

	<b>Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка</b>	<b>Силабус навчальної дисципліни</b>			
		<b>Назва дисципліни Теоретична фізика (електродинаміка)</b>			
		Статус дисципліни <i>обов'язковий компонент</i>			
<b>Галузь знань</b>	01 Освіта/Педагогіка				
<b>Спеціальність</b>	014.15 Середня освіта (Природничі науки)				
<b>Освітня програма</b>	Середня освіта (Природничі науки)				
<b>Рівень вищої освіти</b>	перший (бакалаврський)				
<b>Форма навчання</b>	денна_				
<b>Курс</b>	3-й				
<b>Семестр</b>	6-й				
<b>Обсяг дисципліни</b>	Кредити	3,5	Години	105	
	Лекційні			20	
	Практичні/семінарські			16	
	Лабораторні			–	
	Самостійна робота			68	
<b>Семестровий контроль</b>	<b>Екзамен</b>				
<b>Викладач</b>	Волчанський Олег Володимирович кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри природничих наук та методик їхнього навчання, доцент				
<b>Контактна інформація</b>	ел. адреса викладача <a href="mailto:O.V.Volchanskyi@cuspu.edu.ua">O.V.Volchanskyi@cuspu.edu.ua</a> ).				
<b>Кафедра</b>	Кафедра природничих наук та методик їхнього навчання				
<b>Факультет</b>	Факультет математики, природничих наук та технологій				
<b>Предмет навчання</b> (Що буде вивчатися)	<p>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.</p> <p>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.</p>				
<b>Мета</b> (Чому це цікаво/потрібно вивчати)	Метою викладання навчальної дисципліни “Теоретична фізика (Електродинаміка)” є поглибити знання з електродинаміки одержані в загальному курсі фізики, засвоїти математичний апарат класичної теорії поля і на його основі теорію електромагнітного поля Максвела-Лоренца і релятивістську теорію електромагнітного поля. У ньому подано основні				

	<p>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>Компетентності</b></p>	<p>Дисципліна «Теоретична фізика (Електродинаміка)» забезпечує набуття здобувачами вищої освіти таких компетентностей:</p> <p><b>інтегральна:</b> здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти;</p> <p><b>загальні компетентності:</b></p> <p>ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>ЗК2. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).</p> <p>ЗК3. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.</p> <p>ЗК4. Здатність працювати в команді.</p> <p>ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>ЗК6. Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.</p> <p>ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>ЗК8. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>ЗК10. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.</p> <p><b>Предметні (спеціальні фахові) компетентності:</b></p> <p>ФК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з природничих наук, фізики, хімії, біології та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології при вирішенні професійних завдань при вивченні Всесвіту і природи Землі як планети.</p> <p>ФК2. Володіння математичним апаратом природничих наук, фізики, хімії, біології.</p> <p>ФК3. Здатність формувати в учнів предметні компетентності.</p> <p>ФК4. Володіння основами цілепокладання, планування та проектування процесу навчання природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.</p> <p>ФК5. Здатність до організації і проведення освітнього процесу з природничих наук, фізики, хімії, біології у закладах загальної середньої освіти.</p> <p>ФК8. Здатність до рефлексії та самоорганізації професійної діяльності.</p> <p>ФК11. Здатність характеризувати досягнення природничих наук та їх ролі у житті суспільства; формування цілісних уявлень про природу, використання природничо-наукової інформації на основі оперування базовими загальними закономірностями природи.</p>
<p><b>Програмні результати</b> (Чому можна навчитися)</p>	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен демонструвати:</p> <p><b>Знання</b></p> <p>ПРНЗ 2. Демонструє знання та розуміння основ природничих наук, фізики, хімії, біології та знає загальні питання методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології з використанням сучасних цифрових ресурсів, методики шкільного</p>

фізичного експерименту, техніки хімічного експерименту, методики організації практики з біології, методики вивчення окремих тем шкільного курсу природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНЗ 3. Знає й розуміє математичні методи природничих наук, фізики, хімії, біології та розділів математики, що є основою вивчення курсів загальної та теоретичної фізики, ботаніки, зоології, анатомії людини, фізіології людини і тварин, фізіології рослин, а також загальної, неорганічної та органічної, аналітичної хімії.

ПРНЗ 4. Знає основні психолого-педагогічні теорії навчання, інноваційні технології навчання природничих наук, фізики, хімії, біології, актуальні проблеми розвитку педагогіки та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології на засадах Нової української школи.

ПРНЗ 5. Знає форми, методи і засоби контролю та корекції знань учнів

з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНЗ 7. Знає основи безпеки життєдіяльності, безпечного використання обладнання кабінетів фізики, хімії, біології

#### **Уміння**

ПРНУ1. Аналізує природні явища і процеси, оперує базовими закономірностями природи на рівні сформованої природничо-наукової компетентності з погляду фундаментальних теорій природничих наук, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів.

