

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. директора ННІ «Фізико-технічний факультет»

Пилип КУЗНЕЦОВ

2023 р.



## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Загальна фізика (молекулярна фізика)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

галузь знань 10 – “Природничі науки”  
(шифр і назва)

спеціальність 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”  
(шифр і назва)

освітня програма «Прикладна фізика», «Біомедичні нанотехнології», «Кіберфізичні ядерні технології»  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни обов’язкова  
(обов’язкова / за вибором)

факультет ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»

“25” серпня 2023 року, протокол № 8

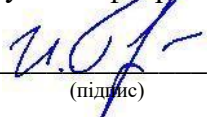
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

**Гірка Ігор Олександрович**, доктор фізико-математичних наук, професор, член-кореспондент НАНУ, професор кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24” липня 2023 року № 12

Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми


  
\_\_\_\_\_

(підпис)

Ігор ГАРКУША  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика  
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

  
\_\_\_\_\_

(підпис)


Ігор ГІРКА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Біомедичні нанотехнології

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

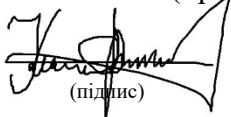
Ольга ЖИТНЯКІВСЬКА  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Кіберфізичні технології

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми

  
\_\_\_\_\_

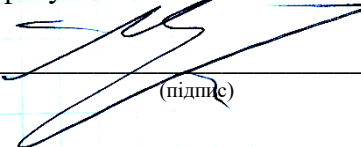
(підпис)

Пилип КУЗНЄЦОВ  
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова науково- методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

Микола ЮНАКОВ  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програму навчальної дисципліни “загальна фізика (молекулярна фізика)” складено відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітні програми: «Прикладна фізика», «Біомедичні нанотехнології». При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р.

### 1. Опис навчальної дисципліни

#### 1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Загальна фізика є базовою природничою дисципліною в професійній освіті фахівця у нових галузях фізики, без знання якої є неможливим свідоме, якісне засвоєння знань із теоретико-фізичних та спеціальних дисциплін, які становлять основу освіти майбутнього спеціаліста у галузі медичної фізики, нанофізики, ядерної фізики, фізики плазми, фізичного матеріалознавства та наукоємних фізичних технологій. Молекулярну фізику вивчають у другому семестрі. Молекулярна фізика належить до базових складових частин класичної фізики. Оскільки математичний апарат молекулярної фізики є одним із найбільш розвинених, то важливість їх вивчення з точки зору навчання методиці використання основ математичного аналізу та векторної алгебри важко переоцінити. Вивчення молекулярної фізики є корисним для вивчення інших розділів загальної та теоретичної фізики: електрики та магнетизму, оптики, атомної та ядерної фізики, статистичної фізики, фізики твердого тіла, - з огляду на широке використання методу аналогій. Без знань молекулярної фізики неможливо сформулювати науковий світогляд фахівця у нових галузях фізики.

#### 1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

полягають у тому, аби допомогти студентам засвоїти теоретичні основи термодинаміки та молекулярної фізики у взаємозв'язку будови речовини в різних агрегатних станах з її тепловими та механічними властивостями; основні методи розв'язання задач з термодинаміки та молекулярної фізики з використанням основних методів диференціального та інтегрального числення; основні методи експериментального дослідження теплових характеристик; сформувати у студентів загальну та предметну компетентність у галузі термодинаміки та молекулярної фізики; навчити студентів самостійно засвоювати наукові знання; дати основні наукові знання для того, аби вони могли розуміти, досліджувати, пояснювати та передбачати теплові явища.

