

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра фізики напівпровідників**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

В.о. декана фізичного факультету

Володимир ЛАЗУР

2026 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА (МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА)»

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	А Освіта
Спеціальність	А4 Середня освіта (за предметними спеціальностями)
Предметна спеціальність	А4.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Освітня програма	Фізика. Інформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

Ужгород 2026

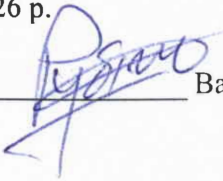
Робоча програма навчальної дисципліни «Загальна фізика (Молекулярна фізика)» для здобувачів вищої освіти галузі знань А Освіта спеціальності А4 Середня освіта (за предметними спеціальностями) предметної спеціальності А4.08 Середня освіта (Фізика та астрономія) освітньої програми Фізика. Інформатика.

Розробник: Глухов К. Є. - доцент, канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри фізики напівпровідників

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики напівпровідників
протокол № 11 від «29» червня 2026 р.

Завідувач кафедри  Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету
протокол № 8 від «30» червня 2026 р.

Голова науково-методичної комісії  Василь РУБИШ

Робоча програма навчальної дисципліни «Загальна фізика (Молекулярна фізика)» для здобувачів вищої освіти галузі знань **А Освіта** спеціальності **А4 Середня освіта (за предметними спеціальностями)** предметної спеціальності **А4.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)** освітньої програми **Фізика. Інформатика**.

Розробник: Глухов К. Є. - доцент, канд. фіз.-мат. наук,
доцент кафедри фізики напівпровідників

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики напівпровідників
протокол № ____ від «____» червня 2026 р.

Завідувач кафедри _____ Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету
протокол № ____ від «____» червня 2026 р.

Голова науково-методичної комісії _____ Василь РУБІШ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Загальна фізика (Молекулярна фізика)»

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 210	1-й
Кількість модулів - 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 7 самостійної роботи студента – 7	2-й
	Лекції
	30
	Практичні, семінарські
	30
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні
	44
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	106

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Загальна фізика (Молекулярна фізика)» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів предметної спеціальності **A4.08«Середня освіта. Фізика та астрономія»**.

Метою вивчення курсу є:

- оволодіння студентами основними фундаментальними знаннями і уявленнями з приведених розділів навчальної дисципліни. Вони включають розгляд і аналіз фізичних теорій, які узагальнюють:

результати спостережень за системами з великою кількістю частинок, що перебувають у неперервному тепловому русі;

- формування відповідного до статистичного методу і термодинаміки способу мислення;
- одержання навиків застосування фундаментальних знань до розв'язку конкретних практичних та інженерних задач;
- формування у студентів навиків експериментальної роботи на фізичних приладах та апаратурі для вивчення молекулярних явищ і термодинамічних закономірностей;
- ознайомлення студентів з нерозривним зв'язком фізики, техніки, сучасної технології та інших наук, прикладною значимістю термодинамічних характеристик матеріалів.

Метою проведення лекцій є вияснення фізичної суті і змісту основних положень та понять молекулярної фізики і термодинаміки, теоретичне обґрунтування відповідних законів, зокрема, результатів спостережень при лекційних демонстраціях, експериментальних дослідженнях у лабораторному практикумі.

Задачі проведення лекцій. У результаті проведення лекцій студенти **повинні знати** основні поняття і стан сучасної фізики, які описують молекулярні явища, розуміти їх фізичну суть, знати формулювання законів, вивід формул, межі застосування запропонованих теорій, моделей і абстракцій, знати методи вивчення фізичних явищ, законів та величин і експериментальної перевірки законів.

Мета проведення практичних занять – навчити студентів правильно **і глибоко розуміти** фізичні закони, поняття, виділяти головні фактори, що обумовлюють те або інше явище, виробити здатність застосовувати загальні теоретичні закономірності до конкретних випадків, розвивати самостійну творчу роботу, закріплювати теоретичні знання, одержані на лекціях.

Задачі проведення практичних занять. У результаті проведення практичних занять студенти **повинні знати** відповідні фізичні закони, положення, визначення, вивід робочих формул, метод розмірностей, систему одиниць СІ, **вміти**: глибоко осмислювати зміст задачі, правильно подавати її за допомогою відповідних малюнків і схем, проводити відповідні записи вихідних даних і величин; вміти вибирати відповідні даній задачі фізичні закони, положення і визначення, вміти переводити одиниці фізичних величин із системи в систему, вміти користуватися методами наближених обчислень і засобами обчислювальної техніки, вміти доводити розв'язки задач до кінцевого результату, робити висновки по розв'язаній задачі.

Метою проведення лабораторних занять є:

- поглиблення теоретичних знань студентів, формування розуміння ролі експерименту в фізичній науці;
- широке і поглиблене знайомство з матеріальними засобами вимірювань у фізиці;
- засвоєння основних принципів і методів вимірювань у фізиці, культури проведення експериментів;
- розвиток спостережливості, конструктивного мислення, активізація самостійності у роботі;
- формування експериментаторської компетентності майбутніх фахівців;
- залучення студентів до самостійної навчально-дослідницької роботи.

Виконання лабораторних робіт з курсу загальної фізики передбачає формування у студентів таких експериментаторських навичок:

- а) *планування експерименту*, тобто формулювання його мети, визначати експериментальний метод і давати йому теоретичне обґрунтування, скласти план досліду й визначати найкращі умови для його проведення, обирати оптимальні значення вимірюваних величин та умови спостережень, враховуючи наявні експериментальні засоби;
- б) *підготовка експерименту*, тобто обирати необхідне обладнання й вимірювальні прилади, збирати дослідні установки чи моделі, раціонально розташовувати прилади, досягаючи безпечного проведення досліду;
- в) *визначення мети й об'єкту спостереження*, встановлення характерних ознак перебігу фізичних явищ і процесів, виділяти їхні суттєві ознаки;
- г) *уміння вимірювати фізичні величини*, користуючись різними вимірювальними приладами та мірними, визначати ціну поділки шкали приладу, знімати покази приладу;
- г) *уміння обробляти результати експерименту*, обчислювати значення величин, знаходити похибки вимірювань, скласти таблиці одержаних даних, готувати звіт про проведену роботу, записувати значення фізичних величин у стандартизованому вигляді тощо;
- д) *уміння інтерпретувати результати експерименту*, описувати спостережувані явища й процеси, застосовуючи фізичну термінологію, подавати результати у вигляді формул і рівнянь, встановлювати функціональні залежності, будувати графіки, робити висновки про здійснене дослідження відповідно до поставленої мети.

У результаті проведення лабораторних занять студенти повинні:

знати:

- методи емпіричного пізнання об'єктивної дійсності,
- сутність і методи реалізації експерименту;
- фізичні величини, їх класифікацію; одиниці фізичних величин, їх класифікацію;
- основні методи вимірювань у фізиці;

- характер зміни похибок вимірювань і методи їх оцінок;
- основні правила виконання математичних операцій з наближеними числами;
- основні правила графічного подання результатів експерименту;
- вимоги до питань охорони праці і техніки безпеки під час роботи у фізичних лабораторіях вищого навчального закладу;

вміти:

- провести оцінки і реалізувати оптимальні умови проведення фізичного експерименту, виконання лабораторної роботи;
- виконати оцінки похибок результатів експерименту; графічно подати результати експерименту;
- скласти коротке резюме по кожному завданню та в цілому про виконану лабораторну роботу;
- провести аналіз виконання лабораторної роботи, написати звіт та висновки про її результати;
- дати характеристику сучасного фізичного обладнання та приладів; користуватися довідковою літературою;
- забезпечувати безпечне виконання завдань лабораторних робіт і фізичних практикумів.

Місце дисципліни в структурі освітньої програми: даний курс відноситься до дисциплін нормативної частини циклу професійної підготовки, за результатами яких здобувачі виконують навчальний процес по спеціальності 014.08 Середня освіта. Фізика та астрономія і здають екзамен.

Видами навчальних занять згідно з навчальним планом є: а) лекції, б) *практичні заняття*, в) *лабораторні заняття*, г) *самостійна робота студентів та індивідуальна робота*.

Застосовуються такі засоби перевірки рівня підготовки студентів: тестові завдання, усне опитування, підсумковий контроль.

Підсумковий контроль засвоєння модулів здійснюється по їх завершенню на підсумкових контрольних заняттях. Оцінка успішності студента з навчальної дисципліни є рейтинговою і виставляється за стобальною шкалою з урахуванням оцінок засвоєння окремих модулів.