ПРНУ2. Володіє методикою проведення сучасного експерименту, здатністю застосовувати всі його види в освітньому процесі з природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНУ3. Розв'язує задачі різних рівнів складності шкільного курсу природничих наук, фізики, хімії, біології.

ПРНУ4. Користується математичним апаратом фізики, використання математичних та числових методів, які часто застосовуються у природничих науках, фізиці, хімії, біології.

НУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних, цифрових і хмарних технологій.

ПРНУ8. Самостійно вивчає нові питання природничих наук, фізики, хімії, біології та методики навчання природничих наук, фізики, хімії, біології за різноманітними інформаційними джерелами.

ПРНУ11. Дотримується правових норм і законів, нормативно правових актів України, усвідомлює необхідність їх дотримання.

ПРНК1. Володіє основами професійної мовленнєвої культури при навчанні природничих наук, фізики, хімії, біології в школі.

ПРНК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства та екологічної безпеки і шляхи вирішення глобальних проблем людства.

РНА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності.

ПРНА2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і здоров'я учнів у освітньому процесі та позаурочній діяльності..

#### **Зміст дисципліни**

**Змістовий модуль 1 ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ**

**Тема 1. Вступ. Основні поняття класичної електродинаміки. Експериментальні основи класичної електродинаміки та їх**

## **узагальнення у феноменологічній теорії Максвелла**

Типи фундаментальних взаємодій у природі. Електромагнітна взаємодія, її характеристики. Обмінний характер електромагнітної взаємодії.

Елементи теорії поля. Основні оператори векторного аналізу.

Електричний заряд та його дискретність. Елементарний заряд, точковий та одиничний заряди. Питомий заряд частинки. Досліди Міллікена, Іоффе, Томсона по вимірюванню елементарного та питомого зарядів. Густина заряду (об'ємна, поверхнева, лінійна). Два види зарядів. Закон збереження електричного заряду та пояснення на його основі явища електризації тіл.

Електромагнітне поле у вакуумі та його джерела. Поділ електромагнітного поля на електричне та магнітне поля; відносність такого поділу. Силкові та енергетичні характеристики електричного та магнітного полів. Графічна модель силових полів (силкові лінії). Потенціальні та силкові вихрові поля.

Взаємодія однойменно та різнойменно заряджених частинок (наелектризованих тіл). Закон Кулона. Вплив середовища на взаємодію заряджених тіл. Діелектрична проникність. Напруженість електричного поля точкового заряду, системи зарядів..

Досліди Ампера. Емпіричний закон Ампера. Обчислення сили взаємодії двох прямих паралельних провідників із струмом. Одиниця сили струму в СІ.

Відкриття Ерстедом магнітної дії електричного струму. Елемент струму як джерело вихрового магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа та його застосування до розрахунку магнітних полів прямого і колового струмів.

Магнітний потік (потік вектора  $B$ ). Електромагнітна індукція та емпіричний закон Фарадея. ЕРС індукції у провіднику, що рухається у магнітному полі.

Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі в інтегральній та диференціальній формах. Фізичний зміст кожного рівняння та їх зв'язок із фундаментальними емпіричними законами електродинаміки.

### **Тема 2. Властивості електромагнітного поля у вакуумі**

Силкові та енергетичні характеристики електромагнітного поля і зв'язок між ними (рівняння зв'язку). Залежність локальних характеристик електромагнітного поля від стану джерел цього поля. Електростатичне поле та його потенціальність. Стаціонарне магнітне поле та його вихровий характер. Неоднозначність визначення скалярного і векторного потенціалів в точці поля. Рівняння для потенціалів. Калібрувальна інваріантність, умова Лоренца. Енергія та густина енергії електромагнітного поля.

Енергія та густина енергії електричного, магнітного поля. Густина потоку енергії електромагнітного поля. Вектор Умова-Пойтінга, як величина, що визначає густину потоку електромагнітного поля. Закон збереження енергії для замкненої системи "частинка-поле" в інтегральній та диференціальній формах. Імпульс та густина імпульсу електромагнітного поля.

Джерела електростатичного поля у вакуумі. Принцип суперпозиції. Обчислення напруженості та скалярного потенціалу поля системи точкових, лінійно та об'ємно

розподілених зарядів. Рівняння Пуассона для скалярного потенціалу та його загальний розв'язок. Скалярний потенціал системи нерухомих зарядів у точці поля на великих відстанях від зарядів. Мультипольне розкладання скалярного потенціалу. Наближення точкового заряду; дипольне наближення.

Найпростіша електронейтральна система зарядів - електричний диполь. Характеристики диполя. Дипольний момент системи зарядів. Електричне поле системи зарядів у дипольному наближенні (формули для скалярного потенціалу та напруженості).

