

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В.Н. КАРАЗІНА

Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

ЗАВІДУВАЧ КАФЕДРИ

\_\_\_\_\_ проф. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

## **КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ОПТИКА»**

### **ЗМІСТ НМК**

- 1. Розширені плани (теми) лекцій;**
- 2. Навчальний контент ( перелік підручників та посібників, що є в наявності в бібліотечному фонді та в мережі Інтернет);**
- 3. План практичних та лабораторних занять;**
- 4. Завдання для самостійної роботи;**
- 5. Завдання для контрольної роботи, передбаченої навчальним планом;**
- 6. Перелік питань до екзамену;**
- 7. Білети для семестрових екзаменів або завдання для письмових залікових робіт (з проставленням балів за кожне завдання; критерії оцінювання завдань у робочій програмі);**
- 8. Критерії оцінювання набутих знань і вмінь (у робочій програмі дисципліни).**

# 1. Розширені плани (теми) лекцій

## Розділ 1. Коливання і хвилі

Тема 1. Основні властивості хвильових процесів в середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Вивід хвильового рівняння і його рішення. Швидкість поширення механічних коливань середовища. Поширення звукових хвиль і хвиль на поверхні рідин. Джерела хвиль, локальні неоднорідності, вібратори та їх опис.

Тема 2. Біжучі хвилі. Визначення довжини хвилі і фазової швидкості. Енергія хвильового процесу. Плоскі, сферичні та циліндричні хвилі. Хвильові процеси в механіці, гідродинаміці та електродинаміці. Принцип подібності фізичних процесів.

Тема 3. Поширення хвиль у хвилеводах. Відображення хвиль від межі розділу. Стоячі хвилі в замкнутому об'ємі. Умови виникнення вузлів та пучностей. Коливання закріпленої струни. Дискретний спектр частот і довжин хвиль. Максимально можлива довжина стоячої хвилі в замкнутій системі. Енергія стоячої хвилі.

Тема 4. Власна частота коливань системи. Явище резонансу в хвильових процесах. Принципи посилення і поглинання коливань середовищем. Резонатори. Експерименти проф. Лебедева. Пондеромоторні сили. Явище параметричного резонансу на прикладі математичного маятника. Маятник Капіці.

Тема 5. Зміна частоти випромінюваних хвиль рухомим джерелом. Ефект Доплера. Рух частинок із швидкостями, що перевищують швидкість звуку в середовищі. Ударні хвилі. Загасання хвиль при поширенні в дисипативному середовищі. «Червоне» зміщення в спектрах віддалених галактик.

## Розділ 2. Електромагнітні коливання і природа світла

Тема 6. Електричний коливальний контур, вільні і вимушені електричні коливання. Основні характеристики коливального контуру: власна частота і добротність. Рішення рівнянь Максвелла і розповсюдження електромагнітних хвиль в середовищі. Природа світла. Шкала електромагнітних хвиль. Експерименти Герца і Тесла. Поперечні і поздовжні електромагнітні хвилі. Моделі світлоносного середовища Максвелла, Кельвіна, Лоренца. Сучасні уявлення про поширення електромагнітних хвиль.

Тема 7. Поняття групової та фазової швидкості руху електромагнітної хвилі. Швидкість світла в ефірі (фізичному вакуумі) і речовині. Енергія і імпульс електромагнітної хвилі. Вектор Умова-Пойнтінга. Експерименти проф. Лебедева. Ефект Вавилова-Черенкова.

## Розділ 3. Геометрична і хвильова оптика

Тема 8. Геометрична оптика. Межі застосовності. Принцип Ферма. Оптична довжина шляху. Показник заломлення середовища. Закони заломлення і віддзеркалення. Кут Брюстера. Повне внутрішнє віддзеркалення.

Тема 9. Хвильова оптика. Межі застосовності. Зв'язок показника заломлення з електромагнітними характеристиками середовища. Явище дисперсії. Хід променів в призмі.

