

# Інститут прикладної математики та фундаментальних наук

*Освітня програма (спеціалізація):*

## **Прикладна фізика**

(код E6/1005)

*Спеціальність:*

## **Прикладна фізика та наноматеріали**

(код E6)

*Галузь знань:*

## **Природничі науки, математика та статистика**

(код E)

## **Перелік дисциплін**

**для вступу на навчання за освітньою програмою підготовки магістр**

- **Електродинаміка і теорія поля**

---

- **Квантова механіка**

---

- **Коливання та хвилі**

---

- **Теоретична механіка та механіка суцільного середовища**

---

- **Фізика твердого тіла**

---

## Дисципліна: Електродинаміка і теорія поля

---

### Розділ 1. Електростатика

- § 1. Закон Кулона, напруженість та потенціал електростатичного поля
- § 2. Теорема Гаусса
- § 3. Рівняння Пуассона та методи його розв'язання
- § 4. Електричний диполь. Напруженість і потенціал поля диполя. Сила та момент сили з боку зовнішнього поля. Енергія взаємодії диполів. Квадруполь, його потенціал, тензор квадрупольного моменту. Розклад за мультиполями

### Розділ 2. Потенціали електромагнітного поля

- § 1. Скалярні та векторні потенціали електромагнітного поля
- § 2. Калібрування потенціалів та потенціальне представлення поля
- § 3. Рівняння д'Аламбера для електромагнітного поля
- § 4. Густина і потік енергії електромагнітного поля
- § 5. Імпульс електромагнітного поля. Максвеллівський тензор напружень

### Розділ 3. Магнітостатика

- § 1. Закон Ампера, закон Біо-Савара-Лапласа
- § 2. Густина струму, рівняння неперервності
- § 3. Магнітний диполь та його характеристики. Магнітний дипольний момент. Розклад векторного потенціалу за мультиполями

### Розділ 4. Рівняння Максвелла

- § 1. Рівняння Максвелла в інтегральній та диференціальній формах для вакууму, стаціонарних полів і середовища
- § 2. Граничні умови на межі поділу середовищ

### Розділ 5. Релятивістська електродинаміка

- § 1. 4-потенціал і 4-густина струму
- § 2. Тензор електромагнітного поля в ко- та контраваріантній формах
- § 3. 4-вимірна форма рівнянь Максвелла. Релятивістська інваріантність
- § 4. Принцип найменшої дії для електромагнітного поля

### Розділ 6. Електродинаміка суцільного середовища

- § 1. Діелектрики, магнетики, провідники. Вектори поляризації й намагнічення

### Розділ 7. Поширення електромагнітних хвиль

- § 1. Поширення електромагнітних хвиль в суцільному середовищі
- § 2. Співвідношення Крамерса-Кроніга
- § 3. Заломлення електромагнітних хвиль, формули Френеля

#### Література

1. Федорченко А.М. Теоретична фізика: Т.1. Класична механіка та електродинаміка / А.М. Федорченко. – Київ: Вища школа, 1992.
2. Андрушак А.С. Прикладна електродинаміка інформаційних систем: навчальний посібник / А.С. Андрушак, З.Ю. Готра, О.С. Кушнір. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012.
3. Крушевський Ю.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль: збірник задач / Ю.В. Крушевський, Ю.І. Кравцов, В.М. Мізерний. – Вінниця: ВНТУ, 2006.

## Дисципліна: Квантова механіка

---

### Розділ 1. Фізичні основи квантової фізики

- § 1. Теплове випромінювання та його характеристики
- § 2. Абсолютно чорне тіло. Закон Стефана-Больцмана, Закон Віна
- § 3. Розподіл енергії за частотами у тепловому випромінюванні. “Ультрафіолетова катастрофа”.
- § 4. Гіпотеза Планка. Формула Планка
- § 5. Зовнішній фотоефект. Рівняння Айнштейна
- § 6. Ефект Комптона

## **Розділ 2. Теорія Бора атома водню**

§ 1. Серіальні залежності випромінювання атома водню. Серія Бальмера. Узагальнена серія Бальмера

