

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**

### **Фізика дисперсних систем: фізичні основи нанотехнологій**

напряму підготовки 040203 – фізика  
для спеціальності 8.04020301 – фізика  
загальний курс  
фізичного факультету

Кредитно-модульна система  
організації навчального процесу

Розробники: **Кріве Ілля Валентинович, доктор фіз-мат. наук, професор.**

Харків – 2012

## 1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                                                        | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Кількість кредитів – 1.2                                                                                                                       | Напрямок підготовки<br>040203 фізика                             | денна форма навчання                 |
| Модулів –<br>Немає                                                                                                                             | Спеціальність 8.04020301 –<br>фізика                             | Роки підготовки:<br>V-й              |
| Загальна кількість годин<br>– 42                                                                                                               |                                                                  | Семестри<br>9-й                      |
| Тижневих годин для<br>денної форми навчання:<br>аудиторних –<br>0.5 в 9-му семестрі<br>самостійної роботи<br>студента –<br>1.3 в 9-му семестрі |                                                                  | Лекції<br>18 год.                    |
|                                                                                                                                                | Практичні<br>– не передбачені навчальним<br>планом               |                                      |
|                                                                                                                                                | Самостійна робота<br>24 год.                                     |                                      |
|                                                                                                                                                | Вид контролю:<br>екзамен                                         |                                      |

### Примітка.

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

для денної форми навчання – 3:4

## 2. Мета навчальної дисципліни

**Мета:** ознайомити студентів з сучасними проблемами мезоскопічної фізики, зокрема отримати уявлення стосовно того, як дія квантових законів трансформується при переході у класичний макроскопічний режим.

## 3. Програма навчальної дисципліни

### 9-й семестр

Тема 1. Вступ

Нанотехнології і мезоскопічна фізика. Фазова когерентність макроскопічних систем. Інтерференція молекул фулерена. Надпровідні кубіти.

Тема 2. Квантова механіка – основа мезоскопічної фізики.

Рівняння Шредінгера і Гейзенберга. Інтеграли по траєкторіям Фейнмана. Різні представлення в квантовій механіці.

Тема 3. Кубіти.

Дворівневі квантові системи. Матриця перетворень кубіта. Матриця густини і змішані стани. Переплутані стани в квантовій теорії. Геометрична ентропія ( ентропія фон Неймана)

Тема 4. Квантові точкові контакти.

Гетероструктури і двовимірний електронний газ. Формула Ландауера для кондактанса. Адіабатичні контакти і квантування кондактансу у двовимірному електронному газі. «Break-junction» і квантування кондуктансу в атомних контактах.

Тема 5. Транспорт тепла і термоелектричні ефекти у балістичних системах.

Вимірювання кванта термокондактансу. Закон Відемана-Франца. Термо е.д.с. і формула Мотта.

Тема 6. Резонансне тунелювання.

Формула Брейта-Вігнера для резонансного коефіцієнту проходження електронів скрізь два бар'єра. Температурна залежність резонансного кондуктансу. Максимальний струм скрізь однорівневу систему.

Тема 7. Квантові точки і кулонівська блокада.

«Ортодоксальна» теорія кулонівської блокади. Однорівневі і багаторівневі квантові «точки». Осциляції кондактансу по напрузі на затворі. Одноелектронні транзистори.

Тема 8. Вуглецеві нанотрубки.

Графен і вуглецеві нанотрубки. Діраковські електрони в одношарових вуглецевих нанотрубках (спектр, кут киральності). Киральне тунелювання.

Тема 9. Молекулярні транзистори.

Молекулярний транзистор на основі  $C_{60}$ . Вільно підвішені вуглецеві нанотрубки. Транспорт електронів в одномолекулярних транзисторах, Блокада Франка-Кондона і аномальна температурна залежність кондактансу.

#### 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         |
| <b>9 семестр</b>    |                 |              |   |     |     |           |
| Тема 1              | 2               | 2            |   |     |     |           |
| Тема 2              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 3              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 4              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 5              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 6              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 7              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 8              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| Тема 9              | 5               | 2            |   |     |     | 3         |
| <b>Разом</b>        | <b>42</b>       | <b>18</b>    |   |     |     | <b>24</b> |
| <b>Іспит</b>        |                 |              |   |     |     |           |

## 5. Теми практичних занять

Не передбачені навчальним планом.

## 6. Самостійна робота

| Назва теми                                                                                                                                        | Кількість годин |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1                                                                                                                                                 | 2               |
| Тема 1. Теорія Таулеса. Локалізація у тонких плівках та ефекти скінченної температури. Скейлингова теорія локалізації. Режим слабкої локалізації. | 3               |
| Тема 2. Дефазування за рахунок електрон-електронної взаємодії. Співвідношення між часом дефазування та часом електрон-електронного розсіювання.   | 3               |
| Тема 3. Термодинамічні флуктуаційні ефекти. Квантова інтерференція та рівноважні властивості. Персистентні струми.                                | 3               |
| Тема 4. Провідність Кубо для систем обмежених розмірів. Формулювання Ландауера для кондуктансу мезоскопічної системи.                             | 3               |
| Тема 5. Локалізація у потужних магнітних полях та КЕХ. Дробний КЕХ.                                                                               | 3               |
| Тема 6. Мезоскопіка та надпровідність. Надпровідні кільця та тонкі дроти. Слабозв'язані провідники. Ефект Джозефсона.                             | 3               |
| Тема 7. Шум в мезоскопічних системах. Дробовий шум для випадку «випромінювання із резервуара». Квантова теорія кореляторів шумів.                 | 3               |
| Тема 8. Ефект Ааронова-Бома і теорема Байерса-Янга та Блоха.                                                                                      | 3               |

## 7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

## 8. Методи контролю

Екзамен.

## 9. Розподіл балів, які отримують студенти

### *Екзамен*

|                                          |      |
|------------------------------------------|------|
| 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                                                       | <b>A</b>    | відмінно                      |
| 80-89                                                          | <b>B</b>    | добре                         |
| 70-79                                                          | <b>C</b>    |                               |
| 60-69                                                          | <b>D</b>    |                               |
| 50-59                                                          | <b>E</b>    | задовільно                    |
| 1-49                                                           | <b>FX</b>   | незадовільно                  |

## 10. Методичне забезпечення

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

## 11. Рекомендована література

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