

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



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан фізичного факультету  
*Л.О.Зур* Володимир ЛАЗУР  
«28» червня 2024 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА**

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	01 Освіта/Педагогіка
Спеціальність	014 Середня освіта
Предметна спеціальність	014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія)
Освітня програма	Фізика. Інформатика
Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання	українська

**Ужгород 2024**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Молекулярна фізика**» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 01 Освіта/Педагогіка, спеціальності 014 Середня освіта, предметної спеціальності 014.08 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 № 9 від «7» травня 2024 р.

Завідувач кафедри  Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «27» червня 2024 р.

Голова науково-методичної комісії  Василь РУБШ

© Глухов К. Є., 2024 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2024 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «Молекулярна фізика»

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом
	денна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 8,5	Рік підготовки:
Загальна кількість годин - 255	1-й
Кількість модулів - 2	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 8 самостійної роботи студента – 8	2-й
	Лекції
	40
	Практичні, семінарські
	30
Вид підсумкового контролю: іспит	Лабораторні
	56
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота
	129

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Молекулярна фізика» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів предметної спеціальності «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 мірками, визначати ціну поділки шкали приладу, знімати покази приладу;

г) *уміння обробляти результати експерименту*, обчислювати значення величин, знаходити похибки вимірювань, складати 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 іспит.

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 курсу «Молекулярна фізика» сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

<b>Програмні компетентності</b>	
<b>Інтегральна компетентність (ІК)</b>	
Здатність розв'язувати спеціалізовані практичні завдання в освітній галузі, що передбачає застосування концептуальних методів освітніх наук, предметних знань, психології, теорії та методики навчання і характеризується комплексністю та невизначеністю умов організації освітнього процесу в закладах середньої освіти.	
<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	
<b>ЗК1</b>	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування знань у практичних ситуаціях.
<b>ЗК2</b>	Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності.
<b>ЗК4</b>	Здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук, аналіз та обробку інформації з різних джерел, ефективно використовувати цифрові ресурси та технології в освітньому процесі.
<b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b>	
<b>ФК1</b>	Здатність перенесення системи наукових знань у професійну діяльність та в площину навчального предмету.
<b>ФК4</b>	Здатність формувати і розвивати в учнів ключові та предметні компетентності засобами навчального предмету та інтегрованого навчання; формувати в них ціннісне ставлення, розвивати критичне мислення.
<b>Фахові (предметні) компетентності</b>	
<b>ПК1</b>	Здатність використовувати комплекс наукових знань з фізики та астрономії у поєднанні із необхідним математичним апаратом для пояснення явищ природи, розуміння сучасної природничо-наукової картини світу.
<b>ПК2</b>	Здатність організовувати та здійснювати дослідницьку діяльність та формулювати доказові висновки на основі отриманої інформації.
<b>ПК3</b>	. 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.
<b>ПК4</b>	Здатність здійснювати усі види фізичного експерименту, у тому числі і навчального, відповідно до методики і техніки проведення.
<b>ПК5</b>	Здатність розв'язувати задачі з фізики й астрономії та навчати учнів їх розв'язуванню.

### **3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**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):

- |       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| ОК 5  | Математичний аналіз                 |
| ОК 6  | Аналітична геометрія і вища алгебра |
| ОК 13 | 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):

<b>Програмні результати навчання</b>	
<i>Програмні результати навчання (РН), спільні для всіх предметних спеціальностей</i>	
<i>Програмні результати навчання (РН), спільні для всіх предметних спеціальностей</i>	
<b>РН 7</b>	<i>Демонструє</i> знання основ фундаментальних і прикладних наук (відповідно до предметної спеціальності), <i>оперує</i> базовими категоріями та поняттями предметної області спеціальності.
<b>Програмні результати навчання для предметних спеціальностей (ПРН)</b>	
<b>ПРН 1</b>	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.
<b>ПРН 2</b>	Аналізує фізичні явища і процеси на основі фізичних законів, теорій, принципів, із застосуванням відповідних математичних методів.
<b>ПРН 3</b>	Здійснює експериментальну діяльність з фізики, організовує та проводить фізичний експеримент в освітньому процесі.
<b>ПРН 4</b>	Демонструє вміння розв'язувати типові задачі з різних розділів фізики та астрономії, чітко й раціонально пояснює їх розв'язки

