

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра фізики напівпровідників**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан фізичного факультету  
\_\_\_\_\_ /Лазур В.Ю./

«29» червня 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС)  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«МЕХАНІКА, МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА І ТЕРМОДИНАМІКА»**

Рівень вищої освіти

**Перший (бакалаврський)  
рівень вищої освіти**

Галузь знань

**16 Хімічна та біоінженерія**

Спеціальність

**163 Біомедична інженерія**

Освітня програма

**Біомедична інженерія**

Статус дисципліни

**обов'язкова**

Мова навчання

**українська**

**Ужгород 2023 р.**

Робоча програма навчальної дисципліни «**Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка**»  
для здобувачів вищої освіти галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163**  
**Біомедична інженерія** освітньої програми **Біомедична інженерія**.

Розробник: Когутич А.А., доцент, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики  
напівпровідників  
Жихарев В.М., доцент, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики  
напівпровідників


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри  
фізики напівпровідників

протокол № 7 від «29» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  Височанський Ю.М.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «29» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<b>Найменування показників</b>	<b>Розподіл годин за навчальним планом</b>
	<b>Денна форма навчання</b>
Кількість кредитів ЄКТС – 6	Рік підготовки:
Загальна кількість годин –180	1-й
Кількість модулів – 4	Семестр:
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 5	1-й
	Лекції
	46 годин
	Практичні (семінарські)
	44 години
Вид підсумкового контролю: <b>екзамен</b>	Лабораторні:
Форма підсумкового контролю: <b>усний</b>	Самостійна робота:
	90 годин

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна «**Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка**» належить до обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності «**Біомедична інженерія**».

**Метою** навчальної дисципліни «**Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка**» є оволодіння студентами основними фундаментальними уявленнями з курсу “Загальної фізики”; одержання навиків застосування фундаментальних знань до розв'язування конкретних практичних задач; формування у студентів навиків експериментальної роботи на приладах та апаратурі для вивчення розглядуваних фізичних законів, процесів і явищ.

**Метою проведення лекцій** є вияснення фізичної суті і змісту основних положень та понять, 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, 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, виділити 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, різні одиниці, зокрема, 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 електромагнітних величин, 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 і техніки для підрахунку результатів експериментальних вимірювань, оцінити похибки вимірювань, правильно оформляти звіт за виконану роботу, скласти коротке резюме по кожному завданню.

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

<b>Програмні компетентності</b>
<b>Інтегральна компетентність</b>
Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування хімічної та біоінженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	
<b>ЗК1</b>	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
<b>ЗК6</b>	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
<b>ЗК8</b>	Здатність приймати обґрунтовані рішення.
<b>ЗК13</b>	Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя
<b>Фахові компетентності (ФК)</b>	
<b>ФК5</b>	Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.
<b>ФК8</b>	Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).

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

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка**» є володіння базовими знаннями з математики, фізики та хімії згідно програм загальноосвітньої середньої школи.

### **4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

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

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.	<b>ПРН1</b>
Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.	<b>ПРН8</b>

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка**»:

<b>Шифр ПРН</b>	<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>
ПРН1	Вміння застосовувати основні закони фізики, зокрема розділів «Механіка» і «Молекулярна фізика та термодинаміка» для вирішення задач біомедичної інженерії, у тому числі для оцінки технічних і функціональних характеристик систем, методів і процедур, що використовуються в медицині та біології, вивчення нових методів та інструментів аналізу біомедичних об'єктів.
ПРН8	Мати базові знання для розуміння теоретичних основ і практичних підходів до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою з використанням механічних та теплових явищ.

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка» є екзамен.

Методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- відповіді і виконання тестів на практичних заняттях;
- виконання індивідуальних завдань (розв'язка задач) самостійної роботи;
- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- реферат з відповідями на питання шкільного курсу фізики
- презентація результатів виконання навчально-дослідницької роботи студента;
- виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: тестові завдання; усне опитування при перевірці готовності до практичних занять; контрольні роботи (на практичних заняттях), що включають практичні і теоретичні завдання.

Форма модульного контролю: модульна контрольна робота (у випадку аудиторних лекційних і практичних занять), виступ на семінарі та/або написання рефератів (коли матеріал, передбачений робочою програмою навчальної дисципліни, запланований на самостійне або додаткове вивчення).

Підсумковий контроль засвоєння модулів здійснюється по їх завершенню на підсумкових контрольних заняттях. Оцінка успішності студента є рейтинговою і виставляється за 100-бальною шкалою з урахуванням оцінок контрольних робіт та засвоєння окремих модулів.

