**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

**Радіофізичний факультет**

**кафедра математики та теоретичної радіофізики**

**Укладачі:** докт. фіз.-мат. наук, проф. Обуховський В.В.

 канд. фіз.-мат. наук, доц. Нетреба А.В.

 докт. фіз.-мат. наук, доц. Шека Д.Д.

# Електродинаміка

**РОБОЧА НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА**

для студентів спеціальності 6.070201 «Радіофізика і електроніка»

**Затверджено**

на засіданні кафедри

*Протокол № \_\_\_*

*від \_\_\_\_\_\_ 2010 р.*

*Зав. кафедри*

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Висоцький В.І.*

Декан факультету

*\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Анісімов І.О.*

**КИЇВ – 2010**

Робоча навчальна програма з дисципліни «Електродинаміка».

Укладачі:

докт. фіз.-мат. наук, проф. Обуховський В.В.,

канд. фіз.-мат. наук, доц. Нетреба А.В.,

докт. фіз.-мат. наук, доц. Шека Д.Д.

**Лектори:** докт. фіз.-мат. наук, проф. Обуховський В.В.

 канд. фіз.-мат. наук, доц. Нетреба А.В.

 докт. фіз.-мат. наук, доц. Шека Д.Д.

**Викладачі**:

 докт. фіз.-мат. наук, проф. Обуховський В.В.

 канд. фіз.-мат. наук, доц. Максюта М.В.

 канд. фіз.-мат. наук, доц. Нетреба А.В.

 докт. фіз.-мат. наук, доц. Шека Д.Д.

**Погоджено**

з науково-методичною комісією

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2010 р.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Обуховський В.В.

**Вступ**

Дисципліна «Електродинаміка» є базовою нормативною дисципліною для спеціальності «радіофізика і електроніка», яка викладається в ІV та V семестрах (в кожному семестрі в обсязі 4 кредитів за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS), в тому числі: в ІV семестрі 68 години аудиторних занять (з них 34 годин лекцій, 34 години семінарських занять) і 76 години самостійної роботи, в V семестрі 68 години аудиторних занять (з них 34 годин лекцій, 34 години семінарських занять) і 58 години самостійної роботи. Підсумковий контроль у ІV семестрі проводиться у формі заліку, у V семестрі — у формі іспиту.

**Мета і завдання навчальної дисципліни «Електродинаміка»:** оволодіння основними теоретичними положеннями та математичними методами, що дозволить на сучасному рівні вивчати процеси електромагнітної взаємодії, які покладаються в основу предмету багатьох спеціалізованих дисциплін радіофізичного факультету.

**Предмет навчальної дисципліни «Електродинаміка»** включає основні розділи електродинаміка вакууму та електродинаміка суцільного середовища.

**Вимоги до знань та вмінь:**

*Студент повинен знати:* основні поняття та фізичні закони електродинаміки суцільного середовища та електродинаміки вакууму.

*Студент повинен вміти:* розв’язувати базові фізичні задачі, набути навичок самостійного використання і вивчення літератури.

**Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.**

Нормативна навчальна дисципліна "Електродинаміка" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр", є базовою для вивчення основних спеціальних дисциплін прикладної фізики.

**Система контролю знань та умови підсумкового контролю.** Навчальна дисципліна «Електродинаміка» оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з трьох модулів у IV семестрі і з трьох модулів у V семестрі.

Результати навчальної діяльності студентів оцінюються в кожному семестрі за 100 - бальною шкалою.

***Форми поточного контролю***: оцінювання домашніх самостійних завдань та контрольних робіт виконаних студентами під час практичних занять (кількість балів зазначена в **табл.1**).

***Модульний контроль****:* 6 модульних контрольних робіт (кількість балів зазначена в **табл.1**, модульні контрольні роботи проводяться викладачем на семінарських заняттях в обсязі 4 годин).

**IV семестр**

***Підсумкова оцінка*** розраховується за **накопичувальною системою**. При цьому максимальна кількість балів встановлюється наступним чином:

* за змістовий модуль №1 – **20 балів**;
* за змістовий модуль №2 – **20 балів**;
* за змістовий модуль №3 – **20 балів**

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальна кількість балів | Вид контролю |
| Змістовий модуль№ 1 | Змістовий модуль№ 2 | Змістовий модуль№ 3 | Комплексний підсумковий контроль (залік) | Підсумкова оцінка |
| за модульну контрольну роботу | **10** | **10** | **10** | **40** | **100** |
| за активність на заняттях, виконання завдань самостійної роботи | **10** | **10** | **10** |  |  |
| Всього | **20** | **20** | **20** | **40** | **100** |
| **Табл.1.** Система поточного та підсумкового контролю. |

|  |
| --- |
| За 100-бальною шкалоюОцінка за національною шкалою (для заліку)60 – 100зараховано1 – 59не зараховано |
| **Табл.2.** Шкала відповідності |

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю студент отримав за три змістовні модуля кількість балів, яка менше ніж 21бал, то студент не допускається до комплексного підсумкового модуля і вважається таким, що не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни «Електродинаміка».

