



ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник начальника Інституту
(з навчальної роботи)

полковник _____ Ігор ГИРЕНКО

Загальна фізика. Частина 2. Основи квантової фізики. Фізика твердого тіла. Основи квантової електроніки .Робоча програма освітнього компоненту (силабус)

Реквізити освітнього компоненту	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) бакалавр
Галузь знань	G Інженерія, виробництво та будівництво
Спеціальність	G5 Електроніка,електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка
Освітня програма	Спеціальні системи електронних комунікацій
Статус освітнього компоненту	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, 2 (весняний) семестр
Обсяг освітнього компоненту	5 кредитів
Семестров. контроль	Екзамен / Розрахунково-графічна робота / Модульна контрольна робота
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, Скіцько Іван Федорович, fizika.kpi@gmail.com , моб. +38(050) 642 36 10 Практичні:Іван Скіцько Лабораторні: Едуард Лук'яненко, Олександр Довженко, 0994091142, dovzhenkoa@ukr.net
Розміщення курсу	

Ухвалено Методичною комісією

ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Протокол від 30 . 06 . 2026 р. №10

Заступник голови Методичної комісії

підполковник _____ Юрій Гордієнко

Київ 2026

1. Опис освітнього компоненту, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Освітній компонент «ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА, частина 2: Основи квантової фізики. Фізика твердого тіла. Основи квантової електроніки належить до нормативної частини навчального плану освітнього компоненту 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 освітнього компоненту є формування у здобувачів здатностей:

- використовувати 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;
- застосовувати сучасні уявлення про будову та властивості матерії на мікроскопічному рівні;
- застосовувати базовий матеріал для подальшого вивчення дисциплін циклу професійно-практичної підготовки.

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

Результатом вивчення освітнього компоненту є підсилення у здобувачів вищої освіти наступних компетентностей:

загальні компетентності:

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

фахові компетентності:

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

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

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

ПРН-8 Описувати принципи та процедури, що використовуються в телекомунікаційних системах, інформаційно-телекомунікаційних мережах та радіотехніці	PLO 8 Describe the principles and procedures used in telecommunications systems, information and communication networks, and radio engineering
ПРН-10 Спілкуватись з професійних питань, включаючи усну та письмову комунікацію державною мовою та однією з поширених європейських мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською)	PLO 10 Effectively communicate on professional matters, including oral and written communication in the state language and one of the common European languages (English, German, Italian, French, Spanish)
ПРН-13 Застосування фундаментальних і прикладних наук для аналізу та розробки процесів, що відбуваються в телекомунікаційних та радіотехнічних системах	PLO 13 Application of fundamental and applied sciences for analysis and development of processes in telecommunications and radio engineering systems

2. Пререквізити та постреквізити освітнього компоненту (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 електродиніміки, коливань, 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.

На вивчення освітнього компоненту відводиться 150 годин/5,0 кредитів ECTS.

3. Зміст освітнього компоненту Семестр 2

Семестровий освітній компонент 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.
	Розділ IV. Основи квантової фізики	
1	Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання.	4
2	Тема 4.2. Елементи атомної фізики.	4
	Тема 4.3. Основи квантової механіки	6

3	Розділ V. Фізика твердого тіла	4
	Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл.	
	Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників.	
4	Тема 5.3. Контактні явища.	8
5		4
6	Розділ VI. Основи квантової електроніки.	4
	Тема 6.1. Принципи квантової електроніки.	
7	Розділ VII. Фізика атомного ядра	2
	Тема 7.1. Атомне ядро та радіоактивність. Ядерна енергетика.	

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 здобувачами 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 фотоефекту
- 7.Досліди Франка - Герца
- 8.Вивчення ефекту РАМЗАУЕРА
- 9.Дослідження термоелектронної емісії
10. Дослідження дисперсії світла

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. Е.С. Лопатинський, І. Р. Зачек, Г. А. Ільчук, Б.М. Романишин. Фізика. Підручник. – Львів: Афіша, 2019.-386с.

