

Kvantna fizika- sadržaji predavanja
semestar 2009/10

Zimski

1. predavanje 5-10-2009

Način rada - po 12 "blokova" u semestru. Teme su definirane rasporedom - na mreži.
Svaki blok ima 2 sata predavanja, 2 sata seminara i 1 sat vježbi.

Predavanja - Prof. Marijan Šunjić

Seminari - Dr. Hrvoje Štefančić

Vježbe -Tomislav Marketin

Na seminarima i vježbama

- razrađuje se gradivo s predavanja
- **popunjavaju "rupe" u znanju**
- **zadaju se i kontroliraju izrađeni domaći zadaci i seminarski radovi**

Način provjere znanja: zadaci, seminarski radovi, kolokviji, ispiti
Literatura - na mreži

Predznanje: *Pretpostavlja se da studenti vladaju gradivom iz kolegija 1. i 2. godine, a posebno:*

OF, KM, MMF, ... Linearna algebra, UKM

Ako ste nešto zaboravili, vrijeme je da ponovite.

U prva 2 bloka ponovit ćemo neke dijelove UKM !

Načela i eksperimentalna potvrda kvantne fizike

Povijesni uvod, eksperimentalna podloga

Teškoće klasične fizike - eksperimenti
Kvantna hipoteza, stara kvantna teorija, Bohr-Sommerfeldova pravila
Konceptualne teškoće

Valna funkcija

De Broglieva hipoteza - dualnost vala i čestice
Valni paket - neodređenost položaj/impuls, energija/vrijeme
Fourierova analiza, lokalizirana-delokalizirana čestica (delta-f. i ravni val)
Analiza mjerenja, Heisenbergove relacije neodređenosti, konjugirane veličine
Značenje valne funkcije

2. predavanje 12-10-2009

Ponavljanje

Schrodingerova jednadžba, separacija varijabla, kvantni brojevi

Schrodingerova jednadžba

Svojstva valne f - interferencija, superpozicija: linearnost valne jednadžbe

Izvod Schrodingerove jednadžbe - plauzibilni, analogija s Hamilton-Jacobijevim ...

Opservable - operatori, stanja - valne funkcije

Sile i potencijali

Statistička interpretacija valne f. Normalizacija, neprekinutost, konačnost

Vjerojatnosti - gustoća i struja, Srednje vrijednosti fiz veličina-opservabla

Vremenski neovisna Schr jedn, stacionarna stanja, potpunost i ortonormiranost

Rubni uvjeti - vrste rješenja (lokal, delokal) - kvantizacija energije

Ehrenfestov poučak - princip korespondencije

Jednodimenzionalni problemi

Konstantni potencijali - karakter rješenja, normiranje

Potencijalni skok - refleksija vala materije, fazni pomaci

Raspršenje na odbojnom potencijalu - transmisija, refleksija, tuneliranje

Raspršenje na konačnoj potencijalnoj jami, rezonancije

Konačna potencijalna jama - vezana stanja

Beskonačna potencijalna jama

Harmonički oscilator

Ponovite **specijalne funkcije s MMF-a koje su rješenja**

Schrodingerove jednadžbe za gornje potencijale i one koji dolaze!!

3. predavanje 19-10-2009

Trodimenzionalni problemi - kvantizacija u kutiji, konačna jama, harmonički oscilator . Degeneracija stanja i gustoća stanja

Schrodingerova jednadžba - separacija varijabla/stupnjeva slobode

Simetrija hamiltonijana, izbor koordinatnog sustava

Kartezijev, sferni i cilindrični sustav - koordinate, operatori nabra i laplasijan

Separacija varijabla - općenito

Slobodna čestica, kvantizacija u 3D kutiji, energije, valne funkcije

Degeneracija stanja, primjeri

Prijelaz na kontinuirani slučaj, primjer: Sommerfeldov model metala

Pojam gustoće stanja - izvod za 3D slučaj, Fermijeva energija

Lokalna gustoća, lokalna gustoća stanja

Zadatak: gustoća stanja u 2D i 1D

Periodični rubni uvjeti

Trodimenzionalni harmonički oscilator: anizotropni, izotropni

Zadatak: Izotropni harmonički oscilator u sfernom i cilindričnom sustavu

4. predavanje 26-10-2009

Centralno simetrični potencijali, operator angularnog momenta

Centralno simetrični potencijali, Schrodingerova j. u sfernom sustavu

Separacija valnih funkcija, rješenja

Angularni dio, kvantni brojevi, kugline funkcije (Legendre!!)

Zadatak: Angularne raspodjele (crtanje) za razna stanja

Radijalni dio: Uvjet za energiju, degeneracija stanja

Angularni moment

Operator, svojstva, komutatori

Svojstvene funkcije i vrijednosti

Slobodna čestica u sfernom sustavu, Besselove i Neumannove funkcije

Razvoj ravnog vala u sfernom sustavu

Sferna potencijalna jama: beskonačna, konačna, Hankelove funkcije

Napomena: Ovo su dva vrlo zahtjevna paketa, pa preporučujem da se unaprijed dobro pripremite, naročito da ponovite specijalne funkcije i diferencijalne operatore.