**V семестр**

***Підсумкова оцінка*** розраховується за **накопичувальною системою**. При цьому максимальна кількість балів встановлюється наступним чином:

* за змістовий модуль №1 – **20 балів**;
* за змістовий модуль №2 – **20 балів**;
* за змістовий модуль №3 – **20 балів**

|  |  |
| --- | --- |
| Максимальна кількість балів | Вид контролю |
| Змістовий модуль№ 1 | Змістовий модуль№ 2 | Змістовий модуль№ 3 | Комплексний підсумковий контроль (іспит) | Підсумкова оцінка |
| за модульну контрольну роботу | **10** | **10** | **10** | **40** | **100** |
| за активність на заняттях, виконання завдань самостійної роботи | **10** | **10** | **10** |  |  |
| Всього | **20** | **20** | **20** | **40** | **100** |
| **Табл.1.** Система поточного та підсумкового контролю. |

|  |  |
| --- | --- |
| Склад комплексного підсумкового контролю | **Максимальна кількість балів** |
| Перше екзаменаційне питання (теоретичне) | **10** |
| Друге екзаменаційне питання (теоретичне) | **10** |
| Третє екзаменаційне питання (задача) | **10** |
| Четверте екзаменаційне питання (задача) | **10** |
| Всього | **40** |
| **Табл.2.** Система комплексного підсумкового контролю (іспит). |

|  |
| --- |
| За 100-бальною шкалоюОцінка за національною шкалою (для заліку)88 – 100відмінно (5)74 – 87добре (4)60 – 73задовільно (3)1 – 59не задовільно (2) |
| **Табл.3.** Шкала відповідності |

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю студент отримав за три змістовні модуля (№4, №5 та №6) кількість балів, яка менше ніж 21 бал, то студент не допускається до комплексного підсумкового модуля і вважається таким, що не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни «Електродинаміка».

**Навчально-тематичний план лекцій і семінарських занять**

**IV семестр**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № теми | Назва лекції (тема семінару) | Кількість годин |
| Лекції | Семінари | Самостійна робота |
| **Змістовий модуль №1 «*Спеціальна теорія відносності, електромагнітне поле»*** |
|  | Спеціальна теорія відносності. | **2** | **2** | **4** |
|  | Диференціальні операції в 4-просторі. | **2** | **2** | **6** |
|  | Електромагнiтне поле. | **2** | **2** | **2** |
| 4. | Тензор електромагнітного поля.  | **2** | **2** | **5** |
| 5. | Перетворення Лоренца для поля.  | **2** | **1** | **5** |
| 6. | Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля.  | **2** | **1** | **3** |
| Модульна контрольна робота № 1 |  | **21** |  |
|  | ВСЬОГО | **12** | **12** | **25** |
| **Змістовий модуль №2 *«Електромагнітні хвилі»*** |
| 7. | Тривимірна форма рівняння Максвелла. | **2** | **2** | **4** |
| 8. | Стале електромагнітне поле.  | **2** | **2** | **4** |
| 9. | Електромагнітні хвилі  | **2** | **2** | **4** |
| 10. | Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля.  | **2** | **2** | **6** |
| 11. | Сферичні хвилі. Потенціали. | **2** | **1** | **4** |
| 12. | Електромагнітне поле заряду, що рухається. | **2** | **1** | **3** |
| Модульна контрольна робота № 2 |  | **21** |  |
|  | ВСЬОГО | **12** | **12** | **25** |
| **Змістовий модуль №3 *«Випромінювання»*** |
| 13. | Циклотронне та синхротронне випромінювання. | **2** | **2** | **6** |
| 14. | Випромінювання нерелятивістських частинок. | **2** | **1** | **6** |
| 15. | Потенціали електромагнітного поля в хвильовій зоні.  | **2** | **1** | **4** |
| 16. | Електро–дипольне випромінювання.  | **2** | **2** | **4** |
| 17. | Вібратор Герца.  | **2** | **2** | **6** |
| Модульна контрольна робота № 3 |  | **21** |  |
|  | ВСЬОГО | **10** | **10** | **26** |
| **ВСЬОГО ЗА СЕМЕСТР** | **34** | **34** | **76** |

