

KVANTNA FIZIKA : ISPITNA PITANJA, ak. god. 2007/8**2. kolokvij - zimski semestar**Schrodingerova jednađba, rješenja u 1, 2 i 3 dimenzije

- 1) Analogija izmedju klasične i kvantne fizike: Klasična mehanika i geometrijska optika, valna jednađba i Schrodingerova jednađba
- 2) Konstrukcija Schrodingerove jednađbe. Svojstva Schrodingerove jednađbe.
- 3) Značenje i svojstva valne funkcije. Statistička interpretacija kvantne fizike. Jednađba kontinuiteta: gustoća i struja vjerojatnosti. Primjer: Slobodna čestica
- 4) Vremenski ovisna Schrodingerova jednađba. Rješenja za slobodnu česticu
- 5) Vremenski neovisna Schrodingerova jednađba. Stacionarna stanja. Rubni uvjeti, vrste i svojstva rješenja, kvantizacija energije.
- 6) Izvedi i objasni Ehrenfestove poučke. Veza s klasičnim jednađbama gibanja
- 7) Potencijalni skok - refleksija i transmisija valova materije, fazni pomaci.
- 8) Raspršenje na odbojnom potencijalu - transmisija, refleksija, tuneliranje.
- 9) Raspršenje na konačnoj potencijalnoj jami - rezonancije.
- 10) Vezana stanja beskonačne i konačne potencijalne jame. Energije i valne funkcije
- 11) Linearni harmonički oscilator. Valne funkcije (skiciraj za $n = 1, 2$ i 3), spektar energija. Primjeri u fizici.
- 12) Anizotropni 3D harmonički oscilator. Valne funkcije, spektar energija.
- 13) Izotropni 3D harmonički oscilator. Valne funkcije, spektar energija. Degeneracija najnižih 5 stanja
- 14) Čestica u 3D kutiji. Valne funkcije, rubni uvjeti, kvantni brojevi, energije, degeneracija stanja.
- 15) Čestica u 3D kutiji kada L raste : kvantni brojevi, energije. Gustoća stanja, lokalna gustoća stanja, gustoća.
- 16) Čestica u 3D kutiji kada L raste : Periodični rubni uvjeti. Primjer - Sommerfeldov model metala.
- 17) Gustoća stanja slobodnih čestica u 1, 2 i 3 dimenzije. Odnos kontinuiranog i diskretnog spektra
- 18) Schrodingerova jednađba za vodikov atom. Relativne koordinate i reducirana masa. Odvajanje gibanja težišta.

- 19) Schrodingerova jednađba u centralnosimetričnom potencijalu. Separirana valna funkcija, kvantni brojevi i sačuvane veličine. Uvjet za energiju, degeneracija.
- 20) Invarijantnost hamiltonijana na rotaciju i očuvanje angularnog momenta.
- 21) Operator angularnog momenta u sfernim koordinatama.
- 22) Svojstvena stanja te svojstvene vrijednosti operatora angularnog momenta. Komutacijska pravila za operatore angularnog momenta
- 23) Slobodna čestica u sfernim koordinatama. Valne funkcije i energije
- 24) Razvoj ravnog vala u Besselove i kugline funkcije
- 25) Stanja čestice u sfernoj potencijalnoj jami. Valne funkcije i energije
- 26) Vezana stanja čestice u kulonskom potencijalu: energije vezanja, valne funkcije i gustoće. Degeneracija
- 27) Schrodingerova jednađba za N identičnih čestica u jednočestičnim potencijalima. Faktorizacija N-čestične valne funkcije. Simetrizacija i antisimetrizacija rješenja, veza spina i statistike
- 28) Paulijev princip isključenja, spin i statistika, fermioni, bozoni. Bose-Einsteinova i Fermi-Diracova raspodjela. Slobodne čestice: fermionski plin, Slaterova determinanta.
- 29) Izgradnja periodičkog sustava elemenata. Energijske ljuske. Veza elektronske strukture i kemijskih svojstava. Specifične grupe elemenata.

Aproksimativne metode

- 30) Stacionarni račun smetnje (nedegenerirani slučaj). Popravka energije (1. i 2. red) i valne funkcije (1. red).
- 31) Izvedite energiju osnovnog stanja helijevog atoma upotrebom stacionarnog računa smetnje.
- 32) Stacionarni račun smetnje (degenerirani slučaj). Uklanjanje degeneracije.
- 33) Čestica u vanjskom elektromagnetskom polju. Izvod hamiltonijana. Značenje pojedinih članova.
- 34) Atom u vanjskom električnom polju. Hamiltonijan. Linearni Starkov učinak
- 35) Atom u vanjskom električnom polju. Hamiltonijan. Kvadratni Starkov učinak
- 36) Ramsauerov učinak i Starkov učinak: primjenljivost računa smetnje
- 37) Atom u vanjskom magnetskom polju. Hamiltonijan. Normalni Zeemanov učinak.

