

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мезоскопічна фізика

напряму підготовки 6.040203 - фізика

для спеціальності 8.04020301 - фізика

спеціальний курс кафедри
теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця
фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Розробник: **Кріве Ілля Валентинович, доктор фіз-мат.**

Харків – 2012

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 1,5	Напрямок підготовки 6.040203 - фізика	денна форма навчання
Модулів немає	Спеціальність 8.04020301 - фізика	Рік підготовки: V-й
Загальна кількість годин - 54		Семестр 9-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1,6		Лекції 36 год.
		Практичні немає
	Самостійна робота 18 год.	
	Вид контролю: залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1:2

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати уявлення студентів про сучасну фізику мезоскопічних явищ

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: точні та наближені методи дослідження квантово-механічних мезоскопічних систем.

вміти: досліджувати фізичні процеси у мезоскопічних системах.

3. Програма навчальної дисципліни

9-й семестр

Тема 1. Вступ.

Що таке мезоскопічна фізика? Квантова когерентність. Декогеренція квантових систем. Довжина збою фази та її залежність від температури. Балістичний та дифузний транспорт.

Тема 2. Основні постулати квантової механіки.

Рівняння Шредінгера. Інтеграли по траєкторіях. Вектор стану системи і різні представлення хвильової функції. Часова динаміка квантової системи: представлення Шредінгера і Гейзенберга. Рівняння Гейзенберга.

Тема 3. Кубіти і квантові обчислення.

Що таке кубіт (qubit)? Перетворення кубіту. Матриця однокубітних перетворень. Перетворення Адамара. Двокубітові системи. Переплутаність (entanglement). Ентропія переплутаності (ентропія фон Неймана). Максимально переплутані двокубітові стани (стани Белла). Квантова телепортація.

Тема 4. Когерентний транспорт електронів, які не взаємодіють.

Вивід формули Ландауера. Квант кондактансу. Двовимірні квантові точкові контакти. Квантування кондактансу в квантових точкових контактах у двовимірному електронному газі.

Тема 5. Термоелектричні ефекти.

Матриця кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онзагера. Термо-е.р.с. і термокондактанс (формули Сівана-Ірмі і формула Мотта). Квантування теплокондактансу. Універсальність кванту теплокондактансу.

Тема 6. Флуктуації струму і шуми в квантових системах.

Термічні шуми. Дробовий шум (shot noise). Загальна формула для інтенсивності шуму. Формула Джонсона-Найквіста і формула Шотткі. Статистика шумів (Full Counting Statistics).

Тема 7. S-матриця і T-матриця.

Властивості S-матриці. Загальний вигляд S-матриці одноканального розсіювання. «Y-junction». Параметризація Азбеля-Бюттікера-Ірмі для S-матриці. Трансфер матриця для одноканального розсіювання. Властивості трансфер матриці.

Тема 8. Резонансне розсіювання.

Вивід формули Брейта-Вігнера методом трансфер-матриці. Резонансне тунелювання. Температурна залежність кондуктансу при резонансному тунелюванні.

Тема 9. Кулонівська блокада.

Що таке «кулонівська блокада». Енергія «зарядки» E_c . Одноелектронні транзистори. Осциляції кондактансу в одно електронних транзисторах. Однорівневі квантові доти. Рівняння балансу (“master equation”) і вираз для струму при послідовному тунелюванні електронів через квантовий дот.

Тема 10. «Золоте правило» Фермі і обчислення ймовірностей переходів електронів в квантових «дотах».

Тунельний гамільтоніан. Обчислення ймовірностей тунельних процесів в найнижчому порядку по прозорості тунельного бар'єру. Когерентний та некогерентний транспорт електронів через квантові точки. Послідовне тунелювання, “cotunneling” та Кондо-резонанс. Температурна залежність кондактанса в умовах Кондо-резонансу.

Тема 11. Електрон-фоонна взаємодія в квантових точках.

Одномолекулярні транзистори. НОМО і LUMO рівні. Непружнє тунелювання. Гамільтоніан електрон-вібронаї взаємодії. Унітарне перетворення Ланга-Фірсова. Поляронна блокада. Унітарність та зняття блокади Франка-Кондора при високій температурі.

Тема 12. Персистентний струм в квантових кільцях.

Персистентний струм у надпровідних і нормальних системах. Розрахунок амплітуди персистентного струму при нульовій температурі. Ефект парності. Формула Куліка для персистентного струму у металевих кільцях. Залежність амплітуди від температури. Персистентний струм в діелектричних кільцях. Вплив домішок на персистентний струм.

Тема 13. Ефект Казимира.

