

Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

Проректор \_\_\_\_\_  
“ 15 ” \_\_\_\_\_ 03 20 16 р.

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи квантової теорії у фізиці

(шифр і назва навчальної дисципліни)

галузь знань \_\_\_\_\_ 10 природничі науки \_\_\_\_\_

(шифр і назва галузі знань)

спеціальність \_\_\_\_\_ 104 фізика та астрономія, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ 105 прикладна фізика та наноматеріали \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності)

факультет \_\_\_\_\_ фізико-технічний \_\_\_\_\_

(назва факультету)

Івано-Франківськ – 2016 рік

Робоча програма курсу «Методи квантової теорії у фізиці»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів спеціальності 104 фізика та астрономія, 105 прикладна фізика та наноматеріали

„\_\_\_” \_\_\_\_\_, 20\_\_ р. – \_\_ с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Рувінський Марк Аунович, професор кафедри фізики і хімії твердого тіла, доктор фіз.-мат.наук, професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_

Завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Прокопів В.В.)

(прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією фізико-технічного факультету.

Протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Голова

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Яцура М.М.)

(прізвище та ініціали)

1. О Рувінський М.А., 2016 рік
2. О ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2016 р.

### Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників                                                                                           | Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень                                                    | Характеристика навчальної дисципліни      |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | денна форма навчання                      | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів – <b>6</b>                                                                                     | Галузь знань<br><u>10 природничі науки</u><br>(шифр і назва)                                                        | Нормативна<br>(за вибором)                |                       |
| Модулів – <b>1</b>                                                                                                | Спеціальність:<br><u>104 фізика та астрономія</u><br><u>105 прикладна фізика та наноматеріали</u><br>(шифр і назва) | <b>Рік підготовки:</b>                    |                       |
| Змістових модулів – <b>3</b>                                                                                      |                                                                                                                     | 1-й                                       | ____-й                |
| Індивідуальне науково-дослідне завдання<br>_____<br>_____<br>(назва)                                              |                                                                                                                     | <b>Семестр</b>                            |                       |
| Загальна кількість годин - <b>180</b>                                                                             |                                                                                                                     | 1-й                                       | ____-й                |
| Тижневих годин для денної форми навчання:3<br><br>аудиторних – <b>3</b><br>самостійної роботи студента – <b>6</b> | Освітньо-кваліфікаційний рівень:<br><b>магістр</b>                                                                  | <b>Лекції</b>                             |                       |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | 22 год.                                   | __ год.               |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | <b>Практичні, семінарські</b>             |                       |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | 38 год.                                   | __ год.               |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | <b>Лабораторні</b>                        |                       |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | __ год.                                   | __ год.               |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | <b>Самостійна робота</b>                  |                       |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | 120 год.                                  | __ год.               |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | <b>Індивідуальні завдання:</b><br>__ год. |                       |
|                                                                                                                   |                                                                                                                     | Вид контролю:<br><b>екзамен</b>           |                       |

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

для денної форми навчання – **0,5**

для заочної форми навчання –

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Мета:** викладання навчальної дисципліни “Методи квантової теорії систем багатьох частинок” є поглиблення знань з теоретичної фізики на рівні підготовки магістрів спеціальностей «Фізика та астрономія» та «Прикладна фізика та наноматеріали»

**Завдання:** вивчення дисципліни “Методи квантової теорії систем багатьох частинок” є засвоєння основних фізичних ідей і принципів квантової теорії систем багатьох частинок.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:** основні методи сучасної квантової теорії системи багатьох частинок, їх можливості та межі застосування;

**вміти:** використовувати найпростіші методи в типових задачах теорії магнетизму;

робити кваліфіковано огляд наукової літератури на семінарах кафедри.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1.**

**Тема 1.** Метод вторинного квантування для систем однакових бозонів і однакових ферміонів.

**Тема 2.** Статистичний оператор (матриця густини). Кінетичне рівняння для статистичного оператора. Статистичний оператор і термодинамічні функції в рівноважному стані.

**Тема 3.** Квантова статистика ідеальних газів бозонів і ферміонів (в представленні вторинного квантування).

**Тема 4.** Статистична теорема Віна-Блоха-Домінісіса.

**Тема 5.** Виродження станів статистичної рівноваги і квазісередні Боголюбова.

### **Змістовий модуль 2.**

**Тема 6.** Метод елементарних збуджень (квазічастинок) в теорії конденсованого стану. Квантові рідини. Спектри бозе- і фермі-рідин.

