

Львівський національний університет імені Івана Франка

Кафедра теоретичної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан
фізичного факультету

_____ Якібчук П. М.

“ _____ ” _____ 20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ВСТУП ДО КЛАСИЧНОЇ
ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ**

галузь знань — **10** Природничі науки
спеціальність — **104 Фізика та астрономія**
фізичний факультет

2019–2020 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «**Вступ до класичної електродинаміки**» для студентів за галуззю знань **10** Природничі науки спеціальності **104** Фізика та астрономія фізичного факультету, 2019 року. — 9 с.

Розробник:

Ровенчак Андрій Адамович, докт. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри теоретичної фізики

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики

Протокол № ____ від “ ____ ” _____ 2019 р.

Завідувач кафедри теоретичної фізики

_____ (Ткачук В. М.)

“ ____ ” _____ 2019 р

Схвалено Вченою радою фізичного факультету

Протокол від “ ____ ” червня 2019 р. № ____

“ ____ ” _____ 2019 р. Голова _____ (Якібчук П. М.)

© Львівський національний
університет імені Івана Франка,
2019

© Ровенчак А. А., 2019

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни |
|--|--|---|
| | | <i>денна форма навчання</i> |
| Кількість кредитів — 4 | Галузь знань 10 Природничі науки | Вибіркова |
| Модулів — 1 | Спеціальність 104 Фізика та астрономія | <i>Рік підготовки:</i> 3-й |
| Змістових модулів — 2 | Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр | <i>Семестр</i> 5-й |
| Загальна кількість годин — 120 | | <i>Лекції</i> 32 год |
| Тижневих годин для денної форми навчання: <i>Аудиторних:</i> V семестр – 4 <i>Самостійної роботи студента:</i> V семестр – 3.5 | | <i>Практичні</i> 32 год |
| | | <i>Лабораторні</i> — |
| | | <i>Самостійна робота</i> 56 год |
| | | <i>Вид контролю:</i> залік |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання — 4.0:3.5

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Це перша частина фундаментального розділу основного курсу теоретичної фізики, яким є електродинаміка.

Мета: формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із електромагнітним полем. Це передбачає виклад основ теорії електромагнітних процесів у вакуумі, поглиблення знань, одержаних в загальному курсі «Електрика», вивчення теорії електромагнітного поля Максвелла. Предмет навчальної дисципліни включає основні поняття та закони класичної електродинаміки, що стосуються зарядів і струмів у вакуумі та теорії випромінювання.

Завдання: навчити студентів самостійно виконувати розрахунки, необхідні для розв'язування задач електродинаміки. Студент повинен усвідомити, що численні явища і закони, вивчені в загальному курсі фізики, є наслідками фундаментальних загальних принципів і рівнянь.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні поняття предмету; фундаментальні закони електромагнітного поля; основні положення теорії електромагнітного поля у вакуумі; основні положення теорії випромінювання електромагнітних хвиль.

вміти: отримати рівняння Максвелла у вакуумі; вивести рівняння електромагнітного поля в потенціалах; записувати рівняння електродинаміки в 3-вимірному вигляді; сформулювати суть мультипольних розкладів для електромагнітного поля; застосувати методи класичної електродинаміки до розв'язку конкретних задач; розв'язувати основні типи задач класичної електродинаміки.

Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: математичний аналіз, векторний аналіз, диференціальні рівняння, механіка, електрика.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Електродинаміка вакууму

Тема 1. Математичний апарат електродинаміки

1. Короткий історичний нарис розвитку електродинаміки.
2. Математичний апарат електродинаміки: елементи векторного числення.

Тема 2. Рівняння електродинаміки для зарядів і струмів у вакуумі

1. Рівняння Максвелла як узагальнення дослідних фактів: закон Кулона; вихровий характер магнітного поля; закон Фарадея; джерела магнітного поля; закон Ерстеда; закон Ампера. Математичний апарат: δ -функція Дірака. Густина точкового заряду.

2. Потенціали електромагнітного поля. Означення потенціалів, рівняння для потенціалів, градієнтна інваріантність електромагнітного поля, калібрування Кулона і Лоренца. Запізнювальні і випереджувальні потенціали.
3. Рівняння д'Аламбера. Поперечний струм. Математичний апарат: інтегральне перетворення Фур'є.
4. Закони збереження. Рівняння неперервності як форма запису закону збереження. Закон збереження заряду. Закон збереження енергії. Умови випромінювання. Закон збереження імпульсу. Тензор напружень.

