

SADRŽAJ**SISTEMI NEZAVISNIH ČESTICA U VANJSKOM POTENCIJALU****Svođenje N-čestičnog problema na N 1-čestičnih****Uvjeti, separacija Schrodingerove jednačbe, produktna valna funkcija****Simetrija sistema identičnih čestica, bozoni i fermioni****Rješavanje 1-čestične Schrodingerove jednačbe - načelno**

Stacionarna rješenja

Separacija varijabla – veza simetrije, kvantnih brojeva i očuvanih veličina

Primjeri potencijala i odabir koordinatnog sustava

Vrste rješenja prema rubnim uvjetima, veza rubnih uvjeta i spektra energija

Lokalizirana, delokalizirana stanja i rezonancije

Informacije

Srednje vrijednosti fizikalnih veličina, prijelazne vjerojatnosti

Vjerojatnosti raspršenja

Lokalna gustoća stanja, lokalna gustoća, gustoća stanja

Rješavanje 1-čestične Schrodingerove jednačbeEgzaktno analitičko rješavanje - **primjeri**

Primjeri: rješenja za neke potencijale jednostavnih simetrija

Numeričko rješavanje – **primjeri****METODA DRUGE KVANTIZACIJE**

Diracove oznake

N-reprezentacija, kvantizacija harmoničkog oscilatora

Operatori stvaranja i poništavanja kvanata, komutacijska pravila, operator broja čestica, hamiltonijan

Prikaz stanja pomoću operatora, vakuum

Stanja više oscilatora, simetrija, veza s bozonima, komutatori

Fermioni, antikomutatori, Paulijev princip

Matrični elementi operatora a , a^+ , x , p u n -stanjima**Vremenska ovisnost operatora $a(t)$, $a^+(t)$, $x(t)$, $p(t)$** **Operatori polja, definicija, komutatori****Veza operatora polja i operatora stvaranja/poništanja kvantnih stanja**

Prikaz fizikalnih veličina u 2. kvantizaciji, gustoća, struja
Operator kinetičke energije, 1-čest i 2-čest interakcije, fermion-fermion, bozon-bozon

Primjeri: kulonska interakcija, elektron-elektromagnetsko polje

Izvod valnih funkcija HO pomoću operatora stvaranja

Osnovno stanje HO i minimalni valni paket

Koherentna stanja

Dijagonalizacija tjeranog HO pomoću kanonske transformacija

Energija osnovnog stanja, koherentna stanja, razvoj po n-stanjima

Operator pomaka

Svojstva koherentnih stanja

Veza sa stanjima elektromagnetskog polja (laser)

Izvod valne funkcije koherentnog stanja HO iz početnog uvjeta

Oscilacije gustoće - položaja

Stisnuta stanja (squeezed states)

Definicija valne funkcije stisnutog stanja HO pomoću početnog uvjeta

Oscilacije gustoće - položaja i širine

Stisnuta stanja i relacije neodređenosti

PONAVLJANJE - APROKSIMATIVNE METODE

Stacionarni račun smetnje

Popravka energije 1. i 2. reda, popravka valne funkcije 1. reda

Nedegenerirani i degenerirani slučajevi

Uklanjanje degeneracije, smisao postupka i značenje rezultata

Primjeri

Varijacijski račun

Teorem o energiji osnovnog stanja

Postupak rješavanja problema, izbor probne funkcije i njezino značenje

Problem konvergencije rješenja

Primjeri

Poluklasična WKB metoda

Valna funkcija i faza, Schrodingerova jednačba za fazu valne funkcije

Razvoj faze po Planckovoj konstanti i rješenja za valnu funkciju do 1. reda

Valna funkcija u klasično «dozvoljenom» i «zabranjenom» području

Uvjeti primjenljivosti, obratišta

Određivanje energije vezanih stanja pomoću integrala promjene faze

- beskonačni potencijalni zidovi, stojni valovi

- općeniti slučaj, prodiranje vala u «zabranjeno» područje
- jedna beskonačna i jedna konačna barijera

Primjeri

PONAVLJANJE - TUNELIRANJE

Jednostruko tuneliranje, WKB, delokalizirano – delokalizirano, koeficijenti refleksije i transmisije

Pravokutna potencijalna barijera - usporedba WKB i točnog rješenja (oscilacije...)

