

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

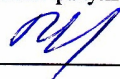
на засіданні групи забезпечення  
спеціальності

протокол № 1 від 31.08.2020р.

Голова групи  Герасимов О.І.

УЗГОДЖЕНО

Декан природоохоронного факультету  
(назва факультету, прізвище, ініціали)

 Чугай А.В.

**СИЛЛАБУС**

навчальної дисципліни

**« ФІЗИКА » Ч.2**

183. Технології захисту навколишнього середовища

(шифр та назва спеціальності)

Технології захисту навколишнього середовища

(назва освітньої програми)

бакалавр		денна	
(рівень вищої освіти)		(форма навчання)	
2	3,4	12/360	залік, іспит
(рік навчання)	(семестр навчання)	(кількість кредитів ЄКТС/годин)	(форма контролю)

Загальної та теоретичної фізики

(кафедра)

Одеса, 2020 р.

Автор: Автори: Герасимов О.І., зав. каф. загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., професор; Андріанова І.С., доцент каф. загальної та теоретичної фізики, к.ф.-м.н., доцент

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри загальної та теоретичної фізики від «31» серпня 2020 року, протокол №1.

Викладачі: Герасимов О.І., зав. каф. загальної та теоретичної фізики, д.ф.-м.н., професор;

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

практичні та лабораторні заняття: Кільян А.М., асистент; Сідлецька Л.М., зав.лаб.

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Рецензент: Рецензент: Софронков О.Н., зав. каф. хімії навколишнього середовища, д.т.н., проф.

(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчене звання)

#### Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Формування у студентів загального фізичного світогляду, отримання цілісної системи знань про процеси та явища, що відбуваються в неживій і живій природі, розвитку наукового фізичного способу мислення, вміння бачити природничо-науково зміст проблем, що виникають в практичній діяльності фахівця, вміння оперувати фізичними моделями та усвідомлювати границі їх застосувань.
Компетентність	<b>К01.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
Результат навчання	<b>ПР01.</b> Знати сучасні теорії, підходи, принципи екологічної політики, фундаментальні положення з біології, хімії, фізики, математики, біотехнології та фахових і прикладних інженерно-технологічних дисциплін для моделювання та вирішення конкретних природозахисних задач у виробничій сфері.
Базові знання	1) фундаментальні фізичні поняття, закони та теорії класичної та сучасної фізики; 2) сутність фізичних явищ та методи їх опису, галузі їх практичного застосування; 3) основні фізичні величини і характеристики, взаємозв'язок фізичних величин та їх одиниць вимірювань; 4) методи досліджень та обробки їх результатів.
Базові вміння	1) аналізувати взаємозв'язок фізичних явищ різної природи; 2) виділяти конкретний фізичний зміст у прикладних задачах майбутньої спеціальності; 3) застосовувати фізичні знання для розв'язання практичних задач; 4) практично здійснювати простіші фізичні експерименти та обробляти їх результати.
Базові навички	1) застосувати базові фізичні знання при аналізі та прогнозуванні можливих негативних наслідків зміни якості навколишнього середовища.
Пов'язані силлабуси	фізика
Попередні дисципліни	Немає
Наступні дисципліни	Моделювання в задачах захисту довкілля
Кількість годин	лекції – 60 год., з них: 3-ій сем. – 30 год; 4-ий сем. –30 год. практичні заняття –30 год., з них: 3-ій сем.–15 год.; 4-ий сем.–15год. лабораторні заняття – 60 год., з них: 3-ій сем –30год.; 4-ий сем. – 30 год. самостійна робота студентів–210 год., з них: 3-ій сем – 105год.; 4-ий сем. – 105 год.

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Третій семестр)

### 2.1. Лекційні модулі

#### Лекційний модуль №3 (3-ій семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л5	<p style="text-align: center;"><b>Електромагнетизм. Електромагнітні коливання і хвилі.</b></p> <p><b>Тема 1. Електромагнетизм.</b></p> <p>1.1 Поле точкового заряду, що рухається. Стационарне магнітне поле. Індукція та напруженість магнітного поля. Сила Ампера. Закон Біо-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиції. Магнітне поле прямого та колового струму. Взаємодія струмів (закон Ампера). Дія електричного і магнітного поля на рухомий заряд, сила Лоренца. Ефект Холла. МГД- генератори. Властивості магнітного поля. Теорема про циркуляцію. Магнітне поле соленоїда.</p> <p>1.2 Магнітне поле в речовині. Магнітна сприйнятливність, проникність. Класифікація речовин за магнітними властивостями. Феромагнетики. Крайові умови для векторів, що характеризують магнітне поле.</p> <p>1.3 Електромагнітна індукція. Закон Фарадея. Струми Фуко. Скін-ефект. Явище самоіндукції. Індуктивність. Взаємна індукція. Трансформатор. Енергія магнітного поля.</p> <p>1.4 Струм зміщення. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля.</p>	8	5
	<p><b>Тема 2. Електромагнітні коливання і хвилі.</b></p> <p>2.2 Коливальний контур. Електромагнітні коливання. Згасаючі (вільні) коливання при наявності опору. Змінний струм. Реактивний опір. Резонанс в коливальному контурі.</p> <p>Електромагнітні хвилі. Диференційне рівняння як витік з рівнянь Максвелла. Енергія хвилі. Вектор Умова-Пойтинга. Ефект Доплера. Червоне зміщення. Шкала електромагнітних хвиль. Уявлення про нелінійні коливання.</p>	4	3
<b>Модульна тестова контрольна робота №5</b>			5
ЗМ-Л6	<b>Хвильова оптика</b>		
	<p><b>Тема 1. Геометрична оптика.</b> Закони геометричної оптики. Явище повного внутрішнього відбиття.</p> <p><b>Тема 2. Оптичний діапазон електромагнітних хвиль. Хвильова оптика.</b></p> <p>2.1 Когерентні хвилі. Часова і просторова когерентність. Оптична різниця ходу. Інтерференція світла. Застосування інтерференції та засоби спостереження.</p>	1	1
		4	2

	<p>2.2 Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція Френеля та Фраунгофера. Дифракція на щілині і дифракційної ґратці. Дифракційний спектр. Дифракція на кристалічній ґратці, формула Вульфа-Брегга. Поняття про голографію.</p> <p><b>Тема 3. Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною.</b> Оптичні анізотропні середовища. Поляризація світла. Закон Малюса, закон Брюстера, подвійне променезаломлення. Дисперсія світла. Нормальна і аномальна дисперсія. Електронна теорія дисперсії. Розсіяння та поглинання світла. Розсіяння Релея. Розсіяння Мандельштама – Бріллюена.</p>	5	4
	<b>Модульна тестова контрольна робота №6</b>		5
ЗМ-Л7	<p><b>Квантова оптика. Корпускулярно-хвильовий дуалізм.</b> <b>Тема 1. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання.</b> Теплове випромінювання. Закони Віна, Кірхгофа і Стефана-Больцмана. Гіпотеза Планка. Тиск світла. Нелінійні явища в оптиці. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона.</p> <p><b>Тема 2. Хвильові властивості речовини.</b> Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвилі де Бройля. Ймовірнісна інтерпретація квантових явищ. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Квантовий стан. Хвильова функція. Принцип суперпозиції.</p>	5	5
	<b>Модульна тестова контрольна робота №7</b>		5
	<b>Іспит</b>		20
	<b>Разом</b>	<b>30</b>	<b>60</b>

Консультації: проф.Герасимов О.І., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.10 (ауд. 301 )

## 2.2. Практичний модуль (3-ій семестр)

### Практичний модуль №5.

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П5	<p><b>Практичний модуль №5. Розв'язування задач за темами змістовних модулів ЗМ-Л5 – ЗМ-Л7.</b> <b>Тема 1. Електромагнетизм.</b> Сила Ампера. Закон Біо-Савара-Лапласа. Взаємодія струмів. Магнітне поле струму. Сила Лоренца. Рух під впливом сили Лоренца. Електромагнітна індукція. Закон Фарадея. Енергія магнітного поля.</p> <p><b>Тема 2. Електромагнітні коливання.</b> Колівальний контур. Резонанс у колівальному контурі.</p> <p><b>Тема 3. Хвильова оптика.</b> Інтерференція світла. Дифракція світла. Дифракційна ґратка. Поляризація світла. Закон Брюстера. Закон Малюса.</p> <p><b>Тема 4. Теплове випромінювання.</b> Закони теплового</p>	4	4
		2	2
		4	4

	випромінювання. Тема 5. <b>Квантова оптика.</b> Фотоелектричний ефект. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту. Кванти світла. Енергія, $\square$ маса, імпульс фотона. Тиск світла. Ефект Комптона.	2	2
		3	3
	<b>Разом:</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

Консультації: Сідлецька Л.М., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: п'ятниця з 16.10 (ауд.302(2)).

### Практичний модуль №6

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П6	<b>Практичний модуль №6. Лабораторні роботи.</b>		
	<b>«Електромагнетизм»</b>		
	Лабораторна робота 1. " Дослідження магнітних властивостей феромагнетиту".	4	4
	Лабораторна робота 2. "Дослідження руху електронів в магнітному полі".	3	3
	<b>«Геометрична оптика. Фотометрія»</b>		
	Лабораторна робота 5. "Визначення коефіцієнту заломлення скла за допомогою мікроскопу".	3	3
	Лабораторна робота 6. "Визначення світлового поля лампи розжарювання".	2	2
	<b>«Хвильова оптика»</b>		
	Лабораторна робота 7."Визначення довжини світлової хвилі за допомогою кілець Ньютона".	4	4
	Лабораторна робота 8."Визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки"	4	4
	<b>«Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною»</b>		
Лабораторна робота 9." Вивчення поляризації світла та дослідна перевірка закону Малюса".	4	4	
Лабораторна робота 10. "Поляриметр".	2	2	
<b>«Теплове випромінювання»</b>			
Лабораторна робота 11. " Оптичний пірометр. Визначення сталої Стефана-Больцмана".	4	4	
	<b>Разом:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

Лабораторні заняття проводяться у фізичних лабораторіях з

1. «Електрики та електромагнетизму»
2. «Оптики»

на лабораторному обладнанні, опис якого наведений у відповідних методичних вказівках до лабораторних робіт.

Консультації: Кільян А.М., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: середа з 16.10 (ауд.302(2)).

## 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи Третій семестр.

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин СРС	Строк проведення (семестр, тиждень)
ЗМ-Л5	Підготовка до лекційних занять	8	3сем.; 1-6 тижд.
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-Л6	Підготовка до лекційних занять	7	3; 7-11
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-Л7	Підготовка до лекційних занять	10	3; 12-15
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-П5	Підготовка до практичних занять	7	3; 1-15
	Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	8	
ЗМ-П6	Підготовка до усного опитування	10	3; 1-15
	Підготовка (оформлення) матеріалів лабораторної роботи (обов'язковий)	20	
	Підготовка до іспиту (обов'язковий)	20	
	Разом:	105	

### 2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л5 – ЗМ-Л7.

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання іспиту (підсумкова атестація).

Варіанти модульних контрольних робіт містять запитання у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 1-2 бали. Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становить:

ЗМ-Л5 – 17 балів, ЗМ-Л6 – 17 балів, ЗМ-Л7 – 16 балів.

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини, складає **50 балів**.

### 2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П5

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П5 є усне опитування та розв'язування задач під час проведення практичних занять за темами лекційного курсу. Всього за практичні заняття студент може отримати **25 балів**. До цієї оцінки входить окрім опитування оцінювання роботи під час розв'язування задач, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування.

### **2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П6**

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П2 є усне опитування та перевірка та перевірка оформлення матеріалів виконаної лабораторної роботи. Всього за практичні (лабораторні) заняття студент може отримати **25 балів**.

### **2.3.4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового іспиту**

**Семестровий іспит (екзамен)** – це письмова форма підсумкового контролюючого заходу в період заліково-екзаменаційної сесії. Допуск до іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів.

Студент вважається допущеним до ПСК з навчальної дисципліни «Фізика», якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни для іспиту: 25 балів у сумі за змістовні модулі ЗМ-П5 та ЗМ-П6. Кожен студент, який на день іспиту має допуск до ПСК з дисципліни, що закінчується іспитом, складає письмовий іспит (екзамен) за розкладом екзаменів.

Якщо студент на день екзамену не ліквідував заборгованість з практичної частини навчальної дисципліни, він не допускається до екзамену. Якщо студент ліквідував заборгованість по практичній частині до дня екзамену, то він допускається викладачем до екзамену.

**Підсумкова контрольна робота (іспит)** представляє собою тестові завдання, кожне з яких містить 25 запитань. Максимальна оцінка за результатами підсумкової атестації (іспиту) становить **100 балів**.

Загальна оцінка за семестр виводиться як середньоарифметичне за підсумками поточного контролю (з теоретичної та практичної частин) та оцінкою за іспит.

## **3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

### **3.1. Модуль ЗМ-Л5 «Електромагнетизм. Електромагнітні коливання і хвилі»**

#### *3.1.1. Повчання*

#### **Тема 1. Електромагнетизм.**

1.1 Поле точкового заряду, що рухається. Стаціонарне магнітне поле. Індукція та напруженість магнітного поля. Сила Ампера. Закон Біо-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиції. Магнітне поле прямого та колового струму. Взаємодія струмів (закон Ампера). Дія електричного і магнітного поля на рухомий заряд, сила Лоренца. Ефект Холла. МГД-генератори. Властивості магнітного поля. Теорема про циркуляцію. Магнітне поле соленоїда.

При вивченні теми звернути увагу на те, що джерелом магнітного поля є мікро- та макроструми. Необхідно зрозуміти, що силові лінії магнітного поля замкнені, тобто магнітне поле є вихровим, і цей вихровий характер магнітного поля відображує теорема про циркуляцію вектора магнітної індукції. Слід добре засвоїти закони Біо-Савара-Лапласа і Ампера, уміти визначати напрям вектора магнітної індукції і сили Ампера; навчитися застосовувати закон Біо-Савара-Лапласа сукупно з принципом суперпозиції для розрахунку характеристик магнітних полів.



Слід звернути особливу увагу на вивчення сили Лоренца, дією якої обумовлений рух заряджених частинок у магнітних полях, та приклади її використання, зокрема у прискорювачах елементарних частинок, МГД-генераторах і т. ін.

1.2 Магнітне поле в речовині. Магнітна сприйнятливність, проникність. Класифікація речовин за магнітними властивостями. Феромагнетики. Крайові умови для векторів, що характеризують магнітне поле.

При вивченні магнітних властивостей речовини перш за все слід розібратися у причинах намагнічування різних речовин; засвоїти у чому суть природи діамагнетизму; на які групи діляться речовини за магнітними властивостями та в чому їх різниця. Особливу увагу звернути на властивості феромагнетиків, природу феромагнетизму.

Розглянути поведінку складових векторів напруженості та індукції магнітного поля на границі двох середовищ з різними магнітними властивостями.

1.3 Електромагнітна індукція. Закон Фарадея. Струми Фуко. Скін-ефект. Явище самоіндукції. Індуктивність. Взаємна індукція. Трансформатор. Енергія магнітного поля.

При вивченні електромагнітної індукції звернути увагу на те, що є причиною виникнення індукційного струму: урозуміти, що явище електромагнітної індукції указує на те, що змінне магнітне поле породжує електричне поле, притому це поле носить вихровий характер. Знати закон Фарадея та правило Ленца; при вивченні явища самоіндукції звернути увагу на екстраструми замикання та розмикання, які можуть призвести до виведення електроприладу з робочого стану.

1.4 Струм зміщення. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля.

Урозуміти допоміжний характер поняття “струм зміщення” як способу відображення можливості утворення магнітного поля не тільки струмами, але й змінним електричним полем; узагальнюючий характер рівнянь Максвелла для електромагнітного поля, які виражають закони електромагнетизму. Знати рівняння Максвелла у диференціальній формі, які, на відміну рівнянь Максвелла у інтегральній формі, зв’язують значення характеристик електричної та магнітної складових електромагнітного поля у тій самій точці.

*Література* [1, 2, 3, 4, 6]

## **Тема 2. Електромагнітні коливання і хвилі.**

Коливальний контур. Електромагнітні коливання. Згасаючі (вільні) коливання при наявності опору. Змінний струм. Реактивний опір. Резонанс в коливальному контурі.

