

## OPĆA FIZIKA I (Mehanika) – 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. Objasnite pojam vektora srednje brzine i postupak nalaženja vektora trenutne brzine u pojedinim točkama na zakrivljenoj putanji. U kojim se uvjetima ostvaruje jednoliko gibanje po pravcu? Navedite jednadžbe i grafičke prikaze vremenskih ovisnosti prevaljenog puta i brzine u tom gibanju. Objasnite na tim grafovima postupke deriviranja i integriranja.
- A2. Kako uvodimo pojmove vektora srednje akceleracije i trenutne akceleracije kod općenitog gibanja nekog tijela po zakrivljenoj putanji? Kakav može biti odnos vektora akceleracije prema putanji i trenutnoj brzini? U kojim se uvjetima pojedini slučajevi ostvaruju? Diskutirajte primjer njihala (trenutne brzine i akceleracije u krajnjim točkama, te u nekim između).
- A3. Kako se definira jednoliko ubrzano gibanje po pravcu? U kojim uvjetima nastaje takvo gibanje? Navedite jednadžbe i grafičke prikaze vremenskih ovisnosti prevaljenog puta, brzine i akceleracije u jednoliko ubrzanom gibanju po pravcu. Objasnite na tim grafovima postupke deriviranja i integriranja.
- A4. Kako se definiraju desni i lijevi kartezijski koordinatni sustavi? Kako glase skalarni i vektorski umnošci između jediničnih vektora u smjeru osi desnog koordinatnog sustava? Izrazite skalarni i vektorski produkt dvaju proizvoljnih vektora pomoću njihovih komponenti. Primijenite dobiveni izraz na izračunavanje momenta sile oko nekog ishodišta.
- A5. Izvedite izraz za centripetalnu akceleraciju kod kružnog gibanja tijela (čestice). Kako definiramo kutne kinematičke veličine (prebrisani kut, kutna brzina i kutna akceleracija). Zbog čega su nam kutne kinematičke veličine pogodne za opisivanje kružnog gibanja? Kakav odnos postoji između kutnih i obodnih kinematičkih veličina?
- A6. Kako glasi prvi Newtonov zakon gibanja? U čemu se razlikuju Aristotelova i Newtonova definicija sile, te shvaćanja o prirodnom gibanju tijela? Objasnite zašto je Newton uveo pojam inercije tijela? Što je tromo masa tijela? Što je gravitacijska masa? Koji odnos vrijedi između tromo i gravitacijske mase za razna tijela? Kojim se pokusima to pokazuje?
- A7. Objasnite postupak na kojem se u načelu temelji mjerenje tromo mase tijela. Kako je definirana jedinica za tromu masu? Kako se na temelju tih spoznaja utvrđuje postupak mjerenja sile? Kako se u načelu može baždari ti dinamometar? Kako je definirana jedinica za mjerenje sile? U kojim se jedinicama mjeri moment sile, moment inercije i kutna količina gibanja?
- A8. Kako glasi drugi Newtonov zakon gibanja (izvorna Newtonova formulacija)? Prikažite različite slučajeve geometrijskog odnosa sile i trenutne brzine tijela, te objasnite promjenu koja nastaje uslijed djelovanja sile. Primijenite izrečene tvrdnje na gibanje tijela (čestice) u horizontalnom hicu s neke visine iznad tla.

- A9. Kako glasi drugi Newtonov zakon u alternativnoj formulaciji. Pokažite kako na temelju Newtonovih zakona izvodimo jednadžbe za kosi hitac s nekog povišenog položaja prema gore pod odabranim kutom. Prikažite vremenske ovisnosti puta, brzine i akceleracije kao komponenti duž horizontalne i vertikalne osi.
- A10. Kako glasi treći Newtonov zakon gibanja? Navedite neke primjere na kojima možete objasniti primjenu trećega Newtonova zakona. Objasnite koje se sile javljaju kada čovjek gura neka kolica po horizontalnoj podlozi na površini Zemlje. Objasnite kada neku silu možemo smatrati unutarnjom silom sustava, a kada je smatramo vanjskom silom, te koji je njen učinak.
- A11. Objasnite ulogu centripetalne i tangencijalne sile kod kružnog gibanja tijela (čestice). Što je moment sile i kako ga povezujemo s kinematičkim veličinama? Kako izračunavamo rad kod kružnog gibanja tijela (čestice)? U kojim uvjetima je takav rad pozitivna (negativna) fizikalna veličina? Što se pritom događa s kinetičkom energijom tijela (čestice)?
