

Izpitne teze iz elektromagneta polja

Na vprašanja odgovarjajte kratko in se držite zgolj tega, po čemer se vprašuje. Ne pozabite definirati **vseh** količin in simbolov, ki jih uporabljate v odgovorih! Izpeljava mora vsebovati vse pomembne korake od prvega do zadnjega.

Prvi del:

1. Zapiši prvi dve Maxwellovi enačbi za statično električno polje, zapiši enačbo silnice tega polja in od tod izpelji Poissonovo enačbo.
2. Naštej nekaj porazdelitev električnih nabojev in izpelji velikost pravokotne komponente jakosti električnega polja v primeru površinske porazdelitve nabojev.
3. Zapiši rešitev Poissonove enačbe za točkast naboj in izpelji ustrezno obliko Greenove funkcije.
4. Izpelji elektrostatsko energijo porazdelitve nabojev v zunanjem električnem potencialu in ustrezno energijo električnega polja samega.
5. Izpelji elektrostatsko energijo polja in jo zapiši s pomočjo skalarnega potenciala in s pomočjo jakosti električnega polja.
6. Izpelji silo na porazdelitev nabojev in ustrezen napetostni tenzor električnega polja.
7. Izpelji silo med dvema enakima (nasprotnima) točkastima nabojema na razdalji D s pomočjo tenzorja napetosti električnega polja.
8. Izpelji multipolni razvoj električnega potenciala do drugega reda in definiraj ustrezni dipolni moment.
9. Izpelji potencial in polje točkastega dipola.
10. Izpelji multipolen razvoj elektrostatske energije in od tod izraza za silo in navor na točkast dipol.
11. Definiraj gostoto toka in jo zapiši v primeru toka po žici in v primeru gibanja zvezno porazdeljenih nosilcev naboja v prostoru.
12. Zapiši zvezo med gostoto magnetnega polja in gostoto toka in povej ter izpelji kakšne so silnice za oba vektorja.
13. Zapiši izraza za magnetno silo na zvezno porazdelitev gostote toka in kot mejni primer silo na vodnik po katerem teče konstantni tok.
14. , Vpelji vektorski potencial gostote magnetnega polja in izpelji zvezo med njim in gostoto toka.

15. Izpelj in zapiši vektorski potencial znotraj in zunaj tuljave.
16. Izpelj Biot - Savartov zakon za magnetno polje zvezne porazdelitve gostote toka ter od tod izpelj magnetno polje ravnega vodnika.
17. Izpelj izraz za magnetno energijo porazdelitve gostote tokov v zunanjem vektorskem potencialu in ustrezno magnetno energijo polja samega.
18. Izpelj magnetno energijo polja s pomočjo vektorskega potenciala in s pomočjo gostote magnetnega polja.
19. Izpelj magnetno silo na porazdelitev gostote tokov v prostoru s pomočjo tenzorja napetosti magnetneg apolja.
20. S pomočjo tenzorja napetosti izpelj silo med dvema ravnima vodnikoma dolžine L na razdalji D , po katerih teče tok v isti (obratni) smeri.
21. Izpelj multipolni razvoj za vektorski potencial porazdelitve gostote toka in definiraj ustrezen magnetni dipolni moment.
22. Izpelj in zapiši vektorski potencial in gostoto magnetneg apolja za točkast magnetni dipol ter opiši Amperovo ekvivalenco.
23. Izpelj multipolni razvoj magnetne energije in od tod še silo in navor na magnetni dipol.
24. Zapiši Maxwellove enačbe v primeru kvazistatičnih polja in pokaži, da ustrezajo zaključenim silnicam gostote toka.
25. Izpelj povezavo med jakostjo električnega polja in obema potencialoma. Od tod izračunaj še rotor električnega polja. Kaj dobiš?
26. Zapiši Ohmov zakon za gostoto toka in od tod izpelj, kakšno mora biti električno polje v prevodniku in kakšen potencial na njegovi površini.
27. Iz preproste mikroskopske slike izelj makroskopski Ohmov zakon. Čemu je v tej sliki enaka ohmska prevodnost?
28. Iz Ohmovega zakona izpelj izraz za ohmsko upornost vodnika.
29. Izpelj izraz za disipacijo energije pri električnem toku skozi ohmski prevodnik.
30. Kaj je in zakaj obstaja kapacitivnost prevodnikov v prostoru. Zapiši jo v splošnem primeru.
31. Kaj je in zakaj obstaja induktivnost vodnikov v prostoru. Zapiši jo v splošnem primeru.

