



**ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА. ЧАСТИНА 6. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА ТА
ТЕРМОДИНАМІКА В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ /**

**THEORETICAL PHYSICS. PART 6. STATISTICAL PHYSICS AND
THERMODYNAMICS IN COMPLEX SYSTEMS**

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика та астрономія</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерне моделювання фізичних процесів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР/ІСЗ</i>
Розклад занять	<i>Час і місце проведення аудиторних занять викладені на сайті http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.ф.-м.н., проф. . Русаков Володимир Федорович, v.rusakov@kpi.ua +38 0950328021 Практичні заняття: д.ф.-м.н., проф. . Русаков Володимир Федорович, v.rusakov@kpi.ua +38 0950328021</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського https://ecampus.kpi.ua методичне забезпечення до кредитного модуля «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах»</i>

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета навчальної дисципліни – формування та закріплення у здобувачів компетентностей, навичок та вмінь розв’язання складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов з використанням апарату статистичної фізики та термодинаміки.

Предмет навчальної дисципліни – закони, методи та засоби статистичної фізики та термодинаміки як складові процесу фізичних досліджень.

Дисципліна «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах / Theoretical physics. Part 6. Statistical physics and thermodynamics in complex systems» є другим кредитним модулем дисципліни «Статистична фізика та термодинаміка / Statistical Physics and Thermodynamics», належить до циклу дисциплін професійної підготовки і вивчається студентами у 8-му семестрі навчання за спеціальністю 104 Фізика та астрономія. Ця дисципліна є однією зі складових курсу теоретичної фізики, який є невід’ємною частиною класичної програми підготовки фахівців в області фізики, і спрямована на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно процесів, явищ та законів статистичної фізики та термодинаміки, розкриває основи однієї з найпоширеніших галузей сучасної фізики, яка є базою для створення функціональних матеріалів та приладів науки та техніки. Зокрема,

ЗДАТНІСТЬ:

- опановувати основні положення статистичної фізики та термодинаміки;*
- використовувати основи статистичної фізики та термодинаміки для описання явищ термодинамічної природи у різних системах;*
- використовувати закони статистичної фізики та термодинаміки для описання стану твердих, рідких та газоподібних речовин;*
- застосовувати апарат статистичної фізики та термодинаміки для дослідження квантових характеристик термодинамічних систем;*
- описувати та досліджувати процеси у різноманітних статистичних і термодинамічних системах.*

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- концептуальних підходів статистичної фізики та термодинаміки до вивчення фізичних явищ а також основних його принципів і законів та їх математичного вигляду;*
- основ формалізму статистичної фізики та термодинаміки;*
- основних фізичних явищ, що відносяться до даного розділу фізики, з методами їх спостереження і експериментального дослідження;*
- меж застосування фізичних моделей і теорії;*
- методик розв’язання задач зі статистичної фізики та термодинаміки;*

УМІННЯ:

- аналізувати навчальну та навчально-методичну літературу, використовувати її в навчальному процесі;*
- будувати математичні моделі явищ, що описуються термодинамікою та статистичною фізикою;*

- визначати оптимальну методику розв'язання задач та постановки дослідів зі статистичної фізики та термодинаміки;
- використовувати викладену в рамках даної дисципліни теорію для розв'язку конкретних фізичних задач;
- правильно відтворювати фізичні ідеї, кількісно формулювати і розв'язувати фізичні задачі за тематикою даного розділу фізики, оцінювати порядок фізичних величин;
- визначати необхідні для розв'язання задач допоміжні параметри;
- аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв'язання задач;
- знаходити зв'язки та робити граничні переходи від отриманих результатів до відомих даних, отриманих з більш простих моделей;
- викладати матеріал логічно та послідовно.

Результати навчання

Компетентності / Competencies:

ЗК 01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу / Ability to abstract thinking, analysis and synthesis.

ЗК 02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях / Ability to apply knowledge in practical situations.

ЗК 05. Здатність приймати обґрунтовані рішення / Ability to make informed decisions.

ЗК 09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків / The determination and persistence in relation to assigned tasks and assumed responsibilities.

ФК 01. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії / Knowledge and understanding of the theoretical and experimental basis of modern physics and astronomy.

ФК 02. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів / The ability to use in practice basic knowledge of mathematics as a mathematical apparatus of physics and astronomy in the study and research of physical and astronomical phenomena and processes.

ФК 03. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів / The ability to evaluate the order of magnitude in different studies, as well as the precision and significance of the results.