- A.12. Na primjeru konusnog njihala prikažite moguću primjenu drugoga Newtonova zakona izraženog pomoću kutnih (kinematičkih i dinamičkih) veličina, posebno za različite izbore ishodišta. Na koji način odabiremo komponente kutnih veličina kada ističemo rotaciju oko određene (fiksne) osi?
- A13. Koje su temeljne sile u prirodi? Zašto ih nazivamo temeljnim? Na kojem se svojstvu tijela temelji Newtonov zakon gravitacije? Na koji je način Newton utvrdio kvadratnu ovisnost o udaljenosti masa u zakonu gravitacije. Kakav je odnos gravitacijske i tromne mase tijela? Kojim se pokusom može potvrditi navedena tvrdnja o odnosu gravitacijske i tromne mase?
- A14. Objasnite prirodu elastične sile. Što je potrebno za stvaranje linearne deformacije elastičnog tijela? Objasnite primjenu drugog i trećeg Newtonova zakona na atomske slojeve u deformiranoj elastičnoj šipki (niti). Kako definiramo naprezanje, deformaciju i Youngov modul kod elastične šipke (niti)? Što je plastična deformacija i kako ona nastaje?
- A15. Objasnite kako nastaje napetost niti i koja je njena priroda. Na primjeru niza tijela, povezanih nitima i ubrzavanih nekom vanjskom silom na horizontalnoj podlozi sa trenjem, objasnite uloge sila napetosti u pojedinim spojnim nitima na dinamiku tijela. Objasnite kada neku silu napetosti smatramo vanjskom, a kada unutarnjom silom promatranog sustava?
- A16. Objasnite kako nastaje posmična deformacija elastičnog tijela. Kako se definira relativna posmična deformacija i modul elastičnog smicanja? Kako nastaje torzija elastične šipke (bez izvoda), te deformacija prilikom rastezanja elastične opruge. Kako glasi Hookeov zakon? Izvedite konstantu ekvivalentne opruge za: (a) serijski; (b) paralelni spoj dviju jednakih opruga.
- A17. Objasnite prirodu sile koja sprječava proklizavanje tijela na podlozi (sila statičkog trenja). Kako se i zašto ona mijenja kod promjene vanjske sile koja nastoji pomaknuti tijelo. Navedite neke vrijednosti koeficijenta statičkog trenja. Kako se pomoću klizanja na kosini može odrediti koeficijent statičkog trenja?
- A18. Po čemu se pojava trenja u klizanju tijela po nekoj površini može prikazati kao djelovanje neke sile? Opišite pojavu trenja u klizanju na mikroskopskoj razini. Kako se definira koeficijent trenja i kolike su njegove tipične vrijednosti? Uslijed čega dolazi do trenja u kotrljanju. Što možete reći o koeficijentu trenja kotrljanja?

- A19. Objasnite riječima i slikovno što znači da je gibanje relativno. Što je referentni sustav i što podrazumijevamo kada govorimo o promatranju gibanja tijela u nekom referentnom sustavu (ili o promatraču u referentnom sustavu)? Kako dobivamo izraze koji povezuju položaj i brzinu nekog tijela promatranog sa stajališta dvaju referentnih sustava u translacijskom gibanju?
- A20. Kako se definiraju inercijalni referentni sustavi? Kakvi odnosi postoje među raznim inercijalnim sustavima? U kojoj je mjeri referentni sustav vezan uz površinu Zemlje zadovoljavajući kao približno inercijalan sustav? Kako bismo odabrali bolji (gotovo idealan) inercijalni sustav? Izvedite i obrazložite Galileijeve transformacije.
- A21. Koje referentne sustave nazivamo neinercijalnim? Slikovno prikažite gibanje nekog tijela promatrano u jednom inercijalnom i jednom neinercijalnom referentnom sustavu koji se relativno gibaju duž nekog pravca. Razmotrite slučajeve u kojima na tijelo: (a) ne djeluje realna sila; (b) djeluje neka realna sila. Što su fiktivne sile i zašto ih uvodimo?
- A22. Prikažite slobodan pad nekog tijela u (približno) inercijalnom sustavu vezanom uz površinu Zemlje. Ako je uz to tijelo vezan neinercijalni sustav, prikažite viđenje promatrača u njemu. U oba prikaza istaknite relevantne vektore akceleracije i sile na tijelo. Kada se i zašto uvodi fiktivna sila? Provedite sličnu analizu za čovjeka u dizalu koje se ubrzava uvis.
