

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра молекулярної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НЕРІВНОВАЖНА ТЕРМОДИНАМІКА

для студентів

галузь знань	<u>10: Природничі науки</u>
спеціальність	<u>104: Фізика та астрономія</u>
освітній рівень	<u>бакалавр</u>
освітня програма	<u>Фізика</u>
Спеціалізований	
вибірковий блок	<u>Молекулярна фізика</u>
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2021/2022
Семестр	8
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач: д. ф.-м. н. Гаврюшенко Д.А.

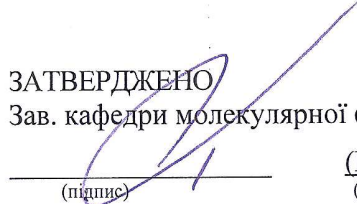
Пролонговано: на 2022/2023 н.р.  «08» 2022 р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2021

Розробник: Гаврюшенко Дмитро Анатолійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри молекулярної фізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри молекулярної фізики



(підпис)

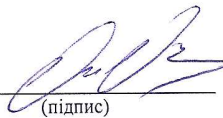
(Булавін Л.А.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 16 від «10» червня 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____



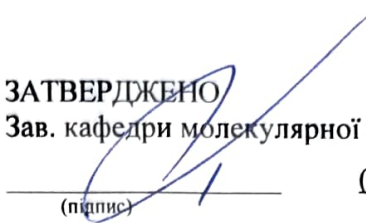
(підпис)

(Олег ОЛІХ)

« _____ » _____ 20__ року

Розробник: Гаврюшенко Дмитро Анатолійович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри молекулярної фізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри молекулярної фізики



(підпис)

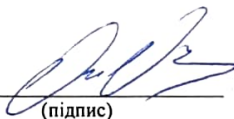
(Булавін Л.А.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 16 від «10» червня 2021 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії _____



(підпис)

(Олег ОЛІХ)

« ____ » _____ 20__ року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання знань з основ нерівноважної термодинаміки та оволодіння вмінням її застосування для вирішення задач молекулярної фізики.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основи загальної фізики, термодинаміки.
2. Вміти застосовувати попередні знання з курсів математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, загальної фізики.

3. Анотація навчальної дисципліни: в рамках навчальної дисципліни “Нерівноважна термодинаміка” розглядаються закони збереження маси, енергії та імпульсу, рівняння балансу ентропії та лінійні співвідношення між термодинамічними силами та потоками. Метою вивчення дисципліни є оволодіння знаннями з нерівноважної термодинаміки та вмінням її застосування для вирішення задач молекулярної фізики. Навчальна задача курсу полягає у формуванні теоретичних знань та розвитку практичних умінь студентів щодо феноменологічних методів вивчення нерівноважних процесів у рідинних системах з можливим подальшим узагальненням на м’яку матерію. Результати навчання полягають в умінні логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони нерівноважної термодинаміки, застосовувати загальні рівняння нерівноважної термодинаміки у випадках протікання хімічних реакцій, теплопровідності, дифузії та перехресних процесів, що дозволить самостійно працювати з літературою з нерівноважної термодинаміки, у тому числі, знаходити необхідні дані у відповідних довідниках. Методи викладання: лекції та консультації. Методи оцінювання: перевірка домашніх завдань, опитування в процесі лекції, колоквиуми, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі): формуванні теоретичних знань та розвитку практичних умінь студентів щодо феноменологічних методів вивчення нерівноважних процесів у рідинних системах з можливим подальшим узагальненням на м’яку матерію.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія»), ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов.

Загальних:

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Фахових:

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
<i>1.1</i>	Знати: закони збереження маси, імпульсу та енергії у відкритих нерівноважних системах .	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Перевірка домашніх завдань, опитування в процесі лекції, колоквиуми, іспит.</i>	50
<i>2.1</i>	Вміти: використовувати отримані знання на практиці при розв'язанні завдань теоретичного та прикладного характеру. Уміти розв'язувати стандартні задачі, набути навичок самостійного використання і вивчення літератури.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Перевірка домашніх завдань, опитування в процесі лекції, колоквиуми, іспит.</i>	50

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання (назва)	Результати навчання дисципліни	
	1	2
ПРН1. 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, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії.	+	
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.		+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.		+
ПРН17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.	+	+

7. Схема формування оцінки:

7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Колоквіум 1 (13 балів – 20 балів).
2. Перевірка домашніх завдань 1 (3 балів – 5 балів).
3. Опитування під час лекцій 1 (2 балів – 5 балів).
4. Колоквіум 2 (13 балів – 20 балів).
5. Перевірка домашніх завдань 2 (3 балів – 5 балів).
6. Опитування під час лекцій 2 (2 балів – 5 балів).

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено залік, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Формою проведення іспиту є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить **40** балів за 100 бальною шкалою. Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.

	Модуль 1	Модуль 2	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	60	100

- умови допуску до іспиту:

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

7.2 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій.

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари/ лаборант., практичні	самост. робота	інші форми контр.
Змістовий модуль 1					
1	Предмет і метод курсу. Зв'язок нерівноважної термодинаміки з іншими розділами фізики.	2		4	
2	Хімічні реакції. Закон збереження маси у відкритих системах.	4		4	
3	Рівняння руху суцільного середовища. Закон збереження імпульсу.	2		4	
4	Закон збереження енергії.	4		5	
5	Диференціальні рівняння еволюції нерівноважних систем.	2		4	
6	Нелокальні рівняння гідродинаміки	2		5	
7	Нелокальні рівняння гідродинаміки з пам'яттю.	2		5	
8	Другий закон термодинаміки для відкритих систем	4		5	
КОЛОКВІУМ					
Оцінка за колоквіум					
Змістовий модуль 2					
9	Рівняння балансу ентропії.	4		5	
10	Лінійні закони в загальному випадку. Принцип Кюри.	2		5	
11	Співвідношення Онсагера, їх фізичний зміст та обґрунтування.	2		5	
12	Стаціонарні стани. Теорема Пригожина. Стаціонарний стан живих систем.	2		5	
13	Обговорення статистичних основ нерівноважної термодинаміки відкритих систем.	2		5	
14	Зв'язок потоків різної тензорної розмірності в неізотропних системах.	2		5	
15	Нелінійна нерівноважна термодинаміка і дисипативні структури.	4		5	
16	Флуктуації координат хімічних реакцій поблизу границі стійкості.	4		5	
КОЛОКВІУМ					
Оцінка за колоквіум					
ІСПИТ					
Оцінка за іспит					
	ВСЬОГО	44		76	

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції – 44 год.

Самостійна робота – 76 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Л.А. Булавін, Д.А. Гаврюшенко, В.М. Сисоєв. Молекулярна фізика, Київ: «Знання», 2007.
2. I. Prigogine. Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures. Wiley & Sons, Incorporated, 2014.
3. Л.А. Булавін, Д.А. Гаврюшенко, В.М. Сисоєв. Нерівноважна термодинаміка. Ч. 1. Рівняння дифузії. К.: ВЦ Київський університет, 2003.

Додаткові:

1. S. R. De Groot, P. Mazur. Non-equilibrium thermodynamics. – Dover Publication, 2011. – 514 p.
2. Bikkin H. Non-equilibrium thermodynamics and physical kinetics. – De Gruyter, 2014. – 373 p.