

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики**



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан фізичного факультету
/Лазур В.Ю./
2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА ТА ТЕОРІЯ ПОЛЯ

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська


Ужгород 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Електродинаміка та теорія поля» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **104 Фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.

Розробники: Рубіш В.В. – кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *теоретичної фізики*

протокол № 11 від «23» 06 2022р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «30» 06 2022 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

© Рубіш В.В., 2022 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2022 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	
Кількість кредитів ЄКТС – 6,5	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 195	3-й	
Кількість модулів – 4	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3/3 самостійної роботи студента – 3/3	5-й	6-й
	Лекції:	
	28	28
	Практичні (семінарські):	
	20	20
	Лабораторні:	
Вид підсумкового контролю: екзамен		
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	49	50

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Електродинаміка та теорія поля» є ознайомлення студентів з основними поняттями і законами класичної електродинаміки, оволодіння математичним апаратом класичної теорії поля та формування в них компетентностей, навичок і вмій використання апарату електродинаміки у фізичних дослідженнях.

Навчальна дисципліна «Електродинаміка та теорія поля» є важливою складовою курсу теоретичної фізики, який є невід'ємною частиною класичної програми підготовки спеціалістів в області фізики. Належний рівень засвоєння даного курсу є передумовою успішного вивчення наступних розділів теоретичної фізики – «Квантової механіки» та «Термодинаміки і статистичної фізики».

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ПК – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

К 01 – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

К 03 – навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

К 16 – знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії;

К 17 – здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів;

К 20 – здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем;

К 21 – здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси;

К 24 – здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації;

К 25 – здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей;

К 29 – здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Електродинаміка та теорія поля» є опанування таких навчальних дисциплін освітньої програми:

ОК 5 Механіка з елементами теорії відносності;

ОК 6 Термодинаміка і молекулярна фізика;

ОК 7 Електрика і магнетизм;

ОК 12 Математичний аналіз;

ОК 13 Аналітична геометрія і вища алгебра;

ОК 14 Диференціальні та інтегральні рівняння;

ОК 15 Теоретична механіка.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика та астрономія», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
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 та/або астрономії.	ПР 01
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.	ПР 04
Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	ПР 23

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Електродинаміка та теорія поля»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Здобувач має знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення класичної електродинаміки для аналізу і пояснення різноманітних явищ і процесів електромагнітної природи та розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	ПР 01
Здобувач має вміти застосовувати основні формули векторного та тензорного аналізу, зокрема: інтегральні теореми Остроградського-Гауса та Стокса, ряди Фур'є, перетворення Фур'є, δ -функцію Дірака.	ПР 04
Здобувач має розуміти історію та закономірності становлення і розвитку фізики, зокрема класичної та релятивістської електродинаміки.	ПР 23

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль,
- екзамени.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: поточне оцінювання та виконання модульної контрольної роботи у письмовій формі, сумарний результати яких оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен. До екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	80	100
4	8	8		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота	Сума
T4	T5	T6	80	100
6	7	7		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота			Модульна контрольна робота	Сума
T7	T8	T9	80	100
7	6	7		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T10	T11	T12	T13	80	100
5	5	5	5		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3		Модуль 4	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна на кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Письмове тестування при тематичному оцінюванні	2	20	2	20	2	20	2	20
Модульна контрольна робота	1	80	1	80	1	80	1	80
Разом	3	100	3	100	3	100	3	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Електродинаміка та теорія поля» здійснюється у формі екзамену.

Екзамен проводиться в усній формі. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення екзамену було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які

оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за відповідь, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його відповідях є як принципові, так і грубі помилки.

Переведення результатів, отриманих за національною 4-х бальною шкалою у 100-бальну шкалу оцінювання в та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Шкала ECTS	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал-макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти екзамен.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до екзаменаційної відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Вступ

Предмет і методи курсу «Електродинаміка та теорія поля». Роль електродинаміки у формуванні фізичної картини світу. Оператор Гамільтона та Лапласа. Градієнт скалярного поля. Дивергенція та ротор векторного поля. Циркуляція та потік векторного поля. Теореми Гауса-Остроградського та Стокса.

Тема 2. Електростатичне поле.

Електричне поле і заряд. Густина електричного заряду. Напруженість електричного поля. Електростатичне поле. Закон Кулона. Закон збереження електричного заряду. Принцип суперпозиції електричних полів. Потік вектора напруженості стаціонарного електричного поля. Теорема Гаусса в інтегральній та диференціальній формі. Робота електричного поля. Циркуляція вектора напруженості стаціонарного електричного поля. Скалярний потенціал електричного поля. Рівняння Пуассона та Лапласа для скалярного потенціалу. Рівняння електростатичного поля у вакуумі. Граничні умови.

Тема 3. Стаціонарне магнітне поле струму.

Сила і густина електричного струму. Закони Ома і Джоуля-Ленца в диференціальній формі. Рівняння неперервності та його фізичний зміст. Напруженість магнітного поля. Сила Лоренца. Циркуляція та потік вектора напруженості стаціонарного магнітного поля. Магнітне поле провідника із струмом. Сила Ампера. Векторний потенціал магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа. Рівняння стаціонарного магнітного у вакуумі. Граничні умови.

