

## **Змістова частина (контент) програми дисципліни «Фізика»**

### **Фізичні основи механіки**

1. Предмет механіки. Класична, релятивістська та квантова механіки. Сучасні уявлення про простір та час. Поняття про механічний рух. Системи відліку. Кінематика матеріальної точки. Переміщення, шлях. Швидкість середня та миттєва швидкість. Прискорення, нормальне та тангенціальне прискорення. Кінематика абсолютно твердого тіла. Поступальний, обертальний та плоский рухи. Кутові швидкість та прискорення, їхній зв'язок з лінійними величинами.

2. Динаміка матеріальної точки. Поняття маси, імпульсу і сили. Закони Ньютона. Сили в механіці: пружності, тертя, тяжіння. Закон всесвітнього тяжіння. Вага тіла. Поняття про невагомість.

3. Закони збереження. Замкнені системи відліку. Закон збереження та зміни імпульсу матеріальної точки та системи матеріальних точок. Теорема про рух центра мас. Реактивний рух. Робота сили. Потужність. Консервативні сили. Кінетична і потенціальна енергія матеріальної точки та системи матеріальних точок. Закон збереження механічної енергії системи. Зіткнення тіл. Абсолютно пружний та непружний удари. Момент імпульсу і момент сили. Рівняння моментів. Закон збереження моменту імпульсу.

4. Динаміка твердого тіла, яке має нерухому вісь обертання. Момент інерції матеріальної точки та абсолютно твердого тіла відносно осі. Момент імпульсу твердого тіла відносно осі. Рівняння моментів. Рівняння руху твердого тіла, яке має нерухому вісь обертання.

5. Основи механіки тіл, що деформуються. Види деформацій і їх кількісна характеристика. Закон Гука. Модулі пружності. Енергія пружних деформацій.

6. Елементи гідростатики та гідродинаміки. Закон Паскаля. Стисливість рідин і газів. Основне рівняння гідростатики. Розподіл тиску в нерухомій рідині (газі) в полі сили тяжіння. Барометрична формула. Закон Архімеда. Умови плавання тіл. Стаціонарна течія рідини. Лінії та трубки струму. Рівняння Бернуллі. Лобовий опір при обтіканні тіл. Циркуляція. Підйомна сила крила.

7. Елементи спеціальної теорії відносності. Принцип відносності в класичній механіці. Перетворення Галілея. Закон додавання швидкостей в механіці Ньютона-Галілея. Поняття про інваріанти перетворень Галілея. Постулати Ейнштейна. Перетворення Лоренца. Релятивістський закон додавання швидкостей. Відносність довжин та проміжків часу. Інтервал між подіями, його інваріантність. Маса та імпульс релятивістської частинки. Кінетична, власна та повна енергія релятивістської частинки. Співвідношення між масою та енергією.

### **Електрика і магнетизм**

1. Загальні відомості про електростатичне поле; електростатичне поле у вакуумі. Електричний заряд, його дискретність. Закон збереження заряду. Закон Кулона. Електростатичне поле, його напруженість. Принцип суперпозиції. Графічне зображення електростатичного поля. Потік вектора напруженості електричного поля. Теорема Гауса для вектора напруженості електростатичного поля та її застосування. Робота переміщення заряду в електростатичному полі. Циркуляція вектора напруженості електростатичного поля. Потенціал електростатичного поля. Еквіпотенціальні поверхні. Зв'язок напруженості поля з потенціалом. Енергія системи електричних зарядів. Об'ємна густина енергії електростатичного поля.

2. Електростатичне поле в речовині. Електричне поле в діелектриках. Поляризація діелектриків. Поляризованість. Сегнетоелектрики. П'єзоелектричний ефект, його застосування. Провідники в електростатичному полі. Електростатичний захист. Електроємність провідника та конденсатора.

3. Постійний електричний струм. Сила та густина струму. Електричне поле постійного струму. Сторонні сили. Електрорушійна сила та напруга. Закон Ома в інтегральній та диференціальній формах. Електричний опір. Питома електропровідність речовини. Закон Ома для замкненого ко-

ла. Розгалужені кола. Правила Кірхгофа . Робота та потужність струму. Закон Джоуля-Ленца в інтегральній та диференціальній формі.

