

СИЛАБУС

“Спеціальні розділи статистичної фізики”

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

Лектор: чл.-кор. НАН України, проф. Ю.В. Головач
hol@icmp.lviv.ua
ІФКС НАН України, вул. Свенціцького 1, Львів
032-2761978

Опис курсу

У лекціях розглядається критична поведінка складних систем. Поняття складної системи стосується багатьох традиційних дисциплін науки і утворює нову, міждисциплінарну галузь знань. Значна частина потягійного апарату теорії складних систем походить із статистичної фізики та теорії критичних явищ. Мета лекцій - загальний вступ до теорії критичних явищ, огляд методів цієї теорії та кола понять, якими вона оперує. Сухачі спецкурсу ознайомляться з такими методами теорії критичних явищ, як феноменологічний термодинамічний підхід, методи точного розв'язку (трансфер матриця, перевал), розкладів в ряд, функціонального інтегрування, теорії середнього поля, ренормалізаційної групи, складних мереж. При вивченні дисципліни, лекції доповнюються циклом семінарських та практичних занять. Під час семінарів студенти повинні прочитати та зреферувати статті на тематику, пов'язану із спецкурсом. Мета практичних занять – розв'язування задач.

Мета курсу

Мета навчальної дисципліни – загальний вступ до теорії критичних явищ та теорії складних систем, огляд методів та кола понять, якими вони оперують. Класичне означення критичних явищ, як подій, що відбуваються в околі критичних точок термодинамічних фазових діаграм, сьогодні використовується в значно ширшому сенсі. Поняття далекосяжних кореляцій, масштабної

інваріантності, скейлінгу, універсальності, якими оперує ця теорія, спричинили її застосування для опису як традиційних задач статистичної фізики (термодинамічні фазові переходи в магнетиках, сегнетоелектриках, плинах, рідних кристалах) так і геометричних впорядкувань (скейлінг полімерів чи перколяція структурно-невпорядкованих систем) чи так званих складних систем.

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

1. Знати основи теорії критичних явищ.
2. Знати основи теорії складних систем.
3. Володіти методами цих теорій та вільно оперувати їх понятійним апаратом.
4. Продемонструвати вміння розв'язувати задачі за допомогою феноменологічного термодинамічного підходу, методів точного розв'язку (трансфер матриця, перевал), теорії збурень (зокрема, асимптотичних оцінок), функціонального інтегрування, теорії середнього поля, ренормалізаційної групи, теорії складних мереж.

Структура навчальної дисципліни

Найменування показників	Всього годин
	Денна форма
Кількість кредитів/год.	3/90
Усього годин аудиторної роботи, у т.ч.:	48
• лекційні заняття, год.	24
• семінарські заняття, год.	16
• практичні заняття, год.	8
• лабораторні заняття, год.	-
Усього годин самостійної роботи, у т.ч.:	42
• контрольні роботи, к-сть/год.	-
• розрахункові (розрахунково-графічні), к-сть/год.	-
• індивідуальне науково-дослідне завдання, к-сть/год.	18
• підготовка до навчальних занять та контрольних заходів, год.	24
Екзамени	1
Заліки	-

