

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²: Решетняк В.Ю., докт. фіз.-мат. наук, професор, завідувач кафедри теоретичної фізики.

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри

Решетняк В.Ю.

[підпис]

(підпис)

()

(прізвище та ініціали)

Протокол № 19 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту³

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 19

Голова науково-методичної комісії

[підпис]

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« 10 » червня 2022 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

³ У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – курс електродинаміки покликаний поглибити знання з класичної електродинаміки, одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат класичної теорії поля і на його основі – теорію електромагнітного поля Максвелла, її релятивістське представлення, та теорію електромагнітного поля в суцільних середовищах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

- Знати основні закони електрики, оптики, математичного аналізу, звичайні диференціальні рівняння, основи математичної фізики. Зокрема, знати рівняння Ейлера-Лагранжа, функцію Гріна для диференціальних рівнянь, теореми Остроградського-Гаусса та Стокса, поліноми Лежандра, сферичні функції (гармоніки), циліндричні функції, функції Бесселя, Ганкеля, Неймана та Макдональда. Пам'ятати вирази для градієнта, дивергенції, ротора та оператора Лапласа в циліндричній та сферичній системах координат.
- Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, математичної фізики, основ векторного та тензорного аналізу та диференціальних рівнянь для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь та систем.
- Володіти елементарними навичками обчислення похідних, інтегралів, дій над операції з векторами, графічно будувати графіки функцій, визначати та розкладувати функції в ряд та інтеграл Фур'є. Вільно володіти навичками представлення дельта-функції, Гама-функції, Бета-функції.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

Нормативна дисципліна «Електродинаміка» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр фізики” та базовою для вивчення всіх фізичних дисциплін. Програма курсу орієнтована на студентів, які вже знайомі з математичним аналізом, основами векторного та тензорного аналізу, загальним курсом механіки, електрики, оптики, диференціальним численням. Результати навчання полягають в знанні фундаментальних законів електромагнітного поля, законів макроскопічної електродинаміки, законів розповсюдження електромагнітного поля в середовищах, основних положень теорії електромагнітного поля у вакуумі та положень спеціальної теорії відносності, релятивістської механіки. Також, як результат, студенти ознайомлені з основними наближеннями рівнянь електродинаміки та основними моделями поведінки суцільного середовища в електромагнітному полі, а також здатні розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. Методи викладання: лекції та практичні заняття. Методи оцінювання: опитування в процесі практичних занять, контрольні роботи після основних розділів курсу, захист написаних рефератів, залік (4 семестр) та іспит (5 семестр). Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (40%) та заліку, іспиту (60%).

4. Завдання (навчальні цілі) – освоєння студентами методів отримання, експериментального дослідження та теоретичного опису задач з курсу електродинаміки, зокрема, здатність студентами застосовувати знання у практичних ситуаціях для розрахунку електромагнітних полів, руху частинок в електромагнітному полі. Також здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями з курсу електродинаміки, здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел, в тому числі, електронних ресурсів, та здатність студентів до абстрактного мислення, аналізу та синтезу матеріалу з всіх фізичних дисциплін.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти (сьомий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОПП "Фізичне матеріалознавство/ неметалічне матеріалознавство", дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

- Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

загальних:

- Здатність приймати обґрунтовані рішення (ЗК5).

фахових:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1).
- Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3).
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК5).
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи (ФК8).
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).

5. Результати навчання за дисципліною:

<i>Результат навчання</i> <i>(1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)</i>		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1	1.1 Фундаментальні закони електромагнітного поля	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	1.2 Основні положення теорії електромагнітного поля у вакуумі;	Лекція, практичне заняття	реферат	6
	1.3 Основні положення спеціальної теорії відносності та релятивістської механіки;	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5
	1.4 Основні закони макроскопічної електродинаміки	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5
	1.5 Основні наближення рівнянь електродинаміки	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2
	1.6 Основні моделі поведінки суцільного середовища в електромагнітному полі	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2
	1.7 Основні закони розповсюдження електромагнітного поля в середовищах	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
2	2.1 Записати рівняння Максвелла у вакуумі	Лекція, практичне заняття	реферат	6
	2.2 Вивести рівняння електромагнітного поля в потенціалах	Лекція	Модульна контрольна робота	12,5

	2.3 Записувати рівняння Максвелла в інтегральній та диференціальній формі	Лекція	Самостійна робота	12,5
	2.4 Записувати рівняння електро-динаміки в Міжнародній та Гауссовій системах одиниць	практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	2.5 Записати рівняння Максвелла у ко-варіантній формі.	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	2.6 Розв'язувати основні типи задач про випромінювання та розсіяння електромагнітних хвиль	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	2.7 Розв'язувати основні типи задач спеціальної теорії відносності	практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	2.8 Записати рівняння Максвелла в середовищі	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2,5
	2.9 Розв'язувати основні типи задач про відгук суцільного середовища на електромагнітне поле	Лекція, практичне заняття	Задачі, усні відповіді	2
	2.10 Розв'язувати основні типи задач про розповсюдження електромагнітного поля в заданому середовищі	Лекція, практичне заняття	Модульна контрольна робота	12,5
3	3.1 Пояснити розв'язки задач та вміти, обґрунтувати основні положення електродинаміки	Практичне заняття, самостійна робота	Усні відповіді	2

