

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Фізико-технічний факультет

Кафедра фізики і методики викладання

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Статистична фізика і термодинаміка»**

Освітня програма – Фізика і астрономія

Спеціальність 104 – Фізика і астрономія

Галузь знань – Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “27” серпня 2018 р.

м. Івано-Франківськ - 2018

ЗМІСТ

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Статистична фізика і термодинаміка
Викладач	Кланічка В.М., професор, кандидат фізико-математичних наук
Контактний телефон викладача	0502935801
Е-mail викладача	v.klanichka@gmail.com
Формат дисципліни	нормативна
Обсяг дисципліни	3 кредити
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://classroom.google.com/u/0/c/NDM1MTI3OTMyMTJa http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
3. Мета та цілі курсу	
Мета навчальної дисципліни полягає у формуванні у студентів знань про завершальний розділі теоретичної фізики - статистичної фізики і термодинаміки, у навчанні можливостям використання статистичних методів в різних областях фізики конденсованих і складних систем, радіофізики і радіотехніки. Основна мета дисципліни «Статистична фізика і термодинаміка» - дати студентам глибокі знання основних термодинамічних і статистичних закономірностей макроскопічних систем, а так само навчити користуватися цими законами на практиці. Засвоївши основні методи статистичної фізики і термодинаміки, студент повинен вміти виконувати необхідні розрахунки фізичних характеристик систем і давати їм фізичну інтерпретацію. Випередження в ряді випадків статистичного підходу термодинамічним і їх органічне поєднання в кожній частині дисципліни дозволяє досягти більшої ясності і глибини в розумінні досліджуваного матеріалу. Мета дисципліни «Статистична фізика і термодинаміка» полягає в оволодінні студентами закономірностей, основних понять і положень фізики макроскопічних систем - термодинаміки і статистичної фізики. В курсі термодинаміки студентам належить оволодіння феноменологічним підходом опису макросистем, який заснований на тепловій формі фундаментального закону фізики - закон збереження енергії. В курсі статистичної фізики студентам належить вивчення основних ідей, понять і уявлень статистичного способу опису макросистем. Студенти повинні засвоїти статистично - імовірнісні методи дослідження багаточастинкових класичних і квантових систем, пов'язані із застосуванням методу статистичних ансамблів Гіббса. Одним із завдань дисципліни є формування фізичного світогляду, що дозволить розглядати фізичні властивості макроскопічних систем з універсальної і єдиної точки зору. Ця єдність	

забезпечується поєднанням імовірнісного підходу в описі поведінки окремих мікрочастинок і різних макросистем разом з урахуванням фундаментальних уявлень про будову речовини.

Дисципліна дозволяє розширити базові уявлення студентів, отримані в рамках вивчення наступних навчальних дисциплін: диференціальне та інтегральне числення, диференціальні рівняння, рівняння і методи математичної фізики, ймовірність і статистика, теорії випадкових процесів, статистичного оцінювання і перевірки гіпотез, статистичних методів обробки експериментальних даних, а також дисциплін загальної та експериментальної фізики, основ теоретичної фізики. Спрямована на інтенсифікацію міждисциплінарних зв'язків різних природних наук.

Завдання вивчення дисципліни полягають в наступному:

- виклад основних понять і вихідних положень термодинаміки;
- знайомство з основними законами і рівняннями термодинаміки;
- знайомство з ключовими методами термодинаміки;
- виклад умов рівноваги і стійкості термодинамічних систем;
- знайомство з фазовими переходами першого і другого роду;
- встановлення зв'язку статистичної фізики і термодинаміки;
- знайомство з основними принципами побудови статистичної фізики;
- виклад розподілів Гіббса;
- розгляд ідеального газу, квантового та класичного;
- облік неідеальної газів, в тому числі з кулоновским взаємодією;
- статистичний опис твердих тіл і рідин;
- виклад теорії флуктуацій і основ фізичної кінетики

4. Результати навчання (компетентності)

Знати:

- базову термінологію, що належить до термодинамічних явищ, основні поняття, закони термодинаміки і статистичної механіки та їх математичний вираз;
- фундаментальні досліди, які лежать в основі законів термодинаміки;
- логіку побудови термодинаміки на основі фундаментальних дослідів;
- основні статистичні методи опису макроскопічних систем.

