



# Статистична фізика (ПО-18)

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3,5 кр. /105, аудиторних – 72 ( 36 лекцій, 36 практ.) СРС - 33 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР, ДКР
Розклад занять	<a href="http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses">http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: канд. фіз.-мат. наук, доцент Кривенко-Еметов Я.Д., <a href="mailto:krivemet@ukr.net">krivemet@ukr.net</a> <a href="https://apd.ipt.kpi.ua/infusions/blog/blog.php?author=19">https://apd.ipt.kpi.ua/infusions/blog/blog.php?author=19</a> Практичні: канд. фіз.-мат. наук, доцент Кривенко-Еметов Я.Д., <a href="mailto:stphys2020@ukr.net">stphys2020@ukr.net</a>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2558">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2558</a>

### ● Програма навчальної дисципліни

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

1.1. Метою кредитного модуля є:

- отримання у студентів систематичних знань щодо головних положень статистичної фізики та знайомство з основними методами опису систем багатьох частинок(статистичних систем);
- оволодіння студентами основними методами розв'язку задач з курсу «Статистична фізика»по розрахунку статистичної суми, статистичного інтегралу, термодинамічних потенціалів, температури, ентропії, тиску та інш;
- надання студентам необхідного базового матеріалу для підготовки магістерських робіт по темі статистична фізика та близьких до цього тем, а також для подальшої наукової роботи у цьому напрямку.

1.2. Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

- знання: основних понять статистичної фізики та термодинаміки; основних підходів та теоретичних методів опису статистичних систем;;

- вміння: основних наближених методів опису властивостей статистичних систем взагалі та конкретно до різних часткових випадків (ідеальний газ, газ ВДВ, квантовий газ, молекулярний газ та ін.), опис основних термодинамічних властивостей таких систем;
- досвід: про сучасний стан в галузі досліджень статистичних систем( ядер, реальних газів) та нові методи їх опису.

Робота студентів протягом семестру включає як аудиторні заняття, так і самостійну роботу (СРС). До СРС відносяться такі види робіт: вивчення теоретичного матеріалу, виконання домашньої контрольної роботи (ДКР). Домашня контрольна робота оформлюється в окремому зошиті і здається в термін, встановлений викладачем на початку семестру. При необхідності в розрахункову роботу можна включати елементи теоретичного матеріалу. При оформленні конспекту теоретичного матеріалу студенту слід вказувати назви тем, питань та номерів параграфів із підручника чи посібника, який він використовував. Студент допускається до екзамену або заліку за наявності зошита з усіма оформленими та підписаними роботами. В кінці семестру зошит з практичних робіт перевіряється лектором.

Екзамен з курсу «Статистична фізика» є підсумком всієї роботи студента в семестрі і враховує всі види робіт, які студенти зобов'язані виконати протягом семестру згідно Рейтинговій системі оцінювання.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми, студенти після засвоєння навчальної дисципліни «Статистична фізика» мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **Загальні компетентності СВО**

- ЗК 1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- ЗК 2: Здатність до навчання та самоаналізу (пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел).
- ЗК 5: Здатність до використання інформаційних технологій.
- ЗК 8: Здатність вести дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, постановку цілей і завдань, вибір способу й методів дослідження, а також оцінку їх якості.
- ЗК 9: Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження, зміни наукового і науково - виробничого профілю своєї діяльності.
- ЗК 10: Здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації (креативність).

#### **Фахові компетентності СВО**

- ФК 5: Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
- ФК 6: Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.
- ФК 7: Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

#### **Програмні результати навчання**

- ПРН 1: Знання сучасної фізики на рівні, достатньому для розв'язання практичних проблем прикладної фізики.
- ПРН 14: Обирати та використовувати методи та засоби дослідження структури, складу та властивостей речовин і матеріалів.
- ПРН 17: Знання основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності, зокрема хімії, ядерної

фізики, статистичної радіофізики та оптики, електродинаміки суцільних середовищ для розв'язання практичних проблем прикладної фізики, в т.ч. високих фізичних технологій та/або фізики живих систем та/або фізики енергетичних систем.

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

Ця програма охоплює один з розділів курсу теоретичної фізики – статистичну фізику. Програма орієнтована на студентів, які навчаються за спеціальністю — «Прикладна фізика та наноматеріали». Прослухавши цей курс студенти можуть отримати систематичні знання щодо головних положень статистичної фізики, методів опису найпростіших статистичних та термодинамічних систем, розв'язку задач статистичної фізики та термодинаміки.

