

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Електродинаміка

напряму підготовки 6.040203 фізика

загальний курс

фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Розробники: **Любимов Олег Іванович**, канд. фіз-мат. наук, доц., **Єзерська Олена Володимирівна**, канд. фіз-мат. наук, доц.

Харків – 2012

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 6	Напрямок підготовки 6.040203 - фізика	денна форма навчання
Модулів – 2 в 4-му семестрі 3 в 5-му семестрі	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	Цикл дисциплін професійної та практичної підготовки
Загальна кількість годин 216		Рік підготовки: III-й Семестри 5-й, 6-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 в 4-му семестрі, 3 в 5-му семестрі самостійної роботи студента – 2,35 в 4-му семестрі, 3 в 5-му семестрі		Лекції 87 год. (36 год. у 5-му семестрі, 51 год. у 6-му семестрі)
		Практичні 35 год. (18 год. у 5-му семестрі, 17 год. 6-му семестрі)
		Самостійна робота 94 год.(54 год. у 5-му семестрі, 40 год. у 6-му семестрі)
	Вид контролю: контрольні роботи, індивідуальне розрахункове завдання, залік, екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати польові уявлення студентів про властивості матерії, викласти з єдиної точки зору теорію електромагнітного поля у вакуумі і в конденсованих середовищах. У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: принципи та методи мікроскопічної та макроскопічної електродинаміки

вміти: повинен уміти розв'язувати рівняння Максвелла, розраховувати електромагнітні поля в вакуумі та в суцільних середовищах

3. Програма навчальної дисципліни

5-й семестр

Модуль 1. СПЕЦІАЛЬНА ТЕОРІЯ ВІДНОСНОСТІ (СТВ) ТА РЕЛЯТИВІСТСЬКА МЕХАНІКА

Тема 1. Простір та час у класичній механіці. Принцип відносності Галілея та перетворення Галілея.

Тема 2. Принцип відносності Ейнштейна. Експерименти, які лежать в основі теорії відносності.

Тема 3. Перетворення Лоренца. Наслідки з перетворень Лоренца:

- обмеженість швидкості матеріальних тіл;
- скорочення довжини рухомого тіла у напрямку руху; перетворення об'єму;
- відносність одночасності, власний час;
- закон додавання швидкостей.

Тема 4. Інтервал між подіями. Інваріантність інтервалу відносно перетворень Лоренца. Класифікація інтервалів. Просторовоподібні та часоподібні інтервали. Геометричне значення перетворень Лоренца.

Тема 5. Чотиривимірний простір-час. Чотиривимірні вектори і тензори. Тензорна алгебра та елементи тензорного аналізу в тривимірному та в чотиривимірному просторі.

Тема 6. 4-швидкість та 4-прискорення. Рівноприскорений рух релятивістської частинки. 4-імпульс.

Тема 7. Функція дії. Функція Лагранжа. Релятивістські імпульс та енергія. Енергія спокою. Функція Гамільтона. Перетворення енергії та імпульсу. 4-сила.

Тема 8. Зіткнення частинок в релятивістській механіці: розпад і утворення частинки, розсіяння двох частинок.

Тема 9. 4-тензор моменту імпульсу. Радіус-вектор центру інерції системи частинок. Закони збереження в релятивістській механіці та їх зв'язок з властивостями симетрії 4-простору.

Модуль 2. ЗАРЯД В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ. РІВНЯННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ. ПОСТІЙНЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ В ВАКУУМІ

Тема 10. Елементарні частинки в теорії відносності. Електричний заряд і електромагнітне поле. Взаємодія між зарядженими частинками.

Тема 11. 4-потенціал поля. Функція Лагранжа для заряду в зовнішньому електромагнітному полі. Енергія та імпульс заряду в полі. Функція Гамільтона заряду в полі.

Тема 12. Рівняння руху заряду в електромагнітному полі. Зв'язок напруженостей електричного і магнітного полів з потенціалами поля Рівняння зміни кінетичної енергії.

Тема 13. Калібрувальна (градієнтна) інваріантність потенціалів електромагнітного поля.