Вміти:

- розкрити роль статистичних закономірностей у природі, сформулювати основні завдання теорії електромагнетизму, встановити область застосовності електромагнітної теорії, описати її структурні елементи і поняття;
- розглянути основні експериментальні закономірності термодинамічних явищ, статистичні методи опису властивостей речовини, структуру і математичну форму основних рівнянь статистичної механіки і термодинаміки, особливості їх використання при описі різних явищ;
- розглянути основні методи експериментального і теоретичного дослідження термодинамічних явищ, використання термодинамічних явищ у сучасних технологіях;
- проаналізувати основні принципи моделювання термодинамічних явищ, встановити область застосовності цих моделей, розглянути способи

обчислення фізичних величин, які характеризують явища;						
• продемонструвати зв'язок фундаментальних дослідів із законами термодинаміки за допомогою відомих математичних методів;						
• вирішувати задачі з даної дисципліни;						
• моделювати термодинамічні явища і проводити чисельні розрахунки відповідних фізичних величин у загальноприйнятих системах одиниць.						
5. Організація навчання курсу						
Обсяг курсу						
Вид заняття				Загальна кількість годин		
лекції				14 год.,		
семінарські заняття				20 год.		
самостійна робота				56 год.		
Ознаки курсу						
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)		Нормативний / вибірковий		
3	Фізика і астрономія	2 м		вибірковий		
Тематика курсу						
Тема, план			Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінок
Тема 1. Основні представлення статистичної фізики. Предмет статистичної фізики і термодинаміки. Макро і мікроопис, фазовий простір, статистичний ансамбль, статистична функція розподілу. Теорема Ліувіля, роль енергії в статистичній фізиці. Мікроканонічний розподіл Гіббса. Статистична вага, ентропія і температура макроскопічної системи.			лекція/ с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3
Тема 2. Статистичне тлумачення законів термодинаміки. Ентропія системи як міра неупорядкованості. Другий закон термодинаміки для нерівноважних процесів, напрямок переходу енергії при контакті нерівноважних систем. Обчислення ентропії і температури ідеального газу за допомогою мікроканонічного розподілу.			лекція/ с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття.	3

			4год.		
Тема 3. Канонічний розподіл Гіббса. Функція канонічного розподілу Гіббса. Застосування канонічного розподілу Гіббса до класичного газу, розподіли Максвелла і Больцмана,	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.0 6.20 20
Тема 4. Термодинамічні функції та основні співвідношення термодинаміки. Термодинамічна рівновага, внутрішня енергія, кількість тепла і робота. Основна термодинамічна тотожність. Термодинамічні потенціали і співвідношення між термодинамічними похідними. Процеси стисливості, розширення і нагрівання. Адіабатичний процес, рівняння Пуассона.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.0 6.20 20
Тема 5. Термодинамічні функції систем із змінним числом часток. Залежність термодинамічних величин від числа часток, хімічний потенціал. Рівновага у зовнішньому полі.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	4	01.0 6.20 20
Тема 6. Статистична термодинаміка ідеальних і слабонеідеальних газів. Статистична сума і вільна енергія. Термодинамічні функції ідеального класичного газу. Парадокс Гіббса. Слабонеідеальний одноатомний газ - потенціал міжмолекулярної взаємодії, віріальний розклад. Інтерполяційне рівняння Ван-дер-Ваальса, інверсія коефіцієнта Джоуля -Томсона. Термодинамічна теорія збурення.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.0 6.20 20

