

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Проректор з науково-педагогічної роботи
Олександр ЗАПОРОЖЧЕНКО

“ Вересень ” 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК 22 «Електродинаміка»

Рівень вищої освіти	перший (освітньо-професійний)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 - Фізика та астрономія
Освітньо-професійна програма	Фізика та астрономія

ОНУ
Одеса
2023

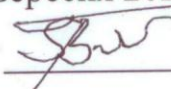
Робоча програма навчальної дисципліни «Електродинаміка». – Одеса: ОНУ, 2023. – 28 с.

Розробник: Маломуж Микола Петрович, доктор фізико-математичних наук, професор;

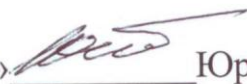
Робочу програму затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії ФМФІТ

Протокол № 1 від «1» вересня 2023 р.

Завідувач кафедри



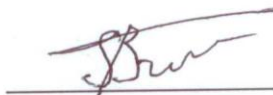
Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Погоджено із гарантом ОПП «Фізика та астрономія»  Юрій НІЦУК

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) факультету математики, фізики та інформаційних технологій

Протокол № 1 від «4» вересня 2023 р.

Голова НМК




Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № 1 від «29» 08 2024 р.

Завідувач кафедри



Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики та астрономії

Протокол № _____ від « _____ » _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

Володимир ГОЦУЛЬСЬКИЙ

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, Спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна (очна) форма навчання
Загальна кількість кредитів – 6 годин – 180 змістовних модулів - 6	Галузь знань 10 – Природничі науки Спеціальність: 104 – Фізика та астрономія Рівень вищої освіти: <u>Перший (освітньо-професійний)</u>	Обов’язкова дисципліна
		Рік підготовки:
		3-й
		Семестр
		5,6-й
		Лекції
		60 год.
		Практичні, семінарські
		28 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		92 год.
Форма підсумкового контролю: іспит		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розуміти природу перебігу електромагнітних явищ в природі, сучасній техніці та технологіях, а також бути спроможними розв'язувати відповідні задачі. Знання, які студенти отримують із навчальної дисципліни, є базовими для блоку дисциплін, що забезпечують як природничо-наукову, так і професійно-практичну підготовку. Ці знання охоплюють основні поняття, принципи та закони Електродинаміки: рівняння Максвелла для електромагнітного поля у вакуумі та суцільному середовищі, методи дослідження властивостей електромагнітних полів, законів їх розповсюдження, випромінювання та розсіювання у вакуумі та середовищі, застосування Лагранжева та Гамільтонова формалізмів до опису полів, принципи спеціальної теорії відносності, які є основою сучасної теоретичної фізики. Студенти знайомляться з найважливішими методами точних та наближених обчислень, визначення меж застосування законів класичної Електродинаміки до опису експериментально спостережуваних явищ.

Мета вивчення дисципліни “Електродинаміка” спрямована на те, щоб *сформувати у студентів навички якісного і кількісного аналізу електромагнітних явищ природи, навчити їх користуватися математичними методами сучасної фізики. Вивчення дисципліни передбачає також отримання знань та вмінь, які необхідні спеціалісту-фізику у його майбутній професійній діяльності.*

Завдання:

- Ознайомити студентів з основними поняттями курсу електромагнітних явищ, принципами, законами та рівняннями вакуумної електродинаміки, спеціальної теорії відносності та електродинаміки суцільних середовищ;
- Розглянути методи розв'язування найбільш поширених задач електродинаміки, ознайомити з використанням різних систем

координат (СК), в першу чергу, декартової, циліндричної та сферичної СК, сформувані уміння аналізувати і використовувати властивості симетрії електромагнітного поля, знаходити закони збереження;

- Сформувані навички наближеного розв'язування задач, в яких використовуються мультипольні розклади, граничні випадки, коли швидкість матеріальної точки прямує до швидкості світла. Розвинути навички моделювання складних явищ відносно простими прикладами.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей.

Інтегральна компетентність:

Вміти якісно аналізувати складні явища і розділяти їх на відносно прості задачі, які допускають подальший детальний аналіз.

Загальні компетентності:

- K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- K04. Здатність бути критичним і самокритичним.
- K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- K16. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- K21. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
- K22. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- K24. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.
- K25. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.
- K26. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.
- K27. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.
- K28. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

В результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:

- принципи і закони електродинаміки,

- рівняння Максвелла у вакуумній ел.-динаміці та суцільних середовищах
- 4-вимірну форму рівнянь ел.-динаміки,
- закони випромінювання електромагнітних хвиль,
- закони руху зарядів з релятивістськими швидкостями,
- існування зв'язку між масою та енергією,
- походження енергії випромінювання сонця і зірок, а також мати уявлення про принципи роботи атомних електростанцій,
- закони перетворення ел.-магнітних полів при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої,
- закони збереження ел.-магнітного поля,
- ел.-поле як різновид існування матерії,
- природу скін-ефекту,
- природу голубого кольору неба,
- природу магнетизму,
- закони розповсюдження і поглинання енергії ел.-магнітного поля в провідних середовищах,
- Ленгмюрівські коливання електронного газу в провідниках і напівпровідниках,
- рівняння ел.-магнітного поля в надпровідниках.

Вміти:

- визначати напруженості електричного і магнітного поля за різних типів граничних умов,
- знаходити сили, які діють з боку одного зарядженого тіла на друге за допомогою Максвелівського тензора напружень, обчислювати енергію взаємодії двох і більшого числа заряджених тіл,
- розраховувати інтенсивність випромінювання ел.-магнітної енергії різними випромінювачами, знаходити поляризаційні властивості ел.-магнітного поля,
- знаходити поперечний переріз розсіяння електромагнітних хвиль на вільних та зв'язаних системах зарядів,

- користуватись законами перетворення координат і часу, швидкостей і прискорень, імпульсу і енергії при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої,
- вміти використовувати закони перетворення компонентів напруженості електричного і магнітного поля при переході від однієї інерціальної системи відліку до іншої,
- знаходити особливості релятивістського руху заряджених частинок,
- описувати закони зіткнення релятивістських частинок,
- знаходити напруженості електричного і магнітного поля у суцільному середовищі за наявності границь,
- розраховувати поляризованості та діелектричні проникності матеріалів з різними типами атомів і молекул,
- розраховувати ємнісні та потенціальні коефіцієнти, розподіл електричного поля всередині та навколо провідників,
- знаходити провідність та характер її частотної дисперсії,
- знаходити поглинання енергії в провідних середовищах.

