

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Фізичний факультет  
Кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука**

**Затверджено**

На засіданні кафедри теоретичної фізики імені  
професора Івана Вакарчука  
фізичного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 31.08.2022 р.)

Завідувач кафедри  професор В. М. Ткачук

**Силабус  
з навчальної дисципліни  
«Термодинаміка і статистична фізика»,  
що викладається в межах ОПП «Фізика та астрофізика»,  
ОПП «Комп'ютерна фізика»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
для здобувачів зі спеціальності 104 Фізика та астрономія**

**Львів 2022**

<b>Назва курсу</b>	Термодинаміка і статистична фізика
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Драгоманова, 12, 79005, м. Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	фізичний факультет, кафедра теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
<b>Викладач дисципліни</b>	Лектор: доцент кафедри теоретичної фізики імені професора Івана Вакарчука, канд.ф.-м.н. Пастухов Володимир Степанович
<b>Контактна інформація викладача</b>	<a href="mailto:volodymyr.pastukhov@lnu.edu.ua">volodymyr.pastukhov@lnu.edu.ua</a> ; <a href="mailto:volodyapastukhov@gmail.com">volodyapastukhov@gmail.com</a> <a href="https://physics.lnu.edu.ua/employee/pastukhov-v-s">https://physics.lnu.edu.ua/employee/pastukhov-v-s</a>
<b>Консультації з курсу відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Zoom, Microsoft Teams, Skype.
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://physics.lnu.edu.ua/course/termodynamika-i-statystichna-fizyka-napryam-fizyka">https://physics.lnu.edu.ua/course/termodynamika-i-statystichna-fizyka-napryam-fizyka</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Термодинаміка і статистична фізика» є нормативною і розрахована на слухачів спеціальності «104 Фізика та астрономія» освітнього рівня бакалавра. Її викладають у VII–VIII семестрах в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Курс розроблено таким чином, щоб стисло подати основи термодинаміки рівноважних та необоротних процесів, статистичної механіки та елементів фізичної кінетики.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою курсу є формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних із тепловою формою руху матерії.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Landau L.D. &amp; Lifschitz E.M. Statistical Physics.</i> – Pergamon Press, 1980. – Vol. 5.</li> <li>2. <i>Кобилянський В.Б. Статистична фізика.</i> – К.: Вища школа, 1972.</li> <li>3. <i>Єрмолаєв О.М., Раба Г.І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки.</i> – Харків: ХНУ, 2004.</li> <li>4. <i>Кvasnikov I. K. Термодинамка и статистическая физика.</i> – М.: МГУ, 1991. –T.1; 1987. –T.2.</li> <li>5. <i>Федорченко А. М. Кvantova mehanika, termodynamika i statisticheskaya fizika // Teoretichna fizika.</i> — К.: Вища школа, 1993. — Т. 2. — 415 с.</li> </ol> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Feynman R. P. Statistical Mechanics: A Set Of Lectures.</i> – CRC Press, 1998.</li> <li>2. <i>Кобилянський В. Б. Методичні вказівки до розв'язування задач з термодинаміки (метод характеристичних функцій).</i> – Львів: ЛДУ, 1985.</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <a href="http://scienceworld.wolfram.com/physics/">Eric Weisstein's World of Physics</a> <a href="http://scienceworld.wolfram.com/physics/">http://scienceworld.wolfram.com/physics/</a></li> <li>2. <a href="http://www.wikipedia.org">Wikipedia.</a> <a href="http://www.wikipedia.org">http://www.wikipedia.org</a></li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	два семестри

<b>Обсяг курсу</b>	180 годин, з яких 128 годин аудиторних занять, з них 64 годин лекцій, 64 годин практичних занять, та 52 години самостійної роботи. Тижневе навантаження складає 5 (3) годин аудиторних занять та 0,625 (2,625) години самостійної роботи в першому (другому) семестрі.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>У результаті вивчення цього курсу студент буде <b>знати:</b> основні поняття та рівняння предмету викладені у програмі курсу <b>вміти:</b> застосовувати рівняння і співвідношення термодинаміки, рівноважної статистичної фізики та основ необоротніх явищ і кінетики для розв'язування задач, що стосуються теплової форми руху матерії. Курс формує такі загальні (ЗК) та спеціальні компетентності (СК):</p> <p><i>Загальні компетентності:</i></p> <p>ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><i>Спеціальні компетентності:</i></p> <p>СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ. СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем у галузі фізики та/або астрономії. СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опановувати знання та навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.</p> <p><i>Програмні результати навчання</i> (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</p> <p>РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної та експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем. РН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень. РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів. РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій у галузі фізики та/або астрономії. РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі</p>

	природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження
<b>Ключові слова</b>	термодинамічна системи; фазові переходи; статистичні ансамблі; ідеальні квантові гази; броунівський рух; кінетичні коефіцієнти; кінетичні функції розподілу
<b>Формат курсу</b>	Очний
	проведення лекцій, практичних занять та консультації для засвоєння предмету
<b>Теми</b>	1. Основні положення та методи термодинаміки 2. Фазові переходи 3. Основні поняття та принципи статистичної механіки 4. Квантові гази 5. Теорія флюктуацій 6. Термодинамічний опис необоротних процесів 7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит у кінці семестру Форма: письмово-усний
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують знань із таких дисциплін: математичний аналіз, класична та квантова механіка, електродинаміка.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Лекції, розв'язування задач на дошці. Передбачено ілюстрування лекційного матеріалу схемами та рисунками.
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальновживані комп'ютерні програми й операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окрім для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-балльною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>робота на практичних заняттях під час семестру, 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 20;</li> <li>контрольні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів — 30;</li> <li>поточний контроль на кінець другого семестру: <math>(CO_1+CO_2)/2</math>, де CO1 та CO2 — бали за перший та другий семестри, відповідно; максимальна кількість балів — 50;</li> <li>результати іспиту: 50% оцінки; максимальна кількість балів — 50;</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів — 100.</p> <p><b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконують дві контрольні роботи.</p> <p><b>Академічна добросердість:</b> Очікується, що контрольні роботи студентів будуть оригінальними. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недобросердісті. Виявлення ознак академічної недобросердісті в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів plagiatu чи обману.</p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти</p>

	<p>мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали, набрані за роботу на практичних заняттях, контрольних роботах та на іспиті. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та plagiat; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної добросердісті не толеруються.</p>
<b>Орієнтовний перелік питань на іспит</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Термодинамічні системи. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні та нерівноважні процеси.</li> <li>2. Внутрішня енергія термодинамічної системи, робота, теплота. Термічне і калоричне рівняння стану.</li> <li>3. Перше начало термодинаміки. Теплоємності.</li> <li>4. Вихідне формулювання другого начала термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси.</li> <li>5. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівнянням стану.</li> <li>6. Третє начало термодинаміки. Недосяжність абсолютноного нуля температури.</li> <li>7. Умови рівноваги у багатофазній багатокомпонентній системі, правило фаз Гіббса.</li> <li>8. Класифікація Еренфеста фазових переходів. Фазові переходи першого роду, рівняння Клапейрона–Клаузіуса.</li> <li>9. Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля.</li> <li>10. Опис стану системи багатьох частинок в класичній і квантовій механіці, поняття мікростану системи багатьох частинок.</li> <li>11. Статистичні ансамблі. Усереднення за часом і за статистичним ансамблем.</li> <li>12. Мікроканонічний ансамбль, термодинамічні функції мікроканонічного ансамблю.</li> <li>13. Канонічний ансамбль, термодинамічні функції канонічного ансамблю.</li> <li>14. Великий канонічний ансамбль, термодинамічні функції великого канонічного ансамблю.</li> <li>15. Термодинамічна еквівалентність ансамблів. Статистичний оператор.</li> <li>16. Умова класичності системи багатьох частинок, температура</li> </ol>

	<p>виродження. Типи систем і взаємодій.</p> <p>17. Термодинамічні функції сильно виродженого фермі–газу.</p> <p>18. Термодинамічні функції сильно виродженого бозе–газу нижче температури конденсації.</p> <p>19. Рівноважне випромінювання: формула Планка, закон зміщення Віна, закон Стефана–Больцмана.</p> <p>20. Напівтермодинамічна теорія флюктуацій: флюктуації в мікроканонічному ансамблі, флюктуації в канонічному ансамблі.</p> <p>21. Властивості кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онсагера для кінетичних коефіцієнтів.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1  
Схема курсу «Термодинаміка і статистична фізика»\