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

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

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	40	100
10	15	10	10	15		

T1, T2 ... – теми

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

Поточне оцінювання та самостійна робота					Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	40	100
15	10	10	15	10		

T1, T2 ... – теми

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 3)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	40	100
15	15	15	15		

T1, T2 ... – теми

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 4)

Поточне оцінювання та самостійна робота						Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	40	100
10	10	10	10	10	10		

T1, T2 ... – теми

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

- Повторення шкільного курсу механіки, молекулярної фізики і термодинаміки – 10 балів
- Навчально-дослідницька робота студента (НДРС) – 10 балів
- Самостійне додаткове розв'язування задач (модуль 1): теми 3 і 4 – 10 балів
- Самостійне додаткове розв'язування задач (модуль 2): теми 2, 3 і 5 – 15 балів
- Самостійне додаткове розв'язування задач (модуль 4): теми 5 і 6 – 10 балів
- Представлення реферату з презентацією поглибленого розгляду теми – 10 балів

## РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА 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 кожного розділу даного курсу становить 100 бали

3. Окремо встановлюється рейтинг з фізичного практикуму, який має максимальне значення 100 балів. За кожен виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимум 6 балів. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань (2 бали), якість одержаних результатів та оформлення роботи (2 бали), розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами – захист роботи (2 бали).

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

5. Таким чином, рейтинг – це сума набраних студентом балів в першому семестрі 1-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні дисципліною "Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка" і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

### Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з дисципліни "Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка"

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

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

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

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи іспиту) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці. Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

Для зіставлення кількості набраних балів ECTS (Європейська система трансферу кредитів) з 5-бальною оцінкою використовують наступну систему:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Характеристика		Еквівалент оцінки за п’ятибальною шкалою
		Залік	Екзамен	
90-100	A	зараховано (A)	Відмінно	Відмінно – 5 (A)
82 - 89	B	зараховано (B)	Дуже добре	Добре – 4 (B)
74 - 81	C	зараховано (C)	Добре	Добре – 4 (C)
64- 73	D	зараховано (D)	Задовільно	Задовільно – 3 (D)
60 - 63	E	зараховано (E)	Достатньо	Задовільно – 3 (E)
35 - 59	Fx	не зараховано (Fx) – можливе повторне складання заліку	Незадовільно з можливістю повторного складання	Незадовільно – 2 (Fx)
0 - 34	F	не зараховано (F)	Недостатньо з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	Незадовільно – 1 (F)

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Тематичний план лекцій.

##### Модуль 1.

- 1. Тема 1. Вступ. Кінематика точки та твердого тіла.** Фізика та інші природничі науки і їх зв'язок, сучасна фізична картина світу. Предмет, завдання і методи фізики. Предмет і завдання механіки. Основні поняття механіки. Вектори. Дії з векторами. Система відліку та система координат. Перетворення координат. Миттєва швидкість та прискорення матеріальної точки. Рівняння руху матеріальної точки. Обертовий рух, доцентрове та тангенційне прискорення. Кутова швидкість як вектор. Види рухів та опис їх ступенями вільності.
- 2. Тема 2. Динаміка матеріальної точки та системи матеріальних точок.** Перший закон Ньютона. Інерціальні системи відліку. Маса і імпульс тіла. Другий закон Ньютона – диференціальне рівняння руху. Поняття сили. Третій закон Ньютона і його використання до розв'язування задач. “Абсолютний”, відносний і переносний рух. Принцип відносності Галілея. Перетворення Галілея. Система матеріальних точок. Диференціальне рівняння руху системи матеріальних точок. Центр мас. Замкнена система матеріальних точок. Збереження імпульсу у замкненій системі.
- 3. Тема 3. Елементи теорії відносності.** Постулати спеціальної теорії відносності. Перетворення Лоренца. Перетворення Галілея як граничний випадок перетворень Лоренца. Кінематичні наслідки з перетворень Лоренца: відносність одночасності і причинність, скорочення довжини рухомого тіла, сповільнення часу рухомого годинника, додавання релятивістських швидкостей. Інваріанти спеціальної теорії відносності. Експериментальне підтвердження сповільнення часу.
- 4. Тема 4. Неінерціальні системи відліку.** Неінерціальна система, що рухається поступально. Сила інерції. Невагомість. Принцип еквівалентності. Неінерціальні системи, що обертаються. Сила Коріоліса.
- 5. Тема 5. Робота сили. Енергія.** Робота зовнішньої сили та зміна кінетичної енергії. Сили взаємодії та потенціальна енергія. Система Земля – тіло. Зв'язок роботи зовнішньої сили з зміною кінетичної та потенціальної енергії. Консервативна система. Закон збереження механічної енергії в консервативній системі. Потенціальне поле. Диференціальний та інтегральний критерій потенціальності сил. Зіткнення. Визначення поняття зіткнення. Пружні і непружні зіткнення. Закони збереження при зіткненнях. Фізичні приклади пружних і непружних зіткнень. Зображення процесів зіткнення за допомогою діаграм. Релятивістська робота і енергія. Енергія зв'язку, дефект маси. Закон збереження енергії в релятивістському випадку.