ФК 06. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси / Ability to model physical systems and astronomical phenomena and processes.

ФК 07. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту / The ability to use basic knowledge of physics and astronomy to understand the structure and behavior of natural and artificial objects, the laws of existence and evolution of the universe.

ФК 09. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації / The ability to work with the sources of scientific and educational information.

ФК 10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей / The ability to independently learn and acquire new knowledge in physics, astronomy and related fields.

ФК 11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю / A developed sense of personal responsibility for the reliability of research results and adherence to the principles of academic integrity, together with professional flexibility.

ФК 13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук / Orientation on the highest scientific standards – awareness of fundamental discoveries and theories that significantly influenced the development of physics, astronomy and other natural sciences.

ФК 14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту / The ability to acquire additional competencies through selective components of the educational program, self-education, nonformal and informal education.

Програмні результати навчання / Programme learning outcomes:

ПРН 01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії / To know, understand and be able to apply at the main provisions of general and theoretical physics, in particular, classical, relativistic and quantum mechanics, molecular physics and thermodynamics, electromagnetism, wave and quantum optics, atomic and nuclear physics for establishing, analyzing, interpreting, explaining and classification of the essence and mechanisms of various physical phenomena and processes for solving complex specialized problems and practical problems in physics and/or astronomy.

ПРН 02. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них / To know and understand the physical foundations of astronomical phenomena: to analyze, interpret, explain and classify the structure and evolution of astronomical objects of the universe (planets, stars, planetary systems, galaxies, etc.), as well as the main physical processes that occur in them.

ПРН 03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій / Know and understand the experimental foundations of physics: analyze, describe, interpret and explain the main experimental support of existing physical theories.

ПРН 04. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії / To know the main current problems of modern physics and astronomy. To assess the impact of recent discoveries on the development of modern physics and astronomy.

ПРН 05. Знати, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації / Understand, analyze and explain new scientific results obtained in the course of physical and astronomical research in accordance with specialization.

ПРН 11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки / Be able to organize, interpret and summarize the obtained scientific and practical results, draw conclusions.

ПРН 16. Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних та астрономічних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів / To have the skills to work with modern computer technology, to be able to use standard packages of application programs and to program at a level sufficient for the implementation of numerical methods for solving physical problems, computer modeling of physical and astronomical phenomena and processes, and performing computational experiments.

ПРН 18. Вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань / Be able to find the necessary information in printed and electronic sources, analyze, systematize, understand, interpret and use it to solve scientific and applied problems.

ПРН 19. Вміти пояснити місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство, у розвитку суспільства, техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду / Be able to explain the place of physics and astronomy in the general system of knowledge about nature and society, in the development of society, technology and engineering, and in the formation of a modern scientific worldview.

ПРН 20. Володіти державною та іноземною мовами на рівні, достатньому для усного і письмового професійного спілкування та презентації результатів власних досліджень / Speak on state and foreign languages at a level sufficient for oral and written professional communication and presentation of the results of own research.

ПРН 21. Вміти самостійно приймати рішення стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку / To have the skills of independent decisionmaking regarding one's educational trajectory and professional development.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за освітньою програмою)

Вивчення даного кредитного модуля базується на дисциплінах «Теоретична фізика. Частина 5. Основні принципи статистичної фізики та термодинаміки / Theoretical physics. Part 5. Basic principles of statistical physics and thermodynamics», «Квантова механіка. Частина 2. Квантова електродинаміка / Quantum Mechanics. Part 2. Quantum Electrodynamics». Знання, отримані студентами з курсу «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах / Theoretical physics. Part 6. Statistical physics and thermodynamics in complex systems» використовуються в процесі навчання на наступних рівнях вищої освіти і у подальшій практичній діяльності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно розділена на 4 розділи:

Розділ 5. Розподіли Фермі та Бозе.

Тема 5.1. Розподіли Фермі та Бозе. Термодинамічний потенціал підсистеми із конкретними значеннями енергії.

Тема 5.2. Статистика Бозе-Ейнштейна. Фермі- та Бозе-гази елементарних частинок.

Тема 5.3. Вироджений електронний газ. Теплоємність виродженого електронного газу.

Тема 5.4. Магнетизм електронного газу.

Тема 5.5. Релятивістський вироджений Бозе-газ. Вироджений Бозе-газ.

Контрольна робота з розділу 5

Розділ 6. Випромінювання.

Тема 6.1. Чорне випромінювання. Вільна енергія. Закон Больцмана. Рівняння адіабати.

