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

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: 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)
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» 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

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

1) вивчення поляризації тіл в електричному полі,
2) вивчення намагніченості тіл в магнітному полі
3) знання повної системи рівнянь Максвелла
4) вивчення системи провідників, діелектриків, магнетиків
5) розгляд квазістаціонарних систем, електричного струму
6) вивчення розповсюдження електромагнітних полів в середовищах.

Загальні компетентності (ЗК)

1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК-1)
2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. (ЗК-2)
3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово (ЗК-3)
4. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.(ЗК-5)
5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. (ЗК-7)
6. 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)
7. Здатність застосовувати обчислювальні методи для отримання інформації з експериментальних даних та вирішення наукових проблем (ЗК-16)
8. Здатність перетворювати наукові проблеми в загальні обчислювальні моделі та зрозуміти, як різні джерела помилок впливають на точність та надійність моделей та обчислені результати (ЗК-18)

Спеціальні компетентності (СК)

1. Здатність брати участь у виготовленні експерементальних зразків, інших об'єктів дослідження. (СК-3)
2. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій. (СК-5)
3. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності. (СК-7)
4. Вміння програмувати на мовах високого рівня, компілювати мови та ефективно використовувати комп'ютерну систему алгебри (СК-9)
5. Оволодіння прийомами спільної розробки програмного забезпечення (СК-11)

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

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	
110 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

В результаті освоєння дисципліни студент повинен знати: загальнонаукові базові знання з релятивістської механіки, законів руху частинок в електромагнітному полі.

В результаті освоєння дисципліни студент повинен вміти: грамотна користуватися мовою предметної області і формулювати результат.

В результаті освоєння дисципліни студент повинен володіти: математичним апаратом для розв’язку задач електродинаміки суцільних середовищ.

Програмні результати навчання за освітньою програмою:

1. РН06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.
2. РН07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики.
3. РН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.
4. РН13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов’язані з реалізацією проектів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проектів
5. РН14. Розробляти та формулювати свої професійні висновки та розумно їх аргументувати для фахової та нефахової аудиторії
6. РН15. Вміння представляти і захищати отримані наукові і практичні результати в усній та письмовій формі
7. РН16. Базові знання у сфері штучного інтелекту, нейронних мереж та великих даних та вміння застосовувати ці знання фізичних дослідженнях
8. РН17. Розуміння обмеження чисельних методів, включаючи помилки наближення, помилки округлення та обмеження щодо застосування конкретних алгоритмів

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до теорії відносності. Релятивістська механіка.

Тема 1. Перетворення Лоренца

Зміст: Принцип відносності Галілея. Принцип відносності Ейнштейна. Інтервал. Перетворення Лоренца.

Тема 2. Чотиривимірні вектори та тензори

Зміст: 4-швидкість і 4-прискорення. Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Рівняння руху у коваріантному вигляді. Принцип найменшої дії. Коваріантні та контраваріантні величини.

Тема 3. Динамічні характеристики частинок

Зміст: Енергія та імпульс частинок. 4-вектор імпульсу. Перетворення Лоренца для 4-векторів. Взаємодія частинок.

Розділ 2. Рівняння Максвелла. Рух частинок у полі

Тема 4. Електромагнітне поле.

Зміст: 4-потенціал електромагнітного поля. Рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца. Напруженість електромагнітного поля.

Тема 5. Тензор електромагнітного поля

Зміст: Тензор електромагнітного поля. Перетворення Лоренца для напруженостей електричного та магнітного полів. Інваріанти електромагнітного поля

Тема 6.Рівняння Максвелла

Зміст: Лагранжіан поля. Перша пара рівнянь Максвелла. Друга пара рівнянь Максвелла. Коваріантне представлення рівнянь Максвелла. Рівняння неперервності.

Тема 7. Система рівнянь Максвелла.

Зміст: Диференціальна форма рівнянь Максвелла. Система рівнянь Максвелла в інтегральній формі. Граничні умови.