##### Модуль 2.

- 6. Тема 1. Динаміка обертового руху матеріальної точки і твердого тіла.** Момент сили. Момент імпульсу. Види рухів і ступені вільності твердого тіла. Рівняння моментів для точки і твердого тіла. Закон збереження моменту імпульсу. Момент інерції матеріальної точки і твердого тіла, що обертаються навколо закріпленої осі. Шість рівнянь руху твердого тіла. Обчислення моменту інерції тіла відносно осі. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Кінетична енергія тіла, що обертається навколо осі. Робота при обертотому русі. Рух твердого тіла, закріпленого в точці. Гіроскоп. Прецесія та нутація гіроскопу. Використання гіроскопа.
- 7. Тема 2. Рух у гравітаційних полях.** Закон всесвітнього тяжіння. Маса інертна та маса тяжіння. Потенціальна енергія тяжіння. Закони Кеплера. II закон Кеплера – відображення центральності сил взаємодії планет з Сонцем. Рух планет і штучних супутників. Космічні швидкості. Поняття про фінітний і інфінітний рух. Гравітаційний радіус. Чорні діри.

8. **Тема 3. Рух в електричному і магнітному полях. Сила Лоренца.** Рівняння руху заряду в електромагнітному полі. Рух зарядженої частинки в постійному магнітному полі. Циклотронна частота. Поняття про мас-спектроскопію і інші методи дослідження питомого заряду. Магнітне фокусування. Дрейф заряджених частинок. Магнітні дзеркала. Радіаційні пояси Землі.
9. **Тема 4. Коливний рух та хвилі.** Гармонічні коливання. Приклади гармонічних коливань: коливання пружинного, математичного та фізичного маятників. Складання гармонічних коливань: фігури Лісажу та биття. Енергія гармонічних коливань. Згасання коливань. Рівняння руху для згасаючих коливань. Логарифмічний декремент згасання. Вимушені коливання. Рівняння руху при дії зовнішньої гармонічної сили. Залежність амплітуди коливань від частоти зовнішньої гармонічної сили. Резонанс. **Хвилі в суцільному середовищі.** Поняття суцільного середовища. Рівняння хвилі та хвильове рівняння. Звукові хвилі. Повздовжні і поперечні хвилі. Амплітуда, фаза, швидкість розповсюдження та швидкість коливання. Енергія хвилі. Розподіл деформацій у біжучій хвилі. Стояча хвиля. Ефект Допплера. Допплерівське червоне зміщення.
10. **Тема 5. Механіка рідин і газів та твердих тіл.** Закони гідростатики. Стаціонарна течія рідини (газу). Трубка течії. Рівняння нерозривності. Повна енергія потоку. Рівняння Бернуллі. Динамічний тиск. Течія по трубах, формула Пуазейля. Обтікання тіл, лобовий опір, підймальна сила, ефект Магнуса. Механічні властивості твердих тіл. Якісна і кількісна характеристика деформації. Закон Гука, модуль Юнга та модуль зсуву. Коефіцієнт Пуассона. Тензор деформації. Енергія пружних деформацій.

### Модуль 3.

11. **Тема 1. Предмет молекулярної фізики.** Атомарно-молекулярна будова речовини. Агрегатні стани. Динамічні та статистичні закономірності. Термодинамічний аналіз. Макро- і мікро-стани. Основні поняття теорії ймовірності: ймовірність, густина імовірності, середнє значення дискретної і неперервної змінної. Статистичний ансамбль. Ергодічна гіпотеза.
12. **Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів.** Броунівський рух. Формула Ейнштейна-Смолуховського для зміщення броунівської частинки. Модель ідеального газу. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенями вільності. Тиск ідеального газу на стінку посудини. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Молекулярно-кінетичний зміст температури. Рівняння Клапейрона-Менделєєва, газові закони.
13. **Тема 3. Кінематичні характеристики молекулярного руху.** Середня швидкість, середня частота зіткнень та середня довжина вільного пробігу, газокінетичний переріз зіткнень. Залежність довжини вільного пробігу від тиску і температури. Розподіл молекул за швидкостями – розподіл Максвела. Характерні швидкості розподілу. Барометрична формула. Розподіл Максвела-Больцмана. Дослідна перевірка розподілу Максвела.
14. **Тема 4. Явища переносу в ідеальних газах.** Фізична суть явищ переносу – дифузії, теплопровідності, внутрішнього тертя. Закони Фіка, Фур'є та Ньютона. Стаціонарна і нестационарна дифузія. Загальне рівняння для явищ переносу. Вираження коефіцієнтів переносу через величини, які характеризують молекулярний рух. Зв'язок між коефіцієнтами дифузії, теплопровідності і внутрішнього тертя. Теплопередача, дифузія і внутрішнє тертя в розріджених газах.

