

Izpitna vprašanja in teme seminarskih nalog pri Moderni fiziki za študente Aplikativne fizike

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

Avtor: Andrej Zorko
Ljubljana, 2023/2024

Izpitna vprašanja:

1. *Posebna teorija relativnosti:*

- Na katerih postulatih temelji Posebna teorija relativnosti?
- Kaj je to dogodek, opazovalec, svetovnica, vektor četverec?
- Kakšne so posledice posebne teorije relativnosti?
- Kaj je lastni čas in kaj lastna dolžina?

2. *Lorentzova transformacija:*

- Primerjaj Lorentzovo in Galilejevo transformacijo!
- Kaj je interval prostor-časa?
- Kako se transformira vektor hitrosti?

3. *Dopplerjev premik:*

- Kakšen je izraz za relativistični Dopplerjev premik?
- Kako je definiran valovni vektor četverec in kako se transformira?
- Kaj je transverzalni Dopplerjev premik?

4. *Relativistična gibalna količina in energija:*

- Kako je definirana relativistična gibalna količina in kakšna je relativistična enačba gibanja?
- Kako pa je definirana relativistična energija?
- Kaj je mirovna energija?
- Kaj je polna energija?

- Kako je definiran vektor četverec gibalne količine in kako se transformira?
- Kaj je invariata vektorja četverca gibalne količine?

5. *Svetloba kot delci in valovanje:*

- Naštej in razloži eksperimente, ki kažejo na delčno naravo svetlobe!

6. *Comptonovo sipanje:*

- Kako razložimo spremembo valovne dolžine fotonov, ki se sipljejo na prostih elektronih?

7. *Bohrov model atoma:*

- Naštej Bohrove postulate in opiši Bohrovo idejo kvantizacije!
- Kakšni so dovoljeni elektronski radiji in energije atoma v tem modelu?

8. *Valovna narava snovi:*

- Kaj je de Brogliejeva valovna dolžina?
- Kaj je valovni paket in kaj valovna funkcija?
- Kako z valovno funkcijo opišemo sipanje elektronov na dveh režah?

9. *Heisenbergovo načelo nedoločenosti:*

- Kaj pove Heisenbergovo načelo nedoločenosti?
- Opiši primer uporabe tega načela na delcu s končnim življenjskim časom!

10. *Valovna funkcija in Schrödingerjeva enačba:*

- Kakšen je pomen valovne funkcije?
- Zapiši Schrödingerjevo valovno enačbo in komentiraj njen pomen!
- Kaj so stacionarna (lastna) stanja?
- Kakšen je njihov časovni razvoj?
- Kakšna je rešitev Schrödingerjeve enačbe za prost delec?

11. *Neskončno globoka potencialna jama:*

- Zapiši lastne funkcije in pripadajoče lastne energije delca v neskončno globoki potencialni jami!

12. *Kvantni harmonski oscilator:*

- Zapiši stacionarno Schrödingerjevo enačbo za primer harmonskega oscilatorja in komentiraj, kakšnim pogojem morajo zadoščati lastne funkcije!
- Zapiši lastno funkcijo osnovnega stanja in pripadajočo energijo!
- Kako so kvantizirane energije vzbujenih stanj?

13. *Povprečne vrednosti opazljivk in operatorji:*

- Kako izračunamo povprečno vrednosti lege in gibalne količine delca v nekem stanju $\Psi(x, t)$?
- Kaj v kvantni mehaniki predstavljajo operatorji?
- Zapiši operatorje za lego delca, njegovo gibalno količino ter kinetično in polno energijo (hamiltonko)!

14. *Razvoj po lastnih funkcijah:*

- Kakšni so koeficienti v razvoju poljubne funkcije v bazi lastnih funkcij neke hamiltonke?
- Kako se povprečna energija takšne funkcije (stanja) izraža z lastnimi energijami?
- Kakšen je časovni razvoj te funkcije?

15. *Potencialna stopnica in potencialna plast:*

- Kakšna sta koeficienta prepustnosti in odbojnosti za potencialno stopnico?
- Kako nastavimo reševanje problema potencialne plasti?
- Kaj je kvantno tuneliranje in kdaj pride do njega?
- Naštej nekaj primerov kvantnega tuneliranja?

16. *Kvantni rotator:*

- Kako rešujemo stacionarno Schrödingerjevo enačbo v primeru centralnega potenciala v 3D?

- Kakšne funkcije popisujejo lastna stanja kvantnega rotatorja?
- Kako je kvantizirana energija kvantnega rotatorja?
- Kako pa sta kvantizirani velikost kvadrata vrtilne količine in komponenta z vrtilne količine?

