

## OPĆA FIZIKA II (Elektricitet i magnetizam) – 2014. god.

### A. TEMELJNA PITANJA

(Student izvlači tri pitanja na koja odgovara. Potpuno neznanje, ili nerazumijevanje principa, na bilo kojem pitanju povlači pad ispita, bez obzira na uspjeh u pismenom dijelu. Dobrim pak znanjem pokazanim u odgovorima, student se može kvalificirati za ocjenu vrlo dobar, ukoliko je na pismenom dijelu ostvario ocjenu dobar, ili veću.)

- A1. Što je to električni naboj? Koja su mu svojstva (posebno, komentar na očuvanje i kvantizaciju)? Kako glase Coulombov zakon i načelo superpozicije? U kojim granicama vrijedi Coulombov zakon?
- A2. Odredite kako općenito glasi izraz za energiju sustava električnih naboja. Navedite primjere sa sustavom 3 naboja i kristalnom rešetkom. Koji su uvjeti na stabilnost elektrostatskog sustava?
- A3. Definirajte pojam električnog polja u slučaju diskretne i kontinuirane raspodjele naboja. Kako definiramo tok električnog polja kroz neku površinu? Odredite tok jediničnog naboja kroz zatvorenu plohu proizvoljnog oblika i položaja u prostoru.
- A4. Kako glasi Gaussov zakon? Odredite polja sferno simetrične raspodjele naboja te jednolike pravčaste i ravninske raspodjele naboja.
- A5. Na nekom primjeru odredite krivoljni integral elektrostatskog polja na dvije različite putanje. Kako definiramo razliku potencijala i električni potencijal? Povucite analogiju s gravitacijskim potencijalom.
- A6. Definirajte operator gradijenta skalarne funkcije. Objasnite pojam parcijalne derivacije. Kako izvodimo električno polje iz potencijala? Navedite neki primjer u Kartezijevu i sfernom sustavu.
- A7. Kako glasi izraz za potencijal raspodjele naboja? Odredite potencijale nekog broja točkastih naboja te jednolike pravčaste raspodjele naboja. Komentirajte proizvoljnost izbora nule potencijala na posljednjem primjeru.
- A8. Kolika sila djeluje na naboj  $dq$  na površini jednolike nabijene kugle? Kako smo pridjelili energiju električnom polju? Izvedite izraz za rad potreban za postavljanje jednolike raspodjele naboja na kuglu pomoću električne energije elektrostatskog polja. Kako glasi izrazi za vezu električnog potencijala, potencijalne energije sustava i električnog polja sustava?
- A9. Kako definiramo divergenciju vektorske funkcije? Pomoću te definicije pokažite kako glase Gaussov teorem i Gaussov zakon. Izvedite izraz za divergenciju u Kartezijevu sustavu.
- A10. Što je to Laplasijan i na kakve funkcije može djelovati? Pomoću Gaussovog zakona izvedite Laplaceovu i Poissonovu jednadžbu. Koje su bitne posljedice Laplaceove jednadžbe?
- A11. Kako definiramo rotaciju vektorske funkcije? Pomoću te definicije pokažite kako glasi Stokesov teorem. Izvedite izraz za rotaciju u Kartezijevu sustavu.

- A12. Koja je razlika između vodiča i izolatora? Kako se ponaša vodič koji umetnemo u elektrostatsko polje? Komentirajte potencijal i električno polje na površini pojedinog vodiča u ravnoteži.
- A13. Koji su uvjeti dovoljni za zadavanje općeg elektrostatskog problema? Razjasnite teorem o jedinstvenosti rješenja takvog problema. Kakve to posljedice ima na električno polje unutar šupljeg vodiča proizvoljnog oblika?
- A14. Definirajte kapacitet na primjeru dvije jednake usporedne vodljive ploče. Što su općenito kapacitori i kapacitet? Definirajte kapacitivne koeficijente na sustavu više vodiča zadanih potencijala. Kako glasi izraz za energiju kapacitora?
- A15. Kako definiramo vektor strujne gustoće i struju u općenitom slučaju? Koji izrazi vrijede za vremenski stalne i vremenski promjenjive struje? Interpretirajte jednadžbu kontinuiteta na primjeru vakuumske diode.
- A16. Kako glasi Ohmov zakon? Uvedite Drudeov model vođenja električne struje i pokažite da je brzina vođenja proporcionalna električnom polju. Kako definiramo voljdivost i otpornost? U kojim uvjetima vrijedi Ohmov zakon? U kojim se granicama kreću vodljivosti materijala?
- A17. Kako se određuje otpor nekog vodiča? Navedite primjer s nastave. Kako idealizirano prikazujemo otpor u električnom krugu? Izvedite izraze za serijski i paralelni spoj otpornika pomoću Kirchoffovih pravila.
- A18. Kolika se energija troši za tok struje? Odakle dolazi ta energija? Objasnite što je to Voltin članak na primjeru standardnog (Westonovog) članka. Kako Voltin članak prikazujemo u strujnom krugu?
- A19. Što je to RC krug? Izvedite izraze za naboj i napon na kapacitoru i struju i napon na kapacitoru u RC krugu kao funkcije vremena. Kako glasi RC konstanta za pločasti kapacitor i kakav problem povlači sa sobom?
- A20. Kako mjerimo naboj čestice koja se giba? Kako definiramo količinu naboja zatvorenu u nekoj plohi? Komentirajte svojstvo invarijantnosti naboja. Koja je razlika između očuvanja i invarijantnosti naboja?
- A21. Kako mjerimo električno polje u različitim inercijalnim sustavima? Izvedite relacije za vezu između polja na primjeru paralelnih, jednoliko nabijenih ploča. Vrijede li takve relacije i u općenitom slučaju i zašto?
- A22. Kako izgleda električno polje naboja koji naglo stane ili naglo krene? Izvedite izraz koji povezuje kut koji pojedini dio silnice (dio od naboja u gibanju i u mirovanju) zatvara s točkom u kojoj se naboj trenutno nalazi. Kako izgledaju silnice u prijelaznom području?
- A23. Izvedite izraz za silu na naboj koji se giba u nekom elektrostatskom polju. Pokažite da u konačnici, sila na naboj koji se giba u sustavu mirnih naboja ne ovisi o brzini čestice. Navedite neki primjer.