### Модуль 4. Змістовий модуль 1. Принципи термодинаміки.

15. **Тема 1. Перший принцип термодинаміки.** Термодинамічний метод. Рівноважні, нерівноважні та квазістаціонарні процеси. Внутрішня енергія, робота, кількість теплоти. Фізичний зміст першого принципу термодинаміки. Параметри та функції стану. Теплоємність. Теплоємність при ізохоричному і ізобаричному процесах. Рівняння Майєра. Теплоємність газу багатоатомних молекул. Недоліки класичної теорії теплоємності. Поняття про квантову теорію теплоємності.

16. **Тема 2. Процеси в ідеальних газах.** Ізопроцеси. Адіабатичний процес, рівняння адіабати (Пуасона). Політропічний процес, рівняння політропи. Застосування 1-го принципу термодинаміки для обчислення роботи, внутрішньої енергії та кількості теплоти при різних ізопроцесах.
17. **Тема 3. Другий принцип термодинаміки. Ентропія.** Оборотні і необоротні процеси. Цикли. Цикл Карно і його коефіцієнт корисної дії. Теорема Карно. Зведена теплота. Поняття ентропії. Різні формулювання 2-го принципу термодинаміки та їх еквівалентність. Екстенсивні та інтенсивні параметри термодинамічної системи. Розрахунок ентропії при різних оборотних процесах в ідеальних газах. Зв'язок ентропії і термодинамічної імовірності. Формула Больцмана. Поняття про третій принцип термодинаміки.

**Змістовий модуль 2. Реальні гази, рідини, тверді тіла.**

18. **Тема 4. Реальні гази. Рідини: властивості, процеси переносу, поверхневий натяг.** Відхилення поведінки газів від ідеальності. Конденсація. Насичена пара. Міжмолекулярна взаємодія як причина відхилення поведінки реальних газів від законів ідеальних газів. Природа міжмолекулярних сил. Рівняння стану реального газу (рівняння Ван-дер-Ваальса). Внутрішня енергія реального газу. Ефект Джоуля-Томсона. Рідини, їх загальні властивості та рух молекул в них. Моделі структури рідин. Особливості процесів переносу в рідинах. Формула Френкеля. Капілярні явища. Поверхневий натяг, причини його виникнення. Енергетичне і силове визначення коефіцієнта поверхневого натягу. Змочування. Тиск під викривленою поверхнею. Формула Лапласа.
19. **Тема 5. Теплові властивості твердих тіл.** Рух атомів у твердих тілах. Кристалічна ґратка. Домішки та дислокації. Елементи симетрії твердих тіл. Ґратки Браве. Теплове розширення. Ангармонізм коливань атомів кристалічної ґратки. Класична теорія теплоємності твердих тіл. Закон Дюлонга і Пті. Поняття про квантову теорію теплоємності: модель Ейнштейна, модель Дебая, залежність теплоємності від температури.
20. **Тема 6. Фазові рівноваги і фазові перетворення.** Поняття фази. Умова рівноваги фаз. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Випаровування, конденсація та кипіння. Сублімація. Плавлення та кристалізація. Метастабільні стани. Фазова діаграма. Потрійна точка. Поліморфізм. Фазові перетворення I і II роду. 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.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Індивідуальна робота на роботах студента	Самостійна робота студента
<b>1-семестр</b>						
<b>Модуль 1. Кінематика і динаміка матеріальної точки.</b>						
Тема 1. Кінематика матеріальної точки та твердого тіла.	9	2	2			5
Тема 2. Динаміка точки та системи матеріальних точок.	8	2	2			4
Тема 3. Елементи теорії відносності.	8	2	2			4
Тема 4. Неінерціальні системи відліку.	8	2	2			4
Тема 5. Робота сили. Енергія.	8	2	2			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	42	10	11			21
<b>Модуль 2. Динаміка твердого тіла. Рух у зовнішніх полях. Коливання та хвилі.</b>						
Тема 1. Динаміка обертового руху матеріальної точки і твердого тіла.	8	2	2			4
Тема 2. Рух у гравітаційних полях.	8	2	2			4
Тема 3. Рух в електричному і магнітному полях.	6	2				4
Тема 4. Коливний рух та хвилі.	11	4	2			5
Тема 5. Механіка рідин і газів та твердих тіл.	8	2	2			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	42	12	9			21
<b>Модуль 3. Молекулярно-кінетична теорія газів.</b>						
Тема 1. Предмет молекулярної фізики.	10	2	2			6
Тема 2. Молекулярно-кінетична теорія газів.	9	2	3			4
Тема 3. Кінематичні характеристики молекулярного руху.	10	2	2			6
Тема 4. Явища переносу в ідеальних газах.	10	2	2			6
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	40	8	10			22
<b>Модуль 4. Змістовий модуль 1. Принципи термодинаміки.</b>						
Тема 1. Перший принцип термодинаміки.	8	2	2			4
Тема 2. Процеси в ідеальних газах.	8	2	2			4
Тема 3. II-й і III-й принципи термодинаміки.	8	2	2			4
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль						
<b>Змістовий модуль 2. Реальні гази, рідини, тверді тіла.</b>						
Тема 4. Реальні гази. Рідини: властивості, процеси переносу, поверхневий натяг.	11	4	2			5
Тема 5. Теплові властивості твердих тіл.	8	2	2			4
Тема 6. Фазові рівноваги і фазові перетворення.	11	4	2			5
Модульна контрольна робота	1		1			
Разом за модуль	56	16	14			26
Разом за курс	180	46	44			90