Змістовий модуль 2. Мультипольні розклади.

Теорія випромінювання

Тема 3. Статичні поля у вакуумі

1. Безпосереднє розв'язування рівнянь для потенціалів. Мультипольні розвинення. Потенціали і поля електричного та магнітного диполів.
2. Мультипольні розвинення. Електричний квадрупольний момент. Вищі мультипольні моменти.
3. Енергія статичних полів: дві формули для енергії, енергія взаємодії та власна енергія, проблема перенормувань; енергія диполів у зовнішніх полях.

Тема 4. Вільне електромагнітне поле

1. Рівняння Максвелла для вільного поля. Плоскі, сферичні та інші хвилі. Фазова та групові швидкості. Плоска монохроматична хвиля, поляризація. Закони збереження для вільного поля, енергія та імпульс поля.
2. Осцилятори поля. Функції Лагранжа та Гамільтона вільного поля. Канонічна форма рівнянь поля.

Тема 5. Теорія випромінювання

1. Потенціали Лієнара–Віхерта. Поле рухомого точкового заряду: особливості диференціювання потенціалів Лієнара–Віхерта, обчислення полів.
2. Поле і потенціали заряду, який рухається. Випромінювання точкового заряду. Сила радіаційного гальмування. Променисте тертя.
3. Розсіяння електромагнітних хвиль точковим зарядом. Випадок вільного та зв'язаного заряду.
4. Поле системи зарядів на великих віддалях від джерела. Близька і хвильова зони. Дипольне і квадрупольне випромінювання.
5. Вищі наближення для випромінювання. Електричне квадрупольне випромінювання, магніто-дипольне випромінювання. Анапольне випромінювання. Тороїдність.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----|----|-----------|
| | Денна форма | | | | | |
| | Усього | у тому числі | | | | |
| л | | п | лаб | інд | ср | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| МОДУЛЬ 1 | | | | | | |
| Змістовий модуль 1. Електродинаміка вакууму. | | | | | | |
| Тема 1. Математичний апарат електродинаміки | 9 | 2 | 4 | | | 3 |
| Тема 2. Рівняння електродинаміки для зарядів і струмів у вакуумі | 32 | 10 | 12 | | | 18 |
| <i>Разом – зм. модуль 1</i> | 49 | 12 | 16 | | | 21 |
| Змістовий модуль 2. Мультипольні розклади. Теорія випромінювання. | | | | | | |
| Тема 3. Статичні поля у вакуумі | 22 | 6 | 6 | | | 10 |
| Тема 4. Вільне електромагнітне поле | 13 | 4 | 2 | | | 7 |
| Тема 5. Теорія випромінювання | 36 | 10 | 8 | | | 18 |
| <i>Разом – зм. модуль 2</i> | 71 | 20 | 16 | | | 35 |
| <i>Разом — модуль 1</i> | 120 | 32 | 32 | | | 56 |
| Усього годин | 120 | 32 | 32 | | | 56 |

6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|------------------|---|-----------------|
| V семестр | | |
| 1 | Математичний апарат електродинаміки: елементи векторного числення | 2 |
| 2 | Математичний апарат електродинаміки: інтегральні теореми | 2 |
| 3 | Розв'язування задач електростатики: теорема Гаусса | 2 |
| 4 | Розв'язування задач магнітостатики: теорема Стокса | 2 |
| 5 | Потенціал і поле в задачах електростатики. I | 2 |
| 6 | Потенціал і поле в задачах електростатики. II | 2 |
| 7 | Потенціал і поле в задачах магнітостатики | 2 |
| 8 | <i>Підсумкова контрольна робота зі змістовим модулем 1</i> | 2 |
| 9 | Мультипольні розклади. Дискретні розподіли | 2 |
| 10 | Мультипольні розклади. Неперервні розподіли. I | 2 |
| 11 | Мультипольні розклади. Неперервні розподіли. II | 2 |
| 12 | Математичний апарат електродинаміки: δ -функція | 2 |
| 13 | Теорія випромінювання. I | 2 |
| 14 | Теорія випромінювання. II | 2 |
| 15 | Теорія випромінювання. III | 2 |
| 16 | <i>Підсумкова контрольна робота зі змістовим модулем 2</i> | 2 |
| | Разом за V семестр | 32 |

7. Темы лабораторних занять

Лабораторні заняття в курсі не передбачені.

