

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра фізики та астрономії

Силабус курсу

Електродинаміка

Обсяг	6 кредитів, 180 год.
Семестр, рік навчання	5,6 семестр, 3-й рік навчання
Дні, час, місце	П'ятниця 13.00, ауд.16, Пастера 42
Викладач (-і)	проф. Маломуж М.П.
Контактний телефон	
E-mail	mnp@onu.edu.ua
Робоче місце	ауд.16, Пастера 42
Консультації	Очні консультації: П'ятниця 15.00, ауд.16, Пастера 42

КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами: E-mail mnp@onu.edu.ua; очні зустрічі.

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні поняття, принципи та закони електродинаміки.

Вивченню дисципліни «Електродинаміка» передують розділи курсу «Електрика і магнетизм», «Оптика», «Методи математичної фізики», «Математичний аналіз». Знання курсу «Електродинаміка» закладає основи для подальшого вивчення «Квантової механіки», «Термодинаміки та статистичної фізики», дисциплін професійної підготовки та дисциплін за вибором студента.

Мета є підготовка фахівців, здатних розуміти природу перебігу електромагнітних явищ в природі, сучасній техніці та технологіях, а також бути спроможними розв'язувати відповідні задачі. Знання, які студенти отримують із навчальної дисципліни, є базовими для блоку дисциплін, що забезпечують як природничо-наукову, так і професійно-практичну підготовку. Ці знання охоплюють основні поняття, принципи та закони Електродинаміки: рівняння Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі та суцільному середовищі, методи дослідження властивостей електромагнітних полів, законів їх розповсюдження, випромінювання та розсіювання у вакуумі та середовищі,

застосування Лагранжева та Гамільтонова формалізмів до опису полів, принципи спеціальної теорії відносності, які є основою сучасної теоретичної фізики. Студенти знайомляться з найважливішими методами точних та наближених обчислень, визначення меж застосування законів класичної Електродинаміки до опису експериментально спостережуваних явищ. Сформувані у студентів навички якісного і кількісного аналізу електромагнітних явищ природи, навчити їх користуватися математичними методами сучасної фізики. Вивчення дисципліни передбачає також отримання знань та вмій, які необхідні спеціалісту-фізику у його майбутній професійній діяльності.

Завданням дисципліни є ознайомлення студентів з основними поняттями курсу електромагнітних явищ, принципами, законами та рівняннями вакуумної електродинаміки, спеціальної теорії відносності та електродинаміки суцільних середовищ; розгляд методів розв'язування найбільш поширених задач електродинаміки, ознайомлення з використанням різних систем координат (СК), в першу чергу, декартової, циліндричної та сферичної СК, формування умінь аналізувати і використовувати властивості симетрії електромагнітного поля, знаходити закони збереження; формування навичок наближеного розв'язування задач, в яких використовуються мультипольні розклади, граничні випадки, коли швидкість матеріальної точки прямує до швидкості світла. Розвинення навички моделювання складних явищ відносно простими прикладами.

Результати навчання забезпечують можливості:

Знати: принципи і закони електродинаміки, рівняння Максвелла у вакуумній ел.-динаміці та суцільних середовищах, 4-вимірну форму рівнянь ел.-динаміки, закони випромінювання електромагнітних хвиль, закони руху зарядів з релятивістськими швидкостями, існування зв'язку між масою та енергією, походження енергії випромінювання сонця і зірок, а також мати уявлення про принципи роботи атомних електростанцій, закони перетворення ел.-магнітних полів при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої, закони збереження ел.-магнітного поля, ел.-поле як різновид існування матерії, природу скін-ефекту, природу голубого кольору неба, природу магнетизму, закони розповсюдження і поглинання енергії ел.-магнітного поля в провідних середовищах, Ленгмюрівські коливання електронного газу в провідниках і напівпровідниках, рівняння ел.-магнітного поля в надпровідниках.

Вміти: визначати напруженості електричного і магнітного поля за різних типів граничних умов, знаходити сили, які діють з боку одного зарядженого тіла на друге за допомогою Максвелівського тензора напружень, обчислювати енергію взаємодії двох і більшого числа заряджених тіл,

розраховувати інтенсивність випромінювання ел.-магнітної енергії різними випромінювачами, знаходити поляризаційні властивості ел.-магнітного поля, знаходити поперечний переріз розсіяння електромагнітних хвиль на вільних та зв'язаних системах зарядів, користуватись законами перетворення координат і часу, швидкостей і прискорень, імпульсу і енергії при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої, використовувати закони перетворення компонентів напруженості електричного і магнітного поля при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої, знаходити особливості релятивістського руху заряджених частинок, описувати закони зіткнення релятивістських частинок, знаходити напруженості електричного і магнітного поля у суцільному середовищі за наявності границь, розраховувати поляризованості та діелектричні проникності матеріалів з різними типами атомів і молекул, розраховувати ємнісні та потенціальні коефіцієнти, розподіл електричного поля всередині та навколо провідників, знаходити провідність та характер її частотної дисперсії, знаходити поглинання енергії в провідних середовищах.