### 6.3. Теми практичних занять

№ п/п	НАЗВА ТЕМИ	К-сть годин
1.	Кінематика Системи координат, вектори. Визначення рівнянь та параметрів руху матеріальної точки (шлях, швидкість, прискорення).	2
2.	Динаміка матеріальної точки. Закони Ньютона. Імпульс. Центр мас матеріальних точок.	2
3.	Елементи теорії відносності.	2
4.	Неінерціальні системи відліку	2
5.	Механічна робота, енергія. Закони збереження. Зіткнення.	2
	<b>Контрольна робота</b>	1
6.	Динаміка обертового руху. Момент сили та імпульсу. Момент інерції. Кінетична енергія обертового руху твердого тіла.	2
7.	Закони Кеплера. 1-а, 2-а космічні швидкості.	2
8.	Рівняння і параметри гармонічного коливання. Енергія коливань. Період (частота) і енергія маятників. Рівняння і параметри хвилі. Ефект Доплера.	2
9.	Закони гідростатики. Рівняння Бернуллі. Деформація твердих тіл. Закон Гука. Енергія пружної деформації.	2
	<b>Контрольна робота</b>	1
10.	Основні поняття теорії ймовірності. Функції розподілу. Атоми та молекули, їх розмір, кількість, та середні відстані.	2
11.	Питомі та молярні величини. Основне рівняння МКТ. Газові закони.	3
12.	Кінематичні характеристики молекулярного руху в газах. Розподіл Больцмана (барометрична формула). Розподіл Максвелла.	2
13.	Явища переносу: сила внутрішнього тертя, дифузія, теплопровідність.	2
	<b>Контрольна робота</b>	1
14.	Перший принцип термодинаміки: внутрішня енергія, робота, кількість теплоти. Теплоємність, рівняння Майера.	2
15.	Ізопроееси: розрахунок кількості теплоти, роботи і зміни внутрішньої енергії при ізопроеесах.	2
16.	Другий принцип термодинаміки. Цикли і їх коефіцієнт корисної дії. Розрахунок ентропії в ізопроеесах.	2
	<b>Контрольна робота</b>	1
17.	Ізотерма Ван-дер-Ваальса. Внутрішня енергія. Капілярні явища.	2
18.	Тверді тіла: теплове розширення, теплоємність, теплопровідність.	2
19.	Рівновага фаз: рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Розчини: концентрація.	2
	<b>Контрольна робота</b>	1
<b>Всього аудиторних годин</b>		<b>44</b>