Модуль 2

Тема 4. Змінне електромагнітне поле у вакуумі.

Закон електромагнітної індукції. Струм зміщення. Гіпотеза Максвелла. Рівняння змінного електромагнітного поля у вакуумі. Потенціали змінного електромагнітного поля у вакуумі. Калібрувальна інваріантність. Рівняння д'Аламбера. Запізнювальний та випереджувальний потенціали.

Тема 5. Закони збереження в електромагнітному полі у вакуумі.

Закон збереження енергії в електромагнітному полі у вакуумі. Вектор Пойнтінга. Закон збереження імпульсу в електромагнітному полі у вакуумі.

Тема 6. Вільне електромагнітне поле у вакуумі.

Хвильове рівняння д'Аламбера для векторів у випадку вільного електромагнітного поля. Електромагнітні хвилі. Плоскі електромагнітні хвилі. Сферичні електромагнітні хвилі. Поляризація електромагнітних хвиль. Електромагнітне поле на великих відстанях від системи зарядів. Електромагнітне поле дипольного випромінювання далеко від випромінювача.

Модуль 3

Тема 7. Рівняння електромагнітного поля у речовині.

Граничні умови для векторів електромагнітного поля. Рівняння Максвелл-Лоренца. Вектори поляризації та електричної індукції. Вектори намагнічення і напруженості магнітного поля. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля в речовині. Граничні умови для векторів електромагнітного поля в речовині. Закон збереження енергії для електромагнітного поля у речовині. Потенціали електромагнітного поля в речовині.

Тема 8. Поширення електромагнітних хвиль у діелектриках.

Плоскі монохроматичні хвилі. Рівняння для напруженості електромагнітного поля. Розв'язки у вигляді плоских монохроматичних хвиль.

Тема 9. Заломлення і відбивання плоских електромагнітних хвиль на межі двох діелектриків.

Граничні умови для векторів електромагнітної хвилі. Збереження частоти при відбиванні і заломленні. Співвідношення між кутами падіння, відбивання і заломлення. Закон Снеліуса. Співвідношення між інтенсивностями падаючої, відбитої і заломленої хвиль. Формули Френеля.

Модуль 4

Тема 10. Поширення електромагнітних хвиль у провідних, диспергуючих та анізотропних середовищах.

Комплексна діелектрична сприйнятливість. Глибина проникнення. Дисперсія. Вимушені коливання пружно зв'язаного електрона. Поляризація діелектрика. Нормальна дисперсія в оптичній області. Аномальна дисперсія. Поглинання. Група хвиль, або хвильовий пакет. Групова швидкість. Електрична і магнітна анізотропії. Головні осі тензора ϵ_{ij} . Вплив анізотропії на поширення електромагнітних хвиль. Залежність фазової швидкості від напрямку. Типи можливих хвиль. Залежність променевої швидкості від напрямку.

Тема 11. Інтеграл Кірхгофа. Дифракції Френеля і Фраунгофера.

Інтегральне представлення Кірхгофа. Інтеграл Кірхгофа. Монохроматичні хвилі. Умови випромінювання. Вибір поверхні інтегрування. Наближення Кірхгофа. Оптичне наближення. Дифракція Френеля. Дифракція Фраунгофера. Принцип Бабіне.

Тема 12. Основи спеціальної теорії відносності.

Постулати спеціальної теорії відносності. Система відліку в спеціальній теорії відносності. Перетворення Лоренца. Закон додавання швидкостей у спеціальній теорії відносності. Просторово-часовий інтервал. Чотиривимірний простір-час Мінковського. Релятивістська механіка вільної частинки. Рівняння Мінковського.

Тема 13. Релятивістські аспекти електродинаміки.

Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху. 4-Вектор енергії-імпульсу. 4-Потенціал і 4-струм. Тензор електромагнітного поля у вакуумі. Коваріантність рівнянь Максвелла. Перетворення компонентів електромагнітного поля. Хвильовий 4-вектор. Інваріантність фази та ефект Доплера. Рух релятивістської зарядженої частинки в електромагнітному полі.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
5-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ	10	2	2			6
Тема 2. Електростатичне поле.	23	6	9			8
Тема 3. Стаціонарне магнітне поле струму.	20	6	4			10
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	54	14	16			24
Модуль 2						
Тема 4. Змінне електромагнітне поле у вакуумі.	13	6	1			6
Тема 5. Закони збереження в електромагнітному полі у вакуумі.	10	4	1			5
Тема 6. Вільне електромагнітне поле у вакуумі.	19	4	1			14
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	43	14	4			25
Разом за семестр	97	28	20			49
6-й семестр						
Модуль 3						
Тема 7. Рівняння електромагнітного поля у речовині.	10	6	2			2
Тема 8. Поширення електромагнітних хвиль у діелектриках.	9	4	2			3
Тема 9. Заломлення і відбивання плоских електромагнітних хвиль на межі двох діелектриків.	10	4	3			3
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	30	14	8			8
Модуль 4						
Тема 10. Поширення електромагнітних хвиль у провідних, диспергуючих та анізотропних середовищах.	12	4	2			6
Тема 11. Інтеграл Кірхгофа. Дифракції Френеля і Фраунгофера.	14	4	2			8
Тема 12. Основи спеціальної теорії відносності.	20	2	4			14
Тема 13. Релятивістські аспекти електродинаміки.	21	4	3			14
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	68	14	12	0	0	42
Разом за семестр	98	28	20	0	0	50
Разом за рік	195	56	40	0	0	99