Що забезпечують наступні **програмні результати навчання:**

ПРО1. 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.

ПРО8. Мати навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати та систематизувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

3.Зміст навчальної дисципліни

5 семестр

Змістовний модуль 1. Основні принципи Електродинаміки. Рівняння Максвелла

Тема 1. Основні елементи векторного та тензорного числення.

Тема 2. Основні закони і принципи електродинаміки

Тема 3. Диференціальні рівняння електростатики і магнітостатики. Інтегральні рівняння електромагнітного поля

Тема 4. Рівняння Максвелла електромагнітного поля. Їх властивості і відповідність принципам електродинаміки

Тема 5. Граничні та початкові умови

Змістовний модуль 2. Електромагнітні потенціали. Властивості електромагнітного поля

Тема 1. Електромагнітні потенціали. Лоренцева калібровка

Тема 2. Мультипольні розклади для електромагнітних потенціалів

Тема 3. Запізнілі потенціали. Потенціали Лієнара-Віхерта

Тема 4. Хвильові рівняння. Основні властивості плоских, сферичних та циліндричних електромагнітних хвиль

Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля: енергії, імпульсу та моменту імпульсу

Тема 6. Максвелівський тензор натягу. Ідеї близькодії. Світловий тиск

Змістовний модуль 3. Випромінювання і розсіювання електромагнітних хвиль

Тема 1. Випромінювання електромагнітних хвиль у дипольному наближенні. Інтенсивність та індикатриса випромінювання. Осцилятор Герца

Тема 2. Випромінювання електромагнітних хвиль системою. Інтенсивності когерентного і некогерентного випромінювань.

Тема 3. Розсіювання електромагнітних хвиль. Диференціальний і повний перерізи розсіювання. Розсіювання електромагнітних хвиль вільним електроном.

Тема 4. Розсіювання електромагнітних хвиль зв'язаним електроном. Розсіювання електромагнітних хвиль атомами та молекулами. Колір неба.

Тема 5. Когерентний та некогерентний перерізи розсіювання електромагнітних хвиль системою зарядів. Розсіювання інфрачервоного та рентгенівського ви проміння.

Тема 6. Рух електрона в електричному та магнітному полях. Електромагнітна маса електрона

6 семестр

Змістовний модуль 4. Основи спеціальної теорії відносності

Тема 1. Основи спеціальної теорії відносності: а) труднощі класичних просторово-часових уявлень; б) експериментальні основи спеціальної теорії відносності; в) постулати Айнштейна.

Тема 2. Кінематика спеціальної теорії відносності: а) інваріантність інтервалу, б) претворення Лоренца, в) претворення просторово-часових інтервалів, г) закони складання швидкостей та прискорень

Тема 3. Чотиривимірне формулювання кінематики спеціальної теорії відносності: а) 4-х вимірні швидкість та прискорення, б) перетворення 4-х векторів та тензорів.

Тема 4. Динаміка матеріальної точки: а) принцип найменшої дії для матеріальної точки в СТВ, б) рівняння Лагранжа, в) енергія та імпульс матеріальної точки, в) рух матеріальної точки в електромагнітному полі

Тема 5. Електродинаміка в СТВ: а) чотирьохпотенціали і чотирьох-тензор електромагнітного поля, б) коваріантна форма рівнянь електро-динаміки, б) закони перетворення полів

Тема 6. Чотирьохвимірне формулювання законів збереження електромагнітного поля. 4-х тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Закони перетворення густин енергії, імпульсу та компонент максвелівського тензору напружень

Тема 7. Інваріанти електромагнітного поля. Лагранжева форма рівнянь електродинаміки

Змістовний модуль 5. Електродинаміка суцільних середовищ, їх діелектричні і магнітні властивості

Тема 1. Вступ до електродинаміки неперервних середовищ. Мікро і макро поля. Усереднення по фізично нескінченно малому об'ємові. Гіпотеза Лоренца

Тема 2. Зв'язок зв'язаних зарядів та токів з векторами поляризації та намагніченості. Рівняння Максвела електромагнітного поля в середовищі

Тема 3. Загальні співвідношення між векторами напруженості та індукціями електричного та магнітного полів в середовищах. Граничні умови

Тема 4. Теорія статичної діелектричної проникності діелектриків

Тема 5. Теорія частотної дисперсії діелектричної проникності. Фізичний зміст дійсної та уявної складових діелектричної проникності

Тема 6. Природа магнетизму. Теорема Бора. Квазікласична теорія діамagnetизму, парамагнетизму і феромагнетизму.

Змістовний модуль 6. Електропровідність. Розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищах

Тема 1. Основи теорії провідності. Частотна залежність провідності. Ефективна діелектрична проникність провідників та напівпровідників

Тема 2. Розповсюдження електромагнітних хвиль в діелектриках. Закони відбиття та заломлення

Тема 3. Розповсюдження електромагнітних хвиль в провідниках, зокрема в плазмі. Скін-ефект. Плазмові коливання

Тема 4. Надпровідники. Теорія Лондонів.

Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля в неперервному середовищі. Максвелівський тензор натягу в середовищі

4. Структура навчальної дисципліни «Електродинаміка»

Назва тем	Кількість годин				
	Денна (очна) форма				
	Усього о	у тому числі			
Лек.		Пр.	Лаб.	СР	
1	2	3	4	5	6
5 семестр					
Змістовний модуль 1. Основні принципи Електродинаміки. Рівняння Максвелла (10 л.год.)					
Тема 1. Основні елементи векторного та тензорного числення.	5	2	1		2
Тема 2. Основні закони і принципи електродинаміки	4	2			2
Тема 3. Диференціальні рівняння електростатики і магнітостатики. Інтегральні рівняння електромагнітного поля	5	2	1		2
Тема 4. Рівняння Максвелла електромагнітного поля. Їх властивості і відповідність принципам електродинаміки	7	2	1		4
Тема 5. Граничні та початкові умови	6	2			4
Змістовний модуль 2. Електромагнітні потенціали. Властивості електромагнітного поля (10 л.год.)					
Тема 1. Електромагнітні потенціали. Лоренцева калібровка	4	1	1		2
Тема 2. Мультипольні розклади для електромагнітних потенціалів	5	2	1		2
Тема 3. Запізнілі потенціали. Потенціали Ліенара-Віхерта	5	2	1		2
Тема 4. Хвильові рівняння. Основні властивості плоских, сферичних та циліндричних електромагнітних хвиль	7	2	1		4
Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля: енергії, імпульсу та моменту імпульсу	7	2	1		4
Тема 6. Максвелівський тензор натягу. Ідеї близькодії. Світловий тиск	4	1	1		2
Змістовний модуль 3. Випромінювання і розсіювання електромагнітних хвиль (10л.год.)					
Тема 1. Випромінювання електромагнітних хвиль у	5	2	1		2

