

**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-statystychna-fizyka-napryam-fizyka">https://physics.lnu.edu.ua/course/termodynamika-i-statystychna-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>	<b>Базова:</b> 1. <i>Landau L.D. &amp; Lifschitz E.M.</i> Statistical Physics. – Pergamon Press, 1980. – Vol. 5. 2. <i>Кобилянський В.Б.</i> Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972. 3. <i>Єрмолаєв О.М., Раба Г.І.</i> Вступ до статистичної фізики і термодинаміки. – Харків: ХНУ, 2004. 4. <i>Квасников И. К.</i> Термодинамка и статистическая физика. – М.: МГУ, 1991. –Т.1; 1987. –Т.2. 5. <i>Федорченко А. М.</i> Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика // Теоретична фізика. — К.: Вища школа, 1993. — Т. 2. — 415 с. <b>Допоміжна:</b> 1. <i>Feynman R. P.</i> Statistical Mechanics: A Set Of Lectures. – CRC Press, 1998. 2. <i>Кобилянський В. Б.</i> Методичні вказівки до розв'язування задач з термодинаміки (метод характеристичних функцій). – Львів: ЛДУ, 1985. <b>Інформаційні ресурси:</b> 1. <a href="http://eric.weisstein.com/physics/">Eric Weisstein's World of Physics</a> <a href="http://scienceworld.wolfram.com/physics/">http://scienceworld.wolfram.com/physics/</a> 2. <a href="http://www.wikipedia.org">Wikipedia</a> . <a href="http://www.wikipedia.org">http://www.wikipedia.org</a>
<b>Тривалість курсу</b>	два семестри

<b>Обсяг курсу</b>	180 годин, з яких 128 годин аудиторних занять, з них 64 години 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</p> <p><b>вміти:</b> застосовувати рівняння і співвідношення термодинаміки, рівноважної статистичної фізики та основ необоротних 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> 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> 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 (ПРН), на досягнення яких спрямоване вивчення курсу:</i> 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, загальноживані комп'ютерні програми й операційні системи, проектор
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням: <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>(CO1+CO2)/2</math>, де <math>CO1</math> та <math>CO2</math> — бали за перший та другий семестри, відповідно; максимальна кількість балів — 50;</li> <li>• результати іспиту: 50% оцінки; максимальна кількість балів — 50;</li> </ul> Підсумкова максимальна кількість балів — 100.  <b>Письмові роботи:</b> Очікується, що студенти виконають дві контрольні роботи.  <b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що контрольні роботи студентів будуть оригінальними. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.  <b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти

	<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 література, 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 запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Орієнтовний перелік питань на іспит</b></p>	<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 абсолютного 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 мікροканонічному 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 формулювання 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 абсолютного 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 рівноваги 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><i>Змістовий модуль 2. Статистична фізика рівноважних систем</i></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> Мікροканонічний ансамбль, термодинамічні функції мікροканонічного 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>Розподіли 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> <i>Вільна енергія класичного ідеального газу. Слабо неідеальний класичний газ з нейтральних частинок, віріальний розклад та рівняння Ван дер Ваальса.</i>	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. <i>Класична система заряджених частинок, метод Дебая–Хюккеля.</i> Метод кореляційних функцій Боголюбова: означення, середні значення динамічних величин, рівняння для кореляційних функцій, рівняння стану в методі Боголюбова, застосування до розрідженого 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 розрідженого 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. Квантові 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. Квантові гази.</b> Ідеальний бозе-газ: властивості розподілу Бозе-Айнштейна, 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. Квантові 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. Квантові 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. Квантові 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. Квантові гази.</b> Системи з обмеженим зверху енергетичним спектром і абсолютні 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> <i>Випадкові процеси. Рівняння Смолуховського. Рівняння Колмогорова. Кореляція флюктуацій у часі. Теорема Вінера-Хінчина. Теплові шуми. Формула Найквіста.</i> Фізичні характеристики броунівський руху. 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 теплопровідності 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, теплопровідності, дифузійного перносу 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 Ліувілля 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	<p><b>7. Метод Боголюбова в теорії нерівноважних процесів. Кінетичні рівняння.</b> Методи розв'язування кінетичного рівняння Больцмана. Кінетичне рівняння у наближенні часу релаксації.</p>	<p>Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 2 год</p>	<p>2 тижні</p>
15	<p><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 рівняння Власова.</p>	<p>Лекції — 2 год, практичні — 4 год, самостійна робота — 2 год</p>	<p>2 тижні</p>