Тема 10. Явище дифракції. Дифракція Френеля на круглому отворі і диску. Дифракція Фраунгофера на щілині. Дифракційна решітка. Умова головних максимумів і мінімумів.

Тема 11. Явище інтерференції. Розрахунок інтерференції від двох когерентних джерел хвиль. Оптична різниця ходу. Інтерференція в тонких плівках.

Тема 12. Явище поляризації. Поляризоване і природне світло. Види поляризації. Поляризатори. Закон Малюса. Поляризація світла при відображенні.

#### **Розділ 4. Квантова оптика**

Тема 13. Теплове випромінювання нагрітих тіл. Модель абсолютно чорного тіла. Закони теплового випромінювання Стефана-Больцмана і Віна. Спектральна щільність випромінювання. Енергетична світність.

Тема 14. Опис спектра теплового випромінювання нагрітих тіл. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Квантування енергії випромінювання. Сучасні моделі опису спектра теплового випромінювання. Випускання і поглинання електромагнітних хвиль речовиною. Спектри атомів, газів, рідин і твердих тіл.

Тема 15. Експерименти Комптона з розсіювання електронів на електромагнітних хвилях, їх теоретичні інтерпретації. Введення поняття фотона. Явище фотоелектру. Закони фотоелектру, встановлені проф. Столетовим. Червона межа фотоелектру. Робота виходу електрона з металу. Внутрішній фотоелектр в напівпровідниках. Принцип роботи і вольт-амперна характеристика сонячного фотоелемента.

Тема 16. Пристрій і принцип дії оптичних квантових генераторів (лазерів), джерел монохроматичного випромінювання. Газові та твердотільні лазери. Застосування лазерів в техніці та медицині. Розвиток та застосування світлодіодних технологій. Вольт-амперна характеристика світлодіода. Світлодіодні драйвери і освітлювальні пристрої. Можливості частотної і амплітудної модуляції.

## **2. Навчальний контент**

### **Основна література**

1. Б. М. Яворський, А. А. Детлаф, Л. Б. Милковська, Г. П. Сергєєв. Курс фізики. Київ: Вища школа, 1970.
2. Навчальний посібник для студентів вищих технічних і педагогічних закладів освіти. Т. 3: Оптика. Квантова фізика / Кучерук І. М., Горбачук І. Т.; за ред. Кучерука І. М. - Київ: Техніка, 1999, 520 с.
3. І. Кучерук, І. Горбачук, І. Гаркуша, В. Курінний, М. Певзнер.. Загальний курс фізики. Збірник задач. Техніка, 2003, 560 с.

### 3. План практичних та лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні властивості хвильових процесів в середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Вивід хвильового рівняння і його рішення. Швидкість поширення механічних коливань середовища.	4
2	Біжучі хвилі. Визначення довжини хвилі і фазової швидкості. Енергія хвильового процесу. Плоскі, сферичні і циліндричні хвилі. Хвильові процеси в механіці, гідродинаміці і електродинаміці.	4
3	Поширення хвиль у хвилеводах. Відображення хвиль від межі розділу. Стоячі хвилі в замкнутому об'ємі. Умови виникнення вузлів і пучностей. Коливання закріпленої струни. Дискретний спектр частот і довжин хвиль.	4
4	Власна частота коливань системи. Явище резонансу в хвильових процесах. Принципи посилення і поглинання коливань середовищем. Резонатори. Явище параметричного резонансу на прикладі математичного маятника.	4
5	Зміна частоти випромінюваних хвиль рухомим джерелом. Ефект Доплера. Рух частинок із швидкостями, що перевищують швидкість звуку в середовищі. Ударні хвилі. Загасання хвиль при поширенні в дисипативному середовищі. «Червоне» зміщення в спектрах віддалених галактик.	4
6	Електричний коливальний контур, вільні і вимушені електричні коливання. Основні характеристики коливального контуру: власна частота і добротність. Рішення рівнянь Максвелла і розповсюдження	4