Електромагнітні хвилі. Диференційне рівняння як витік з рівнянь Максвелла. Енергія хвилі. Вектор Умова-Пойтинга. Ефект Доплера. Червоне зміщення. Шкала електромагнітних хвиль. Уявлення про нелінійні коливання.

При вивченні теми уясніть роль, яку виграють елементи коливального контуру - конденсатор та котушка індуктивності, для виникнення та підтримки електромагнітних коливань. Зверніть увагу на однакову структуру диференціальних рівнянь, які описують власні, вільні та вимушені механічні та електромагнітні коливання, та аналогію між фізичними величинами, які входять у ці рівняння.

Розгляньте, яким чином з рівнянь Максвелла у диференціальній формі можна отримати хвильове рівняння для векторів  $\vec{E}$  та  $\vec{H}$ , що характеризують електричне та магнітне поля, які є складовими електромагнітної хвилі. Знати, чому дорівнює вектор густини потоку енергії (вектор Умова-Пойтинга) та шкалу електромагнітних хвиль.

*Література* [1, 2, 3, 4, 6]

### 3.1.2. Питання для самоперевірки

#### Тема 1.

- 1\*. Що є причиною виникнення магнітного поля?
- 2\*. Як визначається вектор магнітного моменту кола зі струмом?
- 3\*. Які вектори є характеристиками магнітного поля? Дайте визначення вектора магнітної індукції  $\vec{B}$ . У чому відміна між векторами магнітної індукції та напруженості магнітного поля  $\vec{H}$ ? Зв'язок між ними; одиниці вимірювання.
- 4\*. Що таке силова лінія магнітної індукції? Який характер мають силові лінії магнітного поля?
- 5\*. Запишіть формулу закону Біо-Савара-Лапласа та дайте необхідні пояснення. У чому полягає принцип суперпозиції для магнітних полів?
6. Запишіть (виведіть) формули для магнітної індукції поля в центрі колового струму та поля прямого струму.
- 7\*. Що визначає закон Ампера? Запишіть формулу та сформулюйте правило для визначення напрямку сили Ампера.
8. Магнітна взаємодія рівнобіжних струмів.
- 9\*. Що називають силою Лоренца? Запишіть формулу для неї та сформулюйте правило для визначення напрямку сили Лоренца. Чи може сила Лоренца змінити величину кінетичної енергії зарядженої частинки?
10. Опишіть характер руху заряджених частинок в магнітному полі у випадках, коли:
  - а)  $\vec{v} \parallel \vec{B}$ ; б)  $\vec{v} \perp \vec{B}$ ; в) кут між векторами  $\vec{v}$  і  $\vec{B}$  є довільним гострим кутом  $\alpha$ .
11. На чому ґрунтується визначення знаку заряду частинок, які рухаються в магнітному полі? фокусування заряджених частинок в магнітному полі?
- 12\*. Сформулюйте теорему про циркуляцію вектора магнітної індукції. Чому можна стверджувати, що ця теорема відображує вихровий характер магнітного поля?
13. Як за допомогою теореми про циркуляцію вектора магнітної індукції можна розрахувати магнітне поле всередині нескінченного соленоїда? Який характер має це поле?
- 14\*. Дайте означення потоку вектора магнітної індукції. В яких одиницях він вимірюється?
- 15\*. Сформулюйте теорему Гауса для потоку вектора магнітної індукції. Поясніть її фізичний зміст.
16. Запишіть (виведіть) формули для роботи по переміщенню провідника й контуру зі струмом у магнітному полі. У чому відміна у величинах  $d\Phi$ , які входять у ці формули?
- 17\*. У чому полягає явище електромагнітної індукції? Яка його суть? Який характер має електричне поле, породжене змінним магнітним полем?
- 18\*. Сформулюйте і запишіть закон Фарадея. Правило Ленца.
- 19\*. Явища самоіндукції та взаємної індукції. Запишіть формулу для ЕРС самоіндукції, як направлена ЕРС самоіндукції?
- 20\*. Що таке індуктивність контуру? У яких одиницях вона вимірюється? Чому дорівнює індуктивність соленоїда?
21. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля.
- 22\*. На які групи поділяють речовини за магнітними властивостями? Як відрізняється намагніченість, магнітна сприйнятливість і магнітна проникність у діа- та парамагнетиках?
- 23\*. У чому особливості феромагнетиків? Яку природу має феромагнетизм?
- 24\*. Запишіть систему рівнянь Максвелла для електромагнітного поля в інтегральній і диференціальній формах. Поясніть фізичну суть кожного з рівнянь.

## Тема 2.

25\*. З яких елементів складається коливальний контур? За рахунок якого явища підтримується коливальний процес у ньому?

Запишіть диференціальне рівняння вимушених електромагнітних коливань і його розв'язок.

26\*. Від чого залежить період та частота власних електромагнітних коливань у контурі без опору (формула Томсона)?

27. Запишіть диференціальне рівняння вимушених електромагнітних коливань і його розв'язок. За яких умов спостерігається резонанс напруг та струмів?

28\*. Що таке хвиля? Що називають довжиною хвилі?

29\*. Запишіть хвильове рівняння та рівняння плоскої біжучої хвилі, яке є його розв'язком.

30\*. Що таке електромагнітна хвиля, які властивості вона має? Яку характеристику електромагнітної хвилі надає вектор Умова – Пойнтінга?

31\*. Укажіть діапазони, на які поділяють шкалу електромагнітних хвиль в залежності від довжини хвилі (частоти).

(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання - знань, вмінь, навичок).

## 3.2. Модуль ЗМ-Л6 «Хвильова оптика»

### 3.2.1. Повчання

**Тема 1. Геометрична оптика.** Закони геометричної оптики. Явище повного внутрішнього відбивання.

При вивченні теми звернути увагу на закони відбивання, заломлення світла на границі двох діелектриків; фізичний зміст абсолютного та відносного показника заломлення. Урозуміти зміну швидкості розповсюдження світла при переході з одного середовища в інше як причину зміни напряму поширення фронту світової хвилі (заломлення світлового променя). Знати умови виникнення явища повного внутрішнього відбивання світла.

**Тема 2. Оптичний діапазон електромагнітних хвиль. Хвильова оптика.**

Когерентні хвилі. Часова і просторова когерентність. Оптична різниця ходу. Інтерференція світла. Застосування інтерференції та засоби спостереження.

Принцип Гюйгенса-Френеля. Зони Френеля. Дифракція Френеля та Фраунгофера. Дифракція на щілині і дифракційної ґратці. Дифракційний спектр. Дифракція на кристалічній ґратці, формула Вульфа-Брегга.

Поняття про голографію.

При вивченні теми перш за все зверніть увагу на корпускулярно-хвильову природу світла. Явища інтерференції та дифракції легко пояснюються на основі хвильових уявлень. Для розуміння та розрахунку картини, яка утворюється при інтерференції необхідно засвоїти такі поняття, як когерентність хвиль, оптична різниця ходу; мати уявлення про поведінку електромагнітної хвилі (зміну довжини хвилі та фази коливань) на границі розділу двох середовищ; знати умови максимуму та мінімуму при інтерференції світла.

Дифракція світла по суті може розглядатися як результат інтерференції від великої кількості джерел, за які приймають окремі ділянки відкритої частини фронту хвилі (див. метод зон Френеля). Необхідно знати умови спостереження дифракції та який вигляд приймають умови максимуму і мінімуму при дифракції світла на щілині та дифракційній ґратці. Уяснити, чому дифракція рентгенівських променів спостерігається лише на кристалічній ґратці, та які можливості дослідження структури кристалів надає це явище.

### **Тема 3. Взаємодія електромагнітних хвиль з речовиною.**

Оптичні анізотропні середовища. Поляризація світла. Закон Малюса, закон Брюстера, подвійне променезаломлення. Дисперсія світла. Нормальна і аномальна дисперсія. Електронна теорія дисперсії. Розсіяння та поглинання світла. Розсіяння Релея. Розсіяння Мандельштама - Бріллюена.

З теоретичної точки зору явище поляризації цікаво тим, що у ньому проявляється поперечний характер електромагнітних хвиль, з практичної – використанням, наприклад, для дослідження розподілу напружень у тілах, запису звуку за допомогою комірки Керра і т. ін. Необхідно розуміти, чим відрізняються природне світло та різні види поляризованого світла, у чому полягає явище подвійного променезаломлення, дихроїзму, знати закони Брюстера та Малюса.

При вивченні теми знати, у чому полягає явище дисперсії та чим відрізняється нормальна дисперсія від аномальної. Знати закон Бугера для поглинання світла у речовині; формулу Релея, яка надає залежність інтенсивності молекулярного розсіювання світла від його довжини хвилі; уміти пояснити колір прозорих та непрозорих об'єктів, блакитний та червоний колір неба у різні часи доби. При вивченні розсіяння Мандельштама – Бріллюена звернути увагу на причини зміни частоти розсіяного світла та використання цього явища при вивченні властивостей речовини.

*Література [1, 2, 3, 5, 7]*

#### 3.2.2. Питання для самоперевірки

##### **Тема 1**

- 1\*. Сформулюйте закони відбивання та заломлення світла. Який фізичний зміст має абсолютний та відносний показник заломлення?
2. Яким чином пов'язана поведінка заломленого променя з співвідношенням швидкостей світла (абсолютними показниками заломлення) даних двох середовищ?
- 3\*. У чому полягає явище повного внутрішнього відбивання? За яких умов воно може спостерігатися?
4. З якого закону геометричної оптики витікає закон оберненості світлових променів?
5. У чому полягає закон незалежності світлових променів?

##### **Тема 2**

- 6\*. У чому полягає явище інтерференції світла? За яких умов вона може спостерігатися?
- 7\*. Які хвилі називають когерентними? Які умови когерентності не можуть бути виконані, якщо хвилі випромінюються двома різними джерелами?
- 8\*. Що таке оптична різниця ходу? Запишіть умови максимуму та мінімуму при інтерференції для різниці фаз та різниці ходу.
9. Яку властивість, пов'язану з відбиванням світла на границі двох діелектриків, необхідно ураховувати при розрахунку результату інтерференції у тонких плівках?
- 10\*. У чому полягає явище дифракції? Що є необхідною умовою її спостереження?
- 11\*. Сформулюйте принцип Гюйгенса - Френеля. У чому суть методу зон Френеля?
12. Як на основі методу зон Френеля можна пояснити прямолінійне розповсюдження світла?
13. Що таке дифракція Френеля і коли її можна спостерігати? Сформулюйте умови спостереження максимуму та мінімуму інтенсивності світла на осі круглого отвору при дифракції на ньому.
- 14\*. Що таке дифракція Фраунгофера і як її можна спостерігати? Сформулюйте умови спостереження максимумів та мінімумів інтенсивності світла при дифракції на одній щілині

15\*. Що таке дифракційна ґратка? Яку величину називають її періодом? Сформулюйте умови спостереження максимумів та мінімумів інтенсивності світла при дифракції на дифракційній ґратці.

16. Що являє собою просторова дифракційна ґратка? Чому дифракцію на кристалічній ґратці спостерігають у рентгенівських променях? Наведіть формулу Вульфа - Брегга.

### **Тема 3**

17\*. Яка властивість електромагнітних хвиль призводить до явища поляризації? Які типи поляризованого світла вам відомі? У чому їх відміна від природного світла?

18. Які явища використовують для отримання поляризованого світла? Що таке кут Брюстера? За яким законом його можна визначити?

19\*. У чому полягає явище подвійного променезаломлення? Що таке оптична вісь кристалу?

20. У чому полягає явище дихроїзму? Що таке поляроїди? Для чого їх використовують?

21\*. Які прилади називають поляризаторами та аналізаторами. Запишіть закон Малюса.

22\*. Яке явище називають дисперсією світла? У чому відміна нормальної та аномальної дисперсії?

23\*. Поглинання світла. Яку залежність має інтенсивність світла від відстані, пройденої у прозорому середовищі згідно закону Бугера?

24\*. У чому суть явища молекулярного розсіяння світла? Чи змінюється частота світла при молекулярному розсіянні?

25\*. Закон Релея. Поясніть зміну кольору неба у різні часи доби на основі закону Релея.

26. За яких умов виникає розсіяння Мандельштама – Бріллюена. У чому причина зміни частоти світла при цьому розсіянні?

## **3.3. Модуль ЗМ-Л7 «Квантова оптика. Корпускулярно-хвильовий дуалізм»**

### *3.3.1. Повчання*

#### **Тема 1. Корпускулярні властивості електромагнітного випромінювання.**

Теплове випромінювання. Закони Віна, Кірхгофа і Стефана-Больцмана. Гіпотеза Планка. Тиск світла. Нелінійні явища в оптиці. Фотоелектричний ефект. Ефект Комптона.

Теплове або температурне випромінювання виграє особливу роль у фізиці: при вивченні законів теплового випромінювання виникла гіпотеза про квантову природу електромагнітного випромінювання тіл і, тим самим покладено початок нової – квантової фізики. При вивченні теми необхідно урозуміти природу теплового випромінювання; знати його характеристики та закони. Знати зв'язок між хвильовими характеристиками електромагнітного випромінювання (частота, довжина хвилі, хвильовий вектор) та характеристиками фотона (енергія, імпульс, маса).

При вивченні явища фотоэффекту звернути увагу на зовнішній фотоэффект, його закони стосовно струму насичення, максимальної кінетичної енергії фотоелектронів та існування граничної частоти (довжини хвилі); уміти записати рівняння Ейнштейна для фотоэффекту та розуміти його зміст. Знати закономірності комптонівського розсіяння та розуміти їх зв'язок з квантовими уявленнями про короткохвильове електромагнітне випромінювання.

*Література [1, 2, 3, 5, 7]*

## Тема 2. Хвильові властивості речовини.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвилі де Бройля. Ймовірнісна інтерпретація квантових явищ. Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Квантовий стан. Хвильова функція. Принцип суперпозиції.

При вивченні теми необхідно засвоїти ідею та формулу де Бройля та досліди, які підтверджують корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії; розрізнити обчислення довжини хвилі, що відповідає мікрочастинці, у класичному та релятивістському випадках; уміти пояснити зміст хвильової функції. Урозуміти, що невизначеності координати, імпульсу і т. ін. не є наслідком похибок вимірювальних приладів, які можуть бути подолані удосконаленням техніки вимірювання, а пов'язані з хвильовими властивостями мікрочастинок.

Зверніть увагу на те, що фізичний зміст густини ймовірності має не сама хвильова функція, а квадрат її модуля, а також на умови, які накладаються на хвильову функцію внаслідок зазначеного фізичного змісту, включаючи умову нормування.

*Література* [1, 2, 3, 5, 7]

### 3.3.2. Питання для самоперевірки

- 1\*. Що таке теплове випромінювання? Наведіть означення його характеристик. Яке тіло називають абсолютно чорним?
- 2\*. Сформулюйте закон Кірхгофа для теплового випромінювання; закони теплового випромінювання абсолютно чорного тіла: закон Стефана – Больцмана; закони Віна.
3. Що таке “ультрафіолетова катастрофа”? Звідки виникла така назва?
- 4\*. У чому полягає квантова гіпотеза Планка? Запишіть формулу для енергії кванта.
- 5\*. Що таке фотоэффект? Які види фотоэффекту Вам відомі? Де вони використовуються?
- 6\*. Сформулюйте закономірності зовнішнього фотоэффекту. Що таке червона границя фотоэффекту; від чого вона залежить?
- 7\*. Запишіть рівняння Ейнштейна для фотоэффекту та поясніть закономірності фотоэффекту, спираючись на теорію Ейнштейна.
- 8\*. Наведіть формули, що зв'язують характеристики фотона (енергію, імпульс, масу) з характеристиками відповідної електромагнітної хвилі (частота, довжина хвилі, швидкість світла).
9. У чому полягає ефект Комптона та як пояснюються його закономірності з точки зору квантових уявлень про природу рентгенівського випромінювання?
- 10\*. Сформулюйте ідею де Бройля та запишіть формулу де Бройля.
11. Яку роль виграє хвильова природа частинок, яке дослідне підтвердження та використання вона знаходить?
- 12\*. У чому полягає ймовірнісний зміст хвильової функції? Укажіть її властивості та запишіть умову нормування. Які граничні умови повинні виконуватися для хвильової функції?
- 13\*. Чи можливо описати локалізовану частинку монохроматичною хвилею? Який фізичний зміст має співвідношення невизначеностей Гейзенберга для координати та імпульсу? енергії та часу життя відповідного стану?

