

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Інститут високих технологій

Кафедра нанофізики конденсованих середовищ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора
з навчальної роботи

Грабчук Г.П.

«22» березня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

для студентів

галузь знань	<u>№10 «Природничі науки»</u>
спеціальність	<u>105 «Прикладна фізика та наноматеріали»</u>
освітній рівень	<u>бакалавр</u>
освітня програма	<u>Нанофізика та комп'ютерні технології</u>
спеціалізація (за наявності)	—
вид дисципліни	<u>вибіркова</u>

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>5</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>екзамен</u>

Викладач: Гаврильченко Ірина Валеріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ

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

КИЇВ – 2021

Розробники:

Гаврильченко Ірина Валеріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри нанофізики конденсованих середовищ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри нанофізики конденсованих середовищ


_____ Валерій СКРИШЕВСЬКИЙ

Протокол № 7 від «19» лютого 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від «05» березня 2021 року № 3

Голова науково-методичної комісії



(Русінчук Н.М.)

Вступ

Навчальна дисципліна «Молекулярна фізика» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 10 «Природничі науки» зі спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» освітньої програми «Нанофізика та комп'ютерні технології». Дана дисципліна входить у блок обов'язкових навчальних дисциплін. Викладається у 2 семестрі (1 року навчання) в обсязі 150 год. (5 кредити ECTS) зокрема: лекції – 45 год., практичні – 30, самостійна робота – 75 год. У курсі передбачено 2 змістових модулів. Дисципліна завершується екзаменом.

- 1. Мета курсу:** ознайомлення студентів спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» із основами теорії будови речовини у різних агрегатних станах – газоподібному, рідкому, твердому, та із дослідними підтвердженнями молекулярно-кінетичної теорії. Ознайомлення студентів із статистичним і термодинамічним методами дослідження, необхідними для розв'язування задач і постановки фізичного експерименту. Завдання курсу: засвоєння студентами основ теорії ідеальних газів, статистичних розподілів Максвелла і Больцмана, явищ переносу, методів термодинаміки до аналізу ізопроцесів і фазових переходів, властивостей реальних газів, рідин, рідких розчинів та твердих тіл; набуття навичок застосування теоретичних знань до розв'язку практичних задач з молекулярної фізики і термодинаміки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

знати:

- основне рівняння кінетичної теорії газів; термодинамічні величини;
- статистичний і термодинамічний метод опису речовини;
- кінетичні характеристики молекулярного руху;
- задачі термодинаміки (поняття роботи, теплоти, внутрішньої енергії);
- процеси в ідеальних газах;
- закони реального газу;
- фазові переходи, фазові діаграми;
- процеси, що відбуваються в рідких розчинах;
- молекулярний опис явищ в твердих тілах.

вміти:

- користуватися набутими знаннями при розгляді практичних задач з молекулярної фізики;
- застосовувати загальні фундаментальні закони до аналізу конкретних явищ;
- правильно визначати межі застосування різних фізичних понять, законів і теорій;
- синтезувати знання з розділів даного курсу;
- узагальнювати теоретичні і практичні знання законів молекулярної теорії речовини.

- 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. Успішне опанування курсів «Математичний аналіз», «Механіка», «Лабораторія з експериментальної фізики(механіка)».
2. Володіти навичками диференціювання та інтегрування, та розв'язування диференціальних рівнянь.
3. Володіти елементарними навичками збору та обробки експериментальних даних.

- 3. Анотація навчальної дисципліни:**

Предметом навчальної дисципліни «Молекулярна фізика» є явища природи, які розглядаються з точки зору молекулярно-кінетичної теорії та термодинаміки. В курсі розглядається також робота різноманітних механізмів, створених людиною, в яких спостерігається перетворення теплового руху матерії у механічний рух, властивості та закономірності цього перетворення, їх дослідження на основі молекулярної теорії будови речовини.

4. Завдання (навчальні цілі):

Навчання дисципліні має на меті розвивати у студентів такі компетентності:

ЗК01 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02 Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел..

ЗК09. Здатність працювати автономно..

ЗК14. Здатність бути критичним і самокритичним.

ФК01. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.

