

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА



Факультет фізико-технічний  
Кафедра фізики і хімії твердого тіла

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЕЛЕКТРОДИНАМІКА**

Рівень вищої освіти: **перший (бакалаврський)**

Освітня програма: **«Середня освіта (фізика та математика)»**

Предметна спеціальність: **014.08 Середня освіта (Фізика)**

Спеціальність: **014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)**

Галузь знань: **01 Освіта/Педагогіка**

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1  
від 29 серпня 2023 р.

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Електродинаміка
<b>Викладач (-і)</b>	Доктор філософії, викладач кафедри фізики і хімії твердого тіла Яворський Ростислав Святославович
<b>Контактний телефон викладача</b>	tel: 59-60-82
<b>Е-mail викладача</b>	<a href="mailto:r.yavorskyi@pnu.edu.ua">r.yavorskyi@pnu.edu.ua</a>
<b>Формат дисципліни</b>	Очний
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредити ЄКТС, 90год.
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
<b>Консультації</b>	Згідно графіку консультацій
<b>2. Анотація до навчальної дисципліни</b>	
<p>Дисципліна «Електродинаміки» належить до переліку нормативних навчальних дисциплін, що пропонуються в рамках циклу професійної підготовки студентів і націлена поглибити знання з електродинаміки одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат класичної теорії поля та застосовувати загальні фундаментальні принципи теоретичної фізики.</p> <p><u>Предметом</u> 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).</p>	
<b>3. Мета та цілі навчальної дисципліни</b>	
<p><u>Метою</u> вивчення навчальної дисципліни є поглиблення 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.</p> <p><b>Цілі:</b> Застосування основних законів ядерної фізики і фізики елементарних</p>	

частинок до розв'язку конкретних задач.

**Студент повинен знати :**

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

**Студент повинен 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 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. Програмні компетентності та результати навчання**

ЗК.5. Знання та розуміння предметної області і розуміння професійної діяльності.

ФК.1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з фізики і математики для розв'язання поставлених завдань.

ФК.2. Здатність будувати відповідні моделі природних явищ, використовуючи математичні інструменти, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи

**Програмні результати навчання:**

ПРН.3. Розв'язує задачі різних рівнів складності з фізики і математики в базовій середній школі, чітко й раціонально пояснює їх розв'язання учням.

ПРН.4. Володіє основами наукових досліджень, здійснює самостійну експериментальну діяльність з фізики, використовуючи математичні та сучасні цифрові інструменти, та методики навчання фізики з описом, аналізом та критичним оцінюванням експериментальних даних.

#### **5. Організація навчання**

Обсяг навчальної дисципліни				
Вид заняття		Загальна кількість годин		
лекції		38		
семінарські заняття / практичні / лабораторні		42		
самостійна робота		100		
Ознаки навчальної дисципліни				
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий	
6	014 Середня освіта	3	Нормативний	
Тематика навчальної дисципліни				
Тема		кількість год.		
		лекції	заняття	сам. роб.
<b>Тема 1.</b> Вступ. Заряди і електромагнітне поле. Експериментальні основи і математичне формулювання законів електродинаміки. Рівняння електродинаміки для зарядів і струмів у вакуумі.		2	4	4
<b>Тема 2.</b> Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі. Основна задача електродинаміки.		2	4	4
<b>Тема 3.</b> Електромагнітні потенціали. Рівняння для потенціалів. Градієнтна інваріантність. Розв'язок рівнянь Д'аламбера. Запізнюючі і випереджуючі потенціали.		2	4	4
<b>Тема 4.</b> 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.		2	2	4
<b>Тема 5.</b> Стаціонарне магнітне поле. Рівняння для векторного потенціалу. Мультипольні розклади. Енергія магнітного поля. Магнітний момент. Сили в магнітному полі.		2	4	4
<b>Тема 6.</b> Вільне електромагнітне поле. Хвильові рівняння і їх розв'язок методом Даламбера.		4	4	4

Загальний розв'язок хвильового рівняння. Хвильовий пакет. Енергія електромагнітних хвиль.			
<b>Тема 7.</b> Теорія випромінювання. Потенціали, що випереджують і запізнюються. Поле на великій відстані від системи. Електричне дипольне випромінювання. Магнітне дипольне і електричне квадрупольне випромінювання. Сила променистого тертя.	2	2	4
<b>Тема 8.</b> Розсіювання електромагнітних хвиль зарядами. Диференціальний і повний переріз розсіювання. Формула Томсона.	4	2	4
<b>Тема 9.</b> Теорія відносності. Принцип причинності. Перетворення Лоренца і наслідки з них.	2	2	4
<b>4</b>	2	2	4
<b>Тема 11.</b> Релятивістська механіка вільної частинки. Функція дії. 4-вектор енергії-імпульсу.	2	2	5
<b>Тема 12.</b> Релятивістська коваріантність рівнянь електродинаміки. 4-потенціал. Тензор електромагнітного поля.	2	2	5
<b>Тема 13.</b> Канонічна форма для рівнянь поля. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля.	2	2	5
<b>Тема 14.</b> Рівняння макроскопічної електродинаміки. Усереднення полів. Вектори поляризації і намагнічення. Граничні умови.	2	4	5
<b>ЗАГ.:</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>100</b>
<b>6. Система оцінювання навчальної дисципліни</b>			
Загальна система оцінювання навчальної дисципліни	Для перевірки знань, умінь і навичок студентів при вивченні навчальної дисципліни використовуються такі форми контролю: - поточний; - підсумковий (екзамен). Поточний контроль передбачає оцінювання контрольних робіт студентів, усні відповіді на парі, оцінювання лабораторних робіт та результати тестування (50 балів). Підсумковий контроль здійснюється на основі складання іспиту (50 балів).		
Вимоги до письмових робіт	Виконання контрольної роботи, як може містити як теоретичні запитання так і розрахункові задачі.		