Тема 7. Статистична термодинаміка плазми. Термодинамічні функції класичної плазми в наближенні Дебая: наближення Дебая-Хюккеля, екранування Дебая, внутрішня і вільна енергія плазми, рівняння стану.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.06.2020
Тема 8. Рівновага фаз і критичні явища. Умови рівноваги фаз. Діаграми фазової рівноваги. Фазові переходи першого роду. Формула Клапейрона-Клаузіуса. Залежність тиску від температури уздовж кривої рівноваги рідина-газ, тверда тіло-газ. Критична точка, умови стійкості критичного стану. Критичні параметри для рівняння стану Ван-дер-Ваальса.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.06.2020
Тема 9. Фазові переходи другого роду. Приклади і діаграми фазових переходів другого роду. Феромагнетик поблизу точки Кюрі: наближення самоузгодженого поля, модель Ізінга в наближенні Бреґга-Вільямса, термодинамічна теорія Ландау. Критичні показники.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.06.2020
Тема 10. Статистична теорія квантових систем. Статистичний розподіл для квантових систем. Характеристичні температури. Статистична сума та інтеграл для одноатомного газу. Квантова теорія теплоємності ідеальних молекулярних газів: обертальні і коливні ступені вільності, обертальна теплоємність гетероядерних молекул, коливна теплоємність.	лекція/с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні заняття. 4 год.	3	01.06.2020
Тема 11. Квантові гази. Труднощі класичної статистики. Великий канонічний	лекція/с. зан.	1-34	Тестові	3	01.06.2020

розподіл Гіббса. Тотожність часток і розподіли Фермі і Бозе. Термодинамічні функції ідеальних квантових газів. Умови виродження класичних властивостей газів. Критерії застосовності розподілу Максвелла-Больцмана. Вироджений електронний газ. Теплоємність Фермі-газу, теплоємність електронів металу й ізотопу гелія-три. Парамагнетизм вільних електронів металу. Одночасткова щільність енергетичних станів ферміонів, походження зонної структури. Вироджений Бозе-газ, конденсація. Термодинаміка рівноважного електромагнітного випромінювання. Реліктове випромінювання.	с. зан.		завдання, практичні і заняття. 4 год.		20
Тема 12. Статистична термодинаміка конденсованих середовищ. Тепловий рух атомів кристалу і проблема теплоємності. Модель Ейнштейна твердого тіла. Термодинаміка твердого тіла в наближенні Дебая, характеристична температура Дебая, достоїнства і недоліки моделі..	лекція/ с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні і заняття. 4 год.	4	01.0 6.20 20
Тема 13. Флуктуації в макроскопічних системах. Дисперсія і відносні флуктуації. Флуктуації енергії різних термодинамічних систем. Принцип Больцмана і розподіл Гаусса. Флуктуації основних термодинамічних величин. Молекулярне розсіювання світла.	лекція/ с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні і заняття. 4 год.	4	01.0 6.20 20
Тема 14. Основи нерівноважної термодинаміки. Локальна рівновага. Закони збереження. Потoki і термодинамічні сили. Лінійні закони. Співвідношення взаємності Онзагера. Перехресні ефекти.	лекція/ с. зан.	1-34	Тестові завдання, практичні і заняття	4	01.0 6.20 20

			ття. 4 год.		
Тема 15. Броунівський рух і випадкові процеси. Фізичні характеристики броунівського руху. Еволюція малої системи в термостаті. Випадкові стаціонарні марківські процеси. Рівняння Смолуховського. Рівняння Фоккера-Планка та його найпростіше застосування. Спектральні представлення в теорії випадкових процесів.	лек ція/ с. зан.	1-34	Тест ові завда ння, прак тичн і заня ття. 4 год.	4	01.0 6.20 20
Тема 16. Кінетичні рівняння. Рівняння Боголюбова для нерівноважних функцій розподілу. Ієрархія масштабів часу і принципи скорочення опису в динамічній теорії Боголюбова. Кінетичне рівняння Боголюбова. Н-теорема. Мікроскопічна зворотність і макроскопічна незворотність. Кінетичне рівняння з релаксаційним членом і його напростіші застосування. Рівняння з самоузгодженим полем Власова. Лінеаризоване рівняння Власова. Плазмові коливання. Затухання Ландау. Коефіцієнти переносу.	лек ція/ с. зан.	1-34	Тест ові завда ння, прак тичн і заня ття. 4 год.	4	01.0 6.20 20

Підсумковий контроль - 50

6. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу	Теоретична підготовка Високий, А, 91* – 100, відмінно - 5 Студент має глибокі, міцні і систематичні знання всіх положень наукової методології, може не тільки вільно матеріалом, але й самостійно довести існування певних закономірностей, принципів, використовує здобуті знання і вміння в нестандартних ситуаціях, здатний вирішувати проблемні питання. Відповідь студента відрізняється точністю формулювань, логікою, достатній рівень узагальненості знань Вище середнього, середній В, С, 81 – 90; 71 – 80; дуже добре, добре - 4 Студент знає і може самостійно сформулювати
-----------------------------------	--

