

## Програма навчальної дисципліни

### Змістовий модуль 1.

#### Фізичні основи механіки

**Тема 1. Вступ до механіки.** Предмет механіки. Класична, релятивістська та квантова механіки. Сучасні уявлення про простір та час. Поняття про механічний рух. Системи відліку.

**Тема 2. Елементи кінематики.** Кінематика матеріальної точки. Переміщення, шлях. Швидкість як похідна від радіус-вектора за часом. Середня, середня шляхова та миттєва швидкості. Прискорення як друга похідна радіус-вектора за часом. Нормальна та тангенціальна складові прискорення. Кінематика абсолютно твердого тіла. Поступальний та обертальний рухи. Кутові швидкість та прискорення, їхній зв'язок з лінійними величинами.

**Тема 3. Динаміка матеріальної точки та поступального руху твердого тіла. Сили в механіці.** Перший закон Ньютона та інерціальні системи відліку. Маса, імпульс, сила. Основна задача класичної механіки. Другий закон Ньютона як рівняння руху. Сила як похідна від імпульсу точки. Третій закон Ньютона. Система матеріальних точок. Центр інерції. Теорема про рух центру інерції. Сили в механіці. Сила пружності, закон Гука. Сили тертя. Сили тяжіння; закон всесвітнього тяжіння. Сила Архімеда Вага тіла. Поняття про невагомість.

**Тема 4. Динаміка твердого тіла, яке має нерухому вісь обертання.** Момент інерції матеріальної точки та абсолютно твердого тіла відносно осі. Момент сили та момент імпульсу частинки відносно точки. Момент сили та імпульсу твердого тіла відносно осі. Рівняння моментів. Рівняння руху твердого тіла, яке має нерухому вісь обертання. Момент сили як похідна моменту імпульсу тіла. Поняття про гіроскоп та гіроскопічний ефект.

**Тема 5. Робота, потужність та енергія.** Робота змінної сили, графічне зображення роботи. Робота сил пружності, тяжіння і тертя. Потужність. Енергія як загальна міра руху та взаємодії, механічна енергія. Кінетична енергія частинки та системи частинок. Кінетична енергія твердого тіла, яке має нерухому вісь обертання, та плоского руху. Поняття про консервативні сили та консервативні системи. Потенціальна енергія консервативної системи. Потенціальна енергія стиснутої пружини та частинки в полі тяжіння.. Повна механічна енергія.

**Тема 6. Закони збереження.** Закони збереження і розв'язок основної задачі механіки. Закон збереження імпульсу, його зв'язок з третім законом Ньютона. Закон збереження імпульсу як фундаментальний закон природи. Реактивний рух. Закон збереження енергії в механіці як окремий випадок загальнофізичного закону збереження і перетворення енергії. Застосування законів збереження законів енергії та імпульсу до пружного та непружного зіткнень. Закон збереження моменту імпульсу.

**Тема 7. Елементи механіки рідин.** Тиск у рідинах та газах. Рівняння нерозривності. Рівняння Бернуллі. Сила Стокса. Рух тіл у рідинах та газах.

**Тема 8. 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. Релятивістське рівняння руху. Механіка Ньютона-Галілея як граничний випадок релятивістської механіки. Кінетична, власна та повна енергія релятивістської частинки. Енергія зв'язку релятивістської системи.

## **Змістовий модуль 2.**

### **Молекулярна фізика і термодинаміка.**

**Тема 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. Розподіл Максвелла. Найімовірніша, середня та середньоквадратична 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.

**Тема 2. Основи термодинаміки.** Поняття про зворотні та незворотні 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 розрахунку роботи ідеального газу в ізопроцесах. Класична теорія теплоємностей ідеального газу та її обмеженість. Рівняння Майєра. Адіабатичний процес. Рівняння адіабати ідеального газу. Поняття про політропні процеси. 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.