4. Стале магнітне поле у вакуумі. Магнітне поле заряду, який рухається. Магнітне поле, його релятивістське походження. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа для елемента струму та його застосування для розрахунку полів найпростіших конфігурацій струмів. Поле прямого та колового струмів. Потік вектора магнітної індукції. Циркуляція вектора магнітної індукції. Вихровий характер магнітного поля. Магнітне поле соленоїда. Теорема Гауса для вектора магнітної індукції.

5. Дія магнітного поля на рухомі заряди і провідник зі струмом. Закон Ампера. Контур зі струмом в магнітному полі. Магнітний момент контура зі струмом. Принцип роботи електродвигуна. Сила Лоренца. Рух заряджених частинок у магнітному полі. Ефект Холла, його застосування. Робота, що здійснюється під час переміщення провідника і контура зі струмом у магнітному полі.

6. Магнітне поле в речовині.. Поняття про молекулярні токи. Класифікація магнетиків. Напруженість магнітного поля, намагніченість. Неспроможність класичного пояснення магнітних властивостей речовини. Феромагнетики. Доменна структура. Гістерезис намагнічування. Застосування феромагнетиків.

7. Явище електромагнітної індукції. Досліди Фарадея, ЕРС індукції, правило Ленца. Струми Фуко. Генератори електричного струму. Механізми виникнення ЕРС індукції; вихрове електричне поле. Явище самоіндукції, індуктивність; індуктивність довгого соленоїду. Поняття про взаємну індукцію. Трансформатори. Енергія магнітного поля. Об'ємна густина енергії магнітного поля.

8. Елементи теорії Максвелла для електромагнітного поля. Струм зсуву. Відносний характер електричного і магнітного полів; електромагнітне поле. З Рівняння Максвелла в інтегральній формі як повна система рівнянь класичної електродинаміки.

## **Коливання і хвилі**

1. Коливальний рух. Вільні коливання систем з однією ступеню вільності. Гармонічні коливання. Поняття про гармонічний осцилятор. Диференціальне рівняння власних коливань гармонічного осцилятора та його розв'язок. Пружинний, математичний та фізичний маятники. Електричний коливальний контур у відсутності активного опору. Енергія гармонічних коливань. Перетворення енергії в процесі коливань.

2. Згасаючі механічні та електромагнітні коливання, коефіцієнт згасання, логарифмічний декремент, добротність. Аперіодичні процеси. Вимушені коливання, диференціальне рівняння вимушених коливань (механічних та електромагнітних), його розв'язання. Амплітуда та фаза вимушених коливань. Резонанс, його застосування в науці і техніці. Принцип роботи генератора незгасаючих електромагнітних коливань. Додавання гармонічних коливань;. Додавання коливань одного напрямку. Биття. Додавання взаємно перпендикулярних коливань. Фігури Ліссажу.

3. Змінний електричний струм. Добування змінного струму. Діючі значення сили і напруги змінного струму. Зсув фаз між струмом і напругою. Коло змінного струму з опором, індуктивністю і ємністю. Резонанс напруг. Резонанс струмів. Робота і потужність змінного струму. Трансформація змінного струму. Трансформатор.

4. Хвилі у суцільному середовищі та елементи акустики. Механізм утворення механічних хвиль у пружному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі. Біжучі хвилі. Хвильова поверхня, фронт хвилі, довжина хвилі, фазова швидкість. Плоскі та сферичні хвилі. Рівняння біжучої хвилі, хвильове рівняння. Енергія пружної хвилі. Потік енергії. Поширення хвиль у середовищах з дисперсією. Поняття про хвильовий пакет і групова швидкість. Принцип суперпозиції.. Інтерференція монохроматичних хвиль, когерентність. Відбивання та заломлення хвиль. Стоячі хвилі. Вузли та пучності. Власні частоти коливань обмеженого середовища – стрижня, струни. стовпа газу. Елементи акустики. Характеристики звукових хвиль. Ультразвук та його використання. Заломлення та відбивання звукових хвиль.