ФК5 Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

ФК10. Здатність реалізовувати автоматизацію експериментальних досліджень у різних сферах науки із використанням сучасних комп'ютерних технологій.

ФК11. Здатність використовувати комп'ютерні технології при проектуванні, розробці та діагностиці електронного обладнання.

ФК12. Знання фізичних основ сучасного експериментального обладнання та вміння застосовувати їх до вибору, проектування, виготовлення та удосконалення вимірювальних приладів для застосувань у природничих науках.

5. Результати навчання за дисципліною (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати: основні рівняння кінетичної теорії газів, кінетичні характеристики молекулярного руху.	<i>Лекції</i>	письмові модульні контрольні роботи	5%
1.2	Знати: термодинамічні величини; статистичний і термодинамічний метод опису речовини; процеси в ідеальних газах; закони реального газу.	Лекції	письмові модульні контрольні роботи	5%
1.3	Знати: фазові переходи, фазові діаграми; процеси, що відбуваються в рідких розчинах, капілярні явища.	<i>Лекції</i>	письмові модульні контрольні роботи	10%
1.4	Знати перелік задач термодинаміки (на роботу, теплоту, внутрішню енергію), та молекулярний опис явищ в твердих тілах.	<i>Лекції, самостійна робота студентів</i>	письмові модульні контрольні роботи, робота студента на практичних заняттях	10%
2.1	Вміти: користуватися набутими знаннями при розгляді практичних задач з молекулярної фізики; застосовувати загальні фунда-ментальні закони до аналізу конкретних явищ; правильно визначати межі застосування різних фізичних понять, законів і теорій.	<i>практичні заняття,</i>	Модульні контрольні роботи, робота студента на практичних заняттях	20%
3.1	Вміти донести інформацію про знання	<i>самостійна робота</i>	робота студента на	

	з розділів даного курсу; узагальнювати теоретичні і практичні знання законів молекулярної теорії речовини.	<i>студентів</i>	практичних заняттях, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	5%
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, прийняти і обґрунтувати рішення щодо вибору методу розв'язку задач.	<i>практичні заняття, самостійна робота студентів</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	20%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)							
знання							
ПРН01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	+	+	+	+	+	+	
ПРН02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.	+	+	+		+	+	+
ПРН07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики		+		+	+	+	+
ПРН14. Організовувати результативну роботу індивідуально і як член команди.					+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота №1: РН 1.1-1.3, 4.1 - 20 балів/12 бали.

2. Модульна контрольна робота №2: РН 1.1-1.3, 4.1 - 20 балів/12 бали.

4. Робота на практичних заняттях 10/6 балів.

3. Самостійна семестрова робота: 10/6 балів.

Усього: 60 балів/30 балів.

- підсумкове оцінювання: іспит.

Оцінювання	Min	Max
Семестрове оцінювання	36	60
Іспит	24	40
Всього	60	100

7.2. Організація оцінювання (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтованого графіку оцінювання):

Орієнтований графік оцінювання:

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форма оцінювання</i>
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	кінець листопада-початок грудня
Практичні заняття	впродовж семестру
Самостійна робота студента	впродовж семестру
Іспит	друга половина грудня

7.3. 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 лекційних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
Змістовий модуль 1.				
1	Тема 1. Вступ. Основні поняття, завдання та методи молекулярної фізики. Макроскопічні параметри, термодинамічна система, термодинамічні параметри, термодинамічна рівновага. Нульовий початок термодинаміки. Термічне та калоричне рівняння стану..	2	1	4
2	Тема 2. Ідеальний газ. Зв'язок тиску ідеального газу з кінетичною енергією молекул. Рівняння стану ідеального газу. Внутрішня енергія ідеального газу. Ідеально-газове визначення температури.	2	1	4
3	Тема 3. Робота, внутрішня енергія, тепло. Перший початок термодинаміки. Теплоємність. Теплоємності при постійному обсязі та постійному тиску, співвідношення Майєра для ідеального газу. Адіабатичний та	2	2	4