§ 2. Дослід Резерфорда. Планетарна модель атома. Постулати Бора

§ 3. Теорія Бора атома водню

§ 4. Дискретність енергетичних станів в атомі

§ 5. Водневоподібні атоми

## **Розділ 3. Хвильова природа мікрочастинок**

§ 1. Гіпотеза де Бройля. Хвиля де Бройля

§ 2. Хвильові пакети. Фазова і групова швидкості

§ 3. Фізичний зміст хвиль де Бройля та їх хвильових пакетів

§ 4. Співвідношення невизначеності Гайзенберга для хвильових пакетів

§ 5. Мінімізуючий хвильовий пакет

## **Розділ 4. Основні принципи квантової механіки**

§ 1. Опис стану квантових систем

§ 2. Принцип суперпозиції

§ 3. Середні значення фізичних величин

§ 4. Оператори у квантовій механіці

§ 5. Власні значення та власні функції ермітових операторів

§ 6. Квантова частинка у потенціальній ямі

§ 7. Явище тунелювання

§ 8. Квантовий одновимірний осцилятор

## **Розділ 5. Еволюція квантових станів у часі**

§ 1. Часове рівняння Шредінгера

§ 2. Квантові дужки Пуасона

§ 3. Інтеграл руху

§ 4. Стаціонарні стани

§ 5. Оператор еволюції

§ 6. Різні представлення динаміки у квантовій механіці

§ 7. Елементи теорії зображень

## **Розділ 6. Квантова теорія моменту імпульсу**

§ 1. Оператор орбітального моменту імпульсу

§ 2. Сферичні гармоніки

§ 3. Операторний формалізм

§ 4. Матричне зображення.

§ 5. Поняття про спіні

§ 6. Додавання моментів

## **Розділ 7. Квантові частинки у сферично-симетричному потенціальному полі. Атом водню**

§ 1. Загальні властивості рівняння для частинки зі сферично-симетричним потенціалом.

§ 2. Атом водню з точки зору квантової теорії

§ 3. Квантові числа, співвідношення між ними

§ 4. Принцип Паулі

§ 5. Розподіл електронів в атомі

§ 6. Періодична система елементів

§ 7. Спектральний аналіз. X-промені

## **Розділ 8. Теорія збурень**

§ 1. Стаціонарна теорія збурень. Невироджений випадок

§ 2. Теорія збурень для виродженого рівня

§ 3. Ефект Штарка

§ 4. Теорія збурень залежних від часу

§ 5. Квантові переходи під впливом збурення

§ 6. Взаємодія атома з електромагнітним полем і квантові переходи. Правила відбору

§ 7. Квантова теорія дисперсії світла

### **Розділ 9. Релятивістська квантова теорія**

§ 1. Рівняння Кляйна-Гордона-Фока

§ 2. Рівняння Дірака

§ 3. Рівняння Паулі

§ 4. Спін-орбітальна взаємодія

§ 5. Атом водню з релятивістськими поправками

§ 6. Атом у магнітному полі

### **Розділ 10. Елементи квантової теорії молекул**

§ 1. Рівняння Шредінгера для взаємодіючих атомів

§ 2. Адіабатичне наближення для молекул

§ 3. Молекула водню

§ 4. Ковалентні, іонні зв'язки та проміжні зв'язки

§ 5. Сили Ван дер Ваальса

§ 6. Коливні спектри молекул

### **Література**

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка / І.О. Вакарчук. – Львів: ЛДУ імені І. Франка, 1998.

2. Юхновський І.Р. Основи квантової механіки / І.Р. Юхновський. – Київ: Либідь, 2002.

3. Лукіянець Б.А. Основи квантової фізики / Б.А. Лукіянець, Г.В. Понеділок, Ю.К. Рудавський. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009.

## **Дисципліна: Коливання та хвилі**

---

### **Розділ 1. Незгасні гармонічні коливання з одним ступенем вільності**

§ 1. Означення коливного руху. Види коливного руху

§ 2. Лінійні гармонічні коливання. Визначення амплітуди та фази коливань

§ 3. Коливання математичного та фізичного маятників. Приведена довжина математичного маятника та визначення прискорення вільного падіння за його допомогою

