

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра експериментальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-методичної роботи

Антон ПАВЛЮК



2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика (частина I)

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 10 природничі науки

(шифр, назва галузі)

спеціальність 103 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Біомедична електроніка та комп'ютерні системи»

спеціалізація _____

(шифр, назва)

Вид дисципліни обов'язкова

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2021 / 2022 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

«25» 06 2021 року, протокол № 8

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Сухов Володимир Миколайович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри експериментальної фізики.

Програму схвалено на засіданні кафедри експериментальної фізики

Протокол від «22» 06 2021 року № 5.

Завідувач кафедри експериментальної фізики



Володимир ПОЙДА
(прізвище та ім'я)

Програму погоджено з гарантом освітньої (освітньо-професійної) програми (керівником проєктної групи) «Радіофізика, біофізика та комп'ютерні системи»
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (освітньо-професійної) програми (керівник проєктної групи)


(підпис)

Олександр БУТРИМ
(прізвище та ім'я)

Програму погоджено методичною комісією факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від «25» 06 2021 року № 7.

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем


(підпис)

Олександр БУТРИМ
(прізвище та ім'я)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика» укладена відповідно до освітньо-професійної програми «Біомедична електроніка та комп'ютерні системи» підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня) спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою вивчення навчальної дисципліни «Фізика (Механіка і молекулярна фізика)» є надання студентам базових знань щодо фізичних основ класичної механіки, а також ознайомлення їх з основними положеннями спеціальної теорії відносності та законами, які описують механічні коливання і пружні хвилі.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

1. Ознайомити студентів з математичним та експериментальним базисом сучасної класичної механіки;

ознайомити студентів з математичним та експериментальним базисом сучасної молекулярної фізики та термодинаміки.

2. Сформувати у студентів базові теоретичні знання і фундаментальні фізичні уявлення щодо основних законів та особливостей механічного руху макроскопічних тіл і частинок суцільного середовища, а також щодо причин, які викликають чи змінюють цей рух.

3. Ознайомити студентів із основними положеннями фізики механічних коливань та пружних хвиль, взаємозв'язками і залежностями між механічними величинами.

4. Ознайомити студентів із основними базовими знаннями про фізичні властивості ідеальних та реальних газів, рідин і твердих тіл.

5. Сформувати у студентів базові знання щодо основних фізичних моделей та законів молекулярної фізики і термодинаміки.

6. Сформувати у студентів ґрунтовні знання щодо основних фізичних моделей механіки і молекулярної фізики, а також щодо границь їх використання. Підготувати їх до сприйняття і розуміння інших розділів загальної та теоретичної фізики, а також різних фахових навчальних дисциплін.

1.3. Кількість кредитів 7.

1.4. Загальна кількість годин 210.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
обов'язкова	
Вид кінцевого контролю: екзамен	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
48 год.	год.
Практичні заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
98	год.

Лабораторні заняття	
32.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен продемонструвати такі результати навчання:

1.Знати та розуміти визначення таких понять: переміщення, швидкість, прискорення, кутова швидкість, кутове прискорення, маса, сила, імпульс, момент сили, момент імпульсу, робота сили, потужність, кінетична і потенціальна енергія, момент інерції, сили інерції, механічний резонанс, биття, інтерференція та дифракція пружних хвиль, принцип відносності Галілея, постулати спеціальної теорії відносності, перетворення координат Лоренца та їх наслідки, основне рівняння релятивістської динаміки та взаємозв'язок між масою і енергією, границі і особливості застосування класичної механіки та спеціальної теорії відносності.

2. Уміти застосовувати на базовому рівні основні закони механіки: кінематичні і динамічні характеристики рухів матеріальної точки, твердого тіла, ідеальної рідини, механічних коливань та пружних хвиль.

3. Уміти розв'язувати типові прямі та обернені задачі кінематики і динаміки матеріальної точки та твердого тіла, а також задачі до інших розділів курсу, користуватись для опису рухів інерціальними та неінерціальними системами відліку.

4.Знати визначення таких понять: відносна атомна (молекулярна) маса, молярна маса, характерні значення маси і розмірів атомів і молекул; моль; число Авогадро, число Лошмідта, термодинамічна система, молярна (універсальна) газова стала, середня квадратична швидкість молекул, стала Больцмана, абсолютний нуль температури, найбільш ймовірна (найімовірніша) та середня арифметична швидкості молекул, внутрішня енергія, кількість теплоти, робота термодинамічної системи, теплоємність. оборотний та необоротний термодинамічні процеси, коефіцієнт корисної дії, ентропія, термодинамічні потенціали: внутрішня енергія, вільна енергія, ентальпія, термодинамічний потенціал Гіббса, ефективний поперечний переріз зіткнення молекул, ефективний газокінетичний діаметр молекул, середня довжина вільного пробігу молекул, вакуум, критичний стан речовини, метастабільний стан, насичена пара, фазові переходи першого та другого роду, потрійна точка.

5.Уміти застосовувати на базовому рівні основні уявлення та закони молекулярної фізики та термодинаміки: основні положення та закони, які характеризують фізичні властивості ідеальних та реальних газів, закони (начала) термодинаміки, формули, за якими визначають роботу ідеальних газів у різних ізопроцесах, поняття про термодинамічні цикли ідеальних теплових машин, про основні характерні фізичні властивості рідин та твердих тіл, а також про фазові перетворення, які відбуваються з речовинами при зміні термодинамічних параметрів.

6. Уміти розв'язувати типові задачі зокрема з використанням законів, що описують властивості ідеальних газів, барометричної формули, розподілів Максвелла і Больцмана, першого та другого законів термодинаміки, методу термодинамічних циклів. Задач, спрямованих на визначення зміни ентропії термодинамічної системи, на аналіз явищ переносу в ідеальних газах, на аналітичне визначення коефіцієнтів поверхневого натягу рідин з використанням формули Лапласа, а також з інших розділів курсу.

7. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію з молекулярної фізики і термодинаміки в друкованих та/або електронних літературних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та запам'ятовувати її, вести та самостійно доповнювати конспекти лекцій, опрацьовувати навчальну літературу, здійснювати самоконтроль якості засвоєння теоретичних знань з використанням тестів.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізичні основи механіки.

Вступ. Предмет фізики. Роль фізики у процесі пізнання матеріального світу. Еволюція фізичних ідей. Сучасна фізика і науково-технічний процес. Механіка. Основні задачі та розділи механіки. Класичні (нерелятивістські) уявлення про простір і час. Матеріальна точка, абсолютно тверде тіло та суцільне середовище як основні моделі, що використовуються в класичній механіці. Математичний апарат механіки.

Тема 1.

КІНЕМАТИКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ТА АБСОЛЮТНО ТВЕРДОГО ТІЛА.

Система відліку. Опис руху матеріальної точки природним способом, у векторній та в координатній формах. Радіус-вектор матеріальної точки. Траєкторія. Вектор переміщення матеріальної точки, довжина шляху. Вектори та модулі середньої та миттєвої швидкостей. Вектори та модулі середнього та миттєвого прискорень. Центр та радіус кривизни траєкторії. Нормальне та тангенціальне прискорення матеріальної точки при криволінійному русі. Пряма та обернена задачі кінематики матеріальної точки. Вільне падіння тіл. Рух тіла, кинутого горизонтально. Рух тіла, кинутого під кутом до горизонту. Рух матеріальної точки по колу. Кут повороту. Кутові швидкість та прискорення. Частота та період обертання. Співвідношення між кутовими та лінійними кінематичними величинами. Поступальний та обертовий рух твердого тіла. Вектори кута повороту, кутової швидкості та кутового прискорення. Довільний рух твердого тіла як сума поступального руху якої-небудь точки тіла і обертового руху цього тіла відносно трьох взаємно-перпендикулярних осей, що перетинаються у даній точці. Миттєва вісь обертання.

Тема 2.

КЛАСИЧНА ДИНАМІКА МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ТА СИСТЕМИ МАТЕРІАЛЬНИХ ТОЧОК.

Взаємодія між тілами. Типи взаємодій у природі. Сила і механічний рух. Інерція. Поняття про інертну масу. Основні характеристики сил, що розглядаються в механіці: сили тяжіння, тертя та пружності. Вага тіла. Перевантаження. Невагомість. Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку та їх фізична еквівалентність. Другий закон Ньютона. Третій закон Ньютона. Використання законів Ньютона для розв'язування фізичних задач. Імпульс. Імпульс сили. Інтегральна форма основного закону динаміки. Перетворення Галілея. Взаємозв'язок між швидкостями та прискореннями у різних системах відліку. Принцип відносності Галілея. Момент сили відносно точки і відносно нерухомої осі. Момент імпульсу матеріальної точки відносно точки і відносно нерухомої осі. Рівняння моментів для матеріальної точки. Система матеріальних точок. Центр мас системи матеріальних точок. Імпульс системи матеріальних точок. Закон руху центра мас. Ізольована (замкнена) система матеріальних точок. Закони зміни та збереження імпульсу системи матеріальних точок. Рівняння моментів для системи матеріальних точок.

Тема 3.

РУХ ТІЛ ІЗ ЗМІННОЮ МАСОЮ.

Приклади та характеристики руху тіл, маса яких змінюється в процесі руху. Реактивний рух. Реактивна сила. Рівняння Мещерського. Формула Ціолковського.

Тема 4.

МЕХАНІЧНІ РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ.

Робота сили. Робота сили пружності, робота гравітаційних сил, робота сили тяжіння. Середня та миттєва потужності. Кінетична енергія. Потенціальна енергія. Потенціальні та не потенціальні силові поля. Консервативні та неконсервативні сили. Зв'язок між консервативною силою та потенціальною енергією. Потенціальна енергія пружно деформованого тіла. Потенціальна енергія тіла у гравітаційному полі. Потенціальна енергія тіла маси m піднятого на висоту h над поверхнею Землі. Повна механічна енергія

тіла, системи тіл. Закон збереження механічної енергії. Зв'язок законів збереження з властивостями симетрії простору-часу.

Тема 5.

ЗІТКНЕННЯ ТІЛ.

Загальні характеристики механічних процесів, що відбуваються при зіткненні тіл. Удар. Центральний удар. Косий удар. Абсолютно пружний та абсолютно непружний удари. Закони зіткнення тіл і сучасні методи дослідження елементарних часток.

Тема 6.

ПОЛЕ ТЯЖІННЯ.

Небесна механіка. Закони Кеплера. Закон всесвітнього тяжіння Гравітаційна стала та способи її визначення. Сила тяжіння. Поняття про гравітаційну масу. Пропорційність та еквівалентність гравітаційної та інертної мас. Робота у полі тяжіння. Потенціал поля тяжіння. Зв'язок між потенціалом поля тяжіння і його напруженістю. Рух тіл у гравітаційному полі. Космічні швидкості.

Тема 7.

НЕІНЕРЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ ВІДЛІКУ В КЛАСИЧНІЙ МЕХАНІЦІ.

Неінерціальні системи відліку. Сили інерції та їх прояв. Сили інерції при прискореному поступальному русі системи відліку. Сили інерції, що діють на тіло у системі відліку, яка обертається: відцентрова сила інерції, сила Коріоліса. Вплив добового обертання Землі на рух тіл біля її поверхні. Маятник Фуко. Залежність ваги тіл та прискорення сили тяжіння Землі від широти місцевості. Принцип еквівалентності.

Тема 8.

ЕЛЕМЕНТИ ДИНАМІКИ ОБЕРТАЛЬНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА.

Моделі уявлення про абсолютно тверде тіло як систему матеріальних точок. Центр мас твердого тіла. Моменти інерції точки та твердого тіла відносно осі обертання. Загальна методика та приклади аналітичного розрахунку моментів інерції деяких твердих тіл. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Основне рівняння динаміки обертального руху твердого тіла. Закон збереження моменту імпульсу. Плоский рух твердого тіла. Кінетична енергія обертального руху твердого тіла. Повна кінетична енергія при плоскому русі твердого тіла. Робота зовнішніх сил при обертанні твердого тіла. Вільні осі обертання. Гіроскопи та особливості їх руху. Прецесія і нутація гіроскопів. Гіроскопічні сили. Приклади використання гіроскопів.

