

**Державний вищий навчальний заклад  
“Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”**

**Кафедра фізики і методики викладання**

**ПРОГРАМА  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Статистична фізика і термодинаміка**

**Спеціальність 104 - Фізика і астрономія**

**Фізико-технічний факультет**

**Івано-Франківськ – 2019**

**Навчальна програма курсу - Статистична фізика і термодинаміка  
за спеціальністю 104 – Фізика і астрономія „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 р. – 10 с.**

**Розробник: Кланічка В.М. В, професор**

**Наавчальна програма затверджена на засіданні кафедри фізики і  
методики викладання, протокол від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_**

**Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (доц. Ліщинський І.М.)**

**“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.**

**Схвалено методичною комісією факультету.**

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

**Голова \_\_\_\_\_ (проф. Яцура М.М.)**

**“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.**

## **Пояснювальна записка до навчальної програми курсу «Статистична фізика і термодинаміка»**

### **Мета та завдання навчальної дисципліни**

#### **Мета викладання дисципліни:**

Вивчення основних законів термодинаміки рівноважних процесів, термодинамічних властивостей макроскопічних систем, основних експериментальних закономірностей, які лежать в основі законів термодинаміки, статистичних методів опису класичних і квантових макроскопічних систем, зв'язку законів термодинаміки і статистичних методів опису, а також формування у студентів знань і умінь, що дозволяють моделювати термодинамічні явища і проводити чисельні розрахунки відповідних фізичних величин.

#### **Завдання вивчення дисципліни.**

#### **У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:**

##### **Знати:**

- базову термінологію, що належить до термодинамічних явищ, основні поняття, закони термодинаміки і статистичної механіки та їх математичний вираз;
- фундаментальні досліди, які лежать в основі законів термодинаміки;
- логіку побудови термодинаміки на основі фундаментальних дослідів;
- основні статистичні методи опису макроскопічних систем.

##### **Вміти:**

- розкрити роль статистичних закономірностей у природі, сформулювати основні завдання теорії електромагнетизму, встановити область застосовності електромагнітної теорії, описати її структурні елементи і поняття;
- розглянути основні експериментальні закономірності термодинамічних явищ, статистичні методи опису властивостей речовини, структуру і математичну форму основних рівнянь статистичної механіки і термодинаміки, особливості їх використання при описі різних явищ;
- розглянути основні методи експериментального і теоретичного дослідження термодинамічних явищ, використання термодинамічних явищ у сучасних технологіях;
- проаналізувати основні принципи моделювання термодинамічних явищ, встановити область застосовності цих моделей, розглянути способи обчислення фізичних величин, які характеризують явища;
- продемонструвати зв'язок фундаментальних дослідів із законами термодинаміки за допомогою відомих математичних методів;
- вирішувати задачі з даної дисципліни;
- моделювати термодинамічні явища і проводити чисельні розрахунки відповідних фізичних величин у загальноприйнятих системах одиниць.

## **Навчальна програма з курсу «Статистична фізика і термодинаміка»**

**Тема 1. Основні представлення статистичної фізики.** Предмет статистичної фізики і термодинаміки. Макро і мікроопис, фазовий простір, статистичний ансамбль, статистична функція розподілу. Теорема Ліувіля, роль енергії в статистичній фізиці. Мікроканонічний розподіл Гіббса. Статистична вага, ентропія і температура макроскопічної системи.

**Тема 2. Статистичне тлумачення законів термодинаміки.** Ентропія системи як міра неупорядкованості. Другий закон термодинаміки для нерівноважних процесів, напрямок переходу енергії при контакті нерівноважних систем. Обчислення ентропії і температури ідеального газу за допомогою мікроканонічного розподілу.

**Тема 3. Канонічний розподіл Гіббса.** Функція канонічного розподілу Гіббса. Застосування канонічного розподілу Гіббса до класичного газу, розподіли Максвелла і Больцмана,

**Тема 4. Термодинамічні функції та основні співвідношення термодинаміки.** Термодинамічна рівновага, внутрішня енергія, кількість тепла і робота. Основна термодинамічна тотожність. Термодинамічні потенціали і співвідношення між термодинамічними похідними. Процеси стисливості, розширення і нагрівання. Адіабатичний процес, рівняння Пуасона.

**Тема 5. Термодинамічні функції систем із змінним числом часток.** Залежність термодинамічних величин від числа часток, хімічний потенціал. Рівновага у зовнішньому полі.

**Тема 6. Статистична термодинаміка ідеальних і слабонеідеальних газів.** Статистична сума і вільна енергія. Термодинамічні функції ідеального класичного газу. Парадокс Гіббса. Слабонеідеальний одноатомний газ - потенціал міжмолекулярної взаємодії, віріальний розклад. Інтерполяційне рівняння Ван-дер-Ваальса, інверсія коефіцієнта Джоуля -Томсона. Термодинамічна теорія збурення.