32. Izpelji enačbo za časovno spreminjanje toka v tokokrogu, ki vsebuje induktivne in kapacitivne elemente.
33. Zapiši osnovne enačbe kožnega pojava, njihove rešitve v primeru cilindričnega vodnika in jih komentiraj.
34. Zapiši Maxwelllove enačbe v vakuumu in iz njih izpelji enačbo za ohranjanje naboja.
35. Izpelji ohranitveni zakon za energijo elektromagnetnega polja v vakuumu. Kdaj se energija elektromagnetnega polja ohranja?
36. Izpelji zakon o ohranjevanju gibalne količine elektromagnetnega polja in zapiši ter povej, kdaj velja Einstein - Poincaréjev zakon.
37. Izpelji zakon o ohranjevanju vrtilne količine elektromagnetnega polja in virialni teoreme za elektromagnetno polje.
38. Pokaži, da se mora vsak omejen paket elektromagnetnega polja po prostoru gibati s svetlobno hitrostjo.
39. Definiraj vezan naboj, vektor polarizacije, električno susceptibilnost in zapiši električno polje v snovi.
40. Pokaži, da je vektor polarizacije enak gostoti dipolnega momenta v snovi.
41. Definiraj vezano gostoto toka, vektor magnetizacije, magnetno susceptibilnost in zapiši magnetno polje v snovi.
42. Pokaži, da je vektor magnetizacije enak gostoti magnetnega dipolnega momenta v snovi. Kaj to pomeni, če upoštevaš še Amperovo ekvivalenco?
43. Zapiši Maxwelllove enačbe v snovi in ustrezne konstitutivne relacije za električno in magnetno polje.
44. Izpelji robne pogoje za Maxwelllove enačbe na meji dveh snovi.
45. Zapiši časovno nelokalno zvezo med vektorjem polarizacije in vektorjem jakosti električnega polja v snovi v realnem in v Fourierovem prostoru.
46. Definiraj dielektrično funkcijo v realnem in v Fourierovem prostoru. Kaj pomeni njena imaginarna komponenta?
47. Izpelji najpomembnejše analitične lastnosti dielektrične funkcije v Fourierovem prostoru.
48. Izpelji Kramers - Kronigove relacije za dielektrično funkcijo v Fourierovem prostoru.
49. Izpelji disipacijo energije v primeru frekvenčno odvisne dielektrične funkcije.

50. Izpelji najpreprostejšo klasično gibalno enačbo za vezan naboj in ustrezeni vektor polarizacije.
51. Zapiši osnovno enačbo Debyejevega modela dielektrične relaksacije in od tod izpelji realno in imaginarno komponento dielektrične funkcije v odvisnosti od frekvence zunanega polja.
52. Zapiši osnovno enačbo Lorentzovega modela dielektrične relaksacije in od tod izpelji realno in imaginarno komponento dielektrične funkcije v odvisnosti od frekvence zunanega polja.
53. Zapiši osnovno enačbo plazemskega modela dielektrične relaksacije in od tod izpelji realno in imaginarno komponento dielektrične funkcije v odvisnosti od frekvence zunanega polja.
54. Opiši in nariši osnovne lastnosti dielektričnega odziva vode v celotnem frekvenčnem območju.
55. Izpelji frekvenčno odvisnost prevodnosti ohmskega vodnika. Kaj je to sumacijsko pravilo?
56. Izpelji zvezo med frekvenčno odvisno dielektrično funkcijo in frekvenčno odvisno prevodnostjo vodnika.
57. Izpelji enačbo gibanja za gostoto naboja v plazmi.
58. Iz Maxwellovih enačb v vakuumu in v snovi izpelji ustrezni valovni enačbi.
59. Izpelji geometrijo elektromagnetnega polja v elektromagnetnem valu, vpelji polarizacijo in definiraj Stokesove parametre.

Drugi del:

1. Vpelji umeritveno transformacijo EM potencialov in pokaži, da je $\oint \mathbf{A}(\mathbf{r}, \mathbf{t}) d\mathbf{r} - \oint \phi(\mathbf{r}, \mathbf{t}) d\mathbf{t}$ invariantna na to transformacijo.
2. Zapiši Lorentzovo umeritev in pokaži, da mora umeritvena funkcija zadoščati valovni enačbi.
3. Izpelji Riemann - Sommerfeldove enačbe v Lorentzovi umeritvi.
4. Dokaži, da je umeritvena transformacija posledica ohranjanja naboja.
5. Zapiši retardirane EM potenciale in dokaži, da zadoščajo Riemann - Sommerfeldovim enačbam.
6. Izpelji Lienard - Wiechertova potencial za gibajoč se naboj.

