



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник начальника Інституту  
(з навчальної роботи)

полковник \_\_\_\_\_ Ігор ГИРЕНКО  
\_\_\_\_\_. 2024 р.

**Загальна фізика. Частина 2. Основи квантової фізики. Фізика твердого тіла. Основи квантової електроніки / General Physics. Part 2. Fundamentals of Quantum Physics. Solid State Physics. Fundamentals of Quantum Electronics. Робоча програма навчальної дисципліни (силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<b>Перший (бакалаврський) бакалавр</b>
<b>Галузь знань</b>	<u>17 Електроніка та телекомунікації</u>
<b>Спеціальність</b>	172 Телекомунікація та радіотехніка
<b>Освітня програма</b>	Спеціальні телекомунікаційні системи
<b>Статус дисципліни</b>	Нормативна
<b>Форма навчання</b>	очна(денна)
<b>Рік підготовки, семестр</b>	1 курс, 2(весняний) семестр
<b>Обсяг дисципліни</b>	5 кредитів
<b>Семестров. контроль</b>	Екзамен / Розрахунково-графічна робота / Модульна контрольна робота
<b>Мова викладання</b>	Українська
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: доцент, Скіцько Іван Федорович, <a href="mailto:fizika.kpi@gmail.com">fizika.kpi@gmail.com</a> , моб. +38(050) 642 36 10 Практичні: Іван Скіцько, Андрій Цюпа, <a href="mailto:a.tsiupa@gmail.com">a.tsiupa@gmail.com</a> Лабораторні: Іван Скіцько, Олександр Довженко, 0994091142, <a href="mailto:dovzhenkoa@ukr.net">dovzhenkoa@ukr.net</a>
<b>Розміщення курсу</b>	

Ухвалено Методичною комісією  
ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського  
Протокол від 27 . 06. 2024 р. № 6  
Заступник голови Методичної комісії

полковник \_\_\_\_\_ Олександр ЯРОВИЙ

Київ 2024

**1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

Навчальна дисципліна ФІЗИКА, частина 2 належить до нормативної частини навчального плану Циклу загальної підготовки. Міждисциплінарні зв'язки: курс загальної фізики забезпечує вивчення студентами дисциплін циклу професійно-практичної підготовки: "Інформаційна безпека", "Електроніка", "Основи теорії кіл, сигнали та процеси в електроніці" та ін. Вивчення курсу загальної фізики планується паралельно з вивченням відповідних розділів вищої математики.

**Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- використовувати фундаментальні фізичні поняття, основні принципи і закони класичної та сучасної фізики у галузі електродинаміки, коливань, хвильової та квантової оптики, фізики твердого тіла, контактних явищ в напівпровідниках і металах, квантової електроніки, фізики атома при вирішенні певних фізичних задач;
- застосовувати сучасні уявлення про будову та властивості матерії на мікроскопічному рівні;
- застосовувати базовий матеріал для подальшого вивчення дисциплін циклу професійно-практичної підготовки.

**Предмет навчальної дисципліни** — основні положення загальної фізики, зокрема, класичної, квантової механіки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики твердого тіла, фізики атома та атомного ядра.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є підсилення у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

**загальні компетентності:**

<b>ЗК 1.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	Ability to apply knowledge in practical situations.
<b>ЗК-7</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями	GC 7 Ability to learn and acquire modern knowledge

**фахові компетентності:**

<b>ФК-6</b> Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах	<b>PC 6</b> Ability to conduct instrumental measurements in information and telecommunication networks, telecommunication and radio engineering systems
--	---

**Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі після засвоєння навчальної дисципліни мають підсилення наступних програмних результатів навчання (знання, уміння, досвід):**

<b>ПРН-4</b> Пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх	<b>PLO 4</b> Explain the results obtained from measurements in terms of their significance and relate them to the relevant theory
---	---

<b>ПРН-8</b> Описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах,	<b>PLO 8</b> Describe the principles and procedures used in telecommunications systems, information and communication
<b>ПРН-10</b> Спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та	<b>PLO 10</b> Effectively communicate on professional matters, including oral and written communication in the state language
<b>ПРН-13</b> Застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в	<b>PLO 13</b> Application of fundamental and applied sciences for analysis and development of processes in

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

**Пререквізити:** мати базові знання з загальної фізики: фундаментальні фізичні поняття, основні принципи і закони класичної та сучасної фізики у галузі електродинаміки, коливальних, хвильової та квантової оптики, фізики твердого тіла, контактних явищ в напівпровідниках і металах, квантової електроніки, фізики атома при вирішенні певних фізичних задач.

**Постреквізити:** розраховувати електричні та магнітні поля простих конфігурацій зарядів і струмів в вакуумі та середовищах; розраховувати прості кола постійного струму; розраховувати параметри коливальних контурів та хвиль; експериментально досліджувати, якісно і кількісно оцінювати основні оптичні явища; експериментально досліджувати, якісно і кількісно оцінювати основні квантові явища; розраховувати та оцінювати основні параметри металів та напівпровідників, *p-n* -переходу.

## 3. Зміст навчальної дисципліни Семестр 2

### Семестровий (кредитний) модуль 2. Загальна фізика. Частина 2. Основи квантової фізики. Фізика твердого тіла. Основи квантової електроніки

#### 3.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції	Кількість год.
19	<b>Розділ IV. Основи квантової фізики</b> Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання. Лекція 1. Теплове випромінювання	2
20	Лекція 2. Квантова теорія випромінювання.	2
21	Тема 4.2. Елементи атомної фізики. Лекція 3. Теорія Бора.	2
22	Лекція 4. Сучасні уявлення про будову атома.	2
23	Лекція 5. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок.	2
24	Лекція 6. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.	2
25	Лекція 7. Рівняння Шредінгера.	2