	електромагнітних хвиль в середовищі. Природа світла. Шкала електромагнітних хвиль.	
7	Поняття групової та фазової швидкості руху електромагнітної хвилі. Швидкість світла в ефірі (фізичному вакуумі) і речовині. Енергія і імпульс електромагнітної хвилі. Вектор Умова-Пойнтінга. Експерименти проф. Лебедева. Ефект Вавилова-Черенкова.	4
8	Геометрична оптика. Межі застосовності. Принцип Ферма. Оптична довжина шляху. Показник заломлення середовища. Закони заломлення і віддзеркалення. Кут Брюстера. Повне внутрішнє віддзеркалення.	4
9	Хвильова оптика. Межі застосовності. Зв'язок показника заломлення з електромагнітними характеристиками середовища. Явище дисперсії. Хід променів в призмі.	4
10	Явище дифракції. Дифракція Френеля на круглому отворі і диску. Дифракція Фраунгофера на щілині. Дифракційна решітка. Умова головних максимумів і мінімумів.	4
11	Явище інтерференції. Розрахунок інтерференції від двох когерентних джерел хвиль. Оптична різниця ходу. Інтерференція в тонких плівках.	4
12	Явище поляризації. Поляризоване і природне світло. Види поляризації. Поляризатори. Закон Малюса. Поляризація світла при відображенні.	4
13	Теплове випромінювання нагрітих тіл. Модель абсолютно чорного тіла. Закони теплового випромінювання Стефана-Больцмана і Віна. Спектральна щільність випромінювання. Енергетична світність.	4
14	Опис спектра теплового випромінювання нагрітих тіл. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Квантування енергії випромінювання. Сучасні моделі опису спектра теплового випромінювання. Випускання і поглинання електромагнітних хвиль речовиною. Спектри атомів, газів, рідин і твердих тіл.	4
15	Експерименти Комптона з розсіювання електронів на електромагнітних хвилях, їх теоретичні інтерпретації. Введення поняття фотона. Явище фотоефекту. Закони фотоефекту, встановлені проф. Столетовим. Червона межа фотоефекту.	4
16	Пристрій і принцип дії оптичних квантових генераторів (лазерів), джерел монохроматичного випромінювання. Газові і твердотільні лазери. Застосування лазерів в техніці та медицині. Розвиток і застосування світлодіодних технологій. Вольт-амперна характеристика світлодіода.	4
	Разом	64

#### 4. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Основні властивості хвильових процесів в середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Вивід хвильового рівняння і його рішення. Швидкість поширення механічних коливань середовища.	7	опитування
2	Біжучі хвилі. Визначення довжини хвилі і фазової швидкості. Енергія хвильового процесу. Плоскі, сферичні і циліндричні хвилі. Хвильові процеси в механіці, гідродинаміці і електродинаміці.	7	опитування
3	Поширення хвиль у хвилеводах. Відображення хвиль від межі розділу. Стоячі хвилі в замкнутому об'ємі. Умови виникнення вузлів і пучностей. Коливання закріпленої струни. Дискретний спектр частот і довжин хвиль.	7	опитування
4	Власна частота коливань системи. Явище резонансу в хвильових процесах. Принципи посилення і поглинання коливань середовищем. Резонатори. Явище параметричного резонансу на прикладі математичного маятника.	7	опитування
5	Зміна частоти випромінюваних хвиль рухомим джерелом. Ефект Доплера. Рух частинок із швидкостями, що перевищують швидкість звуку в середовищі. Ударні хвилі. Загасання хвиль при поширенні в дисипативному середовищі. «Червоне» зміщення в спектрах віддалених галактик.	7	опитування
6	Електричний коливальний контур, вільні і вимушені електричні коливання. Основні характеристики коливального контуру: власна частота і добротність. Рішення рівнянь Максвелла і розповсюдження електромагнітних хвиль в середовищі. Природа світла. Шкала електромагнітних хвиль.	7	опитування,
7	Поняття групової та фазової швидкості руху електромагнітної хвилі. Швидкість світла в ефірі (фізичному вакуумі) і речовині. Енергія і імпульс електромагнітної хвилі. Вектор Умова-Пойнтінга. Експерименти проф. Лебедєва. Ефект Вавилова-Черенкова.	7	Опитування,