- A24. Objasnite privlačenje i odbijanje usporednih vodiča pomoću sila među nabojima u gibanju. Definirajte jedinicu za električnu struju. Skicirajte pokus koji ste vidjeli na predavanjima. Kako bi izgledala sila među vodičima koji istovremeno vode struje pozitivnih i negativnih naboja?
- A25. Kako definiramo magnetsko polje i Lorentzovu silu? Izvedite izraz za silu među usporednim vodičima koji vode neku struju  $I$ . Zašto izraz za silu na pojedini vodič definiramo vektorskim umnoškom? Kolike su tipične veličine magnetskih polja na Zemlji? Zašto lako uočavamo Lorentzovu silu iako je ona relativistički efekt?
- A26. Izvedite izraz za integral magnetskog polja po petljama koje obuhvaćaju i ne obuhvaćaju struju. Pomoću toga izvedite izraze za rotaciju i divergenciju magnetskog polja. Usporedite ove jednakosti s jednakostima za električno polje i komentirajte.
- A27. Izvedite izraz za vektorski potencijal i magnetsko polje strujne petlje. Kako u općenitom slučaju možemo naći magnetsko polje u nekoj točki prostora (Biot-Savartov zakon)? Pomoću tog zakona izvedite polje na osi prstena koji nosi struju  $I$ .
- A28. Izvedite izraz za magnetsko polje zavojnice kružnog poprečnog presjeka. Skicirajte izgled polja i uvedite granicu kad zavojnica prelazi u jednoliku plohu koja nosi plošnu struju. Izvedite izraz za promjenu magnetskog polja u plošnoj struji.
- A29. Kako izgledaju Rowlandov i Hallov pokus? Zašto je Rowlandov pokus vrlo teško izvesti? Procijenite iznos magnetskog polja iznad nabijene ploče. Objasnite Hallovu pojavu i uvedite Hallov koeficijent. Koje podatke o materijalu možemo iz njega izvući? Opišite pokuse koje ste vidjeli vezane uz magnetizam na predavanjima.
- A30. Opišite bitnija otkrića M. Faradaya. Razmotrite vodljiv štap koji se giba u jednolikom magnetskom polju. Objasnite što se dešava s nabojima u štapu, te kako izgledaju električno i magnetsko polje u laboratorijskom sustavu i u sustavu štapa.
- A31. Izvedite Faradayev zakon na primjeru pravokutne strujne petlje koja se giba u nejednolikom magnetskom polju. Pokažite da se isti rezultat dobija u laboratorijskom sustavu i u sustavu petlje.
- A32. Navedite nekoliko primjera Faradayevog zakona. Opišite pokuse koje ste vidjeli na predavanjima, a demonstriraju Faradayev zakon. Kako glasi opći zakon indukcije? Iz Faradayeve integralne formulacije izvedite diferencijalnu formulaciju zakona.
- A33. Objasnite što je to međuvodička indukcija. Izvedite izraz za koeficijent međuvodičke indukcije na primjeru manje kruže petlje paralelno položene u veću kružnu petlju kroz koju teče struja  $I$ . Izvedite teorem o jednakost međuvodičkih indukcija.
- A34. Objasnite što je to samoindukcija. Objasnite problem s određivanjem samoindukcije jedne kružne petlje. Izvedite izraz za samoindukciju toroidalne zavojnice.
- A35. Razmotrite strujni krug koji sadrži zavojnicu i otpornik. Odredite kako izgleda struja kao funkcija vremena. Komentirajte situaciju u krugu kad se krug uključi i kad se krug isključi.

