

## СИЛАБУС

### “Нерівноважна статистична фізика і фізична кінетика”

Національна академія наук України  
Інститут фізики конденсованих систем  
Спеціальність: 104 Фізика та астрономія

Лектор: проф. М. В. Токарчук

[mtok@icmp.lviv.ua](mailto:mtok@icmp.lviv.ua)

ІФКС НАН України, вул. Свенціцького 1, Львів  
032-2761978

### Опис курсу

У курсі викладено основи нерівноважної статистичної фізики: рівняння Ліувілля для нерівноважної функції розподілу системи взаємодіючих частинок, основні закони збереження та принцип максимуму ентропії. Сформульовано основні положення методу нерівноважного статистичного оператора (НСО) Зубарева. Виведено узагальнені рівняння переносу для параметрів скороченого опису нерівноважного стану системи. Проведено порівняння методів проєкційних операторів Цванцига, Морі та НСО. Сформульовано метод ланцюжка рівнянь Б-Б-Г-К-І та метод моментів Клімонтовича. Представлено сучасні методи опису теорії стохастичних процесів.

### Мета курсу

Мета навчальної дисципліни – вивчити сучасні методи нерівноважної статистичної фізики систем взаємодіючих частинок: метод ланцюжка рівнянь Б-Б-Г-К-І, метод нерівноважного статистичного оператора Зубарева, метод проєкційних операторів Морі, метод моментів Клімонтовича. Отримати рівняння узагальненої гідродинаміки та молекулярної гідродинаміки для класичних рідин, дослідити спектр колективних збуджень. Отримати кінетичні рівняння типу Больцмана, Фоккера-Планка, Ландау, Боголюбова-Ленарда-Балеску. Освоїти сучасні методи опису стохастичних процесів: рівняння

Чепмена-Колмогорова, основне кінетичне рівняння, Смолуховського- Фоккера-Планка. Ланжевенівський підхід. Рівняння переносу у дробових похідних.

Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі **результати навчання** :

1. Знати метод ланцюжка рівнянь Б-Б-Г-К-І.
2. Вміти розв'язувати ланцюжок рівнянь Б-Б-Г-К-І за малим параметром.
3. Знати метод нерівноважного статистичного оператора Зубарева, метод проєкційних операторів Морі.
4. Вміти отримати рівняння переносу при заданих параметрах скороченого опису нерівноважного стану системи. Рівняння дифузії.
5. Знати метод моментів Клімонтовича.
6. Вміти отримати кінетичні рівняння типу Больцмана, Фоккера-Планка, Ландау.
7. Знати сучасні методи опису стохастичних процесів.
8. Вміти отримати основне кінетичне рівняння.

### Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
	Денна форма
Кількість кредитів/год.	5/150
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	80
• лекційні заняття, год.	48
• семінарські заняття, год.	16
• практичні заняття, год.	16
• лабораторні заняття, год.	-
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	70
• контрольні роботи, к-сть/год.	-
• розрахункові (розрахунково-графічні), к-сть/год.	-
• індивідуальне науково-дослідне завдання, к-сть/год.	36
• підготовка до навчальних занять та контрольних заходів, год.	34
Екзамени	1
Заліки	-

Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі – 53.3%

## Опис навчальної дисципліни

### Лекційні заняття

№ п/п	Назви тем	К-сть годин
1.	<b>Метод нерівноважного статистичного оператора Зубарєва</b> Рівняння Ліувілля для нерівноважної функції розподілу системи взаємодіючих частинок. Основі закони збереження. Принцип максимуму ентропії. Узагальнені рівняння переносу для параметрів скороченого опису нерівноважного стану системи. Метод проєкційних операторів Цванцига, Морі. Рівняння молекулярної гідродинаміки спектр колективних збуджень.	18
2.	<b>Метод рівнянь ланцюжка Б-Б-Г-К-І</b> Нерівноважні функції розподілу частинок. Кореляційні функції та групові розклади. Кінетичні рівняння Больцмана, Фоккера-Планка.	12
3.	<b>Метод моментів Клімонтовича</b> Побудова кінетичних рівнянь для газів та плазми: Ландау, Леннарда-Балеску.	6
4.	<b>Сучасні методи опису стохастичних процесів</b> Рівняння Чепмена-Колмогорова, основне кінетичне рівняння, рівняння Смолуховського-Фоккера-Планка. Ланжавенівський підхід. Рівняння переносу у дробових похідних.	12
<b>Усього годин</b>		48

### Практичні заняття

№ теми	Назви тем	Кількість Годин
1	Побудова теорії лінійних нерівноважних процесів. Рівняння молекулярної гідродинаміки для простих рідин	8
2	Отримання кінетичних рівнянь Больцмана, Ландау, Леонарда-Балеску як розв'язків рівнянь Б-Б-Г-К-І за малими параметрами.	8
<b>Усього годин</b>		16

### Семинарські заняття

№ теми	Назви тем	Кількість Годин
1	Лінійний відгук на зовнішнє електричне поле для системи	4

	заряджених частинок	
2	Спектри колективних збуджень в рамках лінійної гідродинаміки для простих рідин.	4
3	Часові кореляційні функції для системи взаємодіючих частинок.	4
4	Особливості динаміки молекулярних рідин	4
<b>Усього годин</b>		16

### Самостійна робота

№	Найменування робіт	кількість год.
1.	Індивідуальне науково-дослідне завдання (тематичні презентаційні доповіді)	36
2.	Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	34
<b>Усього годин</b>		70

### Критерії оцінювання результатів навчання студентів

Максимальна оцінка в балах						
Поточний контроль				Екзаменаційний контроль		Разом за дисципліну
Лабораторні заняття	Практичні заняття	Самостійна робота	Разом балів (ПК)	Письмова компонента	Усна компонента	
-	10	10	20	-	80	100

Нижні межі оцінок:

88% А

80% В

70% С

### Рекомендована література

#### Базова

1. Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике / Н.Н. Боголюбов. -- Москва--Ленинград: Гостехиздат, 1946. – 120~с.; Избран. труд. в трех томах. - Киев: Наукова думка, 1970, Т. 2. -520.
2. Зубарев Д. Н. Неравновесная статистическая термодинамика. М.: Наука, 1972.

3. Зубарев Д. Н., В. Г. Морозов, Г. Репке, Статистическая механика неравновесных процессов. М.: Физматлит, 2002.
4. Ван Кампен Н.Г. Стохастические процессы в физике и химии. М.: Высшая школа, 1990.
5. Климонтович Ю.Л. Кинетическая теория неидеального газа и неидеальной плазмы. - М.: Наука, 1975.
6. Климонтович Ю.Л. Статистическая теория открытых систем. М.:ТОО "Янус", 1995.
7. Учайкин В.В. Метод дробных производных. Ульяновск, Изд.: "Артишок", 2008.

### **Інформаційні ресурси**

Віртуальне навчальне середовище Інституту фізики конденсованих систем, авторські розробки та наукові статті науково-педагогічних працівників, бібліотечний фонд Інституту фізики конденсованих систем НАН України, stan.org.