

ПРОГРАМА
вступних іспитів до аспірантури
ІФКС ім. І.Р. Юхновського НАН України
зі спеціальності
Е5 «Фізика та астрономія»

ЛЬВІВ - 2025

I. Механіка

Узагальнені координати. Рівняння руху. Принцип найменшої дії. Функція Лагранжа матеріальної точки і системи матеріальних точок. Закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу.

Рух у центрально-симетричному полі. Теорема про віріал. Задача Кеплера.

Вільні і вимушені коливання. Коливання систем з багатьма ступенями вільності. Загасаючі коливання. Анггармонічні коливання. Резонанс у нелінійних коливаннях.

Рівняння Лагранжа. Рівняння Гамільтона, вивід з варіаційного принципу. Канонічні перетворення. Дужки Пуассона як канонічні інваріанти. Рівняння Гамільтона-Якобі.

1. А.Ю. Глауберман, М.Т. Сеньків. Теоретична механіка. Львів, 1960, 220 с.
2. А.М. Федорченко. Теоретична механіка. Київ: "Вища школа", 1975, 516 с.
3. Гаральд Іро. Класична Механіка, Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 1999, 464 с.
4. С.М. Єжов, М.В. Макарець, О.В. Романенко, Класична механіка, Київ: "Київський університет", 2008, 480 с.

II. Електродинаміка

Електричне поле нерухомих зарядів. Закон Кулона. Енергія взаємодії електричних зарядів. Дипольний момент. Мультиполі. Електричне поле при наявності діелектриків. Вектор електричної індукції. Діелектрична проникливість.

Постійний струм і магнітне поле. Магнітне поле струмів. Сила Лоренца. Вектор-потенціал магнітного поля. Енергія магнітного поля. Магнітний момент. Вектор магнітної індукції. Магнітна проникливість.

Змінне електромагнітне поле. Закон електромагнітної індукції. Струми зміщення. Рівняння Максвелла для електромагнітного поля. Потік електромагнітної енергії. Плоскі хвилі. Вимірювання електромагнітних хвиль.

Принцип відносності Ейнштейна. Постійність швидкості світла. Перетворення Лоренца. Власний час. Релятивістський закон додавання швидкостей. Релятивістські рівняння руху. Чотиривимірні вектори. Принцип еквівалентності.

1. А.М. Федорченко, Теоретична фізика, т.1, 1988.
2. В.А. Головацький. Електродинаміка: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2011.

III. Квантова механіка

Основні поняття. Принцип суперпозиції. Оператори фізичних величин. Власні функції і власні значення. Визначення стану квантової системи. Матриця густини. Співвідношення невизначеності.

Зміна квантових станів з часом. Рівняння Шредінгера. Стаціонарні стани. Квазікласичне наближення. Проходження частинки через потенційний бар'єр.

Теорія представлень. Представлення векторів стану і операторів. Унітарні перетворення. Представлення Шредінгера і Гайзенберга.

Частинка у прямокутній потенційній ямі. Гармонійний осцилятор. Рух у центрально-симетричному полі. Оператор моменту кількості руху. Векторне додавання двох моментів.

Теорія збурень. Умови застосування теорії збурень. Теорія переходів під впливом зовнішнього збурення. Ймовірність переходу з одного стану в інший.

Рівняння Клейна-Гордона. Релятивістське рівняння Дірака. Спінори. Рівняння Паулі. Спін-орбітальна взаємодія. Атом водню з врахуванням спіну електрона. Класифікація станів атома водню. Ефект Зеемана. Ефект Штарка.

Принцип тотожності частинок. Хвильові функції систем тотожних частинок. Принцип Паулі. Метод самоузгодженого поля Хартрі-Фока. Основний і збуджений стани атома гелію.

Теорія хімічного зв'язку. Адіабатичне наближення. Молекула водню. Обмінна енергія. Коливні та обертальні ступені вільності. Класифікація станів молекули.

Основи квантової теорії твердого тіла. Електрон у періодичному полі. Наближення слабого і сильного зв'язку. Основні поняття зонної теорії.

1. І.Р. Юхновський. Квантова механіка. К., 1995.
2. А.Ю. Глауберман. Квантова механіка. Львів, 1962.
3. І.О. Вакарчук. Квантова механіка. Львів, 2012.

IV. Термодинаміка і статистична фізика

Стан термодинамічної рівноваги. Термодинамічні величини. Температура. Тиск. Робота і кількість тепла. Перший і другий закони термодинаміки. Термодинамічні потенціали. Зв'язок між похідними термодинамічних величин. Оборотні і необоротні процеси. Адіабатичний процес. Максимальна робота. Теорема Нернста-Планка. Термодинамічна рівновага в зовнішньому полі.

Рівновага фаз. Правило фаз Гібса. Критична точка. Фазові переходи 1-го і 2-го роду.

Основні принципи статистики. Теорема Ліувілля. Статистичний розподіл у класичній і квантовій статистиці. Закон зростання ентропії. Мікроканонічний, канонічний і великий канонічний ансамблі. Статистична сума. Вільна енергія. Вивід основних термодинамічних співвідношень.

Ідеальний газ. Термодинаміка ідеальних газів. Розподіли Больцмана, Фермі і Бозе. Рівняння стану ідеального газу. Вироджений електронний газ. Вироджений Бозе-газ. Статистика рівноважного випромінювання.

Неідеальні гази. Розвинення за густиною. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Групове розвинення. Віріальне розвинення. Наближення Дебая-Хюккеля для плазми.

Флуктуації. Флуктуації основних термодинамічних величин. Флуктуації в ідеальних газах. Просторові і часові кореляції флуктуацій. Флуктуаційно-дисипативна теорема.

Малі коливання атомів у твердих тілах. Фонони. Теплоємність твердих тіл за Дебаєм. Поняття про надпровідність та плинність.

Метод вторинного квантування. Представлення чисел заповнення. Елементарні збудження. Квантування вільного електромагнітного поля. Вторинне квантування систем Бозе та Фермі-частинок.

1. О.М. Єрмолаєв, Г.І. Раба. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки. – Харків: ХНУ, 2004.
2. В.Б. Кобилянський. Статистична фізика. – К.: Вища школа, 1972.