

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Фізичний факультет
Кафедра фізики напівпровідників



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан фізичного факультету
/Лазур В.Ю./

“30” червня 2022 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ТЕРМОДИНАМІКА І МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань Спеціальність	10- Природничі науки 104 -Фізика та астрономія
Освітня програма Статус дисципліни Мова навчання	Фізика та астрономія обов'язкова українська

Ужгород 2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Термодинаміка і молекулярна фізика» для здобувачів вищої освіти галузі знань **10 Природничі науки** спеціальності **104 Фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.

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

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики напівпровідників

протокол № 9 від «30» травня 2022 р.

Завідувач кафедри  Юліан ВИСОЧАНСЬКИЙ

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «30» червня 2022 р.

Голова науково-методичної комісії  Мирослав КАРБОВАНЕЦЬ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС –5,5	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин –165	1	
Кількість модулів –2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних –5 самостійної роботи студента – 5	2	
	Лекції:	
	46	
	Практичні (семінарські):	
	36	
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	83	

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «Термодинаміка і молекулярна фізика» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності «Фізика і астрономія».

Метою вивчення курсу “Термодинаміка і молекулярна фізика” 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, закріпляти 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.

Мета проведення лабораторних занять – ознайомлення з основними методиками вимірювання фізичних величин та визначення фізичних сталих і коефіцієнтів, приладами і установками, набуття навиків проведення експерименту і обробки експериментальних результатів, поглиблення знань і розуміння суті фізичних явищ і законів.

Задачі проведення лабораторних занять. Виконавши лабораторні роботи студент **повинен знати** суть фізичних законів і понять, основи експериментальних методик, їх чутливість і точність, основи теорії похибок. **Вміти** критично аналізувати всі етапи виконуваної роботи і оформити одержані експериментальні результати, правильно використати методи наближених обчислень, найбільш розповсюджені засоби обчислювальної техніки для підрахунку результатів експериментальних вимірювань, оцінити похибки вимірювань, правильно оформляти звіт за виконану роботу, скласти короткі висновки по одержаним результатам.

Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми: даний курс відноситься до дисциплін нормативної частини циклу професійної підготовки, за результатами яких здобувачі здають залік і екзамен, та виконують навчальний процес по спеціальності 104 - Фізика і астрономія.

Видами навчальних занять згідно з навчальним планом є: а) лекції, б) *практичні заняття*, в) *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 “Термодинаміка і молекулярна фізика” є рейтинговою і виставляється за стобальною шкалою з урахуванням оцінок засвоєння окремих модулів.

Відповідно до освітньої програми, виконання фізичного практикуму сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

Інтегральна компетентність	Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.
Загальні компетентності (ЗК)	К01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. К02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. К03 Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. К07 Навички здійснення безпечної діяльності.
Фахові компетентності спеціальності (ФК)	К16 Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. К18 Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів. К19 Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень. К21 Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси. К22 Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. К24 Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і молекулярна фізика» є необхідним опанування відповідних навчальних дисциплін (НД) математичного циклу, хімії та курсу загальної фізики згідно освітньої програми (ОП):

ОК 13 – Аналітична геометрія і вища алгебра; ОК 12 – Математичний аналіз; ОК 5 – Механіка з елементами теорії відносності.

4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика і астрономія», вивчення навчальної дисципліни «Термодинаміка і молекулярна фізика» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

Програмні результати навчання (ПРН):	ПР01 Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії. ПР03 Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. ПР23 Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії.
--------------------------------------	--

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Термодинаміка і молекулярна фізика»

Очікувані результати навчання (ОРН)	Шифр ПРН
Здобувач має знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем фізики та астрономії, зокрема, молекулярної фізики та термодинаміки.	ПР01
Здобувач повинен уміти застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів	ПР03
Здобувач має отримати здатність класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі фізики і астрономії, знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.	ПР23

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Термодинаміка і молекулярна фізика» є залік і екзамен.

