

	Центральнoукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка	Силабус навчальної дисципліни
		ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА: ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА
		Статус дисципліни <i>нормативна (цикл професійної підготовки)</i>

Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка			
Спеціальність	014.15 Середня освіта (Природничі науки)			
Освітня програма	Середня освіта (Природничі науки)			
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти			
Форма здобуття освіти	Денна			
Курс	4			
Семестр	8			
Обсяг дисципліни	Кредити	3	Години	90
	Лекційні			18
	Практичні/семінарські			18
	Лабораторні			-
	Самостійна робота			54
Семестровий контроль	Екзамен			
Викладач	– Прізвище та ім'я: Подопрігора Наталія – Науковий ступінь: Доктор педагогічних наук – Вчене звання: Професор – Посада: Професор кафедри природничих наук та методик їхнього навчання			
Контактна інформація	– Електронна пошта: <a href="mailto:n.v.podopryhora@cuspu.edu.ua">n.v.podopryhora@cuspu.edu.ua</a> – Контакти, як можна зв'язатися: +380506527422, Вайбер			
Кафедра	Природничих наук та методик їхнього навчання			
Факультет	Математики, природничих наук та технологій			
Предмет навчання (Що буде вивчатися)	<p>Вивчається термодинамічні системи в стані термодинамічної рівноваги і процеси переходу між цими станами з погляду двох підходів – феноменологічного – на рівні термодинаміки (ТД) і статистичного – на рівні статистичної фізики (СФ).</p> <p>Під час вивчення ТД і СФ студенти з'ясовують: що являють собою макроскопічні фізичні системи, які перебувають у рівноважному стані, процеси переходу між цими станами на основі феноменологічного та статистичного методів дослідження і показати, що одержані висновки розширюють і доповнюють цілісне уявлення студентів про науковий підхід у дослідженні фізичних явищ, формування фундаментальних, інтегрованих і технологічних знань; розширюють та узагальнюють зміст основних фізичних понять (ТД: макроскопічна система, макроскопічні і мікроскопічні, калоричні і термічні параметри, початки термодинаміки, необоротність і ін.; СФ: ймовірність, фазовий простір, статистичний ансамбль систем, розподіли Гіббса, квантова і класична статистика, критерії виродження, статистичний зміст законів термодинаміки, принцип відповідності і ін.); вимоги для встановлення конкретних меж, критеріїв існування та використання законів ТД і СФ; якісно обговорюють проблеми і завдання теоретичних методів ТД і СФ.</p> <p>Вивчення дисципліни передбачає, отримання знань та вмінь, які необхідні майбутньому вчителю природничих наук в його майбутній професійній діяльності.</p> <p>Дисципліна вивчається у тісному дидактичному зв'язку із дисциплінами циклу професійної підготовки (математичні методи фізики, загальна фізика та методика навчання природничих наук, зокрема фізики), засвоєння яких необхідно майбутнім учителям природничих наук та фізики для подальшої навчально-пізнавальної та професійної діяльності. Дисципліна є часткою курсу теоретичної фізики («Математичні методи фізики», «Теоретична механіка», «Електродинаміка й основи спеціальної теорії відносності», «Квантова механіка» та «Термодинаміка і статистична фізика»), охоплює початковий мінімум засобів і прийомів теоретичної фізики. Набутий студентами на цей</p>			

	<p>час багаж знань з дисциплін та «Загальна фізика» (розділи «Механіка», «Молекулярна фізика та термодинаміка», «Електрика та магнетизм», «Оптика та квантова фізика») дозволяють знайомити студентів з сучасними методами дослідження фізичних явищ на теоретичному рівні. Здатність студентів застосовувати знання та вміння сформовані під час вивчення теоретичної фізики, розділ: термодинаміка і статистична фізика в подальшому є основою для вивчення інших дисциплін: сучасних питань фізики, фізики твердого тіла, зокрема електронної теорії речовини, природничо-наукової картини світу тощо.</p>
<p>Мета (Чому це цікаво/потрібно вивчати)</p>	<p>Метою курсу спрямована на формування в студентів засобами навчання ТД і СФ цілісного бачення світу, науковому світогляду; виробленню здатності до: реалізації наукового підходу під час аналізу проблем оточуючого світу, методології наукового пізнання у навчально-пізнавальній діяльності; розвитку: загальнонавчальних умінь (аналізу, узагальненню, систематизації, моделюванню і ін.), абстрактно-логічного, теоретичного та критичного мислення; творчих здібностей на засадах фундаменталізації, міждисциплінарної інтеграції, інформатизації та професійної спрямованості навчання.</p>
<p>Компетентності</p>	<p>Інтегральна компетентність – здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в галузі середньої освіти, що передбачає застосування теорій та методів освітніх наук та природничих наук, фізики, хімії, біології і характеризується комплексністю та невизначеністю педагогічних умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.</p> <p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.  ЗК2. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).  ЗК3. Здатність діяти соціально відповідально та свідомості.  ЗК4. Здатність працювати в команді.  ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.  ЗК6. Здатність застосовувати набуті знання в практичних ситуаціях.  ЗК7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.  ЗК8. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.  ЗК10. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.</p> <p>Предметні (спеціальні фахові) компетентності:</p> <p>ФК1. Здатність використовувати систематизовані теоретичні та практичні знання з термодинаміки і статистичної фізики при вивченні Всесвіту і природи Землі як планети.  ФК2. Володіння математичним апаратом термодинаміки і статистичної фізики.  ФК8. Здатність до рефлексії та самоорганізації професійної діяльності.  ФК11. Здатність характеризувати досягнення природничих наук та їх ролі у житті суспільства; формування цілісних уявлень про природу, використання природничо-наукової інформації на основі оперування базовими загальними закономірностями природи</p>
<p>Програмні результати (Чому можна навчитися)</p>	<p>Знання:</p> <p>ПРН32. Демонструє знання та розуміння термодинаміки і статистичної фізики, взаємозв'язок квантової механіки в структурі природничих наук та з іншими науками;  ПРН33. Знає й розуміє математичні методи термодинаміки і статистичної фізики;</p> <p>Уміння:</p> <p>ПРНУ1. Аналізує природні явища і процеси, оперує базовими закономірностями природи на рівні сформованої природничо-наукової компетентності з погляду термодинаміки і статистичної фізики, їхніх теоретичних основ, теоретичних начал, принципів, а також на основі відповідних математичних методів.  ПРНУ3. Розв'язує задачі з термодинаміки і статистичної фізики різних рівнів складності.  ПРНУ4. Користується математичним апаратом термодинаміки і статистичної фізики, використання математичних методів, які застосовуються в термодинаміці і статистичній фізиці.  ПРНУ7. Уміє знаходити, обробляти та аналізувати інформацію з різних джерел, насамперед за допомогою інформаційних та хмарних технологій.  ПРНУ8. Самостійно вивчає нові питання термодинаміки і статистичної фізики за різноманітними інформаційними джерелами.</p>