8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|------------------|--|-----------------|
| V семестр | | |
| 1 | Математичний апарат електродинаміки: елементи векторного числення | 3 |
| 2 | Розв'язування задач електростатики з використанням теореми Гаусса | 7 |
| 3 | Розв'язування задач магнітостатики з використанням теореми Стокса | 4 |
| 4 | Розв'язування задач електростатики за допомогою безпосереднього інтегрування розподілу зарядів | 7 |
| 5 | Розв'язування задач магнітостатики за допомогою безпосереднього інтегрування розподілу струмів | 7 |
| 6 | Мультипольні розклади для систем точкових зарядів | 3 |
| 7 | Мультипольні розклади для неперервного розподілу зарядів | 7 |
| 8 | Застосування δ -функцій | 4 |
| 9 | Теорія випромінювання | 14 |
| | Разом за V семестр | 56 |

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання в курсі не передбачені.

10. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни «Електродинаміка» застосовують такі методи навчання:

- *Наочні*: виведення на дошці основних співвідношень на лекціях і практичних заняттях;
- *Практичні*: задачі для практичних занять.

11. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (контрольні роботи за двома змістовими модулями — $2 \times 15 = 30$ балів за семестр), оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (20 балів за семестр) — разом за семестр 50 балів (S_1 — оцінка за осінній семестр). Залікова оцінка виставляється як $2 \times S_1$.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують студенти (для заліку), V семестр

| Поточне тестування та самостійна робота | | Робота на практичних | Сума |
|---|--------------------|----------------------|---------------------|
| Змістовий модуль 1 | Змістовий модуль 2 | | |
| T1-3 | T4-5 | | |
| 15 | 15 | 20 | $50 \times 2 = 100$ |

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою (для екзамену) |
|--|-------------|--|
| 90–100 | A | відмінно |
| 81–89 | B | добре |
| 71–80 | C | |
| 61–70 | D | задовільно |
| 51–60 | E | |
| 25–50 | FX | незадовільно з можливістю повторного складання |
| 0–24 | F | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |

13. Методичне забезпечення

До системи методичного забезпечення дисципліни належить програма курсу, робоча навчальна програма, тексти лекцій і перелік задач для практичних занять і модульного контролю в електронному вигляді, тестові завдання для проведення іспиту, перелік теоретичних і практичних завдань для іспиту, методичні вказівки:

1. *В. М. Мигаль*. Випромінювання електромагнітних хвиль: Методичні вказівки до розв'язування задач з вибраних розділів електродинаміки для студентів III курсу фізичного факультету. — Львів: ЛДУ, 1999.
2. Збірник задач з електродинаміки / *М. В. Блажисевська, О. І. Григорчак, Ю. С. Криницький та ін.*; за ред. *Ю. С. Криницького та А. А. Ровенчака*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2015.

14. Рекомендована література

Базова

1. *М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин*, Классическая электродинамика, 1985.
2. *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц*, Теория поля, 1988.
3. *Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц*, Электродинамика сплошних сред, 1982.
4. *И. В. Савельев*, Основы теоретической физики, т. 1, 1975.
5. *Я. П. Терлецкий, Ю. П. Рыбаков*, Электродинамика, 1990.
6. *А. М. Федорченко*, Теоретична фізика, т. 1, 1988.

Допоміжна

1. *В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин.* Сборник задач по электродинамике. Москва: РХД, 2002.
2. *Е. Г. Векиштейн,* Сборник задач по электродинамике. Москва: Высшая школа, 1966.
3. *В. А. Головацький.* Електродинаміка: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2011.
4. *В. В. Обуховський.* Збірка задач для контрольних робіт з електродинаміки. Київ: Вид-во КНУ імені Тараса Шевченка, 2003.

15. Інформаційні ресурси

1. Eric Weisstein's World of Physics <http://scienceworld.wolfram.com/physics/>
2. Wikipedia. <http://www.wikipedia.org>