



**ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА. ЧАСТИНА 5. ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ
СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ ТА ТЕРМОДИНАМІКИ /**

**THEORETICAL PHYSICS. PART 5. BASIC PRINCIPLES OF STATISTICAL
PHYSICS AND THERMODYNAMICS**

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, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4.5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР/ДКР</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://.campus.kpi.ua</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 5. Основні принципи статистичної фізики та термодинаміки / Theoretical physics. Part 5. Basic principles of statistical physics and thermodynamics» належить до циклу дисциплін професійної підготовки і вивчається студентами в 7-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 спеціалістів в області фізики, і спрямована на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно процесів, явищ та законів статистичної фізики та термодинаміки. Зокрема,

ЗДАТНІСТЬ:

- опановувати основні положення статистичної фізики та термодинаміки;
- використовувати основи статистичної фізики та термодинаміки для описання явищ термодинамічної природи у різних системах;
- застосовувати апарат статистичної фізики та термодинаміки для дослідження молекулярних 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;
- основ формалізму статистичної фізики та термодинаміки;
- основ застосування статистичних розподілів для опису як класичних, так і квантових систем;
- основ застосування термодинамічних потенціалів для опису термодинамічних систем;
- основних закономірностей поведінки систем великої кількості частинок у класичному і квантовому випадках;
- методик розв'язання задач зі статистичної фізики та термодинаміки;

УМІННЯ:

- аналізувати навчальну та навчально-методичну літературу, використовувати її в навчальному процесі;
- складати математичні моделі задач статистичної фізики та термодинаміки;
- визначати оптимальну методику розв'язання задач та постановки дослідів зі статистичної фізики та термодинаміки;
- 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 на базовому рівні 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 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 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 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 відповідною освітньою програмою)

Вивчення даного кредитного модуля базується на дисциплінах: «Диференціальні та інтегральні рівняння / *Differential and Integral Equations*», «Загальна фізика. Частина 2. Молекулярна фізика / *General Physics. Part 2. Molecular Physics*», «Квантова механіка. Частина 1. Нерелятивістська квантова механіка / *Quantum Mechanics. Part 1. Non-Relativistic Quantum Mechanics*». Знання, отримані студентами з курсу «Теоретична фізика. Частина 5. Основні принципи статистичної фізики та термодинаміки / *Theoretical physics. Part 5. Basic principles of statistical physics and thermodynamics*» використовуються у курсі «Теоретична фізика. Частина 6. Статистична фізика та термодинаміка в складних системах / *Theoretical physics. Part 6. Statistical physics and thermodynamics in complex systems*».

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно розділена на 4 розділи:

Розділ 1. Основні принципи статистики.

Тема 1.1. Функція статистичного розподілу. Статистична незалежність.

Тема 1.2. Теорема Ліувілля. Інтеграли руху E , P , M .

Тема 1.3. Статистична матриця. Чисті і змішані стани. Статистична матриця для квантовомеханічних систем. Властивості статистичної матриці. Густина рівнів енергетичного спектру макроскопічної системи.

Тема 1.4. Ентропія. Мікроканонічний розподіл. Вираз ентропії через статистичну матрицю. Закон зростання ентропії. Поняття про термостат.

Розділ 2. Термодинамічні величини.

Тема 2.1. Температура. Властивості температури. Адіабатичний процес.

Тема 2.2. Тиск. Властивості тиску. Робота та кількість тепла. Термодинамічні потенціали.

Тема 2.3. Перетворення термодинамічних величин. Термодинамічна шкала температур. Процес Джоуля-Томсона.

Тема 2.4. Максимальна робота, яку може виконати система. Цикл Карно. Максимальна робота для тіла, яке взаємодіє з зовнішнім середовищем.

Тема 2.5. Термодинамічні нерівності. Метастабільні стани. Принцип Ле-Шательє. Теорема Нернста.

Тема 2.6. Системи зі змінним числом часток. Хімічний потенціал. Термодинамічний потенціал Ω .