Енергія взаємодії системи нерухомих точкових зарядів. Потенціальна енергія зарядженого тіла.

Джерела стаціонарного магнітного поля у вакуумі. Принцип суперпозиції. Теорема про циркуляцію вектора  $H$  та її застосування до розрахунку стаціонарних магнітних полів. Рівняння Пуассона для векторного потенціалу для системи струмів та його загальний розв'язок. Векторний потенціал системи рухомих точкових зарядів. Векторний потенціал системи заряджених частинок, що здійснюють фінитний рух на великих відстанях від системи. Мультипольне розкладання векторного потенціалу. Стаціонарне магнітне поле в магнітному дипольному наближенні.

Магнітний момент системи рухомих зарядів та струмів. Магнітний момент витка із струмом. Електромагнітне поле зарядженої частинки, що рухається рівномірно прямолінійно.

### **Тема 3. Електромагнітне поле в речовині**

Мікрочаряди, мікроструми та пов'язані з ними мікрополя в речовині. Принцип суперпозиції при обчисленні характеристик результуючого поля в речовині. Поширення Лоренцем рівнянь Максвелла для вакууму на мікрочаряди і мікроструми та їх мікрополів. Рівняння Максвелла-Лоренца для мікрочарядів та мікрополів.

Макроскопічне усереднення рівнянь Максвелла-Лоренца за фізично нескінченим об'ємом та проміжком часу. Макроскопічні поля  $E$  і  $B$  як усереднені характеристики результуючого поля в речовині Вільні і зв'язані заряди в речовині, струми провідності, намагнічення, поляризації. Вектори поляризованості  $P$  і намагніченості  $J$ . Поля  $D$  і  $H$  як характеристики поля вільних зарядів та струмів провідності у вакуумі. Вектори  $P$  та  $J$  як характеристики внутрішнього поля зв'язаних зарядів поляризованої та намагніченої речовини.

Зв'язок між трійками векторів  $D$ ,  $P$ ,  $E$  та  $H$ ,  $J$ ,  $B$ . Електрична та магнітна сприйнятливості речовини. Електрична та магнітна проникність речовини. Скалярний та векторний потенціал електромагнітного поля в речовині. Густина енергії та густина потоку енергії електромагнітного поля в речовині. Система рівнянь Максвелла для електромагнітного поля в речовині та її доповнення матеріальними рівняннями.

## **Змістовий модуль 2. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ**

**Тема 4. Поширення електромагнітних хвиль у вакуумі та діелектричному середовищі.**

Зв'язок між змінними в часі вихровими електричним і магнітним полями. Вихрове електромагнітне поле в ідеальному діелектрику (вакуумі). Хвильове рівняння та його загальний розв'язок. Рівняння електромагнітних хвиль. Швидкість поширення

електромагнітних хвиль у вакуумі та середовищі. Фазова швидкість.

Хвильовий фронт. Плоскі монохроматичні електромагнітні хвилі. Сферичні електромагнітні хвилі. Рівняння плоскої та сферичної електромагнітних хвиль хвилі у випадку гармонічного закону зміни векторів  $E$  та  $H$ .

#### **Тема 5. Випромінювання електромагнітних хвиль**

Скінченність швидкості. Поширення електромагнітних хвиль у вакуумі та причинно-наслідкові зв'язки між подіями в класичній електродинаміці. Запізнення (зсув за фазою) змін характеристик електромагнітного поля в точці спостереження відносно змін у розподілі характеристик (густини заряду та густини струму) джерел поля. Рівняння Д'аламбера. Потенціали, що запізнюються, їх фізичний зміст.

Система зарядів із змінюваним в часі електричним моментом. Осцилюючий диполь. Випромінювання електромагнітних хвиль гармонічним осцилятором.

Хвильова зона. Електромагнітне поля осцилятора у хвильовій зоні в дипольному наближенні. Потужність випромінювання осцилюючого диполя та її залежність від напрямку. Інтенсивність випромінювання. Шкала електромагнітних хвиль.

#### **Тема 6. Квазістаціонарне електромагнітне поле**

Одержання змінної ЕРС та змінного струму в замкненому колі. Квазістаціонарне електромагнітне поле, умови квазістаціонарності. Проникнення змінного вихрового електромагнітного поля у провідник. Розподіл густини змінного струму у поперечному перерізі провідника, скін-ефект. Урахування скін-ефекту у колах змінного струму надвисоких частот. Проникнення змінного магнітного поля у провідник. Елементи загальної теорії відносності. Ефект Доплера в електродинаміці та його практичне використання в сучасній науці і техніці..

### **Критерії оцінювання роботи студентів**

#### **Загальна система оцінювання дисципліни**

Аудиторна і самостійна робота – 60 балів, екзамен – 40 балів.