Енергія нульових коливань. Ферміони і бозони. Розрахунок сили Казимира для квантових флуктацій фононних полів в скінченній одновимірній системі. Скінченні температури. Метод аналітичної регуляризації. Енергія Казимира.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7
9 семестр						
Тема 1	3	2				1
Тема 2	3	2				1
Тема 3	3	2				1
Тема 4	6	4				2
Тема 5	6	4				2
Тема 6	6	4				2
Тема 7	6	4				2
Тема 8	3	2				1
Тема 9	6	4				2
Тема 10	3	2				1
Тема 11	3	2				1
Тема 12	3	2				1
Тема 13	3	2				1
Усього годин	54	36				18
Залік						

5. Теми практичних занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
1	2
Тема 1. Квантова когерентність. Декогеренція квантових систем. Довжина збою фази та її залежність від температури. Балістичний та дифузний транспорт.	1
Тема 2. Теорія представлень. Інтеграли по траєкторіях. Вектор стану системи і різні представлення хвильової функції. Часова динаміка квантової системи: представлення Шредінгера і Гейзенберга. Рівняння Гейзенберга.	1
Тема 3. Поняття біта та квантового біта. Перетворення кубіту. Матриця однокубітних перетворень. Перетворення Адамара. Двокубітові системи. Переплутаність (entanglement). Ентропія переплутаності (ентропія фон Неймана). Максимально переплутані двокубітові стани (стани Белла). Квантова телепортація.	1

Тема 4. Когерентний транспорт електронів, які не взаємодіють. Вивід формули Ландауера. Квант кондактансу. Двовимірні квантові точкові контакти. Квантування кондактансу в квантових точкових контактах у двовимірному електронному газі.	2
Тема 5. Термоелектричні ефекти. Співвідношення Онзагера для кінетичних коефіцієнтів. Формули Сівана-Ірмі і формула Мотта. Квантування теплокондактансу. Квант теплокондактансу.	2
Тема 6. Флуктуації струму і шуми в квантових системах. Загальна формула для інтенсивності шуму. Формула Джонсона-Найквіста і формула Шоттки.	2
Тема 7. Матриця розсіювання і трансфер матриця. Трансфер матриця для одноканального розсіювання. Властивості трансфер матриці.	2
Тема 8. Резонансне розсіювання. Розгляд виводу формули Брейта-Вігнера методом трансфер-матриці. Поняття резонансного тунелювання. Температурна залежність кондуктансу при резонансному тунелюванні.	1
Тема 9. Кулонівська блокада. Одноелектронні транзистори. Осциляції кондактансу в одноелектронних транзисторах. Однорівневі квантові доти. Рівняння балансу ("master equation") і вираз для струму при послідовному тунелюванні електронів через квантовий дот.	2
Тема 10. Тунельний гамільтоніан. Обчислення ймовірностей тунельних процесів в найнижчому порядку по прозорості тунельного бар'єру. Когерентний та некогерентний транспорт електронів через квантові точки. Послідовне тунелювання, "cotunneling" та Кондо-резонанс. Температурна залежність кондактансу в умовах Кондо-резонансу.	1
Тема 11. Одномолекулярні транзистори. НОМО і LUMO рівні. Непружне тунелювання. Гамільтоніан електрон-вібронаї взаємодії. Унітарне перетворення Ланга-Фірсова. Поляронна блокада. Унітарність та зняття блокади Франка-Кондора при високій температурі.	1
Тема 12. Вивід формули Куліка для персистентного струму у металевих кільцях. Залежність амплітуди від температури. Персистентний струм в діелектричних кільцях. Вплив домішок на персистентний струм.	1
Тема 13. Ефект Казимира. Нульові коливання. Розрахунок сили Казимира для квантових флуктацій фононних полів в скінченній одновимірній системі. Скінченні температури. Метод аналітичної регуляризації. Енергія Казимира.	1

7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

8. Методи контролю

Залік.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік

Підсумковий семестровий контроль (залік)	Сума
100	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації лекцій.

11. Рекомендована література

Базова

1. Имри Й. Введение в мезоскопическую физику. Пер. с англ. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 304с.

Допоміжна

1. "Mesoscopic Electron Transport" edited by L. P. Kouwenhoven, G. Schoen, and L. L. Sohn, NATO ASI Series E (Kluwer Academic Publishing, Dordrecht) Посилання на електронне джерело:
<http://www.physics.drexel.edu/~goran/nano/references/QD/ElectronTransportQD.pdf>
2. Weinnmann D. The Physics of Mesoscopic Systems. Посилання на електронне джерело:
<http://www-ipcms.u-strasbg.fr/IMG/pdf/petra.pdf>