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 (я); - 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 заліку та екзамену з конкретної навчальної дисципліни 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						Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6		
10	10	10	10	10	10	40	100

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

Поточне оцінювання та самостійна робота											Модульна КР	Сума	
T7	T8	T9	T10-T11	T12	T13	T14	T15	T16-T17	T18	T19			T20-T21
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	40	100

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

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

За роботу на протязі семестру в залежності від виду рубіжного контролю виставляється така максимальна кількість балів:

- Рубіжний контроль за змістовним модулем 1 “Елементи статистичної фізики” • 10 балів
- Контрольна робота (розв'язування задач) за змістовним модулем 1 -10 балів
- Колоквиум за змістовним модулем 2 “Молекулярно-кінетична теорія” • 10 балів
- Контрольна робота (розв'язування задач) за змістовним модулем 2 -10 балів
- Рубіжний контроль за змістовним модулем 3 "Термодинаміка" - 10 балів
- Контрольна робота (розв'язування задач) з розділу "Термодинаміка" -10 балів
- Колоквиум за змістовним модулем 4 "Реальні гази, рідини, тверді тіла " • 10 балів
- Самостійна робота (розв'язування задач) з розділу "Реальні гази і рідини, тверді тіла " - 10 балів
- *Додаткові бали*: Повторення шкільного курсу молекулярної фізики - 10 балів' Навчально-дослідницька робота студента (НДРС) • 10 балів

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з курсу «Термодинаміка і молекулярна фізика»

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” (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.

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 іспиту) 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 0,2 та врахування оцінки НДРС (макс.10 б.) та реферату за шкільний курс фізики (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
з курсу «Термодинаміка і молекулярна фізика»**

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 бали

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 «Термодинаміка і 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 переводу кількості набраних балів в оцінку ECTS (Європейська система трансферу кредитів) використовують наступну систему:

Шкала ЄКТС	Диференційована шкала	Недиференційована шкала	Мін.бал-макс.бал
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре		82-89
C			74-81
D			64-73
E	Задовільно		60-63
Fx	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F			0-34

6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

6.1. Зміст навчальної дисципліни

Студенти можуть за бажанням вибирати погоджуючи з керівником занять інші змістовні модулі (теми лабораторних робіт), які наявні в лабораторних фізичних практикумах.

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. Маси 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 ізопроцесах 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. Лінійна нерівноважна термодинаміка. Потoki 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. Індеси 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. Сублимація, 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	робота самостійна
1-й семестр						
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Елементи статистичної фізики	21	6	4	0	0	11
Тема 1. Вступ. Статистичний характер молекулярного руху.	7	2	2			3
Тема 2. Розподіл молекул по швидкостям і енергіям.	8	2	2			4
Тема 3. Дослідна перевірка молекулярно-кінетичних уявлень	6	2				4
Змістовий модуль 2. Молекулярно-кінетична теорія	30	8	10	0	0	12
Тема 4. Молекулярно-кінетична теорія газів	12	4	4			4
Тема 5. Кінематичні характеристики молекулярного руху	10	2	4			4
Тема 6. Процеси переносу. Фізична суть явищ переносу: дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя.	8	2	2			4
Модульна контрольна робота	2		2			
Разом за модуль	53	14	16	0	0	23

Модуль 2						
Змістовий модуль 3. Термодинаміка.	42	12	10	0	0	20
Тема 7. Перший принцип термодинаміки.	8	2	2			4
Тема 8. Теплоємність газів.	8	2	2			4
Тема 9. Ентропія.	10	4	2			4
Тема 10. Другий принцип термодинаміки.	8	2	2			4
Тема 11. Елементи термодинаміки нерівноважних і відкритих систем	8	2	2			4
Змістовий модуль 4.	68	20	8	0	0	40
Тема 12. Сили взаємодії. Іонний зв'язок. Ковалентний зв'язок. Сили зв'язку в твердих тілах. Сили Ван-дер-Ваальса.	6	2				4
Тема 13. Реальні гази. Рівняння стану реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса).	8	2	2			4
Тема 14. Особливості рідкого стану.	7	2	1			4
Тема 15. Тверді тіла.	7	2	1			4
Тема 16. Механічні властивості твердих тіл.	8	2	2			4
Тема 17. Теплові властивості твердих тіл	7	2	1			4
Тема 18. Фазові рівноваги і фазові перетворення.	7	2	1			4
Тема 19. Кристалізація і плавлення.	6	2				4
Тема 20. Рідкі розчини.	6	2				4
Тема 21. Сплави і тверді розчини.	6	2				4
Модульна контрольна робота	2		2			
Разом за модуль	112	32	20	0	0	83
Разом за семестр	165	46	36	0	0	83