2. Скіцько І. Ф., Скіцько О. І. **Фізика для інженерів : підручник** / 2-ге вид., перероб. і допов. – Електрон. текстові дані 1 файл: 21,3 Мб). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2026. – 715 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/80130> ISBN 978-966-990-248-1 (Ел.)
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., Бруква Н.М. **Фізика. Електромагнетизм. Оптика** [Електронний ресурс]: лаб. практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 428 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67694>
6. 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>
7. 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>
8. 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>
9. 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>
10. 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>
11. 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>
12. 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>
13. 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>
14. Скіцько І.Ф., Корнейко О.В.,Скіцько О.І. Частина 2.Загальна фізика та основи зонної теорії твердих тіл. Навчальний посібник.– К.:ІСЗЗІ НТУУ КПІ, 2013. – 400с.

Додаткова література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.І. Загальний курс фізики. Оптика. Квантова фізика.- К: Техніка, 1999р.
2. 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>
3. 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>
4. 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>

5. Навчальний контент

Методика опанування освітнього компонента

Структура кредитного модуля

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Всього год.	у тому числі			
		Лекції	Практ. (семін.)	Лаб.. роботи	СР С
1	2	3	4	5	6
Розділ III. Коливання та хвилі					
Тема 3.1. Коливання.	3	-	2	-	1
Тема 3.2. Хвилі	3	-	2	-	1
Тема 3.3. Оптика	16	-	2	12	2
Разом за розділ 3	20	-	6	12	2
Розділ IV. Основи квантової фізики					
Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання	14	4	-	8	2
Тема 4.2. Елементи атомної фізики	16	4	2	8	2
Розрахункова робота з тем:3.1-3.3; 4.1-4.2.	10	-	-	-	10
Тема 4.3. Основи квантової механіки	14	6	2	4	2
Разом за розділ 4	52	14	4	20	14
Розділ V. Фізика твердого тіла					
Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл	8	4	2	-	2
Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників	19	8	2	4	5
Тема 5.3. Контактні явища	8	4	2	-	2
МКР з тем 4.3; 5.1 - 5.3.	4	-	2	-	2
Разом за розділ 5	39	16	8	4	11

Розділ VI. Основи квантової електроніки					
Тема 6.1. Принципи квантової електроніки	5	4	-	-	1
Разом за розділ 6	5	4	-	-	1
Розділ VII. Фізика атомного ядра					
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)
Розділ IV. ОСНОВИ КВАНТОВОЇ ФІЗИКИ	
Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання.	
Лекція 1. Теплове випромінювання	
19	1. Особливості та характеристики теплового випромінювання. 2. Закон Кірхгофа. Абсолютно чорне тіло. Розподіл енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. 3. Закони випромінювання абсолютно чорного тіла. Лекційна демонстрація: Закони Кірхгофа. Літ.1. §§ 107-108; 2. §§ 16.1-16.2. <u>Завдання на СРС:</u>
20	Лекція 2. Квантова теорія випромінювання. 1. Формула Релея-Джінса. Ультрафіолетова катастрофа. 2. Гіпотеза квантування енергії. Формула Планка. 3. Застосування інфрачервоного випромінювання у військовій техніці. Літ.1. §§ 109-110; 2. §§ 16.2-16.3. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 2. §§ 16.4-16.7; 1.
Тема 4.2. Елементи атомної фізики.	
Лекція 3. Теорія Бора.	
21	1. Ядерна модель атома. Неспроможність класичної ядерної моделі атома. Лінійчатий спектр атома водню. Досліди Франка і Герца. 2. Елементарна теорія Бора воднеподібного атома. 3. Розвиток теорії Бора. Еліптичні орбіти. Просторове квантування. Літ. 1. §§ 113, 114; 2. §§ 17.1-17.5. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 1. §§ 113, 114.
22	Лекція 4. Сучасні уявлення про будову атома. 1. Спін електрона. Спінове число. 2. Квантові стани електронів в атомі. Квантові числа. 3. Принцип Паулі. Електронна оболонка атома. 4. Фізичні принципи будови періодичної таблиці хімічних елементів. Плакати: Таблиця хімічних елементів Менделєєва. Літ. 1. §§ 121-122; 2. §§ 17.6-17.11. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 2. §§ 17.12.