### **Розділ 2. Згасні гармонічні коливання з одним ступенем вільності**

§ 1. Вільні коливання в дисипативному середовищі з в'язким тертям

§ 2. Вільні коливання в дисипативному середовищі з сухим тертям

§ 3. Поняття про логарифмічний декремент загасання та добротність системи

### **Розділ 3. Негармонічні коливання та фазові портрети коливної системи**

§ 1. Негармонічні коливання математичного маятника

§ 2. Фазовий портрет коливної системи

§ 3. Особливі точки фазової площини

§ 4. Метод ізоклин

### **Розділ 4. Вимушені коливання в системі з одним ступенем вільності**

§ 1. Вимушені коливання під дією гармонічної сили. Повільні та швидкі коливання

§ 2. Резонансний режим. Балістичний режим

§ 3. Вимушені коливання довільної частоти

§ 4. Встановлення коливань

§ 5. Параметричні коливання та автоколивання

§ 6. Маятник Фруда

### **Розділ 5. Вільні незгасаючі коливання з двома ступенями вільності**

§ 1. Суперпозиція взаємно перпендикулярних коливань

§ 2. Незгасні коливання з двома ступенями вільності

§ 3. Методика аналізу зв'язаних осциляторів

§ 4. Співвідношення між нормальними та парціальними частотами

### **Розділ 6. Згасні коливання з кількома ступенями вільності**

§ 1. Згасання коливань зв'язаних осциляторів

§ 2. Енергія коливної системи та її дисипація

§ 3. Вимушені коливання в дисипативному середовищі

## **Розділ 7. Вимушені коливання в лінійних системах з багатьма ступенями вільності**

§ 1. Вимушені коливання дисипативного осцилятора

§ 2. Резонанси в системі з двома ступенями вільності

§ 3. Коливні системи, як фільтри

§ 4. Коливання параметричних систем із багатьма ступенями вільності

## **Розділ 8. Поняття про хаотичну поведінку систем з багатьма ступенями вільності**

§ 1. Хаос у гамільтонових системах

§ 2. Ергодичність системи

§ 3. Перемішування в гамільтонових системах. Показники Ляпунова

§ 4. Хаос у дисипативних системах з багатьма ступенями вільності. Сценарії переходу до хаосу.

§ 5. Атрактори

## **Розділ 9. Коливні системи з багатьма ступенями вільності**

§ 1. Приклади систем з багатьма ступенями вільності

§ 2. Поширення коливань в системах з багатьма ступенями вільності

§ 3. Хвильове рівняння

§ 5. Збудження хвиль. Збудження стоячих хвиль в струні. Відбиття стоячих хвиль в струні.

Відбиття хвиль на кінці струни.

§ 6. Групова та фазова швидкості хвилі

§ 7. Поперечні та поздовжні хвилі. Енергія, що передається хвилею

§ 8. Проходження хвилі через межу поділу двох середовищ

## **Розділ 10. Приклади різноманітних хвиль в природі**

§ 1. Теплові коливання кристалічної ґратки твердих тіл. Акустичні та оптичні фонони

§ 2. Поверхневі та об'ємні сейсмічні хвилі

§ 3. Хвилі в рідинах та газах. Звукові хвилі, їх випромінення та поглинання. Застосування акустичних методів

§ 4. Хвилі на поверхні води. Гравітаційні хвилі. Капілярні хвилі. Цунамі.

## **Розділ 11. Хвилі в просторі двох та трьох вимірів**

§ 1. Гармонічні плоскі хвилі та хвильовий вектор

§ 2. Хвилі у воді: хвилі на глибокій та мілкій воді

§ 3. Поширення акустичних та електромагнітних хвиль

§ 4. Поняття про характер дисперсії хвилі: формальна класифікація дисперсії

§ 5. Просторова та часова дисперсія в електродинаміці суспільного середовища

## **Розділ 12. Модулювання коливань, імпульси та хвильові пакети**

§ 1. Передача інформації за допомогою модуляції

§ 2. Фазова та групова швидкості сигналу

§ 3. Імпульси. Фур'є-аналіз імпульсів. Фур'є-аналіз біжучих хвильових пакетів

## **Розділ 13. Поляризація, інтерференція та дифракція хвиль**

§ 1. Опис стану поляризації хвилі. Утворення поляризованих поперечних хвиль

§ 2. Ширина смуги, час когерентності та поляризація

§ 3. Інтерференція між двома джерелами хвиль

§ 4. Дифракція та принцип Гюйгенса

## **Розділ 14. Хвилі в нелінійних системах**

§ 1. Хвилі в нелінійних пасивних системах із сильною дисперсією

§ 2. Хвилі в нелінійних пасивних слабо дисперсних системах

§ 3. Хвилі в нелінійних активних системах

§ 4. Біжучі фронти

§ 5. Автоколивні середовища. Солітони та фазові хвилі

§ 6. Дисипативні структури та турбулентність

### **Література**

1. Анісімов І.О. Коливання та хвилі / І.О. Анісімов. – Київ: Академпрес, 2003.

