

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретичної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан фізичного факультету
Володимир ЛАЗУР
«28» *березня* 2024 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.08 Середня освіта. Фізика
Освітня програма	Фізика. Інформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська


Ужгород 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» для здобувачів вищої освіти галузі знань 01 Освіта/Педагогіка спеціальності 014 Середня освіта предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика) освітньої програми Фізика. Інформатика.

Розробники: Рубіш В.В. – кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри теоретичної фізики.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *теоретичної фізики*

протокол № 10 від «27» червня 2024р.

Завідувач кафедри  Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 8 від «28» червня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Василь РУБИШ

© Рубіш В.В., 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	4-й	
Кількість модулів – 4	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3/5 самостійної роботи студента – 3/5	7-й	8-й
	Лекції:	
	34	30
	Практичні (семінарські):	
	18	22
	Лабораторні:	
Вид підсумкового контролю: залік та екзамен		
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	53	53

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» є онайомлення студентів спеціальності «014.08 Середня освіта. Фізика» з сучасними уявленнями про основні методи статистичного і термодинамічного (феноменологічного) опису властивостей рівноважних і нерівноважних макроскопічних систем, що складаються з великого числа частинок, а також формування у студентів знань і умінь моделювання фізичних процесів у таких системах та використання їх при викладанні фізики у середній школі.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ІК – бути здатними ефективно працювати в трьох областях (педагогіка, психологія, фізика та інформатика), що перетинаються; працювати з інформацією і знаннями з освітніх проблем; працювати із своїми колегами, учнями, практикантами, іншими колегами та партнерами в освіті, що включає в себе здатність аналізувати складні ситуації, що стосуються навчання фізики та інформатики; робота із спільнотою – на місцевому, регіональному, національному рівнях, включаючи розвиток відповідних професійних цінностей і здатності осмислювати результати навчання;

ЗК 1 – використовуючи основні досягнення української та світової культури, уміти аналізувати минулі й сучасні надбання культури, проблеми й тенденції розвитку України та світового суспільства;

ЗК 2 – досягнення необхідних знань і розуміння ролі фізики та інформатики в суспільстві з метою адекватної роботи за майбутніми професіями та врахування її впливу на соціальні проблеми;

ФК 1 – здатність ефективно застосовувати методи і прийоми педагогіки та психології при навчанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах;

ФК 2 – володіти глибокими знаннями фундаментальних фізичних законів, явищ і процесів на всіх структурних рівнях організації матерії;

ФК 7 – здатність використовувати теоретичні знання й практичні навички організації та проведення науково-педагогічних досліджень для здійснення навчально-виховного процесу у загальноосвітній школі;

ФК 9 – здатність розвивати науковий світогляд учнів, формувати їх методологічну культуру та використовувати культурні надбання українського народу в процесі освітньої діяльності

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» є опанування таких навчальних дисциплін освітньої програми:

- ОК 5 Математичний аналіз;
- ОК 6 Аналітична геометрія і вища алгебра;
- ОК 8 Фізичні основи механіки;
- ОК 9 Молекулярна фізика;
- ОК 10 Електрика і магнетизм;
- ОК 15 Теоретична механіка;
- ОК 17 Квантова механіка.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «014.08 Середня освіта. Фізика», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	Шифр ПРН
Знати основи наукових досліджень, педагогічної майстерності, методики розвитку особистості учня, студента.	ПР 1
Знати основи загальнотеоретичних дисциплін, необхідні для розв'язання педагогічних, науково-методичних і організаційно-управлінських завдань.	ПР 2
Знати математичні методи аналізу та опису процесів і систем.	ПР 5
Знати методику викладання фізичних та інформаційних дисциплін, методику виховної роботи, інноваційні та інформаційно-комунікаційні технології навчання.	ПР 6
Володіти комп'ютерними методами аналізу та обробки інформації і використовувати ці результати у професійній діяльності.	ПР 17
Вивчення, аналіз, узагальнення та поширення передового педагогічного досвіду, систематичне підвищення професійної кваліфікації.	ПР 22