**V семестр**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № теми | Назва лекції (тема семінару) | Кількість годин |
| Лекції | Семінари | Самостійна робота |
| **Змістовий модуль №4 «*Електромагнітні поля в речовині, випромінювання»*** |
| 1 | Рівняння Максвела-Лоренця  | **2** | **2** | **3** |
| 2 | Матеріальні рівняння  | **2** | **2** | **4** |
| 3 | Симетрія і тензорні характеристики речовини  | **2** | **2** | **3** |
| 4 | Діелектрична проникливість, сегнетоелектрика  | **2** | **2** | **4** |
| 5 | Випромінювання лінійної антени  | **2** | **2** | **4** |
| 6 | Випромінювання в ближній зоні  | **2** | **2** | **3** |
| 7 | Класичний час життя атомів  | **2** |  | **3** |
| Модульна контрольна робота № 4 |  | **2** |  |
|  | ВСЬОГО | **14** | **14** | **24** |
| **Змістовий модуль №5 *«Дифракція та інтерференція»*** |
| 8 | Дифракція па гаусовій дпафрагмі  | **2** | **1** | **4** |
| 9 | Теорія дифракції Кірхгофа  | **2** | **1** | **5** |
| 10 | Дифракція Френеля па непрозорому диску  | **2** | **2** | **4** |
| 11 | Інтерференція на гаусових щілинах  | **2** | **2** | **4** |
| 12 | Проходження світла крізь лінзу  | **2** | **2** | **4** |
| 13 | Дифракційна теорія фокусної плями | **2** | **-** | **4** |
| Модульна контрольна робота № 5 |  | **2** |  |
|  | ВСЬОГО | **12** | **12** | **25** |
| **Змістовий модуль №6 *«Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною»*** |
| 14 | Фотони і поляритони  | **2** | **2** | **2** |
| 15 | Повне внутрішнє відбивання | **2** | **2** | **2** |
| 16 | Укорочені рівняння, солітони | **2** | **2** | **3** |
| 17 | Фоторефракція і фотогальванічний ефект  | **2** | **2** | **2** |
| Модульна контрольна робота № 6 |  | **2** |  |
|  | ВСЬОГО | **10** | **10** | **9** |
| **ВСЬОГО ЗА СЕМЕСТР** | **34** | **34** | **58** |

**Зміст лекцій і семінарів за темами**

**IV семестр**

**Змістовий модуль №1 *«Спеціальна теорія відносності,***

***електромагнітне поле»***

**Тема № 1. «Спеціальна теорія відносності»**

Лекція № 1. Спеціальна теорія відносності**(2 год).**

Принцип відносності. Релятивістський принцип відносності. Перетворення Лоренца.

Релятивістська механіка. Геометрія 4-простору. Ко- та контра- варіантні величини.

Семінар № 1. Диференціальні операції в 4-просторі. **(2 год).**

Завдання по СТВ. Розв’язання задач з векторного аналізу.

Завдання для самостійної роботи: **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання. Самостійно: диференційні оператори в сферичній та циліндричній системі координат.

Рекомендована література: [1,5,6,9].

**Тема № 2. «Диференціальні операції в 4-просторі»**

Лекція № 2. Диференціальні операції в 4-просторі **(2 год).**

4-швидкість і 4-прискорення. Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху

Семінар № 2. Диференційні операції **(2 год).**

Вивчення властивостей диференційних операцій. Задачі тензорного аналізу.

Завдання для самостійної роботи **(6 год).**

Вивчення матеріалів лекції, вивчення операцій тензорної алгебри за рекомендованою літературою, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,6,9].

**Тема № 3. «Електромагнітне поле»**

Лекція № 3. Електромагнітне поле **(2 год).**

Загальні принципи побудови теорії поля.

Заряд в електромагнітному полi. Елементарний заряд в класичній теорiї поля. 4-потенціал електромагнітного поля. Рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца. Напруженість електромагнітного поля.

Семінар № 3. Рух зарядженої частинки в електромагнітному полі. **(2 год).**

Розв’язання задач на визначення траекторії руху заряду в полі.

Завдання для самостійної роботи **(2 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,6,9,12].

##### Тема № 4. «Тензор електромагнітного поля»

Лекція № 4. Тензор лектромагнітного поля **(2 год).**

Рівняння електромагнітного поля в коваріантній формі.

Семінар № 4. Диференційні операції **(2 год).**

Вивчення властивостей диференційних операцій. Задачі тензорного аналізу.

Завдання для самостійної роботи **(5 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання, отримати рівняння електромагнітного поля у контраваріантній формі.

Рекомендована література: [1,5,6,9,11].

**Тема № 5. «Перетворення Лоренца для поля»**

Лекція № 5. Перетворення Лоренца для поля **(2 год).**

Інваріанти електромагнітного поля. 4-вектор струму та рівняння неперервності.

Завдання для самостійної роботи **(5 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [5,6,9].

**Тема № 6. «Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля. »**

Лекція № 6. Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля **(2 год).**

Рівняння Максвелла в коваріантній формі.

Семінар № 5. Перетворення Лоренца для поля. Інтеграл дії системи. **(2 год).**

Вивчення властивостей диференційних операцій. Задачі тензорного аналізу.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання, підготовка до контрольної.

Рекомендована література: [4,5,6,9,17].

**Контрольні запитання**

1. Спеціальна теорія відносності. Принцип відносності. Релятивістський принцип відносності. Перетворення Лоренца. Релятивістська механіка. Геометрія 4-простору. Ко- та контра- варіантні величини.
2. Диференціальні операції в 4-просторі. 4-швидкість і 4-прискорення. Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху
3. Електромагнiтне поле. Загальні принципи побудови теорії поля. Заряд в електромагнітному полi. Елементарний заряд в класичній теорiї поля. 4-потенціал електромагнітного поля. Рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца. Напруженість електромагнітного поля.
4. Калібрувальна інваріантність. Тензор електромагнітного поля. Рівняння електромагнітного поля в коваріантній формі.
5. Перетворення Лоренца для поля. Інваріанти електромагнітного поля. 4-вектор струму та рівняння неперервності.
6. Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля. Рівняння Максвелла в коваріантній формі.