23	Лекція 5. Корпускулярно-хвильовий дуалізм мікрочастинок. 1.Гіпотеза де-Бройля. 2.Експериментальне підтвердження хвильових властивостей мікрочастинок речовини. Корпускулярно-хвильовий дуалізм матерії. 3.Застосування хвильових властивостей мікрочастинок в наукових дослідженнях та в техніці. Літ. 1. §§ 115, 123; 2. §§ 18.1-18.3. Завдання на СРС:
24	Лекція 6. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. 1.Координатно-імпульсний метод класичної механіки. 2.Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. 3.Уявлення про методи квантової механіки. Хвильова функція та її фізичний зміст. Літ. 1. §§ 116, 117. 2. §§ 18.4-18.6. Завдання на СРС:
25	Лекція 7. Рівняння Шредінгера. 1.Часове рівняння Шредінгера. Рівняння Шредінгера для стаціонарних станів. 2.Розв'язання рівняння Шредінгера для потенційного бар'єра скінченної ширини. Літ. 1. §§ 118-119; 2. §§ 18.7-18.9. Завдання на СРС: Літ. 2. §18.10.
26	Розділ V. Фізика твердого тіла Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл. Лекція 8. Тверде тіло Енергетичні зони в кристалах. 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. 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. 3.Електропровідність твердих тіл за зонною теорією. Метали, напівпровідники, діелектрики. 4.Функція густини дозволених електронних станів. Поняття про квантову статистику Фермі-Дірака та класичну статистику Максвелла-Больцмана. Літ. 1. §§137,139,140; 2. §§ 19.1-19.6; Завдання на СРС: Літ. 2. §19.4.
27	Лекція 9. Квантова теорія електропровідності металів. 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.
28	Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників. Лекція 10. Власні напівпровідники. 1.Уявлення про власні напівпровідники. Процеси генерації та рекомбінації рівноважних носіїв заряду у власних напівпровідниках. Електрон-

	на 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.
29	Лекція 11. Домішкові напівпровідники. 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:
30	Лекція 12. Фотопровідність напівпровідників. 1.Внутрішній фотоэффект, 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
31	Лекція 13. Струм у напівпровідниках. 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.
32	Тема 5.3. Контактні явища. Лекція 14. Термоелектронна емісія. 1.Уявлення про електронну емісію. 2.Робота виходу електрона з металу у вакуумі. 3.Термоелектронна емісія та її закони. Демонстрація: “ Електронні лампи”. Літ. 1. §61; 2.§§ 20.1-20.3.
33	Лекція 15. Електронно-дірковий перехід. 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	Розділ VI. Основи квантової електроніки. Тема 6.1. Принципи квантової електроніки. Лекція 16. Принципи квантової електроніки. 1. Взаємодія 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	Лекція 17. Фізичні принципи волоконно-оптичного зв'язку. 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	Розділ VII. Фізика атомного ядра Тема 7.1. Атомне ядро та радіоактивність. Ядерна енергетика. Лекція 18. Будова атомного ядра. Радіоактивність. 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.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
10	<u>Розділ III. Коливання та хвилі</u> Тема 3.1. Коливання. Практичне заняття 1. Згасаючі та вимушені коливання. 1. Згасаючі коливання. 2. Вимушені коливання. 3. Резонанс та умови виникнення. 4. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 8.19, 8.42, 8.47, 8.84.