Тема 14. 4-вимірна форма рівняння руху заряду в полі. Тензор електромагнітного поля. Перетворення Лоренца для електромагнітного поля. Інваріанти поля.

Тема 15. Постійне електромагнітне поле. Рух релятивістського заряду в постійному однорідному електричному полі. Рух релятивістського заряду в постійному однорідному магнітному полі. Рух релятивістського заряду в паралельних постійних однорідних електричному та магнітному полях. Рух нерелятивістського заряду в перехрещених полях. Електричний дрейф.

Тема 16. Перша пара рівнянь Максвелла: диференціальна, інтегральна та 4-форма. Функція дії для системи, що складається з частинок та електромагнітного поля. 4-вимірна густина струму. Друга пара рівнянь Максвелла: 4-вимірна, диференціальна та інтегральна форма. Рівняння неперервності. Повна система рівнянь електромагнітного поля.

Тема 17. Густина енергії і вектор Пойнтінга. Рівняння для електромагнітних потенціалів. Калібровка Лоренца. Граничні умови для векторів електромагнітного поля. Тензор енергії-імпульсу релятивістських частинок. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Закон збереження імпульсу в електродинаміці. Максвеллівський тензор напружень.

Тема 18. Постійне електричне поле в вакуумі. Рівняння електростатики. Поле нерухомого точкового заряду. Поле заряду, що рухається рівномірно. Інтегрування рівняння Пуассона. Інтеграл Пуассона.

Тема 19. Електростатичне поле на далеких відстанях від системи зарядів. Дипольний і квадрупольний моменти. Мультипольні моменти. Енергія і сили взаємодії в електростатичному полі.

Тема 20. Система зарядів у зовнішньому полі. Енергія взаємодії системи зарядів із зовнішнім полем, сила та момент сили, що діють на систему зарядів, в дипольному наближенні. Енергія взаємодії двох диполів.

Тема 21. Постійне магнітне поле в вакуумі. Рівняння магнітостатики. Векторний потенціал і напруженість магнітного поля стаціонарних струмів. Закон Біо-Савара. Формула Ампера.

Тема 22. Постійне магнітне поле на далеких відстанях від системи рухомих зарядів. Магнітний дипольний момент. Магнітний момент плоского контуру з постійним струмом. Магнітний момент для системи частинок. Енергія стаціонарних струмів. Енергія та сили в зовнішньому постійному магнітному полі в дипольному наближенні. Теорема Лармора.

6-й семестр

Модуль 3. ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ. ПОЛЯ РУХОМИХ ЗАРЯДІВ. ВИПРОМІНЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ

Тема 23. Рівняння електромагнітного поля у відсутності зарядів. Хвильове рівняння.

Тема 24. Плоскі електромагнітні хвилі. Вектор Пойнтінга плоскої хвилі. Сферичні хвилі. Монохроматичні хвилі. Плоскі монохроматичні хвилі. Поляризація плоскої монохроматичної хвилі.

Тема 25. Ефект Доплера. Аберація світла.

Тема 26. Розклад електромагнітного поля на плоскі хвилі, монохроматичні хвилі та плоскі монохроматичні хвилі. Розклад поля нерухомого точкового заряду на плоскі хвилі. Тема 27. Власні коливання електромагнітного поля. Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. Електромагнітне поле як сукупність гармонічних осциляторів.

Тема 28. Поле системи рухомих зарядів. Запізнювальні потенціали. Поле довільно рухомого заряду. Потенціали Лієнара-Віхерта. Напруженість поля.

Тема 29. Напруженість поля на далеких відстанях. Поле випромінювання. Електричне дипольне випромінювання нерелятивістської системи зарядів. Інтенсивність дипольного випромінювання. Електричне квадрупольне та магнітне дипольне випромінювання. Поле випромінювання на близьких відстанях.

Тема 30. Випромінювання лінійної антени. Діаграма направленості.

Тема 31. Розсіяння електромагнітних хвиль вільними зарядами. Формула Томсона.

Тема 32. Гальмування випромінюванням. Сила променевого тертя. Межі застосування класичної електродинаміки

Модуль 4. Рівняння електромагнітного поля в суцільному середовищі. Постійне електричне поле в середовищі. Постійне магнітне поле в середовищі

Тема 33. Мікроскопічний та макроскопічний підходи до розгляду електромагнітних явищ в середовищі. Усереднення рівнянь Максвелла. Сторонні та наведені заряди і струми.