Тема 2.7. Рівновага системи у зовнішньому полі.

Розділ 3. Розподіл Гіббса.

Тема 3.1. Розподіл Гіббса. Властивості розподілу Гіббса. Розподіл Максвелла.

Тема 3.2. Вільна енергія в розподілі Гіббса. Термодинамічна теорія збурень числа заповнення.

Тема 3.3. Розподіл Гіббса зі змінним числом часток. Велика статистична сума. Перехід до класичної статистики.

Тема 3.4. Розрахунок термодинамічних величин з розподілу Гіббса.

Розділ 4. Ідеальний газ.

Тема 4.1. Розподіл Больцмана. Розподіл Больцмана в класичній статистиці. Барометрична формула.

Тема 4.2. Рівняння стану ідеального газу. Ідеальний газ з постійною теплоємністю.

Тема 4.3. Закон рівнорозподілу. Ергодична гіпотеза.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Landau L.D., Lifshitz E.M. *Statistical Physics, Part 1*, Elsevier, 2013.
2. Решетняк С. О., В. Ф. Русаков. *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» /— Електронні текстові данні (1 файл: 1,8 Мбайт).* — Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. — 136 с.
3. Русаков В.Ф., Русакова Н.М. *Курс загальної фізики. Молекулярна фізика і термодинаміка: навчальний посібник.* Вінниця: ДонНУ ім Василя Стуса, 2020. — Частина II. — 109с.
4. Русаков В.Ф. *Молекулярна фізика: Частина I.* Вінниця: ДонНУ, 2019. — 66 с.
5. Федорченко А.М. *Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. Ч.4.* КВШ. 1993.

Додаткова література:

6. Ермолаєв О.М., Рашба Г.І. *Вступ до статистичної фізики і термодинаміки: Навчальний посібник.* — Х.: ХНУ, 2004. — 516 с.
7. 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.*
8. Kubo R. *Statistical mechanics. An Advanced Course with Problems and Solutions.* Elsevier Science Publishers B.V., 1988. — 434 p.
9. Feynman R. P. *Statistical mechanics. A set of lectures.* California. 1972. — 407 p.

10. Герасимов О. І., Кудашкіна Л. С. *Додаткові глави статистичної фізики: Курс лекцій*. ОДЕКУ, Одеса, 2017.
11. Волчанський О.В., Гур'євська О.М., Подопрігора Н.В. *Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник: [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]* Кіровоград: ТОВ «Сабоніт», 2012. – 431 с.
12. Решетняк С.О. *Теоретична фізика. Електродинаміка: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»*. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 196 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48303>
13. 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.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/26381>
14. Дінжос Р. В., Махровський В. М. *«Загальний курс фізики. Атомна і ядерна фізика»*. Навчально-методичний посібник. – Миколаїв: Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського, 2022. – 457 с
15. 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.
16. Дудик М.В. *Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій): Навчальний посібник*. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 132 с.
17. Moore C. C. *Ergodic theorem, ergodic theory, and statistical mechanics //Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2015. – Т. 112. – №. 7. – С. 1907-1911.
18. 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.

Усі наведені джерела є у вільному доступі.

Інформаційні ресурси:

1. Електронний кампус «КПІ ім. Ігоря Сікорського», методичне забезпечення до кредитного модуля «Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка - 1. Основні принципи статистики та термодинаміки».
2. Платформа «Сікорський», дистанційний курс «Статистична фізика та термодинаміка», код курсу xkhdrkv.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни

Навчальна частина дисципліни складається з лекційного матеріалу, практичних занять та контрольних заходів у вигляді МКР та ДКР. При викладанні дисципліни ознайомлення студентів з предметом будується 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 та завдання на СРС)
1.	Розділ 1, тема 1.1. Лекція 1. Функція статистичного розподілу. Статистична незалежність. [1], § 1-2.
2.	Розділ 1, тема 1.2. Лекція 2. Теорема Ліувілля. Інтеграли руху E , P , M . [1], § 3-4.
3.	Розділ 1, тема 1.3. Лекція 3. Статистична матриця. Чисті і змішані стани. Статистична матриця для квантовомеханічних систем. Властивості статистичної матриці. Густина рівнів енергетичного спектру макроскопічної системи. [1], § 5-6.
4.	Розділ 1, тема 1.4. Лекція 4. Ентропія. Мікроканонічний розподіл. Вираз ентропії через статистичну матрицю. Закон зростання ентропії. Поняття про термостат. [1], § 7-8.
5.	Розділ 2, тема 2.1. Лекція 5. Температура. Властивості температури. Адіабатичний процес. [1], § 9, 11
6.	Розділ 2, тема 2.2. Лекція 6. Тиск. Властивості тиску. Робота та кількість тепла. Термодинамічні потенціали. [1], § 12-15.
7.	Розділ 2, тема 2.3. Лекція 7. Перетворення термодинамічних величин. Термодинамічна шкала температур. [1], § 16-18.
8.	Розділ 2, тема 2.4. Лекція 8. Максимальна робота, яку може виконати система. Цикл Карно. Максимальна робота для тіла, яке взаємодіє з зовнішнім середовищем. [1], § 19-20.
9.	Розділ 2, тема 2.5. Лекція 9. Термодинамічні нерівності. Метастабільні стани. Принцип Ле-Шательє. Теорема Нернста. [1], § 21-23.
10.	Розділ 2, тема 2.6. Лекція 10. Системи зі змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Термодинамічний потенціал Ω . [1], § 24.
11.	Розділ 2, тема 2.7. Лекція 11. Рівновага системи в зовнішньому полі. [1], § 25.
12.	Розділ 3, тема 3.1. Лекція 12. Розподіл Гіббса. Властивості розподілу Гіббса. Розподіл Максвелла. [1], § 28-29.
13.	Розділ 3, тема 3.2. Лекція 13. Вільна енергія в розподілі Гіббса. Термодинамічна теорія збурень..

	<i>[1], § 31-33.</i>
14.	<i>Розділ 3, тема 3.3. Лекція 14. Розподіл Гіббса зі змінним числом частинок. Велика статистична сума. Перехід до класичної статистики. [1], § 35.</i>
15.	<i>Розділ 3, тема 3.4. Лекція 15. Розрахунок термодинамічних величин з розподілу Гіббса. [1], § 36.</i>
16.	<i>Розділ 4, тема 4.1. Лекція 16. Розподіл Больцмана. Розподіл Больцмана в класичній статистиці. Барометрична формула. Розсіяння атмосфери. [1], § 37-38.</i>
17.	<i>Розділ 4, тема 4.2. Лекція 17. Рівняння стану ідеального газу. Ідеальний газ з постійною теплоємністю. [1], § 41-43.</i>
18.	<i>Розділ 4, тема 4.3. Лекція 18. Закон рівнорозподілу. Ергодична гіпотеза. [1], § 44.</i>

Практичні заняття:

№	<i>Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>
Розділ 1, тема 1.1. 1.	<i>Заняття 1. Основні принципи статистики. Функція розподілу та її властивості. [1], § 1-2.</i>
Розділ 1, тема 1.1. 2.	<i>Заняття 2. Теорема Ліувіля. Зміна фазового об'єму. [1], § 3-4.</i>
Розділ 1, теми 1.2. 3.	<i>Заняття 3. Число та густина станів в квантовій та класичній статистиці. [1], § 5-6.</i>
Розділ 1, теми 1.3. 4.	<i>Заняття 4. Ентропія. [1], § 7-8.</i>
Розділ 2, тема 2.1. 5.	<i>Заняття 5. Температура. Властивості температури. Адіабатичний процес. [1], § 9, 11</i>
Розділ 2, тема 2.1. 6.	<i>Заняття 6. Тиск. Властивості тиску. Робота та кількість тепла. Термодинамічні потенціали. [1], § 12-15.</i>
Розділ 2, тема 2.2. 7.	<i>Заняття 7. Перетворення термодинамічних величин. [1], § 16-18.</i>
Розділ 2, тема 2.2. 8.	<i>Заняття 8. Максимальна робота, яку може виконати система. Цикл Карно. Максимальна робота для тіла, яке взаємодіє з зовнішнім середовищем. [1], § 19-20..</i>