## 6.4 Самостійна робота студента

№ теми	Тематика самостійної роботи	К-сть годин
1	2	3
1.	Сучасна фізична картина світу. Різні системи координат точки та перетворення їх координат із одної в іншу. Вектори та дії з векторами. Вивід формули доцентрового прискорення. Кінематика матеріальної точки та твердого тіла. Напрацювання розв'язку задач кінематики.	5
2.	Система матеріальних точок. Диференціальне рівняння руху системи матеріальних точок. Центр мас. Замкнена система матеріальних точок. Вивід закону збереження імпульсу у замкненій системі. Динаміка точки та системи матеріальних точок. Напрацювання розв'язку задач: центр мас, динаміка.	4
3.	Теорія відносності. Вивід формул перетворення Лоренца. 4-вимірний простір Мінковського. Експериментальне підтвердження сповільнення часу. Розв'язок задач.	4
4.	Неінерціальні системи відліку. Вивід формули для сили Кориоліса.	4
5.	Консервативна система. Робота і енергія. Вивід закону збереження механічної енергії у замкненій системі тіл. Зображення процесів зіткнення за допомогою діаграм. Релятивістська робота і енергія. Енергія зв'язку і дефект мас. Закон збереження енергії в релятивістському випадку.	4
6.	Обчислення моменту інерції тіл правильної форми відносно осі обертання. Розв'язок задач за теоремою Гюйгенса-Штейнера. Кінетична енергія тіла, що обертається навколо осі. Гіроскоп. Прецесія та нутація гіроскопу. Використання гіроскопа.	4
7.	Доведення 3-х законів Кеплера. Гравітаційний радіус. Чорні діри. Причина відхилення від законів Кеплера. Задачі: 1-а і 2-а	4
8.	Рух в електричному і магнітному полі. Мас-спектроскопія і інші методи дослідження питомого заряду. Магнітне фокусування. Дрейф заряджених частинок. Магнітні дзеркала. Радіаційні пояси Землі.	4
9.	Вивід формули періоду коливань фізичного маятника. Додавання гармонічних коливань: фігури Лісажу та биття. Хвилі, хвильове рівняння. Енергія хвилі. Розподіл деформацій у біжучій хвилі. Стояча хвиля. Вивід формул ефекту Доплера. Допплерівське червоне зміщення.	5
10.	Вивід рівняння Бернуллі і формули Пуазейля. Ефект Магнуса. Якісна і кількісна характеристика деформації. Коефіцієнт Пуассона. Тензор деформації. Задачі на закон Гука.	4
11.	Елементи теорії ймовірності: ймовірність, густина ймовірності, середнє значення дискретної і неперервної змінної. Самостійний розв'язок задач.	6
12.	Вивід формули Ейнштейна-Смолуховського і основного рівняння МКТ. Рівняння Клапейрона-Менделєєва і газові закони. Розв'язок задач.	4
13.	Молекулярний рух: залежність довжини вільного пробігу від тиску і температури. Розподіли, Больцмана, Максвелла. Досліди Ламерта і штерна. Самостійний розв'язок задач.	6
14.	Закони Фіка, Фур'є та Ньютона. Самостійний розв'язок задач. Теплопередача, дифузія і внутрішнє тертя в розріджених газах.	6

1	2	3
15.	I-й принцип Термодинаміки. Теплоємність при ізохоричному і ізобаричному процесах. Рівняння Майєра. Теплоємність газу багатоатомних молекул. Поняття про квантову теорію теплоємності.	4
16.	Задачі: застосування 1-го принципу термодинаміки для обчислення роботи, внутрішньої енергії та кількості теплоти при різних ізопроцесах.	4
17.	II-й і III-й принципи термодинаміки. Цикл Карно і його коефіцієнт корисної дії. Теореми Карно. Поняття ентропії. Екстенсивні та інтенсивні параметри термодинамічної системи. Розрахунок ентропії при різних оборотних процесах в ідеальних газах. Зв'язок ентропії і термодинамічної імовірності. Формула Больцмана. Самостійний розв'язок задач.	4
18.	Реальні гази: природа міжмолекулярних сил. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Ефект Джоуля-Томсона. Моделі структури рідин. Особливості процесів переносу в рідинах. Формула Френкеля. Визначення коефіцієнта поверхневого натягу. Формула Лапласа. Самостійний розв'язок задач.	5
19.	Тверді тіла, ґратки Браве, елементи симетрії. Теплове розширення тіл. Теплоємність, її залежність від температури. Поняття про квантову теорію теплоємності: модель Ейнштейна, модель Дебая.	4
20.	Умова рівноваги фаз. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми. Фазові перетворення I і II роду. Розчини: класифікація і властивості, теплота розчинення. Діаграми стану бінарних сумішей. Закони Рауля. Закон Генрі. Осмотичний тиск і закон Вант-Гоффа.	5
<b>Всього:</b>		<b>90</b>

Загальна кількість балів за 4 модулі становить 400 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 4.

### **Організація самостійної і 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 по вивченню дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі, де наявне повне методичне забезпечення даного курсу. Для контролю за самостійною роботою з лекційного курсу передбачено колоквиуми, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження.

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; виявити спільне, що об'єднує тему, з якої 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, так як стимулює розвиток логічного і творчого мислення, виробляє навички практичного застосування одержаних знань.

Розв'язок задач потрібно починати з якісного аналізу, з в'яснення 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. Потрібно перевіряти правильність розв'язку в загальному вигляді, 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, межі його застосування, а також встановити, як можна ускладнити задачу і намітити шляхи її розв'язку.

При розв'язку задач рекомендується користуватися такими правилами, що впливають із вищевказаного.

1. Записати умову задачі (повністю або скорочено).