Тема 34. Електростатичне поле при наявності провідників. Рівняння та граничні умови. Методи вирішування електростатичних задач. Поле точкового заряду при наявності провідної кулі. Сили, що діють на провідник.

Тема 35. Електростатичне поле в діелектрику. Вектор поляризації діелектрика. Вектор діелектричної індукції. Діелектрична проникність та діелектрична сприйнятливість. Граничні умови на границі розділу двох середовищ.

Тема 36. Постійний електричний струм. Тензор провідності. Ефект Холла.

Тема 37. Постійне магнітне поле в непровідному середовищі. Вектор намагніченості. Магнітна сприйнятливість. Магнітна проникність. Класифікація магнетиків.

Тема 38. Граничні умови на границі розділу двох середовищ. Магнітне поле постійних струмів.

Тема 39. Сили, що діють на діелектрики та магнетики.

Тема 40. Феромагнетизм.

Тема 41. Магнітні властивості надпровідників.

Модуль 5. Квazистаціонарне електромагнітне поле. Поширення електромагнітних хвиль у суцільному середовищі

Тема 42. Квazистаціонарне наближення для магнітного поля.

Тема 43. Струми Фуко.

Тема 44. Скін-ефект. Розподіл поля та струму в провіднику

Тема 45. Комплексний опір. Ємність в колі квazистаціонарного струму.

Тема 46. Частотна дисперсія діелектричної проникності. Комплексна діелектрична проникність. Співвідношення Крамерса-Кроніга.

Тема 47. Поширення електромагнітних сигналів у середовищі з дисперсією. Групова швидкість. Діелектричні властивості плазми. Нелінійні середовища.

Тема 48. Геометрична оптика. Заломлення і відбиття електромагнітних хвиль. Рівняння ейконала.

Тема 49. Поширення електромагнітних хвиль в обмежених середовищах. Хвилеводи і резонатори.

Тема 50. Рівняння електродинаміки рухомого середовища. Матеріальні рівняння для рухомих середовищ. Закони перетворення векторів поля та матеріальних рівнянь. Рівняння магнітної гідродинаміки. Магнітогідродинамічні хвилі.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7
5 семестр						
Модуль 1						
Тема 1	3	1				2
Тема 2	5	2				3
Тема 3	6	2	1			3
Тема 4	4	1	1			2
Тема 5	7	2	2			3
Тема 6	6	2	1			3
Тема 7	5	2	1			2
Тема 8	6	2	2			2

1	2	3	4	5	6	7
Тема 42	4	2				2
Тема 43	2	1				1
Тема 44	4	2				2
Тема 45	3	2				1
Тема 46	4	2				2
Тема 47	3	2				1
Тема 48	3	2				1
Тема 49	3	2				1
Тема 50	4	2				2
Разом за модулем 5	30	17				13
Разом за 6-й семестр	108	51	17			40
Екзамен						
Усього годин	216	87	35			94

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Векторна і тензорна алгебра. Перетворення векторів і тензорів. Векторний аналіз.	4
2.	Перетворення Лоренца. Інтервали між подіями.	2
3.	4-вектори і тензори.	2
4.	Релятивістська механіка. Енергія та імпульс.	4
5.	Релятивістські зіткнення. Пружні та непружні зіткнення.	4
6.	Рух заряду в електромагнітному полі.	4
7.	Перетворення Лоренца для електромагнітного поля.	2
8.	Постійне електричне поле в вакуумі.	2
9.	Постійне магнітне поле в вакуумі.	2
10.	Електромагнітні хвилі.	3
11.	Випромінювання електромагнітних хвиль.	2
12.	Електростатика провідників та діелектриків.	4