**Модульна контрольна робота № 1** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Змістовий модуль №2 *«Електромагнітні хвилі»***

**Тема № 7. «Тривимірна форма рівняння Максвелла.»**

Лекція № 7. Тривимірна форма рівняння Максвелла **(2 год).**

Тривимірна форма рівняння Максвелла. Диференціальна форма рівнянь Маквелла. Інтегральна форма рівнянь Маквелла та її зв’язок з експериментальними законами електромагнетизму.

Рівняння для електромагнітних потенціалів (рівняння д'Аламбера).

Семінар № 7 Статичне електромагнітне поле на далеких відстанях. **(2 год).**

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,4,5-7,9].

**Тема № 8. «Стале електромагнітне поле»**

Лекція № 8. Стале електромагнітне поле. **(2 год).**

Стале електромагнітне поле. Стале електричне поле. Дипольний і квадрупольний моменти.

Система зарядів у зовнішньому електростатичному полі. Стале магнітне поле. Магнітний дипольний момент. Гіромагнітне відношення.

Семінар № 8. Обчислення лишків **(2 год).**

Дипольний, квадрупольний і магнітодипольний моменти.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,6,9,11-12].

**Тема № 9. «Електромагнітні хвилі »**

Лекція № 8. Електромагнітні хвилі **(2 год).**

Плоскі електромагнітні хвилі. Хвильовий 4–вектор і ефект Доплера. Червоний зсув.

Семінар № 8. Електромагнітні хвилі **(2 год).**

Розв’язування задач про суперпозицію хвиль з урахуванням їх поляризації..

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Опрацювання матеріалів лекції, семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,8,9].

**Тема № 10. «Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля»**

Лекція № 10. Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. **(2 год).**

Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. Власні типи коливань (моди) електромагнітного поля. Кількість власних коливань. Гамільтонова форма рівнянь поля. Ефект Казіміра.

Семінар № 10. Рівняння полів **(2 год).**

Рівняння електромагнітних полів, хвиль.

Завдання для самостійної роботи **(6 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,9].

**Тема № 11. «Сферичні хвилі. Потенціали»**

Лекція № 11. Сферичні хвилі. Потенціали

Потенціали Льєнара–Віхерта. Вираз для потенціалів.

Семінар № 11. Потенціали Льєнара–Віхерта. Поле рухомого заряду. **(2 год).**

Завдання для самостійної роботи **(6 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [5,6,7,9].

**Тема № 12. «Електромагнітне поле заряду, що рухається»**

Лекція № 12. Електромагнітне поле заряду, що рухається. **(2 год).**

Випромінювання електромагнітних хвиль точковим зарядом. Випромінювання точкового заряда, що рухається прямолінійно.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,9,14].

**Контрольні запитання**

1. Трьохвимірна форма рівняння Максвелла. Диференціальна форма рівнянь Маквелла.
2. Інтегральна форма рівнянь Маквелла та її зв’язок з експериментальними законами електромагнетизму.
3. Рівняння для електромагнітних потенціалів (рівняння д'Аламбера).
4. Стале електромагнітне поле. Стале електричне поле. Дипольний і квадрупольний моменти. Система зарядів у зовнішньому електростатичному полі. Стале магнітне поле. Магнітний дипольний момент. Гіромагнітне відношення.
5. Електромагнітні хвилі. Плоскі електромагнітні хвилі. Хвильовий 4–вектор і ефект Доплера. Червоний зсув.
6. Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. Власні типи коливань (моди) електромагнітного поля. Кількість власних коливань. Гамільтонова форма рівнянь поля. Ефект Казіміра.
7. Сферичні хвилі. Потенціали спізнення і випередження. Потенціали Льєнара–Віхерта. Вираз для потенціалів.
8. Точне значення електричного та магнітного полів. Електромагнітне поле заряду, що рухається інерційно. Випромінювання електромагнітних хвиль точковим зарядом. Випромінювання точкового заряда, що рухається прямолінійно.

**Модульна контрольна робота № 2** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Змістовий модуль №3 *«Випромінювання»***

**Тема № 13. «Циклотронне та синхротронне випромінювання »**

Лекція № 13. Циклотронне та синхротронне випромінювання **(2 год).**

Семінар № 13. Циклотронне та синхротронне випромінювання **(2 год).**

Визначення інтенсивності та діаграми направленості випромінювання.

Завдання для самостійної роботи **(6 год).**

Вивчення матеріалів лекції, вивчення теми методи аналізу індикатрис випромінювання, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,9,17].

