

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



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан фізичного факультету

В.Ю. Лазур
_____/Лазур В.Ю./
«30» _червня_ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Рівень вищої освіти	бакалавр
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Ужгород 2022

Робоча програма навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **104 Фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.

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

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

протокол № 11 від «23» червня 2022р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «30» червня 2022 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

© Рубіш В.В., 2022 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2022 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	
Кількість кредитів ЄКТС – 7,5	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 225	4-й	
Кількість модулів – 4	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,1/4,4 самостійної роботи студента – 2,2/5,7	7-й	8-й
	Лекції:	
	34	36
	Практичні (семінарські):	
	20	22
	Лабораторні:	
Вид підсумкового контролю: залік та екзамен		
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	56	57

2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і статистична фізика» є ознайомлення студентів спеціальності «104 Фізика та астрономія» 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 формування сучасного наукового світогляду.

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

ПК – здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

К 01 – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

К 02 – здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

К 03 – навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

К 16 – знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії;

К 17 – здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів;

К 20 – здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв’язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем;

К 21 – здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси;

К 24 – здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації;

К 25 – здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

ОК 5 Механіка з елементами теорії відносності;

ОК 6 Термодинаміка і молекулярна фізика;

ОК 7 Електрика і магнетизм;

ОК 12 Математичний аналіз;

ОК 13 Аналітична геометрія і вища алгебра;

ОК 14 Диференціальні та інтегральні рівняння;

ОК 15 Теоретична механіка;

ОК 17 Квантова механіка.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

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

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу,	ПР 01

тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.	
Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.	ПР 02
Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці та астрономії: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.	ПР 04
Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.	ПР 05
Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії.	ПР 06
Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.	ПР 11
Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.	ПР 23

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Електродинаміка та теорія поля»:

Очікувані результати навчання з дисципліни	Шифр ПРН
Здобувач має вміти застосовувати фізичні та математичні принципи термодинаміки та статистичної фізики до аналізу властивостей багаточастинкових систем різної фізичної пророди.	ПР 01
Здобувач має знати і розуміти основи фізичних процесів, що протікають у Всесвіті з точки зору статистичної фізики плазми.	ПР 02
Здобувач має вміти застосовувати основні результати теорії диференціального та інтегрального числення функції однієї та багатьох змінних, використовувати визначники-якобіани, δ -функцію Дірака.	ПР 04
Здобувач має знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.	ПР 05
Оцінювати вплив новітніх відкриттів сучасної статистичної фізики та термодинаміки на розвиток сучасної фізики та астрономії.	ПР 06
Здобувач має вміти будувати прості моделі фізичних явищ та проводити їх дослідження методами статистичної термодинаміки; давати якісну фізичну інтерпретацію результатів експериментальних досліджень систем, що складаються з великого числа частинок.	ПР 11
Здобувач має розуміти історію та закономірності виникнення термодинамічного та статистичного методів опису систем, що складаються з великого числа частинок, їх взаємодоповнюваність та несуперечливість.	ПР 23

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: екзамен. До екзамену допускаються студенти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

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

	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4
--	----------	----------	----------	----------

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Письмове тестування 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 запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю 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 письмово 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 роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу курсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципи, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

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 ЕКТС	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал- макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

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 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 Смолуховського. Рівняння Фоккера-Планка. Фізичні характеристики броунівського руху. Коефіцієнти переносу. Теплові шуми і формула Найквіста.

Тема 21. Кінетичні рівняння.