	<b>Розділ V. Фізика твердого тіла</b>	
26	Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл. Лекція 8. Тверде тіло Енергетичні зони в кристалах.	2
27	Лекція 9. Квантова теорія електропровідності металів.	2
28	Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників. Лекція 10. Власні напівпровідники.	2
29	Лекція 11. Домішкові напівпровідники.	2
30	Лекція 12. Фотопровідність напівпровідників.	2
31	Лекція 13. Струм у напівпровідниках.	2
	Тема 5.3. Контактні явища.	2
32	Лекція 14. Термоелектронна емісія.	2
33	Лекція 15. Електронно-дірковий перехід.	2
	<b>Розділ VI. Основи квантової електроніки.</b>	
34	Тема 6.1. Принципи квантової електроніки. Лекція 16. Принципи квантової електроніки.	2
35	Лекція 17. Фізичні принципи волоконно-оптичного зв'язку.	2
	Розділ VII. Фізика атомного ядра	
36	Тема 7.1. Атомне ядро та радіоактивність. Ядерна енергетика. Лекція 18. Будова атомного ядра. Радіоактивність.	2

### **3.2.Рекомендована тематика практичних занять.**

1. Згасаючі та вимушені коливання.
2. Хвилі.
3. Інтерференція електромагнітних хвиль.
4. Дифракція хвиль.
5. Теплове випромінювання.
6. Будова атома.
7. Основи квантової механіки.
8. Розв'язування рівняння Шредінгера для потенціальних бар'єрів.
9. Розв'язування рівняння Шредінгера для потенціальної ями.
10. Основи зонної теорії твердих тіл.
11. Розподіл електронів за енергетичними станами.
12. Електропровідність власних напівпровідників.
13. Електропровідність домішкових напівпровідників.
14. Електричний струм в напівпровідниках.
15. Контактні явища.
16. Квантова електроніка.
17. Атомне ядро.
18. Радіоактивність.

### **3.2.Рекомендований перелік лабораторних робіт.**

Лабораторні роботи виконуються студентами з метою вироблення умінь і набуття досвіду експериментальних досліджень та закріплення теоретичних знань. Роботи обираються з наданого переліку відповідно до графіку.

- 1.Дослідження поляризації світла
- 2.Вивчення законів теплового випромінювання
- 3.Вивчення спектру водню

4. Вивчення спектрів поглинання і випромінювання напівпровідників
5. Дослідження впливу температури на електропровідність металів і напівпровідників
6. Вивчення зовнішнього фото ефекту
7. Досліди Франка - Герца
8. Вивчення ефекту РАМЗАУЕРА
9. Дослідження термоелектронної емісії
10. Дослідження дисперсії світла

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основна

1. Е.С. Лопатинський, І. Р. Зачек, Г. А. Ільчук, Б.М. Романишин. Фізика. Підручник. – Львів: Афіша, 2009.-386с.
2. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І. Фізика (Фізика для інженерів): **Підручник** /: – Київ: КПІм. Ігоря Сікорського, 2017.–513с. - <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19035>
3. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І. **Фізика**. Практикум. Навч. посібник. - 2-видання перероблене, доповнене. /за заг. ред. І. Ф. Скіцька – К. : Вид-во «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 614 с. - Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37577>
4. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І. **Обробка результатів фізичних вимірювань**. навч. посіб. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.–88 с. - Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25320>
5. Скіцько І.Ф., Корнієнко Є.Г. Вивчення законів постійного струму на прикладах містка Уїтстона та компенсаційної схеми: **Інструкція до лабораторних робіт** навч. посіб./– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 60 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48715>
6. Скіцько І.Ф., Корнейко О.В., Скіцько О.І. Частина 2. Загальна фізика та основи зонної теорії твердих тіл. Навчальний посібник.– К.: ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2013.– 400 с.
7. Скіцько І.Ф. **Інструкція до лабораторної роботи**. Дослідження впливу температури на електропровідність металів і напівпровідників: Інструкція до лабораторної роботи :навч. посіб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, **2018**. – 30 с., Доступ: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22764>
8. Скіцько І.Ф., Корнієнко Є.Г. **Інструкція до лабораторної роботи**. Вивчення дисперсії світла та визначення групової швидкості світла в склі. Навч. посіб. / - Київ :КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2021.- 29с. 2,21 друк.арк. – Доступ: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45713>
9. Скіцько, І. Ф. Дослідження поляризованого світла. Інструкція до лабораторної роботи. Навч. посіб. для студ. /– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 41 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54390>
10. Скіцько І.Ф. Вивчення ефекту Рамзауера. Інструкція до лабораторної роботи Навчальний посібник для студентів.; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2022.–29с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54422>

11. Бруква Н. М., Скіцько І. Ф. Вивчення електростатичного поля. Інструкція до лабораторної роботи. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 45 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62362>
12. Бруква Н. М., Скіцько І. Ф. Вивчення інтерференції світла за допомогою біпризми Френеля. Інструкція до лабораторної роботи. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 41 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62388>
13. Бруква Н. М., Скіцько І. Ф. Дискретність енергії атома. Дослід Франка і Герца. Інструкція до лабораторної роботи. Навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра. — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 29 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62466>
14. Скіцько І. Ф., Бруква Н. М. Вивчення законів теплового випромінювання. Інструкція до лабораторної роботи. Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра. - Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 41 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63036>
15. Бруква Н. М., Скіцько І. Ф. Вивчення дифракційної решітки. Інструкція до лабораторної роботи. Навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 47 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/63481>
16. Бруква Н. М., Скіцько І.Ф. Дослідження електричних згасаючих і вимушених коливань. Інструкція до лабораторної роботи. Навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 69 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65714>

#### Додаткова література

10. Кучерук І.М., Горбачук І.І., Луцик П.П. Загальний курс фізики. Електрика й магнетизм.- К: Техніка, 2001.
11. Кучерук І.М., Горбачук І.І. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика.- К: Техніка, 1999р.