дипольному наближенні. Інтенсивність та індикатриса випромінювання. Осцилятор Герца.					
Тема 2. Випромінювання електромагнітних хвиль системою. Інтенсивності когерентного і некогерентного випромінювань.	5	2	1		2
Тема 3. Розсіювання електромагнітних хвиль. Диференціальний і повний перерізи розсіювання. Розсіювання електромагнітних хвиль вільним електроном	5	2	1		2
Тема 4. Розсіювання електромагнітних хвиль зв'язаним електроном. Розсіювання електромагнітних хвиль атомами та молекулами. Колір неба.	5	1			4
Тема 5. Когерентний та некогерентний перерізи розсіювання електромагнітних хвиль системою зарядів. Розсіювання інфрачервоного та рентгенівського ви проміння.	7	2	1		4
Тема 6. Рух електрона в електричному та магнітному полях. Електромагнітна маса електрона	4	1	1		2
6 семестр					
Змістовний модуль 4. Основи спеціальної теорії відносності (10л.з.)					
Тема 1. Основи спеціальної теорії відносності: а) труднощі класичних просторово-часових уявлень; б) експериментальні основи спеціальної теорії відносності; в) постулати Айнштейна.	4	1	1		2
Тема 2. Кінематика спеціальної теорії відносності: а) іваріантність інтервалу, б) перетворення Лоренца, в) перетворення просторово-часових інтервалів, г) закони складання швидкостей та прискорень	5	2	1		2
Тема 3. Чотиривимірне формулювання кінематики спеціальної теорії відносності: а) 4- х вимірні швидкість та прискорення, б) перетворення 4-х векторів та тензорів.	7	2	1		4
Тема 4. Динаміка матеріальної точки: а) принцип найменшої дії для матеріальної точки в СТВ, б)	7	2	1		4

рівняння Лагранжа, в) енергія та імпульс матеріальної точки, в) рух матеріальної точки в електромагнітному полі					
Тема 5. Електродинаміка в СТВ: а) чотирьохпотенціали і чотирьохтензор електромагнітного поля, б) коваріантна форма рівнянь електродинаміки, б) закони перетворення полів	4	1	1		2
Тема 6. Чотирьохвимірне формулювання законів збереження електромагнітного поля. 4-х тензор енергії-імпульсу електромагнітного поля. Закони перетворення густин енергії, імпульсу та компонент максвелівського тензору напружень	4	1	1		2
Тема 7. Інваріанти електромагнітного поля. Лагранжева форма рівнянь електродинаміки	4	1	1		2
Змістовний модуль 5. Електродинаміка суцільних середовищ, їх діелектричні і магнітні властивості (10 л.год)					
Тема 1. Вступ до електродинаміки неперервних середовищ. Мікро і макро поля. Усереднення по фізично нескінченно малому об'ємові. Гіпотеза Лоренца	5	2	1		2
Тема 2. Зв'язок зв'язаних зарядів та токів з векторами поляризації та намагніченості. Рівняння Максвела електромагнітного поля в середовищі	7	2	1		4
Тема 3. Загальні співвідношення між векторами напруженості та індукціями електричного та магнітного полів в середовищах. Граничні умови	7	2	1		4
Тема 4. Теорія статичної діелектричної проникності діелектриків	4	1	1		2
Тема 5. Теорія частотної дисперсії діелектричної проникності. Фізичний зміст дійсної та уявної складових діелектричної проникності	5	2	1		2
Тема 6. Природа магнетизму. Теорема Бора. Квазікласична теорія діаманетизму, парамагнетизму і феромагнетизму	3	1			2
Змістовний модуль 6. Електропровідність. Розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищах (10 л.год)					

Тема 1. Основи теорії провідності. Частотна залежність провідності. Ефективна діелектрична проникненість провідників та напівпровідників	5	2	1		2
Тема 2. Розповсюдження електромагнітних хвиль в діелектриках. Закони відбиття та заломлення	6	2			4
Тема 3. Розповсюдження електромагнітних хвиль в провідниках, зокрема в плазмі. Скін-ефект. Плазмові коливання	6	2			4
Тема 4. Надпровідники. Теорія Лондонів.	4	2			2
Тема 5. Закони збереження електромагнітного поля в неперервному середовищі. Максвелівський тензор натягу в середовищі	5	2	1		2
Всього	180	60	28		92

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом.

6. Теми практичних занять

№ п/п	Тема 1	К-сть год.
1	Градiєнт скалярного поля, дiвергенцiя та ротор векторного поля.	1
2	Еквiпотенцiальнi поверхнi та силонi лiнii.	1
3	Взаємодiя зарядiв та токив.	1
№ п/п	Тема 2	К-сть год.
1	Застосування теорем Гауса-Остроградського i циркуляцiйноi теореми для знаходження напруженостей електричного i магнiтного полiв	1
2	Застосування рiвнянь Лапласа i Пуассона для знаходження потенцiалiв i напруженостей електричного i магнiтного полiв	2
3	Використання мультипольних розкладiв в електро- та магнiтостатицi	1
№ п/п	Тема 3	К-сть год.
1	Розрахунок сил взаємодiї за допомогою максвелiвського тензора напружень	1
2	iнтенсивнiсть i поляризацiя випромiнювання прискорених зарядiв	1
3	Розсiяння електромагнiтних хвиль на зрядах	1
№ п/п	Тема 4	К-сть год.
1	Розрахунок електромагнiтного поля рухомого заряду за допомогою потенцiала Лiенара-Вiхерта	1
2	Перетворення Лоренца. Просторово-часовi звiязки.	1

