

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця_

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор
з науково-педагогічної роботи

Пантелеймонов А. В.

« ____ » _____ 20 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Фізика дисперсних систем: фізичні основи нанотехнологій

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 104 - фізика та астрономія

напрямок підготовки _____ фізика _____

спеціалізація _____

факультет _____ фізичний _____

2017 / 2018 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“ 28 ” серпня 2017 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Криве Ілля Валентинович, доктор фіз-мат. наук, професор.

Програму схвалено на засіданні кафедри

теоретичної фізики імені академіка. М. Ліфшиця

Протокол від “ 28 ” серпня 2017 року, № 9

Завідувач кафедри теоретичної фізики академіка. М. Ліфшиця

_____ (Рашба Г.І.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією

фізичного факультету

назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “ 25 ” серпня 2017 року № 7

Голова методичної комісії _____

_____ Макаровський М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика дисперсних систем: фізичні основи нанотехнологій» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки другого рівню вищої освіти – магістр

спеціальності 104 – «фізика та астрономія»

напрямку підготовки– фізика

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Фізика дисперсних систем: фізичні основи нанотехнологій» є ознайомлення студентів з сучасними проблемами мезоскопічної фізики та створення у них уявлень стосовно того, як дія квантових законів трансформується при переході у класичний макроскопічний режим.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Фізика дисперсних систем: фізичні основи нанотехнологій»:

- навчити студентів досліджувати фізичні явища у мезоскопічних системах,
- використовувати поняття та методи квантової механіки з метою дослідження мезоскопічних явищ,
- використовувати поняття кубітів при дослідженнях систем у змішаних станах,
- знати, як реалізуються квантові точкові контакти у двовимірному електронному газі,
- оволодіння технікою теоретичного дослідження транспорту тепла і термоелектричних ефектів у балістичних системах,
- набуття знань щодо дослідження явища резонансного тунелювання у дисперсних системах,
- вміння розраховувати фізичні характеристики квантових точок у тому числі і при наявності кулонівської блокади,
- вміння досліджувати фізичні явища у вуглецевих нанотрубках в залежності від кута кіральності,
- описувати фізичні процеси у молекулярних транзисторах.

1.3. Кількість кредитів – 2.

1.4. Загальна кількість годин – 60.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна
Денна форма навчання
Рік підготовки
2-й
Семестр
2-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
Не передбачені навчальним планом
Лабораторні заняття
Не передбачені навчальним планом
Самостійна робота
28 год.
Індивідуальні завдання
1 курсова робота

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-наукової (освітньо-професійної) програми студенти повинні досягти наступних результатів навчання:

Знати, розуміти та бути здатними застосовувати на професійному рівні сучасні принципи і підходи до опису фізичних явищ у дисперсних системах та використовувати їх з метою створення наукової бази сучасної нанотехнології. Студенти повинні набути такі компетенції: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати суть та механізми різноманітних фізичних явищ і процесів, які відбуваються у мезоскопічних системах. З метою розв'язування типових фізичних задач студенти повинні володіти понятійним апаратом нанофізики.

Бути здатними застосовувати математичні знання з теорії лінійних операторів, теорії ймовірностей та математичної фізики з метою отримання фізичних характеристик наносистем таким чином, щоб на основі відомих властивостей окремих частинок та їх взаємодії, вміти розраховувати кінетичні характеристики наносистем.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Нанотехнології і мезоскопічна фізика

Тема 1. Фазова когерентність макроскопічних систем.

Тема 2. Інтерференція молекул фулерена.

Тема 3. Надпровідні кубіти.

Розділ 2. Квантова механіка – основа мезоскопічної фізики

Тема 4. Рівняння Шредінгера і Гейзенберга.

Тема 5. Інтеграл по траєкторіям Фейнмана.

Тема 6. Різні представлення в квантовій механіці.

Розділ 3. Кубіти

Тема 7. Дворівневі квантові системи.

Тема 8. Матриця перетворень кубіта.

Тема 9. Матриця густини і змішані стани.

Тема 10. Переплутані стани в квантовій теорії.

Тема 11. Геометрична ентропія (ентропія фон Неймана).

Розділ 4. Квантові точкові контакти

Тема 12. Гетероструктури і двовимірний електронний газ.

Тема 13. Формула Ландауера для кондактанса.

Тема 14. Адіабатичні контакти і квантування кондактансу у двовимірному електронному газі.

Тема 15. «Break junction» і квантування кондактансу в атомних контактах.

Розділ 5. Транспорт тепла і термоелектричні ефекти у балістичних системах

Тема 16. Вимірювання кванта термокондактансу.

Тема 17. Закон Відемана-Франца.

Тема 18. Термо е.д.с. і формула Мотта.

Розділ 6. Резонансне тунелювання

Тема 19. Формула Брейта-Вігнера для резонансного коефіцієнту проходження електронів скрізь два бар'єра.

Тема 20. Температурна залежність резонансного кондуктансу.

Тема 21. Максимальний струм скрізь однорівневу систему.

Розділ 7. Квантові точки і кулонівська блокада

Тема 22. «Ортодоксальна» теорія кулонівської блокади.

Тема 23. Однорівневі і багаторівневі квантові «точки».

Тема 24. Осциляції кондактансу по напрузі на затворі.

Тема 25. Одноелектронні транзистори.

Розділ 8. Вуглецеві нанотрубки

Тема 26. Графен і вуглецеві нанотрубки.

