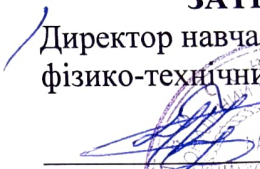
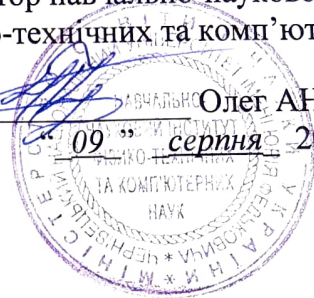


Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук
Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук


Олег АНГЕЛЬСЬКИЙ
“09” серпня 2024 року



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

СПЕКТРИ КВАЗІЧАСТИНОК У КОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМАХ
РІЗНОЇ РОЗМІРНОСТІ
вибіркова

Освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський

Мова навчання українська

Робоча програма навчальної дисципліни «СПЕКТРИ КВАЗІЧАСТИНОК У КОНДЕНСОВАНИХ СИСТЕМАХ РІЗНОЇ РОЗМІРНОСТІ» складена відповідно до освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти «Фізика та астрономія за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія галузі знань 10 - Природничі науки», затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 7 від «30» червня 2021 року).

Розробник: Войцехівська Оксана Миколаївна, доцент кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики, кандидат фіз.-мат. наук, доцент.

Викладач: Войцехівська Оксана Миколаївна, доцент кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної фізики, кандидат фіз.-мат. наук, доцент.

Погоджено з гарантом ОПП і затверджено на засіданні кафедри
інформаційних технологій та комп'ютерної фізики

Протокол № 1 від "08" серпня 2024 року

Завідувачка кафедри ІТКФ  Борча М.Д.

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук

Протокол № 1 від "09" серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН  Козярський І.П.

Пояснювальна записка

Метою навчальної дисципліни "Сpektри квазічастинок у конденсованих системах різної розмірності" є ознайомлення студентів з основними положеннями, ідеями та методами, що використовуються у теорії спектрів квазічастинок у конденсованій речовині, формування та розвиток у студентів структурно-аналітичного мислення.

Завданням вивчення навчальної дисципліни "Сpektри квазічастинок у конденсованих системах різної розмірності" є оволодіння майбутніми фахівцями навичками аналітичного та чисельного розрахунку та вміння аналізувати спектри квазічастинок у об'ємних (3d) і низьковимірних (1d, 2d, 3d) структурах.

Пререквізити: курси вищої математики: "Математичний аналіз", "Аналітична геометрія та лінійна алгебра", "Диференціальні та інтегральні рівняння", "Основи векторного і тензорного аналізу", "Методи математичної фізики", "Електродинаміка", "Квантова механіка".

Постреквізити: спеціалізовані курси вибіркової компоненти .

Результати навчання:

знати: основні ідеї, поняття, принципи, методи і підходи у теорії спектрів квазічастинок у конденсованій речовині; властивості спектрів квазічастинок у напівпровідникових об'ємних і наногетероструктурах (сферичних квантових точках, циліндричних квантових дротах та квантових плівках) Студенти повинні мати чіткі уявлення про фізичну природу явищ, що підкоряються квантовим закономірностям у низьковимірних структурах.

вміти: будувати математичні та фізичні моделі об'ємних і низьковимірних структур для дослідження спектрів квазічастинок; вибирати методи теоретичного дослідження спектрів квазічастинок з урахуванням квантово-механічних підходів; інтерпретувати та пояснювати явища і процеси у конденсованих системах, зумовлених їх спектральними властивостями; формулювати і логічно вирішувати задачі фізики спектрів квазічастинок у конденсованій речовині; встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами; шукати та вивчати фахову наукову літературу.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення і класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.

ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.

ПРН22. Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства.

ПРН23. Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.

ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.

Фахові компетентності.

ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає

застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

ФК4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

ФК5. Здатність виконувати обчислювальні експерименти і використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

ФК6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.

ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

ФК14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни Загальна інформація

Спектри квазічастинок у конденсованих системах різної розмірності												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна (повна та скорочена форма)	4	8	4	120	2	48		12		55		екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	сем.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1.						
Тема 1. Електрон у періодичному полі кристала.	4	2				2
Тема 2. Електрон у полі потенціалу типу гребінця Дірака.	7	3		1		3
Тема 3. Електрон у полі потенціалу Кроніга-Пенні.	7	3		1		3

Тема 4. Метод ефективної маси	5	2				3
Тема 5. Екситон Ван'є-Мотта.	9	4		1		3
Тема 6. Екситон Шинада-Сугано.	9	4		1		3
Тема 7. Ефекти розмірного квантування енергії.	6	2				3
Тема 8. Модель ефективної маси у теорії низькорозмірних структур. Класифікація наноструктур.	5	2				3
Тема 9. Типи гетеропереходів у наноструктурах.	7	2		1		3
Разом за ЗМ1	59	24		5		26
Змістовий модуль 2.						
Тема 10. Стани електрона у симетричній квантовій ямі скінченної глибини.	6	2		0.5		3
Тема 11. Стани електрона у несиметричній квантовій ямі.	7	3		0.5		2
Тема 12. Аналіз властивостей станів електрона у квантовій ямі скінченної глибини.	6	2		1		3
Тема 13. Зв'язані квантові ями та надгратки.	6	2		1		3
Тема 14. Стани електрона у циліндричному квантовому дроті.	7	3		1		3
Тема 15. Стани електрона у сферичній квантовій точці.	7	3		1		3
Тема 16. Квантування станів дірок у квантових ямах.	5	2				3
Тема 17. Стани електрона у квантовій ямі в поперечному електричному полі.	7	3		1		3
Тема 18. Вплив поперечного електричного поля на спектр квантових ям.	6	3				3
Тема 19. Дискретні стани екситона у сферичній квантовій точці.	7	3		1		3
Разом за ЗМ 2	61	24		7		29
Усього годин	120	48		12		55

Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Електрон у періодичному полі кристала.	2
2	Електрон у полі потенціалу типу гребінця Дірака.	3
3	Електрон у полі потенціалу Кроніга-Пенні.	3
4	Метод ефективної маси	2
5	Екситон Ван'є-Мотта.	4
6	Екситон Шинада-Сугано.	4
7	Ефекти розмірного квантування енергії.	2
8	Модель ефективної маси у теорії низькорозмірних структур. Класифікація наноструктур.	2

9	Типи гетеропереходів у наноструктурах.	2
10	Стани електрона у симетричній квантовій ямі скінченної глибини.	2
11	Стани електрона у несиметричній квантовій ямі.	3
12	Аналіз властивостей станів електрона у квантовій ямі скінченної глибини.	2
13	Зв'язані квантові ями та надгратки.	2
14	Стани електрона у циліндричному квантовому дроті.	3
15	Стани електрона у сферичній квантовій точці.	3
16	Квантування станів дірок у квантових ямах.	2
17	Стани електрона у квантовій ямі в поперечному електричному полі.	3
18	Вплив поперечного електричного поля на спектр квантових ям.	3
19	Дискретні стани екситона у сферичній квантовій точці.	3