Відповідно до освітньої програми, освоєння дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Програмні компетентності	
Інтегральна компетентність (ІК)	
Здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, інтеграції професійних та науково-дослідницьких знань з фізики та астрономії і інформатики, методики їх навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти.	
Загальні компетентності (ЗК)	
ЗК1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування знань у практичних ситуаціях
ЗК2	Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.
ЗК4	Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук і критично оцінювати інформацію, оперувати нею в професійній діяльності.
ЗК12	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності спеціальності (ФК)	
ФК1	Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність та в площину навчального предмету.
ФК4	Здатність формувати і розвивати в здобувачів освіти ключові компетентності і наскрізні вміння, визначені державними стандартами освіти; здійснювати інтегроване навчання здобувачів освіти; добирати і використовувати сучасні й ефективні методики і технології навчання, виховання й розвитку здобувачів освіти; формувати ціннісні ставлення в здобувачів освіти, розвивати критичне мислення.
Фахові (предметні) компетентності	
ПК1	Здатність пояснювати природні явища і технологічні процеси на основі фізичних законів, теорій, концепцій із застосуванням відповідних математичних методів і комп'ютерних моделей.
ПК2	Здатність організовувати та здійснювати дослідницьку діяльність та формулювати доказові висновки на основі отриманої інформації.
ПК3	Здатність виокремлювати істотні ознаки основних одиниць навчального змісту курсу фізики: фізичного явища, величини, закону, фізичної теорії, фундаментального фізичного експерименту, фізичного приладу, технічного пристрою та моделі; обґрунтовано обирати та застосовувати методи й засоби навчання, відповідний дидактичний матеріал для їх пояснення.
ПК4	Здатність планувати, організовувати та здійснювати навчальний фізичний експеримент відповідно до методики і техніки проведення.
ПК5	Здатність розв'язувати задачі з фізики й астрономії різного рівня складності та навчати учнів їх розв'язуванню раціональними методами.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Загальна фізика (Молекулярна фізика)» є володіння базовими знаннями з математики і фізики згідно програм загальноосвітньої середньої школи, дисципліни «Фізичні основи механіки» освітньої програми та послідовне опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Математичний аналіз

Аналітична геометрія і вища алгебра

Загальна фізика (Фізичні основи механіки)

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Фізика. Інформатика**», вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання	
<i>Програмні результати навчання (РН), спільні для всіх предметних спеціальностей</i>	
РН 7	Демонструє знання основ фундаментальних і прикладних наук (відповідно до предметної спеціальності), оперує базовими категоріями та поняттями предметної області спеціальності..
РН 9	Застосовує сучасні інформаційно-комунікаційні та цифрові технології у професійній діяльності.
РН 10	Демонструє володіння сучасними технологіями пошуку наукової інформації для самоосвіти та застосування її у професійній діяльності.
<i>Програмні результати навчання для предметних спеціальностей (ПРН)</i>	

ПРН 1	Класифікує і пояснює основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження фізики, астрономії та методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку.
ПРН 2	Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.
ПРН 3	Здійснює експериментальну діяльність з фізики, організовує та проводить фізичний експеримент в освітньому процесі.
ПРН 4	Демонструє вміння розв'язувати типові задачі з різних розділів фізики та астрономії, чітко й раціонально пояснює їх розв'язки
ПРН 5	Визначає, оцінює та інтерпретує зміст і особливості різних видів позакласної та позашкільної роботи з фізики та астрономії, застосовує сучасні методи й технології їх організації та проведення.
ПРН 6	Демонструє володіння основами наукових досліджень; організовує навчально-дослідницьку діяльність учнів.

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Загальна фізика (Молекулярна фізика)» є екзамен.

Методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- відповіді і виконання тестів на практичних заняттях;
- виконання індивідуальних завдань (розв'язка задач) самостійної роботи;
- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- підготовка до виконання лабораторної роботи у робочому зошиті;
- відповіді і виконання тестів при допуску до виконання роботи на лабораторних заняттях;
- чітке виконання вимірювань; записів у таблицях з вказанням розмірностей фізичних величин і оцінкою похибок;
- якість оформлення звіту, у тому числі використання програмних продуктів типу Excel, Origin; - виконання додаткових індивідуальних завдань;
- захист результатів лабораторної роботи;
- реферат з відповідями на питання шкільного курсу фізики;
- презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента;
- виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань на практичних заняттях;
- перевірка підготовки до виконання лабораторної роботи у робочому зошиті;
- усне опитування та виконання тестових завдань при допуску до виконання завдань лабораторних робіт;
- перевірка і захист звіту за виконану роботу;
- виконання завдань самостійної роботи;

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи. Форма підсумкового семестрового контролю: комбінована.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Лаб. роботи	Модульні КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	30	40	100
5	5	5	5	5	5			

T1, T2 ... - теми

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота												Лаб. роботи	Модульна КР	Сума
T	T8	T	T10	T	T	T	T	T16	T	T	T20	30	40	100
7		9	T11	12	13	14	15	T17	18	19	T21			
2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2			

T7, T8 ... - теми

Загальна кількість балів за 2 модулі становить 200 балів. Результуюче підсумкове оцінювання засвоєння навчального матеріалу (тобто за курс в цілому) визначається як інтегрована оцінка засвоєння всіх модулів і кількісно дорівнює сумі балів, отриманих за кожний модуль, поділена на 2.

Поточне оцінювання виконання лабораторної роботи															Сума
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	M1 – 30
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	M2 – 30

T11, L2 ... – лабораторні роботи (змістовні модулі)

Критерій оцінювання виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.

За кожну лабораторну роботу студент може отримати 100% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи).

Критерії оцінювання допуску і виконання лабораторної роботи (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної теми (лабораторної роботи)).

При оцінюванні допуску враховується розуміння послідовності виконання лабораторної роботи, підготовка бланку-звіту та вміння пояснити закони і закономірності, що передбачається дослідити в лабораторній роботі.

I. Початковий рівень (10% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Студент демонструє вміння виконувати частину лабораторної роботи і лише з допомогою викладача, порушує послідовність виконання роботи, відображену в інструкції, не робить самостійно висновки за отриманими результатами.

II. Середній рівень (20% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Студент виконує роботу за зразком (інструкцією) або з допомогою викладача, результат роботи студента дає можливість зробити правильні висновки або їх частину, під час виконання роботи допущені помилки.

III. Достатній рівень (30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Студент самостійно виконує роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності виконання алгоритмів, проведення дослідів та вимірювань тощо. У звіті правильно і акуратно виконує записи, таблиці, схеми, графіки, розрахунки, самостійно робить висновки.

IV. Високий рівень (40% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Студент виконує всі вимоги, передбачені для достатнього рівня, виконує роботу за самостійно складеним планом, робить аналіз результатів, розраховує похибки (якщо потребує завдання). Більш високим рівнем вважається виконання роботи за самостійно складеним оригінальним планом або установкою, їх обґрунтування.

Критерії оцінювання оформлення і захисту лабораторної роботи (60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи)

При оцінюванні *оформлення результатів лабораторних робіт* (звіту) враховується охайність оформлення, дотримання загальноприйнятих вимог до оформлення такого роду документів, достовірність результатів, тощо.

I. Початковий рівень (до 15% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Теоретичний зміст курсу засвоєний лише фрагментарно. Відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища; діяльність студента здійснюється під керівництвом викладача. Студент за допомогою викладача описує поняття, явища, процеси тощо або їх частини у зв'язаному вигляді без пояснення їх суттєвих ознак; називає поняття, явища, процеси; розрізняє позначення окремих величин.

II. Середній рівень (15% - 30% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Теоретичний зміст курсу засвоєний частково. Знання неповні, поверхові, студент в цілому правильно відтворює навчальний матеріал, але недостатньо осмислено; знає основні теорії і факти, уміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок, але має проблеми з аналізом та формулюванням висновків; частково контролює власні навчальні дії, здатний виконувати завдання за зразком. Студент може зі сторонньою допомогою пояснювати суть понять, явищ, процесів; виправляти допущені неточності (власні, інших студентів); виявляє елементарні знання основних положень (законів, понять, формул).

III. Достатній рівень (30% - 50% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент добре опанував вивчений матеріал, застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє проаналізувати й систематизувати інформацію, самостійно використовує традиційні докази із правильною аргументацією. Студент уміє дати ґрунтовну відповідь на поставлене запитання. Відповідь студента повна, логічна; розуміння пов'язане з одиничними образами, не узагальнене. Володіє понятійним апаратом. Допускає незначні неточності чи негрубі фактичні помилки. Уміє виправляти допущені помилки. Студент вільно володіє вивченим матеріалом у стандартних ситуаціях, наводить приклади його практичного застосування та аргументи на підтвердження власних думок.

IV. Високий рівень (50% - 60% максимальної кількості балів, визначеної для кожної лабораторної роботи). Теоретичний зміст курсу засвоєно повністю. Студент має системні, повні, глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями в обсязі та в межах вимог навчальної програми, усвідомлено використовує їх у стандартних та нестандартних ситуаціях. Уміє самостійно аналізувати та застосовувати основні положення теорії для вирішення нестандартних завдань, робити правильні висновки, приймати рішення. Студент вільно володіє вивченим програмовим матеріалом, уміло послуговується науковою термінологією, вміє опрацьовувати наукову інформацію; вміє самостійно поставити мету дослідження, знаходити нові факти, явища, ідеї, самостійно використовувати їх відповідно до поставленої мети, вказує шляхи її реалізації; робить аналіз та висновки.

Лабораторний практикуму зараховується студенту, якщо він повністю виконав всі завдання лабораторних робіт, оформив їх протоколи, виправивши при цьому можливі зауваження керівника заняття і захистив всі передбачені індивідуальним навчальним планом лабораторні роботи.

Загальна кількість балів за 2 модулі становить 200 балів. Результуюче підсумкове оцінювання засвоєння навчального матеріалу (тобто за курс в цілому) визначається як інтегрована оцінка засвоєння всіх модулів і кількісно дорівнює сумі балів, отриманих за кожний модуль, поділена на 2.

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ПІДСУМКОВОГО СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

Оцінки “відмінно” (A) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії.

Оцінки “дуже добре” (B) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив незначні неточності.

Оцінки “ добре” (C) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки.

Оцінки “задовільно” (D) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення.