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Розуміє фундаментальні принципи термодинамічного та статистичного методів опису явищ, які протікають в системах, що складаються з великого числа частинок, ознайомлений із сучасними дослідженнями в галузі статистичної фізики, використовує аналогії і моделі при поясненні термодинамічних явищ, постійно працює над розвитком і стимулюванням критичного мислення учнів.	ПР 1
Вміє пояснити суть основних положень та законів термодинаміки і статистичної фізики на уроках фізики, зокрема, володіти ефективними методами навчання для пояснення складних фізичних понять (таких як ентропія, закон збереження енергії, фазові переходи), використовувати комп'ютерне моделювання, анімацію та експерименти для візуалізації термодинамічних процесів та кращого їх розуміння учнями.	ПР 2
Вміє застосовувати основні результати теорії диференціального та інтегрального числення функції однієї та багатьох змінних, варіаційні принципи для знаходження рівноважних станів, методи теорії ймовірностей, статистичні методи та розподіли.	ПР 5
Володіє методикою викладання фізики, зокрема, термодинаміки і молекулярної фізики в закладах загальної середньої освіти, методикою виховної роботи на уроках фізики, спрямованої на формування наукового світогляду учнів та розвиток їх логічного мислення, використовує комп'ютерне моделювання для симуляції термодинамічних явищ.	ПР 6
Вміє будувати прості моделі фізичних явищ та проводити їх дослідження методами статистичної термодинаміки з використанням комп'ютерних методів аналізу та обробки інформації і давати на основі них якісну фізичну інтерпретацію результатів експериментальних досліджень фізичних систем.	ПР 17
Постійно підвищує свою професійну кваліфікацію з метою впровадження нових педагогічних методик на уроках фізики.	ПР 22

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль,
- залік, екзамен.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: поточне оцінювання та виконання модульної контрольної роботи у письмовій формі, сумарний результати яких оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік та екзамен. До заліку або екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи у відповідному семестрі.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	80	100
4	4	4	4	4		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна контрольна робота	Сума
T6	T7	T8	T9	T10	T11	80	100
4	3	4	3	3	3		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T12	T13	T14	T15	T16	80	100
4	4	4	4	4		

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна контрольна робота	Сума
T17	T18	T19	T20	T21	80	100
4	4	4	4	4		

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3		Модуль 4	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Письмова перевірка знань при тематичному оцінюванні	2	20	2	20	2	20	2	20
Модульна контрольна робота	1	80	1	80	1	80	1	80
Разом	3	100	3	100	3	100	3	100

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитаннях. Максимальна кількість балів, що виставляється здобувачу вищої освіти за виконання контрольної роботи складає 80 балів.

71 – 80 балів виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту;

вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту;

глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії;

високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Робота виконана на 80 балів демонструє наявність у студента творчих здібностей.

61 – 70 балів виставляється, коли студент письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму відповідного модуля. У відповідях можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей.

31 – 60 балів виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми модуля. У відповідях можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

0 – 30 балів виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу модуля, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, або не з'явилися на модульну контрольну роботу вважаються такими, що одержали 0 балів незалежно від причини невиконання (неявки).

Сумарна оцінка (від 0 до 100 балів) за модуль виставляється у відомість модульного контролю. Модуль зараховується, якщо сумарний бал складає не менше 60 балів, і виконані та зараховані всі завдання, які є складовими модуля.

Здобувач, який не з'явився на модульну контрольну роботу, або ж його модульна оцінка складає від 0 до 34 балів, повинен до проведення підсумкового семестрового контролю покращити цю оцінку принаймні до показника не менше 35 балів у строки, визначені викладачем дисципліни. Без такого покращення він до семестрового контролю не допускається.

Підсумкова модульна оцінка з даної навчальної дисципліни визначається як середнє арифметичне результатів двох модульних контролів та виставляється у відомість модульного контролю за 100-бальною шкалою, шкалою ЄКТС та національною шкалою (див. табл. «Шкала оцінювання: національна та ECTS»).

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік та екзамен проводиться в усній формі. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 4-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення екзамену було виявлено:

1. Наявність у студента всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння студента в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння студентом взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості студента з питань курсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях студентів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли студент відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму курсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Студент спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли студент дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми курсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за відповідь, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його відповідях є як принципові, так і грубі помилки.