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
5-й семестр		
1	Основні формули векторного аналізу Інтегральні теореми.	2
2	Принцип суперпозиції полів для напруженості і потенціалу електричного поля. Його застосування до розрахунку напруженості і потенціалу електростатичного поля системи точкових зарядів.	2
3	Теорема Гауса і її застосування до розрахунку полів заряджених макроскопічних тіл (пластина, сфера, куля).	2
4	Обчислення напруженості електричного поля методом дзеркальних зображень.	2
5	Робота електричного поля.	2
6	Диференціальне рівняння Пуассона і його застосування до розв'язування задач. Обернені задачі.	2
7	Розрахунок магнітного поля провідника із струмом за допомогою закону Біо-Савара-Лапласа.	2
8	Закон збереження енергії в електромагнітному полі у вакуумі. Вектор Пойнтінга	2
9	Електромагнітні хвилі. Плоскі, сферичні електромагнітні хвилі та їх властивості.	2
10	Обчислення інтенсивності та потужності випромінювання лінійного гармонічного осцилятора у дипольному наближенні.	2
Разом за семестр 5		20
6-й семестр		
11	Граничні умови для векторів електромагнітного поля в речовині.	2
12	Електромагнітні хвилі на межі двох діелектриків. Формули Френеля. Закон Брюстера.	4
13	Поширення електромагнітних хвиль у провідних, диспергуючих та анізотропних середовищах.	4
14	Інтеграл Кірхгофа. Дифракції Френеля і Фраунгофера.	2
15	Перетворення Лоренца. Закон додавання швидкостей у спеціальній теорії відносності.	4
16	Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху.	2
17	Рух релятивістської зарядженої частинки в електромагнітному полі.	2
Разом за семестр 6		20
Разом		44

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
5-й семестр		
1	Основні положення векторного та тензорного аналізу.	6
2	Експериментальні основи електродинаміки.	4
3	Питомий заряд частинки та деякі методи його визначення.	4
4	Електричний струм (струм провідності). Сила та густина струму, одиниці їх вимірювання. Напрямок вектора густини струму \vec{j} . Елемент струму як векторна величина.	6
5	Орієнтуюча дія постійного магнітного поля.	
6	Хвильове рівняння та його загальний роз'язок. Запізнюючий та випереджальний потенціали.	4
7	Імпульс та густина імпульсу електромагнітного поля. Тиск світла.	6
8	Поляризація електромагнітних хвиль.	5
9	Рівняння електромагнітної хвилі. Швидкість поширення електромагнітних хвиль у вакуумі та діелектричному середовищі.	4
10	Електромагнітне поле дипольного випромінювання далеко від випромінювача.	4
Разом за семестр 5		49
6-й семестр		
11	Рівняння Максвелла для електромагнітного поля в речовині.	2
12	Закон збереження енергії для електромагнітного поля у речовині. Потенціали електромагнітного поля в речовині.	6
13	Поширення електромагнітних хвиль у провідних, диспергуючих та анізотропних середовищах.	6
14	Інтеграл Кірхгофа. Дифракції Френеля і Фраунгофера.	6
15	Експериментальні основи спеціальної теорії відносності.	6
16	Рівняння Мінковського.	8
17	Тензор електромагнітного поля у вакуумі. Коваріантність рівнянь Максвелла.	8
18	Ефект Доплера в електродинаміці та його технічне використання.	8
Разом за семестр 6		50
Разом		99

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проектор, інтерактивна дошка.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, веб-камери.

Програмне забезпечення: Microsoft Office.

Дистанційна платформа Moodle.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Багацька О.В., Бутрим О.Ю., Колчигін М.М. та ін. Теоретична електродинаміка: підручник. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 414 с.
2. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи теоретичної фізики. – К.: Вища школа, 2011. – 430 с.
3. Джежеря Ю.І., Климук О.С., Решетняк С.О. Теоретична фізика. Електродинаміка. Теорія поля з розв'язанням задач. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 74 с.
4. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Електродинаміка. – К.: Вища школа, 1992. – 297 с.

Допоміжна література

1. Коновал О.А. Основи електродинаміки: навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 347 с.
2. Jackson J.D. Classical Electrodynamics. 3rd Edition. – New York-London: Wiley, 1998. – 832 p.
3. 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.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Рубіш В. В. Конспект лекцій з курсу «Електродинаміка»: [Конспект лекцій] [Електронний ресурс] / В.В. Рубіш – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. – 90 с. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/37787>

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)