	<p>ПРНУ11. Дотримується правових норм і законів, нормативно-правових актів України, усвідомлює необхідність їх дотримання.</p> <p>Комунікація:</p> <p>ПРНК1. Володіє основами професійної мовленнєвої культури при вивченні термодинаміки і статистичної фізики.</p> <p>ПРНК2. Пояснює фахівцям і не фахівцям стратегію сталого розвитку людства та екологічної безпеки і шляхи вирішення глобальних проблем людства.</p> <p>Автономія і відповідальність</p> <p>ПРНА1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності.</p> <p>ПРНА2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і власного здоров'я та оточуючих у освітньому процесі та позаурочній діяльності</p>
Зміст дисципліни	<p>ТЕМАТИКА ЛЕКЦІЙ</p> <p><u>Змістовний модуль I. ТЕРМОДИНАМІКА</u></p> <p>Тема 1. Вступ. 1 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Два методи дослідження макроскопічних процесів: феноменологічна термодинаміка і статистична фізика. Термодинамічні системи, параметри, рівновага.</li> <li>2. Загальність і обмеженість термодинамічного методу.</li> <li>3. Статистична фізика як основа теорії макроскопічних процесів і її роль у становленні матеріалістичних уявлень про будову речовини.</li> </ol> <p>Тема 2. Основні поняття термодинаміки. 1 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Термодинамічна рівновага. Нульове начало термодинаміки. Температура.</li> <li>2. Внутрішня енергія системи. Робота і теплота.</li> <li>3. Термічне і калоричне рівняння стану.</li> </ol> <p>Тема 3. Перший закон термодинаміки. 1 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перший закон термодинаміки.</li> <li>2. Теплоємність. Загальний вираз для зв'язку між <math>C_p</math> і <math>C_v</math> для простої системи (доведення).</li> </ol> <p>Тема 4. Другий закон термодинаміки. 2 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Різні формулювання 2 закону термодинаміки.</li> <li>2. Оборотні і необоротні процеси.</li> <li>3. Ентропія та абсолютна температура.</li> <li>4. Специфічність теплоти як форми енергії. Основне рівняння термодинаміки для рівноважних процесів.</li> <li>5. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану (<i>виведення</i>).</li> <li>6. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії.</li> </ol> <p>Тема 5. Третій закон термодинаміки. 1 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Третє начало термодинаміки. Теорема Нернста.</li> <li>2. Недосяжність абсолютного нуля.</li> </ol> <p>Тема 6. Методи термодинаміки. 2 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод циклів і метод термодинамічних потенціалів.</li> <li>2. Термодинамічні потенціали ідеального газу (внутрішня енергія, <i>вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія</i>). Рівняння Гіббса-Гельмгольца.</li> <li>3. Система зі змінним числом частинок. Хімічний потенціал.</li> </ol> <p><u>Змістовний модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА</u></p> <p>Тема 2. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи. 1 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Мікроскопічний опис макросистем і статистичний характер макропроцесів.</li> <li>2. Термодинамічна рівновага. Фазовий простір, фазова траєкторія, <math>\mu</math>-простір. Поняття статистичного ансамблю системи. Ергодична гіпотеза.</li> <li>3. Функція розподілу у фазовому просторі.</li> <li>4. Макроскопічні величини як фазові середні мікроскопічних змінних.</li> </ol> <p>Тема 2. Мікроканонічний і канонічний розподіли. 2 год.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зв'язок статистичного розподілу з адитивними законами збереження.</li> <li>2. Мікроканонічний розподіл в класичній статистиці</li> </ol>

3. Квазінезалежні підсистеми. Канонічний розподіл Гіббса та його одержання. Фізичний зміст модуля канонічного розподілу.	
Тема 4. Розподіл Максвелла-Больцмана.	2 год.
1. Розподіл Максвелла молекул за швидкостями та імпульсами як частковий випадок канонічного розподілу Гіббса. Молекула ідеального газу як квазінезалежна підсистема. Розподіл молекул за імпульсами і координатами.	
2. Розподіл молекул за швидкостями та енергіями. Найбільш імовірна, середньоарифметична та середньоквадратична швидкості молекул ідеального газу.	
3. Розподіл Больцмана як частковий випадок канонічного розподілу Гіббса. Барометрична формула.	
Тема 5. Розподіл Гіббса в квантовій статистиці.	2 год.
1. Канонічний розподіл Гіббса в квантовій статистиці.	
2. Статистична сума і статистична вага системи.	
3. Перехід від квантової статистики до класичної. Квазікласичний розподіл (метод квантових комірок).	
Тема 6. Великий канонічний розподіл.	1 год.
1. Система із змінним числом частинок. Хімічний потенціал. Великий канонічний розподіл.	
Тема 7. Обчислення термодинамічних потенціалів за допомогою канонічного розподілу.	1 год.
1. Обчислення основних термодинамічних величин (параметрів термодинамічної системи) за допомогою канонічного розподілу.	
2. Статистичний інтеграл для ідеального газу. Основні термодинамічні функції (внутрішня енергія, вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія) і рівняння стану ідеального газу. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.	
Тема 8. Принцип Больцмана. Статистичний зміст законів термодинаміки.	1 год.
3. Рівняння Гіббса-Гельмгольца.	
4. Статистичний зміст ентропії. Принцип Больцмана.	
5. Теплота і робота їх мікроскопічний зміст. Теплоємність.	
6. Перший принцип термодинаміки та одержання основного рівняння термодинаміки з канонічного розподілу Гіббса.	
7. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Статистичне обґрунтування третього принципу термодинаміки.	
8. Основні термодинамічні співвідношення для систем із змінним числом частинок.	
Всього:	18 год.
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ (18 год.):	
<u>Змістовний модуль I. ТЕРМОДИНАМІКА</u>	
Практичне заняття №1. Рівняння стану.	2 год.
В аудиторії: №№ 1 – 1; 2; 3; 4; 5; 6.	<a href="#">[8 (a)]</a>
Домашнє завдання: №№ 1 – 8; 9; 10; 11.	<a href="#">[8 (a)]</a>
<i>Запитання для самоконтролю:</i>	
1. Який розділ фізики називають термодинамікою?	
2. У чому полягає термодинамічний метод дослідження?	
3. У чому полягає статистичний метод дослідження?	
4. Що називають макроскопічною системою?	
5. Що називають макроскопічними параметрами?	
6. Як класифікують макропараметри? Навести відповідні приклади.	
7. Що називають мікроскопічними параметрами?	
8. Що називають функцією стану термодинамічної системи?	
9. Який стан термодинамічної системи називають рівноважним?	
10. Яке рівняння стану системи називають термічним?	
11. Яке рівняння стану системи називають колоричним?	
12. Що називають кількістю речовини, одиниці її вимірювання?	
13. Що називають відносною молекулярною масою речовини, одиниці її вимірювання?	
14. Що називають атомарною масою речовини, одиниці її вимірювання?	
15. Що називають сталою Авогадро, вказати її значення та одиниці її вимірювання?	