ОПИС КУРСУ

Форми і методи навчання

Курс буде викладений у формі лекцій (60 год.) та практичних занять (28 год.), організації самостійної роботи студентів (92 год.).

Під час викладання дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання: частково-пошуковий, або евристичний метод.

Зміст навчальної дисципліни

5 семестр

Змістовний модуль 1. Основні принципи Електродинаміки. Рівняння Максвелла

Тема 1. Основні елементи векторного та тензорного числення.

Тема 2. Основні закони і принципи електродинаміки

Тема 3. Диференціальні рівняння електростатики і магнітостатики. Інтегральні рівняння електромагнітного поля

Тема 4. Рівняння Максвелла електромагнітного поля. Їх властивості і відповідність принципам електродинаміки

Тема 5. Граничні та початкові умови

Змістовний модуль 2. Електромагнітні потенціали. Властивості електромагнітного поля

Тема 1. Електромагнітні потенціали. Лоренцева калибровка

Тема 2. Мультипольні розклади для електромагнітних потенціалів

Тема 3. Запізнілі потенціали. Потенціали Лієнара-Віхерта

Тема 4. Хвильові рівняння. Основні властивості плоских, сферичних та циліндричних електромагнітних хвиль

Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля: енергії, імпульсу та моменту імпульсу

Тема 6. Максвелівський тензор натягу. Ідеї близькодії. Світловий тиск

Змістовний модуль 3. Випромінювання і розсіювання електромагнітних хвиль

Тема 1. Випромінювання електромагнітних хвиль у дипольному наближенні. Інтенсивність та індикатриса випромінювання. Осцилятор Герца

Тема 2. Випромінювання електромагнітних хвиль системою. Інтенсивності когерентного і некогерентного випромінювань.

Тема 3. Розсіювання електромагнітних хвиль. Диференціальний і повний перерізи розсіювання. Розсіювання електромагнітних хвиль вільним електроном.

Тема 4. Розсіювання електромагнітних хвиль зв'язаним електроном. Розсіювання електромагнітних хвиль атомами та молекулами. Колір неба.

Тема 5. Когерентний та некогерентний перерізи розсіювання електромагнітних хвиль системою зарядів. Розсіювання інфрачервоного та рентгенівського ви проміння.

Тема 6. Рух електрона в електричному та магнітному полях. Електромагнітна маса електрона

6 семестр

Змістовний модуль 4. Основи спеціальної теорії відносності

Тема 1. Основи спеціальної теорії відносності: а) труднощі класичних просторово-часових уявлень; б) експериментальні основи спеціальної теорії відносності; в) постулати Айнштайна.

Тема 2. Кінематика спеціальної теорії відносності: а) іваріантність інтервалу, б) претворення Лоренца, в) претворення просторово-часових інтервалів, г) закони складання швидкостей та прискорень

Тема 3. Чотиривимірне формулювання кінематики спеціальної теорії відносності: а) 4-х вимірні швидкість та прискорення, б) перетворення 4-х векторів та тензорів.

Тема 4. Динаміка матеріальної точки: а) принцип найменшої дії для матеріальної точки в СТВ, б) рівняння Лагранжа, в) енергія та імпульс матеріальної точки, в) рух матеріальної точки в електромагнітному полі

Тема 5. Електродинаміка в СТВ: а) чотирьохпотенціали і чотирьох- тензор

електромагнітного поля, б) коваріантна форма рівнянь електро- динаміки, б) закони перетворення полів

Тема 6. Чотирьохвимірне формулювання законів збереження електромагнітного поля. 4-х тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Закони перетворення густин енергії, імпульсу та компонент максвелівського тензору напружень

Тема 7. Інваріанти електромагнітного поля. Лагранжева форма рівнянь електродинаміки

Змістовний модуль 5. Електродинаміка суцільних середовищ, їх діелектричні і магнітні властивості

Тема 1. Вступ до електродинаміки неперервних середовищ. Мікро і макро поля. Усереднення по фізично нескінченно малому об'ємові. Гіпотеза Лоренца

Тема 2. Зв'язок зв'язаних зарядів та токів з векторами поляризації та намагніченості. Рівняння Максвелла електромагнітного поля в середовищі

Тема 3. Загальні співвідношення між векторами напруженості та індукціями електричного та магнітного полів в середовищах. Граничні умови

Тема 4. Теорія статичної діелектричної проникності діелектриків

Тема 5. Теорія частотної дисперсії діелектричної проникності. Фізичний зміст дійсної та уявної складових діелектричної проникності

Тема 6. Природа магнетизму. Теорема Бора. Квазікласична теорія діамagnetизму, парамагнетизму і феромагнетизму.