### 3.4. Модуль ЗМ-П5 «Розв'язування задач за темами лекційних модулів ЗМ-Л5– ЗМ-Л7»

#### 3.4.1. Повчання

Тема 1. **Електромагнетизм.** Сила Ампера. Закон Біо-Савара-Лапласа. Взаємодія струмів. Магнітне поле струму. Сила Лоренца. Рух під впливом сили Лоренца. Електромагнітна індукція. Закон Фарадея. Енергія магнітного поля.

Задачі з електромагнетизму на розрахунок магнітної індукції  $\vec{B}$  поля, створеного струмом довільної конфігурації, розв'язують за допомогою закону Біо-Савара-Лапласа та принципу суперпозиції магнітних полів шляхом інтегрування вздовж усього провідника.

При розв'язуванні задач на дослідження руху заряджених частинок в електричному та магнітному полі перш за все необхідно з'ясувати класичною чи релятивістською слід вважати частинку. Умови, за якими частинку вважають класичною, мають вигляд: імпульс частинки  $p \ll m_0 c$  або кінетична енергія  $T \ll m_0 c^2$ , де  $m_0$  – маса спокою частинки (наприклад, для електрона  $m_0 c^2 = 0,511 \text{ MeV}$ ).

Слід пам'ятати, що сила Лоренца, яка діє на частинку з боку магнітного поля, завжди є перпендикулярною до напрямку її руху і надає частинці нормальне прискорення, тобто змінює тільки напрям швидкості, а не її величину.

В явищах магнітної індукції магнітний потік може змінюватися як при русі контуру або окремих його ділянок, так і при зміні з часом величини або напрямку магнітного поля. При визначенні ЕРС індукції, виниклої у провідному контурі, який складається з  $N$  витків, слід урахувувати, що в кожному з них виникає певна електрорушійна сила, а для усього контуру ЕРС визначається їх сумою.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [4] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.ІІІ. Електрика і магнетизм. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2014. с.117-136.

#### Тема 2. **Електромагнітні коливання.**

Коливальний контур. Резонанс у коливальному контурі.

Слід чітко розуміти, що період (частота) власних електромагнітних коливань у коливальному контурі визначається тільки його параметрами – електроємністю та індуктивністю, а амплітуда і початкова фаза залежать від початкових умов.

Внаслідок однакової структури рівнянь методи розв'язання задач на електромагнітні коливання подібні до тих, що використовуються при розгляді механічних коливань. При цьому заряд  $q$  відповідає зміщенню  $x$ , омичний опір  $R$  – коефіцієнту опору середовища  $r$ , індуктивність  $L$  – масі  $m$ , ємність  $C$  – величині, оберненій коефіцієнту квазіпружної сили  $k$ .

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.ІV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 24-39.

Тема 3. **Хвильова оптика.** Інтерференція світла. Дифракція світла. Дифракційна решітка. Поляризація світла. Закон Брюстера. Закон Малюса.

Задачі на інтерференцію світла в залежності від способу отримання когерентних хвиль можна поділити на дві групи: 1) задачі, в яких інтерференційна картина виникає внаслідок накладання двох когерентних хвиль, отриманих шляхом ділення світлової хвилі від одного джерела за допомогою деякої оптичної системи (щілини Юнга і т. ін.). Цю оптичну систему при розв'язанні задач, за звичаєм, замінюють іншою, еквівалентною, системою, вважаючи, що хвилі випромінюються двома когерентними джерелами. 2) В

задачах другої групи розглядається інтерференція світла у тонких плоских або клиноподібних плівках. У цьому випадку при розрахунку оптичної різниці ходу променів, відбитих від двох поверхонь плівки, слід урахувувати можливу зміну фази хвилі при відбиванні в залежності від оптичної густини (абсолютного показника заломлення) оточуючого середовища.

У курсі загальної фізики розглядаються лише дифракційні задачі, розв'язання яких спрощується внаслідок симетрії, наприклад, дифракція від круглого отвору або диску, від вузької щілини, від дифракційної ґратки. В останніх двох випадках розглядають дифракцію у паралельних променях при їх нормальному падінні на вузьку щілину або плоску прозору дифракційну ґратку.

Задачі, в яких розглядається поляризація світла при відбитті та заломленні на границі двох діелектриків, розв'язуються за допомогою формул Френеля, окремим випадком яких є закон Брюстера. При використанні закону слід звернути увагу на те, що в формулі, яка виражає закон Брюстера,  $n$  – відносний показник заломлення середовищ, на межі яких відбувається відбиття світла.

При розв'язуванні задач з використанням закону Малюса, слід пам'ятати, що кут  $\alpha$  між головними площинами поляризатора та аналізатора в законі Малюса є одночасно кутом між площинами, в яких коливаються світлові вектори (вектори напруженості  $\vec{E}$ ) двох плоскополяризованих променів: того, що падає на аналізатор, та такого, що виходить з нього.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 61-65; 69-81.

#### Тема 4. *Теплове випромінювання.* Закони теплового випромінювання.

Зверніть увагу на те, що закони Стефана - Больцмана та Віна справедливі лише для абсолютно чорних тіл. Для нечорних тіл при обчисленні випромінювальної здатності необхідно урахувувати коефіцієнт випромінювання, що показує, яку долю складає випромінювальна здатність даного тіла від випромінювальної здатності абсолютно чорного тіла.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 65-66; 81-83.

#### Тема 5. *Квантова оптика.* Фотоелектричний ефект. Рівняння Ейнштейна для фотоэффекту. Кванти світла. Енергія, $\square$ маса, імпульс фотона. Тиск світла. Ефект Комптона.

Задачі квантової оптики – задачі про взаємодію фотонів з окремими електронами (фотоелектричний ефект, ефект Комптона) або з речовиною (тиск світла). При цій взаємодії виконуються закони збереження енергії та імпульсу. Закон збереження імпульсу, застосований до взаємодії фотонів з речовиною, приводить до формули для тиску світла; закон збереження енергії, застосований для взаємодії фотона з електроном у металі, є рівнянням Ейнштейна для фотоелектричного ефекту; сумісне застосування обох законів збереження для опису взаємодії рентгенівських фотонів або  $\gamma$ -квантів з вільним або слабо зв'язаним з атомом електроном приводить до формули Комптона.

При обчисленні швидкості електрона його можна вважати класичною частинкою, якщо кінетична енергія електрона  $T$  набагато менша за енергію спокою електрона  $W_0 = m_0 c^2 = 0,511 \text{ Мев}$ . Якщо нерівність  $T \ll W_0$  не виконується, електрон необхідно вважати релятивістською частинкою і застосовувати до нього формули релятивістської динаміки.



**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 66; 84-89.

### **3.5. Модуль ЗМ-П6 «Лабораторні роботи»**

#### *3.5.1. Повчання*

Повний опис лабораторних робіт (перелік приборів та приладів; теоретичний вступ; методика виконання роботи, послідовність розрахунків та обчислення похибки вимірювань наведені у відповідних методичних вказівках до виконання лабораторної роботи. Там же приведені питання до самоконтролю студентів при підготовці до лабораторної роботи.

Інструкції до виконання лабораторних робіт можна знайти на сайті кафедри загальної та теоретичної фізики у курсі ФІЗИКА-2.

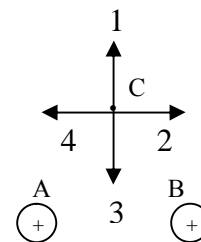
## **4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ (III семестр)**

### **4.1 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л5**

1. Заряджена частинка, яка рухається, утворює ...  
*Література* [1,с.374; 2, с.204]
2. Магнітне поле діє на ...  
*Література* [1,с.374; 2, с.204]
3. Магнітний момент контуру зі струмом залежить від ...  
*Література* [1,с.376; 2, с.205]
4. Напрямок магнітного моменту контуру зі струмом визначається за правилом...  
*Література* [1,с.376; 2, с.205]
5. Момент сил, що діє на рамку зі струмом у магнітному полі дорівнює нулю, якщо ..  
*Література* [1,с.379; 2, с.205]
6. Силовою характеристикою магнітного поля є ...  
*Література* [1,с. 374; 2, с.205]
7. Лінії магнітної індукції (силові лінії магнітного поля) є ...  
*Література* [1,с. 374; 2, с.205]
8. Яким чином вихровий характер магнітного поля відображується на картині силових ліній магнітного поля...  
*Література* [1,с. 374; 2, с.205]
9. Одиницею вимірювання вектора магнітної індукції у Міжнародній системі одиниць є ...  
*Література* [1,с. 374; 2, с.210]
10. Сила Ампера, що діє на елемент струму з боку магнітного поля, має максимальне значення, якщо...  
*Література* [1,с. 378; 2, с.209]
11. Напрямок сили, яка діє з боку магнітного поля на провідник зі струмом визначається за правилом...  
*Література* [1,с. 378; 2, с.209]
12. Магнітну індукцію поля елемента струму можна розрахувати за законом ...  
*Література* [1,с. 375; 2, с.207]
13. Залежність між струмом та магнітною індукцією утвореного ним магнітного поля є ...  
*Література* [1,с. 375; 2, с.207]
14. Магнітна індукція поля, створеного прямолінійним провідником нескінченної довжини зі струмом  $I$ , на відстані  $r$  від провідника визначається за формулою...

*Література* [1,с. 376; 2, с.208]

15. На рисунку показані перерізи двох прямих нескінчених провідників зі струмами (А та В), однаковими за величиною. Напрямок вектора магнітної індукції у точці С магнітного поля провідників А та В при заданих напрямках струмів співпадає з напрямком вектора



*Література* [1,с. 376; 2, с.207]

16. Формулою, яка визначає силу Лоренца є ...

*Література* [1,с. 377; 2, с.212]

17. Сила Лоренца, яка діє на заряд в магнітному полі, змінює ...

*Література* [1,с. 378; 2, с.212]

18. Траєкторія руху частинки в однорідному магнітному полі має форму гвинтової лінії, якщо вона влітає в магнітне поле відносно ліній магнітної індукції під кутом ...

*Література* [1,с.378; 2, с.213]

19. Для розділення потоку заряджених частинок різного знаку в МГД-генераторах використовують...

*Література* [1,с. 378; 2, с.212]

20.Електрон, протон та  $\alpha$ -частинка (ядро гелію) влітають з однаковою швидкістю в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції. Коло найменшого радіуса описує ...

*Література* [1,с.400; 2, с.213]

21. Одиницею вимірювання якої величини є вебер (Вб)?

*Література* [1,с.380; 2, с.220]

22. Магнітний потік, який пронизує рамку може змінюватися за рахунок

*Література* [1,с.380; 2, с.219,220]

23. Величину електрорушійної сили індукції визначає закон ...

*Література* [1,с.380; 2, с.224]

24. Залежність між ЕРС індукції та швидкістю зміни магнітного потоку є

*Література* [1,с.380; 2, с.225]

25. Індуктивність соленоїда залежить від ...

*Література* [1,с.382; 2, с.229]

26.Одиницею вимірювання індуктивності є ...

*Література* [1,с. 382; 2, с.228]

27.Яким чином ЕРС самоіндукції, що виникає при зміні струму у контурі, впливає на швидкість цієї зміни ?

*Література* [1,с. 382; 2, с.229]

28.Від'ємну магнітну сприйнятливість мають ...

*Література* [1,с. 385; 2, с.241]

29.Найбільшу магнітну проникність  $\mu$  мають ...

*Література* [1,с.386; 2, с.243]

30. Якому виду магнетиків притаманна спонтанна намагніченість?

[1,с. 386; 2, с.245]

31. Для виготовлення постійних магнітів використовують ...

*Література* [1,с. 386; 2, с.244]

32.Температура Кюрі – це температура, при якій...

*Література* [1,с. 386; 2, с.245]

33. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля, яке відображує відсутність у природі магнітних зарядів, має вигляд:

*Література* [1,с.387,388; 2, с.252]

34. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля, яке виражає закон електромагнітної індукції, має вигляд:

*Література* [1,с.387,388; 2, с.251]

35. Якщо ємність конденсатора у коливальному контурі (без опору) зменшиться у два рази, а індуктивність збільшиться у два рази, його резонансна частота:

*Література* [1, с.428; 2, с.263]

36. Як зміниться період коливань коливального контуру, у якому електроємність збільшили у чотири рази (опір не враховувати)?

*Література* [1, с.428; 2, с.263]

37. Яка залежність існує між частотою коливань у коливальному контурі та його індуктивністю?

*Література* [1, с.428; 2, с.263]

38. Правильно описує вимушені коливання у коливальному контурі рівняння ...

*Література* [1, с.429; 2, с.272]

39. Умовою виникнення резонансу у коливальному контурі, опором якого можна знехтувати є ...

*Література* [1, с.429; 2, с.275]

40. Повний опір кола змінного струму залежить від його ...

*Література* [2, с.279]

41. При розповсюдженні хвилі періодичність коливань у просторі задається ...

*Література* [1, с.433; 2, с.285]

42. Електромагнітні хвилі є ...

*Література* [1, с.440; 2, с.299]

43. Вектор Умова-Пойнтінга надає величину та напрям ...

*Література* [1, с.440; 2, с.301]

## 4.2 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л6

1. На рисунку показано світловий промінь, що переходить із середовища I у середовище II. Кутом падіння є кут ...

*Література* [1, с.464; 2, с.304,305]

2. Відстань між предметом і поверхнею плоского дзеркала дорівнює 1 м. Якщо дзеркало відсунути від предмета ще на 1 м, відстань між предметом і його зображенням дорівнюватиме:

*Література* [1, с.463; 2, с.304]

3. Як змінюється кут заломлення світла при переході світла у середовище з більшим показником заломлення?

*Література* [1, с.463, 464; 2, с.304]

4. Що відбувається з довжиною хвилі при переході монохроматичного променя світла з повітря в прозорий діелектрик?

*Література* [1, с.464; 2, с.285,305]

5. При переході монохроматичного променя світла з повітря в прозорий діелектрик швидкість розповсюдження світла ...

*Література* [1, с. 464; 2, с.305]

6. Монохроматичні хвилі – це хвилі ...

*Література* [2, с.320]

7. Явище повного внутрішнього відбивання при падінні променя світла під кутом падіння  $i$  на границю двох прозорих діелектриків з показниками заломлення  $n_1$  та  $n_2$  спостерігається при виконанні умов:

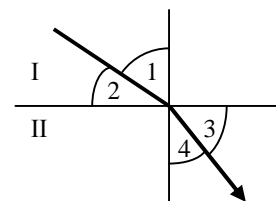
*Література* [1, с.464,465; 2, с.305]

8. Граничний кут повного внутрішнього відбивання – це кут падіння, ...