#### 5. Навчальний контент

##### Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Структура кредитного модуля

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаборатор. роботи	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Розділ III. Коливання та хвилі</b>					
<b>Тема 3.1. Коливання.</b>	3	-	2	-	1
<b>Тема 3.2. Хвилі</b>	3	-	2	-	1
<b>Тема 3.3. Оптика</b>	16	-	2	12	2
<b>Разом за розділ 3</b>	22	-	6	12	4
<b>Розділ IV. Основи квантової фізики</b>					

Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання	15	4	-	8	3
Тема 4.2. Елементи атомної фізики	17	4	2	8	3
Розрахункова робота з тем:3.1-3.3; 4.1-4.2.	4	-	-	-	4
Тема 4.3. Основи квантової механіки	16	6	2	4	4
Разом за розділ 4	52	14	4	20	14
<b>Розділ V. Фізика твердого тіла</b>					
Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл	8	4	2	-	2
Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників	18	8	2	4	4
Тема 5.3. Контактні явища	8	4	2	-	2
МКР з тем 4.3; 5.1 - 5.3.	5	-	2	-	3
Разом за розділ 5	39	16	8	4	11
<b>Розділ VI. Основи квантової електроніки</b>					
Тема 6.1. Принципи квантової електроніки	5	4	-	-	1
Разом за розділ 6	5	4	-	-	1
<b>Розділ VII. Фізика атомного ядра</b>					
Тема 7.1. Атомне ядро та радіоактивність. Ядерна енергія	2	2	-	-	-
Разом за розділ 7	2	2	-	-	-
Підготовка до іспиту	30				30
Всього за семестр	150	36	18	36	60

#### 5.1. Лекційні заняття (денна форма навчання)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
19	<p style="text-align: center;"><b>Розділ IV. ОСНОВИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Лекція 1. Теплове випромінювання</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Особливості та характеристики теплового випромінювання.</li> <li>Закон Кірхгофа. Абсолютно чорне тіло. Розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла.</li> <li>Закони випромінювання абсолютно чорного тіла.</li> </ol> <p>Лекційна демонстрація: "Закони Кірхгофа". Плакат №532. Літ.1. §§ 107-108; 2. §§ 16.1-16.2. <u>Завдання на СРС:</u></p>
20	<p style="text-align: center;"><b>Лекція 2. Квантова теорія випромінювання.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Формула Релея-Джінса. "Ультрафіолетова катастрофа".</li> <li>Гіпотеза квантування енергії. Формула Планка.</li> <li>Застосування інфрачервоного випромінювання у військовій техніці.</li> </ol> <p>Літ.1. §§ 109-110; 2. §§ 16.2-16.3. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 2. §§ 16.4-16.7; 1.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Тема 4.2. Елементи атомної фізики.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Лекція 3. Теорія Бора.</b></p>

21	<p>1. Ядерна модель атома. Неспроможність класичної ядерної моделі атома. Лінійчатий спектр атома водню. Досліди Франка і Герца.</p> <p>2. Елементарна теорія Бора воднеподібного атома.</p> <p>3. Розвиток теорії Бора. Еліптичні орбіти. Просторове квантування.</p> <p>Плакати: №№ 605, 610, 611.</p> <p>Літ. 1. §§ 113, 114; 2. §§ 17.1-17.5.</p> <p><u>Завдання на СРС: Літ. 1. §§ 113, 114.</u></p>
22	<p style="text-align: center;"><b>Лекція 4. Сучасні уявлення про будову атома.</b></p> <p>1. Спін електрона. Спінове число.</p> <p>2. Квантові стани електронів в атомі. Квантові числа.</p> <p>3. Принцип Паулі. Електронна оболонка атома.</p> <p>4. Фізичні принципи будови періодичної таблиці хімічних елементів.</p> <p>Плакати: №№ 609, 612, Таблиця хімічних елементів Менделєєва.</p> <p>Літ. 1. §§ 121-122; 2. §§ 17.6-17.11.</p> <p><u>Завдання на СРС: Літ. 2. §§ 17.12.</u></p>
23	<p style="text-align: center;"><b>Лекція 5. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок.</b></p> <p>1. Гіпотеза де-Бройля.</p> <p>2. Експериментальне підтвердження хвильових властивостей мікрочастинок речовини. Корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії.</p> <p>3. Застосування хвильових властивостей мікрочастинок в наукових дослідженнях та в техніці.</p> <p>Літ. 1. §§ 115, 123; 2. §§ 18.1-18.3.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u></p>
24	<p style="text-align: center;"><b>Лекція 6. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.</b></p> <p>1. Координатно-імпульсний метод класичної механіки.</p> <p>2. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.</p> <p>3. Уявлення про методи квантової механіки. Хвильова функція та її фізичний зміст.</p> <p>Літ. 1. §§ 116, 117. 2. §§ 18.4-18.6.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u></p>
25	<p style="text-align: center;"><b>Лекція 7. Рівняння Шредінгера.</b></p> <p>1. Часове рівняння Шредінгера. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів.</p> <p>2. Розв'язання рівняння Шредінгера для потенційного бар'єра скінченної ширини.</p> <p>Літ. 1. §§ 118-119; 2. §§ 18.7-18.9;</p> <p><u>Завдання на СРС: Літ. 2. §18.10.</u></p>
26	<p style="text-align: center;"><b>Розділ V. Фізика твердого тіла</b></p> <p><b>Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл.</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Лекція 8. Тверде тіло Енергетичні зони в кристалах.</b></p> <p>1. Тверде тіло. Класифікація твердих тіл за величиною питомої електропровідності та її залежності від температури. Поняття про кристалічну ґратку та типи зв'язків атомів у твердих тілах. Поняття про рідкі кристали та їхні властивості.</p> <p>2. Енергетичний спектр атома. Виникнення енергетичних зон при утворенні кристалічної ґратки. Ширина енергетичних зон та відстань між рівнями в зоні. Заповнення енергетичних зон електронами. Зони: валентна, заборонена та провідності.</p> <p>3. Електропровідність твердих тіл за зонною теорією. Metали, напівпровідники, діелектрики.</p> <p>4. Функція густини дозволених електронних станів. Поняття про квантову статистику Фермі-Дірака та класичну статистику Максвелла-Больцмана.</p>