<b>Очікувані результати навчання</b>		
<i>Очікувані результати навчання (РН), спільні для всіх предметних спеціальностей</i>		
1.	<i>Вміти демонструвати</i> знання фундаментальних основ молекулярної фізики та термодинаміки та їх тісного зв'язку з прикладними науками і сучасною технікою, а також оперувати базовими категоріями та поняттями в області молекулярної фізики та термодинаміки.	<b>РН 7</b>
<b>Очікувані результати навчання для предметних спеціальностей (ПРН)</b>		
1.	Вміти класифікувати і пояснювати основні поняття, закони, теорії, загальну структуру, предмет і методи дослідження з розділу молекулярна фізика, методики їх навчання, місце і зв'язки в системі наук, етапи історії їх розвитку, розуміти прояв фундаментальних фізичних законів у навколишньому світі.	<b>ПРН 1</b>
2.	Освоїти та вміти аналізувати фізичні явища і процеси на основі фізичних законів з різних розділів молекулярної фізики та термодинаміки, теорій, принципів із застосуванням відповідних математичних методів для їх опису.	<b>ПРН 2</b>
3.	Одержати навички експериментальної діяльності у дослідженні фізичних процесів та явищ, пов'язаних з молекулярною фізикою та термодинамікою ; вміти організувати та проводити фізичний експеримент, який передбачається при вивченні молекулярної фізики та термодинаміки у поєднанні з використанням програмних продуктів для обробки отриманих результатів.	<b>ПРН 3</b>

4.	Демонструвати вміння розв'язувати типові задачі з різних розділів молекулярної фізики та термодинаміки, чітко й раціонально пояснювати їх розв'язки з використанням базових основ диференціального та інтегрального числення та методів графічного представлення.	<b>ПРН 4</b>
----	---	--------------

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

*Підсумковим засобом оцінювання* результатів навчання з дисципліни є *іспит*.

*Методами демонстрування результатів навчання з дисципліни* є:

1. Перевірка засвоєння теоретичного матеріалу, зокрема: тестування з кожної теми курсу; доповіді на практичних заняттях; написання реферату з відповідями на питання шкільного курсу фізики та реферату по вибраній темі.

2. Перевірка якості засвоєння вмінь і навичок: оцінювання якості розв'язування задач на практичних заняттях; домашні розрахункові роботи.

3. Виконання завдань модульних контрольних робіт;

4. Презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента; виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету

5. 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; презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента; виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету

Контрольні заходи включають такі **форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання**: поточний, модульний та підсумковий контроль.

*Поточний контроль* – оцінювання рівня знань, умінь і навичок здобувачів, що здійснюється в ході навчального процесу проведенням усного опитування, контрольної роботи, тестування, домашнього завдання тощо.

Результатом *модульного контролю* є модульна бальна оцінка, за якою підбивається підсумок роботи студентів впродовж модуля у відповідності до кредитно-модульної системи оцінювання знань (КМСОЗ).

*Підсумковий семестровий контроль* проводиться у формі іспиту в обсязі навчального матеріалу, що визначений навчальною програмою, та в терміни, встановлені графіком навчального процесу. При семестровому контролі отримані здобувачем згідно КМСОЗ переводяться в оцінки за національною шкалою та за шкалою ЄКТС.

### 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			
5	5	5	5	5	5	30	40	100

T1, T2 ... - теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота												Лаб. роботи	Модульні КР	Сума
T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18			
2	3	2	3	2	3	2	3	3	2	2	3	30	40	100

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	
Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Л9	Л10	Л11	Л12	Л13	Л14	Л15	M1 – 30
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	M2 – 30

Л1, Л2 ... – 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. 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.

*II. Середній 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 висновок.

*III. Задовільний 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.

*IV. 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.

*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. 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.

*II. Середній 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.