7. Zapiši radiacijski del električnega in magnetnega polja gibajočega se naboja in pokaži, da imata isto geometrijo kot polja EM valovanja.
8. Izpelji radialni del Poyntingovega vektorja za radiacijska polja gibajočega se naboja.
9. Izpelji izsevano moč gibajočih se nabojev.
10. Izpelji EM potenciala časovno spremenljivega dipola v limiti velikih razdalj.
11. Izpelji električno in magnetno polje časovno spremenljivega dipola v limiti velikih razdalj.
12. Izpelji radialni del Poyntingovega vektorja za radiacijska polja časovno spremenljivega dipola.
13. Izpelji izsevano moč časovno spremenljivega dipola.
14. Zapiši izraz za reakcijsko silo sevanja in komentiraj pomen Abraham - Lorentzove enačbe.
15. Izpelji Lagrangeovo funkcijo nabitega delca v zunanjem EM polju.
16. Dokaži, da je Lagrangeova funkcija nabitega delca v zunanjem EM polju invariantna na umiritveno transformacijo.
17. Izpelji Hamiltonovo funkcijo nabitega delca v zunanjem EM polju.
18. Zapiši Lagrangeovo funkcijo EM polja in njegovih izvorov in od tod izpelji Riemann - Sommerfeldovo enačbo za skalarni potencial.
19. Zapiši Lagrangeovo funkcijo EM polja in njegovih izvorov in od tod izpelji Riemann - Sommerfeldovo enačbo za vektorski potencial.
20. Izpelji Lorentzovo transformacijo s pomočjo vrteža v štirih dimenzijah.
21. Dokaži, da je valovna enačba invariantna na Lorentzovo transformacijo.
22. Kaj je to štirivektor in kaj so njegove ko- oziroma kontravariantne komponente?
23. Kako se Lorentzovo transformirajo ko- oziroma kontravariantne komponente štirivektorjev?
24. Zapiši Lorentzovo matriko in njeno determinanto.
25. Zapiši transformacijske enačbe za kovariantne komponente štirivektorja.
26. Zapiši transformacijske enačbe za kontravariantne komponente štirivektorja.
27. Definiraj dolžino štirivektorja in pokaži, da je invariantna na Lorentzovo transformacijo.

28. Definiraj lastni čas in dokaži, da je invarianten na Lorentzovo transformacijo.
29. Definiraj štirivektor hitrosti in izračunaj kvadrat njegove dolžine.
30. Izpelji transformacijske enačbe trodimenzionalnega vektorja hitrosti.
31. Definiraj štirivektor gibalne količine in pokaži, da je pravokoten na štirivektor sile.
32. Kako je definirana četrta komponenta štirivektorja sile in kaj je celotna energija telesa.
33. Definiraj štirivektor EM potenciala in izpelji, kako se Lorentzovo transformirajo njegove komponente.
34. Zapiši kovariantno nujno nabitega delca v zunanjem EM polju in ustrezne Euler - Lagrangeove enačbe.
35. Definiraj štirivektor gostote toka in pokaži, da je Schwartzschildova invarianta res invariantna na Lorentzovo transformacijo.
36. Zapiši Riemann - Sommerfeldove enačbe v kovariantni obliki in izpelji zvezo med kontinuitetno enačbo in Lorentzovo umeritvijo.
37. Vpelji kovariantne komponente tenzorja EM polja in zapiši njegove komponente v obliki matrike.
38. Vpelji kontravariantne komponente tenzorja EM polja in zapiši njegove komponente v obliki matrike.
39. Izpelji izraz za dolžino tenzorja EM polja.
40. Izpelji prvi dve Maxwellovi enačbi iz definicije tenzorja EM polja.
41. Za poljubni prvi indeks (vzemi 1,2,3, ali 4) pokaži, da Maxwellove enačbe zapisane s pomočjo tenzorja EM polja sovpadajo z njihovo standardno obliko.
42. Vpelji dualni tenzor EM polja in ga zapiši v obliki matrike.
43. Zapiši "kinematični" Maxwellovi enačbi s pomočjo dualnega tenzorja EM polja
44. Za poljubni prvi indeks (vzemi 1,2,3, ali 4) pokaži, da "kinematični" Maxwellovi enačbi zapisane s pomočjo dualnega tenzorja EM polja sovpadajo z njihovo standardno obliko.
45. Zapiši "kinematični" Maxwellovi enačbi s pomočjo tenzorja EM polja.
46. Izpelji kovariantno obliko Lorentzove sile.
47. Izpelji kovariantno obliko gostote Lorentzove sile.

48. Skozi kovariantno obliko gostote Lorentzove sile vpelji štiritenzor napetosti.
49. Zapiši komponente štiritenzorja napetosti v matrični obliki.
50. Pokaži, da prostorske komponente štiritenzorja napetosti sovpadajo s komponentami napetostnega tenzorja EM polja.
51. Pokaži, da prostorsko-časovne komponente štiritenzorja napetosti sovpadajo s Poyntingovim vektorjem EM polja.
52. Pokaži, da časovno-časovna komponenta štiritenzorja napetosti sovpadajo z gostoto energije EM polja.
53. Katere ohranitvene zakone dobimo iz divergence štiritenzorja napetosti EM polja?
54. Definiraj štirivektor gostote masnega toka in pokaži, da zadošča kontinuitetni enačbi.
55. Vpelji štiritenzor gostote toka gibalne količine in energije in pokaži, da je njegova divergenca enaka gostoti sile.
56. Kako se glasi gibalna enačba za delec v EM polju zapisana s pomočjo štiritenzorjev napetosti EM polja in gostote toka gibalne količine in energije delca?