	<p>Плакати: №№ 293, 292. Літ. 1. §§137,139,140; 2. §§ 19.1-19.6; Завдання на СРС: Літ. 2. §19.4.</p>
27	<p><b>Лекція 9. Квантова теорія електропровідності металів.</b> 1. Незалежність енергії електронів в металі від температури. Вироджений електронний газ. 2. Електропровідність металів та її залежність від температури. Надпровідність. Літ. 1. §§ 138; 2. §§ 19.7-19.8; 12. §§ 51, 52, 54; Завдання на СРС: Літ. 1 §§ 138, 138, 139, 140.</p>
28	<p><b>Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників.</b> <b>Лекція 10. Власні напівпровідники.</b> 1. Уявлення про власні напівпровідники. Процеси генерації та рекомбінації рівноважних носіїв заряду у власних напівпровідниках. Електронна та діркова провідності. 2. Розрахунок рівноважної концентрації носіїв заряду і положення рівня Фермі у власному напівпровіднику. 3. Теоретична формула електропровідності власного напівпровідника. Метод визначення ширини забороненої зони. Літ. 1. § 14; 2. §§ 19.9-19.10; 12. §§ 57-58; 8. § 181; 4. с. 250-254. Завдання на СРС: Літ. 12. §58.</p>
29	<p><b>Лекція 11. Домішкові напівпровідники.</b> 1. Дефектні та домішкові напівпровідники. Донорні та акцепторні домішки. Генерація та рекомбінація носіїв заряду у домішкових напівпровідниках. Основні та неосновні носії. 2. Рівноважна концентрація носіїв заряду та положення рівня Фермі в домішкових напівпровідниках. 3. Електропровідність домішкових напівпровідників та її залежність від температури. Метод визначення енергії активації домішки. Літ. 1. § 142; 2. §§ 19.9-19. Завдання на СРС:</p>
30	<p><b>Лекція 12. Фотопровідність напівпровідників.</b> 1. Внутрішній фотоефект, його види та механізми. 2. Рівноважні та нерівноважні носії заряду. Швидкість зміни нерівноважної концентрації за рахунок рекомбінації носіїв заряду. 3. Час життя неосновних носіїв заряду. Демонстрація: “ Фотоопори ФСК-1, ФСК-2” Літ. 2. §§ 19.11. Завдання на СРС: Літ. Конспект лекцій</p>
31	<p><b>Лекція 13. Струм у напівпровідниках.</b> 1. Поняття про явище дифузії. Дифузійний та дрейфовий струми. 2. Співвідношення Ейнштейна між рухливістю та коефіцієнтом дифузії. Дифузійна довжина та довжина зсуву носіїв заряду. 3. Ефект Гана. Літ. 2. §§ 19.12; 13. §150. Завдання на СРС: Літ. 2. §§ 19.12.</p>
32	<p><b>Тема 5.3. Контактні явища.</b> <b>Лекція 14. Термоелектронна емісія.</b> 1. Уявлення про електронну емісію. 2. Робота виходу електрона з металу у вакуумі. 3. Термоелектронна емісія та її закони.</p>

	Демонстрація: “ Електронні лампи”. Літ. 1. §61; 2.§§ 20.1-20.3.
33	<b>Лекція 15. Електронно-дірковий перехід.</b> 1.Способи отримання електронно-діркового переходу (p-n – перехід). 2.Властивості p-n – переходу. 3.Поняття про гетеропереходи. Літ. 1. § 143; 2.§§ 21.2-21.3. Завдання на СРС: Літ. 2.§§ 21.4-21.6.
34	<b>Розділ VI. Основи квантової електроніки.</b> <b>Тема 6.1. Принципи квантової електроніки.</b> <b>Лекція 16. Принципи квантової електроніки.</b> 1Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною: поглинання, спонтанне та вимушене випромінювання. 2.Населеність та інверсна населеність енергетичних рівнів. Інверсний стан речовини. Методи здійснення інверсної населеності. 3.Квантові підсилювачі та генератори. Лазери та мазери. Літ. 1. §§ 124-125; 2.§§ 22.1-22.4.
35	<b>Лекція 17. Фізичні принципи волоконно-оптичного зв'язку.</b> 1.Лазерний зв'язок. 2.Волоконна оптика. Повне внутрішнє відбивання та дисперсія електромагнітного випромінювання. 3.Волоконно-оптичні лінії зв'язку. Літ. 2.§§ 22.5; Допоміжна літ. 12, 13.
36	<b>Розділ VII. Фізика атомного ядра</b> <b>Тема 7.1. Атомне ядро та радіоактивність. Ядерна енергетика.</b> <b>Лекція 18. Будова атомного ядра. Радіоактивність.</b> 1.Склад та основні характеристики атомних ядер і нуклонів. Взаємодія нуклонів та уявлення про ядерні сили. 2.Дефект маси та енергія зв'язку ядра. Залежність питомої енергії зв'язку ядра від його масового числа. 3.Моделі ядра. Поняття про мезонну теорію ядерних сил. 4.Стійкість ядер. Види радіоактивності. Закон радіоактивного розпаду. Активність джерел радіоактивного випромінювання. 5.Природа ядерної енергії. Принципи виділення ядерної енергії. Літ.1. §§ 128-135; 2.§§ 23.1-23.9.

## 5.2. Практичні заняття (денна форма навчання)

Основні завдання циклу практичних занять:

- закріплення засвоєння змісту лекційного матеріалу;
- засвоєння методів аналізу фізичних явищ;
- вироблення вміння обчислень фізичних величин за аналітичними виразами;
- вироблення вміння застосовувати математичний апарат для вирішення певних фізичних задач.

Нижче наведено теми та короткий зміст занять і орієнтовний перелік завдань для аудиторної роботи та СРС (номери задач) за посібником [8]. При роботі в аудиторії викладач має право, крім указаних у переліку, використовувати завдання з інших джерел.

№	Назва теми	заняття	та	перелік	основних	питань
---	------------	---------	----	---------	----------	--------