17. *Atom vodika:*

- Kakšna je Schrödingerjeva enačba za primer atoma vodika in kako postopamo pri njenem reševanju?
- Kakšne so lastne valovne funkcije in kakšne pripadajoče energije?
- Katera so pripadajoča kvantna števila in kaj določa število le-teh?
- Kakšna je degeneracija posamezne elektronske lupine in podlupine?
- Kaj pa je drugače v primeru vodiku podobnih atomov z Z protoni in enim samim elektronom?

18. *Atomski magnetizem:*

- Kolikšen je tirni magnetni moment atoma in kaj je Bohrov magneton?
- Kolikšna je magnetna energija atoma v zunanjem magnetnem polju?
- Kaj je normalni Zeemanov efekt?

19. *Spin elektrona:*

- Kaj pokaže Stern-Gerlachov eksperiment?
- Kolikšen je spin elektrona in kolikšen spinski magnetni moment?
- Kolikšen je skupni magnetni moment elektrona v atomu?

20. *Sklopitev LS in Zeemanov razcep:*

- Zakaj pride do sklopitve med spinsko in tirno vrtilno količino in kakšne so posledice te sklopitve?
- Kolikšen je Zeemanov razcep energijskih nivojev za primer šibkega in močnega zunanjega polja?

21. *Atomi z več elektroni:*

- Kakšne omejitve postavlja Paulijevo izključitveno načelo?

- Na čem temelji to načelo?
- Kakšno simetrijo ima elektronska valovna funkcija dveh delcev?
- Kako interakcije med elektroni vplivajo na energijo atoma?
- Kaj je elektronska konfiguracija atoma?

22. *Vezava molekul:*

- Kakšne oblike je potencial v molekuli?
- Katere tipe molekulskih vezi poznaš in kakšne so njihove značilnosti?
- Razloži še kvantnomehanski opis molekul H_2^+ in H_2 !

23. *Vzbujena stanja molekul:*

- Katere so nizkoenergijske vzbuditve molekul in kakšni so njihovi absorpcijsko-emisijski spektri?

24. *Maxwell-Boltzmannova porazdelitev:*

- Katere so osnovne predpostavke MB statistike?
- Kakšna je oblika Maxwell-Boltzmannove porazdelitvene funkcije?
- Kako izračunamo število stanj pri neki energiji za diskretne in za zvezne porazdelitve?
- Komentiraj uporabo MB statistike na primeru porazdelitve hitrosti molekul v plinu!

25. *Kvantna statistika:*

- Kdaj klasična MB statistika odpove?
- Kaj velja za valovno funkcijo bozonov in kaj za valovno funkcijo fermionov?
- Zapiši izraz za Bose-Einsteinovo in Fermi-Diracovo porazdelitev in komentiraj limitne primere!

26. *Primeri uporabe kvantne statistike:*

- Pokaži, kako kvantna statistika razloži elektronski plin v kovinah (Fermijev plin) in sevanje črnega telesa!
- Kaj je Bose-Einsteinova kondenzacija?

27. *Laserji:*

- Kako opišemo absorpcijo, spontano in stimulirano emisijo fotona?
- Opiši osnovne komponente in princip delovanja laserja! Katere vrste laserjev poznaš?

28. *Kristali:*

- Katere tipe vezave atomov v trdni snovi poznaš? Opiši jih!
- Kako določamo strukturo kristalov?

29. *Pasovna struktura elektronskih stanj v kristalu:*

- Zakaj pride do pasovne strukture elektronskih stanj v kristalu?
- Kakšna je razlika med kovinami, izolatorji in polprevodniki?
- Pri katerih valovnih vektorjih se odprejo energijske vrzeli?

30. *Elektroni v kovini:*

- Opiši klasični Drudejev model elektronov v kovini!
- Katere so osnovne predpostavke in katere so njegove napovedi?
- Kaj so pomanjkljivosti tega modela?
- Po čem pa se od tega modela razlikuje kvantni model Fermijevega plina?

31. *Polprevodniki:*

- Opiši energijske nivoje čistega polprevodnika in dopiranih polprevodnikov tipa p in tipa n !
- Kaj so donorska in akceptorska stanja in kje se pojavijo?
- Kako izračunamo gostoti elektronov v prevodnem pasu in vrzeli v valenčnem pasu v čistem polprevodniku?
- Kakšna pa je njegova Fermijeva energija?
- Opiši prevažanje električnega toka v polprevodniku!
- Kako lahko določimo prevladujoče nosilce električnega toka?

32. *Stik p - n :*

- Opiši, kaj se zgodi na stiku polprevodnikov tipa p in n !

- Opiši princip delovanja usmerniške diode, solarne celice, LED in drugim polprevodniških naprav, ki jih poznaš!

33. *Superprevodniki:*

- Kaj sta osnovni lastnosti superprevodnikov?
- Kaj je Meissnerjev efekt?
- Kaj so Cooperjevi pari?
- Kaj je visokotemperaturna superprevodnost?
- Komentiraj primere uporabe superprevodnikov!

