32**	**32**			**56**						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння Максвелла у вакуумі.	2
2	Поляризація середовищ	2
3	Намагніченість середовища	2
4	Повна система рівнянь Максвелла.	2
5	Електростатика у суцільних середовищах	2
6	Магнітостатика у суцільних середовищах	2
7	Індукції та напруженості полів.	2
8	Електростатика провідників і діелектриків	2
9	Постійне магнітне поле.	2
10	Рівняння електромагнітних хвиль	2
11	Дисперсія діелектричної проникності, поглинання	2
12	Віддзеркалення і заломлення	2
13	Квазістаціонарне наближення	2
14	Надпровідність	2
15	Феромагнетизм та інші магнітні властивості	2
16	Магнітогідродинаміка	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Розв’язати задачі за темою «Рівняння Максвелла у вакуумі»	4
2	Розв’язати задачі за темою «Поляризація середовищ»	4
3	Розв’язати задачі за темою «Намагніченість середовища»	4
4	Розв’язати задачі за темою «Повна система рівнянь Максвелла»	4
5	Розв’язати задачі за темою «Електростатика у суцільних середовищах»	4
6	Розв’язати задачі за темою «Магнітостатика у суцільних середовищах»	4
7	Розв’язати задачі за темою «Індукції та напруженості полів. »	4
8	Розв’язати задачі за темою «Електростатика провідників і діелектриків»	4
9	Розв’язати задачі за темою «Постійне магнітне поле. »	4
10	Розв’язати задачі за темою «Рівняння електромагнітних хвиль»	2
11	Розв’язати задачі за темою «Дисперсія діелектричної проникності, поглинання»	3
12	Розв’язати задачі за темою «Віддзеркалення і заломлення»	3
13	Розв’язати задачі за темою «Квазістаціонарне наближення»	3
14	Розв’язати задачі за темою «Надпровідність»	3
15	Розв’язати задачі за темою «Феромагнетизм та інші магнітні властивості»	3
16	Розв’язати задачі за темою «Магнітогідродинаміка»	3
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені.

7. Методи контролю.

Навчальна програма нормативної дисципліни “Електродинаміка суцільних середовищ” відповідає чинним нормативним документам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України як навчальна програма для студентів фізичного спрямування для вищих навчальних закладів. Місце дисципліни ***(в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напряму)***. Нормативна навчальна дисципліна " Електродинаміка суцільних середовищ" є складовою циклу

професійної підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційного рівня "бакалавр.

Зв'язок з іншими дисциплінами. Нормативна навчальна дисципліна "Електродинаміка суцільних середовищ" є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як "Механіка суцільних середовищ", "Термодинаміка", загальних та спеціальних курсів фізики, тощо.

Зміст програми, об'єм учбових питань дисципліни " Електродинаміка суцільних середовищ" визначаються потребою загальнонаукової, загально-інженерної та технічної підготовки.

Послідовність викладання тем не є суворо обов'язковою і може бути змінена у відповідності із структурно-логічною схемою викладання інших дисциплін.

Вивчення дисципліни "Електродинаміка суцільних середовищ" передбачає викладання лекцій, проведення практичних занять, виконання контрольних робіт. Підсумковий контроль знань здійснюється на екзамені.

На лекціях викладається теоретичний матеріал, який ілюструється типовими прикладами і задачами за профілем підготовки фахівців з прикладної фізики та наноматеріалів. Викладання лекційного матеріалу повинно мати закінчений характер, здійснюватись у доступній і наочній формі, містити проблемні ситуації.

Основною метою практичних занять є розвиток навичок практичного застосування вищої математики і закріплення теоретичного матеріалу. При вирішенні задач рекомендується користуватися стандартними прийомами і методиками. На кожному практичному занятті частину учбового часу доцільно використовувати для самостійного розв'язку задач, контролюючи при цьому правильність обраного методу і ходу рішення.

Важливим фактором засвоєння курсу "Електродинаміка суцільних середовищ" й оволодіння її методами є самостійна робота студентів. Для самостійного відпрацювання розділів і тем дисципліни пропонуються індивідуальні контрольні роботи, при перевірці виконання яких здійснюється ефективний контроль за рівнем засвоєння матеріалу.

На всіх заняттях доцільно підкреслювати роль і значення електродинамики на конкретних прикладах і задачах прикладного характеру, висвітлюється її зв'язок з іншими дисциплінами і майбутньою професією.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота	
Теми розділів	Кількість балів
Тема 1	3
Тема 2	3
Тема 3	3
Тема 4	3
Тема 5	3
Тема 6	3
Тема 7	3

Тема 8	3
Контрольна робота 1	6
Тема 9	3
Тема 10	3
Тема 11	3
Тема 12	3
Тема 13	3
Тема 14	3
Тема 15	3
Тема 16	3
Контрольна робота 2	6
Разом	60
Екзамен	40
Сума	100

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Шкала оцінювання

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

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. Бібліотеки ХНУ ім. Каразіна та ІПМаш НАН України