Тема 6.2. Закон Кірхгофа для абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана.

Розділ 7. Неідеальні гази. Тверде тіло. Рівновага фаз. Розчини. Хімічні реакції.

Тема 7.1. Неідеальні гази.

Тема 7.2. Умови рівноваги фаз.

Тема 7.3. Розчини. Правило фаз Гіббса. Слабкі розчини. Співдотичні фази розчинів.

Тема 7.4. Термодинаміка хімічних реакцій. Закон діючих мас.

Контрольна робота з розділів 6-7.

Розділ 8. Флуктуації.

Тема 8.1. Розподіл Гаусса для флуктуацій. Розподіл Гаусса для флуктуацій декількох термодинамічних величин.

Тема 8.2. Флуктуації термодинамічних величин. Формула для ймовірності.

Тема 8.3. Середні квадрати флуктуацій температури та об'єму. Середні квадрати флуктуацій ентропії та тиску. Середній квадрат флуктуацій числа частинок. Симетрія кінетичних коефіцієнтів. Принцип Онзагера.

ІСЗ з розділів 5-8.

Підготовка до екзамену

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. *Statistical Physics, Part 1*, Elsevier, 2013.
2. Решетняк С. О., Русаков В. Ф. *Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка. Основні принципи статистики та термодинаміки* [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 136 с.
3. Решетняк С. О., Русаков В. Ф. *Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка. Статистика та термодинаміка в складних системах* [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 124 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/fa47ed1b-0326-456d-94cb-0ae9c4b12524/content>
4. Русаков В.Ф., Русакова Н.М. *Курс загальної фізики. Молекулярна фізика і термодинаміка: навчальний посібник*. Вінниця: ДонНУ ім Василя Стуса, 2020. – Частина II. – 109с.
5. Русаков В.Ф. *Молекулярна фізика: Частина I*. Вінниця: ДонНУ, 2019. – 66 с.

Додаткова література:

6. Русаков В. Ф., Пицюга В.Г., Іванова І.М. *Загальна фізика. Фізика атома. Розв'язання задач*. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» /– Електронні текстові данні– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47500>
7. Федорченко А.М. *Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика*. Ч.4. К.:Вища школа, 1993. – 451 с.

8. Решетняк С.О. Теоретична фізика. Електродинаміка: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» / С.О. Решетняк. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.
 9. Кобушкін, О. П. Атомна фізика [Електронний ресурс] : [підручник]; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 310 с.
 10. Ермолаєв О.М., Рашба Г.І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки: Навчальний посібник. – Х.: ХНУ, 2004. – 516 с.
 11. Дацюк В.В., Ледней М.Ф., Пінкевич І.П. Термодинаміка і статистична фізика : збір. задач для студ. фіз. ф-ту. -- К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012.- 80 с.
 12. Kubo R. Statistical mechanics. An Advanced Course with Problems and Solutions. Elsevier Science Publishers B.V., 1988. – 434 p.
 13. Feynman R. P. Statistical mechanics. A set of lectures. California. 1972. – 407 p.
 14. Петрина Д.Я. Математические основы квантовой статистической механики. Киев. 1995.
 15. Дудик М.В. Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій): Навчальний посібник. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 132 с.
 16. Мороз І. О., Завражна О. М. Основи статистичної термодинаміки та елементи нанотермодинаміки. Практичні заняття зі статистичної фізики та термодинаміки. Частина 1 : навчальний посібник. – Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 240 с.
 17. Волчанський О.В., Гур'євська О.М., Подопрізгора Н.В. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник: [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.] Кіровоград: ТОВ «Сабоніт», 2012. – 431 с.
 18. В.Г. Таран. Навчальний посібник «Термодинаміка та статистична фізика» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності: 104 «Фізика та астрономія». м. Кам'янське, 2019 р. – 131 с.
- Усі наведені джерела є у вільному доступі.

Інформаційні ресурси:

1. Електронний кампус «КПІ ім. Ігоря Сікорського», методичне забезпечення до кредитного модуля «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах / Theoretical physics. Part 6. Statistical physics and thermodynamics in complex systems».
2. Платформа «Сікорський», дистанційний курс «Статистична фізика та термодинаміка», код курсу xkhdrkv.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни

Навчальна частина дисципліни складається з лекційного матеріалу, практичних занять та контрольних заходів у вигляді МКР та ІСЗ. При викладанні дисципліни рекомендується побудувати ознайомлення студентів з предметом таким чином, щоб вони не тільки отримували ту чи іншу інформацію стосовно курсу, який вивчається, але й відчували зв'язок між різними темами кредитного модуля, а також місце модуля серед інших фізичних дисциплін. Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни є студентоцентрованим, тобто визначається як комунікативно-когнітивний та професійно-орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться студент – суб'єкт навчання і майбутній фахівець.