34. *Lastnosti jeder:*

- Kaj so osnovni gradniki jeder in katera števila karakterizirajo določeno jedro?
- Kolikšna je velikost in kolikšna masa jeder?
- Kaj je vezavna energija jedra in kolikšne so tipične vrednosti?
- Kaj velja za jedrsko silo in kakšen je jedrski potencial?

35. *Fizikalni modeli jedra:*

- Kaj so osnovne predpostavke kapljičnega modela jedra?
- Zapiši semiempirično masno formulo, do katere vodijo te predpostavke!
- Opiši lupinski model jedra!
- Kako ta model pojasni magična števila?

36. *Jedrski magnetizem:*

- Kakšna sta vrtilna količina in magnetni moment jedra in kako je definiran jedrski magneton?
- Kako določimo spin jedra znotraj lupinskega modela?
- Komentiraj Zeemanov razcep jedrskih energijskih nivojev v zunanem magnetnem polju in eksperiment jedrske magnetne resonance (NMR)!

37. *Radioaktivnost:*

- Zapiši razpadni zakon in komentiraj pomen razpadne konstante!

- Kaj je aktivnost radioaktivnega vzorca?
- Opiši vse tri tipe sevanja!

38. *Jedrske reakcije:*

- Zapiši splošno jedrsko reakcijo in njeno energijsko bilanco!
- Kateri ohranitveni zakoni veljajo pri tem?
- Kako je definiran sipalni presek?

39. *Razpad in zlivanje jeder:*

- Kaj se zgodi pri tipičnem razcepu jedra?
- Opiši delovanje jedrskega reaktorja!
- Kako poteka zlivanje jeder v zvezdah?
- Kateri so kritični parametri zlivanja jeder v fuzijskem reaktorju?
- Kaj je Lawsonov kriterij?

40. *Radioaktivno sevanje:*

- Kaj povzroči radioaktivno sevanje v snovi?
- Kako ga detektiramo?
- Opiši osnove delovanja detektorjev delcev, ki jih poznaš!
- Naštej in opiši nekaj primerov uporabe radioaktivnega sevanja!

41. *Fundamentalne sile in klasifikacija delcev:*

- Katere so osnovne sile v naravi?
- Kaj jih prenaša?
- Na katere skupine delimo delce?
- Kaj so nevtrinske oscilacije?
- Kaj so antidelci?

42. *Kvarki:*

- Katere okuse kvarkov poznamo?
- Kako so sestavljeni barioni in kako mezoni?
- Kaj je barvni naboj kvarkov?
- Opiši Standardni model!

Teme seminarских nalog:

1. Paradoks dvojčkov
2. Osnove splošne teorije relativnosti
3. Gravitacijski valovi ([link](#))
4. Kolaps valovne funkcije ([link](#))
5. Elektronski mikroskop – TEM
6. Pozitronska emisijska tomografija
7. CCD kamera
8. Vrstični tunelski mikroskop – STM
9. Elektronska spinska resonanca
10. Lasersko hlajenje in eksperimenti s hladnimi atomi
11. Laser na principu prostih elektronov
12. Optična pinceta
13. Kvantni Hallov pojav, frakcionalni kvantni Hallov pojav in spinski Hallov pojav
14. Uporaba polprevodnikov v tehnologiji
15. Fotovoltaične celice
16. Superprevodnost
17. Rentgensko sipanje
18. Nevtronsko sipanje
19. Magnetizem v snovi
20. Sodobne magnetne spominske naprave
21. Periodni sistem jeder ([link](#))
22. Jedrska magnetna resonanca
23. Slikanje z jedrsko magnetno resonanco
24. Kvantne spinske tekočine ([link](#))
25. Kvantno računalništvo
26. Kvantna kriptografija ([link](#))
27. Časovni kristali ([link1](#), [link2](#))
28. Določanje starosti s pomočjo radioaktivnosti

29. Uporaba radioaktivnosti v terapevtske namene
30. Fuzijski reaktorji
31. Sodobni trkalniki
32. Mionska spektroskopija
33. Radij protona ([link](#))
34. Higgsov bozon
35. Nevtrinske oscilacije, masa nevtrinov in obstoj četrtega nevtrina ([link](#))
36. Nestandardni težki mezoni in barioni ([link](#))
37. Jedra s čudnimi kvarki ([link](#))
38. Kozmične nestabilnosti in temna snov ([link1](#), [link2](#), [link3](#))
39. Meritev šibkega naboja ([link](#))
40. Onstran standardnega modela ([link](#))
41. Veliki pok
42. Kvantna teorija gravitacije ([link1](#), [link2](#))

Možna je tudi tema na predlog študenta po dogovoru s profesorjem.