- A23. Objasnite zašto referentni sustav koji rotira u odnosu na neki inercijalni sustav ne možemo smatrati inercijalnim? Razmotrite slučajeve tijela na udaljenosti  $R$  od ishodišta koje: (a) miruje u inercijalnom sustavu; (b) miruje u neinercijalnom sustavu. Kada se i zašto uvodi fiktivna sila? Opišite i objasnite djelovanje sila i subjektivni osjećaj čovjeka u automobilu u zavoju.
- A24. Prikažite što bi bio (gotovo savršen) inercijalni sustav sa ishodištem u središtu Zemlje i sustav koji rotira zajedno sa Zemljom. Navedite i objasnite sile koje uzimaju u obzir dva promatrača, svaki u jednome od ta dva sustava, da bi objasnili mirovanje nekog tijela na horizontalnoj površini na ekvatoru Zemlje. Što je geostacionarni telekomunikacijski satelit?
- A25. Kako se definira rad sile? Izvedite jednadžbu koja povezuje rad sile i promjenu kinetičke energije tijela. Kada je rad pozitivna a kada negativna veličina i koje je značenje tih slučajeva? Razmotrite slučajeve u kojima sila ima različit smjer od trenutne brzine tijela. Komentirajte u tom sklopu odnos vektora promjene brzine prema vektoru trenutne brzine. Što je snaga?
- A26. Izvedite izraz za rad sile putem kutnih kinematičkih i dinamičkih veličina u kružnom gibanju. Kako izražavamo kinetičku energiju i njenu promjenu putem kutnih veličina? Što je s radom centripetalne sile u kružnom gibanju? Kako se izražava snaga putem kutnih kinematičkih i dinamičkih veličina u kružnom gibanju? U kojim se jedinicama mjere rad, energija i snaga?
- A27. Objasnite razlog za uvođenje pojma potencijalne energije na primjeru elastične opruge. Kako se izračunava promjena potencijalne energije u elastičnoj opruzi? Koje svojstvo moraju imati sile u sustavu da bi se mogla uvoditi potencijalna energija? Objasnite svoj odgovor. Zašto se kod trenja ne stvara potencijalna energija?
- A28. Objasnite pojam gravitacijske potencijalne energije. Izvedite izraz za promjenu gravitacijske potencijalne energije kada se zbog djelovanja vanjske sile mijenja udaljenost među tijelima. Kako se uobičajeno izražava gravitacijska energija tijela u okolini Zemlje? Dokažite da je gravitacijska sila konzervativna.

- A29. Objasnite pojam izoliranog sustava tijela. Izvedite zakon očuvanja ukupne količine gibanja u izoliranom sustavu tijela. Opišite pokuse koje ste vidjeli u vezi s tim zakonom. Kako biste primijenili taj zakon na slučaj slobodnog pada tijela na Zemlju? Kako se definira centar masa nekog sustava tijela? Koje osobine ima centar masa sustava tijela?
- A30. Na kojim se razmatranjima temelji zakon očuvanja ukupne energije u izoliranom sustavu tijela? Opišite proces promjene pojedinih oblika energije i očuvanja ukupne energije kod slobodnog pada elastične lopte, njenog sraza na betonu i zatim odskoka uvis. U kojem je tijelu, odnosno sustavu tijela, sadržana pojedina vrsta energije u danome trenutku?
- A31. Izvedite izraze za brzine kugli nakon elastičnog centralnog sraza ako su poznate njihove mase i brzine prije sraza. Diskutirajte ishode u slučaju različitih omjera masa dviju kugli s time da je jedna od njih prije sraza mirovala (meta), a druga je na nju nalijetala nekom brzinom (projektil). U kojem se slučaju najviše energije prenese od projektila na metu?
- A32. Što je potpuno neelastičan sraz dvaju tijela? Koji zakoni očuvanja vrijede kod takva sraza? Izvedite brzinu nakon sraza ako su poznate brzine tijela prije sraza i mase dvaju tijela. Što možete utvrditi za ukupnu kinetičku energiju sustava tijela? Izvedite odgovarajuće izraze za brzine u sustavu centra masa tog sustava tijela, te iznesite raspravu o tom rezultatu.
- A33. Objasnite pojam krutog tijela. Zašto silu možemo smatrati kliznim vektorom kada ona djeluje na kruto tijelo? Kako se zbrajaju dvije sile koje djeluju na neko kruto tijelo? Koje uvjete ispunjava rezultantna sila? Što je par (ili spreg) sila, koji učinak on daje i čime se može nadomjestiti? Kako glase uvjeti ravnoteže krutog tijela?
