

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА**

**Фізико-технічний факультет
Кафедра фізики і хімії твердого тіла**

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електродинаміка

**Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)
Освітня програма Матеріали та системи відновлювальної енергетики
Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Галузь знань 10 Природничі науки**

**Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “25” серпня 2022 р.**

м. Івано-Франківськ - 2022

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Програмні результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Електродинаміка
Рівень вищої освіти	бакалавр
Викладач (-і)	Доктор філософії, викладач кафедри фізики і хімії твердого тіла Яворський Ростислав Святославович; Кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики і хімії твердого тіла Возняк Орест Михайлович
Контактний телефон викладача	59-60-82
E-mail викладача	r.yavorskyi@pnu.edu.ua , orest.voznyak@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Денна форма навчання
Обсяг дисципліни	6 кредитів
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	1 год. на тиждень, ауд. 214
2. Анотація до курсу	
Курс електродинаміки поряд із класичною та квантовою механікою є однією із основних дисциплін при підготовці фізиків, він покликаний поглибити знання з електродинаміки одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат класичної теорії поля та застосовувати загальні фундаментальні принципи теоретичної фізики. Предметом вивчення навчальної дисципліни є основні положення теорії електромагнітного поля у вакуумі, макроскопічного поля в середовищі та релятивістської електродинаміки. Показано, що електродинаміка має експериментальні основи, а відповідний математичний апарат дає змогу адекватно записати її закони і розв'язати будь-яку задачу електродинаміки (принаймні принципово). В курсі електродинаміки викладено і застосовано різні математичні методи дуже корисні не лише в електродинаміці, а й у інших розділах теоретичної фізики.	
3. Мета та цілі курсу	
Метою викладання навчальної дисципліни “Теоретична фізика р. Електродинаміка” є поглибити знання з електродинаміки одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат класичної теорії поля і на його основі теорію електромагнітного поля Максвелла-Лоренца і релятивістську теорію електромагнітного поля. У ньому подано основні положення теорії електромагнітного поля у вакуумі, макроскопічного поля в середовищі та релятивістської електродинаміки. Показано, що електродинаміка має експериментальні основи, а відповідний математичний апарат дає змогу адекватно записати її закони і розв'язати будь-яку задачу електродинаміки. 1.2. Основними завданням вивчення дисципліни “Теоретична фізика р. Електродинаміка” є подати основні положення теорії електромагнітного поля у вакуумі, макроскопічного поля в середовищі та релятивістської електродинаміки. Показати, що електродинаміка має експериментальні основи, а відповідний математичний апарат дає змогу адекватно записати її закони і розв'язати будь-яку задачу електродинаміки (принаймні принципово).	

Цілі: Застосування основних законів ядерної фізики і фізики елементарних частинок до розв'язку конкретних задач.

знати :

- фундаментальні закони електромагнітного поля;
- основні положення електромагнітного поля у вакуумі;
- основні закони мікроскопічної електродинаміки;
- основні положення спеціальної теорії відносності та релятивістської електродинаміки;

вміти :

- вивести рівняння Максвелла у вакуумі та середовищі;
- вивести рівняння електромагнітного поля в потенціалах;
- записати варіаційний принцип для електромагнітного поля;
- сформулювати суть мультипольних розкладів електромагнітного поля;
- записати рівняння електродинаміки в
- релятивістському вигляді.

У результаті проведення практичних (семінарських) занять студенти повинні:

- знати: - основні поняття і закони ядерної фізики та фізики елементарних частинок;
- одиниці вимірювання фізичних величин ядерної фізики;
- основні типи задач ядерної фізики та фізики елементарних частинок.

вміти: - розв'язувати основні типи задач ядерної фізики та фізики елементарних частинок;

- переходити від одних одиниць вимірювання до інших;
- відібрати матеріал що може бути використаний при вивченні фізики в середній школі.