з/п	(перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
10	<p><b><u>Розділ III. Коливання та хвилі</u></b>  <b>Тема 3.1. Коливання.</b>  <b>Практичне заняття 1. Згасаючі та вимушені коливання.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Згасаючі коливання.</li> <li>2. Вимушені коливання.</li> <li>3. Резонанс та умови виникнення.</li> <li>4. Розв'язування задач за даною темою.</li> </ol> <p>Літ. 3. № 8.19, 8.42, 8.47, 8,84.  Завдання на СРС: Літ. 3. № 8.22, 8.44, 8.62, 8.88.</p>
11	<p><b>Тема 3.2. Хвилі.</b>  <b>Практичне заняття 2. Хвилі.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рівняння, параметри та властивості хвиль.</li> <li>2. Інтерференція хвиль.</li> <li>3. Розв'язування задач за даною темою.</li> </ol> <p>Літ.3. № 9.25, 9.41, 9,56.  Завдання на СРС: Літ. 3. № 9.28, 9.46, 9.60</p>
12	<p><b>Тема 3.3. Оптика.</b>  <b>Практичне заняття 3. Інтерференція та дифракція електромагнітних хвиль.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Інтерференція електромагнітних хвиль:</li> <li>2. Дифракція електромагнітних хвиль. Дифракційна решітка.</li> <li>3. Розв'язування задач за даною темою.</li> </ol> <p>Літ. 3. № 10.31, 10.42, 11.19, 11,64.  Завдання на СРС: Літ. 3. № 10.32, 10.44, 11.15, 11.62.</p>
13	<p><b><u>Розділ IV. Основи квантової фізики</u></b>  <b>Теми 4.1 і 4.2. Квантова природа електромагнітного випромінювання та елементи атомної фізики..</b>  <b>Практичне заняття 4. Теплове випромінювання та будова атома.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантова природа теплового випромінювання та його закони.</li> <li>2. Боровська теорія будова воднеподібних атомів та висновки із неї.</li> <li>3. Квантові числа, електронна оболонка атома.</li> <li>4. Розв'язування задач за даною темою.</li> </ol> <p>Літ. 3. № 12.26, 12.58, 13.26, 13.36.  Завдання на СРС: Літ. 3. № 12.25, 12.54, 13.20, 13.47.</p>
14	<p><b>Тема 4.3. Основи квантової механіки.</b>  <b>Практичне заняття 5. Основи квантової механіки.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гіпотеза де-Бройля.</li> <li>2. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга.</li> <li>3. Розв'язування рівняння Шредінгера.</li> <li>4. Розв'язування задач за даною темою.</li> </ol> <p><u>Методичні рекомендації:</u> Стаціонарне рівняння Шредінгера для потенційного бар'єру нескінченної ширини викладач розв'язує біля дошки в аудиторії. Отримані співвідношення в подальшому використовуються для розв'язку задач. В аудиторії рекомендується розв'язувати задачі:</p> <p>Літ. 3. № 14.19, 14.33, 14.46, 14.49.  Завдання на СРС: Літ. 3. № 14.13, 14.38, 14.47, 14.59.</p>
15	<p><b>Розділ V. Фізика твердого тіла</b>  <b>Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл.</b>  <b>Практичне заняття 6. Розподіл електронів за енергетичними станами.</b></p>

	<p>1. Функція густини дозволених енергетичних станів та відстань між енергетичними рівнями в зоні.</p> <p>2. Функція розподілу Фермі-Дірака та Максвелла-Больцмана.</p> <p>3. Розрахунок концентрації електронів провідності та енергії Фермі в металах.</p> <p>4. Електропровідність металів.</p> <p>5. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. №: 15.13, 15.20, 15.28, 15.45. Завдання на СРС: Літ.3. №: 15.12, 15.24, 15.31, 15.40.</p>
16	<p><b>Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників.</b> <b>Тема 5.3. Контактні явища.</b> <b>Практичне заняття 7. Електропровідність напівпровідників.</b></p> <p>1. Електропровідність власних напівпровідників та її залежність від температури.</p> <p>2. Електропровідність домішкових напівпровідників та її залежність від температури.</p> <p>3. Визначення ширини забороненої зони напівпровідника та енергії активації домішки в напівпровіднику.</p> <p>4. Розв'язування задач за даною темою. Літ.3. № 16.30, 16.37, 16.48, 16.53. Завдання на СРС: Літ. 3. № 16.29, 16.38, 16.47, 16.62.</p>
17	<p><b>Практичне заняття 8. Фотопровідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід.</b></p> <p>1. Зміна нерівноважної концентрації неосновних носіїв заряду. Час життя неосновних нерівноважних носіїв заряду. Фотопровідність напівпровідників.</p> <p>2. Властивості <math>p-n</math> переходу.</p> <p>3. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 16.63, 16.67, 17.22. Завдання на СРС: Літ. 3. № 16.64, 16.68, 17.17.</p>
18	<p><b>Практичне заняття 9. МКР</b> проводиться за темами <b>4.3; 5.1 - 5.3</b> згідно розкладу занять.</p>

### 5.3. Лабораторні заняття

#### Основні завдання циклу лабораторних занять

Основні завдання лабораторних занять з даного кредитного модуля

- закріплення засвоєння змісту лекційного матеріалу;
- засвоєння методів аналізу фізичних явищ;
- вироблення вміння експериментального дослідження фізичних явищ;
- вироблення вміння обчислень фізичних величин за аналітичними виразами;
- вироблення вміння застосовувати математичний апарат для дослідження певних фізичних явищ.

Після виконання 4-5 робіт студенти захищають отримані результати на колоквіумах.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд.год.
1	Вивчення поляризації світла	4
2	Вивчення законів теплового випромінювання	4
3	Вивчення спектру атома водню	4
4	Магнітне обертання площини поляризації (ефект Фарадея)	4

5	Дослідження впливу температури на електропровідність металів і напівпровідників	4
6	Вивчення зовнішнього фотоефекту	4
7	Досліди Франка - Герца	4
8	Вивчення ефекту РАМЗАУЕРА	4
10	Дослідження дисперсії світла	4

### 6. Самостійна робота

Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість ауд.год
1	2
<b>Тема 3.1.</b> Коливання.	1
<b>Тема 3.2.</b> Хвилі	1
<b>Тема 3.3.</b> Оптика	2
<b>Тема 4.1.</b> Квантова природа електромагнітного випромінювання (Зовнішній фотоефект та його закони. Застосування інфрачервоного випромінювання у військовій техніці)	3
<b>Тема 4.2.</b> Елементи атомної фізики	3
<b>Розрахункова робота з тем:3.1-3.3; 4.1-4.2.</b>	4
<b>Тема 4.3.</b> Основи квантової механіки	4
<b>Разом за розділ 4</b>	14
<b>Тема 5.1.</b> Основи зонної теорії твердих тіл	2
<b>Тема 5.2.</b> Електричні властивості напівпровідників	4
<b>Тема 5.3.</b> Контактні явища	2
<b>МКР з тем 4.3; 5.1 - 5.3.</b>	3
<b>Тема 6.1.</b> Принципи квантової електроніки (Властивості лазерного випромінювання та застосування лазерів на практиці)	1
<b>Підготовка до іспиту</b>	30
<b>Всього за семестр</b>	60

З даної навчальної дисципліни заплановано індивідуальне завдання у вигляді **розрахункової роботи (РР)**. Вони сприяють більш поглибленому вивченню студентами теоретичного матеріалу, формуванню вмінь використання знань для вирішення відповідних практичних завдань. Індивідуальні завдання виконуються студентами самостійно із забезпеченням необхідних консультацій з окремих питань з боку викладача. Наявність позитивних оцінок, отриманих студентом за індивідуальні завдання, є необхідною умовою допуску до семестрового контролю.