	Закони перетворення швидкостей та прискорень. 4-х швидкості та 4-х прискорення.	
3	4-х хвильовий вектор та закони його перетворення. Аберация. Ефект Доплера.	1
4	4-х тензор електромагнітного поля. Закони перетворення φ та \vec{A} , \vec{E} та \vec{H} .	1
5	Рух матеріальної точки в електро-магнітних полях. 4-х сила .	1
6	Закони зберігання в 4-х формі. Закони перетворення T_{ik} , w та \vec{P} .	1
7	Лагранжев формалізм в електродинаміці.	1
№ п/п	Тема 5	К-сть год.
1	Спеціальні методи електростатики. Методи зображень та інверсії.	1
2	Електростатика діелектриків. Поля заряджених кулі, циліндра та площини в діелектриках.	1
3	Магнітостатика магнетиків. Поля постійних струмів кулі, циліндра та площини у магнетиках.	1
4	Ємнісні та потенціальні коефіцієнти.	1
5	Коефіцієнти індуктивності.	1
6	Силова функція струму. Взаємодія струмів.	1
№ п/п	Тема 6	К-сть год.
1	Діелектрична проникненість газів з несферичних молекул.	1
2	Намагніченість парамагнетиків та феромагнетиків.	1
3	Поведінка магнетиків поблизу критичної точки.	1
4	Розповсюдження електромагнітних хвиль у плазмі. Плазмові коливання.	1
5	Скін-ефект.	1
	Всього	28

7. Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи не передбачені навчальним планом.

8. Самостійна робота

№	Назва теми	Кількість ь годин
1.	Потенціальні та вихрові поля. Основні властивості таких полів. Силкові лінії та еквіпотенціальні поверхні	3
2.	Перетворення компонентів напруженості електричного та магнітного полів при поворотах СК та інверсії їх осей. Вектори та псевдовектори	3
3.	Загальний розв'язок рівняння Лапласа в ЦСК	3
4.	Загальний розв'язок рівняння Лапласа в ССК	3
5.	Функції Гріна рівняння Лапласа в ДСК, ЦСК і ССК	3
6.	Максвелівський тензор напружень в електростатиці	3

7.	Максвелівський тензор напружень в магнітостатиці	3
8.	Функція Гріна хвильового рівняння в ДСК, ЦСК і ССК	3
9.	Розклад довільного електромагнітного поля за плоскими хвилями	3
10.	Поляризація хвиль в залежності від особливостей руху випромінювача	3
11.	Тиск сонячного світла на комети і утворення їх хвостів	3
12.	Колір неба і Сонця вранці, вдень і ввечері	3
13.	Особливості прискорення заряджених частинок в лінійних прискорювачах та циклотронах	3
14.	Електромагнітна маса електрона	3
15.	Походження видимої частини сонячного світла	3
16.	Енергетика Сонця і зірок	3
17.	Розповсюдження е.-м. хвиль в атмосфері Землі	3
18.	Де і як використовується скін-ефект?	3
19.	Механізми формування діелектричної проникності	3
20.	Теорема Бора про квантове походження магнетизму	3
21.	Поведінка намагніченості в околі точки Кюрі	3
22.	Внаслідок чого виникає загальний зв'язок між масою і енергією?	3
23.	Моделювання електронної складової поляризованості атомів і молекул	3
24.	Поздовжні електро-магнітні збудження в провідниках	3
25.	Коваріантність рівнянь Максвелла в різних інерціальних системах відліку	2
	Індивідуальні науково-дослідні завдання (ІНДЗ): Доповідь та мультимедійна презентація за темами: <ol style="list-style-type: none"> 1. \hat{P}, \hat{T} – інваріантність електромагнітної взаємодії; 2. Ефекти поляризації плоских ел.-м. хвиль і механізми їх виникнення; 3. Закони перетворення компонентів МТН при переході від однієї ІСВ до другої ІСВ; 4. Електричне і магнітне поля точкового заряду, який рухається з постійною швидкістю, 	16

	близькою до швидкості світла. Еквіпотенціальні поверхні і розподіл силових ліній: 5. Інваріанти електромагнітного поля; 6. Випромінювання Вавілова-Черенкова; 7. Розподіл змінного току за перерізом провідника в залежності від частоти (скін-ефект); 8. Природа діамагнетизму та парамагнетизму 9. Природа феромагнетизму 10. Розповсюдження ел.-м. хвиль в атмосфері Землі	
	Разом	92

9. Методи навчання

Під час вивчення навчальної дисципліни використовують такі форми роботи – лекція, практичні заняття, самостійна робота.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання - частково-пошуковий, або евристичний метод; при захисті індивідуальних завдань використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою), за темою ІНДЗ робить презентацію та доповідь).

10. Форми контролю та методи оцінювання

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання контрольних робіт за змістовними модулями, захисту індивідуального завдання. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування на лекції, написання звітів до лабораторних робіт, їх захист, розв’язання практичних задач. Підсумковий контроль в 6 семестрі - іспит.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Результати індивідуального завдання представляються у вигляді доповіді (7-10 хв), що супроводжується презентацією (5-7 слайдів).

Критеріями оцінювання є: повнота представленої матеріалу, якість доповіді та презентації, відповідей на запитання викладача та однокурсників.

Критерії оцінювання підсумкового контролю

Підсумковий семестровий контроль виконується в письмовій формі:

- Весняний 6 семестр – іспит, на який з 100 балів виноситься 30, поточний – 70 балів ;

Екзаменаційна оцінка виставляється на основі **сумування результатів поточного контролю і заліку** (максимально 70 балів), а також **відповідей на екзамені**, де також треба відповісти: 1) на 2 якісних питання і 2) розв'язати 3-ри задачі (максимально 10 балів). Правильні відповіді на екзаменаційні питання і задачі оцінюються у 10 балів.

