

### Kratki teorijski zadaci

Svaki zadatak donosi maksimalno 10 bodova

1. Većina neperiodičnih kometa dolazi u područje unutrašnjeg Sunčeva sustava izravno iz Oortova oblaka. Procijenite koliko vremena treba kometu da prijeđe taj put. Pretpostavite da je u Oortovu oblaku, na udaljenosti 35000 AJ od Sunca, komet bio u afelu.
2. Procijenite broj zvijezda u kuglastom skupu promjera 40 pc ako brzina oslobađanja na rubu skupa iznosi 6 km/s. Pretpostavite da je većina zvijezda u skupu slična Suncu.
3. Dana 9. ožujka 2011. godine svemirska sonda Voyager bila je udaljena 116,406 AJ od Sunca udaljavajući se brzinom od 17,062 km/s. Odredite vrstu staze po kojoj se giba sonda: (a) eliptična, (b) parabolična ili (c) hiperbolična. Kolika je prividna zvjezdana veličina Sunca gledano s Voyagera.
4. Uz pretpostavku da se Fobos giba oko Marsa po savršenoj kružnoj stazi koja se nalazi u ekvatorijalnoj ravnini planeta, izračunajte koliko vremena Fobos provede iznad obzora gledano s mjesta opažanja na Marsovom ekvatoru. Koristite sljedeće podatke: Marsov polumjer  $R_{\text{Mars}} = 3\,393$  km, period rotacije Marsa  $T_{\text{Mars}} = 24,623$  h, Marsova masa  $M_{\text{Mars}} = 6,421 \cdot 10^{23}$  kg, polumjer staze Fobosa  $R_p = 9\,380$  km.
5. Koliki bi trebao biti promjer radioteleskopa koji opaža na valnoj duljini  $\lambda = 1$  cm da bi imao isto razlučivanje kao i optički teleskop otvora  $D = 10$  cm?
6. Plimne sile stvaraju zakretni moment koji djeluje na Zemljinu rotaciju. Pretpostavljajući da su tijekom posljednjih nekoliko stotina milijuna godina i zakretni moment i trajanje sideričke godine bili konstantni, te su iznosili  $6,0 \cdot 10^{16}$  Nm, odnosno  $3,15 \cdot 10^7$  s, izračunajte koliko je dana trajala godina prije  $6,0 \cdot 10^8$  godina.  
Pretpostavite da je Zemlja homogena kugla gustoće  $5500 \text{ kgm}^{-3}$ .  
Moment inercije homogene kugle mase  $m$  i polumjera  $R$  iznosi  $I = \frac{2}{5}mR^2$ .

7. Satelit se nalazi u kružnoj stazi oko Zemlje. Početna količina gibanja satelita zadana je pomoću vektora  $\mathbf{p}$ . Nakon nekog vremena aktivirano je eksplozivno punjenje koje je predalo satelitu impuls sile  $\Delta\mathbf{p}$  koji je po iznosu jednak  $|\mathbf{p}|$ .

Neka je  $\alpha$  kut koji zatvaraju vektori  $\mathbf{p}$  i  $\Delta\mathbf{p}$ , a  $\beta$  kut koji zatvaraju radijvektor satelita i vektor  $\Delta\mathbf{p}$ .

Za svaku od dolje navedenih staza razmotri je li ih je moguće postići. Ako je moguće napiši **YES** na list za rješavanje zajedno s vrijednostima  $\alpha$  i  $\beta$ . Ako nije moguće postići stazu napiši **NO**.

Koji bi trebao biti smjer impulsa sile  $\Delta\mathbf{p}$  da bi nova staza postala:

- (a) hiperbola s perigejom u točki eksplozije
- (b) parabola s perigejom u točki eksplozije
- (c) elipsa s perigejom u točki eksplozije
- (d) kružnica
- (e) elipsa s apogejom u točki eksplozije?

Uoči da će za vrijednosti  $\alpha = 180^\circ$  i  $\beta = 90^\circ$  nova staza biti na pravcu po kojem će satelit slobodno pasti okomito prema središtu Zemlje.