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
1	2
Тема 1. Простір та час у класичній механіці. Принцип відносності Галілея та перетворення Галілея.	2
Тема 2. Принцип відносності Ейнштейна. Експерименти, які лежать в основі теорії відносності.	3
Тема 3. Перетворення Лоренца. Два способи виведення перетворень Лоренца. Обмеженість швидкості тіл з ненульовою масою. Відносність одночасності. Виведення з перетворень Лоренца формул для скорочення довжини рухомого тіла у напрямку руху, для перетворення об'єму, поняття про власний час, закону додавання швидкостей.	3

1	2
Тема 4. Поняття інтервалу між подіями. Доведення інваріантності інтервалу відносно перетворень Лоренца. Класифікація інтервалів. Графічне зображення інтервалів. Геометричне значення перетворень Лоренца.	2
Тема 5. Чотиривимірний простір-час. Визначення тензору довільного рангу. Чотиривимірні вектори і тензори. Тензорна алгебра та елементи тензорного аналізу в тривимірному та в чотиривимірному просторі. Згортання тензорів, чотиривимірна дивергенція.	3
Тема 6. Кінематика в 4-просторі: 4-швидкість та 4-прискорення. Доведення інваріантності квадратів 4-швидкості та 4-прискорення. Рівняння руху та траєкторії для рівноприскореного руху релятивістської частинки. 4-імпульс.	3
Тема 7. Функція дії. Побудова функції Лагранжа релятивістської частинки. Релятивістські імпульс та енергія. Енергія спокою. Функція Гамільтона. Виведення формул перетворення енергії та імпульсу, як компонент 4-вектора енергії-імпульсу. 4-сила.	2
Тема 8. Пружні та непружні зіткнення частинок в релятивістській механіці. Задачі про розпад і утворення частинки, розсіяння двох частинок.	3
Тема 9. 4-тензор моменту імпульсу. Фізичне значення його компонент. Радіус-вектор центру інерції системи частинок. Поняття однорідності та ізотропії простору. Закони збереження в релятивістській механіці та їх зв'язок з властивостями симетрії 4-простору.	2
Тема 10. Елементарні частинки в теорії відносності. Точкові заряди. Електричний заряд і електромагнітне поле. Взаємодія між зарядженими частинками.	1
Тема 11. Скалярний та векторний потенціали. 4-потенціал поля. Побудова функції Лагранжа для заряду в зовнішньому електромагнітному полі. Знаходження енергії та імпульсу заряду в полі та функції Гамільтона заряду в полі.	3
Тема 12. Виведення рівняння руху заряду в електромагнітному полі за допомогою рівнянь Лагранжа. Формули, які пов'язують напруженості електричного і магнітного полів з потенціалами поля. Рівняння зміни кінетичної енергії, як наслідок з рівняння руху.	2
Тема 13. Доведення калібрувальної (градієнтної) інваріантності потенціалів електромагнітного поля.	2
Тема 14. Знаходження рівняння руху заряду в полі в 4-вимірній формі. Побудова тензору електромагнітного поля. Властивості тензору електромагнітного поля. Виведення перетворень Лоренца для електромагнітного поля за допомогою закону перетворення 4-тензору 2-го рангу. Інваріанти поля в тривимірному та чотиривимірному вигляді.	2
Тема 15. Поняття про постійне електромагнітне поле. Рішення рівняння руху релятивістського заряду в постійному однорідному електричному полі, в постійному однорідному магнітному полі, в паралельних постійних однорідних електричному та магнітному полях. Рух нерелятивістського заряду в перехрещених полях. Швидкість електричного дрейфу.	3
Тема 16. Перша пара рівнянь Максвелла у різних формах: диференційній, інтегральній та 4-формі. Побудова функції дії для системи, що складається з частинок та електромагнітного поля. 4-вимірна густина струму. Виведення другої пари рівнянь Максвелла з принципу найменшої дії. Друга пара рівнянь Максвелла: 4-вимірні, диференційні та інтегральні	3