Оцінки “достатньо” (E) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

Оцінка “незадовільно” (FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. Студенти, які не з'явилися на екзамен без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

Оцінка “неприйнятно” (F) виставляється студенту, не виконав повністю план навчальної дисципліни, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “*зараховано*” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи екзамену) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці E з кожного модуля. При цьому підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем і кількісно дорівнює сумі балів отриманих за кожен модуль з ваговим коефіцієнтом 0,5 та врахування оцінки НДРС та реферату за шкільний курс фізики. Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ ФІЗИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ УЖНУ

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його обізнаності в предметі, що вивчається. Цей показник характеризує якість знань, систематичність в роботі студента, його творчість, активність і самостійність.

2. Максимальна сума балів за всі види робіт (практичні, контрольні, самостійне вивчення, колоквиуми, підсумковий екзамен) з курсу становить 100 балів

3. За кожну виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимальна кількість балів, визначена для кожної лабораторної роботи. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань, якість одержаних результатів та оформлення роботи, розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами та захист роботи згідно наведених вимог у пункті «Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни» для фізичного практикуму.

4. Викладачі можуть встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язку задач, творче виконання завдань, за додаткову індивідуальну роботу, яка сприяє поглибленому вивченню курсу (підготовка рефератів, участь в студентських олімпіадах, наукових конференціях, конкурсах наукових робіт, активна робота в наукових гуртках, публікація статей), однак загальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.

5. Таким чином, рейтинг - це сума набраних студентом балів в першому семестрі 2-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні дисципліною "Загальна фізика (Молекулярна фізика)" і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

6. Для переведення кількості набраних балів в оцінку ECTS (Європейська система трансферу кредитів) використовують наступну систему:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Характеристика	Еквівалент оцінки	
			за п'ятибальною шкалою (екзамени)	Заліки
90-100	A	Відмінно	Відмінно -5	Зараховано
82 - 89	B	Дуже добре	Добре - 4	Зараховано
74 - 81	C	Добре	Добре - 4	Зараховано
64- 73	D	Задовільно	Задовільно - 3	Зараховано
60 - 63	E	Достатньо	Задовільно - 3	Зараховано
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю перескладання	Незадовільно - 2	Незараховано
0 - 34	F	Недостатньо з обов'язковим повторним навчанням	Незадовільно - 1	Незараховано

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. ЕЛЕМЕНТИ СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ

1. Вступ. Статистичний характер молекулярного руху. Предмет молекулярної фізики, основні етапи її розвитку. Міжмолекулярні сили та агрегатні стани речовини. Маса і розміри молекул. Кількість речовини. Абстракції, модельні уявлення та методи розгляду систем багатьох частинок. Модель ідеального газу. Випадкові події і величини. Ймовірність, густина ймовірності, нормування ймовірності. Середнє значення дискретної та неперервно змінної величини. Статистичний ансамбль та ергодична гіпотеза. Розподіл Гауса. Біноміальний розподіл.
2. Розподіл молекул по швидкостям і енергіям. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності. Розподіл молекул за швидкостями - розподіл Максвела. Характерні швидкості розподілу. Розподіл молекул по кінетичній енергії. Розподіл молекул в полі потенціальних сил - розподіл Больцмана. Незалежність температури від зовнішнього потенціального поля.
3. Дослідна перевірка молекулярно-кінетичних уявлень. Експериментальна перевірка розподілу Максвела: Досліди Штерна і Ламмерта. Барометрична формула. Атмосфера планет. Дослідна перевірка розподілу Больцмана та експериментальне визначення постійної Больцмана. Суть броунівського руху та його теоретичне обґрунтування.

Змістовий модуль 2. МОЛЕКУЛЯРНО-КІНЕТИЧНА ТЕОРІЯ

4. Молекулярно-кінетична теорія газів. Основні положення кінетичної теорії газів. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Молекулярно-кінетичний зміст температури. Рівняння Клапейрона-Менделєєва, газові закони. Термометри і температурні шкали.
5. Кінематичні характеристики молекулярного руху. Середня швидкість, середня частота зіткнень, середня довжина вільного пробігу, поперечний газокінетичний переріз. Розподіл молекул за довжинами вільного пробігу. Експериментальне визначення газокінетичних параметрів. Методи одержання та вимірювання вакууму.
6. Процеси переносу. Фізична суть явищ переносу: дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя. Узагальнене рівняння переносу в стаціонарному випадку. Нестационарні процеси переносу. Взаємозв'язок між коефіцієнтами дифузії, теплопровідності і внутрішнього тертя. Особливості дифузії, теплопередачі і внутрішнього тертя в розріджених газах. Явища в посудинах, розділених пористою перегородкою.

Модуль 2.

Змістовий модуль 3. ТЕРМОДИНАМІКА.

7. Перший принцип термодинаміки. Термодинамічна рівновага. Рівноважні, нерівноважні та квазірівноважні процеси. Процеси в ідеальних газах. Ізопроееси. Внутрішня енергія і робота газу, кількість теплоти. Функції стану та повні диференціали. Фізичний зміст першого принципу термодинаміки. Застосування I-го принципу термодинаміки для обчислення зміни внутрішньої енергії, роботи і кількості теплоти.
8. Теплоємність газів. Теплоємність. Класична теорія теплоємності газів. Теплоємність при ізохоричному та ізобаричному процесах. Ентальпія. Рівняння Майєра. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Рівняння політропи. Поняття про квантову теорію теплоємності. "Замерзання" ступенів вільності.
9. Ентропія. Екстенсивні та інтенсивні параметри термодинамічної системи. Визначення поняття ентропії та її фізичний зміст. Розрахунок зміни ентропії при ізопроеесах в ідеальних газах. Зв'язок ентропії і термодинамічної ймовірності. Формула Больцмана. Напрямок термодинамічних процесів.
10. Другий принцип термодинаміки. Зворотні і незворотні процеси. Цикли. Коефіцієнт корисної дії (ккд). Цикл Карно. Теорема Карно. Різні формулювання другого принципу

термодинаміки та їх еквівалентність. Нерівність Клаузіуса. Абсолютна термодинамічна шкала температур. Теорема Нернста. Третій принцип термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температур. Поняття про від'ємні термодинамічні температури.

11. Елементи термодинаміки нерівноважних і відкритих систем. Лінійна нерівноважна термодинаміка. Потоки і діючі сили. Принцип взаємності Онзагера. Стаціонарні нерівноважні стани. Виробництво ентропії. Теорема Пригожина. Самоорганізація в нерівноважних системах. Поняття про синергетику. Філософські проблеми термодинаміки.

Змістовий модуль 4. РЕАЛЬНІ ГАЗИ, РІДИНИ ТА ТВЕРДІ ТІЛА

12. Сили взаємодії. Сили зв'язку в молекулах. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Сили зв'язку в твердих тілах. Сили Ван-дер-Ваальса. Потенціал міжмолекулярної взаємодії. Потенціал Ленарда-Джонса. Рідкий і газоподібний стан. Експериментальні ізотерми. Критичний стан. Область двофазного стану. Правило важеля. Насичена пара і її властивості.
13. Реальні гази. Рівняння стану реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса). Ізотерми Ван-дер-Ваальса. Метастабільні стани. Критичні параметри. Внутрішня енергія реального газу. Явище Джоуля-Томсона. Температура інверсії. Скраплення газів. Сучасні методи одержання і вимірювання низьких температур. Властивості рідкого гелію.
14. Особливості рідкого стану. Моделі рідини. Структура рідини. Близький порядок. Рідкі кристали. Процеси переносу в рідинах. Формула Френкеля. Поверхневий натяг. Умова рівноваги на межі поділу двох рідин і на межі рідина-тверде тіло. Змочування. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Капілярні явища.
15. Тверді тіла. Кристалічні та аморфні тверді тіла. Близький і далекий порядок. Кристалічна ґратка. Елементи симетрії твердих тіл і кристалічних ґраток. Ґратки Браве. Індeksi Міллера. Типи кристалічних ґраток. Дефекти в кристалах. Вплив дефектів і домішок на фізичні властивості кристалів.
16. Механічні властивості твердих тіл. Сили міжатомного зв'язку в кристалах та теоретична і реальна міцність кристалів: а) на зсув б) крихка міцність кристалів: теоретична, реальна, часова. Дислокації, їх джерела і основні типи. Сили, необхідні для переміщення дислокацій. Молекулярний механізм міцності. Вплив дефектів та шляхи підвищення міцності твердих тіл.
17. Теплові властивості твердих тіл. Анггармонізм коливань атомів кристалічної ґратки. Теплове розширення. Класична теорія теплоємності Дюлонга і Пті та її недоліки. Модель Ейнштейна. Модель Дебая. Поняття про фонони. Теплопровідність.
18. Фазові рівноваги і фазові перетворення. Поняття фази. Рівновага двох фаз. Поведінка двофазної системи рідина-газ при зміні температури при постійному об'ємі. Діаграма стану однокомпонентної трифазної системи. Потрійна точка. Хімічний потенціал і рівновага фаз. Правило фаз Гібса. Теплота фазового перетворення. Фазові переходи I-го і II-го роду. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса та його наближений інтеграл. Випаровування, конденсація, кипіння. Тиск насиченої пари над викривленою поверхнею рідини.
19. Кристалізація і плавлення. Сублімація, плавлення, кристалізація. Прихована теплота фазового переходу. Р-Т-діаграма стану однокомпонентної системи: нормальна і аномальна речовини. Поліморфізм.
20. Рідкі розчини. Масова, об'ємна та молярна концентрації. Теплота розчинення. Ідеальні розчини. Закони Рауля. Закон Генрі. Залежність розчинності від температури. Діаграми стану розчинів. Кипіння рідких розчинів. Діаграми стану бінарних сумішей. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа.
21. Сплави і тверді розчини. Основні термодинамічні поняття. Типи фаз. Діаграми фазових рівноваг. Принцип неперервності, принцип відповідності. Т-Х-діаграми стану подвійних систем з необмеженою розчинністю компонентів. Евтектичні сплави. Хімічні сполуки. Утворення зародків нової фази та їх ріст.

