

ПИТАННЯ ВСТУПНОГО ІСПИТУ ДО АСПІРАНТУРИ ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

01.04.16 - фізика ядра, елементарних частинок та високих енергій

МЕХАНІКА

Рух у центральному полі. Задача двох тіл, закони збереження. Рух у потенціалі Кулона. Закони Кеплера.

Задача розсіяння. Закони збереження. Диференціальний переріз розсіяння. Розсіяння у центральному полі. Формула Резерфорда.

Рівняння Лагранжа. Принцип д'Аламбера. Рівняння Лагранжа I-го роду. Рівняння Лагранжа II-го роду. Функція Лагранжа.

Абсолютно тверде тіло. Кінематичні рівняння Ейлера. Динамічні рівняння Ейлера. Інтеграл вільного обертання. Стійкість руху.

Канонічні рівняння Гамільтона. Елементи варіаційного числення. Функціонал дії по Гамільтону. Принцип найменшої дії у конфігураційному просторі. Симетрії простору-часу і закони збереження. Канонічні перетворення. Теорема Ліувілля. Рівняння Гамільтона-Якобі.

МОЛЕКУЛЯРНА ФІЗИКА, ТЕРМОДИНАМІКА І СТАТИСТИЧНА ФІЗИКА

Статистичні ансамблі. Мікроканонічний, канонічний і великий канонічний ансамблі. Обчислення великої статистичної суми для ансамблю незалежних ферміонів і бозонів. Розподіли Фермі-Дірака і Бозе-Ейнштейна. Невироджений газ, розподіл Максвелла-Больцмана.

Термодинамічні властивості невинродженого ідеального газу. Електронна, поступальна, коливальна та обертальна частини статистичної суми газу двохатомних молекул. Вплив обертального та коливального руху на теплоємність. Термодинамічні властивості невинродженого ідеального газу, що складається з багатоатомних молекул.

Термодинамічні властивості реального газу. Рівняння стану Ван-дер-Ваальса. Зв'язок другого віріального коефіцієнта з параметрами міжмолекулярної взаємодії.

Термодинамічні властивості електронного газу в металах. Густина електронних станів, енергія електронного газу, енергія Фермі, температурна залежність хімічного потенціалу. Теплоємність.

Явище конденсації Бозе-Ейнштейна. Температура бозе-конденсації. Число бозе-частинок на основному енергетичному рівні, енергія, теплоємність, тиск бозе-газу.

Термодинамічні властивості рівноважного електромагнітного випромінювання. Закони Стефана-Больцмана, Релея-Джінса, Віна. Формула Планка для спектральної густини енергії випромінювання.

Статистична і термодинамічна теорії флуктуацій. Імовірність термодинамічних флуктуацій. Прояв флуктуацій у броунівському русі та розсіянні світла. Флуктуації об'єму та кількості частинок.

Елементи фізичної кінетики. Одночастинкова функція розподілу. Кінетичне рівняння Больцмана. Наближення часу релаксації. Електропровідність невинродженого електронного газу в металах.

ЕЛЕКТРОДИНАМІКА

Рівняння Максвелла. Мікроскопічні та макроскопічні рівняння. Рівняння Максвелла в коваріантній формі. Релятивістська функції Лагранжа та Гамільтона для зарядженої частинки в електромагнітному полі.

Випромінювання електромагнітних хвиль. Калібрувальна інваріантність рівнянь Максвелла. Запізнювальні та випереджаючі потенціали.

Електромагнітне поле на великій відстані від джерела. Кутовий та спектральний розподіл електромагнітного випромінювання заданим струмом. Електричне дипольне й квадрупольне магнітне дипольне випромінювання. Електромагнітне поле в ближній та дальній зонах. Електромагнітне поле заряду, який рухається прискорено. Потенціали Лієнара-Віхерта. Енергія, випромінювана прискореною частинкою.

Розсіяння електромагнітних хвиль. Ефективний переріз розсіяння. Формула Томсона. Реакція випромінювання. Радіаційна ширина спектральних ліній.