- A34. Objasnite značenje pojmova stabilne, labilne i indiferentne ravnoteže krutog tijela u gravitacijskom polju Zemlje na primjeru krutog tijela obješenog o klin. Objasnite ponašanje jajolikog tijela na horizontalnoj podlozi. Postavite uvjete ravnoteže za automobil koji miruje (zakočena su sva četiri kotača) na cesti koja ima nagib  $\theta$  prema horizontali.
- A35. Uz koji uvjet možemo uspostaviti rotaciju nekog tijela oko nepomične osi koja ne prolazi kroz težište tijela? Kako se definira kutna količina gibanja jedne čestice, a kako dobivamo komponentu kutne količine gibanja cijeloga tijela duž osi rotacije? Kako se definira moment inercije za rotaciju tijela oko dane nepomične osi? Izvedite Steinerov poučak.
- A36. Objasnite kako dolazimo do pojma glavnih (slobodnih) osi krutog tijela (bez matematičkog izvoda). Što je precesija zvrka i zašto ona nastaje? Izvedite izraz za kutnu brzinu precesije zvrka koji se vrti jako brzo oko svoje osi simetrije (pojednostavljena analiza).
- A37. Izvedite zakon očuvanja kutne količine gibanja u izoliranom sustavu tijela. Objasnite promjene koje nastanu u rotaciji tijela ako ono tijekom rotacije promijeni svoj oblik tako da mu se smanji (ili poveća) moment inercije. Navedite pokuse koje ste vidjeli i primjere iz životne prakse za ovakve slučajeve. Što je parametrijsko njihalo?
- A38. Postavite jednadžbu gibanja za harmonijski oscilator (opruga i tijelo) bez gušenja i utvrdite rješenje za slobodno titranje. Diskutirajte značenje konstanti u rješenju. Kako se eksperimentalno ostvaruju razni slučajevi titranja? Izvedite jednadžbe gibanja i nađite rješenja za jednostavno njihalo i za prostrano tijelo obješeno na klin.

- A39. Postavite jednadžbu gibanja za harmonijski oscilator s gušenjem i nađite opće rješenje za slabo gušenje. Pokažite kako se energija gubi iz harmonijskog oscilatora. Kako se definira faktor dobrote harmonijskog oscilatora? Kada se postiže kritično gušenje? Kako se dobiva rješenje za kritično gušenje? Prikažite gibanje tijela za razne slučajeve početnih uvjeta.
- A40. Postavite jednadžbu gibanja za harmonijski oscilator kojeg tjera vanjska harmonijska sila. Nađite rješenje za amplitudu i fazu stacionarnog titranja i prikažite njihovu ovisnost o frekvenciji vanjske sile. Kako se definira širina rezonancije? Diskutirajte slučajeve kada je pogonska frekvencija znatno ispod rezonancije, u rezonanciji, te iznad rezonancije.
- A41. Što su apsorpcijska i disperzijska amplituda kod stacionarnog prisilnog titranja oscilatora? Izvedite izraze za njihovu ovisnost o pogonskoj frekvenciji i prikažite ih grafički. Izvedite izraz za prosječnu snagu koju oscilator dobiva od pogonskog stroja. Kada je apsorbirana snaga maksimalna?
- A42. Objasnite problem oko brzine svjetlosti i Galileijevih transformacija za brzinu. Opišite pokus koji su izveli Michelson i Morley i navedite njihov zaključak. Kako glase Einsteinovi postulati u posebnoj (specijalnoj) teoriji relativnosti? Izvedite Lorentzove transformacije za položaj i vrijeme fizikalnog događaja u dvama inercijalnim referentnim sustavima.
- A43. Izvedite izraz za transformaciju brzine nekog tijela promatranog iz inercijalnog sustava  $S$  u brzinu istoga tijela koja se opaža u inercijalnom sustavu  $S'$  koji se prema prvome giba brzinom  $V$  duž osi  $x$ . Kako glasi transformacija brzine za foton koji se u sustavu  $S$  giba: (a) duž osi  $x$ ; (b) duž osi  $y$ ; (c) pod kutom  $\theta$  u odnosu prema osi  $x$  (koliki je kut  $\theta'$  prema osi  $x'$ )?
- A44. Objasnite problem koji se javlja kod primjene zakona o očuvanju količine gibanja u elastičnom srazu kugli ako se isti sraz promatra u različitim inercijalnim sustavima. Kako glasi izraz za količinu gibanja (impuls) tijela u relativističkoj mehanici (bez dokaza)? Diskutirajte ponašanje akceleracije kada konstantna sila djeluje duž smjera brzine tijela.