6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання:					
	Усього	у тому числі				
лекції		практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота	
2-й семестр						
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Елементи статистичної фізики						
Тема 1. Вступ. Статистичний характер молекулярного руху.	12	2	1	3		6
Тема 2. Розподіл молекул по швидкостям і енергіям.	18	2	2	4		10
Тема 3. Дослідна перевірка молекулярно-кінетичних уявлень	17	3	2	4		8
Контрольна робота за змістовним модулем	1		1			
Змістовий модуль 2. Молекулярно-кінетична теорія						
Тема 4. Молекулярно-кінетична теорія газів .	15	2	2	3		8
Тема 5. Кінематичні характеристики молекулярного руху	18	2	2	4		10
Тема 6. Процеси переносу. Фізична суть явищ переносу: дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя.	18	3	1	4		10
Контрольна робота за змістовним модулем	1		1			
Разом за модуль	100	14	12	22		52
Модуль 2						
Змістовий модуль 3. Термодинаміка.						
Тема 7. Перший принцип термодинаміки.	14	2	2	4		6
Тема 8. Теплоємність газів.	11	1	1	3		6
Тема 9. Ентропія.	11	1	1	3		6
Тема 10-11. Другий принцип термодинаміки. Елементи термодинаміки нерівноважних і відкритих систем	8	2	2			4
Контрольна робота за змістовним модулем	1		1			
Змістовий модуль 4. Реальні газі, рідини, тверді тіла						
Тема12. Сили взаємодії. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Сили зв'язку в твердих тілах. Сили Ван-дер-Ваальса.	8	2	2			4
Тема 13. Реальні гази. Рівняння стану реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса).	14	2	2	4		6
Тема 14-15. Особливості рідкого стану. Тверді тіла.	10	2	2			6
Тема 16-17.Механічні властивості твердих тіл. . Теплові властивості твердих тіл	7	1	2			4
Тема 18-19. Фазові рівноваги і фазові перетворення. Кристалізація і плавлення.	14	2	2	4		6
Тема 20-21. Рідкі розчини. Сплави і тверді розчини.	11	1		4		6

Контрольна робота за змістовним модулем	1		1			
Разом за модуль	110	16	18	22		54
Разом за семестр	210	30	30	44		106

6.3. Теми практичних занять

№ з.п.	НАЗВА ТЕМИ	К-ть годин
1.	Маси і розміри молекул. Число Авогадро	1
2.	Статистичний опис систем з великою кількістю частинок	2
3.	Розподіл Максвела Розподіл Больцмана.	2
4.	Контрольна робота	1
5.	Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів	2
6.	Газові закони	2
7.	Кінематичні х-ки молекулярного руху. Розподіл Клаузіуса	2
8.	Явища переносу	2
9.	Контрольна робота	1
10.	Перше начало термодинаміки	2
11.	Теплоємність в ізопроцесах	2
12.	Цикли теплових двигунів	2
13.	Ентропія. Друге начало термодинаміки	2
14.	Контрольна робота	1
15.	Реальні гази. Рівняння Ван-дер-Ваальса.	2
16.	Рідини. Поверхневий натяг рідин.	2
17.	Механічні властивості та теплове розширення твердих тіл	1
18.	Самостійна робота	1
Всього аудиторних годин		30

6.4. Теми лабораторних робіт фізичного практикума

№ з/п	Назва теми	К-сть годин
1.	Вступне заняття. Мета дисципліни. Предмет і завдання фізичного практикуму. Вимоги до підготовки, виконання та оформлення лабораторних робіт. Проходження інструктажу з техніки безпеки при виконанні завдань в практикумі з механіки і молекулярної фізики. Особливості лабораторного практикуму з молекулярної фізики	1
2.	Лабораторна робота № 1. Вивчення методів вимірювання температури та перевірка термометрів	2
3.	Лабораторна робота № 2 Вивчення статистичних закономірностей на дошці Гальтона.	2
4.	Лабораторна робота № 3. Визначення термічного коефіцієнту тиску газу	3
5.	Лабораторна робота № 4. Визначення коефіцієнта в'язкості повітря та розрахунок ефективного перерізу і довжини вільного пробігу молекул повітря.	3
6.	Лабораторна робота № 5. Визначення параметрів вологого повітря.	3
7.	Лабораторна робота № 6 Визначення відношення C_p/C_v акустичним методом.	3
8.	Лабораторна робота № 7. Визначення відношення C_p/C_v методом Клемана-Дезорма.	3
9.	Лабораторна робота № 8. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини.	2

10.	Лабораторна робота №10. Визначення питомої (прихованої) теплоти пароутворення рідкого азоту.	3
11.	Лабораторна робота №11. Визначення питомої теплоти і температури плавлення кристалічних твердих тіл та розрахунок зміни ентропії.	3
12.	Лабораторна робота №12. Визначення термічного коефіцієнту лінійного розширення металів.	2
13.	Лабораторна робота №13 Вивчення методів вимірювання теплоємності твердих тіл.	2
14.	Лабораторна робота №14. Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря методом нагрітої нитки.	3
15.	Лабораторна робота №15. Визначення коефіцієнта в'язкості рідин	3
16.	Лабораторна робота №16 Вимірювання теплопровідності твердих тіл	3
17.	Захист і відробка завдань лабораторних робіт.	1
	Разом	44

6.5. Самостійна робота

№ з/п	Назви теми	Кількість годин
1.	Молекулярно-кінетичні уявлення про речовину Основне рівняння кінетичної теорії газів. Рівняння стану ідеального газу. Основні закони ідеального газу (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	18
2.	Розподіл швидкостей молекул за Максвеллом. Барометрична формула. Закон Максвелла-Больцмана Число зіткнень і довжина вільного пробігу молекул (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	18
3.	Основні положення кінетичної теорії газів. Основне рівняння кінетичної теорії газів. Молекулярно-кінетичний зміст температури. Рівняння Клапейрона-Менделєєва, газові закони. Вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи.	20
4.	Явища перенесення. Теплопровідність газів. Дифузія газів. (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	12
5.	Перше начало термодинаміки. Політропні процеси в ідеальних газах. Робота при ізопроцесах. Друге начало термодинаміки Цикли теплових двигунів . Ентропія. Третє начало термодинаміки (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	20
6	Реальні гази. Ефект Джоуля-Томсона. Рідини. Рідкі розчини. Тверді тіла. Елементи симетрії(вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних та лабораторних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	18
	Разом	106

Організація самостійної та індивідуальної роботи студентів

Самостійна робота є складовою частиною вивчення дисципліни. Вона організовується згідно графіка самостійної роботи студентів, де вказується зміст самостійної роботи, форма контролю.

Самостійна робота студентів при вивченні дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі, де наявне повне методичне забезпечення курсу. Для контролю за самостійною роботою з лекційного курсу передбачено колоквиуми, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження. Ці колоквиуми є перманентними, проводяться щодня на протязі тижня, студент, який не склав, одержує консультацію.

При самостійній роботі над лекційним курсом рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. Для зручності використання навчальних посібників студенти повністю забезпечуються розширеною програмою з вказаними розділами і параграфами.

Для стимулювання самостійної роботи на лекціях пропонуються невеликі домашні завдання, в основному у вигляді вправ, часткових випадків, виводів простих формул, рефератів. Теми рефератів можуть бути загальними або індивідуальними.

При підготовці до практичних занять рекомендується самостійно проробити теоретичний матеріал по темі заняття, попередньо повідомленій студентам, виписати основні формули, проаналізувати наслідки із них. Пропонується виявити спільне, що об'єднує тему, по якій буде проводитися практичне заняття, з попередніми темами. Підготовка до практичних занять передбачає розв'язок задач, заданих на самостійну роботу. Розв'язок задач відіграє важливу роль в процесі вивчення фізики, так як стимулює розвиток логічного і творчого мислення, виробляє навички практичного застосування одержаних знань.

Розв'язок задач потрібно починати з якісного аналізу, з виявлення суті явища, розглядуваного в задачі і проведення аналізу умов, в яких це явище відбувається. Важливим моментом в розв'язку задачі є набір наближення, абстракції, моделі, а також вибір методу розв'язку, що полягає в установленні, якими законами і формулами необхідно користуватися при розв'язку задач.

Розв'язок задач приносить найбільшу користь, якщо він виконаний самостійно. Однак на першому етапі можна користуватися підказкою викладача. Слід мати на увазі, що розв'язок не завжди закінчується успіхом з першого разу, тому приступати до розв'язування задач потрібно завчасно. Провіряти правильність розв'язку в загальному вигляді потрібно, використовуючи правило розмірностей.

Велике значення має аналіз одержаного розв'язку, так як він дозволить зафіксувати в пам'яті нові прийоми, які використовуються для розв'язку задач даного типу і одержані у результаті перебору різних варіантів, виявити частковість або спільність даного розв'язку, установити правдоподібність результату розв'язку, межі його застосування, встановити, як можна ускладнити задачу і намітити шляхи її розв'язку.

При розв'язку задач рекомендується користуватися такими правилами, які витікають із вищевказаного.