Тема 9.

ЕЛЕМЕНТИ СТАТИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА.

Умови рівноваги твердого тіла. Центр ваги і методи його визначення. Пара сил. Принцип мінімуму потенціальної енергії у стійкому положенні твердого тіла.

ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ.

Тема 10.

ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІКИ ПРУЖНИХ І ТВЕРДИХ ТІЛ.

Механічні напруження. Деформація. Відносна деформація. Пружна і пластична деформації. Закон Гука. Модуль Юнга. Зсув і кручення. Модуль зсуву. Деформація і модуль всестороннього стиску. Коефіцієнт Пуассона. Діаграма механічного напруження.

Тема 11.

ЕЛЕМЕНТИ МЕХАНІКИ РІДИН І ГАЗІВ.

Властивості рідин та газів. Тиск у рідинах та газах. Закони гідростатики (Архімеда, Паскаля). Ідеальна рідина. Стаціонарний рух ідеальної рідини. Лінії та трубки течії. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Статичний, динамічний та гідростатичний тиски. Формула Торрічеллі. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин та газів. Сила внутрішнього тертя. Ламінарна і турбулентна течії. Число Рейнольдса. Течія рідини у горизонтальній циліндричній трубці. Формула Пуазейля. Рух тіл у рідинах і газах. Формула Стокса. Підймальна сила і лобовий опір. Ефект Магнуса.

МЕХАНІЧНІ КОЛИВАННЯ І МЕХАНІЧНІ ХВИЛІ У ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.

Тема 12.

МЕХАНІЧНІ ГАРМОНІЧНІ КОЛИВАННЯ.

Періодичні процеси. Механічні гармонічні коливання і їх кінематичні характеристики: амплітуда, фаза, початкова фаза, період, частота, колова частота. Рівняння гармонічних коливань. Гармонічний осцилятор. Пружинний, математичний та фізичний маятники. Енергія гармонічного осцилятора.

Тема 13.

ДОДАВАННЯ МЕХАНІЧНИХ КОЛИВАНЬ.

Векторна модель гармонічних коливань. Комплексна форма запису законів гармонічних коливань. Додавання гармонічних коливань одного напрямку і однакової частоти. Биття. Додавання взаємно-перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу. Вільні згасаючі механічні коливання. Коефіцієнт згасання, декремент згасання, логарифмічний декремент згасання, добротність коливальної системи. Вимушені механічні коливання. Механічний резонанс. Параметричний резонанс.

Тема 14.

ПОШИРЕННЯ КОЛИВАНЬ У ПРУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ.

Пружна гармонічна хвиля і її характеристики: довжина хвилі, хвильовий фронт, хвильова поверхня, хвильове число, фаза хвилі. Біжучі плоскі, сферичні та циліндричні хвилі. Хвильове рівняння, яке описує поширення пружних хвиль у однорідному ізотропному середовищі. Енергія хвильового руху. Потік і густина потоку енергії. Вектор Умова. Принцип суперпозиції.

Тема 15.

ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ ТА ДИФРАКЦІЯ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ.

Інтерференція пружних хвиль. Стоячі хвилі. Дифракція хвиль. Принцип Гюйгенса. Акустичні хвилі. Інтенсивність та тембр звуку. Джерела звуку. Ефект Доплера у акустиці.

ЕЛЕМЕНТИ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ МЕХАНІКИ.

Тема 16.

ЕЛЕМЕНТИ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ КІНЕМАТИКИ.

Відхилення від законів класичної механіки. Постулати Ейнштейна. Перетворення Лоренца. Наслідки із перетворень Лоренца. Одночасність подій у різних системах відліку, довжина тіла у різних системах відліку, проміжок часу між подіями, власний час. Інтервал. Інваріантність інтервалу. Релятивістський закон додавання швидкостей.

Тема 17.

ЕЛЕМЕНТИ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ ДИНАМІКИ.

Релятивістська маса. Релятивістський імпульс. Основне рівняння релятивістської динаміки Кінетична енергія. Повна енергія релятивістської частинки. Енергія спокою.. Взаємозв'язок між енергією та імпульсом, між масою та енергією у релятивістській механіці.

Розділ 2. Фізичні основи молекулярної фізики та термодинаміки.

Вступ.

Предмет, завдання та методи досліджень молекулярної фізики і термодинаміки. Стислий історичний огляд розвитку молекулярно-кінетичної теорії. Експериментальне підтвердження основних положень молекулярно-кінетичної теорії: броунівський рух; дифузія; молекулярні пучки; результати сучасних електронно-мікроскопічних досліджень, одержаних з використанням скануючої тунельної та просвічувальної високороздільної мікроскопії Деякі поняття та визначення, які використовуються при вивченні молекулярної фізики і термодинаміки: атомна одиниця маси; відносна атомна і молекулярна маса; характерні значення маси і розмірів атомів і молекул; моль; число Авогадро, число Лошмідта, термодинамічна система.

Тема 1.

ІДЕАЛЬНИЙ ГАЗ – ЯК МОДЕЛЬ НАЙБІЛЬШ ПРОСТОЇ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ (СТАТИСТИЧНОЇ) СИСТЕМИ.

Ідеальний газ – як модель найбільш простої статистичної системи. Поняття про стан речовини. Параметри стану, рівняння стану. Об'єм. Тиск газу та його вимірювання. Поняття про температуру. Емпіричні температурні шкали. Експериментально отримані закони ідеальних газів: Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля, Дальтона, Авогадро, Клапейрона, Клапейрона-Менделєєва. Молярна (універсальна) газова стала.

Тема 2.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНОЇ ТЕОРІЇ ІДЕАЛЬНИХ ГАЗІВ.