16. Що називають сталою Больцмана, вказати її значення та одиниці її вимірювання?
17. Що називають універсальною газовою сталою, вказати її значення та одиниці її вимірювання?
18. Записати термічне рівняння стану для ідеального газу. Пояснити зміст його параметрів.
19. Записати термічне рівняння Ван-дер-Ваальса для реального газу. Пояснити зміст його параметрів та поправочних коефіцієнтів.
20. Записати термічне рівняння Дітерічі для реального газу. Пояснити зміст його параметрів та поправочних коефіцієнтів.

Практичне заняття №2. Внутрішня енергія, робота і кількість теплоти. 2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 32; 34; 36; 42; 44; 45; 47. [\[8 \(a\)\]](#)

Домашнє завдання: №№ 1 – 38; 39; 48; 50. [\[8 \(a\)\]](#)

*Запитання для самоконтролю:*

1. Що називають повною енергією термодинамічної системи?
2. Що називають зовнішньою енергією термодинамічної системи?
3. Що називають внутрішньою енергією термодинамічної системи?
4. Сформулювати основні властивості внутрішньої енергії системи як функції стану.
5. Які види зміни внутрішньої енергії Вам відомі?
6. Які види теплопередачі Ви знаєте? Охарактеризувати їх.
7. Яка термодинамічна система вважається простою?
8. Що називають роботою термодинамічної системи? Вказати одиниці вимірювання.

Записати формулу.

9. Сформулювати основні властивості роботи як функції процесу.
10. Записати формулу для розрахунку елементарної роботи для простої системи.
11. Що називають кількістю теплоти термодинамічної системи? Вказати одиниці вимірювання. Записати відомі формули.
12. Що називають теплоємністю термодинамічної системи, одиниці її вимірювання?
13. Що називають питомою теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
14. Що називають молярною теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
15. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому об'ємі, вказати одиниці її вимірювання?
16. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому тиску, вказати одиниці її вимірювання?
17. Записати формулу Майєра.
18. Яку кількість ступенів вільності має одноатомна, двоатомна і трьохатомна молекули?
19. Який процес називають ізотермічним, ізобаричним, ізохоричним?

Практичне заняття №3. Теплоємність. Політропічні процеси. 2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 54; 55; 56; 57; 58; 59. [\[8 \(a\)\]](#)

Домашнє завдання: №№ 1 – 60; 61; 62; 63. [\[8 \(a\)\]](#)

*Запитання для самоконтролю:*

1. Що називають теплоємністю термодинамічної системи, одиниці її вимірювання?
2. Що називають питомою теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
3. Що називають молярною теплоємністю термодинамічної системи, вказати одиниці її вимірювання?
4. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому об'ємі, вказати одиниці її вимірювання?
5. Що називають молярною теплоємністю ідеального газу при сталому тиску, вказати одиниці її вимірювання?
6. Записати формулу Майєра.
7. Записати перший закон термодинаміки в диференціальній формі для простої системи.
8. Від яких макроскопічних параметрів залежить внутрішня енергія простої термодинамічної системи?
9. Сформулювати закон Джоуля для ідеального газу.

10. Записати інтегральний та диференціальний наслідок закону Джоуля для ідеального газу.
11. Який термодинамічний процес називають політропічним? Записати його рівняння. Що називають сталою політропи?
12. Який термодинамічний процес називають адіабатичним? Записати його рівняння. Що називають сталою адіабати?
13. Який термодинамічний процес називають ізотермічним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?
14. Який термодинамічний процес називають ізотермічним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?
15. Який термодинамічний процес називають ізохоричним? Записати його рівняння та зобразити графічно. Якого значення набуває стала політропи для такого процесу?

Практичне заняття № 4. ККД теплових двигунів.

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 92; 93; 94; 99; 100; 103.

[8 (a)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 95; 96; 97; 101.

[8 (a)]

*Запитання для самоконтролю:*

1. Дати різні формулювання другого закону термодинаміки?
2. Що називають ідеальною тепловою машиною? Намалювати схему.
3. Зобразити схематично вічний двигун першого роду.
4. Зобразити схематично вічний двигун другого роду.
5. Які процеси у природі називають оборотними, а які необоротними?
6. Який цикл теплової машини називають циклом Карно? Намалювати графік.
7. Сформулювати першу теорему Карно.
8. Сформулювати другу теорему Карно.
9. Як розраховується коефіцієнт корисної дії теплового двигуна?
10. Як розраховується коефіцієнт корисної дії теплового двигуна, що працює за циклом Карно?

Практичне заняття № 5. Метод циклів, ентропія та її зміна

2 год.

В аудиторії: №№ 1 – 126; 128; 130; 146; 148; 150.

[8 (a)]

Домашнє завдання: №№ 1 – 132; 135; 151; 153.