1. Записати умову задачі (повністю або скорочено).
- 2.Зробити аналіз задачі:
 - що є об'єктом вивчення;
 - які тіла або системи тіл охоплюють досліджуваний процес;
 - які величини визначають його;
 - який напрямок процесу;
 - встановити, яким фізичним законам підлягають явища або процес, що вивчаються.
3. При можливості зробити рисунок.
4. Розв'язати задачу у загальному випадку.
- 5.Провірити розв'язок задачі по розмірності.
- 6.Виразити значення фізичних величин, даних в умові задачі, в одній системі одиниць.
- 7.Обчислити значення шуканої величини.
- 8.Аналіз розв'язку.

Усні відповіді, результати самостійних і контрольних робіт оцінюються за звичайною бальною системою, яка потім додається і перетворюється в рейтингову.

Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторних практикумах де наявне повне методичне забезпечення курсу, а також студенти мають можливість попередньо ознайомити з лабораторними стендами, приладами та устаткуванням, які використовуються при виконанні роботи. Контроль за самостійною роботою ведеться на кожному занятті при допуску і захисті лабораторної роботи, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження. Співбесіди студента і викладача є перманентними, проводяться щодня протягом семестру, студент, який не у повній мірі зрозумів (підготовлений) до виконання завдань лабораторної роботи одержує консультацію викладача.

Підготовка до лабораторних занять, їх виконання, оформлення звітів передбачає значну самостійну роботу як поза практикумами, так і при роботі в лабораторії. При самостійній роботі рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. При цьому рекомендується самостійно проробити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи, попередньо повідомленій студентам, ознайомитись із методикою експерименту, завданнями і ходом їх виконання, скласти план проведення дослідів.

Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен самостійно вивчити теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи за рекомендованою літературою, розуміти суть завдань, підготувати в робочому зошиті необхідні короткі теоретичні відомості, схеми проведення експерименту і таблиці, знати хід роботи, робочі формули для проведення розрахунків, вміти оцінити похибки вимірювань. Після допуску викладачем до виконання роботи студент повинен чітко вести записи в робочому зошиті і на протязі заняття не тільки виконати вимірювання по лабораторній роботі, але і провести пробні обчислення вимірюваної величини і оцінити похибки вимірювань. У години самопідготовки або в домашніх умовах студент оформляє звіт про виконану роботу з використанням програм Excel, Origin для обробки і представлення результатів і знайомиться з методичними матеріалами до наступної лабораторної роботи. У ході виконання лабораторної роботи студенти можуть пропонувати і одержувати від викладача **індивідуальні завдання**, які поглиблюють і розширюють знання про досліджувані явища і процеси, або виконувати додаткові лабораторні роботи, які наявні у лабораторних практикумах, але не включенні до списку завдань .

6.6. Індивідуальні завдання

Орієнтовний перелік тем

навчально-дослідницької роботи студентів (НДРС)

1. Лауреати Нобелівської премії в галузі молекулярної фізики.
2. Роботи Я.І. Френкеля. з теорії рідин.
3. Значення робіт М. Смолуховського. в галузі молекулярної фізики і термодинаміки.
4. Цикли сучасних теплових двигунів та енергетичних установок.
5. Властивості рідких кристалів та їх застосування.
6. Симетрія в науці, природі і мистецтві.
7. Анізотропія. Теплопровідність анізотропних матеріалів.
8. Тензор деформації. Зв'язок між модулями Юнга, зсуву і об'ємного стиску.
9. Термодинамічна теорія фазових перетворень Ландау.
10. Сучасні методи одержання та вимірювання низьких температур.
11. Вимірювання надвисоких температур.
12. Сучасні методи одержання і вимірювання високих і надвисоких тисків.
13. Сучасні методи одержання і вимірювання низьких і наднизьких тисків.
14. Ентропія і безладдя.
15. Самоорганізація і хаос в живій і неживій природі.
16. Поняття про фазовий простір. Розподіл Максвелла.
17. Синергетика.

18. Броунівський рух, теорія Ейнштейна-Смолуховського.
19. Мікро- і макростани системи багатьох частинок. Біноміальний розподіл.
20. Флуктуації.
21. Фізичні наукові експерименти і установки та екологія.
22. Фізичні процеси, методи і технологічні прийоми очистки кристалів.
23. Моделювання молекулярного теплового руху на ЕОМ.
24. Нові лекційні демонстрації з молекулярної фізики.
25. Вдосконалення або постановка нових лабораторних робіт.

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

До лекцій і практичних занять:

Лекційні демонстраційні досліди (біля 40)

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, персональний комп'ютер

Плакати (біля 50)

Дистанційна платформа Moodle

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, (типу Epson EB-S6) персональний комп'ютер (Intel Pentium 3,2 GHz/1Gb/160Gb, Монітор 15'' TFT), програми Excel, Origin.

До виконання завдань лабораторних робіт фізичного практикума:

- | | |
|--|--|
| 1. Осцилограф С1-76 | 11. Мікроамперметр Ф-195 |
| 2. Генератор звуковий ГЗ-109 | 12. Лабораторні автотрансформатори ЛАТР |
| 3. Частотомір електронний цифровий ЧЗ-32 | 13. Лабораторні електроплитки з магнітними мішалками |
| 4. Дошка Гальтона | 14. Набори рідинних термометрів, термопар |
| 5. Вимірювач теплоємності ИТС-400 | 15. Набори хімічної посуду: колб, мензурок, мірних циліндрів |
| 6. Вимірювач теплопровідності ИТЛ-400 | 16. Електронні ваги, аналітичні ваги, набори гирьок. |
| 7. Термостат | 17. Саморобні лабораторні макети |
| 8. Аспіраційний психрометр Ассмана, психрометр Августа, конденсаційний психрометр, | |
| 9. Мілівольтметр електронний В7 - 35 | |

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Вища школа, 2002. – 336 с.
2. Кучерук І.М. Загальний курс фізики. Т.1. Механіка. Молекулярна фізика. Термодинаміка. – К.: Техніка, 1999. – 520 с.
3. Горват А.А., Височанський Ю.М. Методика розв'язування задач. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навчальний посібник. – Ужгород: ІВА, 2006. – 160 с.
4. Молекулярна фізика і термодинаміка (Лабораторний практикум): Навчальний посібник /Горват А.А., Жихарев В.М. – Ужгород: вид-во УжНУ “Говерла”, 2011 – 224 с.
5. «ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ». Частина 1, 2. Механіка, Молекулярна фізика і термодинаміка, Навчальний посібник. Ужгород, 2021, 142 с.: автори А.А. Горват, В.М. Жихарев, Л.Ю.Хархаліс

Допоміжна література

1. Lea S., Burke J. Physics: the nature of things. –West Publishing Company. USA, 1997. 1199 p.
2. Чолпан П.П. Фізика: Підручник Київ, Вища школа, 2003. – 567 с.
3. Горват А.А., Наконечний Ю.С., Різак В.М. Молекулярна фізика у прикладах і задачах. Практикум. Навчальний посібник. Ужгород, УжДУ, 1998. – 157 с.
4. Загальна фізика. Збірник задач. За ред. Горбачука І.Т. –К.:Вища школа, 1993. –359 с.
5. Молекулярна фізика і термодинаміка (Фізичний практикум): Навчальний посібник / Жихарев В.М., Конопльов О.М., Різак В.М. – Ужгород, УжНУ, 2010 – 64 с.
6. Москаль Д.М. Лабораторний практикум з фізики. – К.: Укрмедкнига, 2001. – 188 с.
7. Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка. Фізичний практикум: Навчальний посібник / Різак В.М., Жихарев В.М., Ковач Є.Т., Семак Д.Г. - Ужгород, УжДУ, 1998. –124 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

<http://www.lib.uzhnu.edu.ua/> (Наукова бібліотека УжНУ)

<https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf> (М.О. Вакуленко , О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник)

<https://www.unian.ua/science> (Новини науки і технологій)

Результати перегляду

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н.р. без змін; зі змінами (Додаток ___).
(потрібне підкреслити)

протокол № ___ від «___» _____ 20___ р. Завідувач кафедри _____ Височанський Ю.М.
(підпис) (Прізвище ініціали)

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ, ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН З ДИСЦИПЛІНИ "ЗАГАЛЬНА ФІЗИКА (МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА)"

для студентів 1 курсу спеціальності „Середня освіта. Фізика та астроном”

Модуль 1

Змістовний модуль 1

1. Предмет і задачі молекулярної фізики. Основні етапи її розвитку. Роль вітчизняних вчених у розвитку молекулярної фізики. Сучасні проблеми статистичної фізики і термодинаміки.
2. Абстракції, модельні уявлення і моделі в молекулярній фізиці. Методи вивчення систем з великою кількістю частинок. Модель ідеального газу.
3. Розміри і маси молекул. Тиск газу. Поняття про температуру як міри середньої кінетичної енергії молекул. Типи термометрів.
4. Основні поняття теорії ймовірності. Ймовірність випадкової величини. Середні значення, функція розподілу.
5. Розподіл молекул за швидкостями. Вимірювання швидкостей молекул, досліди Штерна і Ламмерта.
6. Знаходження характерних швидкостей молекул з розподілу Максвелла: середня арифметична, середня квадратична та найімовірніша швидкості і взаємозв'язок між ними.
7. Незалежність температури від зовнішнього потенціального поля. Розподіл молекул в полі потенціальних сил (розподіл Больцмана). Барометрична формула.
8. Дослідна перевірка розподілу Больцмана та експериментальне визначення постійної Больцмана. Атмосфера планет. Суть броунівського руху.