Кінетичне рівняння Больцмана. H-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.	13	4	1			8
Тема 5. Термодинаміка систем із змінним числом частинок.	9	4	1			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	47	14	9			24
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».	12	4	2			6
Тема 8. Класифікація фазових переходів.	12	4	2			6
Тема 9. Рівновага в багатокомпонентних системах.	12	4	2			6
Тема 10. Основні положення термодинаміки нерівноважних систем.	8	2	2			4
Тема 11. Термоелектричні явища.	6	2				4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	63	20	11			32
Разом за семестр	110	34	20			56
8-й семестр						
Модуль 3						
Тема 12. Основні поняття статистичної фізики.	12	4	2			6
Тема 13. Закони статистичного розподілу.	12	4	2			6
Тема 14. Канонічний розподіл Гіббса.	16	6	4			6
Тема 15. Розподіли Бозе та Фермі.	12	4	2			6
Тема 16. Поведінка вироджених газів.	12	4	2			6
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	65	22	13			30
Модуль 4						
Тема 17. Класична теорія теплоємності.	12	4	2			6
Тема 18. Деякі застосування квантової статистики.	13	4	2			7
Тема 19. Теорія флуктуацій.	10	2	2			6
Тема 20. Стохастичні процеси.	8	2	2			4
Тема 21. Кінетичні рівняння.	6	2				4
Модульна контрольна робота	1		1			

Разом за модуль	50	14	9			27
Разом за семестр	115	36	22			57
Разом за рік	225	70	42			113

6.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
Семестр 7		
1	Основні поняття і вихідні положення термодинаміки	4
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		20
Семестр 8		
8	Функції розподілу. Математичні додатки	4
9	Класичний розподіл Максвелла-Больцмана	4
10	Розподіл Бозе-Енштейна	2
11	Вироджений фермі-газ	4
12	Теорія Енштейна і теорія Дебая теплоємності ґратки.	2
13	Флуктуації термодинамічних величин	4
Модульні контрольні роботи		2
Разом за семестр 8		22
Разом за рік		42

6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
Семестр 7		
1	Термодинамічний та статистичний методи дослідження макросистем	6
2	Основні ТД процеси і їх рівняння для ідеального газу	6
3	Цикл Карно. Абсолютна шкала температур	6
4	Застосування процесу Джоуля-Томсона для охолодження газів	6
5	Магнітне охолодження	4
6	Потрійна точка	4
7	Закон відповідних станів	6
8	Фазовий перехід провідник-надпровідник	4
9	Формула Саха для теплової іонізаційної рівноваги	4
10	Рівняння балансу і закони збереження. Принцип Ле-Шательє	6
11	Термоелектричні явища	4
Разом за семестр 7		56

Семестр 8		
12	Рівноважний статистичний ансамбль. Статистичне середнє	4
13	Чисті і змішані квантові стани. Матриця густини	5
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	8
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.	6
Разом за семестр 8		57
Разом за рік		113

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

Технічні засоби: Мультимедійний проектор, інтерактивна дошка.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки, планшети, веб-камери.

Програмне забезпечення: Microsoft Office.

Дистанційна платформа Moodle

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет.

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Венгер Є.Ф., Грибань В.М., Мельничук О.В. Основи теоретичної фізики. – К.: Вища школа, 2011. – 430 с.
2. Федорченко А.М. Теоретична фізика. Том 2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
3. Feynman R.P. Statistical Mechanics: A Set Of Lectures. 1st Edition. – New York: CRC Press, 1998. – 372 p.
4. Гомонай О. В., Львов В. А. Збірка задач із статистичної фізики. – К.: НТУУ «КПІ», 1999, – 50 с.
5. Гомонай О.В., Філін Д.В., Кравцов О.В. Сто задач з термодинаміки та статистичної фізики. Навчальний посібник. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 41 с.

Допоміжна література

1. Srivastava R.K., Ashok J. Statistical Mechanics –New Delhi: M.Sc-Master of Science Books by PHI Learning, 2010 – 225 p.
2. Dorlas T.C. Statistical Mechanics. Fundamentals and Model Solutions. – CRC Press, 2021. – 347 p.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Рубіш В. В. Конспект лекцій з курсу «Термодинаміка та статистична фізика»: [Конспект лекцій] [Електронний ресурс] / В.В. Рубіш. – Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2020. – 152 с. – Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/37789>
2. 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)