Основне рівняння кінетичної теорії ідеальних газів (рівняння Клаузіуса). Середня квадратична швидкість молекул. Молекулярно-кінетичне (статистичне) тлумачення тиску та температури. Стала Больцмана. Температурна шкала ідеального газу. Поняття про абсолютний нуль температури. Методи вимірювання температури. Барометрична формула.

Тема 3.

ДЕЯКІ ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ТЕРМІНИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В СТАТИСТИЧНІЙ ФІЗИЦІ.

Макро- і мікростани статистичної системи та співвідношення між ними. Статистичний ансамбль. Середні величини (за часом та за ансамблем). Ергодична гіпотеза. Рівноважний стан системи. Флуктуації. Основні поняття теорії ймовірностей, які використовуються в статистичному методі досліджень. Теорема про добуток ймовірностей для статистично незалежних величин (подій). Теорема про додавання ймовірностей. Ймовірність залежних величин (подій). Поняття про статистичний розподіл. Функція розподілу ймовірностей. Обчислення середніх величин з використанням функцій розподілу.

Тема 4.

РІВНОВАЖНИЙ РОЗПОДІЛ МОЛЕКУЛ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ ЗА ШВИДКОСТЯМИ – РОЗПОДІЛ МАКСВЕЛЛА.

Поняття про фазовий простір. Рівноважний розподіл молекул ідеального газу за швидкостями – розподіл Максвелла за компонентами та за абсолютною величиною (модулем) швидкості. Розподіл Максвелла за значенням кінетичної енергії та за модулем імпульсу. Найбільш ймовірна (найімовірніша) та середня арифметична швидкості молекул. Експериментальна перевірка розподілу Максвелла (досліди Штерна, Елдріджа та Ламмерта).

Тема 5.

РОЗПОДІЛ БОЛЬЦМАНА.

Розподіл Больцмана. Флуктуації макроскопічних величин. Флуктуації густини та їх вплив на чутливість вимірювальних приладів. Досліди Перрена з експериментальної перевірки розподілу Больцмана та визначення числа Авогадро. Розподіл Максвелла-Больцмана.

Тема 6.

ПЕРШИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ.

Предмет, методи, основні визначення та межі застосування законів термодинаміки. Внутрішня енергія, кількість теплоти, робота термодинамічної системи. Фізичний зміст та різні формулювання першого закону термодинаміки.

Тема 7.

ТЕПЛОЄМНІСТЬ ІДЕАЛЬНИХ ГАЗІВ.

Теплоємність. Молярна теплоємність газу за сталого тиску та за сталого об'єму. Показник Пуассона. Рівняння Майєра. Ступені вільності та внутрішня енергія молекул ідеального газу. Теорема Больцмана-Максвелла про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності поступального та обертального руху молекул. Температурна залежність теплоємності ідеальних газів. Елементи класичної та квантової теорій теплоємності ідеальних газів.

Тема 8.

РОБОТА, ЯКУ ВИКОНУЄ ІДЕАЛЬНИЙ ГАЗ ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ІЗОПРОЦЕСІВ.

Адіабатний процес. Рівняння Пуассона. Політропний процес. Рівняння політропи. Робота, яку виконує ідеальний газ під час здійснення різноманітних термодинамічних ізопроеесів.

Тема 9.

ДРУГИЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ. ТЕПЛОВІ МАШИНИ.

Оборотний та необоротний термодинамічні процеси. Природа необоротності теплових процесів. Циклічні процеси. Цикл Карно та його коефіцієнт корисної дії. Теорема Карно. Нерівність Клаузіуса. Холодильники. Кондиціонери. Теплові насоси. Другий закон термодинаміки та його різні формулювання (Клаузіуса і Томсона (Кельвіна)). Термодинамічна шкала температур.

Тема 11.

СТАТИСТИЧНИЙ ХАРАКТЕР ДРУГОГО ЗАКОНУ ТЕРМОДИНАМІКИ.

Ентропія. Термодинамічна ймовірність. Зв'язок між ентропією та термодинамічною ймовірністю стану системи. Формула Больцмана. Закон зростання ентропії. Статистичний характер другого закону термодинаміки. Об'єднаний аналітичний запис першого та другого законів термодинаміки.

Тема 12.

ТРЕТІЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМІКИ. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПОТЕНЦІАЛИ.

Теорема Нернста. Третій закон термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температури. Термодинамічні потенціали (характеристичні функції): внутрішня енергія, вільна енергія, ентальпія, термодинамічний потенціал Гіббса. Хімічний потенціал. Умови термодинамічної рівноваги. Принцип Ле Шательє-Брауна.

Тема 13.

ЯВИЩА ПЕРЕНОСУ В ІДЕАЛЬНИХ ГАЗАХ.

Загальна характеристика явищ переносу. Зіткнення між молекулами. Ефективний поперечний переріз зіткнення молекул. Ефективний газокінетичний діаметр молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул. Дифузія ідеальних газів. Закони дифузії Фіка. В'язкість (внутрішнє тертя) у ідеальних газах. Теплопровідність ідеальних газів. Залежність коефіцієнтів дифузії, в'язкості та теплопровідності ідеальних газів від тиску та температури. Співвідношення між коефіцієнтами переносу ідеальних газів. Газ у стані вакууму. Одержання та вимірювання низьких тисків. Ефузія розрідженого газу.

Тема 14.

РЕАЛЬНІ ГАЗИ.

Загальна характеристика неідеальних (реальних) газів. Причини відхилення поведінки реальних газів від законів ідеального газу. Сили міжмолекулярної взаємодії в газах. Рівняння стану та ізотерми газу Ван-дер-Ваальса. Порівняльна характеристика експериментальних ізотерм газу Ендрюса і розрахованих теоретично ізотерм газу Ван-дер-Ваальса. Критичний стан речовини. Метастабільний стан. Насичена пара. Внутрішня енергія, теплоємність та ентропія газу Ван-дер-Ваальса. Зведене рівняння стану газу Ван-дер-Ваальса. Закон відповідних станів. Ефект Джоуля-Томсона. Зрідження газів та одержання низьких температур.

Тема 15.

ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ РІДИН.

Загальні властивості та будова рідин. В'язкість (внутрішнє тертя) рідин. Дифузія у рідинах. Теплопровідність рідин. Теплоємність рідин. Поверхневий шар рідини. Поверхневий натяг. Кривизна поверхні рідини і додатковий тиск. Формула Лапласа. Тиск насиченої пари над кривою поверхнею рідини. Взаємодія рідини з поверхнею твердого тіла. Сили та умови рівноваги на межі розділу трьох середовищ: газу, рідини, твердого тіла. Змочування рідиною твердого тіла. Капілярні явища. Висота піднімання рідини у циліндричних капілярних трубках. Явища змочування та капілярності в природі та техніці. Поверхнево-активні речовини. Адсорбція. Флотація.

Тема 16.**ЕЛЕМЕНТИ ФІЗИКИ ТВЕРДОГО ТІЛА.**

Загальні властивості кристалічних та аморфних твердих тіл. Основні характеристики кристалів. Близький та дальній порядки. Полікристали. Монокристали. Щільноупаковані кристалічні ґратки. Типи кристалів за природою часток, розміщених у вузлах кристалічної ґратки і характером сил зв'язку між ними. Іонні кристали. Металічні кристали. Ковалентні кристали. Молекулярні кристали. Точкові та лінійні та поверхневі дефекти у реальних кристалах. Механізми утворення точкових дефектів. Дифузія у твердих тілах. Лінійні дефекти: крайові та гвинтові дислокації. Поняття про дислокаційний механізм пластичної деформації. Теплове розширення твердих тіл. Теплоємність твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Поняття про квантову теорію теплоємності твердих тіл. Фонони. Температура Дебая. Закон Дебая. Теплопровідність твердих тіл. Поняття про наноматеріали та нанотехнології.

Тема 17.**ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ.**

Поняття про фази. Фазова рівновага. Фазові переходи першого та другого роду. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клайперона-Клаузіуса. Приклади і загальні фізичні характеристики деяких фазових переходів: випаровування та кипіння рідин; сублімації, плавлення та кристалізації твердих тіл; поліморфних перетворень металів; надплинності рідкого гелію; надпровідності; переходу феромагнетиків з феромагнітного у парамагнітний стан; переходу сегнетоелектриків з сегнетоелектричного у параелектричний стан. Фазові діаграми. Потрійна точка.

Тема 18.**РОЗЧИНИ І СПЛАВИ.**

Загальна характеристика розчинів. Рідкі розчини. Ідеальні розчини. Закони Рауля. Осмос. Закон Вант-Гоффа. Тверді розчини. Евтектики. Хімічні сполуки. Сплави. Діаграми стану подвійних сплавів (з неперервними рядами рідких та твердих розчинів та евтектична, з обмеженою розчинністю складових компонент у твердому стані).

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8					
Розділ 1. Фізичні основи механіки.												
Разом за розділом 1	110	24	16	16		44						
Розділ 2. Молекулярна фізика та термодинаміка.												
Разом за розділом 2	110	24	16	16		54						
Усього годин	210	48	32	32		98						
Разом 210												

4. Темі практичних занять**Механіка**

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Кінематика поступального руху матеріальної точки. Системи відліку. Правило додавання швидкостей. Прямолінійний рух.	2
2.	Кінематика криволінійного та обертального рухів матеріальної	2

	точки. Рух тіл поблизу поверхні Землі.	
3.	Класична динаміка матеріальної точки. Закони Ньютона.	2
4.	Класична динаміка системи матеріальних точок. Зовнішні і внутрішні сили.	1
5.	Імпульс матеріальної точки (тіла). Імпульс системи матеріальних точок. Імпульс сили. Закони зміни та збереження імпульсу.	1
6.	Механічна робота та потужність сили. Кінетична енергія прирощення кінетичної енергії.	1
7.	Потенціальна енергія матеріальної точки в полі консервативних сил. Робота сил поля. Зв'язок між силою поля і потенціальною енергією частинки. Повна механічна енергія. Прирощення повної механічної енергії матеріальної точки і системи матеріальних точок у силовому полі. Закон збереження механічної енергії.	1
8.	Момент імпульсу матеріальної точки і системи матеріальних точок. Момент сили. Рівняння моментів. Закони зміни та збереження моменту імпульсу.	1
9.	Динаміка твердого тіла, що обертається навколо нерухомої осі. Момент інерції. Аналітичне визначення моментів інерції твердих тіл. Теорема Штейнера.	2
10.	Закони зміни та збереження моменту імпульсу для обертального руху твердого тіла.	1
11.	Робота зовнішніх сил при обертанні твердого тіла навколо нерухомої осі. Гіроскопи. Момент гіроскопічних сил.	1
12.	Кінетична енергія твердого тіла, що обертається. Плоский рух твердого тіла.	1
Разом		16

Молекулярна фізика та термодинаміка

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Ідеальний газ. Рівняння стану. Процеси.	2
2.	Ідеальний газ в однорідному полі сил тяжіння. Барометрична формула.	2
3.	Розподіли Максвелла і Больцмана.	2
4.	Перший закон термодинаміки. Робота ідеальних газів при здійсненні ізопроцесів.	1
5.	Теплоємність ідеальних газів.	1
6.	Адіабатичні та політропні процеси	1
7.	Другий закон термодинаміки. Цикли.	2
8.	Теплові машини, ККД теплової машини. Холодильні машини, холодильний коефіцієнт холодильної машини.	1
9.	Ентропія. Статистичний характер другого закону термодинаміки.	1
10.	Явища переносу в ідеальних газах. Ефузія.	1
11.	Реальні гази. Критичний стан. Ефект Джоуля-Томсона.	1
12.	Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Капілярні явища.	1
Разом		16

5. Завдання для самостійної роботи

«Фізика (механіка) »

1. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу навчальної дисципліни «Фізика (механіка)» за підручниками та посібниками з використанням Контрольних питань для самоконтролю.

Кількість годин 21.