Змістовний модуль 2

9. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів. Газокінетичне трактування температури.
10. Рівняння Клапейрона-Менделєєва. Основні закони ідеального газу, їх зображення в різних координатах.
11. Кінематичні характеристики молекулярного руху. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності.
12. Ефективний переріз молекул. Середня довжина вільного пробігу молекул газу. Число зіткнень молекули за одиницю часу.
13. Розподіл молекул за довжинами вільного пробігу. Експериментальне визначення газокінетичних параметрів.
14. Загальна характеристика явищ переносу. Узагальнене рівняння переносу.
15. Дифузія в газах. Рівняння Фіка. Визначення коефіцієнта дифузії.
16. Явище внутрішнього тертя в газах. Рівняння Ньютона. Визначення коефіцієнта в'язкості.
17. Теплопровідність газів. Рівняння Фур'є. Експериментальне визначення коефіцієнта теплопровідності.
18. Нестационарні процеси переносу. Час релаксації та його фізичний зміст.
19. Взаємозв'язок між коефіцієнтами переносу. Особливості дифузії, теплопередачі і внутрішнього тертя в розріджених газах. Явища в посудинах, розділених пористою перегородкою.
20. Поняття вакууму. Потік газу і об'ємна швидкість течії газу. Методи одержання і вимірювання вакууму.

Модуль 2

Змістовний модуль 3

21. Перший принцип термодинаміки. Внутрішня енергія системи, кількість теплоти, зовнішня робота. Рівноважні і нерівноважні процеси.

22. Внутрішня енергія ідеального газу. Розподіл енергії за ступенями вільності. Функції стану та повні диференціали.
23. Застосування першого принципу термодинаміки для розрахунку роботи при ізопроцесах.
24. Теплоємність. Класична теорія теплоємності. Ентальпія. Співвідношення Майєра. Фізичний зміст універсальної газової сталої.
25. Теплоємність при ізохоричному та при ізобаричному процесах. Дослідні дані про теплоємності розріджених газів. Поняття про квантову теорію теплоємності газів.
26. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона. Робота при адіабатичній зміні об'єму газу.
27. Визначення поняття ентропії та її фізичний зміст. Формула Больцмана.
28. Розрахунок зміни ентропії при ізопроцесах.
29. Колові (циклічні), прямі і зворотні процеси. Теплова машина. Коефіцієнт корисної дії.
30. Цикл Карно. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно. Теорема Карно.
31. Другий принцип термодинаміки. Оборотні і необоротні процеси.
32. Приведена теплота. Нерівність Клаузіуса. Теорема Нернста – третій принцип термодинаміки. Недосяжність абсолютного нуля температур.
33. Цикли технічних енергетичних установок.
34. Термодинамічні функції: вільна енергія, ентальпія, ентропія, внутрішня енергія, термодинамічний потенціал.
35. Основні критерії термодинамічної стійкості. Принцип Ле Шательє-Брауна.
36. Елементи термодинаміки нерівноважних і відкритих систем.

Змістовний модуль 4

37. Міжмолекулярні взаємодії як причина відхилення від законів ідеальних газів. Потенціал Ленарда-Джонса. Ізотерми реальних газів. Область двофазного стану. Насичена пара і її властивості.
38. Рівняння та ізотерми Ван-дер-Ваальса. Метастабільні стани та критичний стан, властивості речовини в цих станах. Критичні параметри.
39. Внутрішня енергія реального газу. Явище Джоуля-Томсона. Температура інверсії.
40. Скраплення газів. Сучасні методи одержання та вимірювання низьких температур. Властивості речовин в області 0 К.
41. Загальна характеристика рідкого стану речовини. Моделі рідини. Процеси переносу в рідинах.
42. Внутрішній тиск в рідині. Поверхневий натяг. Методи визначення коефіцієнту поверхневого натягу.
43. Змочування. Умова рівноваги на межі поділу рідина-тверде тіло. Тиск під викривленою поверхнею рідини. Капілярні явища.
44. Поняття фази і фазові рівноваги. Теплота фазового перетворення. Фазові переходи 1-го і 2-го роду.
45. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Діаграма стану однокомпонентної трифазної системи. Потрійна точка.
46. Випаровування, конденсація, кипіння. Залежність пружності насиченої пари від температури. Тиск насиченої пари над викривленою поверхнею рідини.
47. Рідкі розчини. Закон Рауля, закон Генрі. Осмотичний тиск, закон Вант-Гоффа.
48. Залежність розчинності від температури. Діаграми стану розчинів. Кипіння рідких розчинів.
49. Діаграми стану бінарних сумішей. Хімічний потенціал і рівновага фаз. Правило фаз Гіббса.
50. Загальні властивості твердих тіл. Кристалічний та аморфний стани речовини. Далекий порядок. Кристалічна ґратка. Елементи симетрії кристалів.
51. Точкові дефекти в кристалах, дислокації. Атомні механізми дифузії в твердих тілах.
52. Теоретична і реальна міцність кристалів. Молекулярний механізм міцності.
53. Сили міжатомного зв'язку в кристалах. Теплове розширення твердих тіл.
54. Класична теорія теплоємності твердих тіл, її недоліки і межі застосування.

55. Теплоємність кристалів за Ейнштейном і Дебаєм. Поняття про фонони.
56. Теплопровідність твердих тіл. Методи вимірювання теплоємності і теплопровідності.
57. Сублімація, плавлення, кристалізація. Прихована теплота фазового переходу. Поліморфізм.
58. Сплави і тверді розчини. Діаграми фазових рівноваг. Принцип неперервності, принцип відповідності. Т-Х-діаграми стану подвійних систем з необмеженою розчинністю компонентів.
59. Евтектичні сплави. Хімічні сполуки. Методи побудови діаграм стану. Вирощування досконалих монокристалів.
60. Основні положення загальної теорії утворення фаз. Особливості фазових перетворень в твердому стані.

ДОДАТОК 2

ПРИКЛАДИ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ ЗА ЗМІСТОВНИМИ МОДУЛЯМИ

Контрольна робота № 1

Варіант 1

1. Є два однакових кубики пофарбованих в синій і червоний колір, На гранях обох кубиків нанесені цифри 1, 2, ..., 6. Яка імовірність того, що при одночасному киданні обох кубиків сума цифр, які випадуть, буде рівна 10?
2. Випадкова величина представлена наступним законом розподілу:

x_i	1	3	5	7	9
p_i	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1

Визначити середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення величини x .

3. Фізична величина x в межах від 0 до 10 одиниць задана функцією розподілу $f(x)=Vx^2$. Знайти середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення фізичної величини x .

4. При спостереженні в мікроскоп у рідині частинок гуммігуту знайдено, що середнє число їх у шарах, які розміщені на відстані 40 мкм, відрізняються одне від одного в 2 рази. Температура рідини 290 К. Діаметр частинок 0,4 мкм, а їх густина на 0,2 г/см³ більша за густину рідини. Знайти із цих даних число Авогадро.

5. У балоні знаходиться 2,5 г кисню при температурі 400 К. Знайти середню арифметичну, середню квадратичну та найбільш імовірну швидкості молекул. Яке число молекул мають швидкості, які перевищують значення середньої квадратичної швидкості?

Варіант 2

1. Два стрільці одночасно і незалежно стріляють у мішень. Імовірність влучення в мішень першим стрільцем 0,8, а другим - 0,7. Знайти імовірність того, що мішень не буде пошкоджена (мішень пошкоджена коли хоча б один із стрільців попадає в ціль).
2. Випадкова величина представлена наступним законом розподілу:

x_i	1	2	3	4	5
p_i	0,05	0,1	0,3	0,4	0,15

Визначити середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення величини x .

3. Розподіл імовірності для деякої випадкової величини x має вигляд: $dp(x)=C \exp(-\lambda x) \cdot dx$, $\lambda > 0$ $0 \leq x < \infty$. Пронормувати розподіл. Знайти середні значення $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ та флуктуацію випадкової величини x .

4. Перен, спостерігаючи за допомогою мікроскопу залежність концентрації завислих у рідині частинок гуммігуту від висоти та використавши розподіл Больцмана, експериментально знайшов значення числа Авогадро. В одному із своїх дослідів Перен знайшов, що при відстані між двома шарами в 100 мкм число завислих частинок в одному шарі в два рази більше ніж в іншому. Температура рідини 20 °С. Діаметр частинок $0,3 \cdot 10^{-4}$ см, густина рідини на 0,2 г/см³ менше густини частинок. Знайти із цих даних значення числа Авогадро.

5. У посудині знаходиться 8 г кисню при температурі 1600 К. Яке число молекул кисню мають кінетичну енергію поступального руху, яка перевищує значення $W_0 = 6,65 \cdot 10^{-20}$ Дж?

Варіант 3

1. Із колоди з 36 картами навмання виймають 3. Яка імовірність того, що серед цих карт буде один (все рівно який) туз?
2. Випадкова величина представлена наступним законом розподілу:

x_i	0,6	0,7	0,8	0,9	1
p_i	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1

Визначити середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення величини x .

3. Частинка здійснює гармонічні коливання вздовж осі x , при цьому її координата змінюється з часом по закону: $x = a \cos \omega t$. Знайти імовірність $dp(x)$ знайти частинку при

випадковому спостережені в середині відрізка $[x, x+dx]$. Вирахувати середні значення $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ та флуктуацію координати частинки.