**Тема 7.** Основи теорії надтекучості Ландау. Другий звук в гелію II. Квантові вихрі. Метод наближеного вторинного квантування і теорія надтекучості слабо неідеального бозе-газу.

**Тема 8.** Мікроскопічна теорія низькотемпературної надпровідності БКШ і метод канонічних перетворень Боголюбова. Високотемпературна надпровідність.

**Тема 9.** Діагоналізація квадратичних форм бозе- і фермі-операторів.

### **Змістовий модуль 3.**

**Тема 10.** Метод двочасових температурних функцій Гріна.

**Тема 11.** Спектральні представлення для кореляційних функцій та функцій Гріна. Застосування методу функцій Гріна.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових<br>модулів і тем                                                                                                                                             | Кількість годин |              |    |     |     |      |              |              |    |     |     |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|----|-----|-----|------|--------------|--------------|----|-----|-----|------|
|                                                                                                                                                                              | денна форма     |              |    |     |     |      | заочна форма |              |    |     |     |      |
|                                                                                                                                                                              | усього          | у тому числі |    |     |     |      | усього       | у тому числі |    |     |     |      |
|                                                                                                                                                                              |                 | л            | п  | лаб | інд | с.р. |              | л            | п  | лаб | інд | с.р. |
| 1                                                                                                                                                                            | 2               | 3            | 4  | 5   | 6   | 7    | 8            | 9            | 10 | 11  | 12  | 13   |
| <b>Модуль 1</b>                                                                                                                                                              |                 |              |    |     |     |      |              |              |    |     |     |      |
| <b>Змістовий модуль 1. Назва</b>                                                                                                                                             |                 |              |    |     |     |      |              |              |    |     |     |      |
| <b>Тема 1.</b> Метод вторинного квантування для систем однакових бозонів і однакових ферміонів.                                                                              | 16              | 2            | 2  | -   | -   | 12   |              |              |    |     |     |      |
| <b>Тема 2.</b> Статистичний оператор (матриця густини). Кінетичне рівняння для статистичного оператора. Статистичний оператор і термодинамічні функції в рівноважному стані. | 20              | 2            | 6  | -   | -   | 12   |              |              |    |     |     |      |
| <b>Тема 3.</b> Квантова статистика ідеальних газів бозонів і ферміонів (в представленні вторинного квантування).                                                             | 16              | 2            | 2  | -   | -   | 12   |              |              |    |     |     |      |
| <b>Тема 4.</b> Статистична теорема Віна-Блоха-Домінісіса.                                                                                                                    | 14              | 2            | 2  | -   | -   | 10   |              |              |    |     |     |      |
| <b>Тема 5.</b> Виродження станів статистичної рівноваги і квазісередні Боголюбова                                                                                            | 16              | 2            | 4  | -   | -   | 10   |              |              |    |     |     |      |
| Разом за змістовим модулем 1                                                                                                                                                 | 82              | 10           | 16 | -   | -   | 56   |              |              |    |     |     |      |
| <b>Змістовий модуль 2. Назва</b>                                                                                                                                             |                 |              |    |     |     |      |              |              |    |     |     |      |

|                                                                                                                                                                                        |    |   |    |   |   |    |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----|---|---|----|--|--|--|--|--|--|
| <b>Тема 6.</b> Метод елементарних збуджень (квазічастинок) в теорії конденсованого стану. Квантові рідини. Спектри бозе- і фермі-рідин.                                                | 16 | 2 | 4  | - | - | 10 |  |  |  |  |  |  |
| <b>Тема 7.</b> Основи теорії надтекучості Ландау. Другий звук в гелію II. Квантові вихрі. Метод наближеного вторинного квантування і теорія надтекучості слабо неідеального бозе-газу. | 18 | 2 | 4  | - | - | 12 |  |  |  |  |  |  |
| <b>Тема 8.</b> Мікроскопічна теорія низькотемпературної надпровідності БКШ і метод канонічних перетворень Боголюбова. Високотемпературна надпровідність.                               | 18 | 2 | 4  | - | - | 12 |  |  |  |  |  |  |
| <b>Тема 9.</b> Діагоналізація квадратичних форм бозе- і фермі-операторів.                                                                                                              | 14 | 2 | 2  | - | - | 10 |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 2                                                                                                                                                           | 66 | 8 | 14 | - | - | 44 |  |  |  |  |  |  |
| <b>Змістовий модуль 3. Назва</b>                                                                                                                                                       |    |   |    |   |   |    |  |  |  |  |  |  |
| <b>Тема 10.</b> Метод двочасових температурних функцій Гріна.                                                                                                                          | 16 | 2 | 4  | - | - | 10 |  |  |  |  |  |  |
| <b>Тема 11.</b> Спектральні представлення для кореляційних                                                                                                                             | 16 | 2 | 4  | - | - | 10 |  |  |  |  |  |  |