8	Геометрична оптика. Межі застосовності. Принцип Ферма. Оптична довжина шляху. Показник заломлення середовища. Закони заломлення і віддзеркалення. Кут Брюстера. Повне внутрішнє віддзеркалення.	7	опитування
9	Хвильова оптика. Межі застосовності. Зв'язок показника заломлення з електромагнітними характеристиками середовища. Явище дисперсії. Хід променів в призмі.	7	опитування
10	Явище дифракції. Дифракція Френеля на круглому отворі і диску. Дифракція Фраунгофера на щілині. Дифракційна решітка. Умова головних максимумів і мінімумів.	7	опитування
11	Явище інтерференції. Розрахунок інтерференції від двох когерентних джерел хвиль. Оптична різниця ходу. Інтерференція в тонких плівках.	7	опитування
12	Явище поляризації. Поляризоване і природне світло. Види поляризації. Поляризатори. Закон Малюса. Поляризація світла при відображенні.	7	опитування
13	Теплове випромінювання нагрітих тіл. Модель абсолютно чорного тіла. Закони теплового випромінювання Стефана-Больцмана і Віна. Спектральна щільність випромінювання. Енергетична світність.	7	опитування
14	Опис спектра теплового випромінювання нагрітих тіл. Формула Релея-Джинса. Формула Планка. Квантування енергії випромінювання. Випускання і поглинання електромагнітних хвиль речовиною. Спектри атомів, газів, рідин і твердих тіл.	7	опитування
15	Експерименти Комптона з розсіювання електронів на електромагнітних хвилях, їх теоретичні інтерпретації. Введення поняття фотона. Явище фотоэффекту.	7	опитування
16	Пристрій і принцип дії оптичних квантових генераторів (лазерів), джерел монохроматичного випромінювання. Газові і твердотільні лазери. Застосування лазерів в техніці та медицині.	7	опитування
	Разом	112	

## 5. Завдання для контрольної роботи, передбаченої навчальним планом

### Зразки завдань для експрес-контрольних робіт

#### Варіант x1 (7,7,6 балів)

1. Електричний коливальний контур, вільні і вимушені електричні коливання. Основні характеристики коливального контуру: власна частота і добротність. Випромінювання електромагнітних хвиль контуром.
2. Електромагнітна хвиля з частотою 1,5 МГц переходить з парамагнітного середовища (кисень,  $\mu=1+1,9 \cdot 10^{-6}$ ;  $\epsilon=1,00055$ ) в діамагнітну середу (водень,  $\mu=1-0,063 \cdot 10^{-6}$ ;  $\epsilon=1,00026$ ). Визначити значення  $\Delta\nu$  зміни частоти при цьому переході.
3. Яка природа «червоного зсуву» в спектрах віддалених галактик?

#### Варіант x2 (7,7,6 балів)

1. Рішення рівнянь Максвелла і поширення електромагнітних хвиль в середовищі. Експерименти Майкельсона-Морлі, Саньяка, Міллера і Маринова. Сучасні уявлення про поширення електромагнітних хвиль.
2. Коливальний контур складається з котушки індуктивності  $L = 15$  мГн, конденсатора  $C = 12$  мкФ і резистора опором  $R = 1,5$  Ом. Визначити логарифмічний декремент згасання електромагнітних коливань в контурі.
3. Чому на заході Сонце бачиться червоним? Відповідь обґрунтуйте.