4. У повітрі знаходяться частинки, які мають масу $m=8 \cdot 10^{-22}$ кг і об'єм $V=5 \cdot 10^{-22}$ м³. Знайти зменшення їх концентрації на висотах $h_1=3$ м та $h_2=30$ м. Температура повітря 0 °С, густина повітря 1,3 кг/м³.

5. Користуючись розподілом Максвелла визначити число молекул водню, які проходять за 1 секунду через площадку площею 1 см², яка розміщена перпендикулярно до напрямку руху молекул. Водень знаходиться при нормальних умовах.

Варіант 4

1. У коробці є $n=30$ білих і $m=10$ чорних куль, які в іншому повністю ідентичні між собою. Кулі добре перемішані. Знайти імовірність виймання чорної $P(ч)$ і білої $P(б)$ кулі із коробки при одному випробовуванні. Перевірити умову нормування. Знайти імовірності послідовного виймання двох чорних, двох білих, чорної і білої, білої та чорної кулі, якщо кулі після першого випробовування повертаються в коробку.

2. Випадкова величина представлена наступним законом розподілу:

x_i	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
p_i	0,05	0,2	0,5	0,2	0,05

Визначити середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення величини x .

3. Розподіл імовірності значень деякої випадкової величини x описується функцією $f(x)=Ax(5-x)$ при $0 \leq x \leq 5$. Поза цим інтервалом $f(x)=0$. A - стала величина. Знайти середні значення $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ та флуктуацію випадкової величини x .

4. Знайти середню потенціальну енергію молекул повітря в полі тяжіння Землі. На якій висоті потенціальна енергія молекул рівна середній потенціальній енергії? Температура повітря рівна 0 °С і стала по висоті. Молярна маса молекул повітря $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

5. У посудині знаходиться 8 г кисню при температурі 600 К. Знайти середню арифметичну, середню квадратичну та найбільш імовірну швидкості молекул. Яке число молекул мають швидкості в інтервалі $[a_1, a_2]$, де $a=v/v_m$, v_m - найбільш імовірна швидкість, $a_1=1$, $a_2=2$.

Варіант 5

1. Із колоди з 36 картами навмання виймають 3. Яка імовірність того, що серед цих карт буде не менше, як один (любий) туз?

2. Випадкова величина представлена наступним законом розподілу:

x_i	2	4	6	8	10
p_i	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2

Визначити середнє значення, дисперсію і середнє квадратичне відхилення величини x .

3. Випадкова величина x неперервно змінюється на проміжку $[0,10]$. Знайти середні значення $\langle x \rangle$, $\langle x^2 \rangle$ та флуктуацію випадкової величини x , якщо густина імовірності розподілу величини x на цьому проміжку стала.

4. На якій висоті густина газу складає 50% від густини його над рівнем моря? Температура газу рівна 0 °С і стала по висоті. Задачу розв'язати для 1) повітря і 2) водню. Молярна маса молекул повітря $29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

5. У посудині знаходяться молекули азоту при температурі 600 К. Знайти за допомогою функції розподілу Максвелла: а) функцію розподілу молекул за кінетичними енергіями; б) найбільш імовірне значення кінетичної енергії.

Контрольна робота № 2.

Варіант 1.

1. Визначить кількість молекул водню в 1л, якщо тиск дорівнює 2 Па, а середня квадратична швидкість молекул становить 2400м/с.

2. Газ з молярною масою $M=0.029\text{кг/моль}$ знаходиться під тиском $P=1\text{атм.}$ між двома однаковими паралельними пластинами. Температура газу зростає лінійно від T_1 біля однієї пластини до T_2 біля другої ($T_1=270\text{К}, T_2=300\text{К}$). Об'єм газу між пластинами $V=0.2\text{м}^3$. Знайти його масу.

3. Оцінити масу M зрідженого повітря, яка випаровується за час $\tau=1$ год із посудини Дюара, якщо тиск повітря, яке знаходиться між стінками (при кімнатній температурі $T_0=293\text{К}$), рівний $p=10^{-3}$ мм.рт.ст. Площа поверхні посудини Дюара $S=600\text{ см}^2$, питома теплота випаровування зрідженого повітря $g=2\cdot 10^5$ Дж/кг, а його температура $T=93\text{ К}$. Відстань між стінками посудини мала порівняно з довжиною вільного пробігу молекул.

4. Аеростат наповнений воднем при температурі 15°С при незмінному тиску атмосфери під впливом сонячної радіації температура підвищилась до 37°С , і надлишок газу ввійшов через випускний вентиль, внаслідок чого маса аеростата зменшилась на 6.05кг . Визначити об'єм аеростату.

Варіант 2.

1. У двох балонах об'ємами 5 та 3 літри знаходяться різні гази при тисках 3 і 4 атм. відповідно. При цьому в першому балоні знаходиться 0.5 кг , а в другому 0.4кг газу. У якого з газів більша середня квадратична швидкість молекул?

2. Поршневим повітряним насосом відкачують посудину об'ємом V . За один цикл (хід поршня) насос захоплює об'єм v . Через скільки циклів тиск в посудині зменшиться в η раз. Процес вважати ізотермічним, газ-и ідеальним.

3. Простір між двома довгими коаксіальними циліндрами заповнений газом при великому тиску. Радіуси циліндрів рівні $R_1=2\text{ см}$ і $R_2=5\text{ см}$. Визначити розподіл температури в просторі між циліндрами, якщо температури обох циліндрів сталі і дорівнюють відповідно $T_1=373\text{ К}$ і $T_2=273\text{ К}$.

4. Балон ємністю 40 л містить 1.97 кг вуглекислого газу. Балон витримує тиск не більше $30\text{атм}=3,039\cdot 10^6\text{Н/м}^2$. При якій температурі виникає небезпека вибуху?

Варіант 3

1. Обчисліть число молекул в 1 кг газу, середня квадратична швидкість руху яких при 100°С становить 540 м/с .

2. Густина суміші азоту і водню при температурі 47°С тиску 2 атм. рівна 0.30 г/л . Знайти концентрацію молекул азоту і водню в суміші.

3. Визначити кут φ , на який повернеться диск, підвішений на пружній нитці, якщо під ним на відстані $h=10^{-2}\text{ м}$ обертається другий такий самий диск з кутовою швидкістю $\omega = 50\text{рад/с}$. Радіуси дисків $R=10\text{см}$, модуль кручення нитки $E=10^{-5}\text{Н/рад}$, коефіцієнт внутрішнього тертя повітря $\eta = 1.8 \cdot 10^{-5}\text{Па с}$. Крайовими ефектами знехтувати. Рух повітря між дисками вважати ламінарними.

4. З балона із стиснутим воднем ємністю 10 л внаслідок пошкодження вентиля витікає газ. При 7°С манометр показував в МПа. Через деякий час при температурі 17°С манометр показав такий же тиск. Яка маса газу витекла з балона?

Варіант 4

1. Який тиск на стінки посудини чинять молекули газу, якщо маса газу 3 г , об'єм 0.5 л , а середня квадратична швидкість молекул 500 м/с .

2. У ртутному барометрі з циліндричною трубкою відстань від рівня ртуті у чашці до запаяного кінця трубки дорівнює L . В трубку при нормальному тиску H_0 і температурі T_1 потрапила певна кількість повітря за рахунок чого довжина ртутного стовпчика зменшилась і дорівнює h_1 . Обчислити поправку Δh , яку треба додавати до показів барометра h при будь-яких температурах T .

3. В'язкість аргону (молярна маса $\mu = 40 \cdot 10^{-3} \text{ кг / моль}$) $\eta = 2.1 \cdot 10^{-5} \text{ Па с}$.

Вирахувати наступні величини для аргону при нормальних умовах: 1) середню довжину вільного пробігу атомів; 2) середнє число зіткнень атомів в 1 см^3 за 1 с ; 3) ефективний переріз атома σ ; 4) радіус атома g .

4. В посудину об'ємом 10 л , наповнену сухим повітрям при нормальних умовах ($p=10^5 \text{ Па}$, $T=273 \text{ К}$), вводять 3 г води. Посудину щільно закупорюють і нагрівають до 100°C . Визначити тиск вологого повітря в посудині при цій температурі.

Варіант 5

1. Середня квадратична швидкість молекул газу становить 400 м/с . Визначити об'єм, що займає газ при тиску 100 кПа , якщо його маса становить 1 кг .

2. Дві посудини А і В з повітрям, об'єми яких дорівнюють V_1 і V_2 з'єднані між собою вузькою трубкою з краном. Температура посудин відповідно дорівнюють T_1 і T_2 під час досліду підтримуються сталими. При закритому крані, тобто роз'єднаних посудинах тиск повітря в посудинах А і В дорівнювали відповідно P_1 і P_2 . Потім крани відкрили. Який тиск установиться в системі, якщо $P_1=0.5 \text{ атм.}$, $P_2=0.2 \text{ атм.}$, $V_1=0.25 \text{ л.}$, $V_2=0.4 \text{ л.}$, $T_1=373 \text{ К}$, $T_2=253 \text{ К}$?

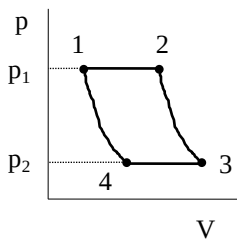
3. В тонкостінній посудині об'ємом V , стінки якої підтримуються при постійній температурі, знаходиться ідеальний газ. Посудина поміщена у вакуум. Як буде змінюватись концентрація молекул n газу в середині посудини, якщо в його стінці виникне малий отвір площею S . Визначити час τ , через який тиск газу в середині посудини зменшиться в два рази.