*Література* [1, с.464,465; 2, с.305]

9. Укажіть правильне співвідношення між довжинами хвиль видимого світла, які відповідають червоному та фіолетовому кольору:

*Література* [2, с.299]



10. При відбиванні променя світла від середовища з більшою оптичною густиною ( $n_2 > n_1$ ) фаза коливання  
*Література* [1, с.466; 2, с.325]
11. Когерентні хвилі – це хвилі, які ...  
*Література* [1, с.466; 2, с.319, 320]
12. Тонка плівка гасу на поверхні води різнокольорова, хоча гас – прозора безбарвна речовина, внаслідок явища  
*Література* [1, с.467; 2, с.325]
13. Який закон геометричної оптики порушується при інтерференції?  
*Література* [1, с.466, 464; 2, с.304]
14. Що є обов'язковою умовою спостереження явища інтерференції?  
*Література* [1, с.466; 2, с.319]
15. Різниця фаз коливань, що збуджують у деякій точці простору два когерентні промені, пов'язане з оптичною різницею ходу співвідношенням:  
*Література* [1, с.466; 2, с.324]
16. Оптичною різницею ходу називають величину, що визначається за формулою:  
*Література* [1, с.466; 2, с.322]
17. Умову мінімуму при спостереженні інтерференції двох когерентних хвиль можна записати у вигляді:  
*Література* [1, с.466; 2, с.322]
18. Дві когерентні світлові хвилі однакової амплітуди збуджують у деякій точці простору коливання світлового вектору з різницею фаз, яка дорівнює 0. Чому дорівнюватиме інтенсивність світла у цій точці?  
*Література* [1, с.466; 2, с.322]
19. При спостереженні інтерференційної картини від двох джерел монохроматичного світла відстань  $l$  до екрана збільшили удвічі. Як при цьому змінилася ширина інтерференційної смуги (відстані між двома сусідніми максимумами)?  
*Література* [1, с.466; 2, с.324]
20. Кільця Ньютонa спостерігаються у відбитому світлі. У точці дотику лінзи із скляною пластинкою спостерігається темна пляма тому, що ...  
*Література* [1, с.466, 467; 2, с.327]
21. Закон геометричної оптики, який порушується при дифракції, це  
*Література* [1, с.463, 468; 2, с.304]
22. При проходженні світла через отвір, розміри якого порівняні з довжиною світлових хвиль, спостерігається явище ...  
*Література* [1, с.468; 2, с.332]
23. Яким оптичним явищем можна пояснити розмитість зображення мікрочастинок у мікроскопі?  
*Література* [1, с.468; 2, с.332]
24. Спостереження явища дифракції світла з довжиною хвилі  $\lambda$  на отворі діаметру  $d$  можливо при виконанні умови  
*Література* [3, с.141]
25. При спостереженні дифракції Френеля на круглому отворі у точках, розташованих на його вісі, спостерігається мінімум освітленості, якщо при розбиванні з цієї точки відкритої частини фронту хвилі на зони Френеля, в отворі укладається ...  
*Література* [2, с.335, 336]
26. Хвилі, що прийшли у деяку точку простору від відповідних точок сусідніх зон Френеля мають різницю ходу  
*Література* [1, с.468; 2, с.333]
27. Умову максимуму при дифракції на щілині надає формула:  
*Література* [1, с.468; 2, с.338]

28. На дифракційну ґратку падає нормально біле світло. У дифракційній картині, яка спостерігається, в спектрі того самого порядку смуги якого кольору є найбільш віддаленими від центру дифракційної картини?

*Література* [1,с.469; 2, с.340]

29. Як співвідносяться інтенсивність  $I_1$  світла у деякій точці за екраном з отвором, що відкриває тільки центральну зону Френеля, та інтенсивність  $I$  у той же точці у відсутності екрану (відкритий фронт хвилі)?

*Література* [2, с.335,336]

30. Умову спостереження головних максимумів при дифракції на дифракційній ґратці надає формула:

*Література* [1,с.469; 2, с.340]

31. Залежність показника заломлення світла від довжини хвилі носить назву

*Література* [2, с.347]

32. На рисунку зображена залежність показника заломлення діелектрика від довжини хвилі. Нормальній дисперсії на графіку відповідає область

*Література* [2, с.349]

33. При аномальній дисперсії світла величина показника заломлення світла у середовищі зі зростанням довжини хвилі ...

*Література* [2, с.349]

34. Плоскополяризовані хвилі – це хвилі, у яких...

*Література* [1,с.469; 2, с.356]

35. Мінімальна інтенсивність світла, який пройшов крізь два поляризатора спостерігається, якщо кут між площинами поляризаторів дорівнює

*Література* [1,с.471; 2, с.357]

36. Поляризатор і аналізатор розташовано під кутом  $\alpha=45^\circ$  ( $\cos 45^\circ = \sqrt{2}/2$ ). на поляризатор падає промінь природного світла інтенсивністю  $I_0$ . Після проходження крізь систему інтенсивність дорівнюватиме:

*Література* [1,с.471; 2, с.357]

37. Яким оптичним явищем можна пояснити поглинання одного з лінійно поляризованих променів у поляроїдах?

*Література* [2, с.362]

38. За яким законом змінюється інтенсивність світла при проходженні у прозорому діелектрику в залежності від пройденого шляху?

*Література* [2, с.351]

39. Згідно закону Релея найбільшого молекулярного розсіяння зазнають світлові хвилі, колір яких є ...

*Література* [2, с.342]

40. Червоний колір неба при сході та заході Сонця можна пояснити

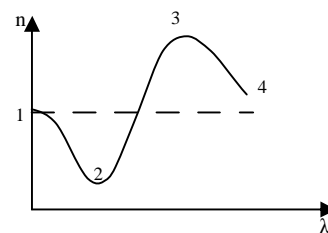
*Література* [2, с.342]

41. Розсіяння Мандельштама – Бріллюена виникає в оптичному середовищі, в якому ...

*Література* [11, с.217]

42. При розсіянні Мандельштама – Бріллюена зміна частоти розсіяного світла дорівнює ...

*Література* [11, с.217]



### 4.3 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л17

1. Тепловим випромінюванням називають випромінювання тілами електромагнітних хвиль за рахунок енергії ...

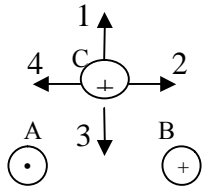
*Література* [1,с.472; 2, с.367]

2. Пояснити, чому в пляшці з посрібленими стінками вода нагрівається повільно, а в пляшці з чорного скла – значно швидше, дає можливість закон...  
*Література* [2, с.369]
3. Спектральна випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла не залежить від  
*Література* [1,с.473; 2, с.368]
4. Згідно закону Кірхгофа спектральна випромінювальна здатність будь-якого тіла порівняно зі спектральною ви променювальною здатністю абсолютно чорного тіла завжди є ...  
*Література* [2, с.369]
5. Критерієм теплової природи випромінювання є виконання для нього закону ...  
*Література* [2, с.370]
6. Найнижчу температуру мають зірки, колір яких є ...  
*Література* [1,с.473; 2, с.370]
7. Як зміниться довжина хвилі, що відповідає максимуму у спектрі теплового випромінювання, якщо температура тіла зросте у 2 рази?  
*Література* [1,с.473; 2, с.370]
8. Згідно закону Стефана-Больцмана випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла прямо пропорційна абсолютній температурі у ...  
*Література* [1,с.473; 2, с.370]
9. Максимальна спектральна випромінювальна здатність абсолютно чорного тіла прямо пропорційна абсолютній температурі у ...  
*Література* [1,с.474; 11.с.266]
10. Прилади для вимірювання температури тіл за інтенсивністю їх теплового випромінювання в оптичному діапазоні спектру мають назву ...  
*Література* [2, с.374; 11.с.270]
11. Температура абсолютно чорного тіла, при якій його випромінювальна здатність (енергетична світність) дорівнює випромінювальній здатності досліджуваного тіла має назву ...  
*Література* [2, с.374; 11.с.269]
12. Колірна температура співпадає з дійсною температурою тіла у випадку ...  
*Література* [2, с.374; 11.с.271]
13. Випускання електронів з поверхні речовини під дією електромагнітного випромінювання має назву ...  
*Література* [1.с. 474; 2, с.376 ]
14. Перерозподіл електронів за енергетичними станами у конденсованому середовищі при поглинанні електромагнітного випромінювання має назву...  
*Література* [2, с.376; 11.с.239]
15. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту записане на основі закону збереження ...  
*Література* [1,с.475; 2, с.378]
16. Струм насичення при зовнішньому фотоефекті залежить від...  
*Література* [1,с.474; 2, с.377]
17. Роботи виходу електронів із літію, натрію, калію і цезію дорівнюють відповідно 2,4eV; 2,3eV; 2,0eV, 1,9eV. Частота хвилі, що відповідає „червоній межі” фотоефекта має найменше значення для  
*Література* [1,с.475; 2, с.378,379]
18. Максимальна кінетична енергія електронів, звільнених при фотоефекті лінійно залежить від ...  
*Література* [1,с.475; 2, с.378]
19. Максимальна кінетична енергія електронів, звільнених при фотоефекті не залежить від ...  
*Література* [1,с.475; 2, с.378]
20. Енергія фотону обчислюється за формулою:

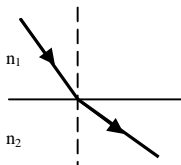
- Література* [1,с.474; 2, с.381]
21. Маса фотону обчислюється за формулою:  
*Література* [1,с.474; 2, с.381]
22. При ефекті Комптона зміна довжини хвилі  $\Delta\lambda$  буде найбільшою при куті розсіювання рентгенівських квантів, який дорівнює  
*Література* [1,с.475; 2, с.382]
23. Зі збільшенням порядкового номеру речовини, на якій відбувається розсіювання інтенсивність незміщеної компоненти ...  
*Література* [1,с.475; 2, с.384]
24. Світло з деякою об'ємною густиною енергії падає на поверхні з різними коефіцієнтами відбиття  $\rho_1$  і  $\rho_2$ , причому  $\rho_2 > \rho_1$ . Меншим є тиск світла  
*Література* [1,с.474; 2, с.382]
25. Довжину хвилі, яка описує хвильові властивості мікрочастинок надає формула ...  
*Література* [1,с.520; 2, с.394]
26. Електрон, протон, нейтрон та  $\alpha$ -частинка мають однакові довжини хвиль де Бройля. Найменшу швидкість за цією умовою має  
*Література* [1,с.520; 2, с.394]
27. Електрон, протон, нейтрон та  $\alpha$ -частинка мають однакові швидкості. Найбільша довжина хвилі де Бройля відповідає  
*Література* [2, с.394]
28. Макроскопічні тіла не проявляють хвильові властивості, бо ...  
*Література* [1,с.520; 2, с.394]
29. Співвідношення невизначеностей координати та відповідної проекції імпульсу мікрочастинки надає ...  
*Література* [1,с.520; 2, с.396]
30. Меншу ширину у спектрі випромінювання мають спектральні лінії, які відповідають переходам з збуджених станів, час життя яких є ...  
*Література* [1,с.520; 2, с.398]
31. Властивості хвильової функції, які впливають з її фізичного змісту - це:  
*Література* [1,с.521; 2, с.399,400]
32. Ймовірнісний фізичний зміст має ...  
*Література* [1,с.521; 2, с. 400]

#### 4.4 Тестові завдання до екзаменаційної роботи (III семестр)

№	Тестові завдання	Основна література, сторінки
1.	Магнітне поле утворюється ...	[1]с.374 [2]с.204
2.	Момент сил, що діє на рамку зі струмом у магнітному полі приймає максимальне значення, якщо кут між векторами $\vec{p}_m$ та $\vec{B}$ дорівнює ...	[1]с.379 [2]с.205
3.	Яка з характеристик магнітного поля не залежить від магнітних властивостей речовини, в якій створено магнітне поле?	[1]с.374 [2]с.206
4.	Одиницею вимірювання вектора напруженості магнітного поля у Міжнародній системі одиниць є ...	[1]с.374 [3]с.109
5.	Величина сили, що діє на провідник із струмом у магнітному полі визначається за законом ...	[1]с.378 [2]с.209 [3]с.104

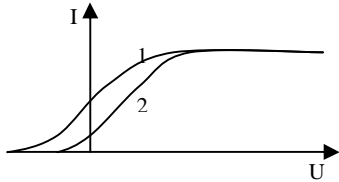
6.	Формулою, яка визначає силу Ампера є ...	[1]с.378 [2]с.209 [3]с.104	
7.	На рисунку показані перерізи трьох прямих нескінчених провідників (А, В та С), по яким течуть однакові за величиною струми. Напрямок сили, що діє на провідник С з боку магнітних полів провідників А та В при заданих напрямках струмів співпадає з напрямком вектора ...		[1]с.378 [2]с.209
8.	Закон Біо-Савара-Лапласа у скалярній формі має вигляд: ...	[1]с.375 [2]с.207 [3]с.103	
9.	Величину магнітної індукції поля колового провідника із струмом у центрі кола надає формула ...	[1]с.376 [2]с.208 [3]с.103	
10.	Магнітне поле є однорідним, якщо воно створене струмом, що протікає по ..	[1]с.377 [2]с.219	
11.	Напруженість магнітного поля, створеного струмом $I$ у середині соленоїда, визначається за формулою	[1]с.377 [2]с.219	
12.	Якщо частинка влітає в однорідне магнітне поле перпендикулярно до ліній магнітної індукції, траєкторією її руху є ...	[1]с.378 [2]с.213 [3]с.104	
13.	Сила Лоренца, що діє на заряджену частинку, яка рухається в магнітному полі, дорівнює нулю, якщо	[1]с.377 [2]с.213	
14.	Два електрони рухаються в однорідному магнітному полі по колу, причому радіус кола першого електрона у два рази більший за радіус другого кола ( $R_1/R_2 = 2$ ). Для швидкостей цих частинок справедливе співвідношення:	[1]с.400 [2]с.213 [3]с.104	
15.	Два електрони рухаються в однорідному магнітному полі по колу, причому радіус кола першого електрона у два рази більший за радіус другого кола ( $R_1/R_2 = 2$ ). Для періодів обертання цих частинок справедливе співвідношення:	[2]с.213 [3]с.104	
16.	Магнітний потік крізь замкнену поверхню дорівнює ...	[1]с.380 [2]с.220 [3]с.105	
17.	Величина електрорушійної сили індукції залежить від ...	[1]с.380 [2]с.224	
18.	Напрямок ЕРС індукції визначається за правилом ...	[1]с.380 [2]с.225	
19.	За 0,5 с магнітний потік, який пронизує контур, збільшився від 1 Вб до 5 Вб. Значення ЕРС індукції, що виникає при цьому в контурі, дорівнює:	[1]с.380 [2]с.225	
20.	Залежність між ЕРС самоіндукції та швидкістю зміни сили струму у контурі є	[1]с.382 [2]с.229	
21.	Що відбувається з індуктивністю соленоїда при внесенні сталевого осереддя?	[1]с.382 [2]с.229	
22.	Як змінюється енергія магнітного поля соленоїда при збільшенні сили струму в ньому в 3 рази?	[1]с.386 [2]с.234	
23.	Незначно підсилюють зовнішнє магнітне поле ...	[1]с.386	



		[2]с.241
24.	Явище магнітного гістерезису спостерігається у	[1]с.386 [2]с.244
25.	Для діамагнетиків справедливі нерівності...	[1]с.386 [2]с.241
26.	Рівняння Максвелла для електромагнітного поля, яке відображує можливість утворення магнітного поля електричним, має вигляд:	[1]с.387,388 [2]с.251
27.	Рівняння Максвелла для електромагнітного поля, яке відображує вихровий характер електричного поля, утвореного змінним магнітним полем, має вигляд:	[1]с.387,388 [2]с.251
28.	Як зміниться період коливань коливального контуру, у якому індуктивність зменшили у чотири рази (опір не враховувати)?	[1]с.429 [2]с.263
29.	Яка залежність існує між частотою коливань у коливальному контурі та його електроємністю?	[1]с.429 [2]с.263 [3]с.126
30.	Правильно описує власні коливання у коливальному контурі рівняння	[1]с.426 [2]с.263 [3]с.126
31.	Умовою виникнення резонансу у коливальному контурі, опором якого можна знехтувати є ...	[1]с.426,429 [2]с.274 [3]с.130
32.	Пружні поперечні хвилі можуть розповсюджуватися	[1]с.433 [2]с.285
33.	При розповсюдженні хвилі періодичність коливань у часі задається	[1]с.433 [2]с.286 [3]с.121
34.	Означення поняття «густина потоку енергії» надає формула:	[1]с.437
35.	Що визначає вектор Умова-Пойнтінга?	[1]с.440 [2]с.301
36.	У зображеному на рисунку випадку співвідношення між швидкостями світла має вигляд...	[1]с.464 [2]с.305 [3]с.133
		
37.	З якого закону випливає закон оборотності світла...	[1]с.464 [3]с.133
38.	Явище повного внутрішнього відбивання може спостерігатися тільки, якщо...	[1]с.464 [2]с.305
39.	Як змінюється кут заломлення світла при переході світла у середовище з меншим показником заломлення?	[1]с.464 [2]с.305 [3]с.133
40.	Швидкість світла у склі з абсолютним показником заломлення 1,5 дорівнює:	[1]с.464 [2]с.305 [3]с.133
41.	Укажіть правильне співвідношення між частотами хвиль видимого світла	[2]с.299 [3]с.135
42.	До явищ, в яких проявляється хвильова природа світла, належать явища	[1]с.466,468 [2]с.321,332 [3]с.134,141
43.	Принцип незалежності світлових променів (суперпозиції)	[1]с.466