Електродинаміка суцільного середовища. Поляризація неполярних діелектриків. Локальне поле. Формула Клаузіуса – Мосотті. Поляризація полярних діелектриків у постійному електричному полі. Дисперсія діелектричної проникності. Зв'язок між діелектричною та магнітною проникностями й енергією, яка поглинається в середовищі. Співвідношення Крамерса – Кроніга.

ОПТИКА

Оптичні системи. Оптичні системи ока, мікроскопа, телескопа, спектрографа. Діафрагми в оптичних системах. Аберації реальних оптичних систем, методи їх усунення та зменшення.

Інтерференція світла. Когерентність хвиль. Просторова та часова когерентність. Методи одержання когерентних світлових хвиль.

Двопроменева інтерференція. Інтерферометр Майкельсона. Багатопроменева інтерференція. Інтерферометр Фабрі-Перо.

Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракція Френеля і дифракція Фраунгофера. Дифракційна ґратка. Дисперсія та роздільна здатність дифракційної ґратки.

Нелінійна оптика. Нелінійна поляризованість. Самофокусування. Самодифракція. Генерація гармонік випромінювання та параметричне перетворення частоти.

Електронна оптика. Електронні та магнітні лінзи. Типи електронних мікроскопів та їх характеристика. Скануючий електронний мікроскоп.

АТОМНА ФІЗИКА ТА КВАНТОВА МЕХАНІКА

Рівняння Шредінгера. Розв'язок рівняння Шредінгера для гармонічного осцилятора. Розв'язок рівняння Шредінгера для атома водню та воднеподібних атомів.

Рівняння Дірака. Рівняння Паулі як нерелятивістське наближення рівняння Дірака. Ефект Зесмана. Рух вільних електронів у постійному магнітному полі.

Стаціонарна теорія збурень. Випадки відсутності та наявності виродження. Критерій застосування теорії збурень. Ефект Штарка.

Нестационарна теорія збурень. Теорія квантових переходів під дією залежного від часу збурення. Поглинання та випромінювання електромагнітних хвиль атомними системами. Теорія фотоефекту. Додавання моментів. Правила відбору. Квантова теорія дисперсії. Пружне та непружне розсіяння.

Прямий варіаційний метод Рітца. Квазікласичне наближення (метод ВКБ). Граничні умови та критерії справедливості методу ВКБ.

Методи дослідження багатоелектронних систем. Метод Хартрі-Фока. Теорія збурень і варіаційний розрахунок в атомі. Метод самоузгодженого поля в атомі.

Елементи квантової електродинаміки. Основи релятивістської теорії поля. Дійсне та комплексне поля Клейна-Гордона, векторне поле, електромагнітне поле. Квантування електромагнітного поля. Квантування електрон-позитронного поля.

Резонансні методи дослідження. Ядерний магнітний резонанс. Класична інтерпретація магнітного резонансу.

Надпровідність. Загальні закономірності явищ надпровідності та надплинності. Високотемпературна надпровідність та її можливі механізми.

ФІЗИКА ЯДРА ТА ЕЛЕМЕНТАРНИХ ЧАСТИНОК

Радіоактивність. Статистичний характер розпаду. Закон радіоактивного розпаду. α -розпад. Спектри α -частинок. Залежність періоду α -розпаду від енергії α -частинок. Елементи теорії α -розпаду. β -розпад. Види β -розпаду. Енергетичні спектри електронів. Експериментальний доказ існування нейтрино. Елементи теорії β -розпаду.

Ядерні реакції. Механізми ядерних реакцій. Закони збереження в ядерних реакціях. Модель складеного ядра. Резонансні ядерні реакції. Формула Брейта-Вігнера. Поділ ізотопів урану під дією нейтронів. Ланцюгова реакція. Коефіцієнт розмноження. Ядерні реактори. Синтез легких ядер. Ядерні реакції у зірках.