	основні методологічні підходи, принципи їх застосування, , але не завжди може самостійно здійснити критичний аналіз. Студент може самостійно застосовувати знання в стандартних ситуаціях, його відповідь логічна, але розуміння не є узагальненим. Достатній, D, E, 61 – 70, 51 - 60 задовільно, посередньо - 3 Студент відтворює основні поняття і визначення курсу, але досить поверхово, не виділяючи взаємозв'язок між ними, може сформулювати з допомогою викладача основні методологічні положення, знає істотні ознаки (засади) основних підходів та їх відмінність, може записати окремі термінологічні дефініції теоретичного положення за словесним формулюванням і навпаки; допускає помилки, які повною мірою самостійно виправити не може. Низький, FX / F 1 – 51, незадовільно 2 Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, фрагментарна, зумовлена нечіткими уявленнями про закони і методи. У відповіді цілком відсутня самостійність. Студент знайомий лише з деякими основними
Вимоги до письмової роботи	Високий, A, 91* – 100, відмінно - 5 Студент самостійно розв'язує типові ситуаційні задачі різними способами, стандартні, комбіновані й нестандартні казуси з наукової методології, здатний проаналізувати й узагальнити отриманий результат. При виконанні індивідуальних завдань та самостійних робіт студент дотримується усіх вимог, передбачених програмою курсу. Крім того, його дії відрізняються раціональністю, вмінням оцінювати помилки й аналізувати результати Вище середнього, середній B, C, 81 – 90; 71 – 80; дуже добре, добре - 4

	Студент самостійно розв'язує типові (або за визначеним алгоритмом) казуси з наукової методології і завдання, володіє базовими навичками з виконання необхідних логічних операцій та перетворень, може самостійно сформулювати типову задачу за її словесним описом, скласти типову схему та обрати раціональний метод розв'язання, але не завжди здатний провести аналіз і узагальнення результату. Достатній, D, E, 61 – 70, 51 - 60 задовільно, посередньо - 3 Студент може розв'язати найпростіші типові задачі за зразком, виявляє здатність виконувати основний елементарний аналіз конкретних наукових методів, але не спроможний самостійно сформулювати задачу за словесним описом і визначити метод її розв'язання. При вирішенні фабули студент виконує роботу за зразком, але з помилками; робить висновки, але не розуміє достатньою мірою мету роботи Низький, FX / F 1 – 51, незадовільно 2 Студент знає основні терміни та вміє розрізняти окремі закономірності. Вміє розв'язувати задачі лише на відтворення основних положень методики викладання природничих дисциплін, здійснювати найпростіші логічні операції.
Семінарські заняття	-
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище. Студент не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "<i>не допущений</i>" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу декана факультету за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання студентом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять,

	перескладання змістових модулів, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок за змістові модулі. Напередодні екзамену викладач подає доповідну декану про недопуск студентів академічної групи (груп). Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.
--	---

7. Політика курсу

Протягом семестру для перевірки знань студентів та контролю за самостійною роботою студента застосовують домашні контрольні роботи, письмові роботи, написання реферату, та оцінки за виконані і здані лабораторні роботи. Проміжний контроль включає проведення модуля у формі тестових завдань, які поєднують питання закритого типу з питаннями відкритого типу з короткою і довгою відповіддю. Максимальний бал, який студент може отримати за всіма видами контролю – 100 балів, він складається із проміжних модулів та оцінки за лабораторні роботи. Студент повинен самостійно виконувати навчальні завдання, завдання поточного та підсумкового контролю. Вважається шахрайством копіювання іншого тесту, підглядання в роботу іншого студента, списування, використання підручника, зошита чи мобільного телефону під час написання модульної, підсумкової роботи, використання шпаргалок, дозволяти іншим копіювати вашу роботу.