	політропічний процеси. Адіабату та політропа ідеального газу. Швидкість звуку у газах..			
4	Тема 4. Циклічні процеси. Теплові машини ККД теплової машини. Цикл Карно. Теорема Карно. Холодильна машина та тепловий насос. Зворотні та незворотні процеси. Другий початок термодинаміки. Еквівалентні формулювання другого початку. Нерівність Клаузіуса.	2	1	4
5	Тема 5. Термодинамічний визначення ентропії. Зміна ентропії в оборотних і незворотних процесах, закон зростання ентропії. Ентропія ідеального газу. Нерівноважне розширення ідеального газу в порожнечу.	2	1	4
6	Тема 6. Термодинамічні функції та їх властивості. Термодинамічні потенціали: внутрішня енергія, ентальпія, вільна енергія, енергія Гіббса. Перетворення термо-динамічних функцій. Спів-відношення Максвелла.	2	2	4
7	Тема 7 Максимальна робота системи під час контакту з термостатом. Максимальна корисна робота системи.	2	2	2
8	Тема 8 Використання термо-динамічних потенціалів. Термодинаміка випромінювання. Адіабатичне розтягування гумового та металевго стрижнів. Теплове розширення твердих тіл Поверхневі явища. Крайові кути, змочування та незмочування. Формула Лапласа. Вільна та внутрішня енергія поверхні.	2	2	4
9	Тема 9. Фаза та агрегатний стан. Класифікація фазових переходів (I та II роду). Екстенсивні та інтенсивні величини. Хімічний потенціал. Умови рівноваги фаз для переходів першого роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Крива фазової рівноваги «рідина-пар», залежність тиску насиченої пари від температури	2	1	4
10	Тема 10. Фазові діаграми. Потрійна точка. Діаграма стану «лід-вода-пар». Критична точка. Метастабільні стани. Перегріта рідина та переохолоджена пара. Залежність тиску пари від кривизни поверхні рідини. Кипіння.	2	1	4
	Модульна контрольна 1.		1	

Змістовий модуль 2.				
11	Тема 11. Газ Ван-дер-Ваальса як модель реального газу. Внутрішня енергія та ентропія газу Ван-дер-Ваальса. Ізотерми газу Ван-дер-Ваальса та їх зв'язок із ізотермами реальної системи. Правило Максвелла (правило важеля). Критичні параметри та наведене рівняння стану. Адіабата газу Ван-дер-Ваальса. Нерівноважне розширення газу Ван-дер-Ва-Альса в порожнечу.	2	1	4
12	Тема 12. Елементи гідродинаміки ідеальної рідини. Лінії струму, стаціонарний ламінарний перебіг. Рівняння Бернуллі для рідини, що стискається і не стискається. Ізоентропічний перебіг ідеального газу, витікання газу з отвору. Ефект Джоуля-Томсона, температура інверсії..	2	2	4
13	Тема 13. Елементи теорії ймовірностей. Дискретні та безперервні випадкові величини, щільність ймовірності. Умова нормування. Середні величини та дисперсія. Незалежні випадкові величини. Нормальний закон розподілу як межа розподілу для суми великої кількості незалежних доданків (без виведення). Залежність дисперсії суми незалежних доданків від числа («закон \sqrt{N} »)..	2	1	4
14	Тема 14 Розподіл Максвелла: розподіл частинок по компонентам швидкості та абсолютним значенням швидкості. Найбільш ймовірна, середня та середньоквадратична швидкості. Розподіл Максвелла з енергій..	2	1	4
15	Тема 15 Елементи молекулярно-кінетичної теорії Щільність потоку часток, що рухаються в заданому напрямку. Середня кількість і середня енергія частинок, що вилітають у вакуум через малий отвір у посудині. Розподіл Больцмана на полі зовнішніх сил. Барометрична формула. Розподіл Максвелла-Больцмана.	2	1	4
16	Тема 16. Елементи статистичної фізики класичних ідеальних систем. Фазовий простір, макро- та мікростану, статистична вага макростану. Статистичне визначення	2	1	2