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибірових дисциплін)

Результати навчання дисципліни		1	2	3
Програмні результати навчання				
1.ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра 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.		+	+	+
2.ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.		+	+	+
3.ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.		+	+	+
4.ПРН28. Розуміти міждисциплінарні шляхи розвитку науки та мати навички міждисциплінарних матеріалознавчих досліджень.			+	+

7. Структура курсу

Курс складається з 4-х змістових модулів: 2-а модулі в четвертому семестрі, та 2-а – в п'ятому.

8. Схема формування оцінки:

8.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання 4 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 1.4 (10 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 2.2 (10 балів).
3. Реферат РН 1.2,2.1 (5 балів, 5 балів, відповідно).
4. Задачі, усні відповіді (10 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку¹.

	ЗМ1	ЗМ2	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше **24 бала**.²

Оцінка за залік не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Отже,

1. підсумкове оцінювання у формі заліку. На заліку максимально можна отримати 60 балів.
2. умови допуску до заліку:
 - обов'язково здати два реферати, написані власноруч з виведенням всіх формул по темі;
 - здати розв'язок не менше 30 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;
 - пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та формул електродинаміки у формі диктанта.

- семестрове оцінювання 5 семестр:

1. Модульна контрольна робота РН 1.3 (10 балів).
2. Модульна контрольна робота РН 2.10 (10 балів).

¹ Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (якщо дисципліна завершується екзаменом (заліком), то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **40 балів (40%) – семестровий контроль і 60 балів (60%) – екзамен (залік)**).

² У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом (заліком) не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 24 балів**, оскільки якщо студент на екзамені (заліку) набрав менше **36 балів** (а це 60% від 60 балів, відведених на екзамен (залік)), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній (заліковій) відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

3. Самостійна робота РН 2.3 (10 балів).

4. Задачі, усні відповіді (10 балів).

	ЗМ1	ЗМ2	іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>20</u>	<u>20</u>	<u>60</u>	<u>100</u>

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше **24 бала**.

Оцінка за іспит не може бути меншою **36 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Отже,

1. підсумкове оцінювання у формі іспиту. На іспиті максимально можна отримати **60 балів**.
2. умови допуску до іспиту:
 - здати розв'язок не менше 30 % обов'язкових задач, що виносяться на самостійну роботу;
 - пройти письмову перевірку знань та розумінь основних означень та формул електродинаміки у формі диктанта.

8.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 4 змістових модулів (2 модулі в четвертому та 2 модулі в п'ятому семестрах). Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою незалежно в четвертому і п'ятому семестрах. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Студент може отримати максимально 40 балів за виконання домашніх робіт, самостійних завдань, усні відповіді, тести, доповнення на практичних заняттях в четвертому семестрі (по 20 балів в кожному змістовому модулі) та 40 балів в п'ятому семестрі (по 20 балів в кожному змістовому модулі). Модульний контроль: 4 модульні контрольні роботи (2 роботи в четвертому та 2 роботи у п'ятому семестрах). Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 20 балів в четвертому семестрі і 20 балів в п'ятому семестрі (по 10 балів за кожную роботу). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі заліку (60 балів) в четвертому семестрі та іспиту (60 балів) в п'ятому семестрі. Екзаменаційний білет включає 2 теоретичні питання (по 20 балів) та задачу (20 балів).

Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail	35-59
Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail	0-34
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійних робіт

IV СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самост. робота
1	Експериментальні основи і математичне формулювання фундаментальних законів класичної електродинаміки.	2	2	6
2	Мікроскопічні та макроскопічні рівняння електродинаміки. Граничні умови до рівнянь Максвелла. Закон збереження енергії Електростатика. Рівняння для потенціалу, мультипольний розклад. Методи розв'язання задач електростатики. Енергія електростатичного поля	4	4	6
3	Провідники в електричному полі. Єдиність розв'язку задач електростатики Магнітостатика. Векторний та скалярний потенціали. Методи розв'язання задач магнітостатики.	4	4	8
4	Магнітне поле на великих відстанях від системи. Магнітний диполь. Скалярний магнітний потенціал. Енергія магнітного поля для магнітостатичних явищ. Індукція.	4	2	8
	Модульна контрольна робота 1		2	
5	Випромінювання і поширення електромагнітних хвиль. Запізнювальні та випереджаючі потенціали. Спектральний розклад, комплексна форма запису фізичних величин	4	2	6
6	Електромагнітне поле на великих відстанях від системи зарядів. Електричне дипольне випромінювання. Магнітне дипольне випромінювання та електричне квадрупольне випромінювання. Сила променевого тиску	4	4	6