#### Варіант x3 (7,7,6 балів)

1. Природа світла. Шкала електромагнітних хвиль. Поперечні і поздовжні електромагнітні хвилі. Експерименти Герца і Тесла.
2. Коливальний контур складається з конденсатора електроємністю 5 мкФ і котушки з індуктивністю 2 мГн. Вважаючи, що активний опір  $R$  котушки зневажливо малий, визначити амплітудне значення  $I_0$  сили струму в контурі, якщо конденсатор заряджений до напруги  $U_0 = 12$  В.
3. Як змінюються основні параметри електромагнітної хвилі при переході її з одного середовища в інше? Відповідь обґрунтуйте.



## 6. Перелік питань до екзамену

1. Основні властивості хвильових процесів в середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Модель лінійних хвиль.
2. Висновок хвильового рівняння і його рішення. Швидкість поширення механічних коливань середовища.
3. Біжучі хвилі. Визначення довжини хвилі і фазової швидкості.
4. Енергія хвильового процесу. Плоскі, сферичні і циліндричні хвилі. Хвильові процеси в механіці, гідродинаміці і електродинаміці. Принцип подібності фізичних процесів.
5. Відображення хвиль від кордону розділу. Стоячі хвилі в замкнутому просторі. Умови виникнення вузлів і пучностей.
6. Коливання закріпленої струни. Дискретний спектр частот і довжин хвиль.
7. Максимально можлива довжина стоячої хвилі в замкнутій системі. Енергія стоячій хвилі.
8. Власна частота коливань системи. Явище резонансу в хвильових процесах. Принципи посилення і поглинання коливань середовища. Резонатори.
9. Явище параметричного резонансу на прикладі математичного маятника. Експеримент Папалексі і Мандельштама. Маятник Капіці.
10. Рух частинок зі швидкостями, що перевищують швидкість звуку в середовищі. Ударні хвилі.
11. Загасання хвиль при поширенні в дисипативній середовищі. «Червоне» зміщення в спектрах віддалених галактик.
12. Електричний коливальний контур, вільні і вимушені електричні коливання. Основні характеристики коливального контуру: власна частота і добротність.
13. Рішення рівнянь Максвелла і поширення електромагнітних хвиль в середовищі. Природа світла. Шкала електромагнітних хвиль. Експерименти Герца і Тесла.
14. Поняття групової та фазової швидкості руху електромагнітної хвилі. Швидкість світла в «фізичному вакуумі» і речовині.
15. Енергія і імпульс електромагнітної хвилі. Вектор Умова-Пойнтінга.
16. Ефект Вавилова-Черенкова.
17. Геометрична оптика. Межі застосування. Принцип Ферма. Оптична довжина шляху. Показник заломлення середовища.
18. Закони заломлення і відображення. Кут Брюстера. Повне внутрішнє віддзеркалення.
19. Хвильова оптика. Межі застосовності. Зв'язок показника заломлення з електромагнітними характеристиками середовища.
20. Явище дисперсії. Хід променів в призмі.
21. Явище дифракції. Дифракція Френеля на півплощині.
22. Дифракція Фраунгофера на щілині.
23. Дифракційна решітка. Умова головних максимумів і мінімумів.
24. Явище інтерференції. Розрахунок інтерференції від двох когерентних джерел хвиль. Оптична різниця ходу.
25. Явище інтерференції. Розрахунок інтерференції від двох когерентних джерел хвиль. Оптична різниця ходу.