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення молекулярної фізики:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; **(ЗК-1)**
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; **(ЗК-2)**
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні; **(ЗК-6)**
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; **(ЗК-7)**
- здатність працювати автономно; **(ЗК-9)**
- навички здійснення безпечної діяльності. **(ЗК-10)**

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні внаслідок вивчення молекулярної фізики:

- здатність брати участь у плануванні та виконанні експериментів і лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів; **(СК-2)**

- здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження; (СК-3)
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій; (СК-5)
- здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем; (СК-6)
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності; (СК-7)
- здатність працювати із науковим обладнанням і вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень; (СК-9)
- здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем; (СК-10)
- розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень. (СК-11)

### 1.3. Кількість кредитів 10

### 1.4. Загальна кількість годин 300

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
<b>Обов'язкова / за вибором</b>	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
2-й	-й
Лекції	
64 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
64 год.	год.
Самостійна робота	
140 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
100 год.	

### 1.6. Заплановані результати навчання

полягають у тому, що внаслідок опанування курсу молекулярної фізики студенти мають засвоїти закони термодинаміки, елементарної фізичної кінетики, теорії пружності, моделі молекулярної фізики, зв'язки між внутрішньою будовою речовини у різних агрегатних станах та механічними та тепловими властивостями речовини; основні методи розв'язання задач молекулярної фізики з використанням основних методів диференціального та інтегрального числення; основні методи експериментального дослідження теплових властивостей; навички роботи в науковому колективі; у них мають бути сформовані загальна та предметна компетентності у галузі молекулярної фізики.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика» спеціальність 105 – «прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:

- знати та розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики; (Зн-1)

- розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем; (Зн-3)
- знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної 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 теоретичної та прикладної фізики; (Зн-4)
- знати та розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій; (Зн-5)
- застосовувати сучасні математичні методи для побудови та аналізу математичних моделей фізичних процесів; (Ум-1)
- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики; (Ум-2)
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій; (Ум-3)
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики; (Ум-4)
- відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність і релевантність інформації; (Ум-5)
- класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики; (Ум-6)
- мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи; (АіВ-1)
- знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини; (АіВ-2)
- знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини. (АіВ-3)

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Вступ.* Предмет та коротка історія розвитку молекулярно-кінетичної теорії та термодинаміки. Діалектичний перехід кількості в якість. Основні поняття молекулярно-кінетичної теорії та термодинаміки. Структура курсу молекулярної фізики та огляд основних складових курсу.

### *Розділ 1.* Молекулярно-кінетична теорія та термодинаміка газу

#### *Тема 1.* Рівняння стану ідеального газу

Методи емпіричного пізнання: спостереження, вимірювання, порівняння. Температура, тиск. Виведення основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу. Значення середньої швидкості хаотичного руху молекул. Закон Дальтона, закон Авогадро. Розподіл енергії по ступенях вільності. Абсолютний нуль температури. Внутрішня енергія та теплоємність ідеального газу. Експериментальна залежність теплоємності газу від температури. Стан термодинамічної рівноваги. Рівняння стану.

## Тема 2. Термодинаміка ідеального газу

Рівноважні та нерівноважні процеси. Графіки рівноважних процесів. Перший закон термодинаміки. Функції стану. Внутрішня енергія, ентальпія. Функції, що характеризують протікання процесів. Політропні процеси. Графіки процесів. Математичний апарат термодинаміки. Властивості функцій кількох змінних. Повний диференціал функції та функція стану. Зв'язок між другими перехресними частинними похідними параметрів, зв'язаних рівнянням стану. Оборотні та необоротні процеси в термодинамічній системі. Основні необоротні процеси в ідеальному газі: розширення газу в порожнечу, процес Джоуля - Томсона. Циклічні процеси. Теплові машини. Холодильний коефіцієнт. Цикл Карно. ККД циклу Карно. Другий закон термодинаміки. Формулювання Кельвіна, формулювання Клаузіуса. Перша теорема Карно. Термодинамічна шкала температур. Друга теорема Карно. Нерівність Клаузіуса. Ентропія як функція стану. Ентропія ідеального газу. Зростання ентропії в замкненій термодинамічній системі. Перетворення теплоти на роботу, вільна енергія, зв'язана енергія. Теорема Нернста. Статистичний сенс ентропії. Флуктуації. Ентропія та інформація. Ентропія та життя. Ентропія та від'ємні температури. Межі застосування другого закону термодинаміки.