**Тема 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.

**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 Клапейрона-Клаузіуса.

### Змістовий модуль 3.

#### Електродинаміка

**Тема 1. Загальні відомості про електростатичне поле; електростатичне поле у вакуумі.** Електричний заряд, його дискретність. Закон збереження заряду. Закон Кулона. Електростатичне поле, його напруженість. Напруженість поля точкового заряду. Принцип суперпозиції і його застосування для обчислення напруженості поля довільної конфігурації зарядів. Графічне зображення електростатичного поля. Лінії напруженості електростатичного поля. Потік вектора напруженості електростатичного поля. Теорема Гаусса для вектора напруженості електростатичного поля та її застосування. Робота, що виконується при переміщенні заряду в електростатичному полі. Циркуляція вектора напруженості електростатичного поля. Потенціал електростатичного поля. Еквіпотенціальні поверхні. Зв'язок напруженості поля з потенціалом.

**Тема 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. Енергія та густина енергії електростатичного поля.

**Тема 3. Постійний електричний струм.** Постійний електричний струм, умови його існування. Сила та густина струму. Електричне поле постійного струму. Різниця потенціалів. Сторонні сили. Електрорушійна сила та напруга. Зв'язок електрорушійної сили, напруги та різниці потенціалів. Закон Ома для однорідної ділянки кола та для замкненого кола. Закон Ома в диференціальній формі. Правила Кірхгофа та їх застосування. Робота та потужність електричного струму. Закон Джоуля-Ленца в інтегральній та диференціальній формі.

**Тема 4. Стале магнітне поле у вакуумі.** Поле заряду, який рухається. Магнітне поле, його релятивістське походження. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Саввара-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 Гаусса для вектора магнітної індукції.

**Тема 5. Дія магнітного поля на рухомі заряди і провідник зі струмом.** Закон Ампера. Контур зі струмом в магнітному полі. Магнітний момент контуру 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 контуру зі струмом у магнітному полі.

**Тема 6. Магнітне поле в речовині.** Типи магнетиків. Напруженість магнітного поля, намагніченість. Неспроможність класичного пояснення магнітних властивостей речовини. Феромагнетики та їх властивості. Застосування феромагнетиків.

**Тема 7. Явище електромагнітної індукції. Основи теорії Максвелла для електромагнітного поля.** Досліди Фарадея, ЕРС індукції, правило Ленца. 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.

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

## Змістовий модуль 4

### Коливальні та хвильові процеси

**Тема 1. Загальні відомості про коливальні процеси; вільні коливання.** Періодичні процеси в природі та техніці. Гармонічні коливання як найпростіша складова довільного періодичного процесу. Власні (вільні) 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. Згасаючі механічні та електромагнітні коливання, коефіцієнт згасання, логарифмічний декремент, добротність. Аперіодичні процеси.

**Тема 2. Додавання гармонічних коливань; вимушені коливання.** Додавання гармонічних коливань одного напрямку з однаковими частотами. Биття. Додавання взаємно перпендикулярних коливань з однаковими та різними частотами. Фігури Ліссажу, їх використання для вимірювання частоти коливань. Вимушені коливання, диференціальне рівняння вимушених коливань (механічних та електромагнітних), його розв'язання. Амплітуда та фаза вимушених коливань. Резонанс, його застосування в науці і техніці. Резонансні криві, їх аналіз. Принцип роботи генератора незгасаючих електромагнітних коливань

**Тема 3. Хвильові процеси; пружні хвилі.** Механізм утворення механічних хвиль у пружному середовищі. Поздовжні та поперечні хвилі. Біжучі хвилі. Стаціонарні, монохроматичні, синусоїдальні хвилі. Хвильова поверхня, фронт хвилі, довжина хвилі, хвильове число, хвильовий вектор, фазова швидкість. Плоскі та сферичні хвилі. Рівняння біжучої хвилі, хвильове рівняння. Поширення хвиль у середовищах з дисперсією. Поняття про хвильовий пакет і групова швидкість. Принцип суперпозиції. Інтерференція монохроматичних хвиль, когерентність. Стоячі хвилі. Вузли та пучності. Власні частоти коливань обмеженого середовища. Елементи акустики. Характеристики звукових хвиль. Ультразвук та його використання. Заломлення та відбивання звукових хвиль

**Тема 4. Електромагнітної хвилі.** Рівняння Максвелла у відсутності електричних зарядів і струмів провідності; електромагнітні хвилі, швидкість їх поширення в діелектрику. Вектор Пойнтінга. Шкала електромагнітних хвиль, їх основні властивості. Застосування електромагнітних хвиль різного діапазону.