*III. Задовільний 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).

*IV. 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.

*Кінцевий результат* обчислюється як сумарний бал за всі лабораторні роботи (діє система накопичення балів).

Фізичний практикум вважається виконаним студентом, якщо він повністю виконав всі завдання, оформив протоколи, виправивши при цьому можливі зауваження керівника заняття і захистив всі передбачені індивідуальним навчальним планом лабораторні роботи.

### **Критерії оцінювання модульних контрольних робіт**

Навчальним планом передбачено виконання чотирьох контрольних робіт за відповідними змістовними модулями. За кожну контрольну роботу студент може отримати 100% максимальної кількості балів, що для дисципліни «Молекулярна фізика» становить 20 балів. Оцінюванню підлягає: 1) рівень володіння теоретичними знаннями, 2) рівень умінь використовувати теоретичні знання під час розв'язування задач різного типу (розрахункових, експериментальних, якісних). Контрольні роботи виконуються в формі письмової або усної відповіді, як правило, на два теоретичних питання та розв'язання двох задач. При цьому теоретичні питання оцінюються по 20% максимальної кількості балів, розв'язування задач - 30% максимальної кількості балів за кожну задачу. Контрольна робота може проводитись також у тестовій формі. Викладачі можуть коректувати кількість балів за кожне завдання у залежності від їх складності.

Під час оцінювання теоретичних питань враховуються знання студента про:

- фізичні явища і процеси: ознаки явища чи процесу, за якими вони відбуваються, зв'язок явища чи процесу з іншими, їх пояснення на основі наукової теорії, приклади використання;
- фізичні досліди та спостереження: мета дослідження чи спостереження, схема, умови, наявності яких здійснюється дослід чи спостереження, перебіг і результати дослідження чи спостереження;
- закони: формулювання та математичний вираз закону; досліди, що підтверджують його справедливості, приклади врахування і застосування його на практиці, межі застосування;

- фізичні теорії: дослідне обґрунтування теорії, основні положення, закони і принципи цієї теорії, основні наслідки; практичні застосування, межі застосування цієї теорії;

- фізичні величини: властивості, що характеризуються цим поняттям (величиною), зв'язок з іншими величинами (формула), означення величини, одиниці фізичної величини, способи її вимірювання;

Оцінка відповіді на теоретичні питання контрольної роботи здійснюється за такими критеріями:

*I. Високий рівень (оцінка A за шкалою ECTS):* студент має глибокі, міцні, узагальнені знання про предмети, явища, поняття, теорії, їхні суттєві ознаки та зв'язок останніх з іншими поняттями; здатний використовувати знання як у стандартних, так і в нестандартних ситуаціях.

*II. Середній рівень (оцінка B, C за шкалою ECTS):* студент знає істотні ознаки понять, явищ, закономірностей, зв'язки між ними, самостійно застосовує знання у стандартних ситуаціях, уміє аналізувати, робити висновки, виправляти допущені помилки. Відповідь студента повна, логічна, обґрунтована; розуміння пов'язане з одиничними образами, але не узагальнене.

*III. Задовільний рівень (оцінка D за шкалою ECTS):* знання неповні, поверхова, студент відтворює основний навчальний матеріал, але недостатньо осмислено, має проблеми з аналізуванням та формулюванням висновків; здатний виконувати завдання за зразком.

*IV. Початковий рівень (оцінка E за шкалою ECTS):* відповідь студента при відтворенні навчального матеріалу елементарна, фрагментарна, зумовлена нечіткими уявленнями про предмети і явища.

Визначальним показником для оцінювання вміння розв'язувати задачі є їх складність, яка залежить від:

- усвідомлення умови задачі, запис її у скороченому вигляді, виявлення даних, яких не вистачає в умові задачі та знаходження їх у таблицях чи довідниках, вираження всіх необхідних для розв'язку величини в одиницях СІ;

- побудова правильних, послідовних, логічних кроків та операцій, такими кроками можна вважати вміння (здатність): зробити схему або малюнок (за потреби), вивід (у простих випадках - обрання) формул для знаходження шуканої величини; виконання математичні дії й операції, здійснення обчислення числових значень невідомих величин, аналіз і будова графіків, використання методу розмірностей для перевірки правильності розв'язку задачі, оцінка одержаного результату та його реальність.