#### Основні цілі індивідуального завдання:

- чітка організація самостійної роботи студентів;
- підвищення якості засвоєння навчального матеріалу;
- вироблення початкових навичок інженерних розрахунків

**Індивідуальне завдання.** Розрахункова робота проводиться за темами **3.1 - 3.3;4.1-4.2**. Кожний студент отримує індивідуальні завдання у вигляді 4 задач. Захист виконаних завдань індивідуальний. Рекомендується література **2, 4, 8**.

## Контрольна робота

З кредитного модуля заплановано проведення однієї модульної контрольної роботи (МКР): МКР проводиться за темами 4.3; 5.1-5.3 згідно розкладу занять.

**Основна мета МКР**- здійснення рубіжного контролю та досесійної атестації академічної успішності студентів. **Місце проведення МКР** - в аудиторії згідно розкладу. МКР проводяться на практичному занятті №9 та розрахована на дві академічні години.

**Методика проведення МКР.** Завдання МКР складаються з 3 питань (задач). Рекомендується література 2;3;9. Проводиться шляхом видачі кожному студентові індивідуальних завдань (3 задач). Результати оголошуються на найближчому занятті.

## 7. Політика і контроль

### 7.1. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує гугл-диск для викладання матеріалу поточної лекції, додаткової інформації, завдань до практичних робіт та інше; вирішення практичних завдань та модульних контрольних робіт завантажуються на гугл-диск;
- питання на лекції задаються у відведений для цього час;
- для захисту практичної або розрахункової роботи необхідно розв'язати відповідні задачі, завантажити рішення на гугл-диск та відповісти на запитання щодо рішення;
- лабораторні заняття проводяться в лабораторіях кафедри. Перевіряється підготовка студентів до виконання конкретної лабораторної роботи. Після отримання допуску студенти експериментально отримують результати вимірювання, які записують в протокол роботи. Оформляють протокол роботи і відповідають на контрольні питання. При успішному захисті протоколу отримують відповідні бали.
- заохочувальні бали виставляються за: рішення задач на першому практичному занятті; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 10;
- штрафні бали виставляються за: переписування модульної контрольної роботи. Кількість штрафних балів не більше 10.

### 7.2. Положення про рейтингову систему оцінки успішності студентів

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- 5 експрес-контролів на практичних заняттях;
- 2 відповіді на ПЗ;
- 1 модульна контрольна робота (МКР) ;
- Одну розрахункову роботу (РР) ;
- Виконання та захист 9-ти лабораторних робіт (ЛР);
- Відповідь на екзамені.

#### Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Відповідно до календарного плану занять та рекомендацій Положення про рейтингову систему оцінки знань, семестровий нормативний ваговий бал практичних

занять прийняті наступні шкали та вагові рейтингові бали і критерії оцінювання за видами занять.

Семестрова та екзаменаційна рейтингові шкали приймаються у розмірі балів,  $\hat{r}_C = 120$  балів,  $r_E = 80$  балів.  $R = \hat{r}_C + r_E = 200$  балів - рейтингова шкала з кредитного модуля.

### 1. Експрес контролю

Ваговий бал  $\hat{r}_{ек} = 15$ . Для отримання рейтингу  $r = 3 * 5 = 15$  балів студент повинен отримувати позитивні оцінки за всі відповіді на питання контролю підготовки до заняття.

- «відмінно» повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;
- «добре» достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібні інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 12-9 балів;
- «задовільно» неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та незначні помилки -6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) -0 балів.

### 2. Практичні заняття.

Ваговий бал  $\hat{r}_{пз} = 10$  балів. Для отримання рейтингу  $r = 2 * 5 = 10$  балів студент повинен два рази самостійно розв'язати задачу або дати дві правильні відповіді на якісні питання.

Студент, який бере активну участь в занятті й демонструє якісну підготовку до нього, може отримати заохочувальний бал (бонус)  $r_б \leq 2$ , але в межах загального ліміту 10% від  $r_C$ , тобто не більше 19 балів за всі види контролю разом.

Підсумковий семестровий рейтинг з практичних занять визначається набраними нормативними та заохочувальними  $r_б$  балами сумарний ваговий бал

$$\hat{r}_{пр} = 10 + \sum r_б.$$

### 3. Модульна контрольна робота (МКР).

МКР оцінюється в 20 балів, відтак ваговий рейтинговий бал за семестр складає  $r_{МКР} = 1 * 20 = 20$  балів.

- «відмінно» ( $r > 18$ ) виконано не менше 90 % завдання;
- «добре» ( $15 \leq r < 18$ ) - виконано від 60% до 74% завдання;
- «задовільно»- ( $12 \leq r < 15$ ) - виконано не менше 60% завдання та незначні помилки;
- «незадовільно» ( $r=0$ ) - виконано менше 60% завдань.

### 4. Розрахункова робота (РР).

Ваговий бал  $r_{рр} = 30$  балів.

Норми оцінювання:

- «відмінно»-  $r > 27$  - виконано всі вимоги до роботи;
- «добре» -  $24 \leq r < 27$  - виконані майже всі вимоги до роботи, але є несуттєві помилки;
- «задовільно» -  $18 \leq r < 24$  - є недоліки щодо виконання вимог до роботи і деякі помилки;
- «незадовільно» ( $r=0$ ) - не відповідає вимогам до «задовільно».

За кожний тиждень запізнення з подання РР на перевірку зараховується **штрафний бал** ( $r_{шт} = 2$  бали).