8. Pretpostavljajući da su zrnca prašine crna tijela, odredi promjer sfernog zrnca prašine koje može ostati u blizini Zemlje zbog ravnoteže između tlaka zračenja i Sunčeva gravitacijskog privlačenja. Uzmi da je gustoća zrnca prašine  $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ .
9. Među zvjezdane udaljenosti su velike u usporedbi s veličinama zvijezda. Zbog toga zvjezdani skupovi i galaksije u kojima nema difuzne materije zapravo ne zaklanjaju objekte iza njih. Procijeni koliki je dio neba zaklonjen zvijezdama kada gledamo u smjeru galaksije koja ima površinski sjaj  $m = 18,0^m/(")^2$  (magnituda po kvadratnoj lučnoj sekundi). Pretpostavi da galaksiju tvore zvijezde slične Suncu.
10. Procijeni minimalni iznos energije koju bi proton trebao imati kako bi upao u Zemljinu magnetosferu. Pretpostavi da je njegov kut upada okomit na pojas magnetskog polja konstantne vrijednosti magnetske indukcije od  $30,0 \mu\text{T}$  i debljine  $1,0 \cdot 10^4 \text{ km}$ . Skiciraj stazu čestice. (Uoči da se kod takvih iznosa energija protona, njegova količina gibanja može zamijeniti izrazom  $E/c$ . Zanemari bilo koji efekt zračenja.)
11. Na osnovu spektra galaktike s crvenim pomakom  $z = 6,03$  utvrđeno je da je prosječna starost zvijezda u galaktici između 560 i 600 milijuna godina. Pri kojoj vrijednosti  $z$  je započelo razdoblje nastajanja zvijezda u toj galaktici. Pretpostavi da je starost svemira  $t_0 = 13,7 \cdot 10^9$  godina i da iznos širenja svemira odgovara ravnom kozmološkom modelu s kozmološkom konstantom  $\Lambda = 0$ . (u takvom modelu je  $R \propto t^{2/3}$ , gdje je  $t$  vrijeme proteklo od Velikog praska)

12. Zbog precesije Zemljine osi područje nebeskog svoda vidljivo s istog mjesta opažanja mijenja se s vremenom. Je li moguće da nakon nekog vremena, Sirijus više neće izlaziti iznad Krakowa dok će Kanopus izlaziti i zalaziti. Pretpostavi da Zemljina os rotacije opisuje na nebeskom svodu kružnicu promjera  $47^\circ$ . Geografska širina Krakowa je  $50,1^\circ\text{N}$ ; trenutne nebeske ekvatorijalne koordinate (rektascenzija i deklinacija) navedenih zvijezda su:

Sirijus ( $\alpha$  CMa):  $6^{\text{h}} 45^{\text{m}}$   $-16^\circ 43'$

Kanopus ( $\alpha$  Car):  $6^{\text{h}} 24^{\text{m}}$   $-52^\circ 42'$

13. Jednadžba ekliptike u nebeskom ekvatorijalnom sustavu ( $\alpha, \delta$ ) ima oblik:

$$d = \arctan(\sin \alpha \tan \varepsilon),$$

gdje je  $\varepsilon$  kut između nebeskog ekvatora i ravnine ekliptike.

Odredi sličnu jednadžbu  $h = f(A)$  za galaktički ekvator u horizontskom koordinatnom sustavu ( $A, h$ ) za opažača na geografskoj širini  $\varphi = 49^\circ 34'$  pri mjesnom zvjezdanom vremenu  $\theta = 0^{\text{h}} 51^{\text{m}}$ .

14. Procijeni broj Sunčevih neutrina koji svake sekunde prođu kroz Zemljinu površinu veličine  $1\text{m}^2$  ako je ona okomito položena na smjer neutrina. Upotrijebi činjenicu da svaka fuzijska reakcija na Suncu proizvede  $26,8\text{ MeV}$  energije i 2 neutrina.
15. Ako znaš da kozmičko pozadinsko zračenje ima spektar crnog tijela svo vrijeme evolucije svemira, odredi kako se njegova temperatura mijenjala s različitim vrijednostima crvenog pomaka  $z$ . Posebno izračunaj temperaturu pozadinskog zračenja kada je  $z$  iznosio približno 10 (što odgovara do danas najudaljenijim opažanim objektima). Sadašnja temperatura kozmičkog pozadinskog zračenja iznosi  $2,73\text{ K}$ .