**Тема 7. Статистична термодинаміка плазми.** Термодинамічні функції класичної плазми в наближенні Дебая: наближення Дебая-Хюккеля, екранування Дебая, внутрішня і вільна енергія плазми, рівняння стану.

**Тема 8. Рівновага фаз і критичні явища.** Умови рівноваги фаз. Діаграми фазової рівноваги. Фазові переходи першого роду. Формула Клапейрона-Клаузіуса. Залежність тиску від температури уздовж кривої рівноваги рідина-

газ, тверда тіло-газ. Критична точка, умови стійкості критичного стану. Критичні параметри для рівняння стану Ван-дер-Ваальса.

**Тема 9. Фазові переходи другого роду.** Приклади і діаграми фазових переходів другого роду. Феромагнетик поблизу точки Кюрі: наближення самоузгодженого поля, модель Ізінга в наближенні Брегга-Вільямса, термодинамічна теорія Ландау. Критичні показники.

**Тема 10. Статистична теорія квантових систем.** Статистичний розподіл для квантових систем. Характеристичні температури. Статистична сума та інтеграл для одноатомного газу. Квантова теорія теплоємності ідеальних молекулярних газів: обертальні і коливні ступені вільності, обертальна теплоємність гетероядерних молекул, коливна теплоємність.

**Тема 11. Квантові гази.** Труднощі класичної статистики. Великий канонічний розподіл Гіббса. Тотожність часток і розподіли Фермі і Бозе. Термодинамічні функції ідеальних квантових газів. Умови виродження класичних властивостей газів. Критерії застосовності розподілу Максвелла-Больцмана. Вироджений електронний газ. Теплоємність Фермі-газу, теплоємність електронів металу й ізотопу гелія-три. Парамагнетизм вільних електронів металу. Одночасткова щільність енергетичних станів ферміонів, походження зонної структури. Вироджений Бозе-газ, конденсація. Термодинаміка рівноважного електромагнітного випромінювання. Реліктове випромінювання.

**Тема 12. Статистична термодинаміка конденсованих середовищ.** Тепловий рух атомів кристалу і проблема теплоємності. Модель Ейнштейна твердого тіла. Термодинаміка твердого тіла в наближенні Дебая, характеристична температура Дебая, достоїнства і недоліки моделі..

**Тема 13. Флуктуації в макроскопічних системах.** Дисперсія і відносні флуктуації. Флуктуації енергії різних термодинамічних систем. Принцип Больцмана і розподіл Гаусса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Молекулярне розсіювання світла.

**Тема 14. Основи нерівноважної термодинаміки.** Локалька рівновага. Закони збереження. Потoki і термодинамічні сили. Лінійні закони. Співвідношення взаємності Онзагера. Перехресні ефекти.

**Тема 15. Броунівський рух і випадкові процеси.** Фізичні характеристики броунівського руху. Еволюція малої системи в термостаті. Випадкові стаціонарні марківські процеси. Рівняння Смолуховського. Рівняння Фоккера-Планка та його найпростіше застосування. Спектральні представлення в теорії випадкових процесів.

**Тема 16. Кінетичні рівняння.** Рівняння Боголюбова для нерівноважних функцій розподілу. Ієрархія масштабів часу і принципи скорочення опису в динамічній теорії Боголюбова. Кінетичне рівняння Боголюбова. Н-теорема. Мікроскопічна зворотність і макроскопічна незворотність. Кінетичне рівняння з релаксаційним членом і його напростіші застосування. Рівняння з самоузгодженим полем Власова. Лінеаризоване рівняння Власова. Плазмові коливання. Затухання Ландау. Коефіцієнти переносу.



## Рекомендована література

### Основна і додаткова література

1. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика М.: Наука, 1981
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика М.:Наука, 1976
3. Румер Ю.Б., Рывкин М.С. Термодинамика, статистическая физика и кинетика М.:Наука, 1977
4. Радущкевич Л.В. Курс статистической физики М.:Просвещение, 1966
5. Ноздрев В.Ф. Сенкевич А.А Курс статистической физики М.:Высш. школа, 1969
6. Гиббс Дж. В. Термодинамика. Статистическая динамика М.:Наука, 1982
7. Больцман Л. Лекции по теории газов М.: Гостехиздат, 1956
8. Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. Избр. труды К.: Наукова думка, 1970
9. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика М.:Наука, 1976
10. Хуанг К. Статистическая механика М.:Мир, 1967
11. Кубо Р. Статистическая механика М.: Мир, 1967
12. Уленбек Дж., Форд Дж. Лекции по статистической механике М.:Мир, 1965
13. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. Т.2 М.:Мир, 1978
14. Базаров И.П. Термодинамика М.:Высш. школа, 1976
15. Радущкевич Л.В. Курс термодинамики М.:Просвещение, 1971
16. Де Гроот С., Мазур П Неравновесная термодинамика М.:Мир, 1967
17. Сборник задач по теоретической физике. Уч. Пособие для вузов М.:Высш. школа, 1972