[8 (a)]

*Запитання для самоконтролю:*

1. Що називають ентропією у термодинаміці? Одиниці її вимірювання.
2. Яку характеристику називають абсолютною температурою? Записати відповідну формулу.
3. Записати другий закон термодинаміки у вигляді рівності Клаузіуса.
4. Записати основне рівняння термодинаміки.
5. Записати зв'язок між термічним і калоричним рівняннями стану.
6. Сформулювати закон зростання ентропії.
7. Записати основну термодинамічну нерівність.
8. Пояснити у чому полягає парадокс Гіббса.
9. Сформулювати третій принцип термодинаміки у вигляді теореми Нернста.
10. У чому полягає зміст методу циклів?
11. Записати перший закон термодинаміки у диференціальній формі.
12. Що являє собою мікро цикл Карно?
13. Як розрахувати коефіцієнт корисної дії теплової машини?
14. Як розрахувати роботу теплової машини, яку вона виконує за цикл, аналітично й графічно?
15. Який цикл вважають прямим, а який зворотнім?
16. Якого граничного значення може набути коефіцієнт корисної дії машини, яка працює за циклом Карно? Сформулювати відповідно до цього третій закон термодинаміки.

#### Змістовний модуль II. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Практичне заняття № 6. Фазовий простір. Канонічний розподіл Гіббса.

2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 2; 3; 7; 11; 15.

[8 (a)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 4; 5; 9; 12.

[8 (a)]

*Запитання для самоконтролю:*

1. Що являє собою статистична фізика як розділ науки?
2. У чому полягає статистичний метод дослідження фізичних явищ і процесів?

3. Як однозначно задати мікроскопічний стан системи?
4. Як однозначно задати макроскопічний стан системи?
5. Який стан системи називають рівноважним?
6. Що розуміють під часом релаксації?
7. Який простір називають фазовим?
8. Який простір називають  $\mu$ -простором?
9. Записати закон розподілу імовірностей для часової послідовності.
10. Що називають статистичним ансамблем?
11. Записати закон розподілу імовірностей для ансамблю систем.
12. У чому полягає сутність ергодичної гіпотези?
13. Що називають функцією статистичного розподілу?
14. Як задається імовірність того, що зображаюча точка попадає в елемент об'єму фазового простору?
15. Як, знаючи вигляд функції статистичного розподілу обчислити макропараметр термодинамічної системи?
16. Сформулювати теорему Ліувілля про збереження фазового об'єму?
17. Записати канонічний розподіл Гіббса, що він визначає? Пояснити зміст його параметрів.
18. Записати мікроканонічний розподіл Гіббса, що він визначає? Пояснити зміст його параметрів.
19. У чому різниця між мікро канонічним і макроканонічним розподілами Гіббса?

Практичне заняття № 7. Розподіли Максвелла і Больцмана.

2 год.

В аудиторії: №№ 2 – 20; 31; 36; 41; 51; 52.

[8 (a)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 21; 24; 42; 44.

[8 (a)]

*Запитання для самоконтролю:*

1. Охарактеризувати, що являє собою статистичний розподіл Максвелла?
2. Як розраховується нормована стала розподілу Максвелла?
3. Записати розподіл Максвелла за проекціями імпульсу молекули ідеального газу у декартовій системі координат. Охарактеризувати що він визначає.
4. Записати розподіл Максвелла за проекціями лінійних швидкостей молекули ідеального газу у декартовій системі координат. Охарактеризувати що він визначає.
5. Записати розподіл Максвелла за швидкостями молекули ідеального газу. Охарактеризувати що він визначає. Намалювати графік.
6. Як визначається найбільш імовірна швидкість молекул ідеального газу?
7. Як визначається середньоарифметична швидкість молекул ідеального газу?
8. Як визначається середньоквадратична швидкість молекул ідеального газу?
9. За допомогою яких експериментальних дослідів перевірявся розподіл Максвелла?
10. Який фізичний зміст статистичного розподілу Больцмана?
11. Які фізичні обмеження накладаються на статистичну систему, щоб її стан можна було б описати за допомогою розподілу Больцмана?
12. Що визначає розподіл Больцмана у випадку відсутності потенціального поля?
13. Записати розподіл Больцмана для молекул ідеального газу у полі тяжіння Землі.
14. Записати барометричну формулу, що вона визначає, які межі її застосування?

Практичне заняття № 8. Термодинамічні функції і рівняння стану класичного газу.

2 год

В аудиторії: №№ 2 – 62; 63; 64; 70.

[8 (a)]

Домашнє завдання: №№ 2 – 65; 66; 71; 75.

[8 (a)]

*Запитання для самоконтролю:*

1. Що являють собою термодинамічні величини з точки зору статистичної фізики?
2. Записати канонічний розподіл для класичних систем, пояснити, що він визначає.
3. Що називають інтегралом стану?
4. Записати умову нормування хвильової функції, пояснити зміст цієї умови?
5. Записати канонічний розподіл для квантових систем, пояснити, що він визначає.
6. Що називають статистичною сумою?
7. Що називають статистичною вагою?
8. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.

9. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у квантовому випадку, за допомогою статистичної суми.
10. Сформулювати мнемонічне правило Радускевича для відшукування зв'язків між термодинамічними функціями та параметрами термодинамічної системи.
11. Записати формулу для розрахунку вільної енергії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.
12. Записати формулу для розрахунку тиску ідеального газу, за допомогою інтегралу станів.
13. Записати рівняння стану класичного газу, за допомогою інтегралу станів.
14. Записати формулу для розрахунку термодинамічного потенціалу Гіббса системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.
15. Записати формулу для розрахунку ентальпії системи у класичному випадку, за допомогою інтегралу станів.

Практичне заняття № 9. Квантовий канонічний розподіл та функції розподілу. 2 год.  
 В аудиторії: №№ 2 – 76; 78; 80; 81; 96. [\[8 \(a\)\]](#)

Домашнє завдання: №№ 2 – 77; 79; 82; 95. [\[8 \(a\)\]](#)

*Запитання для самоконтролю:*

1. Які особливості мають квантові системи у порівнянні з класичними з точки зору статистичної фізики?
2. Що являє собою канонічний розподіл в квантовій статистиці?
3. Що називають статистичною сумою?
4. Що називають термодинамічною імовірністю макрос тану?
5. Сформулювати постулат рівноймовірності всіх мікро станів довільної ізольованої системи.
6. У чому полягає зміст методу квантових комірок?
7. Як для квантової системи із  $f$ -ступенями вільності пов'язаний елемент фазового об'єму з інтегралом мікро станів?
8. Записати канонічний розподіл Гіббса у квазікласичному наближенні.
9. Записати вигляд статистичної суми для квантового осцилятора.
10. Записати формулу для розрахунку середньої енергії лінійного квантового осцилятора.
11. Записати формулу для розрахунку внутрішньої енергії системи у квантовому випадку, за допомогою статистичної суми.
12. Як пов'язані між собою внутрішня енергія і теплоємність ідеального газу?
13. Записати квантовий розподіл Фермі-Дірака.
14. Записати квантовий розподіл Бозе-Ейнштейна.