**Для засвоєння матеріалу курсу «Статистична фізика» студенти повинні засвоїти термінологію та поняття курсів:**

1. Атомна фізика;
2. Теорія ймовірності та математична статистика;
3. Випадкові процеси;
4. Квантова механіка.

Також, студенти повинні вміти програмувати, використовувати математичний апарат:

Операції з матрицями, диференціювати, інтегрувати, розв'язувати диференціальні рівняння. Отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Статистична фізика», можна використовувати в подальшому в навчальних дисциплінах, пов'язаних з теоретичними та практичними аспектами прикладної фізики та матеріалознавства, «Фізика твердого тіла» тощо.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекцій	Практичних занять	СРС
1	2	3	4	5
<b>Тема 1.1.</b> Рівноважні стани та процеси в термодинаміці. Температура. Принцип температури. Ентропія. Принцип ентропії. Абсолютна температура і абсолютна ентропія.	4.5	2	2	0.5
<b>Тема 1.2.</b> Адіабатичний та ізотермічний потенціали.  Аксіоматика термодинаміки. Узагальнення поняття ентропії на довільні процеси. Принцип Нернста.	4.5	2	2	0.5

<p><b>Тема 1.3.</b> Термодинамічні потенціали. Метод термодинамічних функцій.</p> <p>Поліваріантні термодинамічні системи. Системи зі змінною кількістю речовини. Теорема Ліувілля.</p>	5	2	2	1
Модульна Контрольна робота 1				
Разом по розділу 1	14	6	6	2
<b>Розділ 2. Основні засади статистичної фізики</b>				
<p><b>Тема 2.1.</b> Основні принципи статистичної фізики. Статистичний розподіл. Ергодичні системи. Поняття флуктуації термодинамічної величини.</p> <p>Мікроканонічний розподіл.</p> <p>Статистичний зміст ентропії.</p>	6	2	2	2
<p><b>Тема 2.2.</b> Канонічний розподіл Гіббса (виведення). Розподіл Максвелла.</p> <p>Розподіл Гіббса для систем зі змінною кількістю частинок.</p>	5	2	2	1
<p><b>Тема 2.3.</b> Розподіл Больцмана для ідеального газу. Термодинамічні потенціали, ентропія та рівняння стану.</p> <p>Ідеальний газ з постійною теплоємністю. Виведення адіабатичного рівняння.</p>	6	2	2	2
<p><b>Тема 2.4.</b> Одноатомний ідеальний газ. Критерії застосування статистики Больцмана. Вплив електронного моменту.</p> <p>Двохатомний ідеальний газ з молекулами, що утворені з різних атомів: статистична сума, вільна енергія, теплоємність.</p>	5	2	2	1
<p><b>Тема 2.5.</b> Розподіл Фермі. Виведення для рівноважних і нерівноважних систем.</p> <p>Розподіл Бозе. Виведення для рівноважних і нерівноважних систем.</p> <p>Виведення рівнянь слабо не ідеальних газів фермі та бозе.</p>	5	2	2	1
<p><b>Тема 2.6.</b> Вироджений електронний газ: енергія, рівняння стану, функція розподілу.</p> <p>Теплоємність виродженого ідеального газу.</p>	6	2	2	2

<b>Тема 2.7.</b> Вироджений бозе газ: енергія, ентропія, рівняння стану, теплоємність. Поняття бозе-конденсації	6	2	2	2
<b>Тема 2.8.</b> Випромінювання абсолютно чорного тіла. Формула Планка. Термодинамика фотонного газу.  Квантова теорія гармонічних коливань у кристалічних тілах. Теплоємність фононного газу у загальному випадку, а також спрощення у випадку високих та низьких температур.	5	2	2	1
<b>Тема 2.9.</b> Опис термодинаміки кристалічної решітки згідно моделі Дебая. Розрахунок теплоємності кристалів.	6	2	2	2
<b>Тема 2.10.</b> Неідеальні гази (загальний підхід). Другий віріальний коефіцієнт Формула Ван-дер-Ваальса.	5	2	2	1
<b>Тема 2.11.</b> Пояснення ефекту Джоуля-Томсона. Рівновага фаз. Формула Клайперона-Клаузіуса.  Критична точка. Закон відповідних станів.  Критична точка для газу Ван-дер-Ваальса. Приклади розрахунку критичних параметрів.	6	2	2	2
<b>Тема 2.12.</b> Класифікація фазових переходів. Рівняння Еренфеста.	6	2	2	2
<b>Тема 2.13.</b> Флуктуації. Умови застосування теорії термодинамічних флуктуацій. Середньоквадратичне. Виведення ймовірності стану термодинамічної системи при відхиленні її термодинамічних параметрів від середніх величин.  Розподіл Гауса для кількох змінних. Термодинамічна теорія флуктуацій. Флуктуації основних термодинамічних величин.	5	2	2	1
<b>Тема 2.14.</b> Зв'язок амплітуди розсіяння з другим віріальним коефіцієнтом.  Термодинамічна теорія збурень.  Плазма. Метод Дебая-Хюккеля.	6	2	2	2
<b>Тема 2.15.</b> Термодинамічні величини виродженої плазми.	5	2	2	1