Змістовний модуль 6. Електропровідність. Розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищах

Тема 1. Основи теорії провідності. Частотна залежність провідності. Ефективна діелектрична проникність провідників та напівпровідників

Тема 2. Розповсюдження електромагнітних хвиль в діелектриках. Закони відбиття та заломлення

Тема 3. Розповсюдження електромагнітних хвиль в провідниках, зокрема в плазмі. Скін-ефект. Плазмові коливання

Тема 4. Надпровідники. Теорія Лондонів.

Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля в неперервному середовищі. Максвелівський тензор натягу в середовищі

14. Рекомендована література

Основна література

1. Жмудський О.О., Шека Д.Д. Основи електродинаміки. Частина I: Навчальний посібник для студентів природничих факультетів. К.: РВЦ «Київський університет», 2000, 214 с.
2. Головацький В.А. Електродинаміка. Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2015, 281 с.

3. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т. 1. Класична механіка і електродинаміка. К.: Вища школа, 1992, 430 с.
4. Mrozynski G., Stallein M. Electromagnetic Field Theory: A Collection of Problems. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013, 272 p.
5. Zangwill A. Modern Electrodynamics. Cambridge University Press, 2012, 977 p.
6. Макарець М.В., Решетняк В.Ю., Романенко О.В. Задачі з класичної електродинаміки. К.: РВЦ «Київський університет», 2006, 150 с.
7. Обуховський В.В. Збірка задач для контрольних робіт з електродинаміки. К.: Вид-во КНУ імені Тараса Шевченка, 2003. 153 с.

Додаткова

1. The Feynman Lectures on Physics (online) <http://surl.li/fukbs>
2. [Wolfgang K. H. Panofsky](#), [Melba Phillips](#). Classical Electricity and Magnetism: Second Edition, Courier Corporation, 2005, 494p. ISBN 0486439240, 9780486439242. <http://surl.li/fukbk>
3. Решетняк С. О. Теоретична фізика. Електродинаміка, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.
4. Жданов В. І., Пономаренко С. М., Долгошей В. Б. Класична електродинаміка: збірник задач. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 96 с.
5. Блажиевська М. В., Григорчак О. І., Криницький Ю. С. та ін. ; за ред. Ю. С. Криницького та А. А. Ровенчака. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 112 с.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://theorphys.onu.edu.ua/ru/main.php>.
2. onu.edu.ua
3. phys.onu.edu.ua
4. lib.onu.edu.ua

ОЦІНЮВАННЯ

Навчальна дисципліна «Електродинаміка» оцінюється за 100-бальною шкалою.

Методи поточного контролю: Поточний контроль здійснюється за результатами виконання контрольних робіт за змістовними модулями, захисту індивідуального завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв'язання практичних задач. Підсумковий контроль в 6 семестрі - іспит.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль виконується в письмовій формі:

- Весняний 6 семестр – іспит, на який з 100 балів виноситься 30, поточний – 70 балів ;

Екзаменаційна оцінка виставляється на основі **сумування результатів поточного контролю і заліку** (максимально **70** балів), а також **відповідей на екзамені**, де також треба відповісти: 1) на 2 якісних питання і 2) розв'язати 3-ри задачі (максимально **10** балів). Правильні відповіді на екзаменаційні питання і задачі оцінюються у **10** балів.

Максимальне число балів - **100**;

Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Підсумковий контроль	Сума балів
Змістовні модулі 1-3 5 семестр Поточний контроль на лекціях Т1-Т17	Контрольна робота	Індивідуальні завдання	Разом		
			100	---	100
Змістовні модулі 4-6 6 семестр Поточний контроль на лекціях			70	30	100

Самостійна робота студентів.

Результати виконання самостійної роботи з підготовки теоретичного матеріалу оцінюються за якістю виконання поточних контрольних робіт.

Результати підготовки теоретичного матеріалу до практичних занять оцінюються за усним опитуванням та за якістю виконання поточних контрольних робіт.

Критеріями оцінювання є: повнота представленого матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Строки здачі/виконання завдань самостійної роботи визначаються викладачем.

ПОЛІТИКА КУРСУ

Визначається нормативними документами: Положеннями, які є чинними в ОНУ імені І.І.Мечникова (<https://onu.edu.ua/uk/geninfo/official-documents>).

Дедлайн виконання завдань з курсу визначає викладач. В разі поважних причин, перенесення терміну виконання завдань дозволяється викладачем. Перескладання заборгованостей – з дозволу деканату.

Кожен студент повинен пам'ятати про академічну доброчесність що забезпечується самостійним виконанням навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю, належним посиланням на джерела інформації у разі виконання творчих робіт, дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права, наданням достовірної інформації про результати власної наукової діяльності.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнуті до академічної відповідальності згідно Положенню про академічну доброчесність в ОНУ імені І.І.Мечникова.

<https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/acad-dobrochesnost.pdf>.

Відвідування занять для студента 2-го курсу є обов'язковим, як і своєчасний прихід на заняття. Мобільні пристрої під час навчання повинні бути заблоковані.