2. Зробити аналіз задачі:

- що є об'єктом вивчення;
- які об'єкти і теми може охоплювати задача у процесі розв'язку;
- які величини визначають його;
- який напрямок фізичного процесу;
- яка послідовність визначення необхідних для кінцевого розв'язку величин;
- записати необхідні початкові формули фізичних законів.

3. При можливості зробити рисунок.

4. Розв'язати задачу у загальному випадку.

5. Перевірити розв'язок задачі за розмінностями фізичних одиниць, що входять у формулу.

6. Виразити значення фізичних величин, даних в умові задачі, в одній системі одиниць.

7. Обчислити значення шуканої величини й оцінити його реальність.

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.

## 6.5. ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

(перелік теоретичних питань, які виносяться на підсумкові модульні контролі і екзамен)

1. Елементарне переміщення. Миттєва швидкість та прискорення матеріальної точки.
2. Рівняння руху матеріальної точки. Розглянути приклад рівномірно прискореного прямолінійного руху.
3. Обертаний рух. Доцентрове та тангенційне прискорення. Повне прискорення.
4. Кутова швидкість як вектор. Зв'язок між лінійною та кутовою швидкістю.
5. Інерціальні системи відліку. Принцип відносності Галілея. Перший закон Ньютона.
6. Маса і імпульс тіла. Другий закон Ньютона – диференціальне рівняння руху. Принцип незалежності дії сил (принцип парності взаємодії).
7. Третій закон Ньютона. Вага і сила тяжіння. Невагомість. Проілюструвати на прикладі.
8. Обертання точки навколо закріпленої осі. Момент сили. Момент кількості руху. Рівняння моментів. Момент інерції матеріальної точки.
9. Диференціальне рівняння руху системи матеріальних точок. Центр мас.
10. Результуюча зовнішня сила у системі матеріальних точок. Закрита система матеріальних точок. Збереження імпульсу в замкнутій системі.
11. Поняття роботи. Елементарна робота. Миттєва потужність. Середня потужність.
12. Потенціальна енергія деформованої пружини.
13. Зв'язок зміни кінетичної енергії з роботою зовнішньої сили.
14. Закон збереження моменту імпульсу. Рівність 0 моменту центральної сили.
15. Перетворення Галілея. “Абсолютний”, відносний та переносний рухи. “Абсолютна”, відносна та переносна швидкість. Перетворення Галілея та інваріантність законів Ньютона.
16. Перетворення Лоренца. Перетворення Галілея як граничний наслідок перетворень Лоренца.
17. Вивід формули Ейнштейна для енергії. Дефект мас та енергія зв'язку. Закон збереження енергії у релятивістському випадку.
18. Закон всесвітнього тяжіння. Маса інертна, маса тяжіння. Гравітаційна стала та її визначення Кавендишем.
19. Потенціальне поле. Потенціальна енергія тяжіння.
20. Закони Кеплера. Вивід другого закону Кеплера.
21. Перша та друга космічні швидкості. Вивід відповідних формул.
22. Пружні і непружні зіткнення. Закони збереження при цих типах зіткнень. Центральний удар.
23. Шість рівнянь руху твердого тіла.
24. Теорема Гюйгенса-Штейнера.
25. Кінетична енергія плоского руху.
26. Означення гармонічного коливання та фізичні приклади гармонічних коливань гармонічний осцилятор, математичний маятник, фізичний маятник. Енергія гармонічних коливань.
27. Вимушені коливання під дією гармонічної сили. Резонанс.
28. Хвилі в суцільному середовищі. Повздовжні і поперечні хвилі. Амплітуда, фаза, швидкість розповсюдження та швидкість коливання. Хвильове рівняння. Стояча хвиля.
29. Ефект Доплера.
30. Атомарно-молекулярна будова речовини. Агрегатні стани. Динамічні та статистичні закономірності. Макро- і мікростани.
31. Модель ідеального газу. Тиск ідеального газу на стінку посудини. Теорема про рівномірний розподіл енергії за ступенем вільності.
32. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії. Молекулярно-кінетичний зміст температури. Рівняння Клапейрона-Менделєєва.
33. Газові закони, закон Авогадро та закон Дальтона.
34. Барометрична формула. Розподіл Больцмана.
35. Характерні швидкості розподілу Максвелла, їх залежність від маси молекули і температури газу.