|                                                              |     |    |    |   |   |     |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------|-----|----|----|---|---|-----|--|--|--|--|--|--|
| функцій та функцій Гріна. Застосування методу функцій Гріна. |     |    |    |   |   |     |  |  |  |  |  |  |
| Разом за змістовим модулем 3                                 | 32  | 4  | 8  | - | - | 20  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Усього годин</b>                                          | 180 | 22 | 38 | - | - | 120 |  |  |  |  |  |  |

### 5. Теми практичних і семінарських занять

| № з/п | Назва теми                                                                                                                                                              | Кількість годин |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Метод вторинного квантування для систем однакових бозонів і однакових ферміонів.                                                                                        | 2               |
| 2     | Статистичний оператор (матриця густини). Кінетичне рівняння для статистичного оператора. Статистичний оператор і термодинамічні функції в рівноважному стані.           | 2               |
| 3     | Квантова статистика ідеальних газів бозонів і ферміонів (в представленні вторинного квантування).                                                                       | 2               |
| 4     | Статистична теорема Віна-Блоха-Домініска.                                                                                                                               | 2               |
| 5     | Виродження станів статистичної рівноваги і квазісередні Боголюбова.                                                                                                     | 2               |
| 6     | Метод елементарних збуджень (квазічастинок) в теорії конденсованого стану. Квантові рідини. Спектри бозе- і фермі-рідин.                                                | 2               |
| 7     | Основи теорії надтекучості Ландау. Другий звук в гелію II. Квантові вихрі. Метод наближеного вторинного квантування і теорія надтекучості слабо неідеального бозе-газу. | 2               |
| 8     | Мікроскопічна теорія низькотемпературної надпровідності БКШ і метод канонічних перетворень Боголюбова. Високотемпературна надпровідність.                               | 2               |
| 9     | Діагоналізація квадратичних форм бозе- і фермі-операторів                                                                                                               | 2               |
| 10    | Метод двочасових температурних функцій Гріна.                                                                                                                           | 2               |
| 11    | Спектральні представлення для кореляційних функцій та функцій Гріна. Застосування методу функцій Гріна.                                                                 | 2               |
| 12    | Кінетичне рівняння Больцмана                                                                                                                                            | 2               |
| 13    | Електропровідність                                                                                                                                                      | 2               |
| 14    | Визначення часу релаксації                                                                                                                                              | 2               |
| 15    | Кінетичні коефіцієнти                                                                                                                                                   | 4               |
| 16    | Теплопровідність                                                                                                                                                        | 2               |
| 17    | Термоелектричні ефекти                                                                                                                                                  | 4               |

## 6. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми                                                                                                                                                              | Кількість годин |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1     | Метод вторинного квантування для систем однакових бозонів і однакових ферміонів.                                                                                        | 12              |
| 2     | Статистичний оператор (матриця густини). Кінетичне рівняння для статистичного оператора. Статистичний оператор і термодинамічні функції в рівноважному стані.           | 12              |
| 3     | Квантова статистика ідеальних газів бозонів і ферміонів (в представленні вторинного квантування).                                                                       | 12              |
| 4     | Статистична теорема Віна-Блоха-Домінісіса.                                                                                                                              | 10              |
| 5     | Виродження станів статистичної рівноваги і квазісередні Боголюбова.                                                                                                     | 10              |
| 6     | Метод елементарних збуджень (квазічастинок) в теорії конденсованого стану. Квантові рідини. Спектри бозе- і фермі-рідин.                                                | 10              |
| 7     | Основи теорії надтекучості Ландау. Другий звук в гелію II. Квантові вихрі. Метод наближеного вторинного квантування і теорія надтекучості слабо неідеального бозе-газу. | 12              |
| 8     | Мікроскопічна теорія низькотемпературної надпровідності БКШ і метод канонічних перетворень Боголюбова. Високотемпературна надпровідність.                               | 12              |
| 9     | Діагоналізація квадратичних форм бозе- і фермі-операторів                                                                                                               | 10              |
| 10    | Метод двочасових температурних функцій Гріна.                                                                                                                           | 10              |
| 11    | Спектральні представлення для кореляційних функцій та функцій Гріна. Застосування методу функцій Гріна.                                                                 | 10              |
|       | Разом                                                                                                                                                                   | 120             |

## 7. Індивідуальні завдання

1. Фонони в рідкому He II (вільна енергія, ентропія і теплоємність).
2. Ротони в рідкому He II (вільна енергія, ентропія і теплоємність).