Підсумковий рейтинг за РР визначається кількістю балів за виконання роботи за відрахуванням штрафних балів:

$$r_{PP} = 30 - \sum r_{шт}$$

## 5. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість за всі лабораторні роботи **56 × 9 = 45 балів** в кожному семестрі.

позитивне тестування з теоретичного матеріалу та правильно оформлений звіт лабораторної роботи .....5б

позитивне тестування з теоретичного матеріалу та з помилками оформлений звіт .....4-3б

негативне тестування з теоретичного матеріалу та правильно оформлений звіт з лабораторної роботи .....2б

негативне тестування з теоретичного матеріалу та з помилками оформлений звіт з лабораторної роботи .....1б

негативне тестування з теоретичного матеріалу та відсутність звіту з лабораторної роботи .....0б.

## 6. Штрафні та заохочувальні бали за:

недопуск до лабораторних робіт у зв'язку з незадовільним вхідним контролем- -1

відсутній на лабораторному занятті без поважних причин.....- 2

несвоєчасний захист МК та РР (пізніше ніж за тиждень)..... -1 ÷ -5

повідомлення на семінарському занятті..... +2 ÷ +5

участь на олімпіадах, модернізація лабораторних робіт, виконання завдань

із удосконалення методичних та дидактичних матеріалів з дисципліни..... +2 ÷ +10

**Календарний контроль проводиться згідно графіка-календаря освітнього процесу ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського на навчальний рік.**

За перший календарний контроль студент може отримати поточний рейтинг  $r_1 = 46$  балів. Тому заліковий бал першої атестації приймається  $A_1 = 0,5r_1 = 23$  балів. На час другого календарного контролю максимальний поточний рейтинг складає  $r_2 = 86$  бали. Заліковий бал другої атестації  $A_2 = 0,5r_2 = 43$  балів.

## Оцінювання якості знань із кредитного модуля.

**Максимальна сума балів** стартової складової дорівнює  $\hat{r}_c = 120$  балів.

Стартовий (попередній) рейтинг студента дорівнює сумі балів, отриманих з усіх контрольних заходів у семестрі:

$$\hat{r}_c = r_{експ} + r_{пр} + \hat{r}_{лб} + r_{МКР} + r_{РР} = 15 + 10 + 45 + 20 + 30 = 120 \text{ балів.}$$

**Умова допуску до екзамену.** Студент допускається до екзамену, якщо він має: - стартовий рейтинг  $r_c \geq 0,5\hat{r}_c = 60$  балів;

- зараховані всі лабораторні роботи;

- зараховано розрахункову роботу (отримано більше 18 балів).

**Екзаменаційна складова шкали** дорівнює 40% від  $\hat{r}_c$ , а саме:

$$\text{2-ий семестр } r_E = \frac{120 \cdot 0,4}{1 - 0,4} = 80 \text{ балів:}$$



**Рейтинг із кредитного модуля** (підсумковий бал) складається зі стартового рейтингу  $r_c$  і балів  $r_E$  (максимальна кількість балів на екзамені дорівнює 80 балів), отриманих студентом на екзамені:

$$R = r_c + r_E = 120 + 80 = 200 \text{ балів}$$

### Екзамен

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Для цього кожний студент самостійно вибирає екзаменаційний білет, який містить два теоретичних питання і одне практичне завдання (задачу). Перелік теоретичних питань і ймовірний набір задач студентам видається не пізніше, ніж за місяць до екзамену. Кожне теоретичне питання оцінюється у **26** балів кожне, а практичне (задача) оцінюється у **28** балів. На екзамені дозволяється користуватись посібником (книга): Корнейко О. В., Скіцько І. Ф., Скіцько О. І. за заг. ред. І. Ф. Скіцька. Фізика. Практикум. В 2 ч. Частина 2. Загальна фізика та основи зонної теорії твердих тіл: навч. посібник / К.: Вид-во ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2013. – 400 с.

#### Система оцінювання теоретичних питань(за одне питання в білеті)

«відмінно»	повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)	26-23 балів
«добре»	достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності)	22-19 балів
«задовільно»	не повна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки)	18-16 балів
«незадовільно»	незадовільна відповідь, відсутність будь якої відповіді, відповідь не по суті питання.	0 балів

#### Система оцінювання практичного завдання (задачі).

«відмінно»	повний безпомилковий розв'язок задачі	28-25 балів
«добре»	повний розв'язок задачі з несуттєвими неточностями	24-22 бали
«задовільно»	задача розв'язана с певними недоліками	21-20 балів
«незадовільно»	задача не розв'язана	0 балів

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею викладача:

$RD = r_c + r_E$	Традиційна оцінка
<b>I семестр</b>	
200-190	відмінно
198-170	дуже добре
168-150	добре
144-130	задовільно
128-120	достатньо
менше 120	незадовільно

#### Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

### 8. Додаткова інформація з навчальної дисципліни

**Перелік програмних питань** з курсу фізики за другий семестр 2023–2024 н. р. для складання іспиту з кредитного модуля «ФІЗИКА. Частина 2. Основи квантової фізики. Фізика твердого тіла. Основи квантової електроніки» студентами 1-го курсу Державного закладу "Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації КПІ ім. Ігоря Сікорського".