5. Електромагнітної хвилі. Рівняння Максвелла у відсутності електричних зарядів і струмів провідності; електромагнітні хвилі, швидкість їх поширення в діелектрику. Вектор Пойнтінга. Диференціальне рівняння електромагнітної хвилі, її енергія. Випромінювання і прийом електромагнітних хвиль. Шкала електромагнітних хвиль, їх основні властивості. Застосування електромагнітних хвиль різного діапазону.

### **Хвильова та квантова оптика**

1. Загальні відомості про світлові хвилі. Короткий огляд розвитку уявлень про природу світла. Світлові хвилі, світловий вектор, оптична довжина шляху. Когерентність та монохроматичність світлових хвиль.

2. Інтерференція світла. Методи спостереження інтерференції світла. Інтерференція світла від двох лінійних джерел. Інтерференція світла у тонких плівках. Застосування інтерференції світла.

3. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракція Френеля на круглому отворі та диску. Дифракція Фраунгофера на щілині та дифракційних ґратках; дифракційні ґратки як спектральний прилад. Поняття про роздільну здатність оптичних приладів. Уявлення про голографію.

4. Геометрична оптика. Геометрична оптика – граничний випадок хвильової оптики. Відбивання світла від плоских і сферичних поверхонь. Дзеркала. Заломлення світла на плоских поверхнях. Призма. Заломлення світла на сферичній поверхні. Лінза. Оптичні прилади: фотоапарат, проєкційний апарат, лупа, мікроскоп, телескоп.

5. Поляризація та дисперсія світла.. Природне та поляризоване світло, частково поляризоване світло, ступінь поляризації світла; види поляризації світла. Поляризація світла при відбитті та заломленні. Подвійне променезаломлення в кристалах; фізична природа подвійного променезаломлення. Поляризаційні призми та поляроїди. Закон Малюса. Застосування поляризованого світла в науці і техніці. Дисперсія світла. Поняття про електронну теорію дисперсії. Дисперсія і поглинання.

6.. Теплове випромінювання і його особливості. Абсолютно чорне тіло; закон Кірхгофа. Неспроможність класичної теорії теплового випромінювання. Квантова гіпотеза та формула Планка для розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла. Закон Стефана-Больцмана; закон зміщення Віна. Оптична пірометрія. Теплові джерела світла.

7. Деякі квантово-оптичні явища Зовнішній фотоэффект, його експериментальні закономірності. Неспроможність класичного пояснення фотоэффекту. Рівняння Ейнштейна. Корпускулярні і хвильові властивості світла. Подвійна природа світла. Фотони , їх енергія, маса та імпульс. Розсіювання електромагнітного випромінювання на вільних зарядах. Ефект Комптона. Рентгенівське випромінювання; суцільний та характеристичний рентгенівський спектри. Короткохвильова межа рентгенівського спектра. Одержання та застосування рентгенівських променів.

### **Основні поняття квантової механіки. Фізика атома.**

1. Елементи квантової механіки Гіпотеза де-Бройля. Хвильові властивості частинок. Досліди Девиссона-Джермера. Хвилі де-Бройля. 5 Співвідношення невизначеностей Гейзенберга. Межі застосування класичної механіки. Хвильова функція та її фізичний зміст. Рівняння Шредінгера.

2. Найпростіші задачі квантової механіки Проходження мікрочастинок через потенціальний бар'єр. Тунельний ефект. Принцип дії тунельного мікроскопа. Мікрочастинка в одновимірній прямокутній нескінченно глибокій потенціальній ямі. Квантування енергії як спосіб відбору енергії стаціонарних станів квантової системи. Нульова енергія частинки.

3. Будова атома за Резерфордом-Бором Постулати Бора і експериментальне підтвердження їх. Спектральний аналіз і його використання. Сучасні уявлення про будову атома водню. Атоми з декількома електронами. Принцип Паулі. Середовище з інверсною заселеністю енергетичних рівнів Спонтанне та вимушене випромінювання. Принцип дії лазерів.