Максимальне число балів - 100;

11. Питання і задачі з Електродинаміки для підготовки до поточного та підсумкового контролю

1. Задано вектор $\vec{a} = a_1\vec{i} + a_2\vec{j} + a_3\vec{k}$. Побудувати
 - а) одиничний вектор \vec{n} , направлений вздовж \vec{a} ;
 - б) довільний вектор \vec{b} , перпендикулярний до \vec{a} ;
 - в) площину, перпендикулярну до \vec{a} , що проходить через початок координат;
 - г) площину, паралельну \vec{a} , яка проходить через початок координат.
2. Знайти кут між векторами: $\vec{a} = (1,2,3)$ и $\vec{b} = (2,3,4)$.
3. Чому дорівнює сила, з якою
4. а) один нескінченно довгий лінійний струм I_1 діє на такий же паралельний струм I_2 , віддалений від першого на відстань a ;
б) один нескінченно довгий лінійний струм I_1 діє на такий же перпендикулярний струм I_2 , віддалений від першого на відстань a .
5. Схематично зобразити розташування еквіпотенціальних поверхонь і силових ліній, утворених двома точковими зарядами q_1 і q_2 . Розгляньте випадок, коли обидва заряди мають однакову величину, а також однакові і протилежні знаки

6. Детально опишіть поведінку еквіпотенціальних поверхонь і силових ліній (з попередньої задачі) в околі їх особливих точок. Що це за точки?
7. Еквіпотенціальна поверхня задається рівнянням: $x^2 + 2y^2 + 3z^2 = 4$. Зобразіть її. Опишіть сукупність одиничних векторів $\vec{n} = \vec{n}(x, y, z)$, які задають напрямки вектора напруженості електричного поля в точках цієї поверхні.
8. Заряд рівномірно розподілений за нескінченно протяжною поверхнею (з густиною σ). Як направлені вектори напруженості електричного поля \vec{E} поблизу і вдалині від поверхні?
9. Ток рівномірно розподілений за нескінченно протяжною площиною з густиною \vec{i} . Як направлено вектор напруженості магнітного поля \vec{H} поблизу і вдалині від поверхні?
10. Доведіть, що робота по переміщенню заряду з однієї точки в другу в постійному електричному полі не залежить від шляху переміщення.
11. Що можна сказати про сили, що діють на кожний з двох взаємодіючих елементів струму? Чи дорівнюють вони одна одній за величиною і протилежні за напрямком? Чи не суперечить відповідь третьому закону Ньютона?
12. Знайдіть розмірності напруженостей електричного і магнітного полів. Чому дорівнюють розмірності їх потенціалів?
13. Векторне поле \vec{A} задається виразом: $\vec{A} = az\vec{i}$ (в ДСК). Зобразіть силові лінії цього поля. Знайдіть значення $div\vec{A}$ і $rot\vec{A}$ в довільній точці.
14. Векторне поле \vec{A} задається виразом: $\vec{A} = \frac{[\vec{a}, \vec{r}]}{r}$. Зобразіть силові лінії цього поля. Знайдіть значення $div\vec{A}$ і $rot\vec{A}$ в довільній точці.
15. Застосуйте теорему Гауса-Остроградського $\oint_S \vec{A} \cdot d\vec{S} = \int_{V_S} div\vec{A} dV$ до поля $\vec{A} = a \frac{\vec{r}}{r^3}$ і сферичної поверхні, центр якої співпадає з початком координат. З чим пов'язано непорозуміння, яке виникає?
16. Чи може магнітне поле напруженості $\vec{H} = az\vec{i}$ (в ДСК) існувати у вакуумі?
17. Векторне поле \vec{A} задається виразом: $\vec{A} = \frac{[\vec{a}, \vec{r}]}{r}$, в якому вектор \vec{a} є направленим вздовж вісі z . Знайдіть циркуляцію вектора \vec{A} вздовж круга радіуса b , якщо круг лежить у площині: $\vec{p}\vec{r} + c = 0$, а центр круга знаходиться на мінімальній відстані від початку координат. Розгляньте окремі випадки, коли $\vec{p} \uparrow \uparrow \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ (ортам ДСК).
18. Напруженість електричного поля задається виразом:

$$\vec{E}(x, y, z) = q_1 \frac{\vec{i}(x+a) + \vec{j}y + \vec{k}z}{[(x+a)^2 + y^2 + z^2]^{3/2}} + q_2 \frac{\vec{i}(x-a) + \vec{j}y + \vec{k}z}{[(x-a)^2 + y^2 + z^2]^{3/2}}.$$

Знайдіть $rot\vec{E}$ в точках $(0,0,0)$ і $(1,1,1)$.

19. Доведіть, що калібровочна умова Лоренца сумісна із законом збереження заряду.

20. Яка розмірність 1) дельта-функції Дірака $\delta(\vec{r} - \vec{r}_0)$ і 2) функції Гріна $G(\vec{r}, \vec{r}', t)$ у рівняння, описуючого скалярний потенціал електромагнітного поля?

21. Потенціали електромагнітного поля мають вигляд: $\varphi' = \varphi - \frac{1}{c} \frac{f'(t)}{r}$ и

$$\vec{A}' = \vec{A} - \frac{f(t)}{r^3} \vec{r}. \text{ Чи можна стверджувати, що потенціали } \varphi, \vec{A} \text{ і } \varphi', \vec{A}'$$

є еквівалентними один одному?

22. Доведіть, що скалярний потенціал поля, утвореного зарядом q , який рівномірно рухається вздовж вісі x – ів, визначається виразом:

$$\varphi(x, y, z) = \frac{q}{\sqrt{(x - x_0 - v_0 t)^2 + (1 - \beta^2)(y^2 + z^2)}},$$

де $\beta^2 = \frac{v_0^2}{c^2}$ і v_0 – швидкість руху заряду.

23. Зобразіть еквіпотенціальні поверхні поля, описаного у попередній задачі.

24. Два заряди q_1 і q_2 рухаються вздовж вісі x – ів з однаковою за величиною швидкістю v_0 . Відстань між зарядами дорівнює a .

Знайдіть силу, яка діє на заряд q_2 з боку заряду q_1 і навпаки.

25. Доведіть, що рівняння Максвелла є \hat{P}, \hat{T} – інваріантними.

26. Дайте означення напруженостей електричного и магнітного полів.

Доведіть, що \vec{H} – псевдовектор. Знайдіть розмірності полів \vec{E} і \vec{H} , а також потенціалів φ і \vec{A} .

27. Скільки з шести компонентів $(E_x, E_y, E_z, H_x, H_y, H_z)$ є незалежними?

28. Скалярний потенціал має вигляд: $\varphi(x, t) = \frac{\varphi_0}{1 + a(x - ct)^2}$. Зобразіть форму

сигнала і розкладіть його на плоскі хвилі.

29. Чи задовольняють потенціали Лієнара-Віхерта умові Лоренцевської калібровки?