**Тема № 14. «Випромінювання нерелятивістських частинок.»**

Лекція № 14. Випромінювання нерелятивістських частинок. **(2 год).**

Випромінювання в хвильовій зоні.

Завдання для самостійної роботи **(6 год).**

Вивчення матеріалів лекції, аналіз випромінювання нерелятивістських частинок.

Рекомендована література: [1,4,5,7,9].

**Тема № 15. «Потенціали електромагнітного поля в хвильовій зоні»**

Лекція № 15. Потенціали електромагнітного поля в хвильовій зоні. **(2 год).**

Означення хвильової зони. Виведення виразів для потенціалів.

Семінар № 14. Випромінювання нерелятивістських частинок. Потенціали в хвильовій зоні **(2 год).**

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,9].

**Тема № 16. «Електро-дипольне випромінювання»**

Лекція № 16. Електро-дипольне випромінювання **(2 год).**

Інтенсивність. Індикатриса.

Семінар № 15. Дипольне випромінювання **(2 год).**

Аналіз випромінювання систем неперервно та дискретно розподілених зарядів.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [1,5,9,11,12].

**Тема № 17. «Вібратор Герца»**

Лекція № 17. Вібратор Герца **(2 год).**

Діаграма направленості. Опір випромінювання.

Семінар № 16. Звичайні та особливі точки **(2 год).**

Випромінювання, моделі антен.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [5,9].

**Контрольні запитання**

1. Циклотронне та синхротронне випромінювання.
2. Випромінювання нерелятивістських частинок. Випромінювання в хвильовій зоні.
3. Потенціали електромагнітного поля в хвильовій зоні.
4. Електро–дипольне випромінювання.
5. Вібратор Герца. Діаграма направленості. Опір випромінювання.

**Модульна контрольна робота № 3** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Організація самостійної роботи студентів**

**Перелік питань змістових модулів, винесених на самостійну роботу:**

1. **Змістовий модуль № 1,**

1. Релятивістська кінематика.

2. Власний час. Власна довжина.

3. Релятивiстське додавання швидкостей.

*Література:* [1] стор. 16–30, [2] стор. 21–23, [3] стор. 125–133.

1. **Змістовий модуль № 2,**

1. Межовi умови для векторiв електромагнiтного поля.

2. Закон збереження енергiї електромагнiтного поля (теорема Умова-Пойнтiнга).

*Література:* [2] стор. 77–79, [3] стор. 47-54

1. **Змістовий модуль № 3,**

1. Методи розв’язування статичних задач. Метод відокремлення змінних.

2. Метод електростатичних зображень. Метод конформних відображень.

3. Дипольне випромінювання динамічних систем зарядів.

*Література:* [3] стор. 54-90, [7] стор. 78-89.

**Перелік питань, які виносяться на залік**

1. Спеціальна теорія відносності. Принцип відносності. Релятивістський принцип відносності. Перетворення Лоренца. Релятивістська механіка. Геометрія 4-простору. Ко- та контра- варіантні величини.
2. Диференціальні операції в 4-просторі. 4-швидкість і 4-прискорення. Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху
3. Електромагнiтне поле. Загальні принципи побудови теорії поля. Заряд в електромагнітному полi. Елементарний заряд в класичній теорiї поля. 4-потенціал електромагнітного поля. Рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца. Напруженість електромагнітного поля.
4. Калібрувальна інваріантність. Тензор електромагнітного поля. Рівняння електромагнітного поля в коваріантній формі.
5. Перетворення Лоренца для поля. Інваріанти електромагнітного поля. 4-вектор струму та рівняння неперервності.
6. Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля. Рівняння Максвелла в коваріантній формі.
7. Трьохвимірна форма рівняння Максвелла. Диференціальна форма рівнянь Маквелла.
8. Інтегральна форма рівнянь Маквелла та її зв’язок з експериментальними законами електромагнетизму.
9. Рівняння для електромагнітних потенціалів (рівняння д'Аламбера).
10. Стале електромагнітне поле. Стале електричне поле. Дипольний і квадрупольний моменти. Система зарядів у зовнішньому електростатичному полі. Стале магнітне поле. Магнітний дипольний момент. Гіромагнітне відношення.
11. Електромагнітні хвилі. Плоскі електромагнітні хвилі. Хвильовий 4–вектор і ефект Доплера. Червоний зсув.
12. Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. Власні типи коливань (моди) електромагнітного поля. Кількість власних коливань. Гамільтонова форма рівнянь поля. Ефект Казіміра.
13. Сферичні хвилі. Потенціали спізнення і випередження. Потенціали Льєнара–Віхерта. Вираз для потенціалів.
14. Точне значення електричного та магнітного полів. Електромагнітне поле заряду, що рухається інерційно. Випромінювання електромагнітних хвиль точковим зарядом. Випромінювання точкового заряда, що рухається прямолінійно.

**V семестр**

**Змістовий модуль №4 «Електромагнітні поля в речовині, випромінювання»**

**Тема № 1. «Рівняння Максвела-Лоренця »**

Лекція № 1. Рівняння Максвела-Лоренця **(2 год).**

Макроскопичні рівняння Максвела .