- 38) Varijacijski račun. Pokažite da je energija osnovnog stanja sistema minimalna kada se za probnu valnu funkciju odabere točna valna funkcija.
- 39) Izvedite energiju osnovnog stanja helijeovog atoma upotrebom varijacijskog računa.
- 40) Izvedite energiju osnovnog stanja iona vodikove molekule upotrebom varijacijskog računa.
- 41) Varijacijskim računom odredite valnu funkciju i energiju osnovnog stanja vodikovog atoma.
- 42) Poluklasična aproksimacija-WKB metoda. Valne funkcije i granice primjenljivosti.
- 43) Određivanje energija vezanih stanja pomoću WKB aproksimacije. Analogija s Bohr-Sommerfeldovim pravilima. Beskonačna potencijalna jama
- 44) Energije vezanih stanja u WKB aproksimaciji za potencijal konačnih zidova
- 45) Energije vezanih stanja u WKB aproksimaciji za potencijal s jednim beskonačnim zidom
- 46) Izvedite kvantizaciju energijskih nivoa harmoničkog oscilatora WKB metodom.
- 47) Izvedite kvantizaciju energijskih nivoa čestice koja se giba u gravitacijskom potencijalu pomoću WKB metode.
- 49) Vjerojatnost tuneliranja pomoću WKB aproksimacije, uvjeti primjenljivosti .
- 50) Izvedite pomoću WKB metode koeficijent transmisije za tuneliranje kroz pravokutnu potencijalnu barijeru te usporedite s egzaktnim rezultatom.
- 51) Primjeri tuneliranja u fizici
- 52) Alfa-raspad. Opis procesa, potencijali, vjerojatnost tuneliranja. Poluvrijeme raspada

Formalizam kvantne mehanike

- 53) Prikaz fizikalnih stanja u Hilbertovom prostoru. Svojstva Hilbertovog prostora
- 54) Prikaz stanja u Hilbertovom prostoru i u koordinatnoj reprezentaciji, npr. pomoću valnih funkcija.
- 55) Diracove oznake za stanja i fizikalne veličine.
- 56) Razlozi prikaza fizikalnih stanja i veličina vektorima i operatorima, veza s mjerenjima.
- 57) Hamiltonijan sistema, značenje, svojstva. Svojstvena stanja.
- 58) Hermitski operatori, definicija, svojstva. Fizikalno značenje i važnost.
- 59) Unitarne transformacije i operatori, definicija, svojstva. Fizikalno značenje i važnost.

- 60) Schrodingerova i Heisenbergova slika. Jednadžbe gibanja.
- 61) Operator vremenske evolucije sistema, Dysonov razvoj.
- 62) Jednadžbe gibanja za valne funkcije i operatore u slici međudjelovanja.
- 63) Heisenbergova jednadžba gibanja za operatore.
- 64) Vremenska promjena srednje vrijednosti opservabla. Konstante gibanja
- 65) Valni paket (u 1 D). Konstrukcija, značenje, gibanje-širenje. Veza s relacijama neodređenosti. Minimalni valni paket
- 66) Konjugirane opservable. Komutacijska pravila. Veza s relacijama neodređenosti.
- 67) Veza relacija neodređenosti i komutatora dviju opservabla.
- 68) Konstante gibanja, veza s komutacijskim relacijama.
- 69) Određivanje sačuvanih veličina i kvantnih brojeva iz simetrije hamiltonijana.
- 70) Sistem invarijantan na translaciju, rotaciju i/ili paritet: sačuvane veličine i odgovarajući kvantni brojevi.
- 71) Dokažite da je opservabla čiji operator komutira s hamiltonijanom konstanta gibanja.
- 72) Što su inkompatibilne, a što kompatibilne opservable. Dokažite da operatori međusobno komutiraju ako i samo ako imaju zajedničke vlastite vektore.
- 73) U Diracovoj notaciji napravite razvoj stanja nekog sistema po svojstvenim stanjima operatora A. Koeficijenti razvoja? Dokažite da svojstvena stanja operatora A moraju zadovoljavati relacijama potpunosti.
- 74) Napravite prijelaz sa prikaza stanja u Diracovoj notaciji u koordinatnu reprezentaciju (valna funkcija!). Napišite relacije potpunosti kad je uključen i diskretni i kontinuirani spektar.
- 75) Prevedite izraz za matrični element operatora u Diracovoj notaciji u koordinatnu reprezentaciju (valnih funkcija!)
- 76) Dokažite da svojstvena stanja operatora A moraju biti ortonormirana.
- 77) Dokažite da su x i p hermitski operatori.
- 78) Potpun skup komutirajućih operatora i njihove svojstvene funkcije. Primjeri.