36. Кінематичні характеристики молекулярного руху: середня швидкість, середня частота зіткнень та середня довжина вільного пробігу. Поперечний газокінетичний переріз.
37. Залежність частоти зіткнень і довжини вільного пробігу молекул від тиску і температури.
38. Внутрішня енергія одноатомного та багатоатомного ідеального газу.
39. Робота газу та робота над газом. Кількість теплоти. Перший принцип термодинаміки.
40. Теплоємність при ізохоричному та ізобаричному процесах. Рівняння Майєра.
41. Адіабатичний процес. Рівняння Пуассона.
42. Явище переносу: дифузія, теплопровідність, в'язкість і відповідні закони.
43. Стаціонарна дифузія. Вивід формули для коефіцієнта дифузії. Залежність його від тиску і температури.
44. Вивід формули для коефіцієнта теплопровідності та в'язкості.
45. Оборотні і необоротні процеси. Цикл Карно і його коефіцієнт корисної дії.
46. Теореми Карно.
47. Зведена теплота. Поняття ентропії.
48. Різні формулювання другого принципу термодинаміки та їх еквівалентність. Внутрішні та зовнішні параметри термодинамічної системи. Місце ентропії серед цих параметрів.
49. Розрахунок ентропії при різних оборотних процесах в ідеальних газах.
50. Зв'язок ентропії і термодинамічної імовірності. Формула Больцмана.
51. Рівняння та ізотерма Ван-дер-Ваальса. Критичний стан. Внутрішня енергія реального газу.
52. Ефект Джоуля-Томсона. Поняття про ентальпію.
53. Рівняння Бернуллі. Формула Торічеллі.
54. Обтікання і лобовий опір. Підймальна сила.
55. Поверхневий натяг. Силowe та енергетичне визначення коефіцієнта поверхневого натягу. Поняття про вільну енергію.
56. Тиск під вигнутою поверхнею. Формула Лапласа.
57. Явище на границі розділу. Змочування. Створення меніску. Капілярні явища.
58. Теплове розширення. Ангармонізм коливань кристалічної ґратки.
59. Теплоємність твердих тілах. Закон Дюлонга-Пті.
60. Температурна залежність теплоємності твердих тіл. Поняття про квантову теорію теплоємності: модель Ейнштейна, модель Дебая.
61. Плавлення та кристалізація кристалічних та аморфних тіл. Метастабільні стани. Поліморфізм.
62. Поняття фази. Фазова рівновага та фазові перетворення. Потрійна точка.
63. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса.
64. Фазові перетворення першого та другого роду.
65. Розчини та розчинність. Залежність розчинності від температури.
66. Кипіння рідких розчинів. Діаграми стану бінарних сумішей.
67. Закони Рауля. Закон Генрі.
68. Осмотичний тиск. Закон Вант-Гоффа.

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Лекційні демонстраційні досліди (біля 40 )

Технічні засоби навчання; мультимедійний проектор, персональний комп'ютер

Плакати (біля 50)

Дистанційна платформа Moodle

## 8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Бушок Г.Ф., Венгер Є.Ф. Курс фізики. Кн.1. 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. Жихарев В.М., Ковач Є.Т. Механіка (конспект лекцій з курсу загальної фізики). Навчальний посібник. – Ужгород, вид-во "ФОП Бреза А.Е", 2012. – 195 с.
4. Жихарев В.М., Ковач Є.Т., Різак В.М., Різак І.М. Механіка у прикладах і задачах. Посібник для фізичних факультетів вищих навчальних закладів. – Ужгород, вид-во "Мистецька лінія", 2004. – 272 с.
5. Жихарев В.М. Молекулярно-кінетична теорія ідеального газу. Навчально-методичні матеріали до курсу лекцій. Ужгород, вид-во "ФОП Сабов А.М.", 2017. – 104 с.
6. Горват А.А., Височанський Ю.М. Методика розв'язування задач. Молекулярна фізика і термодинаміка. Навчальний посібник. Ужгород, вид-во «ІВА», 2006 – 183 с.
7. Горват А.А., Жихарев В.М. Молекулярна фізика і термодинаміка. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. – Ужгород, вид-во "Говерла", 2011. – 224 с.

### Допоміжна література

1. Загальна фізика. Збірник задач. За ред. Горбачука І.Т. – К.: Вища школа, 1993. – 359 с.
2. Lea S., Burke J. Physics: the nature of things. –West Publishing Company. USA, 1997. 1199р.
3. Загальна фізика. Збірник задач. За ред. Горбачука І.Т. –К.:Вища школа, 1993. –359 с.
4. Курс фізики : навч. посіб. для студ. вузів: у 3 ч. Ч. 1 : Механіка. Молекулярна фізика та термодинаміка Чернівці : ЧНУ.– 2007.– 448 с.
5. Чолпан П.П. Фізика: Підручник.- Вища школа: 2003 р - 567 с

### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

- <http://www.nbuv.gov.ua> (Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського).
- <http://www.lib.uzhnu.edu.ua/> (Наукова бібліотека УжНУ).
- <http://4uth.gov.ua/> (Державна бібліотека України для юнацтва).
- <https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf> (М.О. Вакуленко , О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник).
- <https://www.unian.ua/science> (Новини науки і технологій).

## Результати перегляду

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

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

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

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

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

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

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

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