26. Явище поляризації. Поляризований і природне світло. Види поляризації.
27. Поляризатори. Закон Малюса. Поляризація світла при відбиванні.
28. Теплове випромінювання нагрітих тіл. Модель абсолютно чорного тіла. Закони теплового випромінювання Стефана-Больцмана і Віна.
29. Спектральна щільність випромінювання. Енергетична світність.
30. Опис спектра теплового випромінювання нагрітих тіл. Формула Релея-Джинса. Формула Планка.
31. Квантування енергії випромінювання.
32. Сучасні моделі опису спектра теплового випромінювання. Випромінювання та поглинання електромагнітних хвиль речовиною. Спектри атомів, газів, рідин і твердих тіл.
33. Явище фотоефекту. Закони фотоефекту, встановлені проф. Столетовим. Формула Ейнштейна.
34. Червона межа фотоефекту. Робота виходу електрона з металу. Внутрішній фотоефект в напівпровідниках.
35. Пристрій, принцип роботи і вольт-амперна характеристика сонячного фотоелемента.
36. Експерименти Комптона з розсіювання електронів на електромагнітних хвилях, їх теоретичні інтерпретації. Введення поняття фотона.
37. Пристрій і принцип дії оптичних квантових генераторів (лазерів), джерел монохроматичного випромінювання. Газові та твердотільні лазери.
38. Застосування лазерів в техніці та медицині. Конструкція напівпровідникових лазерів.
39. Розвиток та застосування світлодіодних технологій. Вольт-амперна характеристика світлодіода. Світлодіодні драйвери і освітлювальні пристрої.
40. Можливості частотної і амплітудної модуляції електромагнітних хвиль.

## **7. Білети для семестрових екзаменів або завдання для письмових залікових робіт**

### **Зразок екзаменаційного завдання**

Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Навчально-науковий інститут комп'ютерної фізики та

енергетики Кафедра фізики нетрадиційних енерготехнологій та

екології 2020/2021 навчальний рік

*Спеціальність прикладна фізика Семестр 4-й Навчальна*

*дисципліна Загальна фізика. Оптика.*

### **ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № XX (20,20,20 балів)**

1. Основні властивості хвильових процесів в середовищі. Поздовжні і поперечні хвилі. Модель лінійних хвиль.
2. Явище дифракції. Дифракція Френеля на півплощині.
3. Задача.

## 8. Критерії оцінювання набутих знань і вмінь

### Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Експрес-контроль (загальний ваговий бал - 20) проводиться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії. Тривалість експрес-контролю 5-10 хвилин. Кожен експрес-контроль включає 2 простих завдання, за кожну правильну відповідь студент отримує 1 бал. Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.

2. Модульний контроль (загальний ваговий бал - 20) проводиться у вигляді контрольної роботи тривалістю 2 академічні години. МКР складається з 3 задач, які оцінюються в 7, 7 та 6 балів, відповідно. Максимальна кількість балів за МКР - 20 балів.

Критерії оцінювання:

- a) Повністю правильно виконане завдання оцінюється в 7 балів;
- b) Завдання виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 5 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
- c) Часткове виконане завдання оцінюється в 3-4 бали (правильно обрана логіка рішення але грубі помилки в розрахунках);
- d) Часткове виконане завдання оцінюється в 1 бал (правильно обрана логіка рішення, зовсім відсутні розрахунки);
- e) Неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Якщо студент отримав оцінку менше 5 балів за МКР, то він зобов'язаний переписати цю роботу, але не більше двох разів.

3. Екзаменаційна робота (ваговий бал - 60). Необхідною умовою допуску студента до екзамену з дисципліни є позитивний рейтинг з усіх форм семестрової атестації (позитивний рейтинг з МКР та експрес-контролю), але не менше 10 балів.

Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання і одну задачу.

Критерії оцінювання:

- Теоретичні питання оцінюються в 20 балів кожен, при неповній або частково помилковій відповіді – 5-10 балів, при відсутності відповіді – 0 балів.
- Повністю розв'язана задача оцінюється в 20 балів;
- Задача розв'язана з несуттєвими помилками оцінюється в 10-15 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);
- Частково розв'язана задача оцінюється в 5-10 балів (правильно обрана логіка рішення та формули але грубі помилки в розрахунках);
- Часткове розв'язана задача оцінюється в 5 балів (правильно обрана логіка рішення, зовсім відсутні розрахунки);
- Нерозв'язана задача оцінюється в 0 балів.

Форма підсумкового контролю знань – екзамен.