Лекційні заняття:

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
1.	Розділ 5, тема 5.1. Лекція 1. Розподіли Фермі та Бозе. Термодинамічний потенціал підсистеми із конкретними значеннями енергії. [1], § 53.
2.	Розділ 5, тема 5.2. Лекція 2. Статистика Бозе-Ейнштейна. [1], § 54.
3.	Розділ 5, тема 5.2. Лекція 3. Фермі- та Бозе-гази елементарних частинок. [1], § 56.
4.	Розділ 5, тема 5.3. Лекція 4. Вироджений електронний газ. Теплоємність виродженого електронного газу [1], § 57, 58.
5.	Розділ 5, тема 5.4. Лекція 5. Магнетизм електронного газу. [1], § 59-60
6.	Розділ 5, тема 5.5. Лекція 6. Релятивістський вироджений Бозе-газ. Вироджений Бозе-газ. [1], § 61, 62.
7.	Розділ 6, тема 6.1. Лекція 7. Чорне випромінювання. Вільна енергія. Закон Больцмана. Рівняння адиабати. [1], § 63.
8.	Розділ 6, Тема 6.2. Лекція 8. Закон Кірхгофа для абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана. [1], § 63.
9.	Розділ 7. Тема 7.1. Лекція 9. Неідеальні гази. [1], § 74-76.
10.	Розділ 7, тема 7.3. Лекція 10. Умови рівноваги фаз. [1], § 81-84.
11.	Розділ 7, тема 7.4–7.5. Лекція 11. Розчини. Правило фаз Гіббса. Слабкі розчини. Співдотичні фази розчинів. Термодинаміка хімічних реакцій. Закон діючих мас. [1], § 85-90, 96-97, 101-102.
12.	Розділ 8, тема 8.1. Лекція 12. Розподіл Гауса для флуктуацій. Розподіл Гаусса для флуктуацій декількох термодинамічних величин. [1], § 110-111.
13.	Розділ 8, тема 8.2–8.3. Лекція 13. Флуктуації термодинамічних величин. Формула для ймовірності. Середні квадрати флуктуацій температури та об'єму. Середні квадрати флуктуацій ентропії та тиску. Середній квадрат флуктуацій числа частинок. Симетрія кінетичних коефіцієнтів. Принцип Онзагера. [1], § 112, 120.

Практичні заняття:

№	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Розділ 3, тема 3.1. Заняття 1. Статистична сума.
2.	Розділ 3, тема 3.1. Заняття 2. Статистична сума та термодинамічні характеристики систем багатьох частинок.
3.	Розділ 5, теми 5.1-5.2. Заняття 3. Розподіл Фермі. Фермі-гази елементарних частинок.
4.	Розділ 5, теми 5.1-5.2. Заняття 4. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Бозе-гази елементарних частинок.
5.	Розділ 5, тема 5.3. Заняття 5. Вироджений електронний газ. Теплоємність виродженого електронного газу.
6.	Розділ 6, теми 6.1-6.2. Заняття 6. Чорне випромінювання. Вільна енергія. Закон Больцмана. Рівняння адіабати. Закон Кірхгофа для абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана. Розподіл Гаусса для флуктуацій.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	11
2	Підготовка до МКР	4
3	Підготовка до ІСЗ	6
4	Підготовка до екзамену	30

Індивідуальні завдання

Метою індивідуальних семестрових завдань є закріплення навичок розв'язання практичних задач та удосконалення здатностей самостійного опанування матеріалу із термодинаміки та статистичної фізики.

Тематика індивідуальних завдань для ІСЗ:

1.	Розподіли Фермі та Бозе.
2.	Термодинамічний потенціал підсистеми із конкретними значеннями енергії.
3.	Статистика Бозе-Ейнштейна.
4.	Фермі- та Бозе-гази елементарних частинок.
5.	Вироджений електронний газ.
6.	Теплоємність виродженого електронного газу.
7.	Магнетизм електронного газу.
8.	Релятивістський вироджений Бозе-газ.
9.	Вироджений Бозе-газ.