	<u>Завдання на СРС: Літ. 3. № 8.22, 8.44, 8.62, 8.88.</u>
11	Тема 3.2. Хвилі. Практичне заняття 2. Хвилі. 1. Рівняння, параметри та властивості хвиль. 2. Інтерференція хвиль. 3. Розв'язування задач за даною темою. Літ.3. № 9.25, 9.41, 9.56. <u>Завдання на СРС: Літ. 3. № 9.28, 9.46, 9.60</u>
12	Тема 3.3. Оптика. Практичне заняття 3. Інтерференція та дифракція електромагнітних хвиль. 1. Інтерференція електромагнітних хвиль: 2. Дифракція електромагнітних хвиль. Дифракційна решітка. 3. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 10.31, 10.42, 11.19, 11.64. <u>Завдання на СРС: Літ. 3. № 10.32, 10.44, 11.15, 11.62.</u>
13	<u>Розділ IV. Основи квантової фізики</u> Тем 4.1 і 4.2. Квантова природа електромагнітного випромінювання та елементи атомної фізики.. Практичне заняття 4. Теплове випромінювання та будова атома. 1. Квантова природа теплового випромінювання та його закони. 2. Боровська теорія будова воднеподібних атомів та висновки із неї. 3. Квантові числа, електронна оболонка атома. 4. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 12.26, 12.58, 13.26, 13.36. <u>Завдання на СРС: Літ. 3. № 12.25, 12.54, 13.20, 13.47.</u>
14	Тема 4.3. Основи квантової механіки. Практичне заняття 5. Основи квантової механіки. 1. Гіпотеза де-Бройля. 2. Співвідношення невизначеностей Гайзенберга. 3. Розв'язування рівняння Шредінгера. 4. Розв'язування задач за даною темою. <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: Літ. 3. № 14.19, 14.33, 14.46, 14.49. <u>Завдання на СРС: Літ. 3. № 14.13, 14.38, 14.47, 14.59.</u>
15	Розділ V. Фізика твердого тіла Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл. Практичне заняття 6. Розподіл електронів за енергетичними станами. 1. Функція густини дозволених енергетичних станів та відстань між енергетичними рівнями в зоні. 2. Функція розподілу Фермі-Дірака та Максвелла-Больцмана. 3. Розрахунок концентрації електронів провідності та енергії Фермі в металах. 4. Електропровідність металів. 5. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. №: 15.13, 15.20, 15.28, 15.45. <u>Завдання на СРС: Літ.3. №: 15.12, 15.24, 15.31, 15.40.</u>

16	Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників. Тема 5.3. Контактні явища. Практичне заняття 7. Електропровідність напівпровідників. 1. Електропровідність власних напівпровідників та її залежність від температури. 2. Електропровідність домішкових напівпровідників та її залежність від температури. 3. Визначення ширини забороненої зони напівпровідника та енергії активації домішки в напівпровіднику. 4. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 16.30, 16.37, 16.48, 16.53. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 3. № 16.29, 16.38, 16.47, 16.62.
17	Практичне заняття 8. Фотопровідність напівпровідників. Електронно-дірковий перехід. 1. Зміна нерівноважної концентрації неосновних носіїв заряду. Час життя неосновних нерівноважних носіїв заряду. Фотопровідність напівпровідників. 2. Властивості $p-n$ переходу. 3. Розв'язування задач за даною темою. Літ. 3. № 16.63, 16.67, 17.22. <u>Завдання на СРС:</u> Літ. 3. № 16.64, 16.68, 17.17.
18	Практичне заняття 9. МКР проводиться за темами 4.3; 5.1 - 5.3 згідно розкладу занять.

5.3. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять	
<i>Основні завдання лабораторних занять з даного кредитного модуля</i> - 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 здобувачі 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
9	Дослідження дисперсії світла	4

6. Самостійна робота

Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість ауд.год
Тема 3.1. Коливання.	1
Тема 3.2. Хвилі	1
Тема 3.3. Оптика	1
Тема 4.1. Квантова природа електромагнітного випромінювання (Зовнішній фотоефект та його закони. Застосування інфрачервоного випромінювання у військовій техніці)	2
Тема 4.2. Елементи атомної фізики	2
Розрахункова робота з тем:3.1-3.3; 4.1-4.2.	10
Тема 4.3. Основи квантової механіки	2
Разом за розділ 4	16
Тема 5.1. Основи зонної теорії твердих тіл	2
Тема 5.2. Електричні властивості напівпровідників	3
Тема 5.3. Контактні явища	2
МКР з тем 4.3; 5.1 - 5.3.	2
Тема 6.1. Принципи квантової електроніки (Властивості лазерного випромінювання та застосування лазерів на практиці)	2
Підготовка до іспиту	30
Всього за семестр	60

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

Основні цілі індивідуального завдання:

- чітка організація самостійної роботи здобувачів;
- 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 **1, 2, 3**.

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). Рекомендуються література 2; 3. Проводиться шляхом видачі кожному студентові індивідуальних завдань (3 задач). Результати оголошуються на найближчому занятті.