Додаткові глави статистичної фізики: Метод кореляційних функцій М.М.Боголюбова(метод ослаблення кореляцій)				
<i>ДКР</i>	4			4
<b>Разом по розділу 2</b>	87	30	30	27
<b>Екзамен(МКР)</b>	4			4
<b>Всього годин</b>	<b>105</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>33</b>

#### ● 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Основні:

1. L. D. Landau; E. M. Lifshitz (1980). Statistical Physics, Part 1. Vol. 5 (3rd ed.). Butterworth–Heinemann. ISBN 978-0-7506-3372-7.
2. L. P. Pitaevskii; E. M. Lifshitz (1980). Statistical Physics, Part 2. Vol. 9 (1st ed.). Butterworth–Heinemann. ISBN 978-0-7506-2636-1.
3. А.М.Федорченко «Теоретична фізика. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика» т.2 (видавництво «Вища школа» 1992 ,1993);

##### Додаткові:

4. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. Т.1.— М., Наука, 1976.
5. М. А. Леонтович. Введение с термодинамику. Статистическая физика. М., Наука, 1983.
6. Ю.Б.Румер, М.Ш.Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. М., Наука, 1977.
7. Ю.Л.Климонтович. Статистическая физика. М., Наука, 1982.
8. К.Хуанг. Статистическая механика. М., Мир, 1966.
9. А.Исихара. Статистическая физика. М., Мир, 1973.
10. Я.Д. Кривенко-Еметов, Збірник задач з статистичної фізики. Київ 2020;
11. Van der Waals excluded-volume model of multicomponent hadron gas Gorenstein, M.I., Kostyuk, A.P., Krivenko, Ya.D. Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics, 1999, 25(9).

[https://do.ipkpi.ua/pluginfile.php/142852/mod\\_resource/content/1/Stat\\_phys%28z%29\\_2019\\_10.pdf](https://do.ipkpi.ua/pluginfile.php/142852/mod_resource/content/1/Stat_phys%28z%29_2019_10.pdf)

<https://web.telegram.org/#/im?p=@statkpi>

#### ● Навчальний контент

#### ● 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В рамках дисципліни заплановані наступні види занять:

- Лекції;
- Практичні заняття;
- Модульна контрольна робота;
- Домашня контрольна робота;
- Самостійна робота.

Теми дисципліни взаємозв'язані. Матеріал вивчається в логічній послідовності.

Теми практичних занять узгоджуються з темами лекційних занять

### 5.1 Лекції

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>
<b>1</b>	<p><b>Вступ.</b> Рівноважні стани та процеси в термодинаміці. Температура. Принцип температури.</p> <p>Ентропія. Принцип ентропії. Абсолютна температура і абсолютна ентропія.</p>
Література:	<b>[1-3,6]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>2</b>	<p>Адiabатичний та ізотермічний потенціали.</p> <p>Аксіоматика термодинаміки. Узагальнення поняття ентропії на довільні процеси. Принцип Нернста.</p> <p>Термодинамічні потенціали. Метод термодинамічних функцій.</p>
Література:	<b>[1-3,6]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>3</b>	<p>Поліваріантні термодинамічні системи. Системи зі змінною кількістю речовини. Теорема Ліувілля.</p>
Література:	<b>[1-3,6]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>4</b>	<p>Основні принципи статистичної фізики. Статистичний розподіл. Ергодичні системи. Поняття флуктуації термодинамічної величини.</p> <p>Мікроканонічний розподіл.</p> <p>Статистичний зміст ентропії.</p>
Література:	<b>[1-3,6]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>5</b>	<p>Канонічний розподіл Гіббса (виведення). Розподіл Максвелла.</p> <p>Розподіл Гіббса для систем зі змінною кількістю частинок.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>6</b>	<p>Розподіл Больцмана для ідеального газу. Термодинамічні потенціали, ентропія та рівняння стану.</p> <p>Ідеальний газ з постійною теплоємністю. Виведення адiabатичного рівняння.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>

Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>7</b>	Одноатомний ідеальний газ. Критерії застосування статистики Больцмана. Вплив електронного моменту.  Двохатомний ідеальний газ з молекулами, що утворені з різних атомів: статистична сума, вільна енергія, теплоємність.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>8</b>	Розподіл Фермі. Виведення для рівноважних і нерівноважних систем.  Розподіл Бозе. Виведення для рівноважних і нерівноважних систем.  Виведення рівнянь слабо не ідеальних газів фермі та бозе.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>9</b>	Вироджений електронний газ: енергія, рівняння стану, функція розподілу.  Теплоємність виродженого ідеального газу.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>10</b>	Вироджений бозе газ: енергія, ентропія, рівняння стану, теплоємність. Поняття бозе-конденсації
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>11</b>	Випромінювання абсолютно чорного тіла. Формула Планка. Термодинаміка фотонного газу.  Квантова теорія гармонічних коливань у кристалічних тілах. Теплоємність фононного газу у загальному випадку, а також спрощення у випадку високих та низьких температур.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>12</b>	Опис термодинаміки кристалічної решітки згідно моделі Дебая. Розрахунок теплоємності кристалів.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>13</b>	Неідеальні гази (загальний підхід). Другий віріальний коефіцієнт Формула Ван-дер-Ваальса.
Література:	<b>[11] [1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.



<b>14</b>	<p>Пояснення ефекту Джоуля-Томсона. Рівновага фаз. Формула Клайперона-Клаузіуса.</p> <p>Критична точка. Закон відповідних станів.</p> <p>Критична точка для газу Ван-дер-Ваальса. Приклади розрахунку критичних параметрів.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>15</b>	Класифікація фазових переходів. Рівняння Еренфеста.
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>16</b>	<p>Флуктуації. Умови застосування теорії термодинамічних флуктуацій. Середньоквадратичне. Виведення ймовірності стану термодинамічної системи при відхиленні її термодинамічних параметрів від середніх величин.</p> <p>Розподіл Гауса для кількох змінних. Термодинамічна теорія флуктуацій. Флуктуації основних термодинамічних величин.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>17</b>	<p>Зв'язок амплітуди розсіяння з другим віріальним коефіцієнтом.</p> <p>Термодинамічна теорія збурень.</p> <p>Плазма. Метод Дебая-Гюккеля.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.
<b>18</b>	<p>Термодинамічні величини виродженої плазми.</p> <p>Додаткові глави статистичної фізики:</p> <p>Метод кореляційних функцій М.М.Боголюбова(метод ослаблення кореляцій)</p> <p>Висновки.</p>
Література:	<b>[1-3]</b>
Завдання на СРС:	Вивчення матеріалу лекції. Задачі.

## 5.2 Практичні заняття:

Основні завдання циклу практичних занять: **надання знань по розв'язку задач з статистичної механіки.**

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>	
<b>1-2</b>	<p>Температура. Принцип температури.</p> <p>Ентропія. Принцип ентропії. Абсолютна температура і абсолютна ентропія.</p> <p>Термодинамічні потенціали. Метод термодинамічних функцій.</p>	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 1-8</b>
<b>3</b>	Мікроканонічний розподіл.	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 9-12</b>
<b>4-5</b>	<p>Канонічний розподіл Гіббса (виведення). Розподіл Максвелла.</p> <p>Розподіл Гіббса для систем зі змінною кількістю частинок.</p>	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 13-21</b>
<b>6-7</b>	<p>Одноатомний ідеальний газ. Критерії застосування статистики Больцмана. Вплив електронного моменту.</p> <p>Двохатомний ідеальний газ з молекулами, що утворені з різних атомів: статистична сума, вільна енергія, теплоємність.</p>	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 22-30</b>
<b>8-9</b>	<p>Виведення рівнянь слабо не ідеальних газів фермі та бозе.</p> <p>Вироджений електронний газ: енергія, рівняння стану, функція розподілу.</p>	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 31-40</b>
<b>10-11</b>	Вироджений бозе газ: енергія, ентропія, рівняння стану, теплоємність. Поняття бозе-конденсації	
	Література:	<b>[10]</b>
	Завдання на СРС:	<b>[10], задачі № 41-50(10.4-10.6)</b>
<b>12</b>	Опис термодинаміки кристалічної решітки згідно моделі Дебая. Розрахунок теплоємності кристалів.	
	Література:	<b>[10]</b>

