



**ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА. ЧАСТИНА 6. ТЕРМОДИНАМІКА ТА**  
**СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА 2. СТАТИСТИКА ТА**  
**ТЕРМОДИНАМІКА В СКЛАДНИХ СИСТЕМАХ**

**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 ЄКТС / 90 годин (26 – лекції, 13 – практичні, 51 – СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР/ДКР</i>
Розклад занять	<i>Час і місце проведення аудиторних занять викладені на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.ф.-м.н., проф. . Русаков Володимир Федорович, <a href="mailto:v.rusakov@kpi.ua">v.rusakov@kpi.ua</a> 0679104088 Практичні заняття: д.ф.-м.н., проф. . Русаков Володимир Федорович, <a href="mailto:v.rusakov@kpi.ua">v.rusakov@kpi.ua</a> 0679104088</i>
Розміщення курсу	<i>Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського <a href="https://ecampus.kpi.ua">https://ecampus.kpi.ua</a></i>

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

Мета навчальної дисципліни – формування та закріплення у здобувачів компетентностей, навичок та вмінь щодо використання апарату статистичної фізики та термодинаміки у фізичних дослідженнях.

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

Дисципліна «Теоретична фізика. Частина 6. Термодинаміка та статистична фізика 2. Статистика та термодинаміка в складних системах» є другим кредитним модулем дисципліни «Теоретична фізика. Термодинаміка та статистична фізика», 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:

- опанувати 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.*

Програмні результати навчання.

*Компетентності:*

*ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.*

*ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*

*ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.*

*ЗК9. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.*

*ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.*

*ФК2. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.*

*ФК3. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.*

*ФК6. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.*

*ФК7. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.*

*ФК9. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.*

*ФК10. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.*

*ФК11. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень.*

*ФК13. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.*

*ФК14. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.*

*ФК15. Дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.*

*Програмні результати навчання:*

*ПРН 1. 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.

ПРН2. 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.

ПРН3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПРН4. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.

ПРН5. Знати, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.

ПРН7. Знати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.

ПРН9. Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.

ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів

ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.

ПРН16. Вміти самостійно навчатися та підвищувати рівень своєї кваліфікації.

ПРН18. Вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.

ПРН25. Вміти проводити теоретичні або експериментальні наукові дослідження що виконуються індивідуально або у складі наукової групи.

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

*Пререквізити:* «Теоретична фізика. Частина 4. Термодинаміка та статистична фізика 1. Основні принципи статистики та термодинаміки», «Фізика твердого тіла / Фонони та електрони / Фізика кристалів».

*Постреквізити:* Знання, отримані студентами з курсу «Теоретична фізика. Частина 6. Термодинаміка та статистична фізика 2» використовуються при подальшому навчанні в магістратурі в курсах «Фізика магнітних явищ», «Нелінійна динаміка складних систем», «Макроскопічні квантові явища» та ін.

### **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. Закони 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 розділу 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.*

*Контрольна робота з розділу 8*

*ДКР з розділів 5-8*

*Підготовка до екзамену*

### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

#### **Базова література:**

- 1. 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.*
- 2. Русаков В.Ф., Русакова Н.М. Курс загальної фізики. Молекулярна фізика і термодинаміка: навчальний посібник. Вінниця: ДонНУ ім Василя Стуса, 2020. – Частина II. – 109с.*
- 3. Русаков В.Ф. Молекулярна фізика: Частина I. Вінниця: ДонНУ, 2019. – 66 с.*

4. В. Ф. Русаков, В.Г. Пицюга, І.М. Іванова. *Загальна фізика. Фізика атома. Розв'язання задач.* [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» /– Електронні текстові дані– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 43 с.
5. Федорченко А.М. *Теоретична фізика. Т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. Ч.4. КВШ. 1993.*
6. 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.*
7. Кобушкін, О. П. *Атомна фізика [Електронний ресурс] : [підручник] / О. П. Кобушкін ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,81 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 310 с.*

#### **Додаткова література:**

8. Єрмолаєв О.М., Рашба Г.І. *Вступ до статистичної фізики і термодинаміки: Навчальний посібник.* – Х.: ХНУ, 2004. – 516 с.
9. 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.*
10. *Сто задач з термодинаміки та статистичної фізики: навч. посіб/ уклад.: О. В. Гомонай, Д. В. Філін, О. В. Кравцов. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 42 с.*  
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48360>