Семінар № 1. Макроскопичні рівняння Максвела .. **(2 год).**

Рівняння Максвелла. Аналіз випромінювання різних типів.

Завдання для самостійної роботи: **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання. Випромінювання лінійного квадруполя.

Рекомендована література: [2,8,9].

**Тема № 2. «Матеріальні рівняння »**

Лекція № 2. Матеріальні рівняння **(2 год).**

Матеріальні рівняння. Динамічний відгук.

Семінар № 2. Матеріальні рівняння. Випромінювання. **(2 год).**

Випромінювання різних типів.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,8,9].

**Тема № 3. «Симетрія і тензорні характеристики речовини »**

Лекція № 3. Симетрія і тензорні характеристики речовини **(2 год).**

Операції симетрії. Тензори вищих рангів.

Семінар № 3. Аналіз операцій симетрії. **(2 год).**

Розв’язання задач на визначення характеристик симетрії об’єктів.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,9].

**Тема № 4. «Діелектрична проникливість, сегнетоелектрика »**

Лекція № 4. Діелектрична проникливість, сегнетоелектрика **(2 год).**

Діелектрична проникність середовища. Характеристики сегнетоелектриків.

Семінар № 4. Діелектрична проникливість **(2 год).**

Знаходження діелектричної проникності середовищ з нелінійними властивостями..

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання, аналіз діелектричної проникності середовища з кубічною нелінійністю.

Рекомендована література: [2,6,8,9].

**Тема № 5. «Випромінювання лінійної антени »**

Лекція № 5. Випромінювання лінійної антени **(2 год).**

Аналіз індикатриси випромінювання у хвильовій зоні. Антенний опір випромінюванню.

Семінар № 5. Випромінювання лінійної антени **(2 год).**

Аналіз випромінювання лінійних антен для декількох варіантів збудження струму.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,9].

**Тема № 6. «Випромінювання в ближній зоні »**

Лекція № 6. Випромінювання в ближній зоні **(2 год).**

Рівняння Максвелла в коваріантній формі.

Семінар № 6. Випромінювання. **(2 год).**

Випромінювання. Сила променевою тертя.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарського заняття, виконання домашнього завдання, підготовка до контрольної.

Рекомендована література: [2,4,11,12,9].

**Тема № 7. «Класичний час життя атомів »**

Лекція № 7. Класичний час життя атомів **(2 год).**

Ширина ліній випромінювання. Відбивання від експоненційного бар'єру.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції.

Рекомендована література: [2,9].

**Контрольні запитання**

1. Рівняння Максвела-Лоренця. Макроскопичні рівняння Максвела.
2. Матеріальні рівняння. Динамічний відгук.
3. Симетрія і тензорні характеристики речовини. Операції симетрії. Тензори вищих рангів.
4. Діелектрична проникність, сегнетоелектрика. Характеристики сегнетоелектриків.
5. Випромінювання лінійної антени. Аналіз індикатриси випромінювання у хвильовій зоні. Антенний опір випромінюванню.
6. Випромінювання в ближній зоні. Рівняння Максвелла в коваріантній формі.
7. Класичний час життя атомів Ширина ліній випромінювання. Відбивання від експоненційного бар'єру.

**Модульна контрольна робота № 4** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Змістовий модуль №5 *«Дифракція та інтерференція»***

**Тема № 8. «Дифракція на гаусовій дпафрагмі»**

Лекція № 8. Дифракція на гаусовій діафрагмі **(2 год).**

Аналіз дифракційного поля при Дифракції на гаусовій дпафрагмі.

Семінар № 8 Дифракція па гаусовій дпафрагмі **(1 год).**

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,6,9].

**Тема № 9. «Теорія дифракції Кірхгофа »**

Лекція № 9. Теорія дифракції Кірхгофа . **(2 год).**

Умови існування дифракції Кірхгофа. Математичне формулювання принципу Гюйгенса-Френеля.

Семінар № 9. Дифракція Кірхгофа на прямокутній діафрагмі**(1 год).**

Аналіз дифракційного поля.

Завдання для самостійної роботи **(5 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [6,9].

**Тема № 10. «Дифракція Френеля па непрозорому диску »**

Лекція № 10. Дифракція Френеля па непрозорому диску (2 год).

Аналіз дифракційного поля.

Семінар № 10. Дифракція Френеля **(2 год).**

Розв’язування задач про дифракцію Френеля на різних об’єктах.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Опрацювання матеріалів лекції, семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [6-9].

**Тема № 11. «Інтерференція на гаусових щілинах »**

Лекція № 11. Інтерференція на гаусових щілинах. **(2 год).**

Аналіз інтерференційного поля.

Семінар № 11. Інтерференція на гаусових щілинах **(2 год).**

Аналіз інтерференційного поля для періодичних структур.

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [6-9].

**Тема № 12. «Проходження світла крізь лінзу »**

Лекція № 12. Проходження світла крізь лінзу

Формула Кірхгофа. Кут дифракційного розходження.