	порушується при явищі...	[2]с.321 [3]с.133,134
44.	Забарвлення поверхні мильної плівки пояснюється явищем ...	[1]с.467 [2]с.325 [3]с.141
45.	Два джерела світла обов'язково когерентні, якщо	[1]с.467 [2]с.322
46.	Оптична різниця ходу двох променів у склі ( $n= 1,5$ ) порівняно з їх геометричною різницею ходу $\epsilon$	[1]с.467 [2]с.322 [3]с.136
47.	Умову максимуму при спостереженні інтерференції двох когерентних хвиль можна записати у вигляді:	[1]с.467 [2]с.322
48.	Дві некогерентні світлові хвилі збуджують у деякій точці простору коливання однакової амплітуди. Інтенсивність світла у точці дорівнюватиме:	[2]с.321 [3]с.136
49.	Дві когерентні світлові хвилі збуджують у деякій точці простору коливання однакової амплітуди з різницею фаз рівною $\pi$ . Інтенсивність світла у точці дорівнюватиме:	[2]с.321 [3]с.136
50.	При спостереженні інтерференційної картини від двох джерел світла відстань $d$ між ними збільшили удвічі. Як змінилася при цьому ширина інтерференційної смуги (відстані між двома сусідніми максимумами) ?	[1]с.466 [2]с.323
51.	Установка для спостереження кілець Ньютона освітлюється монохроматичним світлом. повітряний простір між лінзою і скляною пластинкою заповнили водою (показник заломлення $n=1,33$ ). Як при цьому змінилися радіуси кілець Ньютона?	[1]с.467 [2]с.327
52.	При спостереженні інтерференції від двох когерентних джерел білого світла центральний (нульовий) максимум $\epsilon..$	[2]с.324,325
53.	При спостереженні дифракції на круглому диску в центрі екрана завжди спостерігається...	[2]с.336 [3]с.145
54.	Якою буде інтенсивність світла у точці на осі круглого отвору, якщо при розбитті з цієї точки відкритої частини фронту хвилі на зони Френеля у отворі містяться 3 зони Френеля?	[2]с.335,336 [3]с.145
55.	Умову максимуму при дифракції на щілині надає формула ( $a$ – ширина щілини; $d$ – постійна (період) ґратки)	[1]с.468 [2]с.338 [3]с.146
56.	Що відбудеться з масштабом дифракційної картини, отриманої за допомогою дифракційної ґратки, при перекритті кожної другої щілини (збільшенні періоду ґратки у два рази)?	[1]с.469 [2]с.340 [3]с.147
57.	Умову спостереження головних мінімумів при дифракції на дифракційній ґратці надає формула:	[1]с.469 [2]с.340
58.	На дифракційну ґратку падає нормально біле світло. в дифракційній картині, яка спостерігається, ближче до центру розташовані смуги, колір яких $\epsilon ...$	[1]с.469 [2]с.340 [3]с.147

59.	На рисунку зображена залежність показника заломлення діелектрика від довжини хвилі. Аномальній дисперсії на графіку відповідає область		[2]с.349 [3]с.151
60.	При нормальній дисперсії світла величина показника заломлення світла у середовищі зі зростанням довжини хвилі...		[2]с.349 [3]с.151
61.	Яким оптичним явищем можна пояснити розкладання білого світла у спектр за допомогою призми...		[2]с.347,348 [3]с.151
62.	Найбільший коефіцієнт заломлення для скла має промінь...		[2]с.349 [3]с.151
63.	Для розкладання білого світла у спектр можна використати явища ...		[2]с.347,348 [3]с.151
64.	Згідно закону Бугера інтенсивність світла в залежності від шляху в речовині змінюється ...		[2]с.351 [3]с.153
65.	Блакитний колір неба пояснюється ...		[2]с.342 [3]с.154
66.	Згідно закону Релея залежність інтенсивності розсіяного світла від довжини хвилі при молекулярному розсіюванні має вигляд...		[2]с.342 [3]с.154
67.	Явище, яке свідчить про поперечність світлових хвиль, має назву...		[1]с.469 [2]с.356 [3]с.148
68.	За законом Малюса максимальна інтенсивність світла, який пройшов крізь два поляризатора спостерігається, якщо кут між площинами поляризаторів дорівнює		[1]с.471 [2]с.357 [3]с.149
69.	Поляризатор і аналізатор розташовано під кутом $\alpha=45^\circ$ ( $\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ). На поляризатор падає промінь природного світла інтенсивністю $I_0$ . Після проходження крізь систему інтенсивність дорівнюватиме...		[1]с.471 [2]с.357 [3]с.149
70.	Квантову природу світла підтверджують явища...		[1]с.474,475 [2]с.376,382 [3]с.158,159
71.	Абсолютне чорне тіло – тіло, спектральна поглинальна здатність якого дорівнює ...		[1]с.473 [2]с.368 [3]с.156
72.	Згідно закону Віна при збільшенні температури тіла довжина хвилі, що відповідає максимуму спектральної випромінювальної здатності...		[1]с.473 [2]с.370 [3]с.157
73.	Випромінювальна здатність $R_e$ абсолютно чорного тіла залежить від...		[1]с.473 [2]с.370 [3]с.156
74.	При зростанні температури тіла у два рази, інтегральна випромінювальна здатність теплового випромінювання збільшується у ...		[1]с.473 [2]с.370 [3]с.157
75.	Енергія кванта фіолетового світла ( $\lambda=0,35$ мкм) порівняно з енергією кванта червоного світла ( $\lambda=0,7$ мкм)...		[1]с.474 [2]с.372 [3]с.157
76.	Імпульс фотону обчислюється за формулою...		[1]с.474 [2]с.381

77.	Найбільшу масу має квант світла, колір якого є ...	[1]с.474 [2]с.381	
78.	Вираз $h\nu - \frac{mv_{\max}^2}{2}$ дорівнює...	[1]с.475 [2]с.378 [3]с.158	
79.	Робота виходу електронів з вольфраму, срібла, натрію і калію дорівнює відповідно 4,5 еВ; 4,7 еВ; 2,3 еВ; 2,0 еВ. При однаковій частоті світла найбільше значення максимальної кінетичної енергії будуть мати фотоелектрони, що вилетіли з...	[1]с.475 [2]с.378 [3]с.158	
80.	Від чого залежить червона границя зовнішнього фотоефекту...	[1]с.475 [2]с.378 [3]с.159	
87.	На рисунку представлені дві вольт-амперні характеристики фотоелементу, які отримані при освітленні його світлом різної частоти. Меншій частоті хвилі відповідає графік ...		[1]с.475 [2]с.379 [3]с.158
81.	При комптонівському розсіюванні рентгенівських променів зміна довжини хвилі $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ залежить від ...	[1]с.475 [2]с.382 [3]с.159	
82.	Зміну довжини хвилі при комптонівському розсіюванні рентгенівських променів на речовині є результатом...	[1]с.475 [2]с.383	
83.	При однаковій інтенсивності світла більшого тиску з боку світла зазнає поверхня, яка є...	[1]с.474 [2]с.382	
84.	Які властивості мікрочастинки можна обчислити за допомогою формули де Бройля?	[1]с.520 [2]с.394 [3]с.163	
85.	З наведених формул формулою де Бройля для довжини хвилі мікрочастинки є...	[1]с.520 [2]с.394 [3]с.163	
86.	Електрон, протон, нейтрон та $\alpha$ -частинка мають однакові довжини хвиль де Бройля. Найбільшу швидкість за цією умовою має	[1]с.520 [2]с.394 [3]с.163	
87.	Співвідношення невизначеностей координати та відповідної проекції імпульсу мікрочастинки пов'язані з...	[2]с.396 [3]с.164	
88.	Умова нормування: хвильової функції у одновимірному випадку має вигляд...	[1]с.521 [2]с.400	

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Четвертий семестр)

### 2.1. Лекційні модулі

#### Лекційний модуль №4 (4-ий семестр)

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л8	<b>Елементи квантової механіки.</b>		
	<b>Атомна фізика</b>		
	<b>Тема 1. Елементи квантової механіки. Задачі квантової механіки.</b> Принцип причинності. Рівняння Шредінгера. Одновимірні задачі. Частинка в нескінченній потенціальній ямі. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Гармонічний осцилятор.	6	4
	<b>Тема 2. Атом.</b> Моделі будови атома. Теорія атома водню по Бору. Принцип відповідності. Квантово-механічний опис атома водню. Квантування енергії, моменту імпульсу і проєкції моменту імпульсу. Спін електрона. Багатоелектронні атоми, принцип Паулі. Будова електронних оболонок і властивості елементів періодичної системи Менделєєва.	4	5
	<b>Тема 3. Механіка систем тотожних частинок.</b> Симетрія хвильової функції. Бозони і ферміони. Поняття про розподіл Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака.	2	1
	<b>Модульна тестова контрольна робота №5</b>		5
ЗМ-Л9	<b>Елементи фізики твердого тіла.</b>		
	<b>Тема 1. Багатоелектронні атоми та молекули.</b> Електронна конфігурація та методи її опису. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі. Поняття про хімічний зв'язок. Молекулярні спектри. Комбінаційне розсіяння світла. Спонтанне та індуковане випромінювання. Квантові генератори (лазери).	4	3
	<b>Тема 2. Квантові властивості твердих тіл.</b> Кристалічна ґратка. Поняття про зонну теорію (зони Бріллюена). Збуджені стани: екситони, фонони. Metали, напівпровідники, діелектрики. Люмінесценція. Контактні та термоелектричні явища.	4	3
	<b>Модульна тестова контрольна робота №6</b>		5
ЗМ-Л10	<b>Ядерна фізика</b>		
	<b>Тема 1. Фізика атомного ядра.</b> 1.1 Атомне ядро. Розмір, склад та заряд атомного ядра. Дефект маси, енергія зв'язку. Спін та магнітний момент ядра. Ядерні сили. Моделі атомного ядра. 1.2 Радіоактивне випромінювання та його види. Закон радіоактивного розпаду. Правила зміщення. Уявлення про радіоекологію. 1.3 Ядерні реакції. Реакції поділу важких ядер. Ланцюгові реакція ядер. Реакції термоядерного синтезу.	6	6

	Ядерна енергетика. <b>Тема 2. Елементарні частинки.</b> Класифікація елементарних частинок. Фундаментальні взаємодії. Космічне випромінювання.	4	3
	<b>Модульна тестова контрольна робота №7</b>		5
	<b>Іспит</b>		20
	<b>Разом</b>	30	60

Консультації: проф. Герасимов О.І., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: понеділок з 16.10 (ауд. 301 )

## 2.2. Практичний модуль (4-ий семестр)

### Практичний модуль №7.

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П7	<b>Практичний модуль №7. Розв'язування задач за темами змістовних модулів ЗМ-Л8 – ЗМ-Л10.</b>		
	Тема 1. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Хвилі де Бройля. Співвідношення невизначеностей для координати і імпульсу, енергії і часу.	4	4
	Тема 2. Атом Бора. Модель атома водню по Бору. Випромінювання та поглинання світла. Спектральні серії.	2	2
	Тема 3. Ядерна фізика. Склад ядра. Енергія зв'язку. Дефект маси.	3	3
	Тема 4. Природна радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність.	4	4
	Тема 5. Ядерні реакції. Ядерні реакції поділу та синтезу ядер.	2	2
	Разом:	15	15

Консультації: Сідлецька Л.М., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: п'ятниця з 16.10 (ауд.302(2)).

### Практичний модуль №8.

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П8	<b>Практичний модуль №8. Лабораторні роботи.</b>		
	<b>«Квантова оптика»</b> Лабораторна робота 1. "Випромінювання та поглинання світла. Спектральні серії. Дослідження спектру гідрогену"	6	6
	<b>«Радіоактивність»</b> Лабораторна робота 2. "Закон радіоактивного розпаду. $\beta$ -промені. Взаємодія $\beta$ -електронів з речовиною. Визначення коефіцієнту поглинання $\beta$ -променів".	8	8
	<b>«Статистика ядерних вимірювань»</b> Лабораторна робота 3. "Комп'ютерне вивчення різних видів розподілів".	8	8
	Лабораторна робота 4. "Вивчення принципу дії детекторів іонізуючого випромінювання".	8	8

	<b>Разом:</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
--	---------------	-----------	-----------

Лабораторні заняття проводяться у фізичних лабораторіях з «Оптики» та «Радіоекології» на лабораторному обладнанні, опис якого наведений у відповідних методичних вказівках до лабораторних робіт.

Консультації: Кільян А.М., згідно з графіком консультацій, затвердженим на засіданні кафедри: середа з 16.10 (ауд.302(2)).

### 2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

#### Четвертий семестр.

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин СРС	Строк проведення (семестр, тиждень)
ЗМ-Л8	Підготовка до лекційних занять	10	4сем.; 1-6 тижд.
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-Л9	Підготовка до лекційних занять	6	4; 7-10
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-Л10	Підготовка до лекційних занять	9	4; 11-15
	Виконання модульної тестової контрольної роботи (обов'язковий)	5	
ЗМ-П7	Підготовка до практичних занять	7	4; 1-15
	Підготовка до усного опитування (обов'язковий).	8	
ЗМ-П8	Підготовка до усного опитування	15	4; 1-15
	Підготовка (оформлення) матеріалів лабораторної роботи (обов'язковий)	15	
	Підготовка до іспиту (обов'язковий)	20	
	Разом:	105	

#### 2.3.1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л8 – ЗМ-Л10.

Організація контролю знань студентів побудована за накопичувально-модульним принципом згідно вимог діючого в університеті Положення «Про проведення підсумкового контролю знань студентів».

З *теоретичного* курсу навчальної дисципліни студент повинен бути готовим відповідати на усні запитання лектора під час лекційних занять.

Формами контролю засвоєння теоретичних знань є усне опитування під час лекційних занять (поточний контроль), модульні контрольні роботи за кожним змістовним модулем (внутрішньо семестровий контроль), складання іспиту (підсумкова атестація).

Варіанти модульних контрольних робіт містять запитання у тестовому вигляді. Кожна вірна відповідь оцінюється у 1-2 бали. Максимальна кількість балів за виконаний варіант кожної модульної контрольної роботи становить:

ЗМ-Л8 – 17 балів, ЗМ-Л9 – 16 балів, ЗМ-Л10 – 17 балів.

Максимальна кількість балів, яку студент може отримати з лекційної частини, складає **50 балів**.

### **2.3.2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П7**

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П5 є усне опитування та розв'язування задач під час проведення практичних занять за темами лекційного курсу. Всього за практичні заняття студент може отримати **25 балів**. До цієї оцінки входить окрім опитування оцінювання роботи під час розв'язування задач, систематичність підготовки до занять, систематичність відвідування.

### **2.3.3. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П8**

Формою контролю практичного модулю ЗМ-П2 є усне опитування та перевірка та перевірка оформлення матеріалів виконаної лабораторної роботи. Всього за практичні (лабораторні) заняття студент може отримати **25 балів**.

### **2.3.4. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для семестрового іспиту**

**Семестровий іспит (екзамен)** – це письмова форма підсумкового контролюючого заходу в період заліково-екзаменаційної сесії. Допуск до іспиту за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів.

Студент вважається допущеним до ПСК з навчальної дисципліни «Фізика», якщо він виконав усі види робіт, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни, і набрав за модульною системою суму балів не менше 50% від максимально можливої за практичну частину дисципліни для іспиту: 25 балів у сумі за змістовні модулі ЗМ-П7 та ЗМ-П8. Кожен студент, який на день іспиту має допуск до ПСК з дисципліни, що закінчується іспитом, складає письмовий іспит (екзамен) за розкладом екзаменів.

Якщо студент на день екзамену не ліквідував заборгованість з практичної частини навчальної дисципліни, він не допускається до екзамену. Якщо студент ліквідував заборгованість по практичній частині до дня екзамену, то він допускається викладачем до екзамену.

**Підсумкова контрольна робота (іспит)** представляє собою тестові завдання, кожне з яких містить 25 запитань. Максимальна оцінка за результатами підсумкової атестації (іспиту) становить **100 балів**.

