

УТВЪРДИЛ:
ДЕКАН
/проф. дфзн Г. Райновски/

К О Н С П Е К Т

за кандидат-докторантски изпит по направление 4.1. Физически науки (физика на атомите и молекулите)

I. Квантова оптика и квантова информатика

1. Квантов линеен хармоничен осцилатор.
 2. Потенциална яма и потенциална бариера. Тунелен ефект и надбариерно отражение.
 3. Ъглов момент в квантовата механика. Събиране на ъглови моменти.
- Спин.
4. Магнитен момент: орбитален и спинов. Ефект на Щерн-Герлах.
 5. Водороден атом. Спектър и вълнови функции.
 6. Задача за двете тела в квантовата механика.
 7. Стационарна теория на пертурбациите. Ефект на Зеeman.
 8. Нестационарна теория на пертурбациите. Система с две състояния.
- Приближение на въртящата се вълна. Осцилации на Раби.
9. Системи тъждествени частици. Принцип на Паули. Хелиев атом.
 10. Адиабатна еволюция. Квантови преходи между пресичащи се нива.
- Модел на Ландау-Зинер.
11. Системи с три нива. Тъмни състояния. Стимулиран Раманов адиабатен процес.
 12. Системи с изродени състояния. Трансформация на Морис-Шор.
 13. Матрици на плътността, уравнение на Лиувил, вектор на Блох.
- Спонтанно излъчване и дефазиращи процеси.
14. Електромагнитно-индуцирана прозрачност, 'бавна' и 'бърза' светлина, безинверсно лазерирание.
 15. Релативистична квантова механика. Уравнение на Клайн-Гордон, парадокс на Клайн. Уравнение на Дирак.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. Донков и М. Матеев, Квантова Механика (Издателство на СУ, 2010, София).
2. B.W. Shore, The Theory of Coherent Atomic Excitation (Wiley, New York, 1990).
3. L. Allen and J.H. Eberly, Optical Resonance and Two-Level Atoms (Dover, New York, 1987).
4. Н.В. Витанов, Квантови преходи (Издателство на СУ, 2010, София).

II. Атомна, молекулна и оптична физика

1. Електронен спин. Спин-орбитално взаимодействие. Фина структура в спектрите на алкалните метали.
2. Структура на електронната обвивка на хелиев атом.
3. Ядрен спин. Свърхфина структура. Пример – рубидиев атом.
4. Атомни спектри. Вероятност за преход. Правила на отбор.
5. Ефект на Зеeman. Ефект на Щарк.
6. Взаимодействие на два неутрални атома на големи междуядрени разстояния. Дисперсни коефициенти C_3 , C_5 , C_6 .
7. Двухатомна молекула. Приближение на Борн-Опенхаймер. Криви на потенциалната енергия.
8. Класификация на електронните състояния при двухатомната молекула.
9. Хомоядрени и хетероядрени молекули.
10. Вибрационна и ротационна структура на двухатомната молекула.
11. Молекулни спектри. Правила на потбор. Принцип на Франк-Кондон.
12. Електронни спектри. Вибрационно-ротационни спектри.
13. Физичен вакуум. Време на живот на атомните състояния. Отместване на Лемб.
14. Основни дисперсионни елементи: призма, дифракционна решетка, интерференчен филтър. Спектрографи и монохроматори. Основни параметри и области на приложение.
15. Интерферометри. Интерферометри на Мах-Зендер, Майкелсън, Фабри-Перо. Сравнение на плосък и конфокален интерферометър на Фабри-Перо.
16. Детектори: фотоумножител, фотодиод, лавинен фотодиод. Основни параметри и схеми на свързване.
17. Основи на лазера. Активни среди с три и четири нива. Модова структура на лазерното лъчение.
18. Пренастройваеми лазери. Селективни резонатори с призма, дифракционна решетка, еталони. Едномодов режим на генерация - селекция на един надлъжен мод.
19. Основни характеристики на газове (He-Ne, Ar+, ексимерни), твърдотелни (Nd:YAG, Ti:Al₂O₃), багрилни и полупроводникови лазери.
20. Ширина и профил на спектралните линии. Еднородно разширение. Доплерово разширение. Профил на Фойгт. Разширение чрез удари и насищане.
21. Абсорбционна лазерна спектроскопия. Лазерно индуцирана флуоресценция.
22. Оптигалванична спектроскопия.
23. Лазерна спектроскопия на насищане. Поляризационна спектроскопия

ЛИТЕРАТУРА:

- Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц, Квантовая механика. Нерелятивисткая теория, Москва 1963.
А. Н. Матвеев, Атомная физика, Высшая школа, Москва 1989.
Д. В. Сивухин, Общий курс физики. Атомная и ядерная физика ч. I, Наука, Москва 1986.
С. Herzberg, Molecular spectra and molecular structure Spectra of diatomic molecules, Van Nostrand, New York 1995.
Н. В. Карлов, Лекции по квантовой электронике, Наука, Москва 1988.
М. Ненчев, С. Салтиел, Лазерна техника, Св. Клемент Охридски, Наука и изкуство, София 1994.
W. Demtroder, Laser Spectroscopy, Basic Concepts and Instrumentation, Springer-Verlag, Berlin 1996.
В. В. Лебедева, Техника спектроскопии. Москва, Изд-во МГУ
П. Райчев, Физика на атомните системи, ЛОДОС 2006

III. Физика на атомите и молекулите (взаимодействие с биологични обекти)

1. Основни понятия на квантовата механика. Принцип на неопределеността. Принцип на суперпозицията. Оператори.
2. Уравнение на Шрьодингер. Едномерна потенциална яма. Хармоничен осцилатор.
3. Момент на импулса. Матрични елементи и собствени значения на оператора на момента на импулса.
4. Водороден атом. Уравнение на Шрьодингер в централно-симетрично поле. Класификация на енергетичните нива.
5. Стационарна теория на пертурбациите.
6. Вариационен принцип.
7. Електронен спин. Спин-орбитално взаимодействие.
8. Атомни спектри. Вероятност на преходи. Правила на отбор.
9. Многоелектронни системи. Модел на Томас-Ферми.
10. Метод на Хартри-Фок.
11. Теория на функционала на плътността. Теорема на Хоенберг-Кон.
12. Уравнения на Кон и Шам.
13. Приближение на локалната плътност.
14. Двуатомна молекула. Вибрационна и ротационна структура на двуатомната молекула.
15. Молекулни спектри. Правила на отбор.
16. Приближение на Борн-Опенхаймер. Молекулна динамика – основни понятия.
17. Теорема за ергодичност. Молекулна динамика в микроканоничен ансамбъл.
18. Молекулна динамика в други ансамбли.

ЛИТЕРАТУРА:

- А. Донков и М. Матеев, Квантова Механика (Издателство на СУ, 2010, София).
Parr, RG; Yang, W (1989). Density-Functional Theory of Atoms and Molecules. New York: Oxford University Press.
Daan Frenkel, Berend Smit, Understanding Molecular Simulation: From Algorithms to Applications, Computational Science Series, Vol11, Academic Press 2001.

IV. Квантова Многочастична Физика

1. Квантов линеен хармоничен осцилатор. Спектър, собствени стойности и собствени вълнови функции. Оператори на раждане и унищожение.
2. Водороден атом. Спектър.
3. Стационарна теория на пертурбациите. Ефект на Зеeman.
4. Нестационарна теория на пертурбациите. Система с две нива. Приближение на въртящата се вълна. Раби осцилации.
5. Адиабатна еволюция. Пресичане на нивата. Модел на Ландау-Зенер,
6. Матрица на плътността. Уравнение на Лиувил-фон Нойман. Сфера на Блох и Блох вектор.
7. Ъглов момент в квантовата механика. Събиране на ъглов момент. Спин.
8. Принцип на Паули за ситема от тъждествени частици. Разпределение на Бозе-Айнщайн и Ферми-Дирак.
9. Идеален Бозе и Ферми газ. Статистическа сума, свободна енергия и топлинен капацитет.
10. Микроканоничен, каноничен и голям каноничен ансамбъл.
11. Статистическа сума, свободна енергия и топлинен капацитет за система от едномерни свързани хармонични осцилатори.
12. Бозе-Айнщайн кондензация. Уравнение за състоянието, критична температура.
13. Слабо взаимодействащи бозони. Уравнение на Грос-Питаевски. Трансформация на Боголюбов. Квазичастици. Свръх-флуидна фаза.
14. Теория на Бардин-Купър-Шрифър за свръхпроводимост. Механизъм на сдвояване (s-wave), уравнение за енергетичния процеп, критична температура. Свръхпроводяща фаза.
15. Едномерен квантов модел на Изинг. Точно решение. Трансформация на Jordan-Wigner. Спектър. Квантов фазов преход. (анти)-Феромагнитна и парамагнитна фази.

ЛИТЕРАТУРА:

1. [J. J. Sakurai and E. D. Commins, *Modern Quantum Mechanics, Revised Edition*, \(American Association of Physics Teachers, 1995\).](#)
2. [R. K. Pathria and P. D. Beale, *Statistical Mechanics*, \(Taylor & Francis 2011\).](#)
3. Bipin R. Desai, *Quantum Mechanics with Basic Field Theory*, (Cambridge University Press).
4. S. Sachdev, *Quantum Phase Transitions* (Cambridge University Press, Cambridge 2001).

Изготвили:

акад. проф. дфн Николай Витанов

проф. дфзн Асен Пашов

проф. дфзн Ана Пройкова

доц. дфзн. Петър Иванов

София, 16 юли 2024 година

РЪКОВОДИТЕЛ КАТЕДРА:

(доц. д-р Калин Стайков)