Тематика семінарських занять

№	Назва теми	Кількість годин
1	Закон дисперсії електрона в полі потенціалу типу гребінця Дірака.	0.5
2	Закон дисперсії електрона в полі потенціалу Кроніга-Пенні.	0.5
3	Розв'язування рівняння Шредінгера для екситона Ван'є-Мотта.	1
4	Рівняння Шредінгера для зв'язаних станів екситона Шинада-Сугано.	1
5	Енергетичний профіль гетеропереходів першого, другого та третього типів.	1
6	Розрахунок хвильових функцій та енергетичного спектра електрона у симетричній квантовій ямі.	1
7	Розрахунок трансфер матриці у несиметричній квантовій ямі.	1
8	Вплив фізичних та геометричних параметрів одноямної наноструктури на енергії та хвильові функції електрона.	1
9	Властивості спектра електрона у двох однакових зв'язаних потенціальних ямах та двох зв'язаних потенціальних ямах з різними параметрами	1
10	Розрахунок хвильових функцій та енергетичного спектра стаціонарних станів електрона у циліндричному квантовому дроті.	1
11	Розрахунок хвильових функцій та енергетичного спектра стаціонарних станів електрона у сферичній квантовій точці.	1
12	Розрахунок хвильових функцій та енергетичного спектра стаціонарних станів електрона у квантовій ямі в поперечному електричному полі.	1
13	Розрахунок енергії електрон-діркової у взаємодії екситона у сферичній квантовій точці у першому порядку теорії збурень.	1

Зміст завдань для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	
1	Електрон у періодичному полі кристала: Адіабатичне наближення. Одноелектронне наближення.	3
2	Електрон у полі потенціалу типу гребінця Дірака: Потенціал періодичного поля кристала у наближенні типу гребінця Дірака. Рівняння Шредінгера. Граничні умови у системі з δ -подібними потенціалами. Хвильова функція електрона. Дисперсійне рівняння. Закон дисперсії	3

	електрона в полі потенціалу типу гребінця Дірака.	
3	Електрон у полі потенціалу Кроніга-Пенні: Потенціал періодичного поля кристала у наближенні Кроніга-Пенні. Рівняння Шредингера. Хвильова функція електрона. Дисперсійне рівняння. Закон дисперсії електрона в полі потенціалу Кроніга-Пенні. Наближення сильного та слабого зв'язку.	3
4	Метод ефективної маси: Модель ефективної маси. Гамільтоніан електрона у моделі ефективної маси.	3
5	Екситон Ван'є-Мотта: Модель екситона Ван'є-Мотта. Рівняння Шредингера для екситона Ван'є-Мотта. Хвильова функція та спектр екситона Ван'є-Мотта.	3
6	Екситон Шинада-Сугано: Модель екситона Шинада-Сугано. Рівняння Шредингера. Зв'язані стани. Енергетичний спектр. Хвильова функція.	3
7	Ефекти розмірного квантування енергії: Квантово-розмірні ефекти. Квантові плівки, квантові дроти, квантові точки, надгратки. Умови виникнення квантово-розмірних ефектів.	3
8	Модель ефективної маси у теорії низькорозмірних структур. Класифікація наноструктур: Оператор кінетичної енергії частинки у багатошаровій структурі. Закриті, відкриті та змішані наноструктури.	3
9	Типи гетеропереходів у наноструктурах: Гетеропереходи першого типу. Гетеропереходи другого типу. Гетеропереходи третього типу. Формування енергетичного профілю гетеропереходу.	3
10	Стани електрона у симетричній квантовій ямі скінченної глибини: Рівняння Шредингера для електрона у симетричній плоскій квантовій ямі. Граничні умови. Умова нормування. Дисперсійне рівняння. Хвильові функції та енергетичний спектр електрона у симетричній плоскій квантовій ямі.	3
11	Стани електрона у несиметричній квантовій ямі: Рівняння Шредингера для електрона у несиметричній квантовій ямі. Дискретний енергетичний спектр. Неперервний енергетичний спектр. Метод трансфер матриці. Відбивання і проходження квантової частинки над потенціальною ямою. Квазістаціонарні стани.	3
12	Аналіз впливу фізичних та геометричних параметрів одноямної наноструктури на енергії та хвильові функції електрона..	3
13	Властивості спектрів електрона у: двох однакових зв'язаних потенціальних ямах, двох зв'язаних потенціальних ямах з різними параметрами, надгратках.	3
14	Стани електрона у циліндричному квантовому дроті: Рівняння Шредингера для електрона у циліндричному квантовому дроті. Дискретний енергетичний спектр. Неперервний енергетичний спектр. S-матриця розсіювання.	3
15	Стани електрона у сферичній квантовій точці: Рівняння Шредингера для електрона у сферичній квантовій точці. Дискретний енергетичний спектр. Неперервний енергетичний спектр. S-матриця розсіювання.	3
16	Важкі та легкі дірки. Міжзонні оптичні переходи у квантових ямах.	3
17	Стани електрона у квантовій ямі в поперечному електричному полі: Рівняння Шредингера для електрона в квантовій ямі в електричному полі. Дисперсійне рівняння. Хвильові функції.	3
18	Вплив поперечного електричного поля на спектр квантових ям: Квантово-розмірний ефект Штарка. Наноприлади з резонансним тунелюванням електронів в електричному полі.	3