У кінці семестру підраховується рейтинг за поточними видами контролю і підраховується загальний рейтинг, який переводиться в оцінку у відповідності до шкали оцінювання.

8. Рекомендована література

Базова

№ з/п	Автор (автори)	Назва	Видавництво, рік	К-сть екз.
№ з/п	Автор (автори)	Назва	Видавництво, рік	
1.	Куни Ф.М.	Статистическая физика и термодинамика	М.: Наука, 1981	
2.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.	Статистическая физика	М.:Наука, 1976	
3.	Румер Ю.Б., Рывкин М.С.	Термодинамика, статистическая физика и кинетика	М.:Наука, 1977	
4.	Радущкевич Л.В.	Курс статистической физики	М.:Просвещени е, 1966	
5.	Ноздрев В.Ф. Сенкевич А.А	Курс статистической физики	М.:Вышш. школа, 1969	

6.	Гиббс Дж. В.	Термодинамика. Статистическая динамика	М.:Наука, 1982	
7.	Больцман Л.	Лекции по теории газов	М.: Гостехиздат, 1956	
8.	Боголюбов Н.Н.	Проблемы динамической теории в статистической физике. Избр. труды	К.: Наукова думка, 1970	
9.	Леонтович М.А.	Введение в термодинамику. Статистическая физика	М.:Наука, 1976	
10.	Хуанг К.	Статистическая механика	М.:Мир, 1967	
11.	Кубо Р.	Статистическая механика	М.: Мир, 1967	
12.	Уленбек Дж., Форд Дж.	Лекции по статистической механике	М.:Мир, 1965	
13.	Балеску Р.	Равновесная и неравновесная статистическая механика. Т.2	М.:Мир, 1978	
14.	Базаров И.П.	Термодинамика	М.:Высш. школа, 1976	
15.	Радушкевич Л.В.	Курс термодинамики	М.:Просвещени е, 1971	
16.	Де Гроот С., Мазур П	Неравновесная термодинамика	М.:Мир, 1967	
17.		Сборник задач по теоретической физике. Уч. Пособие для вузов	М.:Высш. школа, 1972	
18.	Квасников И.А.	Термодинамика и статистическая физика. Т.1. Теория равновесных систем. Термодинамика.	М.: Едиториал УРСС, 2002 г.	
19.	Квасников И.А.	Термодинамика и статистическая физика. Т.2. Теория равновесных систем. Статистическая физика.	М.: Едиториал УРСС, 2002 г.	
20.	Василевский А.С., Мултановский В.В.	Статистическая физика и термодинамика. -	М.: Просвещение, 1985 г.	
21.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.	Теоретическая физика. Т.5. Статистическая физика. Ч.1	М.: Наука, 1976 г.	

22.	Квасников И.А.	Термодинамика и статистическая физика. Т.3. Теория неравновесных систем.	М.: Едиториал УРСС, 2003 г.	
23.	Квасников И.	А.Термодинамика и статистическая физика. Т.4. Квантовая статистика.	М.: Едиториал УРСС, 2005 г.	
24.	Пригожин И., Кондепуди Д.	Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур.	М.: Мир, 2002 г.	
25.	Захаров А.Ю.	Функциональные методы в классической статистической физике.	Великий Новгород: НовГУ, 2006 г.	
26.	Киттель Ч.	Статистическая термодинамика.	М.: Наука, 1977 г.	
27.	М.А. Леонтович..	Статистическая физика.	М.: Лань, 1983 г	
28.	Шредингер Э.	Статистическая термодинамика.	Иж.: РХД, 1999 г.	
29.	Фейнман Р.	Статистическая механика. г. 11.Д.Н.	М.: Мир, 1978	
30.	Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П.	Физическая кинетика.	М.: Наука, 1979 г.	
31.	Ансельм А.И.	Основы статистической физики и термодинамики.	М.: Наука, 1973 г.	
32.	Климонтович Ю.Л.	Статистическая физика.	М.: 1982 г.	
33.	Базаров И.П	Методологические проблемы статистической физики и термодинамики.	М.: Изд-во МГУ, 1979 г.	
34.	Васильев А.Д.	Введение в статистическую физику. -	М.: Высшая школа, 1980 г.	

Викладач _____ проф. Кланічка В.М.