Primjeri tuneliranja u fizici i primjena WKB

Matrica tuneliranja M i raspršenja S

Opis tuneliranja pomoću matrice tuneliranja M, račun matričnih elemenata za pravokutnu barijeru

Veza M i S matrice

Svojstva M i S matrica zbog svojstava potencijala (realnost, simetrija,..)

Višestruko tuneliranje pomoću M matrice: 2 pravokutne barijere

Koherentno i sekvencijalno tuneliranje, rezonancije, analiza numeričkog primjera

Potencijalna jama: energije vezanih stanja i koeficijenti transmisije pomoću elemenata M matrice

Raspad vezanog stanja: Tuneliranje lokalizirano – delokalizirano, aproksimacije, poluvrijeme raspada, ireverzibilnost

Primjer: alfa-raspad

Tuneliranje između vezanih stanja

- **simetrični sistemi: stacionarna i nestacionarna stanja, oscilacije – reverzibilnost**
- **primjer**
- **asimetrični sistemi: «raspad» stanja, ireverzibilnost**

FERMION – BOZON INTERAKCIJA (renormalizacija energije i mase čestice)

Hamiltonijan interakcije

Slaba interakcija – 2. red računa smetnje za mobilnu česticu

Realni i virtuelni procesi – promjena energije i vjerojatnost raspada stanja

Kompleksna energija - interpretacija
Razvoj za male brzine – promjena energije i efektivne mase
Primjena – polaron, elektron -LO fonon interakcija
Promjena energije, kritični valni vektor, emisija realnih bozona
Izbjegavanje divergencije- samosuglasno rješenje – Brillouin-Wignerov račun smetnje
Lokalizirana čestica – egzaktno rješenje – kanonska transformacija
Određivanje koeficijenata i eliminacija člana interakcije
Pomak energije osnovnog stanja, spektar
Pokretna «teška» čestica, rješenje kanonskom transformacijom
Određivanje koeficijenata i eliminacija člana interakcije

PONAVLJANJE -DINAMIČKI POTENCIJALI – VREMENSKI RAČUN SMETNJE

Dinamički potencijali – adijabatski, neadijabatski
Vremenski ovisni račun smetnje
Elastični i neelastični prijelazi
Amplituda prijelaza, vjerojatnost prijelaza, vjerojatnost prijelaza u jedinici vremena
Fermijevo zlatno pravilo
U matrica/operator vremenskog pomaka, Dysonov razvoj
Procesi 1. i 2. reda
Procesi 1. reda: primjeri - absorpcija i (stimulirana) emisija, princip detaljne ravnoteže, fotoemisija
*Procesi 1. i 2. reda: međustanja, interferencija između kanala

TUNELIRANJE I JOSEPHSONOV UČINAK

Primjeri tuneliranja (MIM, MIS, SIS,...), struja
Josephsonov učinak - izvod J. struje
na konstantnom naponu
na izmjeničnom naponu
Josephsonovi spojevi u paraleli i A-B učinak

Baždarna invarijantnost i Aharonov-Bohm učinak
Baždarne transformacije
Faza valne funkcije u EM potencijalu
Aharonov-Bohm učinak
Elektroni u supravodiču i kvantizacija magnetskog toka

VIŠELEKTRONSKI SISTEMI

Hamiltonijan višestručnog sistema s kulonskom interakcijom
Samosuglasne Hartreejeve jednačbe
Hartreejeva aproksimacija za valnu funkciju
Varijacijski izvod Hartreejevih jednačbi
Hartree-Fockova aproksimacija i jednačbe
Utjecaj zamjene - Fermijeva šupljina

Teorija funkcionala gustoće
Hohenberg-Kohnov teorem
Energija osnovnog stanja kao funkcional gustoće
Samosuglasne Kohn-Shamove jednačbe
Aproksimacije za energiju zamjene i korelacije
Aproksimacija lokalne gustoće (LDA)

Literatura

Leonard I. Schiff: Quantum Mechanics (McGraw-Hill 1968)
Eugen Merzbacher: Quantum Mechanics (John Wiley 1970)
I. Supek: Teorijska fizika i struktura materije II (Školska knjiga, Zagreb, 1977)
Richard W. Robinett : Quantum Mechanics (Oxford UP, 1997)
B.H. Bransden & C.J. Joachain: Quantum Mechanics (Pearson, Prentice Hall, 2000)
J.J. Sakurai: Modern Quantum Mechanics (Addison Wesley, New York, 1985)
S. Flugge: Practical Quantum Mechanics (Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, (1974)