30. За виконання яких умов плоска хвиля: $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$, $\vec{H} = \vec{H}_0 e^{-i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$ задовольняє рівнянням Максвелла?
31. Чому дорівнюють швидкість розповсюдження, довжина хвилі та період осциляцій плоскої хвилі: $\varphi = \varphi_0 \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$?
32. Скалярний потенціал рухомого точкового заряду описується виразом:

$$\varphi(\vec{r}, t) = \frac{q}{|\vec{r} - \vec{r}_0(t_*)| \left(1 - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_0(t_*)) \cdot \vec{v}_0(t_*)}{c} \right)}.$$

Чому дорівнює t_* ? Поясніть якісно його походження?

33. Ми говоримо, що \vec{E}, \vec{H} визначаються однозначно, а φ і \vec{A} – неоднозначно. Чому?
34. Доведіть, що для плоских хвиль: $\text{rot}\vec{E} = i[\vec{k}, \vec{E}]$, якщо $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$.
35. Напруженості електричного і магнітного полів є дійсними величинами. Однак, ми часто використовуємо комплексні напруженості типу: $\vec{E} = \vec{E}_0 e^{i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)}$. Чи допустимо це?
36. Доведіть, що густина $a(\vec{r}, t)$ величини, що зберігається, задовольняє диференціальному рівнянню: $\frac{\partial a}{\partial t} + \text{div}\vec{j} = 0$, де $\vec{j} = a\vec{v}$.
37. Знайдіть дипольний момент трьох зарядів $q_1 = q$, $q_2 = q$, $q_3 = -2q$, розташованих в точках: $\vec{r}_1 = (1, 0, 0)$, $\vec{r}_2 = (0, 1, 0)$, $\vec{r}_3 = (0, 0, 1)$.
38. Знайдіть електричне поле рівномірно зарядженої площини (густина заряду σ).
39. Векторне поле є однозначною функцією тільки від r : $\vec{A}(\vec{r}) = \vec{A}(r)$. Якою є структура поля?
40. Розкладіть функції $f_1 = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{x}|}$, $f_2 = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{x}|^2}$, $f_3 = |\vec{r} - \vec{x}|$ і $f_4 = |\vec{r} - \vec{x}|^2$ в ряди за \vec{x} .
41. Заряд рухається з постійною швидкістю \vec{V}_0 . Зобразіть екіпотенціальні поверхні та силові лінії його електричного поля.
Нехай лінійний струм I_1 співпадає з віссю x – ів, а лінійний струм I_2 зсунуто паралельно йому в площині (x, y) на відстань a . Знайти $\text{div}\vec{H}$ і $\text{rot}\vec{H}$ в точці $\vec{r} = (0, 0, a)$.
42. Плоска електромагнітна хвиля розповсюджується вздовж вісі x – ів. Знайти компоненти максвелівського тензора напружень.
43. Плоска електромагнітна хвиля розповсюджується вздовж вісі x – ів. Довести, що вектор Пойнтінга дорівнює $\vec{S} = cu\vec{i}$, де u – густина енергії електромагнітного поля.
44. Який смисл мають компоненти максвелівського тензора напружень?

45. Ядро атома знаходиться на початку координат, а електронна оболонка має сферично-симетричну форму. Знайдіть дипольний момент атома.
46. Напруженість плоскої монохроматичної хвилі змінюється за законом: $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$. Знайдіть напруженість магнітного поля: $\vec{H}(\vec{r}, t)$.
47. Чим відрізняються між собою плоска і плоска монохроматична хвилі?
48. Доведіть, що плоска хвиля, для якої $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 f(\vec{n}\vec{r} - ct)$, задовольняє рівнянням Максвелла. З якою швидкістю вона поширюється? Знайдіть напруженість магнітного поля: $\vec{H}(\vec{r}, t)$.
49. Обчисліть класичний радіус електрона.
50. Доведіть, що густина енергії і вектор Пойнтінга плоскої монохроматичної хвилі визначаються формулами: $u = \frac{\vec{H}^2}{4\pi}$ і $\vec{S} = uc\vec{n}$, де \vec{H} - вектор напруженості магнітного поля.
51. Доведіть, що величина $U = \int_V u dV$, де $u = \frac{\vec{E}^2}{8\pi}$, співпадає з енергією електростатичного поля.
52. Чому дорівнюють $\text{div}\vec{S}$ і $\text{rot}\vec{S}$, де \vec{S} - вектор Пойнтінга плоскої монохроматичної хвилі?
53. Опишіть основні властивості поля випромінювання осцилятора Герца. Який вигляд має поле осцилятора Герца на малих відстанях від нього.
54. Напруженість електричного поля сигналу змінюється за законами 1) $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos^4(\vec{k}\vec{r} - \omega t)$ і 2) $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 f(\vec{n}\vec{r} - ct)$. Розкладіть їх за плоскими монохроматичними хвилями.
55. Знайдіть диференціальний переріз розсіювання плоскої монохроматичної хвилі на зв'язаному електроні, коли частота хвилі є близькою до частоти власних коливань електрона.
56. Дайте означення диференціального перерізу розсіювання для плоскої хвилі. Яку розмірність має диференціальний переріз розсіювання?
57. Електричний заряд рухається зі швидкістю $|\vec{v}(t)| \ll c$ в обмеженій області простору. Знайдіть напруженість електричного поля на великих і малих відстанях від нього.
58. Дайте означення інтенсивності випромінювання. Яку розмірність має диференціальна інтенсивність випромінювання?
59. Заряд гойдається на гойдалці. Знайдіть інтенсивність випромінювання цієї системи.
60. Гранична умова для вектора \vec{H} має вигляд:
- $$\vec{H}_\tau^{(1)} - \vec{H}_\tau^{(2)} = \frac{4\pi}{c} \vec{i}_v.$$
- Поясніть смисл символів, що входять до формули.
61. Напишіть рівняння Максвелла у провідному середовищі.
62. Виділити з рівнянь Максвелла рівняння для потенціальних і вихрових складових електромагнітного поля.