	ентропії. Адитивність ентропії незалежних підсистем. Закон зростання ентропії.			
17	Тема 17. Третій початок термодинаміки (теорема Нернста). Розподіл Гіббса-Больц-мана для ідеального газу. Поняття про канонічний розподіл Гіббса. Залежність статистичної ваги та ентропії від числа частинок у системі. Зміна ентропії при змішуванні газів, феномен Гіббса.	2	1	2
18	Тема 18. Положення статистичної фізики. Статистична сума. Класична теорія теплоємностей: закон рівномірного розподілу енергії теплового руху за ступенями свободи. Теплоємність кристалів (закон Дюлонга-Пті). Елементи квантової теорії теплоємностей. Заморожування ступенів свободи, характеристичні температури. Залежність теплоємності CV газів від температури. Статистична температура. Властивості дворівневої системи, інверсна заселеність.	2	2	4
19	Тема 19. Флуктуація. Зв'язок ймовірності флуктуації зі зміною ентропії системи. Флуктуація адитивних величин, залежність флуктуацій від числа частинок. Флуктуація числа частинок у виділеному обсязі. Флуктування енергії системи в жорсткій термостатованій оболонці. Флуктуація обсягу в ізотермічному і адіабатичному процесах. Вплив флуктуацій на чутливість вимірювальних приладів (пружинні ваги, газовий термометр).	2	1	4
20	Тема 20. Зіткнення. Ефективний газокінетичний переріз. Довжина вільного пробігу. Розподіл молекул за довжинами вільного пробігу. Число зіткнень молекул в одиниці об'єму. Явища молекулярного перенесення: дифузія, теплопровідність, в'язкість. Закони Фіка, Фур'є та Ньютона. Коефіцієнти перенесення у газах. Рівняння дифузії та теплопровідності. Температуропровідність. Стаціонарні та квазістаціонарні розподіли концентрації та температури.	2	1	3

21	Тема 21. Дифузія. Середньоквадратичне зміщення частинки при великій кількості кроків. Закони розпливання хмари частинок та поширення тепла за рахунок теплопровідності. Броунівський рух макроскопічних частинок. Закон Ейнштейна-Смолуховського для зміщення броунівської частинки. Зв'язок рухливості частинки та коефіцієнта дифузії хмари частинок (співвідношення Ейнштейна).	2	1	2
22	Тема 22. Стаціонарний ламінарний перебіг в'язкої рідини/газу по прямолінійній трубі, формула Пуазейля. Перебіг розрідженого газу по прямолінійній трубі. Явлення перенесення в розріджених газах: ефект Кнудсена (ефузія), залежність коефіцієнта теплопровідності розрідженого газу від тиску. Безрозмірні параметри та закони подібності для течій. Число Рейнольдса. Число Кнудсена. Ефект Магнуса і підйомна сила при обтіканні крила (якісне пояснення).	3	1	
7	Модульна контрольна 2.		1	
	Всього	45	30	75

Загальний обсяг 150 год., в тому числі:

Лекції – **45 год,**

Практичні – **30 год.,**

Самостійна робота - **75 год.**

9. Рекомендовані джерела:

Основні:

1. Лапта С. І. Молекулярна фізика і термодинаміка навчальної дисципліни „Фізика” : навч. посібн. / С. І. Лапта. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2009. – 180 с.
2. Бушок Г. Ф., Венгер Є. Ф. Курс фізики: Навч. посібник: У 2 кн. Кн. 2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Либідь, 2001. – 424
3. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки: Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 431 с.
4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. – К.: Техніка, 1999. – Т.1
5. Балбенко О.О., Малець Є.Б., Ляшенко О.І., Мялова О.М. Система питань для контролю і самоконтролю знань з фізики. Методичні рекомендації для студентів фізико-математичного факультету і слухачів підготовчих відділень. – Харків : ХДПІ, 1990. – 26 с.

Додаткові:

1. Якібчук П.М., Клим М.М. Молекулярна фізика. Підручник. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2013. – 584 с.
2. Герасимов О.І., Андріанова І.С. Фізика в задачах. Ч.ІІ. Молекулярна фізика і

- термо-динаміка: Навчальний посібник /О.І.Герасимов, І.С.Андріанова. Одеса: Вид-во “Екологія”, 2013. –150с.
3. L.A. Bulavin, D.A. Havryushenko, V.M. Sysoev, Molecular Physics, Znannya, 2006. – 560 p.