2. Самостійне розв'язування задач у ході виконання домашніх завдань при підготовці до практичних занять за задачником [16, 17] за такими темами:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Кінематика поступального руху матеріальної точки.	2
2.	Кінематика криволінійного та обертового рухів матеріальної точки.	2
3.	Класична динаміка матеріальної точки.	2
4.	Класична динаміка системи матеріальних точок. Теорема про рух центра мас системи точок.	2
5.	Рух тіл зі змінною масою. Реактивний рух.	2
6.	Механічна робота та енергія.	2
7.	Закони збереження енергії та імпульсу системи матеріальних точок. Зіткнення тіл.	2
8.	Неінерціальні системи відліку в класичній механіці.	2
9.	Поле тяжіння.	2
10.	Аналітичне визначення моментів інерції твердих тіл.	2
11.	Закони зміни та збереження моменту імпульсу для обертового руху твердого тіла.	2
12.	Кінетична енергія твердого тіла, яке обертається. Плоский рух твердого тіла.	2
13.	Основи механіки рідин і газів.	2
14.	Механічні коливання.	2
	Разом	28

«Фізика (молекулярна фізика та термодинаміка)»

1. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу навчальної дисципліни «Фізика (молекулярна фізика та термодинаміка)» та описів виконаних лабораторних робіт за підручниками і посібниками з використанням Контрольних питань для самоконтролю.

Кількість годин 21.

2. Самостійне розв'язування задач у ході виконання домашніх завдань при підготовці до практичних занять за задачником [8, 9] за такими темами:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Ідеальний газ. Рівняння стану. Процеси	4
2.	Ідеальний газ в однорідному полі сил тяжіння. Барометрична формула.	2
3.	Суміші ідеальних газів. Рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності.	2
4.	Розподіл Максвелла.	2
5.	Розподіл Больцмана.	2
6.	Теплоємність ідеальних газів.	2
7.	Адіабатичні та політропні процеси.	2
8.	Другий закон термодинаміки. Цикли. Теплові машини, ККД теплової машини. Холодильні машини, холодильний коефіцієнт холодильної машини.	2
9.	Ентропія. Статистичний характер другого закону термодинаміки.	2
10.	Явища переносу в ідеальних газах. Ефузія.	2

11.	Реальні гази. Критичний стан. Ефект Джоуля-Томсона	2
12.	Поверхневий натяг. Формула Лапласа.	2
13.	Фазові перетворення. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Зміна ентропії при фазових переходах I роду.	2
	Разом	28

6. Теми лабораторних занять Експериментальні лабораторні роботи

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин, відведених на виконання кожної лабораторної роботи
1.	Вступне заняття	3
2.	Визначення густини твердих тіл пікнометром	3
3.	Вивчення обертового руху твердого тіла за допомогою маятника Обербека	3
4.	Визначення прискорення сили земного тяжіння за допомогою оборотного фізичного маятника	3
5.	Визначення модуля Юнга сталі статичним методом за деформацією розтягу	3
6.	Визначення коефіцієнта лінійного розширення твердого тіла дилатометром	3
7.	Визначення коефіцієнта внутрішнього тертя рідини за методом Стокса	3
8.	Визначення показника адіабати (коефіцієнту Пуассона) за методом Клемана та Дезорма	3
9.	Визначення теплоти пароутворення рідини по залежності тиску насиченої пари від температури	3
10.	Визначення коефіцієнта теплопровідності металів	3
Разом на виконання і здачу (захист) лабораторних робіт за семестр за індивідуальним навчальним планом студента		32

7. Методи навчання

Поєднання лекційних занять, спрямованих на засвоєння студентами теоретичних засад загальної фізики, практичних занять, на яких студенти отримують компетентності із застосування теоретичних положень для вирішення конкретних фізичних завдань та лабораторних робіт, успішне виконання яких є потребує прояв компетентностей, набутих здобувачами освіти під час лекційних та практичних занять.

8. Методи контролю

Поточний контроль, проміжний контроль (контрольна робота) та семестровий підсумковий контроль: екзамен.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, проміжний контроль (2 контрольні роботи), семестровий підсумковий контроль				Сума
Розділ 1	Розділ 2	самостійна робота	Індивідуальне завдання	
T1÷T17	T1÷T18			

25	25	10		40	100
----	----	----	--	----	-----

T1, T2 ... – теми розділів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів із навчальної дисципліни «Фізика (частина 1)»

Навчальні досягнення студентів з навчальної дисципліни «Фізика (частина 1)» оцінюються в балах, загальна сума яких становить 100. Вона складається із 60 балів, які студент може отримати протягом семестру в результаті проходження проміжного контролю шляхом виконання 2 письмових контрольних робіт та 40 балів, які студент може отримати в результаті проходження підсумкового контролю у вигляді письмового екзамену.

Кожна письмова контрольна робота складається із 3 теоретичних завдань (10 балів) та 2 фізичних задач (20 балів).

Екзаменаційне завдання складається із 5 теоретичних завдань, правильне виконання кожного з завдань оцінюється в 2 бали та двох фізичних задач, правильне виконання кожної з яких оцінюється у 15 балів.

Критерії оцінювання рівня засвоєння теоретичних знань та набуття умінь і практичних навичок при проходженні студентами з лабораторних занять з курсу Фізика (частина 1).

Зараховано, 90-100 балів .

Теоретична підготовка - студент має глибокі, міцні і систематичні теоретичні знання з тих розділів навчальної дисципліни, які досліджуються на фізичному практикумі, і може самостійно вивести основні формули, що використовуються в лабораторній роботі. Він може вільно наводити як словесне, так і математичне формулювання основних положень теорії, дає вичерпні відповіді на всі питання для самоконтролю і правильно виконує всі тести до лабораторних робіт. Відповідь студента відрізняється точністю формулювань і логікою, а його знання носять достатньо узагальнюючий характер. Студент може самостійно застосовувати теоретичні знання в стандартних ситуаціях, його відповіді лаконічні, логічні і чіткі, а розуміння фізичної суті теоретичного матеріалу є повним.