Завдання на СРС:		<b>[10], задачі № 51-54</b>
<b>13-14</b>	Неідеальні гази (загальний підхід). Другий віріальний коефіцієнт Формула Ван-дер-Ваальса.  Критична точка для газу Ван-дер-Ваальса. Приклади розрахунку критичних параметрів.	
Література:		<b>[10] [11]</b>
Завдання на СРС:		<b>[10], задачі № 55-61</b>
<b>15-16</b>	Рівняння Еренфеста.  Термодинамічна теорія флуктуацій. Флуктуації основних термодинамічних величин.	
Література:		<b>[10]</b>
Завдання на СРС:		<b>[10], задачі № 62-70</b>
<b>17-18</b>	Зв'язок амплітуди розсіяння з другим віріальним коефіцієнтом.  Термодинамічна теорія збурень.  Плазма. Метод Дебая-Хюккеля.  Термодинамічні величини виродженої плазми.  Додаткові глави статистичної фізики:  Метод кореляційних функцій М.М.Боголюбова(метод ослаблення кореляцій)	
Література:		<b>[10]</b>
Завдання на СРС:		<b>[10], задачі № 71-75</b>

## ● **6. Самостійна робота студента**

Робота студентів протягом семестру включає як аудиторні заняття(інтерактивні), так і самостійну роботу (СРС). До СРС відносяться такі види робіт: вивчення теоретичного матеріалу, виконання домашньої контрольної роботи (ДКР). Домашня контрольна робота оформлюється в окремому зошиті і здається в термін, встановлений викладачем на початку семестру. Студент допускається до екзамену за наявності зошита з усіма оформленими та підписаними роботами.

Для успішного опанування курсу студент повинен в рамках самостійної роботи проводити підготовку до аудиторних занять , працювати над ДКР ( разом 27 години) та готуватися до виконання модульної контрольної роботи (4 години).

● **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Екзамен є підсумком всієї роботи студента в семестрі і враховує всі види робіт, які студенти зобов'язані виконати протягом семестру згідно рейтинговій системі оцінювання.

Протягом семестру регулярно проводяться індивідуальні консультації за окремим графіком та поточні консультації за розкладом. На індивідуальних консультаціях викладач консультує по завданнях самостійної роботи, проводить поетапний та кінцевий прийом завдань з курсу. Присутність студента на індивідуальній консультації в аудиторії або в черзі до викладача не повинна перевищувати 1 пару на 2 тижні. Забороняється затримувати студентів після 20 години. Поточні консультації проводить лектор з ключових питань курсу за розкладом.

Відвідування занять

Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для успішного написання МКР. В разі надмірної кількості пропусків студент може бути не допущеним до екзамену.

**Пропущені контрольні заходи**

Результат модульної контрольної роботи (МКР) для студента, який не з'явився на контрольний захід без поважних причин, є нульовим. У такому разі студент має можливість написати МКР, але максимальний бал за неї буде дорівнювати 50% від загальної кількості балів. Повторне написання МКР не допускається.

**Календарний рубіжний контроль**

Проміжна атестація студента (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами. 1

**Термін атестації**

Перша атестація - 8-й тиждень

Друга атестація - 14-й тиждень

Критерій: поточний контроль - виконана РР модульна контрольна робота.

**Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

**Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code> .

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянутим згідно із наперед визначеними процедурами ( згідно «положення про систему забезпечення якості вищої освіти у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», «Положення про організацію навчального процесу»).

1 рейтингові системи оцінювання результатів навчання : Рекомендації до розроблення і застосування .Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

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

Видами контролю успішності засвоєння матеріалу дисципліни є оцінки за модульну контрольну роботу (МКР), домашню контрольна робота та семестровий контроль.

### Модульна контрольна робота(МКР)

МКР проводиться після завершення третього розділу курсу «Статистична фізика» і проводиться протягом 1-ї академічної години. МКР являє собою три задачі (20 балів).