форма. Рівняння неперервності як наслідок рівнянь Максвелла. Фізичне значення рівняння неперервності. Повна система рівнянь електромагнітного поля.	
Тема 17. Густина енергії і вектор Пойнтінга. Рівняння для електромагнітних потенціалів. Калібровка Лоренца. Граничні умови для векторів електромагнітного поля. Тензор енергії-імпульсу релятивістських частинок. Тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Закон збереження імпульсу в електродинаміці. Максвеллівський тензор напружень.	3
Тема 18. Постійне електричне поле в вакуумі, створене нерухомими зарядами. Рівняння електростатики. Поле нерухомого точкового заряду. Знаходження поля заряду, що рухається рівномірно, за допомогою перетворень Лоренца. Інтегрування рівняння Пуассона. Інтеграл Пуассона.	3
Тема 19. Розклад електростатичного поля на далеких відстанях від системи зарядів в ряд Тейлора. Дипольний і квадрупольний моменти. Мультипольні моменти. Енергія і сили взаємодії в електростатичному полі.	3
Тема 20. Енергія взаємодії системи зарядів із зовнішнім полем, сила та момент сили, що діють на систему зарядів, в дипольному наближенні. Енергія взаємодії двох електричних диполів.	2
Тема 21. Постійне магнітне поле в вакуумі як поле постійних струмів. Рівняння магнітостатики. Векторний потенціал і напруженість магнітного поля стаціонарних струмів. Закон Біо-Савара. Формула Ампера.	2
Тема 22. Розклад постійного магнітного поля на далеких відстанях від системи рухомих зарядів на мультиполі. Магнітний дипольний момент. Розрахунки магнітного моменту плоского контуру з постійним струмом, магнітного моменту для системи частинок. Енергія стаціонарних струмів. Енергія та сили в зовнішньому постійному магнітному полі в дипольному наближенні. Теорема Лармора.	3
Тема 23. Хвильове рівняння для потенціалів та для напруженостей у відсутності зарядів та струмів.	1
Тема 24. Види електромагнітних хвиль. Плоскі електромагнітні хвилі. Вектор Пойнтінга плоскої хвилі. Сферичні хвилі. Монохроматичні хвилі. Плоскі монохроматичні хвилі. Поляризація плоскої монохроматичної хвилі.	1
Тема 25. Ефект Доплера. Особливості релятивістського ефекту Доплера. Аберация світла.	1
Тема 26. Розклад електромагнітного поля на плоскі хвилі, монохроматичні хвилі та плоскі монохроматичні хвилі. Розклад поля нерухомого точкового заряду на плоскі хвилі.	2
Тема 27. Власні коливання електромагнітного поля. Рівняння електромагнітного поля у формі рівнянь Гамільтона. Розклад електромагнітного поля на сукупність гармонічних осциляторів.	2
Тема 28. Запізнювальні потенціали для поля системи рухомих зарядів. Поле довільно рухомого заряду. Потенціали Лієнара-Віхерта. Напруженість поля довільно рухомого заряду..	2
Тема 29. Напруженість поля довільно рухомих зарядів на далеких відстанях. Випромінювання електромагнітних хвиль. Електричне дипольне випромінювання системи зарядів, що рухаються повільно. Формула для інтенсивності дипольного випромінювання. Електричне квадрупольне та магнітне дипольне випромінювання. Поле випромінювання на близьких відстанях.	2