Моделі атомних ядер. Потенціал усередненого ядерного поля. Самоузгоджений потенціал. Обґрунтування оболонкової структури ядра. Одночастинкові стани в усередненому ядерному потенціалі. Поняття про багаточастинкові моделі оболонок. Колективні властивості ядер. Краплинна модель ядра.

Взаємодія ядерного випромінювання з речовиною. Втрати енергії на іонізацію та збудження атомів. Пробіги заряджених частинок. Взаємодія нейтронів з речовиною. Сповільнення нейтронів. Теплові та резонансні нейтрони. Дифузія теплових нейтронів. Проходження γ -випромінювання крізь речовину.

Експериментальні методи у ядерній фізиці. Фізичні принципи роботи прискорювачів та їх класифікація. Електростатичні прискорювачі. Каскадні прискорювачі. Резонансні методи прискорення. Циклотрон. Резонансні прискорювачі релятивістських частинок. Лінійні та циклічні прискорювачі. Поняття про сучасні методи отримання пучків високих енергій. Метод зустрічних пучків; колайдери. Генератори нейтронів. Методи реєстрації ядерного випромінювання. Детектори ядерного випромінювання. Особливості конструкцій та експлуатації детекторів різного типу. Основи методів обробки експериментальних даних; статистика відліків при реєстрації ядерного випромінювання. Спостереження процесів народження та розпаду коротко живучих частинок.

Загальні властивості елементарних частинок. Лептони, мезони, баріони. Частинки та античастинки. Обмінні механізми взаємодії між частинками. Калібрувальні бозони. Діаграми Фейнмана. Закони збереження, що регулюють перетворення частинок. Елементи релятивістської кінематики. Первинне космічне випромінювання та його склад.

Фундаментальні частинки та фундаментальні взаємодії. Сильна взаємодія та структура адронів. Кварки, глюони та їх основні характеристики. Кваркова структура баріонів та мезонів. Колір, як квантова характеристика кварків і глюонів, та його роль при взаємодії кварків. Асимптотична свобода та конфайнмент. Явище адронізації.

Електромагнітні взаємодії. Слабкі взаємодії. Універсальність слабкої взаємодії. Носії слабкої взаємодії - проміжні бозони. Поняття про польову теорію слабких взаємодій - модель Вайнберга-Салама. Основні типи перетворень елементарних частинок, що спричинені слабкою взаємодією. Дискретні симетрії С, Р, Т та теорема СРТ. Калібрувальна інваріантність як принцип побудови польових теорій слабких, електромагнітних та сильних взаємодій. Стандартна теорія. Об'єднання взаємодій.

Список основної літератури

1. Федорченко А.М. Теоретична фізика. т.1. Класична механіка і електродинаміка. — К.: Вища школа, 1993.
2. Федорченко А.М. Теоретична фізика. т.2. Квантова механіка, термодинаміка і статистична фізика. — К.: Вища школа.- 1993.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. — М.: Наука, 1988.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория поля. — М.: Наука, 1988.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. — М.: Наука, 1989.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. — М.: Наука, 1976.
7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. — М.: Наука, 1982.
8. Г. Голдстейн. Классическая механика. — М.: Наука, 1975.
9. Булавін Л.А., Гаврюшенко Д.А., Сисоєв В.М. Молекулярна фізика. — К.: Знання, 2007.
10. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Термодинамика и статистическая физика.— М.: Изд-во МГУ, 1986.
11. Вакарчук І.О. Квантова механіка. — Львів: ЛДУ, 2004.
12. Білий МУ., Скубенко А.Ф. Загальна фізика. Оптика. — К.: Вища шк., 1987.
13. Білий М. У., Охріменко Б.А. Атомна фізика. — К.: Знання, 2009.
14. Булавін Л. А., Тартаковський В. К. Ядерна фізика. — К.: Знання, 2005.
15. Каденко І. М., Плюйко В. А. Фізика атомного ядра та частинок. — К.: ВПЦ "Київський університет", 2008.