## Молекулярна фізика і термодинаміка.

1. Елементи класичної статистики. Статистичний та термодинамічний методи дослідження макроскопічної системи, зв'язок між ними. Термодинамічна рівновага. Поняття про рівняння стану речовини. Поняття про функцію розподілу випадкової величини. Розподіл молекул ідеального газу за швидкостями у стані термодинамічної рівноваги. Швидкості молекул ідеального газу. Середня кінетична енергія поступального руху молекул ідеального газу, її залежність від температури. Молекулярно-кінетичне тлумачення температури в класичній статистиці. Кількість степенів вільності молекули. Закон рівномірного розподілу енергії молекул за ступенями вільності та його обмеженість. Середня кінетична енергія багатоатомних молекул. Рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу для тиску та наслідки з нього. Розподіл Больцмана та його застосування. Зіткнення молекул та середня довжина вільного пробігу молекул. Поняття про вакуум.

2. Основи термодинаміки. Поняття про оборотні та необоротні процеси. Функції процесу та функції стану. Внутрішня енергія термодинамічної системи як функція її стану; внутрішня енергія ідеального газу. Тепло та способи її передачі. Робота, що здійснюється термодинамічною системою при зміні її об'єму. Перший закон термодинаміки і його застосування до ідеального газу. Класична теорія теплоємностей ідеального газу та її обмеженість. Адіабатичний процес. Рівняння адіабати ідеального газу. Поняття про політропні процеси. Розрахунок роботи і кількості теплоти, що одержує ідеальний газ у різних ізопроцесах. Термодинамічні цикли та їх ККД; цикл Карно, ідеальний цикл Карно та його ККД, теорема Карно. Принцип дії теплової машини. Другий закон термодинаміки. Поняття про ентропію. Другий закон термодинаміки як закон зростання ентропії; необоротність реальних процесів у природі.

3. Елементи фізичної кінетики. Процеси переносу. Процеси переносу як необоротні процеси. Явища дифузії, теплопровідності та внутрішнього тертя. Рівняння Фіка, Фур'є і Ньютона. Молекулярно-кінетична теорія явищ переносу. Коефіцієнти переносу, їх аналіз. 6 Тема 4. Агрегатні стани. Фазова рівновага та фазові перетворення. Міжмолекулярна взаємодія. Відхилення властивостей реальних газів від ідеальних. Рівняння стану реального газу. Критичний стан речовини. Насичена та ненасичена пара. Вологість повітря. Будова та властивості рідин. Поверхневий натяг, змочування, капілярність. Особливості твердого стану речовини. Дефекти в кристалах і механічні властивості твердих тіл. Фази та фазові перетворення. Поняття про фазові переходи першого та другого роду. Рівняння Клайперона-Клаузіуса.

## Елементи фізики атомів, твердих тіл та атомного ядра

1. Елементи зонної теорії твердих тіл і фізики напівпровідників. Розщеплення енергетичних рівнів валентних електронів в ізольованих атомах при утворенні кристалічних ґраток і виникнення енергетичних зон. Поділ твердих тіл на провідники, діелектрики та напівпровідники із зонної точки зору. Власні напівпровідники, залежність їх електропровідності від температури. Домішкові напівпровідники, донорні та акцепторні рівні. Електрони та дірки, напівпровідники р - та n - типу. Вентильні властивості контакту напівпровідників р- та n- типу. Подвійний електричний шар (р - n — перехід). Напівпровідникові діоди, транзистори. Підсилювач на транзисторі. Інтегральні схеми. Світлодіоди. Напівпровідникові лазери. Фотодіоди. Роль процесів рекомбінації. Внутрішній фотоефект та його застосування.

2. Елементи квантової статистики. Поняття про квантову статистику; статистика Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна; принцип Паулі. Квантові функції розподілу. Ідеальний газ Фермі при  $T = 0$ ; енергія (рівень) Фермі. Зміна квантової функції розподілу Фермі при підвищенні температури; температура Фермі та її фізичний зміст. Електронний газ у металі як об'єкт застосування статистики Фермі - Дірака.