2. Гоблик Н.М. MATLAB в інженерних розрахунках. Комп'ютерний практикум: навчальний посібник / Н.М. Гоблик, В.В. Гоблик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010.
3. Ingard K.U. Fundamentals of Waves and Oscillations / K.U. Ingard. – Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

## **Дисципліна: Теоретична механіка та механіка суцільного середовища**

---

### **Розділ 1. Кінематика матеріальної точки**

- § 1. Деякі формули векторного аналізу
- § 2. Траєкторія. Швидкість. Прискорення. Кінематика обертального руху
- § 3. Криволінійні координати

### **Розділ 2. Динаміка системи частинок**

- § 1. Закони Ньютона. Принцип відносності Галілея. Закон всесвітнього тяжіння. Секторна швидкість
- § 2. Інтегрування рівнянь Ньютона
- § 3. Закони зміни та збереження імпульсу, моменту імпульсу та кінетичної енергії системи матеріальних точок

### **Розділ 3. Формалізм Лагранжа**

- § 1. В'язі. Принцип Даламбера. Рівняння Лагранжа I роду. Дія. Функція Лагранжа
- § 2. Рівняння Лагранжа II роду. Узагальнені координати, узагальнені імпульси, узагальнені сили. Циклічні координати

### **Розділ 4. Формалізм Гамільтона**

- § 1. Рівняння Гамільтона-Якобі. Функція Гамільтона. Теорема Ліувіля
- § 2. Інтеграл руху. Дужки Пуассона
- § 3. Рівняння Гамільтона-Якобі

### **Розділ 5. Рух твердого тіла**

- § 1. Кінематика твердого тіла. Кути Ейлера. Тензор інерції

### **Розділ 6. Основи механіки суцільного середовища**

- § 1. Рівняння неперервності. Закон Гука
- § 2. Рух рідин. Рівняння руху ідеальної рідини. Рівняння Ейлера. Рівняння Нав'є-Стокса

#### **Література**

1. Федорченко А.М. Теоретична фізика: Т.1. Класична механіка та електродинаміка / А.М. Федорченко. – Київ: Вища школа, 1992.
2. Єжов С.М. Класична механіка / С.М. Єжов, М.В. Макарець, О.В. Романенко. – Київ: Видавництво фізичного факультету КНУ, 2007.
3. Павловський М.А. Теоретична механіка / М.А. Павловський. – Київ: Техніка, 2002.

## **Дисципліна: Фізика твердого тіла**

---

### **Розділ 1. Кристали та кристалічний стан. Структура кристалів. Симетрія кристалів. Типи хімічного зв'язку у кристалах**

- § 1. Кристалічні та аморфні тіла. Примітивні комірки. Гратки Браве. Сингонії. Кристалографічне індексування
- § 2. Дифракція у кристалах. Закон дифракції Вульфа-Брегга. Рівняння Лауе
- § 3. Комірки Вігнера-Зейтца. Зони Брилюена
- § 4. Перетворення симетрії. Точкові групи симетрії. Матричний запис перетворень симетрії
- § 5. Основні поняття теорії груп. Таблиця Келі
- § 6. Граничні групи симетрії. Просторові групи симетрії. Основний принцип симетрії у кристалофізиці
- § 7. Типи хімічного зв'язку у кристалах

### **Розділ 2. Фонони і коливання ґратки. Теплові властивості кристалів**

- § 1. Квантовий характер коливань ґратки. Спектр коливань
- § 2. Коливання у ґратці з однакових атомів. Коливання атомів у ланцюжку, що містить дефект. Локальні фононні коливання
- § 3. Теплоємність кристалічної ґратки. Теплове розширення. Теплопровідність твердих тіл

### **Розділ 3. Механічні та пружні властивості твердих тіл**

§ 1. Пружність матеріалів. Закон Гука. Однорідні деформації. Пружні хвилі в кристалах

#### **Розділ 4. Електронні стани в кристалах. Електричні властивості твердих тіл**

§ 1. Утворення енергетичних зон. Закон дисперсії електронів у кристалі. Ефективна маса.

Локалізовані стани електронів

§ 2. Зв'язок зонної структури і провідності. Види провідності і носії заряду

§ 3. Основні положення статистики електронів. Електропровідність металів. Електропровідність напівпровідників. Електропровідність діелектриків

§ 4. Поляризація діелектриків. Види поляризації. Діелектричні втрати

#### **Розділ 5. Магнітні властивості твердих тіл**

§ 1. Класифікація магнітних речовин. Діамагнетизм та парамагнетизм. Формула Ланжевена та закон Кюрі

§ 2. Феромагнетизм, антиферомагнетизм, феримагнетизм. Феромагнітні домени та їх походження

#### **Література**

1. Болеста І.М. Фізика твердого тіла / І.М. Болеста. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003.
2. Структура і фізичні властивості твердого тіла: лабораторний практикум / за ред. Л.С. Палатника. – Київ: Вища школа, 1992.
3. Коротун А.В. Збірник задач з фізики конденсованого стану: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів: в 2-х томах: Т.1, 2./ А.В. Коротун, І.М. Тітов, Ю.А. Куницький, В.В. Погосов. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011.