Практичні уміння і навички - студент згідно з інструкціями за певним алгоритмом самостійно виконує поставлені в лабораторній роботі завдання, проявляючи при цьому творчий підхід. Усі дії студента в лабораторії відрізняються раціональністю. Студент добре орієнтується в приладах і обладнанні, що використовуються для виконання лабораторної роботи. Він здатний самостійно провести вимірювання, виконати всі необхідні розрахунки, визначити абсолютну і відносну похибки, а також проаналізувати достовірність одержаних результатів. Студент бездоганно оформлює звіти з лабораторних робіт, дотримуючись всіх існуючих вимог.

Зараховано, 70-89 балів.

Теоретична підготовка - студент має добрі теоретичні знання з тих розділів навчальної дисципліни, які досліджуються на фізичному практикумі і може самостійно вивести основні формули, що використовуються в лабораторній роботі, але інколи робить при цьому кілька несуттєвих помилок. Він може наводити як словесне, так і математичне формулювання основних положень теорії, дає достатньо аргументовані відповіді на всі питання для самоконтролю і правильно виконує тести до лабораторних робіт. Студент може самостійно застосовувати теоретичні знання в стандартних ситуаціях, його відповідь логічна, але розуміння фізичної суті теоретичного матеріалу не завжди є повним.

Практичні уміння і навички - студент згідно з інструкціями за певним алгоритмом самостійно виконує поставлені в лабораторній роботі задачі і добре орієнтується в приладах і обладнанні, що використовуються для виконання лабораторної роботи. Він володіє базовими навичками щодо виконання вимірювань і може самостійно провести вимірювання, виконати всі необхідні розрахунки, визначити абсолютну і відносну похибки, але не завжди може проаналізувати достовірність одержаного результату. При оформленні звітів із лабораторних робіт студент дотримується всіх існуючих вимог, але інколи припускається несуттєвих помилок.

Зараховано, 50-69 (задовільно)

Теоретична підготовка - студент знайомий з основними поняттями і визначеннями теоретичного матеріалу з тих розділів навчальної дисципліни, які досліджуються на фізичному практикумі, але його знання є досить поверхневими. Він може формулювати за допомогою викладача основні положення теорії, не виділяючи взаємозв'язку між ними. Студент знає умовні позначення деяких фізичних величин і їх розмірність. Він може дати правильні відповіді лише на деяку кількість питань для самоконтролю і виконати певну кількість тестів до лабораторних робіт, але при цьому припускається суттєвих помилок, які самостійно, без допомоги викладача, виправити не може.

Практичні уміння і навички - студент може самостійно виконати деякі окремі дослідження за певними інструкціями, але не він не здатний самостійно сформулювати мету і осмислити повний алгоритм виконання лабораторної роботи. При проведенні вимірювань студент потребує певної кількості додаткових консультацій з викладачем чи інженером практикуму. Студент демонструє вміння виконувати основні математичні перетворення і розрахунки при опрацюванні результатів вимірювань, але часто припускається при цьому суттєвих помилок. Оформлення звітів із лабораторної роботи здійснює з суттєвими помилками.

Незараховано, 1-49 балів (незадовільно)

Студент не виконав всі ті лабораторні роботи, які були визначені його індивідуальним планом, не оформив звіти і не захистив їх. При цьому загальний рівень засвоєння теоретичних знань та набуття практичних умінь і навичок у студента є дуже низьким. Зокрема у нього дуже слабкі:

Теоретична підготовка - відповіді студента на питання для самоконтролю з тих теоретичних положень навчальної дисципліни, які досліджуються на фізичному практикумі, є елементарними і фрагментарними. У його відповідях при живому спілкуванні з викладачем часто відсутні логіка і самостійність. Студент не знає основних понять і визначень, які необхідні для осмисленого успішного виконання і захисту результатів лабораторної роботи.

Практичні уміння і навички - при виконанні лабораторних робіт студент ознайомлений з принципом дії окремих вимірювальних приладів, але не вміє користуватися ними. Він не може самостійно без допомоги викладача чи інженера провести необхідні вимірювання і виконати лабораторну роботу. При опрацюванні одержаних результатів вимірювань

навіть найпростіші математичні операції студент здійснює з грубими помилками. При оформленні звітів із лабораторної роботи припускається багатьох грубих помилок.

З цими критеріями студенти повинні бути ознайомлені на вступному занятті перед початком виконання лабораторних робіт на кожному з практикумів кафедри експериментальної фізики.

10. Рекомендована література

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Вища школа, 1993. – 431 с.
 2. Савельев И.В. Курс общей физики т.1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – 352 с.
 3. Пойда В.П. Загальна фізика: механіка: конспекти лекцій: навчальний посібник. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2011. – 280 с.
 4. Матвеев А.Н. Механика и теория относительности. – М.: Высшая школа, 1980. – 320 с.
 5. Хайкин С.П. Физические основы механики. – М.: Наука, 1971. – 751 с.
 6. Сивухин Д.В. Механика. – М.: Наука, 1989. – 576 с.
 7. Стрелков С.П. Механика. – М.: Наука, 1975. – 560 с.
 8. Леденев А.Н. Физика. Учебное пособие: Для вузов. В 5 кн. Кн. 1. Механика. – М.: Физматлит, 2005. – 240 с.
 9. Бушок Г.С., Венгер Э.Ф. Курс фізики. У 3 кн. Кн.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2002. – 375 с.
 10. Иродов И.Е. Основные законы механики: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1997. – 240 с.
 11. Иродов И.Е. Волновые процессы. Основные законы: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1999. – 256 с.
 12. Трофимова Т.И. Краткий курс физики. – Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2000. – 352 с.
 13. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1999. – 542 с.
 14. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах. – М.: Дрофа, 2004. – 432 с.
 15. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Курс физики. Колебания и волны. Теория, задачи и решения. – М.: Изд. Центр «Академия», 2003. – 258 с.
 16. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М.: Наука, 1988. – 416 с.
 17. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – Москва – Санкт-Петербург: Физматлит. Невский Диалект. Лаборатория базовых Знаний, 2001. – 432 с.
 18. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Курс общей физики. Механика / Под ред. В.А. Алешкевича. – М.: Физматлит, 2011. – 472 с.
 19. Дубовик В.М., Сухов В.М. Лекції з механіки. Навчальний посібник для студентів фізичних фахів університетів. – Х: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2018. – 54 с.
 20. Методичні інструкції щодо виконання експериментальних лабораторних робіт з механіки в умовах кредитно-модульної системи навчання. / Укладачі: В.П. Пойда, В.М. Юнаш, Е.В. Гапон, В.В. Скляр, В.П. Лебедев, В.П. Хижковий. За загальною редакцією В.П. Пойди. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007. – 106 с.
- Режим доступу: https://kef.univer.kharkov.ua/doc/k_eph/mechanics.pdf