Тема 27. Діраковські електрони в одношарових вуглецевих нанотрубках (спектр, кут киральності).

Тема 28. Киральне тунелювання.

Розділ 9. Молекулярні транзистори

Тема 29. Молекулярний транзистор на основі C₆₀.

Тема 30. Вільно підвішені вуглецеві нанотрубки.

Тема 31. Транспорт електронів в одномолекулярних транзисторах.

Тема 32. Блокада Франка-Кондона і аномальна температурна залежність кондактансу.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Нанотехнології і мезоскопічна фізика.						
Тема 1	3	1				1
Тема 2	3	1				1
Тема 3	3	1				1
Разом за розділом 1	9	3				3
Розділ 2. Квантова механіка – основа мезоскопічної фізики.						
Тема 4	3	1				1
Тема 5	3	1				1
Тема 6	3	1				1
Разом за розділом 2	9	3				3
Розділ 3. Кубіти.						
Тема 7	3	1				1
Тема 8	3	1				1
Тема 9	3	1				1
Тема 10	3	1				1
Тема 11	3	1				1
Разом за розділом 3	15	5				5
Розділ 4. Квантові точкові контакти.						
Тема 12	3	1				0,5
Тема 13	3	1				0,5
Тема 14	3	1				0,5
Тема 15	3	1				0,5
Разом за розділом 4	12	4				2
Розділ 5. Транспорт тепла і термоелектричні ефекти у балістичних системах.						
Тема 16	3	1				1
Тема 17	3	1				1
Тема 18	3	1				1
Разом за розділом 5	9	3				3
Розділ 6. Резонансне тунелювання.1						
Тема 19	3	1				1
Тема 20	3	1				1
Тема 21	3	1				1
Разом за розділом 6	9	3				3
Розділ 7. Квантові точки і кулонівська блокада.						
Тема 22	3	1				1
Тема 23	2	1				1

Тема 24	2	1			1
Тема 25	2	1			1
Разом за розділом 7	9	4			4
Розділ 8. Вуглецеві нанотрубки.					
Тема 26	2	1			1
Тема 27	2	1			1
Тема 28	2	1			1
Разом за модулем 8	6	3			3
Розділ 9. Молекулярні транзистори.					
Тема 29	3	1			0,5
Тема 30	3	1			1
Тема 31	3	1			0,5
Тема 32	3	1			1
Разом за модулем 9	12	4			3
Екзамен					
Усього годин	60	32			28

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачені навчальним планом.

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1.	Теорія Таулеса.	1
2.	Локалізація у тонких плівках та ефекти скінченної температури.	1
3.	Скейлінгвая теорія локалізації.	1
4.	Режим слабкої локалізації.	1
5.	Дефазування за рахунок електрон-електронної взаємодії.	1
6.	Співвідношення між часом дефазування та часом електрон-електронного розсіяння.	2
7.	Термодинамічні флуктуаційні ефекти.	1
8.	Квантова інтерференція та рівноважні властивості.	1
9.	Персистентні струми.	2
10.	Провідність Кубо для систем обмежених розмірів.	1
11.	Формулювання Ландауера для кондуктансу мезоскопічної системи.	1
12.	Локалізація у потужних магнітних полях та КЕХ.	1
13.	Дробний КЕХ.	2
14.	Мезоскопіка та надпровідність.	2
15.	Надпровідні кільця та тонкі дроти.	2
16.	Слабозв'язані провідники.	1
17.	Ефект Джозефсона.	2
18.	Шум в мезоскопічних системах.	2
19.	Дробовий шум для випадку «випромінювання із резервуара».	1
20.	Квантова теорія кореляторів шумів.	1
21.	Ефект Ааронова-Бома і теорема Байерса-Янга та Блоха.	1
	Разом	28

6. Індивідуальні завдання

Не передбачені навчальним планом.

7. Методи контролю

Екзамен.

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Екзамен (залікова робота)	Сума
Розділи 1-9	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Курсова робота	Разом		
T1-T32	-	50	40	60	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

9. Рекомендована література

Основна література

1. Й. Имри. Введение в мезоскопическую физику. Москва. Физматлит. 2004.

Допоміжна література

1. O.A.Plinskaya, S.I.Kulinich, I.V.Krive, R.I.Shekhter, M.Jonson "Magnetically controlled single-electron shuttle", Low Temperature Physics v.41 (No 1), pp.70-74 (2015).
2. S.I. Kulinich, L.Y. Gorelik, A.N. Kalinenko, I.V. Krive, R.I. Shekhter, Y.W. Park, M. Jonson, Single electron shuttle based on electron spin, Phys. Rev. Lett. v.112, 117206 (2014).
3. A.V. Parafilo, I.V. Krive, R.I. Shekhter, Y.W. Park, M. Jonson, Polaronic effects and thermally enhanced superconductivity, Phys. Rev. B v.89, 115138 (2014).
4. R.I. Shekhter, L.Y. Gorelik, I.V. Krive, M. Kiselev, S.I. Kulinich, A.V. Parafilo, K. Kikoin, M. Jonson, Electronic spin working mechanically, ФНТ 40, No 7 (2014).

10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Учбові матеріали на сайті кафедри теоретичної фізики
http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_study_ukr.html
http://kaf-theor-phys.univer.kharkov.ua/ukrainian/for%20students_ref_ukr.html
2. Відеолекції та відкриті освітні матеріали МФТІ
<http://lectoriy.mipt.ru/course/viewall/>