19	Дискретні стани екситона у сферичній квантовій точці: Рівняння Шредінгера для екситона у сферичній квантовій точці. Хвильова функція екситона. Енергія електрон-діркової взаємодії у першому порядку ТЗ.	3
----	--	---

Примітка: контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться в рамках поточного модульного контролю. Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

Методи та освітні технології навчання

1. Лекції: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний метод та метод проблемного викладення.
2. Практичні (семінарські) заняття: розв'язуванням задач дослідницький, репродуктивний метод.
3. Самостійна робота: самонавчання, дослідницький метод.

Контроль та оцінювання навчальних досягнень студентів у процесі вивчення дисципліни

Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:

- усне опитування ;
- перевірка розв'язаних задач під час практичних занять;
- перевірка домашніх завдань.

Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю: усні відповіді на контрольні запитання, самостійно виконані практичні завдання; презентації;

Форма підсумкового контролю: екзамен.

Перелік питань для самоконтролю й контролю навчальних досягнень здобувачів освіти з навчальної дисципліни

1. Пояснити фізичний зміст адіабатичного наближення для вивчення спектрів квазічастинок масивних у низькорозмірних структурах.
2. Пояснити фізичний зміст одноелектронного наближення для вивчення спектрів квазічастинок масивних і низькорозмірних структурах.
3. Описати як розв'язується рівняння Шредінгера для електрона у періодичному полі кристала.
4. Описати постановку задачі Шредінгера для електрона у полі потенціалу типу гребінця Дірака.
5. Описати потенціал періодичного поля кристала у наближенні типу гребінця Дірака.
6. Проаналізувати рівняння Шредінгера для електрона у полі потенціалу типу гребінця Дірака.
7. Пояснити граничні умови у системі з δ -подібними потенціалами для електрона.
8. Описати хвильову функція електрона у системі з δ -подібними потенціалами.
9. Проаналізувати дисперсійне рівняння для електрона у системі з δ -подібними потенціалами.
10. Проаналізувати закон дисперсії електрона в полі потенціалу типу гребінця Дірака.
11. Описати постановку задачі Шредінгера для електрона у полі потенціалу Кроніга-Пенні.
12. Проаналізувати потенціал періодичного поля кристала у наближенні Кроніга-Пенні.
13. Проаналізувати рівняння Шредінгера для електрона у полі потенціалу Кроніга-Пенні.
14. Проаналізувати граничні умови для хвильової функції електрона у полі потенціалу Кроніга-Пенні.
15. Проаналізувати закон дисперсії електрона в полі потенціалу Кроніга-Пенні.
16. Проаналізувати наближення сильного та слабого зв'язку у моделі Кроніга-Пенні.
17. Описати зміст метода ефективної маси для визначення спектра квазічастинок.
18. Проаналізувати гамільтоніан електрона у моделі ефективної маси.