## Тема 3. Термодинаміка реального газу

Модель та реальність. Термодинамічні відомості. Стисливість. Молекулярно - кінетична модель. Рівняння Ван - дер - Ваальса. Поправки на сили притягання та сили відштовхування між молекулами. Дослідження рівняння Ван - дер - Ваальса. Ізотерма Амага. Критична точка  $(P_k, T_k, V_k)$ . Рівняння Ван - дер - Ваальса в зведеній формі. Закон відповідних станів. Внутрішня енергія реального газу. Ентропія реального газу. Відхилення від закону Маєра для газу Ван-дер-Ваальса. Основні поворотні та неповоротні процеси. Крива інверсії процесу Джоуля - Томсона. Конденсація реальних газів на рідину. Методи одержання низьких температур (турбодетандер Капіци, адіабатне розмагнічування парамагнітної солі). Фізика низьких температур: успіхи, задачі, можливості.

## Тема 4. Максвелів розподіл частинок за швидкостями

Поняття середнього та функції розподілу. Дошка Гальтона. Розподіл молекул ідеального газу по інтервалах швидкостей. Розподіл за компонентом швидкості, за модулем швидкості, за кінетичною енергією. Фазовий простір швидкостей. Густина розподілу молекул у фазовому просторі швидкостей  $n(\vec{v})$ . Постановка задачі про визначення функції  $n(\vec{v})$ . Виведення функції розподілу Максвела. Графіки функцій розподілу  $f(v)$ ,  $\Phi(\square, x)$ ,  $n(\square)$ ; зв'язок між цими функціями. Досліди Штерна та Ламерта. Задача про кількість зіткнень молекул з  $1 \text{ cm}^2$  стінки за  $1 \text{ c}$ . Виведення рівняння стану ідеального газу в стані термодинамічної рівноваги. Еквівалентність статистичного та термодинамічного визначення ентропії.

## Тема 5. Розподіл частинок за потенціальною енергією

Розподіл молекул ідеального газу у зовнішньому силовому полі. Розподіл Больцмана. Барометрична формула. Досліди Перена. Розподіл Максвела-Больцмана. Розподіл Гібса. Межі застосування класичного розподілу. Температура виродження. Поняття про розподіл квантових частинок по енергіях. Розподіл Фермі-Дірака та Бозе-Ейнштейна.

*Розділ 2. Основи фізичної кінетики та молекулярно-кінетична теорія реальних газів і рідини*

## Тема 6. Основи фізичної кінетики

Довжина та час вільного пробігу молекул газу. Кількість зіткнень молекули за  $1 \text{ c}$ . Швидкі та повільні процеси встановлення термодинамічної рівноваги. Фізична сутність явищ перенесення: дифузії, в'язкості, теплопровідності. Стаціонарні та нестаціонарні процеси

перенесення, їх рівняння. Молекулярно-кінетична теорія коефіцієнтів перенесення в ідеальному газі. Розмірність коефіцієнтів перенесення  $D$ ,  $\kappa$ ,  $\eta$ . Зв'язок між ними, їхня залежність від термодинамічних параметрів та можливість перевірки молекулярно-кінетичної моделі речовини. Зв'язок коефіцієнта дифузії із рухомістю молекул. Характерні задачі стаціонарної фізичної кінетики та методика їхнього розв'язання. Тепловий опір. Термодифузія. Формула Пуазейля, в'язкий опір трубопроводу. Особливості явищ перенесення в розріджених газах. Ефузія. Застосування знань про явища перенесення в техніці.