Практичні заняття	На практичних заняттях відбувається обговорення питань, що визначають зміст лекційних тем, оцінюється володіння основними поняттями і законами відповідної теми; участь у розв'язуванні задач, вміння самостійно розв'язувати задачі відповідної теми, а також результати виконання завдань практичних занять (тематичне тестування).
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до підсумкового контролю за наявності написаних контрольних робіт, а також результатів тестування по тематиці практичних занять.
Підсумковий контроль	<p><b>Іспит.</b> На іспиту перевіряється перевірка розуміння здобувачем теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї навчальної дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p> <p>Форма проведення екзамену комбінована (письмові відповіді на питання з усним захистом). Зміст екзаменаційних завдань та критерії їх оцінювання встановлюються керівником відповідної навчальної дисципліни (екзаменатором) та затверджуються кафедрою.</p> <p><b>Програмові вимоги до іспиту</b> <b><i>Електродинаміка вакууму.</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заряди і електромагнітне поле. Експериментальні основи і математичне формулювання законів електродинаміки. Рівняння електродинаміки для зарядів і струмів у вакуумі.</li> <li>2. Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі. Основна задача електродинаміки.</li> <li>3. Закони збереження електродинаміки: рівняння неперервності, енергії і імпульсу. Тензор напружень.</li> <li>4. Електромагнітні потенціали. Рівняння для потенціалів. Градієнтна інваріантність. Розв'язок рівнянь Даламбера.</li> <li>5. 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.</li> <li>6. Стаціонарне магнітне поле. Рівняння для векторного потенціалу. Мультипольні розклади. Енергія магнітного поля. Магнітний момент. Сили в магнітному полі.</li> </ol>

7. Вільне електромагнітне поле. Хвильові рівняння і їх розв'язок методом Даламбера. Загальний розв'язок хвильового рівняння. Енергія електромагнітних хвиль.

8. Теорія випромінювання. Потенціали, що випереджують і запізнюються. Поле на великій відстані від системи. Електричне дипольне випромінювання. Магнітне дипольне і електричне квадрупольне випромінювання. Сила променистого тертя.

9. Розсіювання електромагнітних хвиль зарядами. Диференціальний і повний переріз розсіювання. Формула Томсона.

### ***Теорія відносності і макроскопічна електродинаміка***

1. Теорія відносності. Принцип причинності. Перетворення Лоренца і наслідки з них.

2. Чотиривимірна інтерпретація СТВ. 4-вектори і 4-тензори. Операції в 4 просторі.

3. Релятивістська механіка вільної частинки. Функція дії. 4-вектор енергії-імпульсу.

4. Релятивістська коваріантність рівнянь електродинаміки. 4-потенціал. Тензор електромагнітного поля.

5. Канонічна форма для рівнянь поля. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля.

6. Рівняння макроскопічної електродинаміки. Усереднення полів. Вектори поляризації і намагнічення. Граничні умови.

7. Електростатика провідників і діелектриків. Методи розв'язування електростатичних задач.: Енергія і сили, що діють на тіла у електростатичному полі.

8. Постійний електричний струм. Сторонні сили. Закон Ома і Джоуля-Ленца. Струм в необмеженому середовищі.

9. Магнітне поле стаціонарних струмів. Енергія магнітного поля. Коефіцієнти індукції і самоіндукції.

10. Квазістаціонарне електромагнітне поле і квазістаціонарні процеси. Скін-ефект.

11. Електромагнітні процеси в речовині. Заломлення і відбивання електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі в провідному середовищі. Хвилі у хвилеводах і резонаторах.

12. Поляризація середовища в змінному електромагнітному полі. Комплексна діелектрична проникність. Дисперсійні співвідношення. Дисперсія в системі гармонічних осциляторів. Дисперсія хвиль у провідниках та плазмі.

13. Нелінійна електродинаміка. Нелінійні середовища.

### 7. Політика навчальної дисципліни

Письмові роботи: При виконанні письмових робіт засуджується практика списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі).

Академічна доброчесність: Студент зобов'язаний відвідувати заняття, брати активну участь у роботі та самостійно виконувати тестування до тем.

Академічна доброчесність регулюється:

[Положенням про запобігання академічному плагіату та інших видів академічної нечесності у навчальній та науково-дослідній роботі студентів ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»](#)

Відвідування занять: обов'язкове відвідування навчальних занять, активність студента під час практичних занять; своєчасне виконання завдань для самостійної роботи; відпрацювання занять, що були пропущені або не підготовлені на консультаціях.

### 8. Рекомендована література

1. Решетняк С. О. Теоретична фізика. Електродинаміка [Електронний ресурс]: навч. посіб. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.
2. Багацька О.В., Бутрим О.Ю., Колчигін М.М. та ін. Теоретична електродинаміка: підручник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 414 с.
3. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи теоретичної фізики. – К.: Вища школа, 2011. – 430 с.
4. Джежеря Ю.І., Климук О.С., Решетняк С.О. Теоретична фізика. Електродинаміка. Теорія поля з розв'язанням задач. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 74 с.
5. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Електродинаміка. – К.: Вища школа, 1992. – 297 с.
6. Коновал О.А. Основи електродинаміки: навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 347 с.
7. Jackson J.D. Classical Electrodynamics. 3rd Edition. – New York-London: Wiley, 1998. – 832 p.
8. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. The Feynman Lectures on Physics, Vol. II: Mainly Electromagnetism and Matter. – New York: Basic Books, 2010. – 566 с.