Семінар № 12. Дифракція на періодичних структурах. **(2 год).**

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [6-9].

**Тема № 13. «Дифракційна теорія фокусної плями»**

Лекція № 12. Дифракційна теорія фокусної плями. **(2 год).**

Завдання для самостійної роботи **(4 год).**

Вивчення матеріалів лекції, підготовка до контрольної роботи.

Рекомендована література: [2,9].

**Контрольні запитання**

1. Дифракція на гаусовій діафрагмі. Аналіз дифракційного поля при Дифракції на гаусовій дпафрагмі.
2. Теорія дифракції Кірхгофа. Умови існування дифракції Кірхгофа. Математичне формулювання принципу Гюйгенса-Френеля.
3. Дифракція Френеля па непрозорому диску. Аналіз дифракційного поля.
4. Інтерференція на гаусових щілинах
5. Проходження світла крізь лінзу**.** Формула Кірхгофа. Кут дифракційного розходження.
6. Дифракційна теорія фокусної плями.

**Модульна контрольна робота № 5** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Змістовий модуль №6 *«Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною»***

**Тема № 14. «Фотони і поляритони »**

Лекція № 14. Фотони і поляритони **(2 год).**

Фотонні кристали. Стиснуті стани. Взаємодія фотонів з речовиною. Моделі речовин.

Семінар № 14. Взаємодія випромінювання з речовиною **(2 год).**

Нелінійні властивості середовища.

Завдання для самостійної роботи **(2 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,6-9].

**Тема № 15. «Повне внутрішнє відбивання»**

Лекція № 15. Повне внутрішнє відбивання. **(2 год).**

Ефект Гуса-Хенхена.

Семінар № 15. Взаємодія випромінювання з речовиною **(2 год).**

Нелінійні властивості середовища.

Завдання для самостійної роботи **(2 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,6-9].

**Тема № 16. «Укорочені рівняння, солітони»**

Лекція № 16. Укорочені рівняння, солітони. **(2 год).**

Семінар № 16. Взаємодія випромінювання з речовиною **(2 год).**

Нелінійні властивості середовища.

Завдання для самостійної роботи **(3 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання.

Рекомендована література: [2,14].

**Тема № 17. «Фоторефракція і фотогальванічний ефект»**

Лекція № 17. Фоторефракція і фотогальванічний ефект **(2 год).**

Умови спостереження ефекту.

Семінар № 17. Хвилеводи та резонатори **(2 год).**

Аналіз полів у хвилеводах і резонаторах.

Завдання для самостійної роботи **(2 год).**

Вивчення матеріалів лекції, опрацювання семінарських занять, виконання домашнього завдання, аналіз полів у циліндричному резонаторі.

Рекомендована література: [11].

**Контрольні запитання**

1. Фотони і поляритони. Фотонні кристали. Стиснуті стани. Взаємодія фотонів з речовиною. Моделі речовин.
2. Повне внутрішнє відбивання. Ефект Гуса-Хенхена.
3. Укорочені рівняння, солітони.
4. Фоторефракція і фотогальванічний ефект. Умови спостереження ефекту.
5. Хвилеводи та резонатори.

**Модульна контрольна робота № 6** **(2 год).**

**Контрольна робота СРС** **(2 год).**

**Організація самостійної роботи студентів**

**Перелік питань змістових модулів, винесених на самостійну роботу:**

1. **Змістовий модуль № 4,**

1. Сегнетоелектрика.

2. Випромінювання антен, які складаються з декількох відрізків.

3. Тензорний опис операцій симетрії.

*Література:* [2] стор. 122-144, [9] стор. 43-56, [15] стор. 220-287.

1. **Змістовий модуль № 5,**

1. Інтегральна теорема Гельмгольца-Кірхгофа.

2. Дифракційні гратки.

*Література:* [10] стор. 165–182, [4] стор. 175-189.

1. **Змістовий модуль № 6,**

1. Комбінаційне розсіювання світла на поляритонах.

2. Силові лінії електромагнітного поля у прямокутних і циліндричних хвилеводах та резонаторах..

*Література:* [8] стор. 332-359, [11] стор. 112-163.