Всього:

18 год.

ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ:

Модуль 1. ТЕРМОДИНАМІКА

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕРМОДИНАМІКА

Тема 1. Вступ.

*Історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії.*

Основні закони термодинаміки

Тема 3. Перший закон термодинаміки

*Основні термодинамічні процеси (політропічний, адіабатичний, ізотермічний) та їх рівняння. Зв'язок між коефіцієнтами пружності і теплоємностями.*

Тема 4. Другий закон термодинаміки

*Зростання ентропії при дифузії газів і парадокс Гіббса. Друге начало термодинаміки для нерівноважних процесів. Закон зростання ентропії. Цикл Карно і теореми Карно.*

Тема 5. Третій закон термодинаміки

*Хімічна спорідненість. Виродження ідеального газу.*

Тема 6. Методи термодинаміки

*Термодинамічні потенціали ідеального газу (вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія). Термодинамічні потенціали систем із змінним число частинок. Хімічний потенціал. Недоліки термодинамічного опису процесів.*



Тема 7. Умови рівноваги і стійкості термодинамічних систем  
*Загальні умови термодинамічної рівноваги і стійкості. Стійка рівновага адіабатичної ізольованої системи. Принцип максимуму ентропії. Критерії стійкості ізотермічних систем. Принцип ле Шательє-Брауна.*

Тема 8. Фазові переходи і критичні явища  
*Умови рівноваги двох фаз речовини та її стійкість. Класифікація фазових переходів. Фазові перетворення першого роду та умови рівноваги фаз в однокомпонентній системі. Крива рівноваги фаз. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Температурна залежність тиску насиченої пари. Критична точка. Рівновага трьох фаз речовини, потрійна точка. Поняття про фазові переходи другого роду. Критичні явища.*

Тема 9. Застосування термодинаміки  
*Ефект Джоуля-Томсона. Охолодження газу за умови його необоротного адіабатичного розширення. Зрідження реальних газів. Охолодження газу за умови його оборотного адіабатичного розширення. Термодинамічні функції магнетиків. Магнітне та ядерне охолодження.*

## Модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Змістовий модуль 2. СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Тема 1. Елементи теорії ймовірностей

*Випадкові події. Випадкові величини. Ймовірність. Густина ймовірності. Нормування ймовірностей. Теорема додавання і множення ймовірностей. Обчислення середнього значення випадкової величини. Дисперсія. Функція розподілу ймовірностей. Розподіл ймовірностей для значень випадкової фізичної величини. Формула Стірлінга.*

Основні поняття і принципи статистичної фізики.

Тема 2. Макроскопічний і мікроскопічний стани системи

*Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму.*

Розподіли Гіббса.

Статистична теорія ідеальних та неідеальних систем.

Т

Обчислення основних термодинамічних потенціалів (вільна енергія, термодинамічний потенціал Гіббса, ентальпія, параметрів термодинамічної системи) за допомогою канонічного розподілу.

Тема 9. Реальний газ

*Врахування взаємодії між молекулами. Статистичний інтеграл для реального газу. Рівняння стану реального одноатомного газу.*

Тема 10. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності і класична теорія теплоємності газу

*Вивід теореми із канонічного розподілу. Застосування теореми в класичній теорії теплоємностей. Результати класичної теорії теплоємностей і порівняння їх з експериментальними даними.*

Тема 11. Квантова теорія теплоємності ідеального газу

*Обчислення статистичної суми за станами однієї молекули. Поділ теплоємності на складові, які відповідають поступальному, коливальному і обертальному руху молекули. Обчислення складових теплоємностей і порівняння результатів з експериментальними даними.*

Квантова статистика ідеальних газів.

Тема 12. Розподіли Фермі і Бозе

*Різні моделі поведінки частинок. Модель Максвелла-Больцмана. Нерозрізненість частинок. Моделі Бозе-Ейнштейна і Фермі-Дірака. Вивід формул статистичних розподілів Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна із великого канонічного розподілу. Умови переходу до розподілу Гіббса (Максвелла-Больцмана), критерій виродження.*

Тема 13. Електронний газ у металах

*Вільні електрони в металах як вироджений Фермі-газ. Аналіз розподілу Фермі-Дірака. Характеристична температура. Розподіл електронів за швидкостями і енергіями. Внутрішня енергія і теплоємність виродженого електронного газу в металах.*

Тема 14. Вироджений Бозе-газ

*Ідеальний Бозе-газ при низьких температурах. Явище Бозе-конденсації. Поняття про надплинність і надпровідність.*

Тема 15. Фотонний газ

*Явище конденсації у виродженому Бозе-газі. Рівноважне випромінювання як фотонний газ. Опис властивостей фононного газу за допомогою статистики Бозе-Ейнштейна. Формула Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон зміщення Віна.*

Тема 16. Квантова теорія теплоємності твердих тіл

*Класична теорія. Теплоємність при низьких температурах. Модель Ейнштейна. Недоліки теорії Ейнштейна. Нормальні моди. Фонони. Модель Дебая. Температура Дебая. Вивід формули для теплоємності, виходячи із уявлень про фонони.*

Теорія флуктуацій

Тема 17. Флуктуації

*Поняття флуктуації. Розрахунок флуктуацій за допомогою канонічного розподілу Гіббса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації випромінювання. Флуктуації густини в газах. Молекулярне розсіяння світла та голубий колір неба.*

Тема 18. Броунівський рух

*Поняття про броунівський рух. Розрахунок середнього квадрата зміщення броунівської частинки, формула Ейнштейна-Смолуховського.*

Тема 19. Елементи теорії нерівноважних систем

*Кінетичні коефіцієнти. Принцип симетрії кінетичних коефіцієнтів Онзагера. Кінетичне рівняння Больцмана і принцип детальної рівноваги. Інтеграл зіткнень. Час релаксації і довжина вільного пробігу. Теплопровідність в газах, коефіцієнт дифузії. Теплопровідність і в'язкість газу. Виробництво ентропії. Ефект Зеебека, Пельтьє і Томсона.*

ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

1. Тестове завдання з термодинаміки:

Виконати 30 тестових завдань з теоретичних питань модуля 1 «Термодинаміка», розглянутих на лекціях в Goggle Forms Classroom курсу.