Частка аудиторного навчального часу студента у відсотковому вимірі – 53.3%

Опис навчальної дисципліни

Лекційні заняття

№ п/п	Назви тем	К-сть го- дин
1.	Фазові переходи і критичні явища — огляд основних рис Особливості впорядкування в плинах, магнетиках, полімерах, рідких кристалах. Параметр порядку, фазова діаграма	2
2.	Термодинаміка фазових переходів Термодинамічні функції. Реакція системи на зовнішню дію, стійкість системи і опуклість термодинамічних функцій. Геометрична інтерпретація потенціалів Гібса і Гельмгольца. Критичні показники, точні співвідношення, що їх пов'язують	2
3.	Теорія фазових переходів Ландау Фазові переходи 1-го і 2-го роду. Обчислення термодинамічних функцій та критичних показників. Теорія Ландау.- де Жена переходів в рідких кристалах.	2
4.	Критична поведінка в наближенні середнього поля.1. Метод молекулярного поля в теорії магнетизму: теорія феромагнетизму Вейса, модель Каца	2
5.	Критична поведінка в наближенні середнього поля.2. Теорія ван дер Ваальса переходу рідина-газ: рівняння ван дер Ваальса, статистична сума неідеального газу при низьких температурах, рівняння ван дер Ваальса в термінах теорії середнього поля.	2
6.	Критична поведінка в наближенні середнього поля.3 Полімер в доброму розчиннику: макроскопічні властивості полімерного розчину, ідеальний полімерний ланцюг. Феноменологічний підхід. Статистичний опис, модель випадкового польоту. Броунівський ланцюг.	2
7.	Метод функціонального інтегрування в теорії критичних явищ Зображення статистичної суми m-векторної моделі у вигляді функціонального інтегралу. Перетворення Стратоновича-Габбарда та метод колективних змінних. Спін-хвильове наближення для двовимірної XY моделі. Системи із структурним безладом	2
8.	Точні результати в теорії критичних явищ Метод трансфер-матриці, модель Ізинга. Метод перевалу. Восьмивершинна модель Бакстера — неуніверсальність	2
9.	Методи розкладів в ряд в теорії критичних явищ Високо- та низькотемпературні розклади: метод відношень, метод Паде апроксимант. Аналіз асимптотичних рядів	2
10.	Скейлінг і ренормалізаційна група Гіпотеза однорідності термодинамічних функцій. Співвідношення скейлінгу. Рекурентні співвідношення, нерухома точка	2

11.	Екзотичні задачі статистичної фізики Ідеї скейлінгу в еконо- та соціофізиці. Степеневі розподіли в складних системах: закон Зіпфа і закон Паретто.	2
12.	Складні мережі Основні поняття теорії мереж. Випадковий граф Ердоша-Реньї. Задачі протікання на мережах. Теорія Ландау фазових переходів на мережах.	2
Усього годин		24

Практичні заняття

№ теми	Назви тем	Кількість Годин
1	Теорія Ландау для системи із взаємодіючими скалярними параметрами порядку	2
2	Одновимірна модель Стенлі	1
3	Феромагнетик із взаємодією безмежного радіуса дії	1
4	Сферична модель феромагнетика	1
5	Перехід нематик-ізотропна рідина в рідких кристалах	1
6	Одновимірний спіновий ланцюжок із випадковими зв'язками	1
7	Функціональне представлення моделі з випадковою анізотропією	1
Усього годин		8

Семинарські заняття

№ теми	Назви тем	Кількість Годин
1	Числові методи в теорії фазових переходів D.P. Landau. Computer simulation studies of magnetic phase transitions. J. Mag. Magn. Mat. 200 (1999) 231-247	2
2	Критична поведінка біологічних систем M.Ya. Azbel. Phase transitions, universality and superuniversality in mortality evolution. Physica A 269 (1999) 564-569	1
3	Критична поведінка в задачах еконофізики N. Vandewalle, Ph. Boveroux, A. Minguet, M. Ausloos. The crash of October 1987 seen as a phase transition: amplitude and universality. Physica A 255 (1998) 201-210; H.E. Stanley, L.A.N. Amaral, D. Canning, P. Gopikrishnan, Y. Lee, Y. Liu. Econophysics: can physicist contribute to the science of economics? Physica A 269 (1999) 156-169	1