- раціональність обраного способу розв'язування.

Оцінка відповіді на практичні завдання (задачі) контрольної роботи здійснюється за такими критеріями:

*I. Високий рівень (оцінка A за шкалою ECTS):* студент самостійно розв'язує комбіновані типові задачі стандартним або оригінальним способом, розв'язує нестандартні задачі.

*II. Середній рівень (оцінка B, C за шкалою ECTS):* студент самостійно розв'язує типові задачі й виконує зазначені вище логічні кроки, обґрунтовуючи обраний спосіб розв'язку.

*III. Задовільний рівень (оцінка D за шкалою ECTS):* студент розв'язує типові прості задачі (за зразком), виявляє здатність обґрунтувати деякі логічні кроки.

*IV. Початковий рівень (оцінка E за шкалою ECTS):* студент уміє розрізняти фізичні величини, одиниці вимірювання з певної теми, розв'язувати задачі лише на відтворення основних формул; здійснює найпростіші математичні дії.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у студента великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу, а у наявних його письмових відповідях є як принципи, так і грубі помилки. Студенти, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

### **Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю**

Оцінки “відмінно” (А) 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” (В) 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” (С) 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” (Е) 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” (FХ) 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.

Залік з фізичного практикуму виставляється студенту, який 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.

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 0,4 та врахування оцінки НДРС (макс.10 б.) та реферату за шкільний курс з молекулярної фізики і термодинаміка (макс.10 б.). Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАТЬ 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 зальна 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 курсом і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

6. Для переводу 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. Нестаціонарні 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. Ізопроеци. 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 ізопроесах 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. Теореми 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. Лнійна 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 гратка. Елементи симетрії твердих тіл і кристалічних ґраток. Ґратки Браве. Індокси 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. Ангармонізм 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. P-T-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. T-X-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	
<b>2-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Елементи статистичної фізики</b>						
Тема 1. Вступ. Статистичний характер молекулярного руху.	15	4	2	1		8
Тема 2. Розподіл молекул по швидкостям і енергіям.	22	4	2	4		12
Тема 3. Дослідна перевірка молекулярно-кінетичних уявлень	16	2	2	4		8
Контрольна робота за змістовним модулем	2		1			1
<b>Змістовий модуль 2. Молекулярно-кінетична теорія</b>						
Тема 4. Молекулярно-кінетична теорія газів .	22	4	2	4		12
Тема 5. Кінематичні характеристики молекулярного руху	16	2	2	4		8
Тема 6 Процеси переносу. Фізична суть явищ переносу: дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя.	28	4	2	8		14
Контрольна робота за змістовним модулем	2		1			1
Разом за модуль	<b>123</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>25</b>		<b>64</b>
<b>Модуль 2</b>						
<b>Змістовий модуль 3. Термодинаміка.</b>						
Тема 7. Перший принцип термодинаміки.	16	2	2	4		8
Тема 8. Теплоємність газів.	14	2	1	4		7
Тема 9. Ентропія.	14	2	1	4		7
Тема 10-11. Другий принцип термодинаміки. Елементи термодинаміки нерівноважних і відкритих систем	8	2	2			4
Контрольна робота за змістовним модулем	2		1			1
<b>Змістовий модуль 4. Реальні газі, рідини, тверді тіла</b>						
Тема 12. Сили взаємодії. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Сили зв'язку в твердих тілах. Сили Ван-дер-Ваальса.	6	2	1			3
Тема 13. Реальні гази. Рівняння стану реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса).	14	2	1	4		7
Тема 14-15. Особливості рідкого стану. Тверді тіла.	16	2	2	4		8
Тема 16-17. Механічні властивості твердих тіл. . Теплові властивості твердих тіл	16	2	2	4		8
Тема 18-19. Фазові рівноваги і фазові перетворення. Кристалізація і плавлення.	16	2	2	4		8
Тема 20-21. Рідкі розчини. Сплави і тверді розчини.	4	2				2
Контрольна робота за змістовним модулем	2		1			1