6.3. Темі практичних занять

№ п.п	НАЗВА ТЕМИ	К-ть
		годин
1	Маси і розміри молекул. Число Авогадро	2
2	Статистичний опис систем з великою кількістю частинок	2
3	Молекулярно-кінетична теорія ідеальних газів	4
4	Явища переносу	4
5	Контрольна робота	2
6	Перше начало термодинаміки	4
7	Ентропія. Друге начало термодинаміки. Цикли теплових двигунів	4
8	Контрольна робота	2
9	Реальні гази	2
10	Рідини	2
11	Тверді тіла	2
12	Фазові рівноваги та фазові перетворення	2
13	Самостійна робота	2
14	Розчини.	2
Всього аудиторних годин		36

6.4. Перелік лабораторних робіт

№ п.п	НАЗВА ТЕМИ
1.	Вивчення методів вимірювання температури та градування термометрів.
2.	Визначення постійної Больцмана
3.	Визначення коефіцієнта в'язкості повітря та розрахунок ефективного перерізу і довжини вільного пробігу молекул повітря
4.	Визначення теплопровідності газів (повітря) методом нагрітої дротини
5.	Визначення термічного коефіцієнту тиску газу
6.	Вивчення температурної залежності теплопровідності твердих тіл
7.	Визначення відношення C_p/C_v акустичним методом
8.	Визначення відношення C_p/C_v методом Клемана-Дезорма
9.	Визначення в'язкості рідини методом Стокса та методом Пуазейля
10.	Визначення енергії активації з температурної залежності в'язкості рідини.
11.	Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини.
12.	Визначення термічного коефіцієнту лінійного розширення металів
13.	Вивчення температурної залежності теплоємності металів
14.	Визначення теплоємності твердих тіл методом змішування.
15.	Визначення питомої (прихованої) теплоти і температури кристалізації твердих тіл та розрахунок зміни ентропії.
16.	Визначення питомої теплоти пароутворення рідкого азоту.
17.	Вимірювання вологості повітря.
18.	Визначення концентрації розчину шляхом вимірювання його електропровідності.
19.	Комп'ютерне моделювання броунівського руху.

6.5. Самостійна робота

№ з/п	Назви теми	Кількість годин	
		денна	заочна
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 занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	10	
2	Розподіл швидкостей молекул за Максвеллом. Барометрична формула. Закон Максвелла- Больцмана Число зіткнень і довжина вільного пробігу молекул (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	11	
3	Явища перенесення. Теплопровідність газів. Дифузія газів. (вивчення лекційного матеріалу, підготовка до практичних занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	12	
4	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 занять, розв'язування задач домашньої самостійної роботи).	20	
5	Реальні гази. Ефект Джоуля-Томсона. Рідини. Рідкі розчини. Тверді тіла. Елементи симетрії	30	
Разом		83	

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 з курсу «Термодинаміка і молекулярна фізика», 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.

Підготовка до лабораторних занять, їх виконання, оформлення звітів передбачає велику самостійну роботу як вдома, так і при роботі в лабораторії. Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен підготувати теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи по рекомендованій літературі, підготувати в робочому зошиті необхідні таблиці і схеми, знати хід роботи, вивести робочих формул, 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 і знайомиться з методичними матеріалами по наступній лабораторній роботі, вивчає теоретичний матеріал, готує таблиці і схеми в робочому зошиті, виводить робочі формули і формули для похибок вимірювань, складає програми розрахунків на ЕОМ.

7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Лекційні демонстраційні досліди (біля 50).

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

Плакати (біля 50).

Дистанційна платформа Moodle

8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Кучерук І.М. Загальний курс фізики. Т.1. Механіка. Молекулярна фізика. Термодинаміка. – К.: Техніка, 1999. – 520 с.
2. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. – К.: Вища школа, 2002. – 336 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. Горват А.А., Височанський Ю.М. Методика розв'язування задач. Молекулярна фізика і термодинаміка: Навчальний посібник. – Ужгород: ІВА, 2006. – 160 с.
5. Москаль Д.М. Лабораторний практикум з фізики. – К.: Укрмедкнига, 2001. – 188 с.
6. 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.
7. Молекулярна фізика і термодинаміка (Лабораторний практикум): Навчальний посібник / Горват А.А., Жихарев В.М. – Ужгород: вид-во УжНУ "Говерла", 2011 – 224 с.
8. «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.

ДОДАТКОВА НАВЧАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

1. Молекулярна фізика і термодинаміка (Фізичний практикум): Навчальний посібник / Жихарев В.М., Конопльов О.М., Різак В.М. – Ужгород, УжНУ, 2010 – 64 с.
2. Чолпан П.П. Фізика: Підручник. Київ, Вища школа, 2003. — 567 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://www.studmed.ru/cholpan-pp-fzika-pdruchnik_205e71e7ff9.html (

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)