1	2
Тема 30. Розрахунок інтенсивності випромінювання лінійної антени. Діаграма направленості.	2
Тема 31. Розсіяння електромагнітних хвиль вільними зарядами. Формула Томсона.	1
Тема 32. Гальмування випромінюванням. Сила променевого тертя. Межі застосування класичної електродинаміки	1
Тема 33. Усереднення рівнянь Максвелла для суцільного середовища. Сторонні та наведені заряди і струми. Поняття фізично нескінченно малого об'єму.	1
Тема 34. Рівняння та граничні умови електростатичного поля при наявності провідників. Методи вирішування електростатичних задач, зокрема застосування методу електростатичних зображень для знаходження поля точкового заряду при наявності провідної кулі.	2
Тема 35. Електростатичне поле в діелектрику. Поняття про вектор поляризації та вектор діелектричної індукції. Діелектрична проникність та діелектрична сприйнятливість. Граничні умови на границі розділу двох середовищ.	1
Тема 36. Постійний електричний струм. Тензор провідності. Ефект Холла.	2
Тема 37. Постійне магнітне поле в непровідному середовищі. Вектор намагніченості. Магнітна сприйнятливість. Магнітна проникність. Класифікація магнетиків.	1
Тема 38. Виведення граничних умов на границі розділу двох середовищ. Магнітне поле постійних струмів.	1
Тема 39. Сили, що діють на діелектрики та магнетики.	1
Тема 40. Властивості феромагнетиків..	1
Тема 41. Магнітні властивості надпровідників. Ефект Мейснера.	2
Тема 42. Квазістаціонарне наближення для магнітного поля.	2
Тема 43. Струми Фуко в масивних провідниках.	1
Тема 44. Скін-ефект. Розподіл поля та струму в провіднику. Довжина затухання.	2
Тема 45. Комплексний опір. Ємність в колі квазістаціонарного струму.	1
Тема 46. Частотна дисперсія діелектричної проникності. Комплексна діелектрична проникність. Співвідношення Крамерса-Кроніга.	2
Тема 47. Поширення електромагнітних сигналів у середовищі з дисперсією. Групова швидкість. Діелектричні властивості плазми. Нелінійні середовища.	1
Тема 48. Перехід від електродинаміки до геометричної оптики. Закони заломлення і відбиття електромагнітних хвиль. Рівняння ейконалу.	1
Тема 49. Електромагнітні хвилі в обмежених середовищах. Приклади: хвилеводи і резонатори.	1
Тема 50. Електродинамічні рівняння для рухомого середовища. Матеріальні рівняння для рухомих середовищ. Закони перетворення векторів поля та матеріальних рівнянь. Рівняння магнітної гідродинаміки. Магнітогідродинамічні хвилі.	2

7. Методи навчання

Лекції, виконання практичних робіт, самостійна робота.

8. Методи контролю

Рішення задач на практичних заняттях, контрольні роботи за модулями, домашні завдання, індивідуальне розрахункове завдання, залік за результатами поточного контролю, екзамен.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік (5 семестр)

Поточне тестування та самостійна робота		Сума
Модуль 1	Модуль 2	
Теми 1-7	Теми 8-20	100
Контрольна робота - 30 Домашні завдання – 20	Контрольна робота - 30 Домашні завдання – 20	

Для зарахування модуля треба виконати контрольну роботу та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 25 балів

Екзамен (6 семестр)

Поточне тестування та самостійна робота			Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	40	100
Теми 21-25	Теми 26-41	Теми 42-52		
Контр. робота - 10 Дом. завд. – 10 Разом за модуль- 20	Контр. робота - 10 Дом. завд. – 10 Разом за модуль- 20	Інд.завдання - 15 Дом. завд. – 5 Разом за модуль- 20		

Для зарахування модулів 1-2 треба виконати контрольну роботу та домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів. Для зарахування модуля 3 треба виконати та захистити індивідуальне розрахункове завдання, виконати домашні завдання і набрати у підсумку не менше 10 балів.

Для допуску до підсумкового семестрового контролю студент повинен здати 3 модулі і набрати у підсумку не менше 30 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.

11. Рекомендована література

Базова

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика. Том 2. Теория поля.- М.: Наука, 1988
2. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика. Том 8. Электродинамика сплошных сред.- М.:Наука, 1982
3. М.М.Бредов, В.В.Румянцев, И.Н.Топтыгин. Классическая электродинамика.-М.: Наука, 1985
4. Джексон Дж. Классическая электродинамика.- М.:Мир, 1965
5. В.В.Батыгин, И.Н.Топтыгин. Сборник задач по электродинамике.- М.: Наука, 1970

Допоміжна

1. А.М.Федорченко. Теоретична фізика. Том 1. Класична механіка і електродинаміка. К.: Вища школа, 1992
2. В.І.Сугаков. Теоретична фізика. Електродинаміка.К.:Вища школа, 1974
3. В.А.Угаров. Специальная теория относительности.-М.:Наука, 1977
4. Тейлор Э., Уиллер Дж. Физика пространства-времени.-М.:Мир, 1971
5. Тамм И.Е. Основы теории электричества.- М.:Наука, 1976
6. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич О.Ф., Федорченко А.М. Сборник задач по теоретической физике.-М.:Высш.шк.,1984
7. Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике.-М.:Наука, 1977