Тема 8. Статика

Зміст: Електростатика, Магнітне статичне поле. Потенціалі полів. Закони Кулона та Біо-Савара.

Тема 9. Системи зарядів

Зміст: Електричний дипольний і квадрупольний моменти. Система зарядів у зовнішньому електростатичному полі. Магнітний дипольний момент. Гіромагнітне відношення.

Тема 10. Рух частинок в електричних та магнітних полях.

Зміст: Розв’язки рівняння руху для простіших та типових полів.

Розділ 3. Електромагнітне поле. Випромінення електромагнітного поля.

Тема 11. Електромагнітні хвилі

Зміст: Хвильове рівняння. Калібровка. Розв’язки хвильового рівняння. Плоскі та монохроматичні хвилі.

Тема 12. Властивості електромагнітних хвиль

Зміст: Хвильовий 4-вектор. Поперечний характер хвиль. Спектральний аналіз. Ефект Доплера.

Тема 13. Випромінювання електромагнітного поля.

Зміст: Розв’язок хвильового рівняння зі джерелами. Потенціали Льєнара–Віхерта. Хвильова зона.

Тема 14. Випромінювання електромагнітного поля зарядом, що рухається.

Зміст: Випромінювання електромагнітних хвиль точковим зарядом. Дипольне випромінювання. Гальмівне випромінювання.

Тема 15. Взаємодія частинок і хвиль

Зміст: 4-векторні закони збереження енергії та імпульсу.

Тема 16. Геометрична оптика

Зміст: Закони геометричної оптики. Рівняння ейконалу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин

	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Вступ до теорії відносності. Релятивістська механіка.												
Разом за розділом 1	50	10	10			30						
Розділ 2. Рівняння Максвелла. Рух частинок у полі												
Разом за розділом 2	70	15	15			40						
Розділ 3. Електромагнітне поле. Випромінення електромагнітного поля.												
Разом за розділом 3	70	15	15			40						
Усього годин	150	40	40			110						

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Векторний аналіз	1
2	Перетворення Лоренца	1
3	Закон складання швидкостей	1
4	Перетворення масштабів та інтервалів часу	1
5	Прискорення та кути в теорії відносності	1
6	Енергія та імпульс частинок	1
7	Взаємодія частинок	1
8	Енергія частинок в електричному полі.	1
9	Рух частинок в електричних полях.	1
10	Рух частинок в електричних та магнітних полях.	1
11	Рівняння руху частинок в коваріантному вигляді	1
12	Релятивістські перетворення полів	1
13	Рух частинок у складних полях. Поле заряду, який рухається	2
14	Електричне статичне поле	2
15	Системи зарядів	2
16	Магнітне статичне поле	2
	Разом	20

5. Завдання для самостійної робота

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Розв’язати задачі за темою «Векторний аналіз»	1
2	Розв’язати задачі за темою «Перетворення Лоренца»	1
3	Розв’язати задачі за темою «Закон складання швидкостей»	1
4	Розв’язати задачі за темою «Перетворення масштабів та інтервалів часу»	1
5	Розв’язати задачі за темою «Прискорення та кути в теорії відносності»	1
6	Розв’язати задачі за темою «Енергія та імпульс частинок»	1
7	Розв’язати задачі за темою «Взаємодія частинок»	1

8	Розв’язати задачі за темою «Енергія частинок в електричному полі. »	1
9	Розв’язати задачі за темою «Рух частинок в електричних полях»	1
10	Розв’язати задачі за темою «Рух частинок в електричних та магнітних полях. »	1
11	Розв’язати задачі за темою «Рівняння руху частинок в коваріантному вигляді»	1
12	Розв’язати задачі за темою «Релятивістські перетворення полів»	1
13	Розв’язати задачі за темою «Рух частинок у складних полях. Поле заряду, який рухається»	2
14	Розв’язати задачі за темою «Електричне статичне поле»	2
15	Розв’язати задачі за темою «Системи зарядів»	2
16	Розв’язати задачі за темою «Магнітне статичне поле»	2
	Разом	20