4. По газопроводу тече вуглекислий газ при тиску 10^5 Па і температурі 17°C . Яка середня швидкість руху газу в трубі, якщо за 5 хвилин через площу поперечного перерізу труби рівну 6 см^2 протікає 2.5 кг вуглекислого газу?

Контрольна робота № 3

Варіант 1

1. Визначити зміну внутрішньої енергії ΔU маси азоту при його адіабатичному розширенні від об'єму $V_1=10 \text{ л}$, який він займає при нормальному тиску p_0 , до об'єму $V_2=320 \text{ л}$.



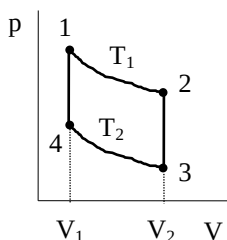
2. Один моль кисню здійснює цикл, який складається з двох ізобар 1—2 і 3—4 при тисках p_1 і p_2 та двох ізотерм при температурах T_1 і T_2 (див. мал.). Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо $p_1=6p_2$, $T_1=200 \text{ К}$, $T_2=600 \text{ К}$. Покажіть, що к.к.д. цього циклу менший за к.к.д. циклу Карно.

3. При зміні стану кисню в політропічному процесі його молярна теплоємність $C=9,6 \text{ Дж/(моль·К)}$. Маса кисню $m=4 \text{ кг}$. Визначити зміну внутрішньої енергії, зміну ентропії та виконану газом роботу, якщо початкові параметри кисню $p_1=5 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $T_1=350 \text{ К}$ і під час цього процесу газу було передано 100 кДж тепла.

Варіант 2

1. Зміна стану ідеального газу відбувається по політропічному процесі $p=kV^2$. Визначити роботу, яку виконує 1 моль газу при підвищенні його температури від T_1 до T_2 .

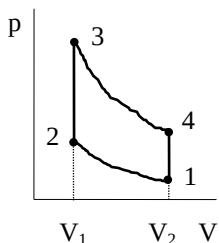
2. Один моль азоту здійснює цикл, який складається з двох ізохор 2—3 і 1—4 при об'ємах V_1 і V_2 та двох ізотерм при температурах T_1 і T_2 (див. мал.). Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо: $V_2=2,7V_1$, $T_1=500 \text{ К}$, $T_2=300 \text{ К}$. Покажіть, що к.к.д. цього циклу менший за к.к.д. циклу Карно.



3. Холодильник споживає з електричної мережі 200 Вт . Температура повітря в кімнаті $T_0=293 \text{ К}$. Знайти температуру в морозильній камері холодильника T_1 , якщо кількість тепла, яке відводиться з камери, в 5 раз перевищує кількість споживаної енергії. Холодильник працює по циклу Карно.

Варіант 3

1. Моль ідеального газу з молярною теплоємністю $C_V = 5/2R$ тричі зворотно переводиться із стану 1 в стан 2 шляхом виконання трьох різних процесів: 132, 142, 12 (див. малюнок). Знайти кількості теплоти Q_{132} , Q_{142} і Q_{12} , які передані газу при виконанні кожного із вказаних процесів. Знайти молярну теплоємність C_{12} газу для процесу 12. Всі результати виразити через газову постійну R і температуру T_1 газу в стані 1.

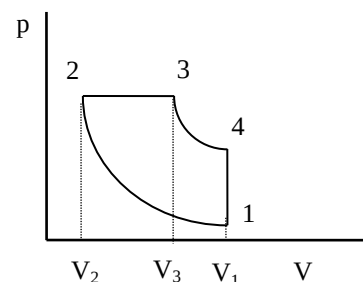


2. На малюнку зображений цикл двигуна Отто, що складається з двох ізохор 2—3 і 1—4 при об'ємах V_1 і V_2 та двох адіабат 1—2 та 3—4. Відомий коефіцієнт стиснення робочого тіла $(V_2/V_1) = n$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо: $n=3$, $\gamma=1,3$.

3. Два молі водню розширюються в пустоту, в наслідок чого об'єм газу збільшується від значення $V_1=2$ л до значення $V_2=10$ л. Яку кількість теплоти потрібно надати газу, щоб його температура не змінилася? $a=0,024$ Па·м⁶/моль².

Варіант 4

1. Для визначення $\gamma = C_p / C_v$ методом Клемана-Дезорма в посудину А через кран В нагнітають газ, щоб тиск у ній P_1 став вищий атмосферного P_0 . Потім відкривають і швидко закривають кран С. При цьому газ адіабатично розширюється до тиску P_0 . Через певний час, коли газ у посудині нагріється до кімнатної температури, його тиск стане P_2 . На основі цих даних знайти формулу для γ .



2. На малюнку зображений цикл, який складається із ізобар 2—3, ізохори 4—1 та двох адіабат 1—2 і 3—4 (цикл двигуна Дизеля). Відомі: коефіцієнт адіабатичного стиснення $n=V_1/V_2$ і коефіцієнт ізобаричного розширення $k=V_3/V_2$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо: $n=16$, $k=2,5$ і $\gamma=1,3$.

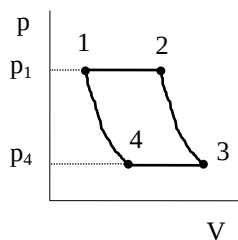
3. Ідеальна теплова машина, яка працює за циклом Карно, виконує за один цикл роботу $A=7,35 \cdot 10^4$ Дж. Температура нагрівника 100°C , температура холодильника 0°C . Визначити: 1) коефіцієнт корисної дії машини; 2) кількість тепла, яке отримує машина за один цикл від нагрівника; 3) кількість тепла, яке

віддається за один цикл холодильнику.

Варіант 5

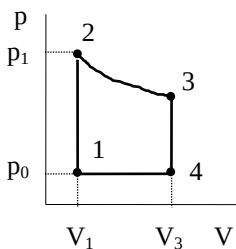
1. Побудуйте графік залежності молярної теплоємності C_μ ідеального газу від показника n політропічного процесу. При яких значеннях n теплоємність газу є від'ємною величиною?

2. На малюнку зображений цикл, який складається із двох ізобар 1—2 і 3—4 та двох адіабат 4—1 і 2—3. Відомі: коефіцієнт адіабатичного стиснення $n=p_1/p_4$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо: $n=16$ і $\gamma=1,3$.



3. У скляну трубку з внутрішнім діаметром $d_1=2$ см вставлена скляна паличка діаметром $d_2=1,8$ см так, що відстань між паличкою і внутрішньою поверхнею трубки всюди однакова. Нижній кінець трубки з паличкою помістили в посудину з водою. Визначити на яку висоту підніметься вода в скляній трубці, $\alpha=7,28 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

Варіант 6



1. На малюнку зображений цикл, який складається з ізобари 1—4, двох ізохор 1—2 та 3—4 та адіабати 2—3. Відомі: коефіцієнт стиснення $n=p_1/p_0$ і відношення $k=V_3/V_1$. Визначити коефіцієнт корисної дії циклу, якщо: $n=16$, $k=2$ і $\gamma=1,3$.

2. На нагрівання мідного стержня масою 1 кг, що знаходився при температурі 0°C , витрачено 132 кДж тепла. Визначити відносну зміну об'єму стержня? Теплоємність міді визначити із закону Дюлонга і Пті. $\alpha=1,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

Самостійна робота №4.

Варіант 1.

1. Які сили потрібно прикласти до кінців сталюго стержня з площею поперечного перерізу 10 см, щоб не дати йому розширитись при нагріванні від 273 К до 303 К? Модуль Юнга сталі $21 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$, коефіцієнт лінійного теплового розширення $2,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

2. 10 г гелію займає об'єм 0.1 л при тиску 10^8 Н/м^2 . Знайти температуру газу вважаючи його а) ідеальним; б) реальним.

Варіант 2.

1. Яку довжину повинні мати мідний та сталевий стержні при 0°C , щоб при довільній температурі сталевий стержень був довший ніж мідний на 5 см? Коефіцієнт лінійного теплового розширення сталі $2,9 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, міді - $1,6 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$.

2. 1 моль азоту знаходиться при температурі 300 К тиску $5 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$. Знайти об'єм цього газу вважаючи його реальним.

Варіант 3.

1. Обчислити по класичній теорії теплоємності питому теплоємність кристалів алюмінію та міді, якщо їх молярні маси відповідно рівні 27 та 64 г/моль, а густини 2.6 та 8.6 г/см³.

2. Визначити тиск 280 г азоту при температурі 300 К в посудині об'ємом а) 1.00 м³; б) 0.50 л.

Варіант 4.

1. Один моль азоту розширюється адіабатично в пустоту, в результаті чого об'єм газу збільшується від 1 л до 10 л. На скільки зміниться температура газу?

2. Дві вертикальні паралельні одна одній скляні пластини занурені частково у воду. Щілина між пластинами 0.5 мм, розмір пластини по горизонталі 10 см. Вважаючи змочування повним визначити висоту підняття води в щілині, та силу з якою пластини притягуються одна до одної. Коефіцієнт поверхневого натягу води 0.073 Н/м.

Варіант 5.

1. Яку кількість теплоти необхідно підвести до 1 молю вуглекислого газу при його розширенні в пустоту від об'єму 1 л до об'єму 10 л, щоб його температура не змінилась. Газ вважати реальним.

2. Сферична крапля ртуті була розділена на а) 10, б) 100, в) 1000 однакових крапель. Як змінився при цьому Лапласівський тиск в середині крапель? Коефіцієнт поверхневого натягу ртуті - 0.5 Н/м.