Загальна оцінка за семестр виводиться як середньоарифметичне за підсумками поточного контролю (з теоретичної та практичної частин) та оцінкою за іспит.

## **3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

### **3.6. Модуль ЗМ-Л8 «Елементи квантової механіки. Атомна фізика»**

#### **3.6.1. Повчання**

#### **Тема 1. Елементи квантової механіки. Задачі квантової механіки.**

Принцип причинності. Рівняння Шредінгера. Одновимірні задачі. Частинка в нескінченній потенціальній ямі. Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр. Гармонічний осцилятор.

Рівняння Шредінгера є основним рівнянням нерелятивістської квантової механіки, тобто є справедливим при малій швидкості руху частинок (порівняно з швидкістю світла).



При вивченні теми зверніть увагу на рівняння Шредінгера для стаціонарних станів, яке є справедливим при русі частинки у стаціонарному силовому полі, що справедливе для багатьох фізичних явищ, які відбуваються у мікромірі. Слід урозуміти, що з структури цього диференціального рівняння, яке у якості параметру включає повну енергію мікрочастинки, та умов регулярності хвильових функцій (скінченність, однозначність, неперервність функції та її першої похідної) при обмеженні руху частинки, тобто накладанні граничних умов на хвильову функцію, впливає дискретність її енергетичного спектру. Одновимірні задачі, які розглядаються при вивченні теми, демонструють це на конкретних прикладах.

Слід звернути увагу на тунельний ефект (проходження частинки крізь потенціальний бар'єр), аналогу якого немає у класичній механіці і за допомогою якого у ядерній фізиці пояснюється можливість явища  $\alpha$ -розпаду.

*Література* [1, 2, 3, 5, 7]

## **Тема 2. Атом.**

Моделі будови атома. Теорія атома гідрогену по Бору. Квантово-механічний опис гідрогеноподібного атома. Квантування енергії, моменту імпульсу і проєкції моменту імпульсу. Спін електрона. Багатоелектронні атоми, принцип Паулі. Будова електронних оболонок і властивості елементів періодичної системи Менделєєва.

При вивченні теми необхідно звернути увагу на такі джерела виникнення квантової теорії як досліди Резерфорда, формула Бальмера для довжин хвиль, які випромінюються атомом гідрогену; ознайомитися з теорією Бора. Особливу увагу слід звернути на фізичні поняття - квантування енергії, моменту імпульсу і проєкції моменту імпульсу електрона в атомі та квантові числа, їх фізичний зміст і допустимі значення; спін електрона. Урозуміти зміст принципу Паулі та пояснення періодичності властивостей елементів таблиці Менделєєва на його основі.

*Література* [1, 2, 3, 5, 7]

**Тема 3. Механіка систем тотожних частинок.** Симетрія хвильової функції. Бозони і ферміони. Поняття про розподіл Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака. Принцип Паулі.

При вивченні теми з'ясувати для себе суть принципу тотожності квантових частинок та можливість різних властивостей симетрії хвильових функцій в залежності від типу мікрочастинок; залежність симетрії або антисиметрії хвильових функцій від спіну частинок і, відповідно, різні статистики, яким підпорядковуються системи частинок; знати функції розподілу частинок за енергіями для частинок з напівцілим спіном (розподіл Фермі - Дірака) та цілим або нульовим спіном (розподіл Бозе - Ейнштейна) та їх особливості.

*Література* [1, 2, 3, 5, 7]

### *3.8.2. Питання для самоперевірки*

#### **Тема 1**

1\*. Запишіть загальне рівняння Шредінгера та рівняння Шредінгера для стаціонарних станів.

2\*. Що називають власними значеннями енергії та власними функціями?

3\*. Яким чином граничні умови в задачі про мікрочастинку в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з нескінченними стінками впливають на значення її енергії?

4. Отримайте власні значення енергії та власні функції для мікрочастинки в одновимірній прямокутній потенціальній ямі з нескінченними стінками.

5\*. Чому дорівнює енергія гармонічного осцилятора? Що таке енергія нульових коливань?

6. Поясніть, наслідком якого співвідношення є існування енергії нульових коливань.
7. Чи може частинка знаходитися на дні потенціальної ями? Чи визначається це формою потенціальної ями?
- 8\*. Чи може частинка знаходитися в точках простору, де потенціальна енергія більша за її повну енергію а) згідно уявлень класичної механіки? квантової механіки?
- 9\*. Як називають ефект проходження частинки крізь потенціальний бар'єр?
10. Який фізичний зміст має поняття “коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру”? Від чого залежить його значення?
11. Чи змінюється енергія частинки при проходженні крізь потенціальний бар'єр?

### Тема 2

12. Опишіть модель атома за Резерфордом? У чому її недоліки? Чи можливо побудувати модель атома, яка узгоджується з експериментальними фактами у рамках класичної фізики?
- 13\*. Який вигляд має спектр випромінювання розріджених газів (окремих атомів)?
- 14\*. Запишіть узагальнену формулу Бальмера для спектра атома гідрогену та поясніть зміст параметрів, що входять у неї.
15. Сформулюйте постулати Бора, покладені ним в основу квантової теорії атома. У чому недоліки цієї теорії?
16. Чому дорівнює потенціальна енергія взаємодії електрона з ядром в атомі? Запишіть стаціонарне рівняння Шредінгера для атома гідрогену. Квантування яких параметрів електрона в атомі витікає з цього рівняння?
- 17\*. Що визначають головне, орбітальне і магнітне квантові числа? Які значення вони приймають?
- 18\*. Що таке “правило відбору”? Яким переходам електронів в атомі гідрогену відповідають спектральні лінії серії Лаймана, серії Бальмера?
- 19\*. Що таке спін мікрочастинки? Що характеризує спінове та магнітне спінове квантове число?
- 20\*. Назвіть квантові числа, необхідні для повного опису стану електрона в атомі.

### Тема 3

21. У чому полягає принцип тотожності квантових частинок?
- 22\*. Які частинки називають ферміонами, бозонами? Якім властивостям симетрії задовольняють хвильові функції, які описують ці частинки?
- 23\*. Сформулюйте принцип заборони Паулі.
- 24\*. Що таке електронний шар, електронний підшар (оболонка) у багато електронному атомі? Як уявлення про їх будову дозволяють пояснити періодичність властивостей хімічних елементів?

## 3.7. Модуль ЗМ-Л9 «Елементи фізики твердого тіла»

### Тема 1. Багатоелектронні атоми та молекули.

Електронна конфігурація та методи її опису. Характеристичне рентгенівське випромінювання. Закон Мозлі. Поняття про хімічний зв'язок. Молекулярні спектри. Комбінаційне розсіювання світла. Спонтанне та індуковане випромінювання. Квантові генератори (лазери).

При вивченні питання про застосування квантової теорії до багатоелектронних атомів необхідно звернути увагу на способи розрахунку повного моменту імпульсу  $\vec{J}$  електронів атома в залежності від відносної величини різних взаємодій між електронами: у випадку нормального зв'язку (зв'язку Рассела-Саундерса) та  $(j,j)$ - зв'язку; поняття терму та його мультіплетності; спосіб запису станів атому, які відповідають певній електронній конфігурації.

Зверніть увагу на складну структуру спектру рентгенівського випромінювання, механізми виникнення гальмівного спектру та серій у характеристичному рентгенівському випромінюванні різних елементів.

Спектри випромінювання молекул визначаються структурою її енергетичних рівнів і відповідними правилами відбору і мають складний характер. Енергія ізольованої молекули ураховує енергію руху електронів відносно ядер, енергії коливання та обертання ядер, кожна з яких квантується. Отже при різних типах переходів між рівнями виникають різні типи молекулярних спектрів. Розгляньте типову структуру молекулярних спектрів, а також причини виникнення сателітів у спектрах комбінаційного розсіяння монохроматичного світла; різницю між спонтанним та індукованим випромінюванням; умови, необхідні для виникнення останнього, його властивості.

При розгляді питання про оптичні квантові генератори зверніть увагу на основні компоненти, які забезпечують можливість роботи лазера, та властивості лазерного випромінювання.

*Література* [1, 2, 3, 7]

## **Тема 2. Квантові властивості твердих тіл.**

Кристалічна ґратка. Поняття про зонну теорію (зони Бріллюена). Збуджені стани: екситони, фонони. Метали, напівпровідники, діелектрики. Люмінесценція. Контактні та термоелектричні явища.

При вивченні питання про зонну теорію твердого тіла перш за все необхідно усвідомити такі поняття як адіабатичне наближення та наближення самоузгодженого поля, які дозволяють в рамках зонної теорії багатоелектронну задачу квантової механіки звести до задачі про рух одного електрона в зовнішньому періодичному полі – усередненому і узгодженому полі всіх ядер і електронів кристалу. Далі необхідно уявити процес виникнення енергетичних зон як результат розщеплення вироджених рівнів тотожних ізольованих атомів внаслідок взаємодії при їх наближенні і утворенні кристалу. Усвідомте поняття дозволеної та забороненої зони; валентної зони, зони провідності (вільної зони), ширини забороненої зони. Розгляньте різницю між провідниками, діелектриками та напівпровідниками з точки зору структури енергетичних зон та їх заповнення електронами; вплив валентності домішок на тип домішкової провідності напівпровідників.

Зверніть увагу на явище люмінесценції, її види; експериментальні закони Вольтя щодо контактної різниці потенціалів та пояснення її виникнення в рамках зонної теорії; термоелектричні явища та їх використання.

*Література* [1, 2, 3, 7]

### *3.7.2. Питання для самоперевірки*

#### **Тема 1.**

1. За яким правилом додаються орбітальні і спінові моменти електронів зовнішнього електронного шару при нормальному зв'язку (зв'язку Рассела-Саундерса)?
2. Які значення може приймати квантове число  $L$ , яке відповідає повному орбітальному моменту імпульсу атома?
3. Які значення приймає квантове число  $S$ , яке відповідає повному спіновому моменту, при парному та непарному числі електронів в атомі?
- 4\*. Що називають термом? Чим відрізняються стани, що належать до одного терму?
- 5\*. Чим визначається кратність виродження  $g$  електронного стану атома?
6. Як пояснюється походження короткохвильової границі спектру гальмівного рентгенівського випромінювання?
- 7\*. Чому гальмівне рентгенівське випромінювання має суцільний спектр, а характеристичне – лінійчатий?
- 8\*. У чому причина значної різниці оптичного та характеристичного рентгенівського спектрів атомів?

9. Які два типи зв'язку найчастіше зустрічаються в молекулах? Як утворюється кожний з них?
10. З яких внесків складається енергія ізолюваної молекули? Як співвідносяться відстані між різними типами рівнів енергії – обертальними, коливальними та електронними рівнями?
- 11\*. Які типи молекулярних спектрів вам відомі? Яким є типовий молекулярний спектр?
- 12\*. У чому полягає явище комбінаційного розсіювання світла?
13. Що таке стоксові та антистоксові супутники? Чому інтенсивність антистоксових супутників зростає з підвищенням температури розсіювача?
- 14\*. Яке випромінювання називають спонтанним? Індукованим?
15. У чому полягає принцип детальної рівноваги?
- 16\*. Яка умова необхідна для виникнення індукованого випромінювання у речовині? Як здійснюються стани з інверсією населеності?
- 17\*. Що характерно для фази, поляризації та напрямку випромінюваних електромагнітних хвиль при індукованому (примусовому) випромінюванні?
18. Які елементи є обов'язковими компонентами оптичного квантового генератора? Яку роль виграє кожний з них?

### **Тема 2.**

- 19\*. У чому суть адіабатичного наближення і наближення самоузгодженого поля?
20. Чим відрізняються енергетичні стани електронів в ізолюваному атомі і кристалі?
- 21\*. Що є причиною утворення енергетичних зон у кристалах? За якими принципами відбувається їх заповнення електронами?
- 22\*. Що таке дозволена зона, заборонена зона, ширина забороненої зони?
- 23\*. Чим, згідно зонної теорії, відрізняються структура та заповнення зон у провідників, діелектриків та напівпровідників?
- 24\*. Коли за зонною теорією тверде тіло є провідником електричного струму?
25. Чим пояснюється збільшення провідності напівпровідників з підвищенням температури?
- 26\*. Чим обумовлена власна провідність напівпровідників?
- 27\*. Типи домішкової провідності напівпровідників. У чому їх відміна?
- 28\*. Який механізм електронної домішкової провідності напівпровідників? діркової домішкової провідності?
- 29\*. Сформулюйте закони Вольта для контактної різниці потенціалів.
30. Чим обумовлена зовнішня контактна різниця потенціалів? внутрішня контактна різниця потенціалів?
- 31\*. У чому полягає явище Зеебека? У чому причина виникнення та від чого залежить величина термоелектрорушійної сили (термоЕРС)?
32. У чому полягає явище Пельтьє? явище Томсона?
- 33\*. Що таке люмінесценція? Які типи люмінесценції вам відомі?
34. Яка особливість індукованого випромінювання використовується в оптичних квантових генераторах (лазерах)? Якими способами можна створити інверсне заселення енергетичних рівнів (підкачування) у лазерах?

## **3.8. Модуль ЗМ-Л10 «Ядерна фізика»**

### **Тема 1. Фізика атомного ядра.**

Атомне ядро. Розмір, склад та заряд атомного ядра. Дефект маси, енергія зв'язку. Спін та магнітний момент ядра. Ядерні сили. Моделі атомного ядра.

Радіоактивне випромінювання та його види. Закон радіоактивного розпаду. Правила зміщення. Уявлення про радіоекологію.

Ядерні реакції. Реакції поділу важких ядер. Ланцюгові реакція ядер. Реакції термоядерного синтезу. Ядерна енергетика.

При вивченні цієї теми особливу увагу звернути на основні характеристики атомного ядра – заряд, масове число, розміри, спин і магнітний момент, його енергію зв'язку; знати властивості ядерних сил, а також розібратися в моделях, які використовуються для опису ядер.

Слід засвоїти та урозуміти явище радіоактивності, закон радіоактивного розпаду і правила зміщення. Звернути увагу на труднощі, які виникли при поясненні закономірностей  $\beta$ -розпаду на основі закону збереження енергії.

При вивченні основних типів ядерних реакцій особливо звернути увагу на важливі для практики реакції ділення та синтезу атомних ядер.

*Література* [1, 2, 3, 5, 7]

**Тема 2. Елементарні частинки.** Класифікація елементарних частинок. Фундаментальні взаємодії. Космічне випромінювання.

Необхідно знати чотири типи фундаментальних взаємодій та їх характерні особливості; класифікацію елементарних частинок. Звернути увагу на квантові числа, які приписують елементарним частинкам для опису закономірностей їх взаємодій; закони збереження, які виконуються при процесах взаємоперетворення елементарних частинок у замкнених системах; мати уявлення про частинки і античастинки; кваркову модель будови елементарних частинок.

*Література* [1, 2, 3, 7]

### 3.8.2. Питання для самоперевірки

#### Тема 1

- 1\*. З яких частинок складається ядро?
- 2\*. Чим визначається зарядове та масове число ядра? Що таке ізотопи, ізобари?
3. Поясніть, чим обумовлене те, що маса ядра завжди менша за суму мас нуклонів, що входять до його складу.
- 4\*. Що таке енергія зв'язку ядра? Як її обчислюють?
- 5\*. Перелічіть властивості ядерних сил.
6. Які моделі атомних ядер вам відомі? Які властивості атомних ядер можна пояснити за допомогою цих моделей?
- 7\*. Що таке радіоактивність? Які види радіоактивного розпаду вам відомі?
- 8\*. Закон радіоактивного розпаду. Який фізичний зміст має стала розпаду, період напіврозпаду? Зв'язок між сталою розпаду і періодом напіврозпаду та середнім часом життя.
- 9\*. Що таке  $\alpha$ -розпад? За якою схемою він відбувається? Яким є енергетичний спектр  $\alpha$ -розпаду?
- 10\*. Які види  $\beta$ -розпаду вам відомі? Який енергетичний спектр є характерним для електронів та позитронів, які випромінюються при  $\beta$ -розпаді?
- 11\*. Що таке  $\gamma$ -промені? Який енергетичний спектр є характерним для  $\gamma$ -випромінювання?
- 12\*. Що називають ядерною реакцією? Які ядерні реакції називають екзотермічними? Ендотермічними?
13. Які закони збереження виконуються при ядерних реакціях?
- 14\*. У чому полягає ядерна реакція поділу? Що таке ланцюгова реакція поділу? За яких умов вона може бути здійснена?
- 15\*. Що таке коефіцієнт розмноження нейтронів? Які його значення відповідають критичному, підкритичному та надкритичному режиму ланцюгової ядерної реакції?
- 16\*. Що таке реакція синтезу атомних ядер? Наведіть приклади. У чому труднощі здійснення термоядерної реакції?