19. Описати модель екситона Ван'є-Мотта.
20. Проаналізувати рівняння Шредингера для екситона Ван'є-Мотта.
21. Хвильова функція та спектр екситона Ван'є-Мотта.
22. Описати модель екситона Шинада-Сугано.
23. Проаналізувати рівняння Шредингера для екситона Шинада-Сугано.
24. Проаналізувати зв'язані стани екситона Шинада-Сугано.
25. Проаналізувати енергетичний спектр екситона Шинада-Сугано.
26. Проаналізувати хвильову функцію екситона Шинада-Сугано.
27. Пояснити, що таке ефект розмірного квантування.
28. Пояснити, що таке квантові плівки, квантові дроти, квантові точки, надгратки.
29. Дати коротку характеристику спектрів квазічастинок у 3D та низькорозмірних структурах (2D, 1D, 0D).
30. Пояснити умови виникнення квантово-розмірних ефектів.
31. Пояснити модель ефективної маси у теорії низькорозмірних структур.
32. Пояснити класифікацію наноструктур.
33. Пояснити особливості запису оператора кінетичної енергії частинки у багаточастинковій наноструктурі.
34. Пояснити принцип поділу наноструктур на закриті, відкриті та змішані (за потенціалом).
35. Дати визначення типів гетеропереходів у наноструктурах.
36. Проаналізувати гетеропереходи першого типу та їх особливості.
37. Проаналізувати гетеропереходи другого типу та їх особливості.
38. Проаналізувати гетеропереходи третього типу та їх особливості.
39. Пояснити принцип формування енергетичного профілю гетеропереходу.
40. Проаналізувати енергетичні стани електрона у симетричній квантовій ямі скінченної глибини.
41. Проаналізувати спосіб розв'язування рівняння Шредингера для електрона у симетричній плоскій квантовій ямі.
42. Проаналізувати граничні умови та дисперсійне рівняння для електрона у симетричній плоскій квантовій ямі.
43. Проаналізувати хвильові функції електрона у симетричній плоскій квантовій ямі.
44. Проаналізувати дискретні енергетичні стани електрона у несиметричній квантовій ямі скінченної глибини.
45. Проаналізувати спосіб розв'язування рівняння Шредингера для електрона у несиметричній плоскій квантовій ямі.
46. Проаналізувати граничні умови та дисперсійне рівняння для електрона у несиметричній плоскій квантовій ямі.
47. Проаналізувати хвильові функції електрона у несиметричній плоскій квантовій ямі.
48. Проаналізувати неперервний енергетичний спектр та хвильову функцію електрона.
49. Пояснити як визначається сила осцилятора квантового переходу та коефіцієнт прозорості.
50. Пояснити метод трансфер матриці. Відбивання і проходження квантової частинки над потенціальною ямою. Квазістаціонарні стани.
51. Провести аналіз властивостей станів електрона у квантовій ямі скінченної глибини.
52. Пояснити вплив фізичних та геометричних параметрів одноямної наногетероструктури на енергії та хвильові функції електрона.
53. Пояснити поняття зв'язані квантові ями та надгратки.
54. Проаналізувати властивості спектра електрона у двох однакових зв'язаних потенціальних ямах.
55. Проаналізувати властивості спектра електрона у двох зв'язаних потенціальних ямах з різними параметрами.
56. Проаналізувати властивості спектра електрона у надгратках.

Поточний та модульний контроль										Підсумковий контроль (екзамен)	Сума
ЗМ 1										40	100
T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19		
3	3	3	3	3	3	3	4	4	4		

T1, T2 ... – теми змістових модулів.

Залежно від характеру відповіді студента зазначена кількість балів може бути скоригована за наступними критеріями:

К-ть балів	Критерії оцінки
max	студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання; правильно розв'язує задачу
0,8 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді; допускає незначні помилки при розв'язуванні задач
0,6 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми (задач);
0,4 · max	студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми (задач);
0,2 · max	отримує студент, який за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання;
0	якщо характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти за шкалою ECTS та національною шкалою на екзамені з дисципліни "Спектри квазічастинок у конденсованих системах різної розмірності"

Здобувач освіти має відповісти на чотири питання у відповідному білеті. За відповідь на кожне питання здобувач освіти може максимально отримати 10 балів. Результати екзамена оцінюються відповідно до прийнятої уніфікованої університетської шкали: 40 балів від загальної 100-бальної, при цьому кожна відповідь оцінюється наступним чином:

0–2 балів. Здобувач освіти виявляє слабке уявлення про основні поняття, що викладаються у спецкурсі.