2. Тестове завдання із статистичної фізики:

Виконати 30 тестових завдань з теоретичних питань модуля 2 «Статистична фізика», розглянутих на лекціях в Goggle Forms Classroom курсу.

**КОНТРОЛЬНА РОБОТА:** виконується за варіантами, номер варіанта визначаються за номером студента в списку академічної групи і містить три задачі – дві з термодинаміки і одну із статистичної фізики. Завдання викладаються для викладання в Classroom курсу.

ІНТЕРАКТИВНІ ВПРАВИ

Виконати дві інтерактивні вправи «Термодинаміка» і «Статистична фізика» у Google Classroom з відповідних модулів програми дисципліни, винесених на самостійне опрацювання. Кожною вправою передбачено виконання 50 завдань на задану тему.

*Дидактичні особливості:*

- застосовано інструменти автоматичного оцінювання;
- з'ясовуються поняття, які потребують більше часу на вивчення;
- виявляються ті студенти, яким потрібна додаткова допомога;
- з'ясується статистика успішності для внесення коректив у форми і методи провадження освітньої діяльності в подальшому оновленні програми дисципліни.

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ:

№ з/п	Нумерація задач за посібником: Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2012. 428 с.				
1.	1-12.	1-26.	1-64.	1-82.	1-107.
	2-1	2-34	2-57	2-85	2-104
2.	1-13.	1-27.	1-65.	1-83.	1-108.
	2-6	2-35	2-58	2-86	2-105
3.	1-14.	1-28.	1-66.	1-84.	1-109.
	2-8	2-37	2-59	2-87	2-106
4.	1-15.	1-29.	1-67.	1-85.	1-110.
	2-13	2-38	2-60	2-88	2-107

\* завдання визначаються за номером студента в списку академічної групи, виконуються в окремому зошиті з детальним поясненням до кожної задачі не пізніше останнього тижня до початку заліково-екзаменаційної сесії

	<p>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</p> <p>Термодинаміка і статистична фізика</p> <p>Базова (а)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Єрмолаєв О. М., Рашба Г. І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки: Навчальний посібник. Х.: ХНУ, 2004. 516 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwftr">http://surl.li/pwftr</a></li> <li>2. Мороз І.О. Основи термодинаміки: навч. посібник. Суми (2009). 180 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfkd">http://surl.li/pwfkd</a></li> <li>3. Основи статистичної термодинаміки та елементи нанотермодинаміки. Практичні заняття зі статистичної фізики та термодинаміки. Частина 1 : навчальний посібник / І. О. Мороз, О. М. Завражна. Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 240 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfuy">http://surl.li/pwfuy</a></li> <li>4. Рубіш В.В. Конспект лекцій з курсу "Термодинаміка та статистична фізика". Ужгород, 2015. 155 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfhc">http://surl.li/pwfhc</a></li> <li>5. Статистична фізика: Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Коваль. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 82 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfec">http://surl.li/pwfec</a></li> <li>6. Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка. Основні принципи статистики та термодинаміки [Електронний ресурс]: навч. посіб. / С. О. Решетняк, В. Ф. Русаков. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 136 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffv">http://surl.li/pwffv</a></li> <li>7. Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. Умань: ПП «Жовтий», 2015. 132 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfdg">http://surl.li/pwfdg</a></li> <li>8. Термодинаміка і статистична фізика: навчальний посібник [для студ. фізик. спец. пед. вищ. закл.] / Волчанський О.В., Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В.Винниченка, 2012. 428 с. (Рекомендовано МОНмолодьспорту лист № 1/11-12975 від 08.08.12). Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwfew">http://surl.li/pwfew</a></li> </ol> <p>Допоміжна (б)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Подопрігора Н.В., Гур'євська О.М. Використання мнемотехнік у методиці навчання термодинаміки. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: педагогічна. 2012. Вип.81: Інновації в навчанні фізики: національний та міжнародний досвід. С. 223-225. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffyp">http://surl.li/pwffyp</a></li> <li>10. Теплохолодотехніка: навч. посібник / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, Масліков М.М., І.В. Іващенко, С.В. Барановська. К.: «Ліра-К», 2019. 258 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffpf">http://surl.li/pwffpf</a></li> <li>11. Термодинаміка і теплообмін. Частина І. Основи термодинаміки : навч. посіб. / В. В. Ємець, В. Г. Тягній. Харків : ХНУВС, 2023. 128 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffrg">http://surl.li/pwffrg</a></li> <li>12. Термодинаміка та теплопередача: навч. посібник / М.А. Приходько, Г.Г. Герасимов. Рівне (2008). 251 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffmi">http://surl.li/pwffmi</a></li> <li>13. Технічна термодинаміка і теплообмін : підручник / О. А. Вассерман, О. Г. Слинько. Одеса : Фенікс, 2019. 496 с. Режим доступу: <a href="http://surl.li/pwffsg">http://surl.li/pwffsg</a></li> </ol>
Критерії оцінювання роботи студентів	<p>Оцінювання проводиться за видами освітньої діяльності:</p> <p>Т – тестовий контроль Google-forms з теоретичних питань, винесених на лекції (2 теста з ТД і СФ – по 5 балів за кожен); В – інтерактивні вправи в Classroom з вивчення теоретичних питань, винесених на самостійне опрацювання (2 вправи з ТД і СФ – по 5 балів за кожен); ДЗ – виконання домашніх задач (9 домашніх завдань по 4 задачі – 0,5 бали за кожен); КР – контрольна робота (3 задачі по 2 бали за кожен); ІДЗ – виконання індивідуальних завдань (10 задач по 1 балу за кожен); Labster – виконання симуляторів на платформі Labster (3 симулятора по 2 бали за кожен).</p> <p>Оцінювання тестових завдань Google Form</p> <p>Оцінювання тестових завдань здійснюється відповідно до критеріїв і структури завдання (1 бал за кожен правильну відповідь з накопиченням за кількістю запитань тесту. Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий «відмінно», достатній «добре», середній «задовільно», низький «незадовільно»).</p> <p>Тестове завдання з термодинаміки передбачає виконання 30 завдань: Кількість балів за правильну відповідь = 1. Максимальна кількість балів за тест = 30, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 30 балів – високий рівень –</p>

"відмінно" , 25 балів – достатній рівень – "добре", 15 балів – середній рівень – "задовільно", 10 балів – низький рівень – "незадовільно" (з округленням у бік цілого).