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. Термодинаміка та статистична фізика 2. Статистика та термодинаміка в складних системах».
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 ДКР. 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.	<b>Розділ 5, тема 5.1.</b> Лекція 1. Розподіли Фермі та Бозе. Термодинамічний потенціал підсистеми із конкретними значеннями енергії.
2.	<b>Розділ 5, тема 5.2.</b> Лекція 2. Статистика Бозе-Ейнштейна.
3.	<b>Розділ 5, тема 5.2.</b> Лекція 3. Фермі- та Бозе-гази елементарних частинок.
4.	<b>Розділ 5, тема 5.3.</b> Лекція 4. Вироджений електронний газ. Теплоємність виродженого електронного газу
5.	<b>Розділ 5, тема 5.4.</b> Лекція 5. Магнетизм електронного газу.
6.	<b>Розділ 5, тема 5.5.</b> Лекція 6. Релятивістський вироджений Бозе-газ. Вироджений Бозе-газ.
7.	<b>Розділ 6, тема 6.1.</b> Лекція 7. Чорне випромінювання. Вільна енергія. Закон Больцмана. Рівняння адіабати.
8.	<b>Розділ 6, Тема 6.2.</b> Лекція 8. Закон Кірхгофа для абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана.
9.	<b>Розділ 7. Тема 7.1.</b> Лекція 9. Неідеальні гази.
10.	<b>Розділ 7, тема 7.3.</b> Лекція 10. Умови рівноваги фаз.
11.	<b>Розділ 7, тема 7.4–7.5.</b> Лекція 11. Розчини. Правило фаз Гіббса. Слабкі розчини. Співдотичні фази розчинів. Термодинаміка хімічних реакцій. Закон діючих мас.
12.	<b>Розділ 8, тема 8.1.</b> Лекція 12. Розподіл Гауса для флуктуацій. Розподіл Гаусса для флуктуацій декількох термодинамічних величин.

13.	<b>Розділ 8, тема 8.2–8.3.</b> 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.
-----	---

**Практичні заняття:**

№	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	<b>Розділ 3, тема 3.1.</b> Заняття 1. Статистична сума.
2.	<b>Розділ 3, тема 3.1.</b> Заняття 2. Статистична сума та термодинамічні характеристики систем багатьох частинок.
3.	<b>Розділ 5, теми 5.1-5.2.</b> Заняття 3. Розподіл Фермі. Фермі-гази елементарних частинок.
4.	<b>Розділ 5, теми 5.1-5.2.</b> Заняття 4. Розподіл Бозе-Ейнштейна. Бозе-гази елементарних частинок.
5.	<b>Розділ 5, тема 5.3.</b> Заняття 5. Вироджений електронний газ. Теплоємність виродженого електронного газу.
6.	<b>Розділ 6, теми 6.1-6.2.</b> 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 ДКР	6
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.	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 адіабати.
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.	Закони 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;
- **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. Термодинаміка та статистична фізика 2» ;
- **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)**

### Види контролю:

**Поточний контроль:** усне і письмове опитування за темою занять, МКР, ДКР.

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

**Семестровий контроль:** екзамен.

**Умови допуску до семестрового контролю:** успішне виконання усіх контрольних робіт, семестровий 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](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. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:**

- 1) три контрольні роботи (МКР поділяється на 3 контрольних роботи тривалістю по 0,5 акад. годин);
- 2) ДКР;
- 3) відповідь на екзамені.

**2. Критерії нарахування балів за МКР та ДКР:**

а) МКР:

ваговий бал – 14 балів. Максимальна кількість балів за всі контрольні роботи дорівнює  $14 \text{ балів} \times 3 = 42 \text{ балів}$ . Критерії оцінювання:

творча робота - 12– 14 балів;  
 роботу виконано з незначними недоліками - 10 – 11 балів;  
 роботу виконано з певними помилками - 7 – 9 балів;  
 роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) - 0-6 бали;

б) ДКР:

ваговий бал – 18 балів. Критерії оцінювання:

творча робота - 16– 18 балів;  
 роботу виконано з незначними недоліками - 12 –15 балів;  
 роботу виконано з певними помилками - 9 –11 балів;  
 роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0–8 балів;

**3.** Умовою першої атестації є отримання не менше 8 балів та успішне виконання всіх контрольних робіт на час атестації. Умовою другої атестації – отримання не менше 20 балів, виконання всіх контрольних робіт на час атестації.

**4.** Умовою допуску до екзамену є успішне виконання всіх контрольних робіт, а також стартовий рейтинг не менше 30 балів.

**5.** 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 за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 20-17 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 16-13 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 12-8 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

Для об'єктивної оцінки знань студента викладач має право ставити додаткові питання з програми курсу, які не містяться в білеті.

**6.** 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

## 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 № 5 від 21.06.2022 р.).

**Погоджено** Методичною комісією фізико-математичного факультету (протокол № 8 від 11.07.2022 р.)