#### *Тема 7. Рідина*

Фізичні властивості рідини. Подібність та відмінності властивостей реального газу і рідини. Густина та стисливість. Рівняння Ван-дер-Ваальса для рідини. Молекулярно-кінетична модель рідини. Близький та далекий порядок. Стаціонарний потік. Елементи гідро- та аеродинаміки. Закон Бернуллі. Обтікання тіл. Підйомна сила. Число Рейнольдса. Енергія молекули в товщі та на поверхні рідини. Поверхневий шар, його будова. Коефіцієнт поверхневого натягу. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Явище капілярності. Живлення рослин. Змочування, незмочування, крайовий кут. Тиск насиченої пари над викривленою поверхнею. Особливості явищ перенесення у рідині. Енергія активації. Час осілого життя молекули та в'язкість. Бінарна та кореляційна функції.

#### *Тема 8. Розчини*

Розчинність. Суміші рідин, тверді розчини. Осмотичний тиск. Кипіння та твердіння сумішей. Фазові діаграми. Евтектика. Правило фаз.

### *Розділ 3. Будова, теплові і механічні властивості твердого тіла*

#### *Тема 9. Молекулярно-кінетична теорія твердого тіла*

Особливості кристалічної фази речовини. Близький та далекий порядок. Кристалічні ґратки. Анізотропія фізичних властивостей кристала. Пружність. Характерна форма кристала. Внутрішньокристалічні сили. Симетрія кристалів. Елементи симетрії (вісь, площина, центр, вектор перенесення). Просторові ґратки. Вузлові прямі, вузлові площини ґратки. Класифікація кристалів, кристалічні системи, ґратки Браве. Будова реальних кристалів, блочна структура. Елементарні дефекти в кристалах: прониклі атоми, вакансії, заміщення, дислокації. Теплові властивості. Теплоємність, теплове розширення кристала. Основні положення теорії теплоємності за Ейнштейном та Дебаєм. Елементи квантової статистики. Уявлення про квазічастинки. Рівняння стану. Коефіцієнт Грюнаїзена.

#### *Тема 10. Пружні властивості твердого тіла*

Прості розтяг та стискання. Модуль Юнга та коефіцієнт Пуассона. Енергія пружної деформації. Всебічні стискання та розтяг. Модуль всебічного стискання. Деформація згинання. Модуль зсуву. Деформація крутіння. Межі застосування лінійної теорії пружності. Межа пружності. Межа міцності. Петля механічного гістерезису.

#### *Тема 11. Звук*

Поширення акустичних коливань у суцільному середовищі. Рівняння плоскої монохроматичної хвилі. Швидкість звука в газі, рідині та твердому тілі. Акустичний тиск. Хвильове рівняння. Інтенсивність хвилі. Стоячі хвилі. Акустичний резонатор Гельмгольца. Власні частоти. Закон відбиття. Закон заломлення хвиль. Ефект Доплера. Поглинання звука.

#### *Тема 12. Фазові переходи*

Фази речовини. Фазові переходи першого роду. Плавлення, кипіння. Рівняння Клапейрона - Клаузіуса. Зародки нової фази. Критичні розміри зародка. Метастабільні стани. Природа явищ перегрівання та переохолодження. Бульбашкова камера. Камера Глезера. Фазові

переходи другого роду, критичні стани та нестійкості. Фазові діаграми. Потрійна точка. Роль флуктуацій. Надплинність. Досліди Капіці. Теорія надплинності Ландау (якісно). Конденсат та газ фононів. Явище надпровідності (якісно).