10.	Чорне випромінювання. Формули Планка, Вина, Релея-Джинса. Закон зміщення Вина.
11.	Чорне випромінювання. Вільна енергія. Закон Больцмана. Рівняння адиабати.
12.	Чорне випромінювання. Закон Кірхгофа для абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана.
13.	Неідеальні гази.
14.	Рівновага фаз.
15.	Розчини.
16.	Правило фаз Гіббса.
17.	Термодинаміка хімічних реакцій.
18.	Закон діючих мас.
19.	Слабкі розчини.
20.	Співдотичні фази розчинів.
21.	Розподіл Гауса для флуктуацій.
22.	Розподіл Гауса для флуктуацій декількох термодинамічних величин.
23.	Флуктуації термодинамічних величин. Формула для ймовірності.
24.	Середні квадрати флуктуацій температури та об'єму.
25.	Середні квадрати флуктуацій ентропії та тиску.
26.	Середній квадрат флуктуацій числа частинок.
27.	Симетрія кінетичних коефіцієнтів. Принцип Онзагера.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять:** відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на практичних заняттях.
- **правила поведінки на заняттях:** студент має слушно виконувати вказівки викладача щодо роботи на занятті, поводитися стримано й чемно та не заважати іншим студентам і викладачу. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- **політика дедлайнів та перескладань:** якщо студент не проходив або не з'явився на контрольну роботу (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Успішним вважається виконання контрольної роботи, якщо студент отримав за неї не менш, ніж 50% від максимальної кількості балів. У випадку пропуску контрольної роботи без поважної причини або неуспішної здачі контрольної роботи перескладання контрольної роботи здійснюється за узгодженням з викладачем, при цьому максимальна оцінка, яку студент може отримати за контрольну роботу, зменшується на 2 бали по відношенню до вчасної здачі контрольної роботи і на 4 бали по відношенню до вчасної здачі ІСЗ;
- **політика щодо академічної доброчесності:** Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і

навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах / Theoretical Physics. Part 6. Statistical Physics and Thermodynamics in Complex Systems» ;

- **при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем** (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: МКР, ІСЗ, ДЗ.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: успішне виконання ІСЗ, усіх контрольних робіт і домашніх завдань.

На першому занятті студенти ознайомлюються з рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 балів складає стартова шкала і 40 балів екзаменаційна оцінка.

Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- 1) дві контрольні роботи (МКР поділяється на 2 контрольних роботи тривалістю по 1 акад. годині);
- 2) ІСЗ;
- 3) ДЗ.

2. Критерії нарахування балів за МКР, ІСЗ та ДЗ:

а) МКР:

ваговий бал – 13 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює

13балів x 2 = 26 балів. Критерії оцінювання:

творча робота - 11– 13 балів;

роботу виконано з незначними недоліками - 9 – 10 балів;

роботу виконано з певними помилками - 7 – 8 балів;

роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) - 0-6 бали;

б) ІСЗ:

ваговий бал – 28 балів. Критерії оцінювання:

творча робота

- 25– 28 балів;

роботу виконано з незначними недоліками

- 19 –24 балів;

роботу виконано з певними помилками

- 14 –18 балів;

роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0–13 балів;

в) домашні завдання:

якісне і своєчасне виконання усіх ДЗ – 6 балів. (За невчасно виконане ДЗ бали не

нараховуються).

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 8 балів та успішне виконання усіх контрольних робіт і домашніх завдань на час атестації.

Умовою другої атестації – отримання не менше 20 балів, виконання ІСЗ, усіх контрольних робіт і домашніх завдань на час атестації.

4. Семестровий контроль – екзамен.

На екзамені студенти готують короткі письмові розрахунки та дають усну відповідь. Кожне завдання містить два теоретичних запитання. Кожне запитання в білеті оцінюється у 20 балів.

Екзаменаційна робота оцінюється за такими критеріями:

– повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв’язування завдань) – 40-35 балів;

– достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 34-30 балів;

– неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 29-24 бали;

– відповідь не відповідає умовам попереднього пункту – 0 балів.

Для об’єктивної оцінки знань студента викладач має право ставити додаткові питання з програми курсу, які не містяться в білеті і проводити співбесіду за результатами виконання МКР, ІСЗ, ДЗ.

5. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни

- Перелік запитань наведено в Електронному кампусі КПІ ім. Ігоря Сікорського та в папці курсу на платформі «Сікорський».
- Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 ВІД 01.10.2020 р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склали: завідувач кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф. Решетняк С.О., професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф. Русаков В.Ф.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол засідання кафедри № 6 від 02.06.2026 р.).

Погоджено Методичною комісією фізико-математичного факультету (протокол №11 від 26.06.2026 р.)