

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної роботи

Антон ПАНЧЕНКО



2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Фізика - молекулярна
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
галузь знань 10 природничі науки
(шифр, назва галузі)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
(шифр, назва спеціальності)

освітня програма «Радіофізика, біофізика 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)



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



Олександр БУТРИМ
(прізвище та ім'я)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Фізика - молекулярна» укладена відповідно до освітньо-професійних програм «Радіофізика і електроніка та біофізика» підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти (назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня) спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою вивчення навчальної дисципліни «Фізика - молекулярна» є надання студентам базових знань щодо фізичних основ молекулярної фізики і термодинаміки у контексті їх застосування до вирішення проблем сучасної прикладної фізики та фізики наноматеріалів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни:

1. Ознайомити студентів з математичним та експериментальним базисом сучасної молекулярної фізики та термодинаміки.
3. Ознайомити студентів із основними базовими знаннями про фізичні властивості ідеальних та реальних газів, рідин і твердих тіл.
3. Сформувати у студентів базові знання щодо основних фізичних моделей та законів молекулярної фізики і термодинаміки.
4. Забезпечити формування в студентів навичок використання отриманих знань для вирішення проблем сучасної прикладної фізики та фізики наноматеріалів
5. Підготувати студентів до сприйняття і розуміння інших розділів загальної та теоретичної фізики, а також різних фахових навчальних дисциплін.

1.3. Кількість кредитів 6.

1.4. Загальна кількість годин 180.

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

2. 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.

3. 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.

4.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 молекулярної фізики та термодинаміки. Частина 1.

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.

Розділ 2. Фізичні основи молекулярної фізики та термодинаміки. Частина 2.

Тема 1.

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 2.**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 3.**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 4.**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. Термодинамічні потенціали систем з трьома ступенями свободи. Фазовий розмірний ефект. Хімічний потенціал. Умови термодинамічної рівноваги. Принцип Ле Шательє-Брауна.

Тема 5.**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 6.**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 7.**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 8.**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 9.

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 10.

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).

Тема 11

ТЕРМОДИНАМІКА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ ТА ФІЗИКИ НАНОМЕТЕРІАЛІВ

Розмірні ефекти температури плавлення, параметрів кристалічної ґратки, розчинності. Сучасні *in situ* та *ex situ* експериментальні методи дослідження розмірних ефектів. Нанофізика як метод вирішення прикладних проблем сучасних технологій.

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 молекулярної фізики та термодинаміки. Частина 1.												
Разом за розділом 1	90	16	16	16		44						
Розділ 2. Фізичні основи молекулярної фізики та термодинаміки. Частина 2.												
Разом за розділом 2	90	16	16	16		44						
Усього годин	180	32	32	48		88						
Разом	210											

4. Теми практичних занять

№ 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.	Ідеальний газ в однорідному полі сил тяжіння. Барометрична формула.	2
4.	Розподіл Максвелла.	2
5.	Розподіл Больцмана.	2
6.	Перший закон термодинаміки. Робота ідеальних газів при здійсненні ізопроцесів.	4
7.	Теплоємність ідеальних газів.	2
8.	Адіабатичні та політропні процеси.	2
10.	Другий закон термодинаміки. Цикли. Теплові машини, ККД теплової машини. Холодильні машини, холодильний коефіцієнт холодильної машини.	2
11.	Ентропія. Статистичний характер другого закону термодинаміки.	2
12.	Явища переносу в ідеальних газах. Ефузія.	2
13.	Реальні гази. Критичний стан. Ефект Джоуля-Томсона.	2
14.	Поверхневий натяг. Формула Лапласа. Капілярні явища. Змочування.	2
15.	Фазові перетворення. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.	2
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

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

Кількість годин 30.

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.	6
2.	Ідеальний газ в однорідному полі сил тяжіння. Барометрична формула.	4
3.	Суміші ідеальних газів. Рівномірний розподіл кінетичної енергії за ступенями вільності.	4
4.	Розподіл Максвелла.	6
5.	Розподіл Больцмана.	6
6.	Теплоємність ідеальних газів.	4
7.	Адіабатичні та політропні процеси.	2
8.	Другий закон термодинаміки. Цикли. Теплові машини, ККД теплової машини. Холодильні машини, холодильний коефіцієнт холодильної машини.	4
9.	Ентропія. Статистичний характер другого закону термодинаміки.	4
10.	Явища переносу в ідеальних газах. Ефузія.	4
11.	Реальні гази. Критичний стан. Ефект Джоуля-Томсона.	2
12.	Поверхневий натяг. Формула Лапласа.	4
13.	Фазові перетворення. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Зміна ентропії при фазових переходах I роду.	4
	Разом	54

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 коефіцієнту лінійного розширення твердого тіла дилатометром	3
3	Визначення показника адіабати (коефіцієнту Пуассона) за методом Клемана та Дезорма	3
4	Визначення теплоти пароутворення рідини по залежності тиску насиченої пари від температури	3
5	Визначення залежності коефіцієнту поверхневого натягу від температури за методом максимального тиску в бульбашці	3
6	Визначення коефіцієнту внутрішнього тертя рідини за методом Стокса	3
7	Визначення довжини вільного пробігу та ефективного діаметру молекул газу по коефіцієнту внутрішнього тертя	3
8	Визначення молярної маси рідини, що легко випаровується	3
9	Визначення теплоємності металів за методом охолодження	3
10	Визначення показника адіабати (коефіцієнту Пуассона) по залежності швидкості звуку в газі від температури за методом стоячої хвилі	3
	Разом на виконання і здачу (захист) лабораторних робіт за семестр за індивідуальним навчальним планом студента	30

7. Методи навчання

Поєднання лекційних занять, спрямованих на засвоєння студентами теоретичних засад загальної фізики, практичних занять, на яких студенти отримують компетентності з застосування теоретичних положень для вирішення конкретних фізичних завдань та лабораторних робіт, успішне виконання яких є вступом у наукову діяльність та вимагає компетентностей, набутих здобувачами освіти під час лекційних та семінарських 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	Екзамен	
T1÷T7	T1÷T10				
30	30	10		30	
					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 рівня засвоєння теоретичних знань та набуття умінь і практичних навичок при вивченні студентами курсу Фізика – механіка.

Відмінно, 90-100 балів .

Теоретична підготовка - студент має глибокі, міцні і систематичні теоретичні знання з усіх розділів навчальної дисципліни, і може самостійно вивести основні формули. 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.

Добре, 70-89 балів.

Теоретична підготовка - студент має добрі теоретичні знання з усіх розділів навчальної дисципліни 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.

Задовільно, 50-69 балів.

Теоретична підготовка - студент знайомий з основними поняттями і визначеннями теоретичного матеріалу, 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 завдань, 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 датний 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.

Незадовільно, 1-49 балів.

Студент не виконав всі завдання, які були визначені його індивідуальним планом, не оформив звіти. 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.

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.

10. Рекомендована література

Базова література

1. Дущенко В.П., Кучерук І.М. Загальна фізика. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К. : Вища школа, 1993. – 431с.
2. Савельєв 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. Дукаров, С. В., Петрушенко, С. І., & Сухов, Р. В. (2019). Фазові перетворення у нанорозмірних системах, ISBN 978-966-285-524-1© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2019.
18. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Молекулярная физика. – М. : Физматлит, 2016. – 312 с.
19. 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.

11. 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/NRNUMEPHI/playlists?flow=grid&view=50&shelf_id=8