7	Електромагнітне поле заряду, який рухається. Потенціали Лієнара-Віхерта. Енергія, випромінювана частинкою, що рухається.	4	4	8
8	Електромагнітне поле, випромінюване лінійним струмом.	2	2	6
9	Розсіяння електромагнітних хвиль. Дифракція електромагнітних хвиль.	2	2	6
Модульна контрольна робота 2			2	
Всього		30	30	60

V СЕМЕСТР

№ теми	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	самост. робота
Змістовий модуль 1				
1	Спеціальна теорія відносності. Експериментальні основи СТВ.	2	1	5
2	Перетворення Лоренца для координат. Наслідки з перетворень Лоренца	2	2	2
3	Чотиривекторні потенціали. Ефект Доплера. Релятивіська функція Лагранжа. Тензор електромагнітного поля	2	2	4
4	Перетворення Лоренца для полів.	2	2	2
5	Рівняння Максвелла в коваріантній формі. Релятивістська динаміка.	2	1	4
6	Тензор енергії-імпульсу	2	2	2
7	Електродинаміка суцільного середовища. Усереднення рівнянь Максвелла. Діелектрики. Магнетики.	2	2	6
	Модульна контрольна робота 1		2	
Змістовий модуль 2				
8	Формула Клаузіуса – Мосотті. Поляризація полярних та неполярних діелектриків	2	2	4
9	Дисперсія діелектричної проникності. Поглинання електромагнітного випромінювання.	2	2	4
10	Співвідношення Крамерса-Кроніга.	2	1	4

11	Електромагнітні хвилі. Поширення електромагнітних хвиль у диспергуючому середовищі.	2	2	4
12	Поширення електромагнітних хвиль у анізотропному середовищі. Формули Френеля Геометрична оптика. Наближення ейконалу.	2	1	5
13	Хвилеводи і резонатори.	2	2	4
14	Квазістаціонарні поля. Магнітна гідродинаміка.	2		4
15	Хвилі в середовищах з від'ємними значеннями діелектричної та магнітної проникності.		2	10
Модульна контрольна робота 2			2	
Всього		28	28	64

Загальний обсяг 240 год³, в тому числі (вибрати необхідне):

Лекцій – **58 год**.

Семінари – **год**.

Практичні заняття - **58 год**.

Лабораторні заняття - ____ год.

Тренінги - ____ год.

Консультації - ____ год.

Самостійна робота – **124 год**.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна : (Базова)

1. А.М.Федорченко Теоретична фізика, т.1 Класична механіка і електродинаміка, Київ, Вища школа, 1992.
2. В.Й.Сугаков, Теоретична фізика. Електродинаміка, Київ, Вища школа, 1974
3. L.D. Landau and E.M. Lifshitz. Classical Theory of Fields. – Pergamon Press, 1971. – 374 p.
4. L.D. Landau and E.M. Lifshitz "Electrodynamics of Continuous Media". – Pergamon Press, 1971. – 374 p.
5. Л.Г. Гречко, В.И.Сугаков, О.Ф.Томасевич, А.М.Федорченко Сборник задач по теоретической физике, Москва, Высшая школа, 1984.
6. А.И. Алексеев, Сборник задач по классической электродинамике, Москва, Наука, 1977.
7. В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин, Сборник задач по электродинамике, Москва, Наука, 1970.
8. Л.Г. Гречко, В.И.Сугаков, О.Ф.Томасевич, А.М.Федорченко Сборник задач по теоретической физике, Москва, Высшая школа, 1972.
9. John David Jackson Classical Electrodynamics, Third Edition 3rd Edition, Wiley
10. William R. Smythe Static And Dynamic Electricity 1st Edition, McGraw-Hill Companies
11. Stratton Julius Adams Electromagnetic Theory, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
12. David J. Griffiths Introduction to Electrodynamics 4th Edition, Pearson Education

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

Додаткова

1. М. В. Макарець, В. Ю. Решетняк, О.В. Романенко, Задачі з класичної електродинаміки, Київ, ВПЦ «Київський національний університет», 2006.
2. М.М.Бредов, В.В.Румянцев, И.Н.Топтыгин, Классическая электродинамика, Москва, Наука, 1985.
3. Я.П.Терлецкий, Ю.П.Рыбаков, Электродинамика, Высшая школа, Москва, 1990
4. В.Г.Левич, Курс теоретической физики М.: "Наука" т. 1 Теория электромагнитного поля, теория относительности, статистическая физика, электромагнитные процессы в веществе. 1969. 910 стр.
5. М.И.Рязанов, Электродинамика конденсированного вещества. М.: "Наука" 1984. 303 стр.