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Молекулярно-кінетична теорія та термодинаміка газу</b>						
Вступ	1	1				
Тема 1. Рівняння стану ідеального газу	16	2	2			12
Тема 2. Термодинаміка ідеального газу	54	10	7	8		29
Тема 3. Термодинаміка реального газу	20	5	3			12
Тема 4. Максвелів розподіл частинок за швидкостями	17	5	3			9
Тема 5. Розподіл частинок за потенціальною енергією	14	3	2			9
Разом за розділом 1	122	26	17	8		71
<b>Розділ 2. Основи фізичної кінетики та молекулярно-кінетична теорія реальних газів і рідини</b>						
Тема 6. Основи фізичної кінетики	49	8	4	16		21
Тема 7. Рідина	28	9	2	8		9
Тема 8. Розчини	14	2	1	8		3
Разом за розділом 2	91	19	7	32		33
<b>Розділ 3. Будова, теплові і механічні властивості твердого тіла</b>						
Тема 9. Молекулярно-кінетична теорія твердого тіла	22	7	1	8		6
Тема 10. Пружні властивості твердого тіла	23	4	2	8		9
Тема 11. Звук	28	5	3	8		12
Тема 12. Фазові переходи	14	3	2			9
Разом за розділом 3	87	19	8	24		36
<b>Усього годин</b>	<b>300</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>64</b>		<b>140</b>

### 4. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння стану ідеального газу	2
2	Термодинаміка ідеального газу	7
3	Термодинаміка реального газу	3
4	Максвелів розподіл частинок за швидкостями	3
5	Розподіл частинок за потенціальною енергією	2
6	Основи фізичної кінетики	4
7	Рідина	2
8	Розчини	1
9	Молекулярно-кінетична теорія твердого тіла	1
10	Пружні властивості твердого тіла	2
11	Звук	3
12	Фазові переходи	2



	Разом	32
--	-------	----

### Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки	2
2	Визначення частки теплоємностей газу $C_p/C_v$	6
3	Визначення довжини вільного пробігу та ефективного діаметра молекул повітря	6
4	Визначення коефіцієнта теплопровідності металів	6
5	Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини методом Стокса	6
6	Визначення відносної вологості повітря	6
7	Визначення питомої теплоти плавлення олова та побудова діаграми стану Олово-Свинець	6
8	Визначення коефіцієнтів пружності при поздовжній та поперечній деформаціях	6
9	Визначення швидкості звуку у повітрі інтерференційним методом	6
10	Узагальнення методів вивчення явищ та перевірки законів молекулярної фізики	14
	Разом	64

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
<b>Розділ 1. Молекулярно-кінетична теорія та термодинаміка газу</b>			
1	Рівняння стану ідеального газу	12	Контрольна робота № 1
2	Термодинаміка ідеального газу	29	
3	Термодинаміка реального газу	12	
4	Максвелів розподіл частинок за швидкостями	9	
5	Розподіл частинок за потенціальною енергією	9	
	<b>Разом за Розділом 1</b>	<b>71</b>	
<b>Розділ 2. Основи фізичної кінетики та молекулярно-кінетична теорія реальних газів і рідини</b>			
6	Основи фізичної кінетики	21	Контрольна робота № 1
7	Рідина	9	
8	Розчини	3	
	<b>Разом за Розділом 2</b>	<b>33</b>	
<b>Розділ 3. Будова, теплові і механічні властивості твердого тіла</b>			
9	Молекулярно-кінетична теорія твердого тіла	6	Контрольна робота № 2
10	Пружні властивості твердого тіла	9	
11	Звук	12	
12	Фазові переходи	9	
	<b>Разом за Розділом 3</b>	<b>36</b>	
	<b>Разом</b>	<b>140</b>	

### 6. Індивідуальні завдання

Розрахунково-графічна робота за темами 1,2. 10 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником [Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. -М.: Наука, 1975.] і містить задачі №№ 2.2,2.3,2.4,2.5,2.9,2.13,2.64,2.67,2.69,2.71,2.76,2.79-2.81,2.8. Оцінювання (5 балів)

Розрахунково-графічна робота за темами 3-5. 10 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником [Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. -М.: Наука, 1975.] і містить задачі №№ 2.85,2.86,2.87,2.93,2.94,2.101,2.102,2.103,2.105,2.107,2.112,2.115,2.117,2.25-2.29,2.34,2.35, 2.37, 2.39. Оцінювання (8 балів)

Розрахунково-графічна робота за темами 6-8. 10 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником [Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. -М.: Наука, 1975.] і містить задачі №№ 2.40,2.45,2.48,2.55,2.56-2.58,2.60,2.62,1.344,1.346,1.347,1.361,2.74,2.75,2.120,2.123,2.125, 2.126, 2.131, 2.132. Оцінювання (7 балів)

Розрахунково-графічна робота за темами 9,10. 10 годин самостійної роботи.