- A45. Izvedite izraz za rad sile u relativističkoj mehanici. Kako se dolazi do izraza za relativističku energiju? Pokažite da se relativistički izraz za kinetičku energiju svodi na poznati nerelativistički izraz u slučaju kada je brzina tijela malena u odnosu na brzinu svjetlosti.

## **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. Objasnite što znači da uzastopne konačne rotacije oko različitih osi nisu komutativne. Izvedite dokaz da su infinitezimalne rotacije oko različitih osi komutativne. Objasnite pojam vektora infinitezimalnih rotacija i njihovo značenje za vektor kutne brzine.
- B2. Kako se uvodi pojam gravitacijskog polja? Izvedite Gaussov zakon za gravitacijsko polje nekog tijela (primjer kada Gaussova ploha okružuje tijelo, te primjer kada ga ne okružuje). Što je princip superpozicije kod gravitacijskog polja?

- B3. Primjenom Gaussova zakona izvedite izraz za gravitacijsko polje homogenog sfernog tijela u točkama prostora: (a) izvan tijela; (b) unutar tijela. Prikažite grafičku ovisnost iznosa gravitacijskog polja o udaljenosti od središta homogenog sfernog tijela.
- B4. Izvedite izraz za kut torzije elastične šipke u ovisnosti o iznosu momenta sile kojemu je izložena šipka. Podrazumijeva se da je zadan radijus šipke i njena duljina, te da je zadan materijal od kojega je šipka izrađena (tj. modul elastičnog smicanja).
- B5. Izvedite izraze koji pokazuju kako se u vremenu mijenjaju akceleracija i brzina kamena koji tone u vodi, te izraz za prevaljeni put. Prikažite grafički dobivene vremenske ovisnosti. Što je granična brzina i o čemu ona ovisi?
- B6. Izvedite jednadžbu koja povezuje trenutnu brzinu nekog tijela promatranu u inercijalnom sustavu s brzinom istog tijela u istome trenutku koju opaža promatrač u rotirajućem sustavu. Kako su povezane vremenske promjene (derivacije) istog vektora u dvama sustavima?
- B7. Izvedite jednadžbu koja povezuje trenutnu akceleraciju tijela u inercijalnom sustavu s akceleracijom istoga tijela u istome trenutku koju opaža promatrač u rotirajućem sustavu  $S'$ . Kada se i zašto uvode fiktivne sile i kako ih specifično nazivamo?
- B8. Razmotrite pitanja sila u slučaju aviona koji leti iznad ekvatora u smjeru od istoka prema zapadu brzinom  $V$  u odnosu na promatrača na površini Zemlje. Što možete reći o potrebnoj aerodinamičkoj sili za održavanje leta aviona? Koje fiktivne sile uvodi promatrač na Zemlji?
- B9. Kako se uvodi pojam gravitacijskog potencijala? Što su ekvipotencijalne plohe? Izvedite odnos između gravitacijskog polja i lokalne promjene gravitacijskog potencijala (obje uzajamno ovisne jednadžbe). Koji integrali vrijede za gravitacijsko polje?
- B10. Izvedite dokaz da relativistički izraz za količinu gibanja (impuls) omogućuje valjanost zakona o očuvanju ukupne količine gibanja u elastičnom srazu kugli uz punu primjenu relativističkih izraza za transformaciju brzina između dva inercijalna referentna sustava.
- B11. Objasnite na koji način dolazimo do relativističkih izraza za transformaciju energije i triju komponenti količine gibanja (impulsa) iz inercijalnog referentnog sustava  $S$  u drugi inercijalni referentni sustav  $S'$ , koji se u odnosu na prvi giba brzinom  $V$  duž osi  $x$ .
- B12. Izvedite relativističku transformaciju sile iz inercijalnog referentnog sustava  $S$  u drugi inercijalni referentni sustav  $S'$ , koji se u odnosu na prvi giba brzinom  $V$  duž osi  $x$ , kada sila djeluje duž osi  $x$  na tijelo (česticu) koje se također giba duž osi  $x$ .
- B13. Izvedite relativističku transformaciju sile iz inercijalnog referentnog sustava  $S$  u drugi inercijalni referentni sustav  $S'$ , koji se u odnosu na prvi giba brzinom  $V$  duž osi  $x$ , kada sila djeluje duž osi  $y$  na tijelo (česticu) koje se također giba duž osi  $y$ .