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1. Основи термодинаміки</b>			
1	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Основні етапи розвитку термодинаміки і статистичної фізики. Термодинамічні системи. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні та нерівноважні процеси.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
1-2	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Внутрішня енергія термодинамічної системи, робота, теплота. Термічне і калоричне рівняння стану. Перше начало термодинаміки. Теплоємності. Основні термодинамічні процеси та їх рівняння.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
2	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Вихідне формулування другого начала термодинаміки. Оборотні та необоротні процеси. Ентропія і термодинамічна температура. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів. Зв'язок між термічним і калоричним рівнянням стану.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
3	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії. Нерівність Клаузіуса. Цикл Карно і теореми Карно.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
3-4	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Третє начало термоди-	Лекції — 2 год, практичні — 2 год,	1 тиждень

	наміки. Недосяжність абсолютноного нуля температури. Метод термодинамічних потенціалів. Рівняння Гіббса-Гельмгольца. Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.	самостійна робота — 1 год	
4	<b>1. Основні положення та методи термодинаміки.</b> Термодинамічні потенціали систем зі змінною кількістю частинок. Термодинаміка діелектриків і магнетиків.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
5	<b>2. Фазові переходи.</b> Умови рівновага термодинамічних систем. Фази і компоненти. Умови рівноваги у багатофазній багатокомпонентній системі, правило фаз Гіббса. Термодинамічні нерівності. Принцип Ле Шательє.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
5-6	<b>2. Фазові переходи.</b> Класифікація Еренфеста фазових переходів. Фазові переходи першого роду, рівняння Клапейрона–Клаузіуса. Правило Максвела для фазових переходів першого роду. Фазові переходи другого роду, рівняння Еренфеста. Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля. Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду. Поверхневі явища. Критичні явища.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
6	<b>2. Фазові переходи.</b> Фазові переходи другого роду, рівняння Еренфеста. Фазовий перехід у надпровідний стан у відсутності та при наявності магнітного поля. Напівфеноменологічна теорія Ландау фазових переходів другого роду. Поверхневі явища. Критичні явища.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
<b>Змістовий модуль 2. Статистична фізика рівноважних систем</b>			
7	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Опис стану системи багатьох частинок в класичній і квантовій механіці, поняття мікростану системи багатьох частинок.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
7-8	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Статистичні ансамблі. Усереднення за часом і за статистичним ансамблем. Ентропія в статистичній фізиці.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень

8	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Мікроканонічний ансамбль, термодинамічні функції мікроканонічного ансамблю.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
9	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Канонічний ансамбль, термодинамічні функції канонічного ансамблю.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
9-10	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Великий канонічний ансамбль, термодинамічні функції великого канонічного ансамблю. <i>Розподіл Бозе–Айнштайна, Фермі–Дірака, Максвелла–Больцмана для ідеального газу.</i>	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
10	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Термодинамічна еквівалентність ансамблів. Статистичний оператор. Умова класичності системи багатьох частинок, температура виродження. Типи систем і взаємодій.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень
11	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Вільна енергія класичного ідеального газу. Слабо неідеальний класичний газ з нейтральних частинок, віріальний розклад та рівняння Ван дер Ваальса.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
11-12	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності та теорема про віріал. Класична система заряджених частинок, метод Дебая–Хюкеля. Метод кореляційних функцій Боголюбова: означення, середні значення динамічних величин, рівняння для кореляційних функцій, рівняння стану в методі Боголюбова, застосування до розрідженої газу.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 1 год	1 тиждень
12	<b>3. Основні поняття та принципи статистичної механіки.</b> Метод кореляційних функцій Боголюбова: означення, середні значення динамічних величин, рівняння для кореляційних функцій, рівняння стану в методі Боголюбова, застосування до розрідженої газу.	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 0 год	1 тиждень