Зміст завдання: розрахунково-графічна робота виконується за задачником [Иродов И.Е., Савельев И.В., Замша О.И. Сборник задач по общей физике. -М.: Наука, 1975.] і містить задачі №№ 1.318,1.323,1.326,1.328,1.336,1.337,1.439,1.441,1.444,1.450,1.454,2.110,2.111,2.133,2.136. Оцінювання (5 балів)

Контрольна робота за Розділами 1,2. 10 годин самостійної роботи. Контрольна робота складається з двох частин. Перша передбачає письмову відповідь на двадцять питань про визначення або закони з-поміж сорока трьох, вивчених у розділі 1. Оцінювання (4 балів). Друга частина передбачає письмову відповідь на завдання, яке складається з одного теоретичного питання та двох задач, з наступним захистом в усній формі. Оцінювання (10 балів).

Контрольна робота за Розділом 3. 10 годин самостійної роботи. Контрольна робота містить двадцять визначень або законів із тридцяти трьох, вивчених у цьому розділі. Оцінювання (4 балів).

На написання курсової роботи студентам відводиться 40 годин самостійної роботи та пропонуються наступні теми:

1. Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини методом Стокса.
2. Визначення довжини вільного пробігу та ефективного діаметра молекул повітря.
3. Визначення частки теплоємностей газу  $C_p/C_v$ .
4. Визначення відносної вологості повітря.
5. Визначення швидкості звуку у повітрі інтерференційним методом.
6. Визначення коефіцієнта теплопровідності металів.
7. Визначення коефіцієнтів пружності при поздовжній та поперечній деформаціях.
8. Визначення питомої теплоти плавлення олова та побудова діаграми стану Олово-Свинець.

Вимоги до виконання: курсова робота має відповідати критеріям ДСТУ 3008-95 «ДОКУМЕНТАЦІЯ. ЗВІТИ У СФЕРІ НАУКИ І ТЕХНІКИ». Оцінювання (20 балів)

Студент може сам обрати тему курсової роботи, якої немає в списку, але її виконання може бути зараховано лише за умови погодження цієї теми з керівником та затвердження її на засіданні кафедри.

## 7. Методи навчання

При викладанні молекулярної фізики використовують словесні, наочні, практичні та дискусійні методи навчання. На лекціях використовують найчастіше словесний, наочний та дискусійний методи. На практичних і лабораторних заняттях найчастіше використовують практичний та дискусійний методи. Під час самостійної роботи знаходять застосування всі згадані методи навчання.

## 8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

– Поточний контроль передбачає чотири розрахунково-графічні роботи, розв'язання яких має бути захищеним, і дві контрольні роботи, які проводять протягом семестру. Виконання лабораторних робіт передбачає допуск до лабораторної роботи, під час якого викладач перевіряє готовність студента до виконання лабораторної роботи, а саме: знання вимог техніки безпеки, теоретичних основ і експериментальних методів, на яких побудовано лабораторну роботу, а також захист звіту за лабораторною роботою.

- Підсумковий семестровий контроль – це іспит у комбінованій формі.

### 9. Схема нарахування балів

Контрольна робота 1	14
Контрольна робота 2	4
Практичні заняття, розрахункові роботи	25
Фізичний практикум	12
Курсова робота	5
Іспит	40
Сума	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 50% балів з навчальної дисципліни під час кожного з видів поточного контролю: контрольної роботи 1, контрольної роботи 2, практичних занять, фізичного практикуму, курсової роботи.