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються всі основні методи навчання

1. пояснювально – ілюстративний метод з використанням мультимедійних презентацій
2. проблемні методи навчання з застосуванням
   – розв’язання проблемних задач
   – тестових завдань
   – навчальних дискусій
   – активізації самостійного вивчення студентами літератури
3. метод проблемного викладання з постановкою проблеми на початку нової теми
4. евристичний метод з самостійною або керованою викладачем роботою студентів при виконанні поточних завдань
5. дослідницький метод при самостійному вирішенні студентами завдань контрольних робіт

8. Методи контролю

Навчальна програма нормативної дисципліни “ Електродинаміка ” 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 " є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційного рівня "бакалавр.

Зв’язок з іншими дисциплінами. Нормативна навчальна дисципліна "Електродинаміка" є базовою для вивчення таких спеціальних дисциплін як "Квантова механіка", "Термодинаміка", загальних та спеціальних курсів фізики, тощо.

Зміст програми, об’єм учбових питань дисципліни “ Електродинаміка ” 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 ” 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 " 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 електродинаміки на конкретних прикладах і задачах прикладного характеру, висвітлюється її зв'язок з іншими дисциплінами і майбутньою професією.

9. Схема нарахування балів

<table>
<tr><td colspan="16">Поточний контроль, самостійна робота</td><td rowspan="2">Екзамен</td><td rowspan="2">Сума</td></tr>
<tr><td colspan="3">Розділ 1</td><td colspan="7">Розділ 2</td><td>Контрольна робота</td><td colspan="6">Розділ 3</td><td>Разом</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td><td>Т9</td><td>Т10</td><td>К1</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td rowspan="2">60</td><td rowspan="2">40</td><td rowspan="2">100</td></tr>
<tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>16</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr>
</table>

Т1, Т2 ... – теми розділів.

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

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Нарахування балів при поточному контролі.

1 бал – робота в аудиторії
1-2 бали – виконання самостійної роботи

Критерії оцінювання відповідей на контрольній роботі

Теоретичні питання (3 балів)
Коректність викладок, визначень – 2 бали
Правильність відповіді – 2 бали
Логічність викладок – 2 бали
Послідовність викладок – 2 бали
Розв'язання задачі (3 балів)
Коректність викладок, визначень – 2 бали
Логічність викладок – 2 бали

Правильність відповіді – 2 бали
Відсутність помилок в розрахунках – 2 бали

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

<table>
<tr><td rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру</td><td colspan="2">Оцінка</td></tr>
<tr><td>для чотирирівневої шкали оцінювання</td><td>для дворівневої шкали оцінювання</td></tr>
<tr><td>90 – 100</td><td>відмінно</td><td rowspan="3">зараховано</td></tr>
<tr><td>70-89</td><td>добре</td></tr>
<tr><td>50-69</td><td>задовільно</td></tr>
<tr><td>1-49</td><td>незадовільно</td><td>не зараховано</td></tr>
</table>

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

Допоміжна література

1. "Transient state or unsteady state? -- CFD Online Discussion Forums". www.cfd-online.com.
2. Pope, Stephen B. (2000). Turbulent Flows. Cambridge University Press. ISBN 0-521-59886-9.
3. See, for example, Schlatter et al, Phys. Fluids 21, 051702 (2009); doi:10.1063/1.3139294
4. Landau, Lev Davidovich; Lifshitz, Evgenii Mikhailovich (1987). Fluid Mechanics. London: Pergamon. ISBN 0-08-033933-6.
5. Ortiz de Zarate, Jose M.; Sengers, Jan V. (2006). Hydrodynamic Fluctuations in Fluids and Fluid Mixtures. Amsterdam: Elsevier.
6. 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://onlinelibrary.wiley.com - наукові журнали видавництва Wiley&Sons
2. http://www.sciencedirect.com/ - наукові журнали видавництва Elsevier