4. Компетентності

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі прикладної фізики і наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії і характеризується певною невизначеністю умов, проведення експериментальних і теоретичних досліджень, здійснення інновацій

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Здатність використовувати фундаментальні поняття і закони фізики у сфері професійної діяльності;

ЗК02. Знання методології і методів фізичних та астрофізичних досліджень;

ЗК03. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів;

ЗК04. Набуття гнучкого способу мислення, який дає можливість зрозуміти й розв'язати проблеми та задачі, зберігаючи при цьому критичне ставлення до наявних наукових концепцій;

ЗК01. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, вміння застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури;

ЗК06. Здатність використовувати професійно профільовані знання в галузі прикладної фізики, для дослідження нових матеріалів;

ЗК07. Володіння технікою базових вимірювань та методиками обробки експериментальних даних ;

ЗК08. Здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної та науково-технічної інформації, робити усні та письмові звіти, обговорювати наукові теми українською та іноземними мовами, популяризувати сучасні фізичні концепції серед

нефахівців;

ЗК09. Здатність до проектування і конструювання технічного, медичного обладнання ;

ЗК10. Здатність працювати в колективі, толерантно сприймаючи соціальні, етнічні, конфесійні та культурні відмінності.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

ФК01. Знання місця прикладної фізики та нанотехніки в сучасному світі, знання і розуміння професійної компетенції для вибраної галузі знань;

ФК02. Навички розробки фізико-математичних моделей фізико-хімічних об'єктів і процесів нанотехніки, моделювання наноструктур і технологій їх виробництва;

ФК04. Здатність застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової медичної техніки і апаратури;

ФК06. Уміння конструювання, проектування, виготовлення , тестування, діагностики і сертифікації елементної бази наноприладів електронного та медико-біологічного призначення;

ФК07. Здатність виконувати вимірювання, планування і організацію експерименту з дослідження фізичних властивостей, інноваційної ємності і можливостей практичного застосування наноматеріалів;

ФК08. Уміння розробляти технічну проектну і проектно-конструкторську документацію, виконувати оцінку технічної і економічної ефективності виробничої, в тому числі науково-дослідної, діяльності;

ФК09. Здатність до налаштування і обслуговування апаратно-програмних засобів, перевірки технічного стану і виробничого ресурсу обладнання, його профілактичного огляду;

ФК10. Вміти використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.

5. Програмні результати навчання

ПР01. 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.

ПР04. Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій.

ПР07. Використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі прикладної фізики та нанотехнологій для аналізу станів та властивостей фізичних систем.

ПР08. Брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту.

ПР09. Застосовувати сучасні методи для розв'язування задач та набутти навичок самостійного використання прикладних пакетів програм для аналізу результатів досліджень.

ПР14. Вміння оцінювати важливість матеріалів для досягнення цілей наукового дослідження в галузі прикладної фізики.

6. Організація навчання курсу

Обсяг курсу	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	24

семінарські заняття / практичні / лабораторні			36			
самостійна робота			120			
Ознаки курсу						
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)		Нормативний / вибірковий		
6 - й	Фізика і астрономія	3 - й		Нормативний		
Тематика курсу						
Тема, план		Форма заняття	Літерат ура	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1. Електродинаміка вакууму.						
Тема 1. Вступ. Заряди і електромагнітне поле. Експериментальні основи і математичне формулювання законів електродинаміки. Рівняння електродинаміки для зарядів і струмів у вакуумі.		лекція	[1 - 5]	2	2	за розкладом
Тема 2. Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі. Основна задача електродинаміки.		лекція	[1 - 5]	2	2	за розкладом
Тема 3. Електромагнітні потенціали. Рівняння для потенціалів. Градієнтна інваріантність. Розв'язок рівнянь Даламбера. Запізнюючі і випереджуючі потенціали.		лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 4. Стаціонарне електричне поле. Рівняння Пуассона і його розв'язки. Поле на великій відстані від системи. Дипольні і квадрупольні моменти. Енергія електричного поля. Сили, що діють на систему зарядів у зовнішньому полі.		лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 5. Стаціонарне магнітне поле. Рівняння для векторного потенціалу. Мультипольні розклади. Енергія магнітного поля. Магнітний момент. Сили в магнітному полі.		лекція	[1 - 5]	2	2	за розкладом
Тема 6. Вільне електромагнітне поле. Хвильові рівняння і їх розв'язок методом Даламбера. Загальний розв'язок хвильового рівняння. Хвильовий пакет. Енергія електромагнітних хвиль.		лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 7. Теорія випромінювання. Потенціали, що випереджують і запізнюються. Поле на великій відстані від системи. Електричне		лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом

дипольне випромінювання. Магнітне дипольне і електричне квадрупольне випромінювання. Сила променистого тertia.					
Тема 8. Розсіювання електромагнітних хвиль зарядами. Диференціальний і повний переріз розсіювання. Формула Томсона.	лекція	[1 - 5]	2	2	за розкладом
Змістовий модуль 2. Теорія відносності і макроскопічна електродинаміка					
Тема 1. Теорія відносності. Принцип причинності. Перетворення Лоренца і наслідки з них.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 2. Чотиривимірна інтерпретація СТВ. 4-вектори і 4-тензори. Операції в 4-просторі.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 3. Релятивістська механіка вільної частинки. Функція дії. 4-вектор енергії-імпульсу.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 4. Релятивістська коваріантність рівнянь електродинаміки. 4-потенціал. Тензор електромагнітного поля.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 5. Канонічна форма для рівнянь поля. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля.	лекція	[1 - 5]	1	2	За розкладом
Тема 6. Рівняння макроскопічної електродинаміки. Усереднення полів. Вектори поляризації і намагнічення. Граничні умови.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 7. Електростатика провідників і діелектриків. Методи розв'язування електростатичних задач. Енергія і сили, що діють на тіла у електростатичному полі. Постійний електричний струм. Сторонні сили. Закон Ома і Джоуля-Ленца. Струм в необмеженому середовищі	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 8. Магнітне поле стаціонарних струмів. Енергія магнітного поля. Коефіцієнти індукції і самоіндукції. Квазістаціонарне електромагнітне поле і квазістаціонарні процеси. Скін-ефект.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 9. Електромагнітні процеси в речовині. Заломлення і відбивання	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом

електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі в провідному середовищі. Хвилі у хвилеводах і резонаторах.					
Тема 10. Поляризація середовища в змінному електромагнітному полі. Комплексна діелектрична проникність. Дисперсійні співвідношення. Дисперсія в системі гармонічних осциляторів. Дисперсія хвиль у провідниках та плазмі.	лекція	[1 - 5]	1	2	за розкладом
Тема 11. Нелінійна електродинаміка. Нелінійні середовища. Система ангармонічних осциляторів.	лекція	[1 - 5]	2	2	за розкладом
Практичні роботи.					
Тема 1. Принцип суперпозиції полів для напруженості і потенціалу електричного поля.	практичне	[8 – 11]	2	4	за розкладом
Тема 2. Теорема Остроградського-Гауса і її застосування до розрахунку полів.	практичне	[8 – 11]	2	4	за розкладом
Тема 3. Диференціальне рівняння Пуассона і його застосування до розв'язку задач. Обернені задачі.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 4. Енергія електростатичного поля. Пондеромоторні сили.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 5. Поле на великій відстані від системи зарядів. Дипольний і квадрупольний моменти.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 6. Статичне магнітне поле. Теорема Стокса. Рівняння для векторного потенціалу.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 7. Енергія магнітного поля. Магнітний момент системи.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 8. Електромагнітні хвилі. Геометрична оптика. Спектральні розклади.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 9. Випромінювання електромагнітних хвиль. Енергія випромінювання.	практичне	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 10. Магнітний і електричний дипольні та електричні квадрупольні моменти системи зарядів, що рухаються.	практичне	[8 – 11]	2	4	за розкладом
Тема 11. Дипольне електричне та магнітне електричне квадрупольне випромінювання найпростіших систем. Антени.	практичне	[8 – 11]	2	4	за розкладом
Тема 12. Основи	практичне		2	2	за

релятивістської механіки. Перетворення Лоренца. 4-вимірні інтерпретація перетворень Лоренца.	не				розкладом
Тема 13. Релятивістська механіка.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 14. Релятивістська електродинаміка. Перетворення полів. Принцип Гамільтона для поля.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 15. Метод електричних зображень для задач електростатики провідників і діелектриків.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 16. Постійний електричний струм.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 17. Квазістаціонарний струм.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Тема 18. Електромагнітні хвилі у речовині.	практич не	[8 – 11]	2	2	за розкладом
Самостійне опрацювання					
Тема 1. Основні положення векторного числення.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 2. Експериментальні основи електродинаміки	опрацю- вання	Д[1-5] Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 3. Теорія пружності. Тензор напруг.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 4. Зміст електромагнітних потенціалів.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 5. Основні положення теорії рівнянь математичної фізики.	опрацю- вання		4		згідно розкладу
Тема 6. Фізичний зміст електростатичного потенціалу.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 7. Приклади дипольних і квадрупольних систем.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 8. Орієнтуюча дія електростатичного поля.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 9. Приклади магнітних диполів.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 10. Орієнтуюча дія постійного магнітного поля.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 11. Поляризація електромагнітних хвиль.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 12. Ряди Фур'є. Спектральні розклади.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 13. Застосування випереджувальних систем.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 14. Приклади дипольних випромінювальних систем.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу
Тема 15. Приклади магнітних дипольних випромінювальних систем.	опрацю- вання	Д[1-5]	4		згідно розкладу