#### Критерії оцінювання навчальних досягнень

Критерії оцінювання **контрольної роботи 2** та першої частини **контрольної роботи 1**. Максимальна кількість балів за контрольну роботу 2 та першу частину контрольної роботи 1 становить 5 балів. Контрольна робота 2 та перша частина контрольної роботи 1 містять по двадцять питань про закони та визначення, які мали бути засвоєні під час навчання.

- Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,25 бала.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 0,125 бала.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання другої частини контрольної роботи 1. Максимальна кількість балів за другу частину контрольної роботи 2 становить 12 балів. Друга частина контрольної роботи 2 містить одне теоретичне питання та дві задачі. Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 4 бали.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 3 бали.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 2 бали.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 1 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 4 бал.
- Студент отримав загальний розв'язок, але неправильно вирахував числове значення відповіді або помилився в одиницях вимірювання - 3 бали.
- Студент правильно виписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 2 бали.
- Студент не повністю виписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 1 бал.
- Студент неправильно виписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній - 0 балів.

Критерії оцінювання **розрахунково-графічної роботи**. Максимальна кількість балів за розрахунково-графічну роботу складає 5, 8, 7 і 5 балів, відповідно. Кожна незахищена задача знижує кількість балів на 0,5 бали.

**Підсумковий контроль** проводиться в формі екзамену. До складання іспиту допускають студентів, які набрали протягом семестру не менше 50% балів за кожну контрольну, практичні заняття та розрахункові роботи, а також фізичний практикум окремо. Екзаменаційне завдання: білет містить одне теоретичне питання та дві задачі.

Критерії оцінювання теоретичних питань:

- Повна розгорнута відповідь - 14 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь - 11 балів.
- Повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність, - 8 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей, - 7 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал.
- Відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

- Студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 13 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді - 11 балів.
- Студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 10 балів.
- Студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 7 балів.
- Студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 3 бали.
- Студент неправильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній - 0 балів.

Число балів, які студент отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою що наведена нижче.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	<b>відмінно</b>
70-89	<b>добре</b>
50-69	<b>задовільно</b>
1-49	<b>незадовільно</b>

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. Лекції з курсу фізики «Механіка та молекулярна фізика» для студентів природничих факультетів / В. О. Гірка, І. О. Гірка. — Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. — 296 с.
2. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. - К.: Вища шк., 1993.- 431 с.

3. Гірка В.О., Гірка І.О. Лекції з курсу фізики «Механіка та молекулярна фізика» для студентів природничих факультетів. Навчальний посібник / Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. - 367 с.

### Допоміжна література

1. Біленко І.І. Фізичний словник.- К.: Вища школа, 1993.
2. Гірка В.О., Гірка І.О., Кондратенко А.М., Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Молекулярна фізика” для студентів першого курсу факультету комп’ютерних наук. – Харків.: Просвіта, 2004.