Переведення результатів, отриманих за національною 4-х бальною шкалою у 100-бальну шкалу оцінювання в та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен та диференційований залік	Залік
90 – 100	A	відмінно	Зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано

0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	
------	---	--	--

Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незараховано» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни і скласти екзамен.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до екзаменаційної (залікової) відомості.

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

СЕМЕСТР 7

Модуль 1

Тема 1. Вступ.

Предмет статистичної фізики і термодинаміки. Макро і мікроопис. Термодинамічний та статистичний методи дослідження макросистем.

Тема 2. Опис макроскопічної системи за допомогою термодинамічних величин.

Макроскопічні параметри та макростан системи. Зовнішні і внутрішні параметри. Термічне і калоричне рівняння. Стан термодинамічної рівноваги. Рівноважні і нерівноважні процеси. Постулати і начала термодинаміки. Ентропія, абсолютна температура. Основне рівняння і основна нерівність термодинаміки. Зв'язок між термічним і калоричним рівняннями. Основні ТД процеси і їх рівняння для ідеального газу.

Тема 3. Термодинамічні цикли.

Цикл Карно і теореми Карно. Абсолютна шкала температур. Третє начало термодинаміки і наслідки з нього.

Тема 4. Термодинамічні потенціали.

Метод циклів і метод термодинамічних потенціалів. Вільна енергія, енергія Гіббса, ентальпія. Охолодження газів. Процес Джоуля-Томсона.

Тема 5. Термодинаміка систем із змінним числом частинок.

Системи із змінним числом частинок. Хімічний потенціал та великий термо-динамічний потенціал. Термодинамічні потенціали складних систем. Стержень у зовнішньому магнітному полі. Явище магніострикції та п'єзомагнітний ефект. Магнітне охолодження.

Модуль 2

Тема 6. Застосування термодинамічних функцій для вивчення умов рівноваги.

Загальні умови термодинамічної рівноваги. Гетерогенні системи. Рівновага в двофазній однокомпонентній системі. Крива фазової рівноваги. Критична точка. Правило фаз Гіббса.

Тема 7. Умови рівноваги в системі «тверде тіло – рідина» та «рідина – газ».

Поверхневі явища. Механічна рівновага для сферичної поверхні. Зародки нової фази. Критичний радіус краплі. Рівняння Ван-дер-Ваальса і фазова рівновага. Правило Максвелла. Закон відповідних станів.

Тема 8. Класифікація фазових переходів.

Класифікація фазових переходів. Рівняння Клаузіуса для фазових переходів I-роду. Фазовий перехід рідина-пара. Рівняння Еренфеста для фазових переходів II-роду. Фазовий перехід провідник-надпровідник.

Тема 9. Рівновага в багатокомпонентних системах.

Рівновага в гомогенній системі. Закон діючих мас. Рівняння Вант-Гоффа. Закон розведення Оствальда. Формула Саха для теплової іонізаційної рівноваги.

Тема 10. Основні положення термодинаміки нерівноважних систем.

Локальна рівновага. Потоки і термодинамічні сили. Лінійні процеси. Перехресні ефекти. Співвідношення взаємності Онсагера. Рівняння балансу і закони збереження. Принцип Ле-Шательє.

Тема 11. Термоелектричні явища.

Термоелектричні явища. Ефект Зеебека, ефект Пелтьє, ефект Томсона.

СЕМЕСТР 8

Модуль 3

Тема 12. Основні поняття статистичної фізики.

Опис багаточастинкової системи в класичній механіці. Система рівнянь Гамільтона. μ - і Γ - фазові простори. Фазова траєкторія. Мікростан і макростан системи. Статистичні ансамблі і статистичні функції розподілу. Теорема Ліувілля. Рівноважний статистичний ансамбль. Статистичне середнє.

Тема 13. Закони статистичного розподілу.

Чисті і змішані квантові стани. Матриця густини. Ергодична гіпотеза. Основна гіпотеза статистичної фізики. Мікроканонічний розподіл. Статистична вага і ентропія. Ідеальний газ.

Тема 14. Канонічний розподіл Гіббса.

Канонічний розподіл Гіббса. Статистична сума і вільна енергія. Великий канонічний розподіл. Велика статистична сума і термодинамічний потенціал. Термічне і калоричне рівняння ідеального газу. Парадокс Гіббса. Розподіли Максвелла і Максвелла-Больцмана. Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії по степеням вільності і теорема віріала.