7. Політика і контроль

7.1. Політика освітнього компонента

Система вимог, які ставляться перед здобувачем:

- 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 здобувачів до виконання конкретної лабораторної роботи. Після отримання допуску здобувачі експериментально отримують результати вимірювання, які записують в протокол роботи. Оформляють протокол роботи і відповідають на контрольні питання. При успішному захисті протоколу отримують відповідні бали.
- матеріали освітнього компонента можуть розміщуватись у Google Classroom. Результати виконання завдань прикріплюються через персональні сторінки здобувачів вищої освіти в Google Classroom. Крім того, здобувачі вищої освіти можуть використовувати Google Classroom для надсилання питань викладачу стосовно, як опанування матеріалів освітнього компонента, так і виконання поставлених завдань.
- **Використання ноутбуків/мобільних телефонів на заняттях.** Протягом навчальних занять усі мобільні телефони мають переводитись на беззвуківий режим роботи. При цьому заборонено надсилання текстових повідомлень, прослуховування музики, перевірка електронної пошти, соціальних мереж тощо. Мобільні телефони та ноутбуки можна використовувати за умови виробничої необхідності в них (за погодженням з викладачем).
- Протягом навчальних занять можливості здобувачів вищої освіти можуть розширюватись за допомогою штучного інтелекту (ШІ). При цьому кожен з них повинен дотримуватись принципів відповідального та етичного застосування його технологій відповідно до політики використання ШІ для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського, затвердженої та уведеної в дію наказом від 09. 05. 2023 р. №НОН/157/2023 (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).
- Кожний здобувач зобов'язаний дотримуватись принципів академічної доброчесності. Письмові завдання з використанням часткових або повночасткових запозичень з інших робіт без зазначення авторства вважатимуться плагіатом. Використання будь-якої інформації (текст, фото, ілюстрації тощо) мають бути правильно процитовані з посиланням на автора.
- Здобувачам можуть бути нараховані бали за рішенням викладача.
 - заохочувальні бали виставляються за: рішення задач на першому практичному занятті; участь у факультетських та інститутських олімпіадах з навчальних дисциплін, наукових конференціях, участь у конкурсах робіт, підготовка оглядів наукових праць тощо. Кількість заохочуваних балів не більше 10;

7.2. Положення про рейтингову систему оцінки успішності здобувачів

Рейтинг здобувача з освітнього компоненту складається з балів, що він отримує за:

- 5 експрес-контролів на практичних заняттях;
- 2 відповіді на ПЗ;
- Одну модульну 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,

$R_c = 120$ балів, $R_E = 80$ балів. $R = R_c + R_E = 200$ балів - рейтингова шкала з кредитного модуля. Для зручності оцінювання успішності здобувачів використовуємо 200 бальну рейтингову шкалу, яка потім переводиться в 100 бальну систему.

1. Експрес контролю

Ваговий бал $\hat{r}_{ек} = 15$. Для отримання рейтингу $r_{ек} = 3 \times 5 = 15$ балів здобувач 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 $r_{пз} = 2 \times 5 = 10$ балів студент повинен два рази самостійно розв'язати задачу або дати дві правильні відповіді на якісні питання.

Здобувач, який бере активну участь в занятті й демонструє якісну підготовку до нього, може отримати заохочувальний бал (бонус) $r_6 \leq 2$, 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_6 балами сумарний ваговий бал

$$\hat{r}_{пр} = 10 + \sum r_6.$$

3. Модульна контрольна робота (МКР).

МКР оцінюється в 20 балів, відтак ваговий рейтинговий бал за семестр складає $r_{МКР} = 1 \times 20 = 20$ 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 $r_{\text{РР}} = 30$ 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.

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

5. Лабораторні роботи

- Ваговий бал – 5.
- Максимальна кількість за всі лабораторні роботи $5 \text{ б} \times 9 = 45 \text{ балів}$ в кожному семестрі.
- повні відповіді на питання з теоретичного матеріалу та правильно оформлений звіт лабораторної роботи.....5 б
- повні відповіді на питання з теоретичного матеріалу та з помилками оформлений звіт.....4-3 б
- не повні відповіді на питання з теоретичного матеріалу та правильно оформлений звіт з лабораторної роботи..... 2 б
- неповні відповіді на питання з теоретичного матеріалу та з помилками оформлений звіт з лабораторної роботи ...1 б
- неправильні відповіді на питання з теоретичного матеріалу та відсутність звіту з лабораторної роботи0 б.