Заключне заняття	4			3		1
Разом за модуль	<b>132</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>31</b>		<b>65</b>
Разом за семестр	<b>255</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>56</b>		<b>129</b>

### 6.3. Теми практичних занять

№ з.п.	НАЗВА ТЕМИ	К-ть годин
1.	Маси і розміри молекул. Число Авогадро	2
2.	Статистичний опис систем з великою кількістю частинок	2
3.	Розподіл Максвелла Розподіл Больцмана.	2
4.	Контрольна робота	1
5.	Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів	1
6.	Газові закони	1
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	2
18.	Самостійна робота	1
<b>Всього аудиторних годин</b>		<b>30</b>

### 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.	1
2.	Лабораторна робота № 1. Вивчення методів вимірювання температури та перевірка термометрів	4
3.	Лабораторна робота № 2 Вивчення статистичних закономірностей на дошці Гальтона.	4
4.	Лабораторна робота № 3. Визначення термічного коефіцієнту тиску газу	4
5.	Лабораторна робота № 4. Визначення коефіцієнта в'язкості повітря та розрахунок ефективного перерізу і довжини вільного пробігу молекул повітря.	4
6.	Лабораторна робота № 5. Визначення параметрів вологого повітря.	4
7.	Лабораторна робота № 6 Визначення відношення $C_p/C_v$ акустичним методом.	4
8.	Лабораторна робота № 7. Визначення відношення $C_p/C_v$ методом Клемана-Дезорма.	4
9.	Лабораторна робота № 8. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини.	4
11.	Лабораторна робота №10. Визначення питомої (прихованої) теплоти пароутворення рідкого азоту.	4

12.	Лабораторна робота №11. Визначення питомої теплоти і температури плавлення кристалічних твердих тіл та розрахунок зміни ентропії.	4
13.	Лабораторна робота №12. Визначення термічного коефіцієнту лінійного розширення металів.	4
14.	Лабораторна робота №13 Вивчення методів вимірювання теплоємності твердих тіл.	4
16.	Лабораторна робота №15. Визначення коефіцієнта теплопровідності повітря методом нагрітої нитки.	4
17.	Захист і відробка завдань лабораторних робіт.	3
	Разом	56

### 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).	14
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).	15
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).	15
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).	32
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).	33
	Разом	<b>129</b>

### 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 вивченню 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 вияснення 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. Біномінальний 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

### ***До виконання завдань лабораторних робіт фізичного практикума:***

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.

- |  |  |
|--|--|
| 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. «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
5. Молекулярна фізика і термодинаміка (Лабораторний практикум): Навчальний посібник /Горват А.А., Жихарев В.М. – Ужгород: вид-во УжНУ “Говерла”, 2011 – 224 с.

### Допоміжна література

6. Lea S., Burke J. Physics: the nature of things. –West Publishing Company. USA, 1997. 1199 p.
7. Горват А.А., Наконечний Ю.С., Різак В.М. Молекулярна фізика у прикладах і задачах. Практикум. Навчальний посібник. Ужгород, УЖДУ, 1998. – 157 с.
8. Загальна фізика. Збірник задач. За ред. Горбачука І.Т. –К.:Вища школа, 1993. –359 с.
9. Молекулярна фізика і термодинаміка (Фізичний практикум): Навчальний посібник / Жихарев В.М., Конопльов О.М., Різак В.М. – Ужгород, УжНУ, 2010 – 64 с.
10. Москаль Д.М. Лабораторний практикум з фізики. – К.: Укрмедкнига, 2001. – 188 с.
11. 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)

[https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Cholpan\\_2004\\_567.pdf](https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2015/Cholpan_2004_567.pdf) (Чолпан П.П. Фізика: Підручник Київ, Вища школа, 2003. — 567 с.

**ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПИТАНЬ,  
ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА ІСПИТЗ КУРСУ "МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА"  
для студентів 1курсу 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 рідині.
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.

## 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)