Тема 15. Розподіли Бозе та Фермі.

Квантова статистика тотожних частинок. Статистика Бозе-Ейнштейна і статистика Фермі-Дірака. Перехід до класичної статистики Максвелла-Больцмана.

Тема 16. Поведінка вироджених газів.

Умови виродження газів. Вироджений фермі-газ. Електронний газ в металах. Вироджений бозе-газ. Бозе-конденсація.

Модуль 4

Тема 17. Класична теорія теплоємності.

Класична теорія теплоємності кристалічної ґратки. Закон Дюлонга-Пті. Класична теорія теплоємності двоатомного ідеального газу.

Тема 18. Деякі застосування квантової статистики.

Рівноважне випромінювання і формула Планка. Теорія Ейнштейна і теорія Дебая теплоємності ґратки. Квантова теорія теплоємності двоатомного ідеального газу.

Тема 19. Теорія флуктуацій.

Флуктуації основних термодинамічних величин. Кореляції. Формула Ейнштейна. Метод Гіббса.

Тема 20. Стохастичні процеси.

Випадкові стаціонарні марківські процеси. Рівняння Смолюховського. Рівняння Фоккера-Планка. Фізичні характеристики броунівського руху. Коефіцієнти переносу. Теплові шуми і формула Найквіста.

Тема 21. Кінетичні рівняння.

Кінетичне рівняння Больцмана. Н-теорема Больцмана. Релаксаційне наближення. Електропровідність електронного газу.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
7-й семестр						
Модуль 1						
Тема 1. Вступ	8	2	2			4
Тема 2. Опис макроскопічної системи за допомогою термодинамічних величин.	8	2	2			4
Тема 3. Термодинамічні цикли.	8	2	2			4
Тема 4. Термодинамічні потенціали.	11	4	1			6
Тема 5. Термодинаміка систем із змінним числом частинок.	9	4	1			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	45	14	9	0	0	22
Модуль 2						
Тема 6. Застосування термодинамічних функцій для вивчення умов рівноваги.	12	4	2			6
Тема 7. Умови рівноваги в системі «тверде тіло – рідина» та «рідина – газ».	10	4	2			4
Тема 8. Класифікація фазових переходів.	9	4	1			4
Тема 9. Рівновага в багатокomпонентних системах.	8	4	2			2
Тема 10. Основні положення термодинаміки нерівноважних систем.	10	2	1			7
Тема 11. Термоелектричні явища.	10	2				8
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	60	20	9	0	0	31
Разом за семестр	105	34	18	0	0	53
8-й семестр						
Модуль 3						
Тема 12. Основні поняття статистичної фізики.	8	2	2			4
Тема 13. Закони статистичного розподілу.	6	2	2			2
Тема 14. Канонічний розподіл Гіббса.	20	6	4			10
Тема 15. Розподіли Бозе та Фермі.	12	4	4			4

Тема 16. Поведінка вироджених газів.	12	4	4			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	59	18	17	0	0	24
Модуль 4						
Тема 17. Класична теорія теплоємності.	10	2	2			6
Тема 18. Деякі застосування квантової статистики.	10	4				6
Тема 19. Теорія флуктуацій.	10	2	2			6
Тема 20. Стохастичні процеси.	8	2				6
Тема 21. Кінетичні рівняння.	7	2				5
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	46	12	5	0	0	29
Разом за семестр	105	30	22	0	0	53
Разом за рік	210	64	40	0	0	106

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
Семестр 7		
1	Основні поняття і вихідні положення термодинаміки	2
2	Термодинамічні коефіцієнти	2
3	Термодинамічні цикли	2
4	Термодинамічні потенціали. Метод якобіанів	2
5	Процес Джоуля-Томсона для газу Ван-дер-Ваальса	2
6	Критичний радіус краплі.	2
7	Умови термодинамічної рівноваги	4
Модульні контрольні роботи		2
Разом за семестр 7		18
Семестр 8		
8	Функції розподілу. Математичні додатки	4
9	Класичний розподіл Максвелла-Больцмана	4
10	Розподіл Бозе-Енштейна	4
11	Вироджений фермі-газ	4
12	Теорія Енштейна і теорія Дебая теплоємності ґратки.	2
13	Флуктуації термодинамічних величин	2
Модульні контрольні роботи		2
Разом за семестр 8		22
Разом за рік		40