3. Склад, енергія зв'язку ядра та статичні характеристики атомних ядер. Експериментальні факти, що свідчать про складну структуру атомного ядра, його склад; нуклонна модель атомного ядра. Основні статичні характеристики ядер: маса, розмір, заряд і магнітний момент; масове та зарядове число атомного ядра. Дефект маси та енергія зв'язку ядра, стабільність атомних ядер.

Ядерні сили, як прояв сильної взаємодії між нуклонами. Поняття про ядерні моделі; модель рідкої каплі.

4. Ядерні реакції. Радіоактивність. Ядерні реакції, їх класифікація. Поріг та енергія реакції. Закони збереження в ядерних реакціях. Радіоактивність. Закон радіоактивного розпаду. Альфа- та бета-розпади, їх механізми, походження гамма-випромінювання. Штучна радіоактивність, її види. Одержання та використання радіоактивних нуклідів.

5. Елементи дозиметрії та фізичні основи ядерної енергетики. Активність нукліда, одиниці її вимірювання. Методи реєстрації радіоактивного випромінювання. Дозиметри. Взаємодія іонізуючого випромінювання (альфа-, бета-, гамма- та нейтронів) з речовиною. Закон поглинання. Дія іонізуючого випромінювання на біологічні об'єкти, доза та потужність дози випромінювання. Ланцюгова реакція поділу ядер. Будова та робота ядерного реактора. Реактори-бридери. Продукти поділу ядерного пального. Переваги та вади ядерної енергетики. Реакції синтезу атомних ядер. Проблема керованої реакції синтезу.

6. Фундаментальні частинки і взаємодії; сучасна фізична картина світу. Фундаментальні взаємодії. Лептони та кварки; калібрувальні бозони. Адрони; кваркова структура адронів. Адронні родини. Речовина та поле. Атом, ядро, нуклони та кварки. Уявлення про сучасні проблеми фізики та астрофізики. Фізика та екологія.

*Примітка.* Програма розрахована на викладання фізики протягом трьох семестрів. В інших випадках програма відповідно скорочується.

## Рекомендована література

1. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцік П.П. Загальний курс фізики, – Київ. Техніка. – 1999-2000, т.1, 2, 3.
2. Курс фізики (під редакцією Лопатинського І.Є.). – Львів. – ”Бескід Біг”. – 2002.
3. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф.. Курс фізики. У 2 кн.: Кн.1. Фізичні основи механіки. Електрика і магнетизм. – К.:«Либідь», 2001. – 448с. Бушок Г.Ф., Венгер Е.Ф. Курс фізики. Кн.2. Оптика. Фізика атома і атомного ядра. Молекулярна фізика і термодинаміка. К. «Либідь»2001. – 422 с.
4. В.Г. Бар'яхтар, І.В. Бар'яхтар, Л.П.Гармаш. Механіка. Київ. Наукова думка. 2011.- 350 с.
5. Гаркуша І.П., Горбачук І.Т., Курінний В.П. та ін. Загальний курс фізики: Збірник задач – К.: «Техніка», 2004,– 560 с.
6. Гаркуша І.П., Курінний В.П. Фізика. Навчальний посібник у 7 частинах. НТУ «ДП», 2018 – 2022.  
Ч. 1. Механіка.  
Ч. 2. Молекулярна фізика і термодинаміка.  
Ч. 3. Електрика і магнетизм.  
Ч. 4. Коливання і хвилі.  
Ч. 5. Хвильова оптика.  
Ч.:6. Квантова фізика.  
Ч. 7. Фізика атомного ядра і елементарних частинок..
7. Гаркуша І.П., Курінний В.П., Мостіпан Л.Ф. Фізика. Навчальний посібник для самостійної роботи студентів. – Дніпропетровськ: НГУ. 2011.
8. Гаркуша І.П., Мокляк З.П., Буслов Ю.О. Фізика. Задачі з розв'язаннями. – Дніпропетровськ. НГУ.2003.
9. Гаркуша І.П. Елементи фізики напівпровідників: навч. посіб: - Д.: Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 2022. – 80 с.
10. Певзнер М.Ш. Основи теорії відносності: навч. посіб. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. 134 с.