- A36. Kako izgleda izraz za utrošenu snagu na otporniku u RL krugu? Pokažite kako izraz izgleda u općenitoj formi te pokažite na primjeru toroidalne zavojnice kako izgleda energija koja je spremljena u magnetskom polju u sustavu.
- A37. Napišite Maxwellove jednadžbe u diferencijalnom obliku za slučaj polja u vakuumu. Objasnite što je to elektromagnetski val. Izrecite koje uvjete mora zadovoljavati takav val i navedite primjer, te pokažite da zadovoljava Maxwellove jednadžbe. Zašto su EM valovi dokazi prvog relativističkog principa?
- A38. Opišite rezonantni strujni RLC krug i napišite jednadžbu ovisnosti napona o vremenu. Iskažite analogiju s mehaničkim sustavom te pretpostavite rješenje. Objasnite kako se dobijaju različiti slučajevi titranja u krugu.
- A39. Kako definiramo kompleksnu impedanciju? Kako definiramo kompleksni prikaz struje i napona? Komentirajte termine impedancije i admitancije te ih navedite za standardne elemente RLC kruga. Kako u kompleksnoj ravnini prikazujemo sve ove veličine?
- A40. Kako određujemo snagu i energiju u krugu izmjenične struje? Što su to KPK vrijednosti struje i napona i zašto ih uvodimo? Pokažite na nekom primjeru tipičan račun u izmjeničnom strujnom krugu te odredite snagu na nekom elementu.

## **B. PITANJA ZA OCJENU IZVRSTAN (5).**

**(Ako je student na pismenom dijelu ispita stekao ocjenu vrlo dobar, ili višu, a nakon usmenog odgovora na pitanja iz grupe A stekne ocjenu vrlo dobar, može izvući jedno pitanje iz grupe B i kvalificirati se za ocjenu izvrstan.)**

- B1. Odredite polje i potencijal u centru, na osi i na rubu jednoliko nabojenog kruga. Skicirajte dobivene rezultate. Primijenite Gaussov zakon na navedeni primjer i komentirajte granicu kad polumjer diska teži u beskonačnost.
- B2. Koja su fizikalna značenja divergencije i rotacije vektorske funkcije? Kako bismo konstruirali fizikalno mjerilo rotacije? Navedite nekoliko primjera vektorskih polja te njihove divergencije i rotacije. Kolika je rotacija elektrostatskih polja? Zašto?
- B3. Komentirajte sustav jediničnog naboja iznad beskonačne vodljive ravnine. Na ovom primjeru komentirajte metodu slike. Izvedite kolikom se silom privlače naboj i ravnina. Kako je raspodijeljena plošna gustoća naboja i koliki je ukupni plošni naboj? Zna li još koje primjere metode slika?
- B4. Izvedite izraz za električno polje točkastog naboja koji se giba stalnom brzinom. Skicirajte kako takvo polje izgleda u prostoru. Pokažite da se takvo polje ne može postići elektrostatskom raspodjelom naboja.
- B5. Kako izgleda međusobno djelovanje naboja koji se giba s drugim nabojima koji se gibaju? Promotrite interakciju naboja koji se giba paralelno sa strujom pozitivnih i negativnih naboja na pravcu. Konačan izraz dovedite do kraja, tj. iskažite ovisnost sile o brzini naboja, struji kroz vodič i udaljenosti naboja od vodiča.

- B6. Kako uvodimo magnetski potencijal? Izvedite izraz za potencijal i objasnite zašto u izvodu smijemo zahtijevati da je  $\text{div}\mathbf{A}=0$ . Kako glasi vektorski potencijal za beskonačni ravni vodič koji nosi struju  $I$ ?
- B7. Izvedite izraze za preobražavanje električnog i magnetskog polja u inercijalnim sustavima. Komentirajte simetriju između električnog i magnetskog polja. Što je to elektromagnetsko polje? Kako izgleda EM polje u crtanom sustavu ako u nečrtanom sustavu ne postoji električno ili magnetsko polje?
- B8. Pokažite da se u računu toka magnetskog polja kroz neku petlju smije uzeti bilo koja ploha čiji rub je ta petlja. Pomoću dobivenog rezultata izvedite Faradayev zakon u općenitom slučaju. Objasnite predznake koje ste rabili u računu i orijentaciju ploha i petlja po kojima ste računali integrale.
- B9. Napišite Maxwellove jednačbe bez izraza za pomačnu struju. Pokažite da te jednačbe nisu konzistente s jednačbom kontinuiteta te pokažite kako ih je moguće ispraviti. Komentirajte član s pomačnom strujom na primjeru RC kruga s pločastim kapacitorom.
- B10. Napišite Maxwellove jednačbe u diferencijalnom i integralnom obliku. Pokažite kako su te jednačbe međusobno povezane pomoću Gaussovog i Stokesovog teorema. Objasnite na primjeru što znači koji član u jednačbama.
- B11. Opišite rezonantni RLC krug s izvorom izmjeničnog napona. Pretpostavite i odredite rješenja u slučajevima kad je  $L=0$  i kad je  $C=0$ . Objasnite što je fazni pomak i kako on izgleda u pojedinom primjeru. Komentirajte općeniti slučaj RLC kruga.