**Перелік питань, які виносяться на іспит**

1. Спеціальна теорія відносності. Принцип відносності. Релятивістський принцип відносності. Перетворення Лоренца. Релятивістська механіка. Геометрія 4-простору. Ко- та контра- варіантні величини.
2. Диференціальні операції в 4-просторі. 4-швидкість і 4-прискорення. Функції Лагранжа та Гамільтона релятивістської частинки. Коваріантне рівняння руху
3. Електромагнiтне поле. Загальні принципи побудови теорії поля. Заряд в електромагнітному полi. Елементарний заряд в класичній теорiї поля. 4-потенціал електромагнітного поля. Рівняння руху зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца. Напруженість електромагнітного поля.
4. Калібрувальна інваріантність. Тензор електромагнітного поля. Рівняння електромагнітного поля в коваріантній формі.
5. Перетворення Лоренца для поля. Інваріанти електромагнітного поля. 4-вектор струму та рівняння неперервності.
6. Дія системи, що складається із зарядів і електромагнітного поля. Рівняння Максвелла в коваріантній формі.
7. Трьохвимірна форма рівняння Максвелла. Диференціальна форма рівнянь Маквелла.
8. Інтегральна форма рівнянь Маквелла та її зв’язок з експериментальними законами електромагнетизму.
9. Рівняння для електромагнітних потенціалів (рівняння д'Аламбера).
10. Стале електромагнітне поле. Стале електричне поле. Дипольний і квадрупольний моменти. Система зарядів у зовнішньому електростатичному полі. Стале магнітне поле. Магнітний дипольний момент. Гіромагнітне відношення.
11. Електромагнітні хвилі. Плоскі електромагнітні хвилі. Хвильовий 4–вектор і ефект Доплера. Червоний зсув.
12. Гамільтонова форма рівнянь електромагнітного поля. Власні типи коливань (моди) електромагнітного поля. Кількість власних коливань. Гамільтонова форма рівнянь поля. Ефект Казіміра.
13. Сферичні хвилі. Потенціали спізнення і випередження. Потенціали Льєнара–Віхерта. Вираз для потенціалів.
14. Точне значення електричного та магнітного полів. Електромагнітне поле заряду, що рухається інерційно. Випромінювання електромагнітних хвиль точковим зарядом. Випромінювання точкового заряда, що рухається прямолінійно.
15. Рівняння Максвела-Лоренця. Макроскопичні рівняння Максвела.
16. Матеріальні рівняння. Динамічний відгук.
17. Симетрія і тензорні характеристики речовини. Операції симетрії. Тензори вищих рангів.
18. Діелектрична проникність, сегнетоелектрика. Характеристики сегнетоелектриків.
19. Випромінювання лінійної антени. Аналіз індикатриси випромінювання у хвильовій зоні. Антенний опір випромінюванню.
20. Випромінювання в ближній зоні. Рівняння Максвелла в коваріантній формі.
21. Класичний час життя атомів Ширина ліній випромінювання. Відбивання від експоненційного бар'єру.
22. Дифракція на гаусовій діафрагмі. Аналіз дифракційного поля при Дифракції на гаусовій дпафрагмі.
23. Теорія дифракції Кірхгофа. Умови існування дифракції Кірхгофа. Математичне формулювання принципу Гюйгенса-Френеля.
24. Дифракція Френеля па непрозорому диску. Аналіз дифракційного поля.
25. Інтерференція на гаусових щілинах
26. Проходження світла крізь лінзу**.** Формула Кірхгофа. Кут дифракційного розходження.
27. Дифракційна теорія фокусної плями.
28. Фотони і поляритони. Фотонні кристали. Стиснуті стани. Взаємодія фотонів з речовиною. Моделі речовин.
29. Повне внутрішнє відбивання. Ефект Гуса-Хенхена.
30. Укорочені рівняння, солітони.
31. Фоторефракція і фотогальванічний ефект. Умови спостереження ефекту.
32. Хвилеводи та резонатори.

**ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

## Основна література

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика: Учебн. пособие. В 10 т. Т. II. Теория поля.-М.: Н., 1988.
2. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика: Учебн. пособие. В 10 т. Т. VIII. Электродинамика сплошных сред.-М.: Н., 1992.
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теоретическая физика: Учебн. пособие. В 10 т. Т. IV. Квантовая электродинамика.-М.: Н., 1989.
4. М.М.Бредов, В.В.Румянцев, И.Н.Топтыгин. Классическая электродинамика.-М.: Н., 1985.
5. О.О.Жмудський, Д.Д.Шека. Основи електродинамiки. Частина 1.- К.:Вид-во КНУ, 2000
6. В.В.Батыгин, И.Н.Топтыгин. Сборник задач по электродинамике. М.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". 2002.
7. А.И.Алексеев. Сборник задач по электродинамике. М.: Наука. 1977.
8. В.В.Батыгин, И.Н.Топтыгин. Современная электродинамика. М.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика". - 2005, Т. 1-2
9. В.В. Обуховський. Збірник задач з електродинаміки. К. 2003.

## Додаткова література

1. Д.В.Гальцов, Ю.В.Грац, В.Ч.Жуковский. Классические поля:  Учебн. пособие. -М.: Изд-во МГУ, 1991
2. В.Й. Сугаков. Електродинамiка. Вища школа, К. 1974.
3. А.М.Федорченко. Електродинамiка. Вища школа, К. 1974.
4. И.Е.Тамм. Основы теории электричества.М.:Наука.1966.
5. Р.Фейнман. Электродинамика, Т.6. М.: Мир.
6. Дж.Джексон. Классическая электродинамика, М., Мир, 1965.
7. Пановский В., Филипс М.. Классическая электродинамика. М., физ.-мат.лит. 1963.
8. Смайт В. Электростатика и электродинамика. ИЛ. 1954
9. Сивухин Д.В. Электричество.