## Тема 2

17. Яка природа первинного і вторинного космічного випромінювання? Назвіть їх властивості.

18\*. Які чотири типи фундаментальних взаємодій існують у природі? Опишіть їх властивості.

19. На які групи прийнято ділити усі елементарні частинки? Які типи взаємодій притаманні кожній з них?

20\*. Наведіть класифікацію елементарних частинок.

21. Які закони збереження виконуються у замкнених системах при всіх типах взаємодії елементарних частинок? Які з них порушуються у випадку слабкої взаємодії?

22. Які різновиди кварків вам відомі? Чи існують кварки у вільному стані?

(\* - питання для самоперевірки базових результатів навчання – знань, вмінь, навичок).

## 3.9. Модуль ЗМ-П7 «Розв'язування задач за темами лекційних модулів ЗМ-Л8– ЗМ-Л10»

### 3.9.1. Повчання

Тема 1. *Корпускулярно-хвильовий дуалізм*. Хвилі де Бройля. Співвідношення невизначеностей для координати і імпульсу, енергії і часу.

При розв'язуванні задач про хвильові властивості частинок необхідно розрізняти випадки класичних і релятивістських частинок. Притому, у всіх випадках руху електронів в атомах релятивістськими ефектами можна знехтувати, оскільки кінетична енергія електрона у цьому випадку не перевищує декількох електрон-вольт.

За допомогою співвідношень невизначеностей можна розв'язувати задачі двох типів:

а) визначення найменшого значення однієї з двох невизначеностей, наприклад  $\Delta x$ ,  $\Delta p_x$ , при заданому значенні другої. У цьому випадку у формулі, яка надає співвідношення користуються знаком рівності;

б) визначення найменшого значення самих величин, а саме, лінійних розмірів області  $L$ , в якій знаходиться частинка або найменшого значення її імпульсу  $p$  (або зв'язаного з ним значення кінетичної енергії).

У цьому випадку вважають, що шукана величина не може бути меншою за найменшу невизначеність при її вимірюванні, тобто у якості мінімальних значень величини використовують їх мінімальну невизначеність:  $L_{\min} \approx \Delta x_{\min}$ , а  $p_{\min} \approx \Delta p_{\min}$ .

У правій частині формул, які надають співвідношення невизначеностей, в залежності від уявного експерименту, на аналізі якого записане співвідношення, замість  $\hbar$  може використовуватись  $h$  або  $\frac{h}{2}$ , що не впливає на порядок величин, які визначаються за допомогою цих формул.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 117; 122-124.

Тема 2. *Атом Бора*. Модель атома водню по Бору. Випромінювання та поглинання світла. Спектральні серії.

У багатьох задачах даної теми розглядаються спектри атомів гідрогену та гідрогеноподібних іонів (тобто іонів, які мають тільки один електрон:  $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{++}$  і т. ін.). Для того, щоб визначити довжину хвилі, частоту або енергію поглинутих або випромінених атомами квантів енергії необхідно, перш за все, за умовою задачі визначити

числа  $n$  та  $k$ , які входять до відповідних форму. Так для гідрогену числу  $n=1$  відповідає ультрафіолетова серія (серія Лаймана),  $n=2$  – видима серія (серія Бальмера),  $n=3$  – перша інфрачервона серія (серія Пашена),  $n=4$  – друга інфрачервона серія (серія Брекета),  $n=5$  – третя інфрачервона серія (серія Пфунда). Число  $k$  можна представити у вигляді  $k = n + N$ , де  $N$  – номер спектральної лінії в серії, взятий у порядку зменшення довжини хвилі. Наприклад, для третьої лінії в серії Бальмера  $n=2$ ,  $k = 2+3 = 5$ .

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 116-122.

Тема 3. **Ядерна фізика.** Склад ядра. Енергія зв'язку. Дефект маси.

Традиційна форма запису ядра  ${}^A_ZX$ , де під  $X$  мається на увазі хімічний символ даного елемента. За нею можна визначити:

- 1) склад ядра -  $Z$  протонів та  $N = A - Z$  нейтронів;
- 2) заряд -  $q_{\text{я}} = Z \cdot e$ ;
- 3) розмір ядра. Якщо уявляти ядро приблизно у вигляді кульки, то її радіус  $R_{\text{я}} = R_0 \cdot A^{1/3}$ , де  $R_0 = 1.23 \cdot 10^{-15}$  м;
- 4) енергію зв'язку;
- 5) питому активність та деякі інші властивості ядра.

Маса ядра завжди менше суми мас частинок, з яких складається ядро. Це обумовлено тим, що при об'єднанні нуклонів у ядро виділяється енергія, яка чисельно дорівнює енергії зв'язку ядра. Ураховуючи зв'язок між енергією та масою  $E = mc^2$ , вираз для енергії зв'язку можна записати у вигляді

$$E_{\text{зв}} = c^2 \left\{ \left[ Zm_p + (A - Z)m_n \right] - m_{\text{я}} \right\}.$$

Співвідношення практично не порушиться, якщо замінити масу протона масою атома водню, а масу ядра — масою атома.

Якщо енергію вимірювати в мегаелектронвольтах (MeV), а маси протонів, нейтронів та ядра – в атомних одиницях маси (а.о.м.), то формула набуває вигляду

$$E_{\text{зв}} = 931 \left\{ \left[ Zm_p + (A - Z)m_n \right] - m_{\text{я}} \right\}, \text{MeV}$$

Енергія зв'язку дорівнює роботі, яку потрібно виконати, щоб розділити ядро на окремі нуклони і розмістити їх друг від друга на такі відстані, при яких вони практично не взаємодіють один з одним. Слід розуміти, що енергія зв'язку чисельно дорівнює та протилежна за знаком потенціальної енергії взаємодії нуклонів у ядрі, яка є від'ємною величиною.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 133-134.

Тема 4. **Природна радіоактивність.** Закон радіоактивного розпаду. Період напіврозпаду. Активність.

При розв'язуванні задач на явище радіоактивності слід розрізняти випадки, коли відбувається розпад ізольованої речовини та випадок, коли розпадається дочірня речовина, яка співіснує в суміші з іншою радіоактивною речовиною (материнською), продуктом розпаду якої вона є. При певному співвідношенні періодів напіврозпаду материнської ( $T_1$ ) та дочірньої ( $T_2$ ) речовини, коли  $T_1 \gg T_2$  за деякий проміжок часу встановлюється радіоактивна рівновага між ними. Активність дочірньої речовини дорівнює кількості її ядер, утворених внаслідок розпаду ядер материнської речовини,

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 132-135.

### Тема 5. **Ядерні реакції.** Ядерні реакції поділу та синтезу ядер

При розгляді ядерних реакцій закон збереження енергії необхідно записувати в релятивістській формі:  $\sum mc^2 + \sum T = \sum m'c^2 + \sum T'$

де  $\sum mc^2$  – сума власних енергій частинок, які вступають в реакцію,  $\sum T$  – сума їх кінетичних енергій,  $\sum m'c^2$ ,  $\sum T'$  – сума відповідних величин для продуктів реакції.

При використанні закону збереження повної енергії слід пам'ятати, що ядерні реакції можуть йти як з виділенням, так і з поглинанням енергії. Отже, енергетичний вихід ядерної реакції  $Q$  може бути як додатним ( $Q > 0$ , екзотермічна реакція), так і від'ємним ( $Q < 0$ , ендотермічна реакція). У першому випадку, реакція може йти при будь-яких значеннях кінетичної енергії частинок, що вступають у реакцію. У другому випадку, тобто існує мінімальна кінетична енергія, починаючи з якої реакція стає можливою (порог реакції). Енергія порогу реакції дорівнює сумі енергії, яка поглинається під час реакції, та кінетичної енергії проміжного ядра, яке утворюється після поглинання ядром-мішенню частинок, що налітають на нього.

**Методичні вказівки** та приклади розв'язування задач див. [5] Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.IV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. с. 132-133;135-137.

## 3.10. Модуль ЗМ-П8 ««Лабораторні роботи»»

### 3.10.1. Повчання

Повний опис лабораторних робіт (перелік приборів та приладів; теоретичний вступ; методика виконання роботи, послідовність розрахунків та обчислення похибки вимірювань наведені у відповідних методичних вказівках до виконання лабораторної роботи. Там же приведені питання до самоконтролю студентів при підготовці до лабораторної роботи.

Інструкції до виконання лабораторних робіт можна знайти на сайті кафедри загальної та теоретичної фізики у курсі ФІЗИКА-2.

## 4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ (IV семестр)

### 4.5 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л8

1. Принцип, згідно якому завдання хвильової функції у початковий момент визначає її значення у наступні моменти часу носить назву ...

*Література* [2, с.403; с.284]

2. Рівняння Шредінгера відносно хвильової функції для виконання принципу суперпозиції є ...

*Література* [7, с.284]

3. У квантовій механіці принцип суперпозиції стосується додавання ...

*Література* [2, с.400]

4. У рівнянні Шредінгера  $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}[E - U(r)]\psi = 0$  під  $E$  розуміють ...



- Література* [2, с.402; 7, с.286]
5. Рівняння Шредінгера є справедливим для частинок, швидкість яких ...  
*Література* [2, с.401; 7, с.283]
6. Обмеження, які накладаються на розв'язання рівняння Шредінгера фізичним змістом хвильової функції, це ...  
*Література* [2, с.402; 7, с.287]
7. Енергетичний спектр вільної частинки є ...  
*Література* [2, с.404; 7, с.287]
8. Хвильова функція основного стану мікрочастинки всередині нескінченно глибокої потенціальної ями може приймати нульове значення ...  
*Література* [2, с.405; 7, с.288]
9. Залежність власних значень енергії частинки, яка рухається у нескінченно глибокій потенціальній ямі, від головного квантового числа носить характер ...  
*Література* [2, с.405; 7, с.287]
10. Мінімальна енергія гармонічного квантового осцилятора дорівнює...  
*Література* [2, с.411; 7, с.290]
11. Принцип, згідно якому при досить великих квантових числах квантові співвідношення переходять у класичні має назву принципу...  
*Література* [2, с.407; 7, с.303]
12. Енергія частинки, яка пройшла крізь потенціальний бар'єр ...  
*Література* [2, с.408; 7, с.293]
13. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру залежить від ...  
*Література* [2, с.409; 7, с.293]
14. Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру зі збільшенням його висоти ...  
*Література* [2, с.409; 7, с.293]
15. Згідно теорії Бора спектральні серії у спектрі атома водню відповідають випромінюванню, яке утворюється при переходах атому ...  
*Література* [2, с.392]
16. Атом водню знаходиться у стані з  $n=5$ . Кількість ліній, яку містить спектр його випромінювання дорівнює ...  
*Література* [2, с.392]
17. Спектр поглинання атома водню містить ...  
*Література* [2, с.393]
18. Яке квантове число визначає енергію електрона в атомі?  
*Література* [1, с.524; 2, с.414]
19. Залежність власних значень енергії атома водню від головного квантового числа є ...  
*Література* [2, с.413; 7, с.306]
20. Момент імпульсу електрона в атомі визначає квантове число..  
*Література* [2, с.414; 7, с.306]
21. В основному енергетичному стані атома ( $n=1$ ) момент імпульсу орбітального руху елемента дорівнює...  
*Література* [2, с.414; 7, с.308]
22. Правилу відбору (можливим переходам атома з одного стану в інший) для орбітального квантового числа  $l$  є...  
*Література* [2, с.415; 7, с.308]
23. Яку характеристику стану електрона в атомі визначає магнітне квантове число?  
*Література* [2, с.414; 7, с.306]
24. Кількість орієнтацій у просторі, яку може мати вектор моменту імпульсу електрона в атомі, дорівнює  
*Література* [2, с.414; 7, с.306]
25. Спінове магнітне квантове число електрона в атомі ( $m_s$ ) визначає значення  
*Література* [1, с.524; 2, с.418]

26. Кількість електронів в атомі, що можуть мати однакові значення головного квантового числа дорівнює ...  
*Література* [1,с.524; 2, с.420]
27. Згідно з принципом Паулі максимальна кількість елементів у L-шарі ( $n=2$ ) дорівнює ...  
*Література* [2, с.421;7, с.313]
28. Зовнішній (валентний) електрон в основному стані атома літію ( $z =3$ ) має квантові числа ...  
*Література* [2, с.422; 7, с.313, 314]
29. Принцип тотожності мікрочастинок полягає у ...  
*Література* [2, с.418]
30. Принципу заборони Паулі підпорядковуються елементарні частинки та ядра, спин яких є ...  
*Література* [1,с.524; 2, с.420]
31. До бозонів належать елементарні частинки, спин яких є ...  
*Література* [2, с.419]
32. Антисиметричні хвильові функції описують системи частинок, спин яких є ...  
*Література* [2, с.419]
33. Статистиці Фермі-Дірака підпорядковуються частинки, спин яких є ...  
*Література* [2, с.419]
34. Функція розподілу бозонів (розподіл Бозе – Ейнштейна) за енергіями має вигляд ...  
*Література* [2, с.435; 7, с.361]
35. Енергія Фермі – це ...  
*Література* [2, с.437; 7, с.359]
36. Умова, за якою функції розподілу Бозе – Ейнштейна і Фермі-Дірака переходять у розподіл Максвелла-Больцмана, має вигляд:  
*Література* [2, с.436,438]

#### 4.6 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л9

1. В багатоелектронних атомах нормальний зв'язок (зв'язок Рассела-Саундерса) здійснюється у випадку, коли ...  
*Література* [7,с.316]
2. Квантове число  $L$ , яке відповідає повному орбітальному моменту імпульсу атома  $\vec{L}$ , може мати ...  
*Література* [7,с.317]
3. Сукупність станів атома з певною електронною конфігурацією при заданих значеннях квантових чисел  $L$  і  $S$ , які відповідають повному орбітальному ( $\vec{L}$ ) і спіновому ( $\vec{S}$ ) моменту імпульсу атома, має назву ...  
*Література* [7,с.317]
4. В багатоелектронних атомах ( $j,j$ ) - зв'язок здійснюється у випадку, коли ...  
*Література* [7,с.318]
5. Характер суцільного рентгенівського спектру визначається ...  
*Література* [2, с.423; 7,с.254]
6. Короткохвильова межа гальмівного суцільного рентгенівського спектру...  
*Література* [2, с.424; 7,с.254,255]
7. Лінійчастий рентгенівський спектр, отриманий за допомогою рентгенівської трубки, залежить від...  
*Література* [2, с.424; 7,с.255]
8. Згідно закону Мозлі для характеристичного рентгенівського випромінювання залежність між  $\sqrt{1/\lambda}$  і зарядовим числом  $z$  носить характер ...  
*Література* [2, с.425; 7,с.321]