## Змістовий модуль 5

### Хвильова та квантова оптика

**Тема 1. Загальні відомості про світлові хвилі.** Світлові хвилі, світловий вектор, оптична довжина шляху. Когерентність та монохроматичність світлових хвиль.

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

**Тема 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 розділову здатність оптичних приладів. Уявлення про голографію

**Тема 4. 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.

**Тема 5. Елементи квантової теорії теплового випромінювання.** Теплове випромінювання, його рівноважний характер. Повна та спектральна випромінювальна здатність; поглинальна здатність. Абсолютно чорне тіло; закон Кірхгофа. Пояснення кольору тіл на підставі закону 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; зв'язок указаних законів із формулою Планка. Оптична пірометрія. Теплові джерела світла.

**Тема 6. Деякі квантово-оптичні явища та фізичні основи квантової електроніки.** Зовнішній фотоефект, його експериментальні закономірності. Червона межа зовнішнього фотоефекту. Застосування зовнішнього фотоефекту; фотоелементи, фотореле. Неспроможність класичної фізики під час пояснення експериментальних закономірностей зовнішнього фотоефекту. Корпускулярно-хвильовий дуалізм електромагнітного випромінювання. Фотони, їх енергія, маса та імпульс. Поняття про квантову теорію зовнішнього фотоефекту. Формула Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту. Ефект Комптона, його теорія. Роль зазначеного ефекту в ослабленні електромагнітного випромінювання під час його проходження через речовину. Спонтанне та вимушене випромінювання. Принцип дії лазерів.

## Змістовий модуль 6

### Елементи фізики атомів, твердих тіл та атомного ядра

**Тема 1. Елементи квантової механіки.** Утруднення класичної фізики. Експериментальні докази наявності хвильових властивостей у мікрочастинок; корпускулярно-хвильовий дуалізм речовини. Формула де-Бройля; електронний та іонний мікроскопи. Співвідношення невизначеностей для координат та відповідних до них проєкцій імпульсу мікрочастинки як прояв її хвильових властивостей. Межі застосування класичної механіки. Співвідношення невизначеностей для енергії та часу; поняття стаціонарного стану квантовомеханічної системи. Хвильова функція та її статистичний зміст. Рівняння Шредінгера як рівняння руху в квантовій механіці. Стаціонарне рівняння Шредінгера. Тунельний ефект, його прояви; коефіцієнт проходження частинки через потенціальний бар'єр. 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.

**Тема 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.

**Тема 3. Елементи фізики атомів.** Рівняння Шредінгера для електрона в атомі водню. Механічний та магнітний моменти орбітального руху електрона. Спінні механічний і магнітний моменти електрона; магнетон Бора. Енергетичний спектр атома водню та воднеподібних атомів. Поняття про енергетичний спектр багатоелектронних атомів. Поняття про спектральний аналіз. Рентгенівське випромінювання; суцільний та характеристичний рентгенівський спектри. Короткохвильова межа рентгенівського спектра. Одержання та застосування рентгенівських променів.

**Тема 4. 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  $p$ - та  $n$ - типу. Вентильні властивості контакту напівпровідників  $p$ - та  $n$ - типу. Подвійний електричний шар ( $p$  -  $n$  — перехід). Напівпровідникові діоди, транзистори. Внутрішній фотоефект та його застосування.

**Тема 5. 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.

**Тема 6. 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; ефект Мессбауера та його застосування в геології. Штучна радіоактивність, її види. Одержання та використання радіоактивних нуклідів.

**Тема 7. 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.

**Тема 8. 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.