## 8. Методи навчання

Лекції, консультації

## 9. Методи контролю

Екзамен

## 10. Розподіл балів, які отримують студенти

*Приклад для заліку*

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| Поточне тестування та самостійна робота | Сума |
|-----------------------------------------|------|

| Змістовий модуль №1 |    |    |    |    | Змістовий модуль № 2 |    |    |    | 100 |
|---------------------|----|----|----|----|----------------------|----|----|----|-----|
| T1                  | T2 | T3 | T4 | T5 | T6                   | T7 | T8 | T9 |     |
|                     |    |    |    |    |                      |    |    |    |     |

T1, T2 ... T9 – теми змістових модулів.

Приклад для екзамену

| Поточне тестування та самостійна робота |    |    |                    |    |    |    |                    |    |     |     | Підсумковий тест (екзамен) | Сума |
|-----------------------------------------|----|----|--------------------|----|----|----|--------------------|----|-----|-----|----------------------------|------|
| Змістовий модуль 1                      |    |    | Змістовий модуль 2 |    |    |    | Змістовий модуль 3 |    |     |     |                            | 100  |
| T1                                      | T2 | T3 | T4                 | T5 | T6 | T7 | T8                 | T9 | T10 | T11 | T12                        |      |
|                                         |    |    |                    |    |    |    |                    |    |     |     |                            |      |

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою                              |                                                             |
|----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                              |             | для екзамену, курсового проекту (роботи), практики         | для заліку                                                  |
| 90 – 100                                     | A           | відмінно                                                   | зараховано                                                  |
| 80 – 89                                      | B           | добре                                                      |                                                             |
| 70 – 79                                      | C           |                                                            |                                                             |
| 60 – 69                                      | D           | задовільно                                                 |                                                             |
| 50 – 59                                      | E           |                                                            |                                                             |
| 26 – 49                                      | FX          | незадовільно з можливістю повторного складання             | не зараховано з можливістю повторного складання             |
| 0-25                                         | F           | незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни | не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни |

## 11. Рекомендована література

### Базова

1. Н.Б. Брандт, В.А. Кульбачинский. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М., Физматлит, 2007.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Квантовая механика (нерелятивистская теория). М., Наука, 1974.
3. М.М. Боголюбов. Лекції з квантової статистики. К., Рад. школа. 1949.
4. Н.Н. Боголюбов, Н.Н. Боголюбов (мл.). Введение в квантовую статистическую механику. М., Наука, 1974.
5. Б.Л. Бонч-Бруевич. Метод функций Грина в статистической механике. М., Наука, 1961.
6. А.А. Абрикосов, Л.П. Горьков, Н.Е. Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике. М., Наука, 1962.

7. С.Б. Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма. М., Наука, 1975.
8. Дж. Займан. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974
9. Б.М. Аскеров. Электронные явления переноса в полупроводниках. М.: Наука, 1985.

### **Допоміжна**

1. А.С. Давыдов. Высокотемпературная сверхпроводимость. К.. Наук, думка, 1990.
2. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика. Ч. 2. М., Наука, 1978.
3. Р.Маттук. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел. М., Мир, 1969.
4. М.А. Рувінський, Б.К. Остафійчук, М.О. Галушак, Д.М. Фреїк, М.М. Яцура. Курс загальної фізики. Квантова фізика атомів, молекул і конденсованих середовищ. Київ-Івано-Франківськ, 1998.
5. І.О. Вакарчук. Вступ до проблеми багатьох тіл. Львів, ЛНУ, 1999.

## **12. Інформаційні ресурси**

1. Бібліотека.
2. Інтернет.
3. ....

#### **Примітки:**

1. Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.
2. Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри, у методичній комісії факультету, інституту, підписується завідувачем кафедри, головою методичної комісії і затверджується проректором з науково-педагогічної роботи.