#### Критерії оцінювання:

- максимальна кількість балів – 95% інформації, повна правильна відповідь, там де треба наведено малюнки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та наведені основні формули, що повністю розкривають зміст питання.
- 75% балів – питання розкрито з незначними помилками, не всі умови попереднього пункту виконано.
- 60% балів – питання розкрито з суттєвими помилками.
- списані відповіді, незнання обов'язкових формул та співвідношень що розкривають зміст питання.

#### ДКР(Розрахункова робота):

треба представити до другої атестації (14-й тиждень), (20 балів)

#### Критерії оцінювання:

- максимальна кількість балів – 95% інформації, тема розкрита повно, докладно та обгрунтовано, наведені результати розрахунків.
- 75% балів – тема розкрита майже повно, не всі умови попереднього пункту виконано,
- 60% балів – тема розкрита фрагментарно, але задовільно.
- не зараховуються, якщо студент не зробив реферат, або тема не розкрита.

### Умови допуску до екзамену

В таблиці наведені умови допуску до семестрового контролю

№	Обов'язкова умова допуску до заліку	Критерій
1	Поточний рейтинговий бал	$\geq 40$
2	МКР	Виконана
3	ДКР(Розрахункова робота)	Здана

**Додаткові умови допуску до екзамену, які заохочуються:**

- Активна самостійна робота над теоретичним матеріалом: пошук та використання інформаційних ресурсів, ілюстрацій, відео, медіа ресурсів, що доповнюють поточний курс (додаються заохочувальні бали).
- Позитивний результат першої та другої атестації.

**Семестровий контроль (екзамен)**

Питання, що виносяться на екзамен, складаються із 2-х теоретичних питань, за кожне з яких дається максимум 20 балів.

**Критерії оцінювання:**

- максимальна кількість балів – 95% інформації, повна правильна відповідь, там де треба наведено малюнки, позначення, є письмовий коментар щодо базових понять та наведені основні формули, що повністю розкривають зміст питання.
- 75% балів – питання розкрито з незначними помилками, не всі умови попереднього пункту виконано.
- 60% балів – питання розкрито з суттєвими помилками
- списані відповіді, незнання обов'язкових формул та співвідношень що розкривають зміст питання.

Остаточна оцінка є сумою рейтингових балів отриманих за поточний контроль та балів, отриманих на екзамені після співбесіди зі студентом.

№	Контрольний захід	Бал	Кількість	Всього
1	МКР	20	1	20
2	ДКР(Розрахункова робота)	20	1	20
3	Активність на заняттях(конспект), реферат	20	1	20
	Екзамен	40		40
	Всього			100

*Протягом семестру студент отримує бали за такі види роботи:*

*Робота на практичних заняттях лекційних заняттях для студентів синхронного навчання:*

- 1) максимальна кількість балів за активність на всіх практичних та лекційних заняттях(включаючи конспекти лекцій) дорівнює 20 балів;*
- 2) самостійна робота студентів(ДКР) синхронного навчання 20 балів(максимальна кількість балів за ДКР дорівнює 20 балів);*
- 3) модульна контрольна робота(МКР)- 20 балів.*

*Опрацювання практичного та лекційного матеріалу для студентів асинхронного навчання:*

- 1) максимальна кількість балів за активність на консультаціях(включаючи конспекти лекцій) складає 20 балів;*

2) самостійна робота студентів(ДКР) асинхронного навчання 20 балів(максимальна кількість балів за ДКР дорівнює 20 балів).

Враховується виконання домашнього завдання та самостійне вивчення матеріалу.

3) модульна контрольна робота(МКР)- 20 балів.

Максимальний рейтинг за семестр складає 60 балів.

Максимальний бал за екзамен складає 40 балів.

Максимальний сумарний рейтинг складає 100 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів для студентів синхронного та асинхронного навчання протягом семестру складає:

$$R_c = 20 + 20 + 20 + 40 = 100 \text{ балів}$$

(В зв'язку з військовим станом студент може отримати оцінку згідно зі своїм рейтингом).

**Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:**

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Статистична фізика**

**Складено** доцентом кафедри прикладної фізики, кандидатом фіз.-мат.наук, Кривенко-Еметовим Я.Д.

**Ухвалено** кафедрою прикладної фізики (протокол № 6 від 15.06.2023)

**Затверджено** Метод комісією НН ФТІ (протокол № 6 від 29.06.2023)