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
Семестр 7		
1	Термодинамічний та статистичний методи дослідження макросистем	4
2	Основні ТД процеси і їх рівняння для ідеального газу	4
3	Цикл Карно. Абсолютна шкала температур	4
4	Застосування процесу Джоуля-Томсона для охолодження газів	4

5	Магнітне охолодження	6
6	Потрійна точка	4
7	Закон відповідних станів	4
8	Фазовий перехід провідник-надпровідник	4
9	Формула Саха для теплової іонізаційної рівноваги	4
10	Рівняння балансу і закони збереження. Принцип Ле-Шательє	7
11	Термоелектричні явища	8
Разом за семестр 7		53
Семестр 8		
12	Рівноважний статистичний ансамбль. Статистичне середнє	4
13	Чисті і змішані квантові стани. Матриця густини	4
14	Теорема про рівномірний розподіл кінетичної енергії по степеням вільності і теорема віріала	6
15	Перехід до класичної статистики Максвелла-Больцмана	4
16	Бозе-конденсація	6
17	Класична теорія теплоємності двоатомного ідеального газу	6
18	Квантова теорія теплоємності двоатомного ідеального газу	6
19	Формула Ейнштейна. Метод Гіббса	6
20	Фізичні характеристики броунівського руху. Коефіцієнти переносу. Теплові шуми і формула Найквіста.	6
21	Релаксаційне наближення. Електропровідність електронного газу.	5
Разом за семестр 8		53
Разом за рік		106

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: Мультимедійний проектор Epson EB-X05 з екраном EliteScreens.

Обладнання: Ноутбук Lenovo V15-ADA (AMD Ryzen 3, RAM 8GB, SSD 256GB).

Програмне забезпечення: Windows 10.

Інформаційні технології та засоби онлайн навчання: система електронного навчання

Moodle <https://moodle.uzhnu.edu.ua>, корпоративна електронна пошта УжНУ;

електронний репозитарій ДВНЗ «УжНУ» <https://dspace.uzhnu.edu.ua>,

сайт УжНУ <https://www.uzhnu.edu.ua>, інформаційні ресурси в мережі Інтернет.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Венгер С.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи теоретичної фізики. – Київ: Вища школа, 2011. – 430 с.
2. Рубіш В. В. Конспект лекцій з курсу «Термодинаміка та статистична фізика»: навчальний посібник. / В.В. Рубіш. – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. – 152 с. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/37789>
3. Решетняк С. О. Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка. Основні принципи статистики та термодинаміки [Електронний ресурс]: навчальний посібник. / С. О. Решетняк, В. Ф. Русаков. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 136 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/items/8d3d0a9c-214f-4a92-aeb8-a15cc3f19fe0>

4. Гомонай О.В., Філін Д.В., Кравцов О.В. Сто задач з термодинаміки та статистичної фізики. Навчальний посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 41 с.
5. Андреев В. О., Пінкевич І.П. Термодинаміка та статистична фізика. Конспект лекцій. Частина 1. – Київ: Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, 2023. – 82 с.
6. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Основи термодинаміки. Навчальний посібник для студентів фізичних та інженерно-фізичних факультетів університетів. – Київ: Видавничий центр «Київський університет», 2004. – 165 с.

Допоміжна література

1. Дудик М.В. Термодинаміка і статистична фізика (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. / М.В. Дудик. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 132 с.
2. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Том 2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. – Київ: Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Приходько М.А. Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 250 с.
4. Дубровська В.В., Шкляр В.І. Термодинаміка та теплообмін. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ«КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с.
5. Srivastava R.K., Ashok J. Statistical Mechanics –New Delhi: M.Sc-Master of Science Books by PHI Learning, 2010 – 225 p.
6. Dorlas T.C. Statistical Mechanics. Fundamentals and Model Solutions. – CRC Press, 2021. – 347 p.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Introduction to Statistical Mechanics – Режим доступу:
<https://web.stanford.edu/~peastman/statmech/#>

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).
(потрібно підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).
(потрібно підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).
(потрібно підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20__ / 20__ н.р. без змін; зі змінами (Додаток __).
(потрібно підкреслити)

протокол № __ від «__» _____ 20__ р. Завідувач кафедри _____
(підпис) (Прізвище ініціали)