Незадовільна оцінка потребує перескладання.

Тестове завдання із статистичної фізики передбачає виконання 30 завдань: Кількість балів за правильну відповідь = 1. Максимальна кількість балів за тест = 30, яка переводиться в оцінку, з округленням у бік цілого, в чотирибальну шкалу: 30 балів – високий рівень – "відмінно" , 25 балів – достатній рівень – "добре", 15 балів – середній рівень – "задовільно", 10 балів – низький рівень – "незадовільно" (з округленням у бік цілого). Незадовільна оцінка потребує перескладання.

Оцінювання інтерактивних вправ у Google Classroom враховує їхні дидактичні особливості:

- охопити питання курсу, винесені на самостійне опрацювання з двох тем «Термодинаміка» і «Статистична фізика»
- застосувати інструмент автоматичного оцінювання;
- визначати поняття, які потребують більше часу на вивчення;
- виявити студентів, яким потрібна додаткова допомога;
- з'ясувати статистику успішності та відкоригувати форми і методи провадження освітньої діяльності в подальшому плануванні занять.

Кожною вправою передбачено виконання 50 завдань на задану тему.

Кількість балів за симулятор вправу виставляється лише за умови виконання всіх її завдань (з прогресом 100%) за оцінкою автоматично визначеною вправою та переводиться в бали за чотирибальною школою:

- 90-100% - 5 балів – високий рівень «відмінно»
- 74-89% - 4 бали – достатній рівень «добре»
- 60-73% - 3 бали – середній рівень «задовільно»
- 1-59% - 0 балів – низький рівень «незадовільно»

Незадовільна оцінка передбачає перескладання.

Оцінювання домашніх завдань передбачає оцінювання розв'язку 4 задач за кожною темою практичного заняття – по 0,5 балу за кожну задачу. Максимальна кількість балів за тему – 2 бали, максимальна кількість балів за всі практичні роботи –  $9 \cdot 2 = 18$ .

Критерії оцінювання розв'язку однієї домашньої задачі:

0,5 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

0,4 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

0,3 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

Підсумкова кількість балів за виконану домашню роботу переводиться в оцінку за рівнями – високий (2 балів) «відмінно», достатній (1,6 балів) «добре», середній (1,2 балів) «задовільно», низький (0,6 і нижче балів) «незадовільно». Незадовільна оцінка потребує перескладання.

Оцінювання індивідуальних завдань передбачає оцінювання розв'язку 10 задач – по 1 балу за кожну задачу. Максимальна кількість балів: 10.

Критерії оцінювання розв'язку однієї задачі індивідуального завдання:

1 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

0,8 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

0,6 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий (10 балів) «відмінно», достатній (8 балів) «добре», середній (6 балів) «задовільно», низький (4 і нижче балів) «незадовільно». Незадовільна оцінка потребує перескладання.

Оцінювання контрольної роботи передбачає оцінювання розв'язування задач за варіантами – 2 задач з термодинаміки і 1 задачі із статистичної фізики – 2 бали за задачу. Максимальна кількість балів:  $2 \cdot 2 + 2 = 6$ .

Критерії оцінювання розв'язку однієї задачі контрольної роботи:

2 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

1,6 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

1,2 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

Підсумкова кількість балів переводиться в оцінку за рівнями – високий (6 балів) «відмінно», достатній (5 балів) «добре», середній (4 балів) «задовільно», низький (2 і нижче балів) «незадовільно». Незадовільна оцінка потребує перескладання.

При оцінюванні письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана правильно.

Оцінювання інтерактивних вправ Labster

Завданням передбачено виконання 6 симуляторів Labster на задану тему

Кількість балів за симулятор Labster виставляється лише за умови виконання завдання повністю (з прогресом 100%) через встановлення пропорційності за часткою визначеного симулятором кількості балів за чотирибальною шкалою:

90-100% - 5 балів – високий рівень «відмінно»

74-89% - 4 бали – достатній рівень «добре»

60-73% - 3 бали – середній рівень «задовільно»

1-59% - 0 балів – низький рівень «незадовільно»

Підсумкова кількість балів обраховується за формулою

Максимальна кількість балів за Labster =  $(L1+L1+L3+L4+L5+L6)/5 = 6$  балів

ОЦІНЮВАННЯ УСНИХ ВІДПОВІДЕЙ:

При оцінюванні усної відповіді студентом оцінюються:

- висвітлення логічно відповідає змісту питань курсу;
- знання фактів до визначених елементів теорії та їх узагальнення;
- знання й висвітлення експериментальних результатів;
- знання принципів і постулатів;
- уміння пов'язувати зміст питань з різних тем курсу;
- виражати власну точку зору щодо аналізу елементів курсу та наукового світогляду людства;
- вміння застосувати знання в новій ситуації.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ НА ЕКЗАМЕНІ

Підсумкове оцінювання на екзамені обраховується як сума балів за виконані завдання в екзаменаційному білеті. Зміст екзаменаційних білетів складається з теоретичного і практичного складників (2 теоретичних питань за програмою курсу – одного з термодинаміки, і одного із статистичної фізики – 5 балів за кожне  $(5+5) \times 2 = 20$  балів; 1 практичне завдання з розв'язування задачі – 5 балів  $\times 4 = 20$  балів. Усього 40 балів).

Оцінювання теоретичного питання:

5 балів ставиться тоді, коли студент: виявляє правильне розуміння фізичного змісту розглянутих явищ і закономірностей, законів і теорій, дає точне визначення і тлумачення основних понять, законів і теорій, а також правильне визначення фізичних

величин буде відповідь за власним планом, супроводжує розповідь власними прикладами, вміє застосувати знання в новій ситуації; може встановити зв'язок між матеріалом, що вивчається, і раніше вивченим.

4 бали студент одержує в разі неповного відтворення відповіді, пов'язане з випущенням або нерозумінням одного-двох положень, постулатів, принципів і невмінням визначити їх за довідниками, посібниками.

3 бали оцінюється відповідь, у якій лише відтворено основні постулати й принципи, на яких ґрунтується зміст відповідей без математичного виведення лише фрагментарним описом окремих елементів.