#### **Умови допуску до підсумкового контролю**

Виконання всіх завдань, визначених на практичні заняття.

Поточний (усне опитування та тестування, самостійна робота студентів, письмовий поточний контроль за індивідуальними завданнями; письмові контрольні роботи).

Практичні заняття: проводяться в активній формі із застосуванням квазіпрофесійної діяльності, мікровикладання, дискусій та мають на меті систематичну перевірку розуміння та ступеня засвоєння теоретичного матеріалу студентом, вміння використовувати теоретичні знання для розв'язання практичних завдань.

Модульний контроль проводиться на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з змістового модуля.

**Форма підсумкового контролю:** екзамен (6 семестр).

Підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів) визначається як сума балів: – поточного контролю, самостійної роботи, підсумкової контрольної роботи та екзамену. Усім студентам, які повністю виконали навчальний план і позитивно атестовані з цієї дисципліни за кредитно-трансферною накопичувальною системою (набрали не менше 60 % від 100 балів), сумарний результат семестрового контролю в балах та

	<p>оцінки за національною шкалою (відмінно, добре, задовільно), за шкалою ЄКТС – підсумки семестрового контролю заноситься у Відомість обліку успішності, Залікову книжку студента. Заповнена та оформлена відомість обліку успішності повертається у деканат у визначений термін особисто викладачем. У випадку отримання менше 60% балів (FX,F в ЄКТС) за результатами семестрового контролю, студент обов'язково здійснює перекладання для ліквідації академзаборгованості.</p>
<p><b>Політика курсу</b></p>	<p><i>Норми етичної поведінки.</i> Відповідно до діючого в Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка Положення про академічну доброчесність, всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, загальноприйнятих моральних принципів, правил поведінки та корпоративної культури; підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності; підвищувати престиж університету досягненнями в навчанні та науково-дослідницькій діяльності; дбайливо ставитися до університетського майна.</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Студенти не видають за свої результати роботи інших людей. При використанні чужих ідей і тверджень у власних роботах обов'язково посилаються на використані джерела інформації. Під час оцінювання результатів навчання не користуються недозволеними засобами, самостійно виконують навчальні завдання поточного та підсумкового контролю результатів навчання.</p> <p><i>Відвідування занять.</i> Очікується, що всі студенти відвідають усі практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених робочою програмою курсу.</p> <p><i>Поведінка в аудиторіях університету.</i> Очікується, що впродовж практичних занять студенти дотримуються діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності.</p> <p><i>Підсумковий контроль.</i> Екзамен забезпечує оцінку рівня засвоєння студентами навчального матеріалу та набування необхідних професійних вмінь на підставі оцінок, отриманих ними на практичних заняттях. Виставляється за умови виконання студентом усіх завдань практичних занять та самостійної роботи студентів та отриманих балів на екзамені. Не допускаються пропуски практичних занять без поважних причин. Якщо студент пропустив практичне заняття з поважних причин, які підтверджені документально, то він має право на його відпрацювання. У кінці семестру підраховується рейтинг за поточними видами контролю і підраховується загальний рейтинг, який переводиться в оцінку у відповідності до шкали оцінювання.</p>
<p><b>Інформаційне забезпечення</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бугаєнко Г. О., Фонкич М. Е. Курс теоретичної фізики. Електродинаміка. Теорія Відносності. – К.: Радянська школа, 1965, – 419 с.</li> <li>2. Волчанський О. В., Чинчой О. О. Теоретична механіка (конспект лекцій, практикум із розв'язування задач): навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра спеціальності 014.08</li> </ol>

Середня освіта (Фізика), які вступили за неспорідненою спеціальністю. – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2021.– 124 с.

3. Клубіс Я.Д., Шкатуляк Н.М. Основи електродинаміки: навчальний посібник для студентів фіз.-мат. факультетів педагогічних університетів. – Одеса, 2020 <http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/10249/1/Klubis%20Yakiv%20Davydovych%202020.pdf> .

4. Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В. Електродинаміка (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 120 с.

5. <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/6789/4117/1/Electrodynamics.pdf> . 3. Решетняк С. О. Теоретична фізика. Електродинаміка [навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48303/1/Teoretychna.pdf>.

6. 4. Возняк О.М. Теоретична фізика. Класична електродинаміка. Збірник задач. Івано-Франківськ. Прикарпатський університет ім. Василя Стефаника: 2007р. 64 с. <http://lib.pnu.edu.ua:8080/bitstream/123456789/5162/1/Elektrodynamika.pdf>.

Матеріально-технічне забезпечення

*Аудиторія теоретичного навчання: дошка, проектор, ноутбук, плакати, література, презентаційні матеріали, довідники.*