6. Заохочувальні бали за:

- доповідь на семінарському занятті..... +2 ... +5
- участь на олімпіадах, конференціях, модернізація лабораторних робіт, виконання завдань із удосконалення методичних та дидактичних матеріалів з дисципліни... +2 ... +10

Календарний контроль проводиться двічі на семестр за окремим розпорядженням КПІ ім. Ігоря Сікорського, як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу. Він проводиться викладачем за результатами поточного рейтингу здобувача на час атестації. Умовою задовільного поточного атестування є отримання здобувачем не менше 50% від рейтингу максимально можливого на час атестації.

За перший календарний контроль здобувач 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 $A_2 = 0,5r_2 = 43$ бали.

Оцінювання якості знань із освітнього компоненту.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює $r_{\text{сем}} = 120$ балів.

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

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

Умова допуску до екзамену. Здобувач допускається до екзамену, якщо він має:

- стартовий рейтинг $r_{\text{старт}} = 0,5 r_{\text{сем}} = 60$ балів;
- зараховані всі лабораторні роботи;
- зараховано розрахункову роботу (отримано більше 18 балів).

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від $r_{\text{сем}}$, а саме:

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

Рейтинг із освітнього компоненту (підсумковий бал) складається зі стартового рейтингу $r_{\text{старт}}$ і балів r_E (максимальна кількість балів на екзамені дорівнює 80 балів), отриманих студентом на екзамені:

$$Rd = r_{\text{старт}} + r_E = 120 + 80 = 200 \text{ балів}$$

Екзамен

На екзамені здобувач виконують письмову контрольну роботу. Для цього кожний здобувач самостійно вибирає екзаменаційний білет, який містить два теоретичних питання і одне практичне завдання (задачу). Перелік теоретичних питань і ймовірний набір задач здобувачам 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): 14. 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
достатньо	не повна відповідь (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки)	15 - 10
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	21-18 балів
достатньо	є правильні намагання розв'язати задачу, але повного розв'язку не має	17 - 12
незадовільно	задача не розв'язана	0 балів

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

$R_D = r_{\text{старт}} + r_E$	Традиційна оцінка
I семестр	
190-200	відмінно
170-198	дуже добре
150-168	добре
130-144	задовільно
120-128	достатньо
менше 120	незадовільно

Для приведення у відповідність з університетською шкалою застосовується **понижувальний коефіцієнт 1/2.**

Кількість балів	Традиційна оцінка
95-100	відмінно
85-94	дуже добре
75-84	добре
65-74	задовільно
60-64	достатньо
Менше 60	незадовільно

8. Додаткова інформація з освітнього компоненту

Перелік програмних питань з курсу фізики за другий семестр 2026– 2027 н. р. для складання іспиту з кредитного модуля: ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА, частина 2: Основи квантової фізики, фізика твердого тіла, основи квантової електроніки - здобувачами 1-го курсу Інституту 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 3-9).**
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 Зеемана. 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. 3).
36. Внутрішній фотоефект, його види. Червона межа фотоефекту.
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 - варіації.**
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):

Доцент кафедри загальної фізики

канд.фіз.-мат. наук, доцент Іван Скіцько

(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)

(підпис)

25. 05. 2026р.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол №6 від 02.06 .2026 р.)

Завідувач кафедри загальної фізики

доктор ф.- м. н., професор Сергій Решетняк

(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)

(підпис)

02.06.2026 р.

Погоджено Методичною комісією ІСЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол від _____ . _____ . 2026 р. № _____).

Юрій Гордієнко

(науковий ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)

(підпис)

Погоджено:

Завідувач Спеціальної кафедри № 3

Д.т.н., професор Дмитро Могилевич

(наук.ступінь, вчене звання, власне ім'я та прізвище)

(підпис)