У 0 балів оцінюється відповідь, що складають логічно не зв'язані фрагментарні відомості, які не дозволяють судити про розуміння суті відповіді; відсутність знань законів, постулатів і їх математичних виразів.

Оцінювання завдань з розв'язування задачі:

5 балів ставиться тоді, коли студент вільно володіє теоретичним матеріалом (законами, формулами), що проявляється у самостійному розв'язку задач на 4 й більше й більше логічних кроків, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

4 бали ставиться тоді, коли студент засвоїв теоретичний матеріал, може самостійно розв'язувати задачі на 4 й більше логічних кроків репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

3 бали ставиться тоді, коли студент вміє розв'язувати задачі і вправи на 1-3 кроки репродуктивного характеру, зводить значення фізичних величин до єдиної системи вимірювання, робить перевірку одиниць вимірювання шуканої фізичної величини.

В усіх останніх випадках ставиться відповідь оцінюється у 0 балів.

При оцінюванні письмових робіт враховується частка завдання, яка виконана правильно.

Оцінювання завдань для підвищення рейтингу (до 10 балів):

За проходження одного онлайн курсу (тривалістю не менше ніж 5 тижнів) та отримання сертифікату про його завершення на одній з міжнародних онлайн-платформ Coursera, Udemu або Edx передбачено врахування 10 балів, які корелюють підсумкову кількість балів за семестр до 60 балів (до початку заліково-екзаменаційної сесії).

РОЗПОДІЛ БАЛІВ (ПОТОЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ)

Теоретичний блок: виконання тестових завдань Т			
Т-ТД	Т-ТСФ	В-ТД	В-СФ
5	5	5	5

Т-ТД – тестове завдання з термодинаміки; Т-СФ – тестове завдання із статистичної фізики; В-ТД – інтерактивна вправа з термодинаміки; В-СФ – інтерактивна вправа із статистичної фізики

Практичний блок: СБ – середній бал за практичні заняття; ДЗ – виконання домашніх задач; КР – контрольна робота за варіантами; ІДЗ – виконання індивідуальних завдань			
ДЗ	КР	ІДЗ	Labster
18	6	10	6

Кількість балів за результатом поточного контролю (до екзамену) шляхом додавання накопичених балів, що у підсумку максимально дорівнює: 60 балів

Додатково можна отримати 10 балів для підвищення рейтингу за проходження онлайн-курсу на одній з міжнародних онлайн-платформ, на яких університет має право адміністрування (Coursera, EDx, Udemu for Business), за умови погодження теми, термінів та тривалості курсу з викладачем та представити сертифікат про його завершення. Завдання для підвищення рейтингу до 10 балів, які корелюють підсумкову кількість балів за семестр до початку екзамену до 60 балів.

ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ НА ЕКЗАМЕНІ обраховується як сума балів за виконані завдання в екзаменаційному білеті. Зміст екзаменаційних білетів складається з теоретичного і практичного складників (2 теоретичних питань за програмою курсу – одного з термодинаміки, і одного із статистичної фізики– 5 балів за кожне (5+5)×2=20

балів; 1 практичне завдання з розв'язування задачі – 5 балів×4=20 балів. Усього 40 балів).

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену
90 – 100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу  
(правила поведінки)

*Вимоги щодо відвідування занять, виконання завдань тощо:*

- Присутність та активна участь на заняттях

- Своєчасне та якісне виконання завдань

Очікується, що здобувачі освіти відвідуватимуть заняття.

Під час відвідування занять очікується дотримання [Правил внутрішнього трудового розпорядку в ЦДУ ім. В. Винниченка](#) та етичних норм поведінки відповідно до [Етичного кодексу університетської спільноти в ЦДУ ім. В. Винниченка](#).

Очікується, що здобувачі дотримуватимуться строків виконання всіх видів робіт, передбачених курсом. За несвоєчасно подані роботи / завдання (з порушенням визначених строків) знижуватимуться бали.

Якщо здобувач не відпрацював пропущені навчальні заняття, не виправив оцінки 0,1,2 отримані на заняттях, не виконав завдання самостійної роботи та поточного контролю або виконав менше ніж на 60% від максимальної кількості балів, виділених на цей вид роботи, він вважається таким, що має академічну заборгованість за результатами поточного контролю.

Пропущені заняття здобувач має відпрацювати. За відпрацьовані заняття нараховуються бали достатнього (3), високого (4) та високого рівня (5) відповідно до критеріїв оцінювання відповідного завдання.

Очікується, що здобувачі освіти не будуть запізнюватися на заняття, а мобільні телефони під час занять використовуватимуть лише з освітньою метою.

Під час організації занять з використанням технологій дистанційного навчання (із використанням платформ для відеоконференцій) очікується, що здобувачі працюватимуть на заняттях з увімкненою веб камерою

*Вимоги щодо академічної доброчесності:*

- Не списувати

- Формування та формулювання авторської позиції однієї і тої ж самої теми різними студентами академічної групи

Дотримання академічної доброчесності регулюється [ЕТИЧНИМ КОДЕКСОМ університетської спільноти в Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка](#)

Враховуючи нульову толерантність до вияву академічної недоброчесності, очікується, що роботи здобувачів будуть містити їхні оригінальні міркування.

Вияви недоброчесності:

✓ відсутність покликань на використані джерела,

✓ фабрикування джерел списування,

✓ втручання в роботу інших здобувачів,

✓ списування під час занять та виконанні завдань, підготовки до них, самостійної роботи тощо.

- Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмових роботах здобувачів та фактів списування є підставою для їхнього не зарахування викладачем (незалежно від масштабів плагіату чи обману)

Інформаційне

Google Classroom в корпоративному домені @cuspu.edu.ua:

забезпечення	<a href="https://classroom.google.com/c/NjU4MDA2ODM0Njgz?cjc=y6wto5b">https://classroom.google.com/c/NjU4MDA2ODM0Njgz?cjc=y6wto5b</a> Код класу: <b>y6wto5b</b> Meet для відео зустрічі в Classroom: <a href="https://meet.google.com/sjj-azra-xvr">https://meet.google.com/sjj-azra-xvr</a>
Матеріально-технічне забезпечення	<i>Навчання: за розкладом, визначеним деканатом факультету Засоби навчання: смартфон або комп'ютер, доступ до мережі інтернет, наукова література за програмою курсу в бібліотеці університету або на відкритих онлайн ресурсах Інтернету, презентаційні матеріали в Classroom курсу</i>