63. Заряд q знаходиться на відстані a від провідної площини. Знайдіть густину поверхневих зарядів.
64. Діелектрична проникність середовища поблизу поверхні є тензорною величиною. Чому?
65. Якісно вивести формулу для товщини скін-шару.
66. Діелектрична куля знаходиться в однорідному зовнішньому полі \vec{E}_0 . Її дипольний момент є пропорційним напруженості зовнішнього поля $\vec{D} = \kappa \vec{E}_0$. Знайти κ .
67. Знайти густину поляризаційних зарядів на поверхні однорідно поляризованої пластини.
68. Паралельно провідній площині розташована рівномірно заряджена лінійна нитка. Знайти:
- а) потенціал поля, утвореного ниткою;
 - б) напруженість електричного поля;
 - в) силу, з якою нитка притягується (чи відштовхується) до площини.
69. З одного боку плоскої границі розділу двох діелектриків (ϵ_1 і ϵ_2) компоненти напруженості електричного поля дорівнюють $E_n^{(1)}$ і $E_\tau^{(1)}$. Знайти компоненти напруженості електричного поля з другого боку границі.
70. Оцінити значення напруженостей мікроскопічних електричного і магнітного полів.
71. Дайте означення векторів $\vec{E}, \vec{H}, \vec{j}$ і скалярної густини зарядів ρ .
72. Чим відрізняються вектори \vec{H} і \vec{B} ?
73. Напишіть вирази для радіус-вектора \vec{r} в декартовій, сферичній і циліндричній системах координат.
74. Напишіть вирази для оператора набла $\vec{\nabla}$ в декартовій, сферичній і циліндричній системах координат.
75. Чи можуть силові лінії пересікатися? Чи можуть бути на еквіпотенціальній поверхні особливі точки кінцевого типу?
76. В середину провідника довільної форми внесено заряд q . Опишіть його еквіпотенціальні поверхні поблизу і вдалині від провідника.
77. Дайте означення дивергенції векторного поля \vec{A} . Опишіть її геометричний і фізичний смисл. Чому дорівнюють $div1$ і $div2$?
78. Дайте означення градієнта скалярного поля φ . У згоді з означенням знайдіть градієнт поля $\varphi = \vec{a} \cdot \vec{r}$.
79. Зобразити еквіпотенціальні поверхні і силові лінії поля, утвореного однаковими зарядами, однорідно розмазаними по об'єму кулі і її поверхні.
80. Заряди $q_1 = -q_2 = 1$ розташовані в точках $(1,0,0)$ і $(-1,0,0)$. Знайдіть потенціал і напруженість електричного поля в точці $(1,1,1)$.
81. Довести, що $\det(\hat{a})=1$, де \hat{a} матриця перетворень Лоренца.

82. Доведіть, що інтервал $ds^2 = c^2 dt^2 - d\vec{r}^2 \neq 0$ є інваріантним відносно перетворень Лоренца.
83. Задана матриця перетворень \hat{a} координат від ІСВ K' до K . Знайти матрицю зворотного переходу від K до K' .
84. Спираючись на закон сумування швидкостей, довести, що швидкість матеріальної точки не перевищує швидкості світла c .
85. Встановити закон сумування прискорень.
86. Нехай системи відліку K' і K'' рухаються відносно ІСВ K зі швидкостями \vec{v} і $-\vec{v}$ відповідно (вздовж вісі x -ів). В K' знаходиться нерухомий стержень довжини l_0 . Знайти довжину стержня в K і K'' .
87. Довести, що а) квадрат 4-х швидкості дорівнює -1 і б) 4-х прискорення є ортогональним до 4-х швидкості.
88. Знайти закон перетворення: а) компонентів 3-х хвильового вектора \vec{k} плоскої монохроматичної хвилі; б) її частоти при переході від однієї до другої ІСВ.
89. Знайти закони перетворення: а) E_x, H_z ; б) $\vec{E}^2 + \vec{H}^2$ при переході від однієї ІСВ до другої.
90. Довести, що вектор Пойнтінга і густина енергії утворюють 4-х вектор. Встановити закон перетворення густини енергії.
91. Визначте тиск електричного поля на заряджену поверхню: а) сфери радіуса R ; б) нескінченного циліндра радіуса R . Вважати, що густина поверхневого заряду дорівнює σ .
92. Знайдіть час життя класичного атома водню.
93. Напишіть перетворення Лоренца у векторній формі.
94. Дайте означення довжини рухомого об'єкту в СТВ.
95. Дайте означення тривалості часу для рухомого об'єкта в СТВ.
96. Комбінація $\vec{E}^2 - \vec{H}^2$ є інваріантною відносно перетворень Лоренца. Що це означає? Доведіть її інваріантність.
97. Електрон рухається в однорідному електричному полі \vec{E}_0 . Знайдіть закон його руху. Розгляньте особливості руху на малих і великих швидкостях.
98. Знайдіть закон додавання швидкостей у векторній формі.
99. В ІСВ K розповсюджується плоска монохроматична хвиля $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \exp[i(\vec{k}\vec{r} - \omega t)]$. Знайдіть її вигляд у ІСВ K' .
100. Знайдіть закон перетворення густини енергії плоскої монохроматичної хвилі при переході від однієї ІСВ до іншої.
101. Знайдіть напруженість магнітного поля точкового заряду q , який рухається з постійною швидкістю \vec{V} .
102. Сформулюйте принципи відносності: а) Галілея в механіці; б) Айнштейна в електродинаміці.
103. Чи узгоджуються рівняння Максвелла з принципом відносності Галілея?
104. Який смисл має константа c в електродинаміці?