Допоміжна література

1. Тарасов Л. В. Современный курс физики. Механика. – М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2009. – 592 с.
2. Курс фізики. Підручник. / І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, І.М. Кравчук та інші. – Львів: Афіша, 2003. – 376 с.
3. Белов Д.В. Механика: Учеб. пособие. – М.: Физический ф-т МГУ, НЭВЦ ФИПТ, 1998. – 144 с.

4. Самостійна робота студентів з вивчення механіки. Методичні рекомендації / Укладачі В. П. Пойда, О. В. Шеховцов, В. П. Хижковий, В. М. Сухов. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. – 80 с.
5. Трубецкова С.В. Физика. Вопросы-ответы. Задачи-решения. Ч. 1 Механика. – М. : Физматлит, 2003. – 352 с.
6. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. – К. : Наукова Думка, 1989. – 864 с
7. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М. : Наука, 1985. – 512 с.
8. Исаков А.Я. Физические основы механики. Руководство по самостоятельной работе: – Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ, 2007. – 343 с.
9. Покровский В. В. Механика. Методы решения задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. В. Покровский. НЭл. изд. ХМ.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 253 с.

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

Навчальні матеріали з механіки та молекулярної фізики кафедри експериментальної фізики

https://kef.univer.kharkov.ua/navch_materialy.html

Відеозаписи лекційних демонстрацій

Механіка

https://www.youtube.com/user/NRNUMEPH1/playlists?view=50&sort=dd&shelf_id=7

Коливання

https://www.youtube.com/user/NRNUMEPH1/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=8

Хвилі

https://www.youtube.com/user/NRNUMEPH1/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=10

12. Рекомендована література «Молекулярна фізика та термодинаміка»

Базова література

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К. : Вища школа, 1993. – 431с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики т.1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1989. – 352 с.
3. Дубовик В.М., Сухов В.М. Лекції з молекулярної фізики та термодинаміки : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 96с.
4. Бушок Г.Ф., Венгер Э.Ф. Курс фізики. У 3 кн. Кн.1. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2002. – 375 с.
5. Трофимова Т.И. Краткий курс физики. – Учеб. пособие для вузов. – М: Высш. шк., 2000. – 352 с.
6. Трофимова Т.И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. – М. : Высш. шк., 1999. – 542 с.
7. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах. – М. : Дрофа, 2004. – 432 с.
8. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – М.: Наука, 1988. – 416 с.
9. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. – Москва – Санкт-Петербург: Физматлит. Невский Диалект. Лаборатория базовых Знаний, 2001. – 432 с.
10. Иродов И.Е. Физика макросистем. Основные законы: Учебное пособие для вузов. – М. : Лаборатория базовых Знаний, 2001. – 200 с.
11. Гершензон Е.М., Малов Н.И., Мансуров А.Н. Молекулярная физика. Учебное пособие для студентов высш. пед. учебн. завед. – М. : Издательский центр «Академия», 2000. – 272 с.
12. Кикоин А.К., Кикоин И.С. Молекулярная физика. – М. : Наука, 1976. – 480 с.
13. Сивухин Д.В. Общий курс физики. т. 2. Термодинамика и молекулярная физика. – М. : Наука, 1990. – 592 с.

14. Леденев А.Н. Физика. Учебное пособие: Для вузов. В 5 кн. Кн. 2. Молекулярная физика. – М. : Физматлит, 2005. – 208 с.
15. Кириченко Н.А. Термодинамика, статистическая и молекулярная физика. Учебное пособие. – М. : Физматкнига, 2005. – 175 с.
16. Глаголев К.В., Морозов А.Н. Физическая термодинамика. Учебное пособие. М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 272 с.
17. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика. – М. : Физматлит, 2016. – 312 с.
18. Методические рекомендации к выполнению экспериментальных лабораторных работ по молекулярной физике / Составители: В.П. Пойда, В.В. Скляр, Э.В. Гапон, О.В. Шеховцов; Т.О. Невгасимова; под общей редакцией В.П. Пойды. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2015. – 111 с. Режим доступа: https://kef.univer.kharkov.ua/doc/k_eph/m_o_07.pdf

Допоміжна література

1. Исаков Ф.Я. Молекулярная физика и термодинамика.. Руководство для самостоятельной работы.: Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ, 2007. – 443с.
2. Курс фізики. Підручник. / І.Є. Лопатинський, І.Р. Зачек, І.М Кравчук та інші. – Львів: Афіша, 2003. – 376 с.
3. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. – М. : Высшая школа, 1977. – 288 с.
4. Телеснин Р.В. Молекулярная физика. – М. : Высшая школа, 1973. – 360 с.
5. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. – К. : Наукова Думка, 1989. – 864 с
6. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. – М. : Наука, 1985. – 512 с.
7. Дутчак Я.Й. Молекулярна фізика. – Львів: Вид. Львівського у-нту, 1973. – 264 с.
8. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М., Высшая школа, 1981. – 400 с.
9. Радченко І.В. Молекулярна фізика. – Харків: Харківський університет, 1969. – 500 с.

13. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

Навчальні матеріали з молекулярної фізики кафедри експериментальної фізики
https://kef.univer.kharkov.ua/navch_materialy.html

Відеозаписи лекційних демонстрацій

Молекулярна фізика

https://www.youtube.com/user/NRNUMEPH/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=8