Тема 16. Закон збереження рухомого електричного заряду.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 17. Закон збереження рухомого електричного заряду. Принцип відповідності.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 18. Класичний радіус електрона.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 19. Експериментальні основи СТВ.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 20. Тензорне числення.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 21. Класична і релятивістська області.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 22. Інваріантність і коваріантність фізичних величин.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 23. Дія за Гамільтоном.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 24. Періодичні граничні умови.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 25. Фізичний зміст компонент тензора електро-магнітного поля	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 26. Реліктове випромінювання. Темна енергія та темна матерія.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 27. Принципи вимірювання індукції та напруженості.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 28. Температурна залежність діелектричної проникності.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 29. Пондеромоторні сили.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 30. Індуктивність.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 31. Температурна залежність магнітної проникності.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 32. Телеграфні рівняння.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 33. Зміст уявної частини діелектричної проникності.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 34. Види хвиль у хвилеводах.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу
Тема 35. Нормальна і аномальна дисперсія.	опрацювання	Д[1-5]	3		згідно розкладу

7. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу	Загальна система оцінювання курсу накопичувальна бально-рейтингова, що передбачає оцінювання студентів за видами аудиторної та позааудиторної навчальної діяльності, спрямованої на опанування навчального навантаження з освітньої програми: поточний, рубіжний (модульний), підсумковий контроль. Підсумковий контроль здійснюється письмово, письмово-усно або в тестовій формі.
-----------------------------------	---

	Критерії оцінювання знань студентів зі всіх видів робіт на протязі семестру наведені в таблиці 1 а відомістю, в яку виставляються оцінки рубіжного контролю знань, є таблиця 2. Перший модуль здається, як і перші контрольні роботи виконуються після вивчення перших тем програми. Другий модуль здається і другі контрольні роботи виконуються після вивчення решти тем програми.
Вимоги до письмової роботи	Письмова робота з будь-якого виду занять, повинна бути належним чином оформлена, повинна містити умову поставленого завдання (задачі), пояснення, рисунки, формули, графіки тощо.
Семінарські заняття	При оцінці роботи студента на практичному/семінарському занятті враховується: розуміння студентом теоретичного матеріалу, пов'язаного з темою, яка обговорюється на занятті, вміння теоретично обґрунтовувати хід розв'язку задачі, вміння викладати свої думки письмово (у випадку письмової роботи), правильність і послідовність викладання своїх думок (розв'язку задачі), самостійно висловлювати ідеї і вміння відстоювати їх, вміння застосовувати теоретичні положення теми до розв'язку конкретних задач, застосування ілюстрацій (презентацій) впродовж доповіді на семінарі, участь (активність) студента при розв'язку задач та в дискусії при обговоренні питань на семінарі.
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до підсумкового контролю (екзамену), якщо він впродовж семестру за змістові модулі сумарно набрав 25 і більше балів. В противному випадку студенту у екзаменаційній відомості робиться запис «не допущений».

8. Політика курсу

Політика курсу

Розділ курсу теоретична фізика “Електродинаміка” є одним із базових курсів фізики. При його вивченні використовуються знання одержані при вивченні курсів математики, математичних методів фізики та попередніх розділів теоретичної фізики. Враховано також, що при вивченні цього розділу необхідні додаткові розділи математики, як то теорія узагальнених функцій, операційне числення. тощо Тому на ці моменти у цьому курсі звернута особлива увага.

Політика академічної поведінки і етики

Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших. Заперечення слід формулювати в коректній формі. Неприпустимими є підказування та списування під час задачі будь-яких робіт (проміжного контролю, модулів, екзамену тощо).

9. Рекомендована література

Методичне забезпечення

1 Возняк О.М. Теоретична фізика. Класична електродинаміка. Збірник задач. Електронна версія.

Базова

2. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Електродинаміка. К. Вища школа, 1992.
3. Сугаков В.Й. Теоретична фізика. Електродинаміка. К. Вища школа, 1974.
4. Измайлов С.В. Курс электродинамики М. Учпедгиз, 1962.
5. Возняк О.М. Теоретична фізика. Класична електродинаміка. Збірник задач. Електронна версія.

Викладач _____ Яворський Р.С.