105. З принципу відносності випливає, що координати точки (\vec{r}, t) і (\vec{r}', t') в ІСВ (інерціальних системах відліку) повинні бути зв'язаними між собою лінійними перетвореннями. Чому?
106. Знайдіть явний вигляд перетворень Лоренца, виходячи з рівнянь руху світлового променя $c^2(\Delta t)^2 - (\Delta \vec{r})^2 = 0$ і $c^2(\Delta t')^2 - (\Delta \vec{r}')^2 = 0$ в двох ІСВ.
107. Знайдіть узагальнений вигляд перетворень Лоренца (при довільних орієнтаціях осей координат і швидкості відносного руху):
 а) у векторному вигляді;
 б) у координатному вигляді.
108. Доведіть, що елемент чотирьохвимірної об'єму $dV_4 = dV \cdot dt$ є інваріантним відносно перетворень Лоренца.
109. Чому складові векторів, перпендикулярні до вектора швидкості \vec{V}_0 відносного руху двох ІСВ, залишаються інваріантними?
110. Знайдіть закон перетворення прискорень матеріальної точки при переході від однієї ІСВ до другої.
111. Запишіть закони сумування швидкостей і прискорень у векторному вигляді.
112. Траєкторія руху матеріальної точки в ІСВ K' є прямою $y' = p'x'$, $z' = q'x'$. Знайдіть траєкторію її руху в ІСВ K , яка рухається відносно K' так, що осі x і x' є паралельними швидкості відносного руху \vec{V}_0 .
113. Доведіть, що закон перетворення $V'_\mu = a_{\mu\nu} V_\nu$ 4-х швидкостей матеріальної точки повністю узгоджується з законом складання швидкостей в тривимірному просторі.
114. Знайдіть матрицю $a_{\mu\nu}$ перетворення 4-х векторів для довільної орієнтації осей координат і довільного напрямлення швидкості
115. Чи залишається довжина тривимірної вектора інваріантною при перетвореннях Лоренца. Чи зберігається властивість ортогональності двох тривимірних векторів при перетвореннях Лоренца?
116. π^0 - мезон розпадається на два γ - кванта. Найдіть угол их разлета.
117. Довести, що елемент 4-х об'єма є інваріантним відносно перетворень Лоренца.
118. Опишіть траєкторію електрона, що рухається в магнітному полі.
119. Дія вільної частинки дорівнює: $S = -mc \int_1^2 \sqrt{-dx_\mu dx_\mu}$. Знайдіть рівняння Лагранжа.
120. Яка функція Лагранжа відповідає дії, наведеній в попередній задачі.
121. Покажіть, яким чином, виходячи з виразу $\frac{q}{c} \int A_\mu dx_\mu$ отримати $\frac{q}{c} \int A_\mu j_\mu dV_4$.
122. Як визначається функція Лагранжа електро-магнітного поля.
123. Як пов'язані діелектрична і магнітна проникності з відповідними сприйнятливостями.
124. Який смисл має вектор індукції магнітного поля,
125. Визначити напруженості полів \vec{E} і \vec{H} для заряду, що рухається

постійними за величиною і напрямком швидкістю.

126. Як виглядатиме закон Кулона для двох зарядів q_1 і q_2 :

а) які знаходяться на відстані a один від одного: 1) у вакуумі та 2) в середовищі з проникністю ε ;

б) які знаходяться на відстані a один від одного, а також віддалені від провідної площини на відстані: b - перший заряд і c - другий заряд.

127. Розрахувати $\operatorname{div} \vec{E}$ і $\operatorname{rot} \vec{E}$, де $\vec{E} = \vec{E}_0 f(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$.

128. Знайти густину

а) поверхневих зарядів однорідно поляризованої кулі;

б) поверхневих токів однорідно намагніченої кулі.

129. Знайти ємність

а) плоского конденсатора;

б) сферичного конденсатора.

130. Опишіть поле, утворене

а) плоским конденсатором вдалині від нього;

б) сферичним конденсатором вдалині від нього.

131. Заряджена металічна куля радіусу a знаходиться в середовищі з

проникністю $\varepsilon = \varepsilon_0 \frac{1}{1 + a/r}$. Знайти густину зв'язаних зарядів на її

поверхні.

132. Оцінити час, протягом якого заряд, утворений всередині металічної кулі, переходить на її поверхню.

133. Напишіть граничні умови для векторів

а) напруженості електричного поля;

б) магнітної індукції;

в) вектора поляризації;

г) вектора намагніченості.

134. Поясніть фізичну природу скін-ефекта.

135. В однорідне електричне поле внесено заземлену кулю. Знайти потенціал і напруженість утвореного електричного поля.

136. Довести, що $\rho_{36} = -\operatorname{div} \vec{P}$ и $\vec{j}_{36} = \operatorname{rot} \vec{M}$.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Підсумковий контроль	Сума балів
Змістовні модулі 1-3 5 семестр Поточний контроль на лекціях	Контрольна робота	Індивідуальні завдання	Разом		
T1-T17					
За кожну тему 3 бали	30	19	100	---	100
Змістовні модулі 4-6 6 семестр Поточний контроль на лекціях					
T1-T18					
За кожну тему 2 бали	20	12	70	30	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамєну, курсового проекту (роботу), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		не зараховано
35-59	FX	незадовільно	
1-34	F		

13. Навчально-методичне забезпечення

Навчально-методичне забезпечення: робоча програма навчальної дисципліни; силабус, конспекти лекцій; презентації; методичні вказівки до практичних занять <http://onu.edu.ua/uk/structure/faculty/fmfit/dystsypliny>, <http://phys.onu.edu.ua/uk/robochi-prohramy-navchalnykh-dystsyplin> <http://lib.onu.edu.ua>

14. Рекомендована література

основна

1. Жмудський О.О., Шека Д.Д. Основи електродинаміки. Частина І: Навчальний посібник для студентів природничих факультетів. К.: РВЦ «Київський університет», 2000, 214 с.
2. Головацький В.А. Електродинаміка. Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2015, 281 с.
3. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Т. 1. Класична механіка і електродинаміка. К.: Вища школа, 1992, 430 с.
4. Mrozynski G., Stallein M. Electromagnetic Field Theory: A Collection of Problems. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013, 272 p.
5. Zangwill A. Modern Electrodynamics. Cambridge University Press, 2012, 977 p.
6. Макарець М.В., Решетняк В.Ю., Романенко О.В. Задачі з класичної електродинаміки. К.: РВЦ «Київський університет», 2006, 150 с.
7. Обуховський В.В. Збірка задач для контрольних робіт з електродинаміки. К.: Вид-во КНУ імені Тараса Шевченка, 2003. 153 с.

Допоміжна

1. The Feynman Lectures on Physics (online) <http://surl.li/fukbs>
2. Wolfgang K. H. Panofsky, Melba Phillips. Classical Electricity and Magnetism: Second Edition, Courier Corporation, 2005, 494p. ISBN 0486439240, 9780486439242. <http://surl.li/fukbk>
3. Решетняк С. О. Теоретична фізика. Електродинаміка, Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.
4. Жданов В. І., Пономаренко С. М., Долгошей В. Б. Класична електродинаміка: збірник задач. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. — 96 с.
5. Блажиевська М. В., Григорчак О. І., Криницький Ю. С. та ін. ; за ред. Ю. С. Криницького та А. А. Ровенчака. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2015. 112 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://theorphys.onu.edu.ua/ru/main.php>.
2. onu.edu.ua
3. phys.onu.edu.ua
4. lib.onu.edu.ua