4	Екзотичні задачі статистичної фізики H.E. Stanley. Exotic statistical physics: applications to biology, medicine, and economics. Physica A 285 (2000) 1-17	1
5	Фазові переходи у плинах D.A. Beysens, Y. Garrabos. The phase transition of gases and liquids. Physica A 281 (2000) 361-380	1
6	Моделювання та теорія переходу рідина-газ N.B. Wilding, F. Schmid, P. Nielaba. Liquid-vapor phase behaviour of a symmetrical fluid mixture. Phys. Rev. E 58 (1998) 2201-2212	1
7	Фазові переходи у Всесвіті M. Gleiser. Phase transitions in the Universe. Contemp. Physics 39 (1998) 239-253; M.E. Shaposhnikov, Electroweak baryogenesis. Contemp. Physics 39 (1998) 177-194	1
8	λ -перехід в гелії-4 J.A. Lipa, D.R. Swanson, J.A. Nissen, T.C.P. Chui, U.E. Israelsson. Heat capacity and thermal relaxation of bulk helium very near the lambda point. Phys. Rev. Lett. 76 (1996) 944-947; J.A. Lipa, D.R. Swanson, J.A. Nissen, Z.K. Geng, P.R. Williamson, and D.A. Stricker. Specific heat of helium confined to a 57- μ m planar geometry near the lambda point. Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 4894-4897; G.M. Zassenhaus, J.D. Reppy, Observation of the lambda point in the 4-He-Vycor system: a test of hyperuniversality. Phys. Rev. Lett. 83 (1999) 4800	2
9	Перехід феромагнетик-парамагнетик G. D. Mukherjee, S. Chakraborty, K. D. D. Rathnayaka, D. G. Naugle, A. K. Majumdar Mukherjee. Critical exponent of NiFeV alloys for the ferromagnetic-paramagnetic phase transition. J. Magn. Magn. Mat. 214 (2000) 185-194	1
10	Скейлінг в задачах соціофізики M.A.F. Gomes, G.L. Vasconcelos, I.J. Tsang, I.R. Tsang. Scaling relations for diversity of languages. Physica A, 271 (1999) 489-495. M.A.F. Gomes. Geometrical aspects in the distribution of languages and urban aspects. Physica A, 295 (2001) 9-16	1
11	Фазова діаграма води H.E. Stanley, S.V. Buldyrev, M. Canpolat, et al. The puzzling statistical physics of liquid water. Physica A, 257 (1998) 213-232	1
12	Фазові діаграми полімерних систем T. Garel, H.Orland, E.Orlandini. Phase diagram of magnetic polymers. Eur.Phys.J. B, 12 (1999) 261-268. W. Kohn. An essay on condensed matter physics in the twenties century. Rev. Mod. Phys., 71 (1999) S59-S77	1
Усього годин		16

Самостійна робота

№	Найменування робіт	кількість год.
1.	Індивідуальне науково-дослідне завдання (тематичні презентаційні доповіді)	18
2.	Підготовка до навчальних занять та контрольних заходів	24
Усього годин		42

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. Г. Стенли. Фазовые переходы и критические явления. М., "Мир", 1973.
2. П. Де Жен. Идеи скейлинга в физике полимеров. М., "Мир", 1982.
3. Ш. Ма. Современная теория критических явлений. М., "Мир", 1980.
4. C. Domb. The Critical Zoit. London, Taylor & Francis, 1996.
5. P. M. Chaikin, T. C. Lubensky. Principles of Condensed Matter Theory. Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
6. Yu. Holovatch. Lectures on Critical Phenomena: Polymers, Diluted Systems, Magnets. Linz, 1996.
7. S. N. Dorogovtsev, S. N. Mendes. Evolution of Networks. Oxford University Press, Oxford, 2003.

8. Ю. Головач, О. Олемской, К. фон Фербер та ін. Складні мережі. Журн. Фіз. Досл. 10 (2006) 247-289; Yu. Holovatch. Introduction to Renormalization. Cond. Matter Phys. 9 (2006) 237-262.

Література до практичних занять

1. S. Watanabe, T. Usui. Progr. Theor. Phys. 73 (1985) 1305
2. H. E. Stanley, Phys. Rev. B 179 (1969) 570
3. Т.Н. Berlin, М. Кас. Phys.Rev. 86 (1952) 821
4. K. Ohno et al. Phys. Rev. B 42 (1990) 10360
5. A. Aharony, Phys. Rev. B 12 (1975) 1038.

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