<b>Змістовий модуль 3. Статистична фізика рівноважних систем (продовження).</b>			
13	<b>4. Кvantovі гази.</b> Ідеальний фермі–газ: властивості розподілу Фермі–Дірака, хімічний потенціал повністю виродженого фермі–газу, термодинамічні функції сильно виродженого фермі–газу. <i>Електронний газ в металах.</i>	Лекції — 2 год, практичні — 2 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
13-14	<b>4. Кvantovі гази.</b> Ідеальний бозе–газ: властивості розподілу Бозе–Айнштайна, температура бозе–конденсації. Термодинамічні функції сильно виродженого бозе–газу нижче температури конденсації.	Лекції — 2 год, практичні — 3 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
14	<b>4. Кvantovі гази.</b> Термодинамічні функції сильно виродженого бозе–газу нижче температури конденсації.	Лекції — 2 год, практичні — 3 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
15	<b>4. Кvantovі гази.</b> Рівноважне випромінювання: формула Планка, закон зміщення Віна, закон Стефана–Больцмана. <i>Термодинамічні функції рівноважного випромінювання.</i>	Лекції — 2 год, практичні — 3 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
15-16	<b>4. Кvantovі гази.</b> Теорія Дебая теплоємності твердих тіл, низькі та високі температури. <i>Термодинамічні функції двохатомних ідеальних газів: характеристичні температури, внесок в термодинамічні функції коливальних ступенів вільності, внесок в термодинамічні функції обертальних ступенів вільності.</i>	Лекції — 2 год, практичні — 3 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
16	<b>4. Кvantovі гази.</b> Системи з обмеженим зверху енергетичним спектром і абсолютно від'ємні температури.	Лекції — 2 год, практичні — 3 год, самостійна робота — 2 год	1 тиждень
<b>Змістовий модуль 4. Термодинаміка необоротних процесів та елементи фізичної кінетики</b>			
1	<b>5. Теорія флюктуацій.</b> Напівфеноменологічна теорія флюктуацій: флюктуації в мікроканонічному ансамблі, флюктуації в канонічному ансамблі. Розподіл Гауса для малих флюктуацій. Флюктуації основних термодинамічних величин. Розсіяння світла на флюктуаціях густини. Застосування канонічного та великого канонічного ансамблів до розрахунку флюктуацій. Флюктуації чисел заповнення для фермі–газу. Флюктуації чисел заповнення для бозе–газу.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 5 год	2 тижні

3	<b>5. Теорія флюктуацій.</b> Випадкові процеси. Рівняння Смолуховського. Рівняння Колмогорова. Кореляція флюктуацій у часі. Теорема Вінера-Хінчина. Теплові шуми. Формула Найквіста. Фізичні характеристики броунівський рух. Середньоквадратичне зміщення броунівської частинки. Броунівський рух і дифузія. Рівняння Айнштайна-Фоккера-Планка. Броунівський рух і молекулярно-кінетична теорія	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 5 год	2 тижні
5	<b>6. Термодинамічний опис необоротних процесів.</b> Необоротні процеси: основні поняття, процес тепlopровідності у твердому тілі, потоки, термодинамічні сили, кінетичні коефіцієнти. Рівняння балансу ентропії. Виробництво ентропії. Властивості кінетичних коефіцієнтів. Співвідношення Онсагера для кінетичних коефіцієнтів. <i>Кінетичні коефіцієнти для дифузії, тепlopровідності, дифузійного переносу тепла та термодифузії.</i>	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 5 год	2 тижні
7	<b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Рівняння Ліувіля у статистичній теорії необоротних процесів. Ланцюжок рівнянь для кінетичних функцій розподілу Боголюбова та фізичні умови його аналізу. Ієрархія масштабів часів і принципи скороченого опису в динамічній теорії Боголюбова.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 5 год	2 тижні
9	<b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Виведення рівняння Больцмана з ланцюжка рівнянь для кінетичних функцій розподілу.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 4 год	2 тижні
11	<b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Властивості інтеграла зіткнень. Інваріанти зіткнень. Рівноважний розв'язок кінетичного рівняння Больцмана. <i>H-теорема Больцмана. Проблема Больцмана.</i> Мікроскопічна оборотність та макроскопічна необоротність.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 2 год	2 тижні

13	<b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Методи розв'язування кінетичного рівняння Больцмана. Кінетичне рівняння у наближенні часу релаксації.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 2 год	2 тижні
15	<b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Застосування кінетичного рівняння у наближенні часу релаксації до явищ електро- та теплопровідності. Електропровідність електронного газу в металах. Теплопровідність електронного газу в металах. Закон Відемана-Франца. Кінетичне рівнення Власова.	Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 2 год	2 тижні