5. predavanje 2-11-2009

Centralno simetrični potencijali

Jednadžba za funkciju $h = r R(r)$

Sferna potencijalna jama - beskonačna (ponavljanje)

Sferna potencijalna jama - konačna: valne funkcije i energije vezanih stanja

Besselove, Neumannove i Hankelove funkcije

Zadatak: Crtati valne radijalne i angularne valne funkcije i vjerojatnosti nalaženja čestice

Vodikov atom

Odvajanje relativnog gibanja i gibanja težišta: svodenje dvočestičnog na dva jednočestična problema, radijalna jedna
Kulonski potencijal, radijalna jedna
Radijalne valne funkcije - Laguerreovi polinomi, pridružene Laguerreove funkcije

Zadatak: Crtati valne radijalne i angularne valne funkcije i vjerojatnosti nalaženja čestice

Energije vezanja u vodikovom atomu, spektri energija, degeneracija
Osnovno stanje vodikovog atoma, Bohrov polumjer
Spektri zračenja

Zadatak: Izračunati energije i veličinu pojedinih orbitala u raznim atomima

6. predavanje 9-11-2009

Identične čestice, spin i statistika, Bose-Einsteinova i Fermi-Diracova raspodjela, izgradnja periodičkog sustava elemenata

Identične čestice

Paulijev princip isključenja, spin i statistika, bozoni i fermioni
Simetrična i antisimetrična višečestična valna funkcija
Bose-Einsteinova i Fermi-Diracova raspodjela
Slobodne čestice - Fermijev plin, bozonska kondenzacija

Vodikoliki atomi

Izgradnja periodičkog sustava elemenata
Elektronske ljuske, energije vezanja, odstupanja od jednočestičnog modela

7. predavanje 16-11-2009

Formalizam kvantne mehanike 1

Opis kvantno mehaničkog sistema. Stanja i fizikalne veličine (opservable)

Hilbertov prostor, prikaz stanja i fizikalnih veličina (vektori, operatori, ...)
Svojstva linearnog prostora. Skalarni produkt. Komutatori. Spektar operatora

Diracove oznake. Valne funkcije. Transformacije u Hilbertovu prostoru
Svojstvene funkcije i svojstvena stanja operatora
Hamiltonijan, svojstvena stanja, hermitski operatori
Diskretni i kontinuirani spektri
Unitarni operatori. Operator projekcije

Simultano mjerenje opservabla, konjugirane veličine i princip neodređenosti
Minimalni valni paket

Napomena: Treba ponoviti osnove linearne algebre!

8. predavanje 30-11-2009

Formalizam kvantne mehanike 2

Unitarne transformacije, operator vremenske evolucije $U(t,t')$
Schrodingerova i Heisenbergova slika, Heisenbergove jednačbe gibanja
Konstante gibanja, komutator s hamiltonijanom
Veza sa simetrijom potencijala, sačuvane veličine, kvantni brojevi
Primjeri: Translacije, rotacije, inverzija (paritet)
Klasična granica - Ehrenfestovi teoremi

9. predavanje 7-12-2009

Aproksimativne metode: Stacionarni račun smetnje

Razvoj po potencijama smetnje
Nedegenerirani slučaj: popravka energije i valne funkcije u 1. redu,
popravka energije u 2. redu
Primjer: Osnovno stanje helijevog atoma - popravka energije u 1.
redu
Dvoelektronski atomi - usporedba s eksperimentom
Degenerirani slučaj - uklanjanje dvostruke degeneracije
Poopćenje na n-struko degenerirana stanja

10. predavanje 14-12-2009

Interakcija čestica s električnim i magnetskim poljem I

Hamiltonijan čestice u elektromagnetskom polju
Atom u vanjskom magnetskom polju
- normalni Zeemanov učinak
Atom u vanjskom električnom polju
- linearni Starkov učinak
- kvadratni Starkov učinak
- jako električno polje - Ramsauerov učinak

Permanentni i inducirani dipolni moment, polarizabilnost

11. predavanje 21-12-2009

Aproksimativne metode: Varijacijski račun

Varijacijsko načelo - poučak o energiji osnovnog stanja
Primjer: Osnovno stanje helijevog atoma, dvoelektronski atomi
Dvoelektronski atomi - usporedba računa smetnje, varijacijskog
rezultata i eksperimenta

Primjer: Čestica u beskonačnoj potencijalnoj jami

12. predavanje 12-1-2009

Aproksimativne metode: Poluklasična aproksimacija – WKB metoda

Razvoj faze po Planckovoj konstanti

Valne funkcije, valjanost WKB aproksimacije

Vjerojatnost tuneliranja, usporedba s točnim računom

Određivanje energije vezanih stanja

Primjeri: Beskonačna jama, harmonički oscilator, čestica u gravitacijskom polju

13. predavanje 18-1-2009

Tuneliranje u kvantnoj fizici

Razni slučajevi: vezana i kontinuirana početna i konačna stanja («raspad» stanja)

Primjeri: M-I-M tuneliranje, emisija elektrona poljem, ionizacija atoma, STM,...

Primjer: Alfa-raspad

- vjerojatnost tuneliranja alfa-čestice
- poluvrijeme raspada jezgre

-

14. predavanje 25-1-2009