### 11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Цей курс є базовим курсом з термодинаміки, призначеним для студентів у галузі машинобудування. Тут дано терміни та поняття, які використовують у термодинаміці, з точними визначеннями. Три закони термодинаміки детально досліджені, а також вивчено властивості матеріалів. Введено багато корисних співвідношень. Акцент зроблено на розв’язанні задач. Студентам потрібно буде витратити значні зусилля на розв’язування вправ: <https://www.edx.org/course/thermodynamics-2>
2. У цьому курсі йдеться про рідини та термодинаміку. Вивчають тиск, сили поверхневого натягу та концепції, що передбачають збереження маси та енергії. Також вивчають науку про тепло, його передачу та про те, як використовують його поведінку в різних технологіях. Під час роботи над цим курсом ви знайдете відео з лекціями, попрактикуєтесь у тестах з вибором з декількох варіантів відповіді та запитаннях з вільною відповіддю, а також навчальні відео, які показують вам крок за кроком як розв’язувати задачі: <https://www.edx.org/course/ap-physics-2-part-1-fluids-and-thermodynamics>
3. Цей курс призначено для тих, хто хоче вивчити основи фізики твердого тіла, рідини, теплопровідності та дифузії. Він поєднує в собі силу та красу математики з фізичною інтуїцією для всебічного розуміння фізики суцільних середовищ. Курс починається з огляду математики векторів і тензорів. Потім вивчають фундаментальні концепції руху, закони рівноваги, визначальні співвідношення та термодинаміку. Цей вступний курс стосується переважно механіки твердого тіла та рідини, але підходить до них уніфіковано. Наступний, просунутий курс поширює цей підхід на термомеханіку, варіаційні принципи та дифузію. Нарешті, що стосується способу подачі предмета: він є математичним. Ми не знаємо іншого способу займатися фізикою суцільного середовища. Хоча курс є суворим, він не є ні абстрактним, ні формальним. У кожному сегменті здійснюються зв’язки з фізикою предмета. Прості, але повчальні реквізити, такі як пластикова пляшка, що деформується, вода та харчові барвники використовують протягом усього курсу: <https://www.edx.org/course/introduction-to-continuum-physics>
4. У цьому курсі статистичної фізики ви дізнаєтесь про безперервні випадкові величини та деякі найбільш часто використовувані моделі розподілу ймовірностей, включаючи експоненціальний розподіл, гамма-розподіл, бета-розподіл та, головне, нормальний розподіл. Ви дізнаєтесь, як ці розподіли можуть бути пов’язані з нормальним розподілом за центральною граничною теоремою: <https://www.edx.org/course/probability-distribution-models-continuous-random>

5. Структура визначає багато властивостей матеріалу: його потенційні застосування та його ефективність. Цей курс є заключним у трискладовій серії відділу матеріалознавства та техніки МІТ, який досліджує структуру найрізноманітніших матеріалів із сучасними інженерними програмами. Ця частина починається з дослідження квазі-пластичних та рідких кристалів. Далі ви дізнаєтесь, як на властивості матеріалів впливають і чи можуть бути модифіковані конструктивні дефекти. Ми покажемо, що точкові дефекти є в усіх кристалах за скінченних температур, і як їх наявність регулює дифузію в матеріалах. Далі ми вивчимо дислокації в матеріалах. Ми введемо дескриптори, які використовуються для опису дислокацій, дізнаємось про дислокаційний рух та розглянемо, як дислокації різко впливають на міцність матеріалів. Нарешті, ми вивчимо, як дефекти можуть бути використані для зміцнення матеріалів, і ми дізнаємось про властивості інших структурних дефектів, таких як стоки дефектів і межі зерен: <https://www.edx.org/course/structure-of-materials-part-3-liquid-crystals-defe>

6. Гідравліка є одним із основних курсів інженерної фізики. Ця наука зосереджується на законах динаміки рідини та її взаємодії з межами. Основна мета цього курсу полягає в тому, аби зрозуміти основні поняття та теорію гідравліки, навчитись аналізувати та розв'язувати задачі гідравліки, що зустрічаються на практиці. Зміст курсу зосереджений на основних теоріях: «Фізичні та механічні властивості рідини», «Гідростатика», «Гідрокінематика», «Гідродинаміка», «Розмірний аналіз та спрощення», «Опір потоку та втрати енергії». Ви братимете участь в експериментах і переглядати відео в цьому курсі: <https://www.edx.org/course/hydraulics>

7. Цей курс охоплює основи акустичної комунікації - те, як звуки подорожують до приймача, різні теми, включаючи мовленнєву акустику, акустику слуху, електроакустику, систему слуху людини та методи цифрової аудіообробки. Ви дізнаєтесь про це від провідних експертів у галузі комунікаційної акустики, всі з яких є партнерами провідних технологічних університетів Німеччини. Разом вони об'єднали свій досвід, щоб навчити всебічному базовому розумінню та поділитися з вами найсучаснішими тенденціями досліджень: <https://www.edx.org/course/fundamentals-of-communication-acoustics>