3-4 балів. Здобувач освіти має фрагментарні уявлення про основні поняття, що викладаються у спецкурсі.

5-6 балів. Здобувач освіти знає окремі факти, що стосуються питання, але не може впевнено сформулювати цілісну картину. Здобувач освіти за допомогою викладача відтворює окремі частини начального теоретичного матеріалу, дає визначення основних понять і формулює окремі закони й закономірності, що розглядалися в курсі.

7-9 балів. Здобувач освіти самостійно відтворює значну частину навчального матеріалу, формулює закони й закономірності, що розглядалися в курсі, але допускає несуттєві помилки. Може пояснити основні квантово-механічні явища у конденсованих структурах.

10 балів. Здобувач освіти самостійно відтворює фактичний і теоретичний навчальний матеріал, пояснює суть явищ та квантових процесів. Здобувач освіти вільно володіє засвоєними знаннями.

У відомість обліку успішності та залікову книжку (індивідуальний навчальний план) здобувача освіти заноситься сумарна кількість балів поточного (0-60 балів) та підсумкового контролю (іспит; 0-40 балів) згідно такої таблиці:

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол №109 від 28 березня 2022 року) ([polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf](#)) у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25% балів, отриманих за результатами неформальної та/ або інформальної освіти з проблем, що відповідають тематиці курсу.

Політика академічної доброчесності

Освітня діяльність (викладача і здобувача освіти) під час вивчення навчальної дисципліни ґрунтується на принципах співробітництва та академічної доброчесності. Очікується, що роботи студентів будуть оригінальним дослідженням чи міркуванням й об'єктивно оцінені викладачем.

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

«Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>;

«Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича» https://www.chnu.edu.ua/media/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf.

Рекомендована література (основна)

1. Ткач М.В., Сеті Ю.О., Войцехівська О.М. Квазічастинки у наносистемах. Квантові точки, дроти і плівки – Чернівці : «Книги –XXI». – 2015. - 386 с.
2. Ткач М.В. Квазічастинки у наногетеросистемах. Квантові точки та дроти. Чернівці 2003.
3. Davies J.H. The physics of low-dimensional semiconductors. – Cambridge University Press 1998.
4. Harrison P., Valavanis A. Quantum Wells, Wires and Dots: Theoretical and Computational Physics of Semiconductor Nanostructures, 4th Edition - 2016.

5. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників. Т. 1. – Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007.
6. Сеті Ю.О. Сучасні методи аналітичного і числового програмування в задачах теоретичної фізики: метод. рекомендації. – Чернівці: ЧНУ, 2021. – 69 с.

Інформаційні ресурси

1. Сторінка курсу в Moodle <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=3347>
2. Сторінка КІТКФ http://ptcsi.chnu.edu.ua/cafedra_page/загальна-інформація/
3. Сторінка наукової бібліотеки ЧНУ <http://www.library.chnu.edu.ua/index.php?page=ua>
4. Відкритий математичний ресурс Wolfram Research <https://mathworld.wolfram.com/>.
5. Сервіс хмарних обчислень Wolfram Research <https://www.wolframcloud.com/>.
6. Офіційний сайт Python <https://www.python.org/>
7. Дистрибутив мови програмування Python та бібліотек для наукових розрахунків <https://www.anaconda.com/products/individual>.
8. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників. Т. 1, 2007. http://iht.univ.kiev.ua/library/books/Lozovski_OFP_TOC.pdf
9. Інші інформаційні ресурси інтернету.