1. Теплове випромінювання, його рівноважність та характеристики. Абсолютно чорне тіло. Розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла.
2. Формула Релея - Джінса. „Ультрафіолетова катастрофа”.
3. Гіпотеза квантів енергії. Формула Планка.
4. **Фотоефект та способи його спостереження. Закони зовнішнього фотоефекту. Пояснення зовнішнього фотоефекту на основі квантового поглинання електромагнітного випромінювання. Рівняння Ейнштейна для фотоефекту (лабораторна робота).**
5. Поняття про квантову теорію електромагнітного випромінювання. Фотон, його енергія, швидкість, імпульс. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електромагнітного випромінювання.
6. Ядерна модель атома. Неспроможність класичної ядерної моделі. Лінійчастий спектр атома водню.
7. Постулати Бора. Досліди Франка та Герца.
8. Елементарна борівська теорія воднеподібних атомів.
9. Еліптичні орбіти. Орбітальне квантове число. Просторове квантування. Магнетон Бора. Магнітне квантове число.
10. Досліди Штерна та Герлаха. Поняття про ефект Зеємана. Труднощі теорії Бора.
11. Спін електрона. Спінове число. Квантові стани електронів у атомі. Квантові числа.
12. Принципи Паулі. Електронна оболонка атома. Фізичні принципи побудови періодичної таблиці хімічних елементів.
13. Формула де - Бройля та її експериментальне підтвердження.
14. Координатно – імпульсний метод класичної механіки.
15. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга та їх фізичний зміст.
16. Уявлення про методи квантової механіки. Хвильова функція та її фізичний зміст.
17. Часове рівняння Шредінгера. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів.
18. Розв’язування рівняння Шредінгера для потенційного бар’єру скінченної ширини. Тунельний ефект. **Холодна емісія.**
19. **Розв’язування рівняння Шредінгера для потенційного бар’єру нескінченної ширини.**
20. **Розв’язування рівняння Шредінгера для потенційної ями.**
21. Поняття про кристалічну решітку та типи зв’язків атомів у твердих тілах.
22. Виникнення енергетичних зон при утворенні кристалічної решітки. Ширина енергетичних зон та відстань між рівнями в зоні.
23. Заповнення енергетичних зон електронами. Зони: валентна, заборонена та провідності. Електропровідність твердих тіл за зонною теорією.
24. Функція густини дозволених енергетичних станів. Поняття про квантову статистику Фермі – Дірка та класичну статистику Максвелла – Больцмана.

25. Незалежність енергії електронів в металі від температури. Вироджений електронний газ.
26. Електропровідність металів та її залежність від температури (класична та квантова теорії).
27. Процеси генерації та рекомбінації рівноважних носіїв заряду у власних напівпровідниках. Електронна та діркова провідність.
28. Розрахунок рівноважної концентрації носіїв заряду в напівпровіднику. Закон діючих мас.
29. Рівень Фермі у напівпровіднику. Положення рівня Фермі у власному напівпровіднику.
30. Розрахунок електропровідності власного напівпровідника. Метод визначення ширини забороненої зони.
31. Дефектні та домішкові напівпровідники. Донорні та акцепторні домішки.
32. Генерація та рекомбінація носіїв заряду у домішкових провідниках. Основні та неосновні носії заряду.
33. Рівноважна концентрація носіїв заряду в домішкових провідниках. Положення рівня Фермі у домішкових напівпровідниках у випадку сильного легування.
34. Електропровідність домішкових напівпровідників та її залежність від температури. Метод визначення енергії активації домішки.
35. Визначення концентрації, рухливості і знака носіїв заряду в напівпровідниках методом ефекту Холла (задачі в практикумі, літ. 8).
36. Внутрішній фотоэффект, його види. Червона межа фотоэффекту.
37. Рівноважні та нерівноважні носії заряду. Швидкість зміни нерівноважної концентрації носіїв заряду із-за рекомбінації. Час життя неосновних носіїв заряду.
38. Поняття про явище дифузії. Дифузійний та дрейфовий струми.
39. Співвідношення Ейнштейна між рухливістю та коефіцієнтом дифузії.
40. Дифузійна довжина зсуву носіїв заряду.
41. **Поняття про ефект Ганна.**
42. Електронна емісія. Робота виходу електрона з металу у вакуум та її залежність від напруженості електричного поля (**ефект Шотткі**).
43. Термоелектронна емісія та її закони.
44. Контакт двох напівпровідників різного типу провідності. Контактна різниця потенціалів.
45. Розподіл електричного поля в *p-n*-переході. Ширина бар'єру.
46. Струм при прямому включенні *p-n*-переходу.
47. Струм при непрямому (зворотньому) включенні *p-n*-переходу. Властивості електронно – діркового переходу. **Бар'ємна ємність - варікапи.**
48. Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною: вимушене поглинання, спонтанне та вимушене випромінювання.
49. Населеність та інверсна населеність енергетичних рівнів. Методи здійснення інверсної населеності енергетичних рівнів.
50. Квантові підсилювачі та генератори. **Рубіновий лазер.**
51. **Гелій – неоновий лазер.**
52. Випромінювання світла електронно – дірковим переходом. Світлодіоди.
53. Напівпровідникові лазери.
54. Оптичний зв'язок. Фізичні принципи волоконно – оптичного зв'язку.
55. Повне внутрішнє відбивання та дисперсія електромагнітного випромінювання при його розповсюдженні волокнами.
56. Склад та основні характеристики атомних ядер і нуклонів. Взаємодія нуклонів та уявлення про ядерні сили.

57. Дефект маси та енергія зв'язку ядра. Залежність питомої енергії зв'язку ядра від його масового числа.
58. Моделі ядра. Поняття про мезонну теорію ядерних сил.
59. Види радіоактивного розпаду. Закони радіоактивного розпаду. Активність джерел радіоактивного випромінювання.
60. Природа ядерної енергії. Виділення енергії при поділі важких ядер. Ланцюгова реакція поділу. Атомна бомба. Ядерні реактори.
61. Виділення енергії при синтезі легких ядер. Термоядерна реакція.

**Розробники робочої програми навчальної дисципліни (силабусу):**

_____	<u>Доцент кафедри загальної фізики</u>
(підпис)	<u>канд.фіз.-мат. наук, доцент Іван Скіцько</u>
	(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)
	<u>старший викладач кафедри</u>
_____	<u>загальної фізики Наталія Бруква</u>
(підпис)	
<u>18.06.2024р.</u>	

**Ухвалено** кафедрою загальної фізики (протокол №8 від 18.06 .2024р.)

Завідувач кафедри загальної фізики

_____	<u>доктор фіз.-мат. наук, професор Сергій Решетняк</u>
(підпис)	(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)
<u>18. 06. .2024 р.</u>	

**Погоджено** Методичною комісією ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол від 27 . 06. 2024 р. № 6).

_____	_____
(підпис)	(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)
<u>. 06 .2024 р.</u>	

**Погоджено:**

Завідувач Спеціальної кафедри № 1

_____	<u>Д.т.н., ст..н.с. Олександр Фома</u>
(підпис)	(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)
<u>. . 2024 р.</u>	

Завідувач Спеціальної кафедри № 3

_____	<u>Д.т.н., професор Віктор Єрохін</u>
(підпис)	(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)
<u>. . 2024 р.</u>	