9. Типові молекулярні спектри є...  
*Література* [2, с.425; 7,с.327]
10. Електронні спектри молекули, які виникають при зміні енергетичного стану електронів знаходяться у ... області спектру.  
*Література* [7,с.322]
11. Зміна енергії коливального руху молекули зумовлює випромінювання у ... області спектру.  
*Література* [7,с.322]
12. Комбінаційне розсіяння світла пов'язане з переходом молекул на інші ...  
*Література* [7,с.325]
13. Частоти ліній (супутників), що спостерігаються в спектрі комбінаційного розсіяння світла, являють собою ...  
*Література* [2, с.428; 7,с.324]
14. Виникнення стоксового (червоного) супутника в спектрі комбінаційного розсіяння пов'язане з переходом розсіювальних молекул ...  
*Література* [2, с.428; 7,с.325]
15. При комбінаційному розсіянні світла інтенсивність антистоксової компоненти порівняно зі стоксовою компонентою є...  
*Література* [2, с.428; 7,с.324]
16. Вивчення природи хімічних зв'язків та будови молекул можливе за допомогою розсіювання ...  
*Література* [2, с.428; 7,с.326]
17. Когерентність є характерною ознакою випромінювання ...  
*Література* [2, с.429; 7,с.332]
18. Активне середовище – це середовище, в якому ...  
*Література* [2, с.430; 7,с.333]
19. Елементом, який використовується в лазері для виділення напрямку лазерної генерації, є ...  
*Література* [2, с.431; 7,с.334]
20. Елементом, який використовується в лазері для створення інверсного заселення енергетичних рівнів, є...  
*Література* [2, с.430; 7,с.335]
21. Відстань між підрівнями енергії в межах дозволеної енергетичної зони порівняно з енергією теплового руху електронів є ...  
*Література* [2, с.443]
22. Найвища з повністю заповнених електронами енергетичних зон кристалу має назву ...  
*Література* [2, с.444]
23. Тверде тіло є провідником електричного струму, якщо ...  
*Література* [2, с.444]
24. Кристал є діелектриком, якщо ...  
*Література* [2, с.444]
25. Різниця між діелектриком і напівпровідником з точки зору зонної теорії визначається ..  
*Література* [2, с.445]
26. Механізм провідності власних напівпровідників є ...  
*Література* [2, с.446]
27. Провідність n- типу (електронна провідність) виникає у напівпровідниках з домішкою, валентність якої ...  
*Література* [2, с.449; 7,с.347]
28. У випадку провідності n- типу домішкові енергетичні рівні розташовані ...  
*Література* [2, с.448; 7,с.347]
29. Домішки, які забезпечують діркову провідність напівпровідників називають ...  
*Література* [2, с.450; 7,с.347]

30. У випадку провідності р- типу домішкові енергетичні рівні розташовані ...  
*Література* [2, с.449]
31. Випромінювання, надлишкове над тепловим, тривалість якого є більшою за період світлових коливань, має назву ...  
*Література* [2, с.452; 7,с.327]
32. Контактна різниця потенціалів залежить від ...  
*Література* [2, с.455]
33. Зовнішня контактна різниця потенціалів обумовлена ...  
*Література* [2, с.455]
34. Явище виникнення електрорушійної сили в колі, що складається з послідовно з'єднаних різних провідників, контакти яких мають різну температуру має назву ...  
*Література* [2, с.456]
35. Залежність між теплою Пельтьє та струмом є...  
*Література* [2, с.457]
36. Виділення (поглинання) додаткової до джоулевої теплоти при проходженні електричного струму вздовж нерівномірно награтого провідника має назву ...  
*Література* [2, с.458]

#### 4.7 Тестові питання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л10

1. До складу ядра атома входять ...  
*Література* [1,с.537; 2, с.466]
2. Протон та нейтрон відрізняються ...  
*Література* [2, с.466]
3. Кількість протонів, що входить до складу ядра урану  ${}_{92}^{235}U$  дорівнює ...  
*Література* [1,с.537; 2, с.466]
4. Кількість нуклонів, що входить до складу ядра урану  ${}_{92}^{235}U$  дорівнює ...  
*Література* [1,с.537; 2, с.466]
5. Ізобарами називають атоми, ядра яких мають однакові кількості ...  
*Література* [2, с.467]
6. Ізотопи  ${}_{7}^{14}N$  та  ${}_{7}^{13}N$  відрізняються кількістю ...  
*Література* [2, с.467]
7. З наведених ядер  ${}_{3}^{7}Li$ ,  ${}_{4}^{7}Be$ ,  ${}_{7}^{13}N$ ,  ${}_{3}^{6}Li$  ізотонами є ...  
*Література* [2, с.467]
8. Існування найбільш стійких (магічних) ядер найбільш слушно описує ...  
*Література* [2, с.471]
9. Маса ядра порівняно з сумою мас протонів і нейтронів, що входять до його складу, завжди є ...  
*Література* [1,с.537; 2, с.467]
10. Енергією зв'язку ядра називають ...  
*Література* [2, с.467; 7,с.405]
11. Радіоактивність – це явище ...  
*Література* [1,с.537; 2, с.471]
12. При  $\beta^{+}$ - розпаді ядро випромінює ...  
*Література* [1,с.;539]
13. При електронному бета-розпаді заряд ядра ...  
*Література* [1,с.539; 2, с.475]
14.  $\alpha$ -частинка складається з ...  
*Література* [1,с.539; 2, с.473]
15.  $\gamma$  – випромінювання – це ...  
*Література* [2, с.472]

16. З наведених - частинками іонізуючого випромінювання, які не несуть електричного заряду, є ...  
*Література* [2, с.472]
17. У магнітному полі відхиляється від напрямку поширення потік ...  
*Література* [1,с.539; 2, с.471,472]
18. Рівняння, яке надає закон радіоактивного розпаду, має вигляд:  
*Література* [1,с.538; 2, с.472]
19. За два періоди напіврозпаду кількість ядер радіоактивної речовини зменшується ...  
*Література* [1,с.538; 2, с.473]
20. Активність радіоактивного препарату – це ...  
*Література* [1,с.538; 2, с.473]
21. Одиницею вимірювання активності в СІ є ...  
*Література* [2, с.473; 7,с.426]
22. За своїм фізичним змістом стала розпаду  $\lambda$  є величиною ...  
*Література* [1,с.538]
23. До ендотермічних ядерних реакцій відносяться реакції, що проходять з ...  
*Література* [1,с.540; 2, с.484,485]
24. Найменша кінетична енергія частинок, з якої протікання ендотермічної реакції є енергетично можливим має назву...  
*Література* [1,с.540; 7,с.450]
25. В будь-якій ядерній реакції виконуються закони збереження ...  
*Література* [1,с.539; 2, с.484]
26. Вибуховій ланцюговій реакції відповідає значення коефіцієнту розмноження нейтронів ...  
*Література* [2, с.491; 7,с.450]
27. При підтримці значення коефіцієнту розмноження нейтронів  $k=1$  ланцюгова реакція є ...  
*Література* [2, с.491; 7,с.450]
28. Основою ядерної енергетики з відновленням палива є реактори ...  
*Література* [2, с.493; 7,с.472]
29. При температурах, потрібних для виникнення реакції термоядерного синтезу, будь-яка речовина може існувати у вигляді ...  
*Література* [2, с.495; 7,с.473,474]
30. Забезпечує зв'язок нуклонів у ядрі взаємодія ...  
*Література* [2, с.470,500]
31. Зарядова незалежність притаманна взаємодії ...  
*Література* [2, с.470,500; 7,с.412]
32. Не належить до властивостей ядерних сил ....  
*Література* [2, с.470; 7,с.487]
33. Нескінченний радіус взаємодії є характерним для взаємодій:  
*Література* [2, с.500; 7,с.487]
34. Електромагнітна взаємодія здійснюється обміном ...  
*Література* [7,с.489]
35. Закони збереження, які виконуються для всіх типів взаємодії елементарних частинок, це ...  
*Література* [2, с.501; 7,с.490]
36. У процесах, обумовлених слабкою взаємодією, не виконуються закони збереження ...  
*Література* [2, с.501; 7,с.500]

#### 4.9 Тестові завдання до екзаменаційної роботи (III семестр)

№	Тестові завдання	Основна
---	------------------	---------

		література, сторінки
1.	Принцип, згідно якому лінійна комбінація власних хвильових функцій мікрочастинки також відповідає можливому її стану має назву ...	[2]с.400 [7]с.284
2.	Хвильову функцію мікрочастинки можна надати у вигляді $\Psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z)e^{-i\omega t}$ у випадку ...	[2]с.402 [7]с.285
3.	У рівняння Шредінгера для стаціонарних станів у якості параметра входить ...	[2]с.402 [7]с.285
4.	Енергія частинки, яка рухається у нескінченно глибокій потенціальній ямі, може приймати...	[2]с.405 [7]с.287
5.	Мінімальна енергія частинки, яка рухається у нескінченно глибокій потенціальній ямі, зі зменшенням лінійних розмірів ями ...	[2]с.405 [7]с.288
6.	Рівні енергії гармонічного квантового осцилятора	[2]с.411 [7]с.291
7.	Проходження частинки крізь потенціальний бар'єр носить назву ...	[2]с.409 [7]с.293
8.	Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру зі збільшенням маси частинки ...	[2]с.409 [7]с.293
9.	Коефіцієнт прозорості потенціального бар'єру зі збільшенням енергії частинки ...	[2]с.409 [7]с.293
10.	Атом водню знаходиться у стані з $n=4$ . Кількість ліній, яку містить спектр його випромінювання дорівнює ...	[2]с.392
11.	Яку характеристику стану електрона в атомі визначає головне квантове число?	[1]с.524 [2]с.414 [3]с.178
12.	Яку характеристику стану електрона в атомі визначає орбітальне квантове число?	[1]с.524 [2]с.414 [3]с.178
13.	Проекцію моменту імпульсу електрона в атомі на фізично виділений напрям визначає квантове число...	[1]с.524 [2]с.414 [3]с.180
14.	Власний момент імпульсу електрона визначає квантове число...	[1]с.524 [2]с.418 [3]с.180
15.	Кількість значень, які може приймати магнітне квантове число $m_l$ при заданому квантовому числі $l$ дорівнює...	[1]с.524 [2]с.414 [3]с.179
16.	Правилом відбору (можливим переходам атома з одного стану в інший) для магнітного квантового числа $m$ є...	[2]с.415 [7]с.308
17.	Зовнішній (валентний) електрон в основному стані атома натрію ( $z = 11$ ) має квантові числа ...	[2]с.422 [7]с.313,314
18.	Симетричні хвильові функції описують системи частинок, спин яких є ...	[2]с.419
19.	До ферміонів належать елементарні частинки, спин яких є ...	[2]с.419
20.	Статистиці Бозе - Ейнштейна підпорядковуються частинки, спин яких є ...	[2]с.419
21.	Функція розподілу ферміонів (розподіл Фермі-Дірака) за енергіями має вигляд ...	[2]с.435 [7]с.358
22.	В багатоелектронних атомах у нормальному зв'язку повний момент імпульсу атома визначається векторною сумою ...	[7]с.316,317
23.	Квантове число $S$ , яке відповідає повному спіновому моменту атома	[7]с.317

	$\vec{S}$ може бути...	
24.	Стани атома, які належать до одного терму, відрізняються значенням...	[7]с.317
25.	У $(j, j)$ - зв'язку повний момент імпульсу атома визначається векторною сумою ...	[7]с.318
26.	Характерною особливістю суцільних рентгенівських спектрів є ...	[2]с.423 [7]с.254
27.	Залежність між максимальною частотою $\nu_{max}$ гальмівного рентгенівського спектру і напругою, прикладеною до рентгенівської трубки, є...	[2]с.424 [7]с.254
28.	У межах окремої серії характеристичного рентгенівського випромінювання інтенсивність спектральної лінії зі збільшенням частоти ...	[2]с.425 [7]с.321
29.	Зміна енергії обертального руху молекули супроводжується випромінюванням у ... області спектру.	[7]с.323
30.	Поява в спектрі розсіяння світла з частотою $\nu_0$ симетричних сателітів носить назву розсіяння...	[2]с.428 [7]с.324
31.	Виникнення антистоксового (фіолетового) супутника в спектрі комбінаційного розсіяння пов'язане з переходом розсіювальних молекул ...	[2]с.428 [7]с.325
32.	Основними обов'язковими компонентами лазера є ...	[2]с.430
33.	У середовищі з інверсним заселенням енергетичних рівнів пучок світла при проходженні ...	[2]с.430 [7]с.333
34.	Зоною провідності називають енергетичну зону кристалу, яка ...	[2] с.444
35.	Кристал є напівпровідником, якщо ...	[2] с.445
36.	Питома провідність власних напівпровідників зі зростанням температури ...	[2] с.447
37.	Домішки, які забезпечують електронну провідність напівпровідників називають ...	[2] с.449 [7] с.347
38.	Провідність р - типу (діркова провідність) виникає у напівпровідниках з домішкою, валентність якої ...	[2] с.450 [7] с.347
39.	При однаковій температурі послідовно з'єднаних різних провідників контактна різниця потенціалів ...	[2] с.455
40.	Внутрішня контактна різниця потенціалів обумовлена ...	[2] с.455
41.	Величина термо-е.р.с. залежить від ...	[2] с.456
42.	Виділення (поглинання) додаткової до джоулевої теплоти при проходженні електричного струму крізь контакт двох різнорідних провідників має назву ...	[2] с.456
43.	Кількість нейтронів, що входить до складу ядра урану ${}^{235}_{92}U$ дорівнює ...	[1]с.537 [2]с.467 [3]с.186
44.	Ізомерами називають атоми радіоактивних елементів, ядра яких мають однаковий...	[2]с.186
45.	З наведених ядер ${}^7_3Li$ , ${}^7_4Be$ , ${}^{13}_7N$ , ${}^6_3Li$ ізобарами є	[2]с.467 [3]с.186
46.	Ізотонами називають атоми, ядра яких мають однакові кількості	[3]с.186
47.	З наведених ядер ${}^7_3Li$ , ${}^7_4Be$ , ${}^{13}_7N$ , ${}^6_3Li$ ізотопами є	[2]с.467 [3]с.186
48.	Реакцію ділення важких ядер найбільш слушно описує модель...	[2]с.470 [3]с.189

49.	При $\beta^-$ -розпаді ядро випромінює ...	[1]с.539 [2]с.475,476 [3]с.193
50.	У магнітному полі не відхиляється від напрямку поширення потік...	[2]с.477 [3]с.191
51.	При $\alpha$ -розпаді ядро випромінює ...	[1]с.539 [2]с.471 [3]с.191
52.	Період напіврозпаду радіоактивних ядер – проміжок часу, за який кількість ядер радіоактивного елементу зменшується у ...	[1]с.538 [2]с.473 [3]с.191
53.	Загальну кількість розпадів, що відбувається в радіоактивній речовині за одиницю часу, називають ...	[1]с.538 [2]с.473 [3]с.194
54.	Залежність кількості ядер радіоактивної речовини від часу є ...	[1]с.538 [2]с.473 [3]с.191
55.	За два періоди напіврозпаду активність радіоактивної речовини зміниться у ...	[1]с.538 [2]с.473 [3]с.194
56.	Ядерна взаємодія нуклонів в ядрі отримала назву ...	[2]с.500 [3]с.190
57.	До екзотермічних ядерних реакцій відносяться реакції, що проходять з ...	[1]с.540 [2]с.485
58.	Згасаючій ланцюговій реакції відповідає значення коефіцієнту розмноження нейтронів...	[2]с.491 .
59.	Керованій ланцюговій реакції відповідає значення коефіцієнту розмноження нейтронів ...	[2]с.491
60.	Види взаємодії, яким притаманна короткодія, це ...	[2]с.500 [3]с.190
61.	Насичення є характерною особливістю взаємодії ...	[2]с.470 [3]с.190

## 5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

### Основна література

1. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Підручник. Харків :ФОП Панов А.М., 2017. 564с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. Учебн. пособие. М: Высш.шк.,2001.542с.
3. Герасимов О.І., Курятников В.В., та ін. Фізика. Конспект лекцій. Одеса: ТЭС, 2004. 200с.
4. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.ІІІ. Електрика і магнетизм. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2014. 154с.
5. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.ІV. Коливання та хвилі. Оптика. Навч. посібник. Одеса: ТЕС, 2015. 152с.



6. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Навч.посібн. К.: Техніка, 2001. Т.2. 452с.
7. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Навч.посібн. К.: Техніка, 1999. Т.3. 518с.
8. Репозитарій ОДЕКУ. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/>

*Додаткова література*

9. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Изд. 4-е, стереотипное. М.: [Физматлит](#); Изд-во МФТИ, 2004. Т. III. Электричество. 656 с. [ISBN 5-9221-0227-3](#); [ISBN 5-89155-086-5](#).
10. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Издание 3-е, стереотипное. — М.: [Физматлит](#), [МФТИ](#), 2002. Т. IV. Оптика. 792 с. [ISBN 5-9221-0228-1](#)
11. Сивухин Д. В. Общий курс физики. 3-е издание, стереотипное. М.: [Физматлит](#), 2006. — Т. V. Атомная и ядерная физика. 784 с. [ISBN 5-9221-0645-7](#)