9.	Розділ 2, тема 2.5. Заняття 9. Термодинамічні нерівності. Метастабільні стани. Принцип Ле-Шательє. Теорема Нернста. [1], § 21-23.
----	--

5. 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	30
2	Підготовка до МКР	7
3	Підготовка до ДКР	14
4	Підготовка до екзамену	30

Індивідуальні завдання

Метою домашніх контрольних робіт є закріплення навичок розв'язання практичних задач та удосконалення здатностей самостійного опанування матеріалу із термодинаміки та статистичної фізики.

Тематика індивідуальних завдань для ДКР:

1.	Тема 1.1. Функція статистичного розподілу. Статистична незалежність.
2.	Тема 1.2. Теорема Ліувіля. Інтеграли руху E, P, M .
3.	Тема 1.3. Статистична матриця. Чисті і змішані стани. Статистична матриця для квантовомеханічних систем. Властивості статистичної матриці. Густина рівнів енергетичного спектру макроскопічної системи.
4.	Тема 1.4. Ентропія. Мікроканонічний розподіл. Вираз ентропії через статистичну матрицю. Закон зростання ентропії. Поняття про термостат.
5.	Тема 2.1. Температура. Властивості температури. Адіабатичний процес.
6.	Тема 2.2. Тиск. Властивості тиску. Робота та кількість тепла. Термодинамічні потенціали.
7.	Тема 2.3. Перетворення термодинамічних величин. Термодинамічна шкала температур. Процес Джоуля-Томсона.
8.	Тема 2.4. Максимальна робота, яку може виконати система. Цикл Карно. Максимальна робота для тіла, яке взаємодіє з зовнішнім середовищем.
9.	Тема 2.5. Термодинамічні нерівності. Метастабільні стани. Принцип Ле-Шатель'є. Теорема Нернста.
10.	Тема 2.6. Системи зі змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Термодинамічний потенціал Ω .
11.	Тема 2.7. Рівновага системи в зовнішньому полі.
12.	Тема 3.1. Розподіл Гіббса. Властивості розподілу Гіббса. Розподіл Максвелла.
13.	Тема 3.2. Вільна енергія в розподілі Гіббса. Термодинамічна теорія збурень.
14.	Тема 3.3. Розподіл Гіббса зі змінним числом частинок. Велика статистична сума. Перехід до класичної статистики.

15.	Тема 3.4. Розрахунок термодинамічних величин з розподілу Гіббса.
16.	Тема 4.1. Розподіл Больцмана. Розподіл Больцмана в класичній статистиці. Барометрична формула.
17.	Тема 4.2. Рівняння стану ідеального газу. Ідеальний газ з постійною теплоємністю.

Політика та контроль

6. 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 ДКР;
- **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 5. Основні принципи статистичної фізики та термодинаміки / Theoretical physics. Part 5. Basic principles of statistical physics and thermodynamics» ;
- **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.

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

Види контролю:

Поточний контроль: МКР, ДКР, ДЗ.

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

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: успішне виконання ДКР, усіх контрольних робіт і домашніх завдань, а також стартовий рейтинг не менше 30 балів.

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) ДКР;
- 3) ДЗ.

2. Критерії нарахування балів за МКР, ДКР 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) ДКР:

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 ДЗ – 6 балів.

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 ДКР, усіх контрольних робіт і домашніх завдань на час атестації.

4. 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.

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
Є незараховані контрольні роботи або стартовий рейтинг менше 30 балів	Не допущено

8. 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 26.06.2025 р.).

Погоджено Методичною комісією фізико-математичного факультету (протокол №10 від 27.06.2025 р.)