

**PITANJA I ZADACI ZA PRIPREMU
TESTOVA, PISMENOG I USMENOG DELA ISPITA IZ
OPŠTE ASTROFIZIKE 1**

*Koje delove spektra elektromagnetnog zračenja nebeskih tela propušta Zemljina atmosfera?

*Koji opseg talasnih dužina pripada vidljivom delu spektra elektromagnetnog zračenja?

*Kom delu elektromagnetnog spektra pripada foton energije 10 eV?
($h \approx 6.626 \times 10^{-34}$ J s, $c \approx 3 \times 10^8$ m/s, $1 \text{ eV} \approx 1.602 \times 10^{-19}$ J)

- A. X
- B. UV
- C. V
- D. IC

*Koju energiju u elektronvoltima [eV] imaju vidljivi fotoni?
($h \approx 6.626 \times 10^{-34}$ J s, $c = 3 \times 10^8$ m/s, $1 \text{ eV} \approx 1.602 \times 10^{-19}$ J)

*Kada je lansiran prvi veštački satelit u istoriji čovečanstva (početak kosmičke revolucije)?

*Objasniti zašto je nebo plavo?

*Navesti osnovne razlike između optičkog i radio neba? Kada je približno počela era radio-astronomije?

*Kako nastaje sinhrotronsko zračenje?

*Koji od izraza opisuje intenzitet ravnotežnog zračenja u radio-oblasti?

- A. $I_\nu(T) = 2 \frac{c^2}{\nu^2} kT$
- B. $I_\nu(T) = 2 \frac{h\nu^3}{c^2} e^{-h\nu/kT}$
- C. $I_\nu(T) = 2 \frac{\nu^2}{c^2} kT$

*Napisati izraz za osvetljenost koju daje izvor konačnih dimenzija čiji je srednji sjaj B .

*Kako se naziva fotometrijska jedinica za fluks?

*Da li se optičkim teleskopom prečnika objektiva od $D = 80$ cm može razdvojiti dvojna zvezda α Aurigae čije su komponente na uglovnom rastojanju ϑ od 0.054 lučnih sekundi?

*Ako oko prilagođeno na mrak, sa prečnikom zenice od 8 mm vidi zvezde do 6 magnitude, koliki bi prečnik zenice morao biti da bi se mogle videti zvezde do 18 magnitude?

*Na kom se maksimalnom rastojanju od nas može nalaziti dvojna zvezda da bi se komponente, koje su na srednjem međusobnom rastojanju od 140 au, mogle videti odvojeno teleskopom prečnika objektiva 1 m?

- A. 50 pc
- B. 500 pc
- C. 1 kpc
- D. 10 kpc

*Kolika je veličina lika Sunca u primarnom fokusu teleskopa žižne daljine 10 m?

*Kolika je veličina slike Meseca u primarnom fokusu teleskopa žižne daljine 1000 mm?

*Koju graničnu zvezdanu veličinu možemo posmatrati teleskopom prečnika 10 m? Za prečnik zenice oka uzeti 8 mm.

*Koju graničnu zvezdanu veličinu možemo posmatrati teleskopom prečnika 5 m? Za prečnik zenice oka uzeti 8 mm.

*Koja je razlika između teleskopa refraktora i teleskopa reflektora?

*Šta je to *svetlosno zagađenje*?

*Šta je trigonometrijska paralaksa?

*Šta je parsek? Koja je zvezda (ne računajući Sunce) nama najbliža? Kolika je njena daljina?

*Šta su to astronomska jedinica, parsek i svetlosna godina?

*Od čega sve zavisi prividni sjaj jedne zvezde?

*Koja je prividno najsjajnija zvezda na noćnom nebu?

*Koji su prividno najsjajniji (prirodni - vasioni) objekti na nebu (nabrojati bar njih 5)?

*Posmatrano je 1000 zvezda dveju susednih prividnih veličina. Ako je razlika između prividne veličine jedne slabije vidljive zvezde i prividne veličine koja potiče od svih 1000 zvezda jednaka 8, odrediti koliko ima slabije vidljivih, a koliko prividno sjajnijih zvezda u posmatranom skupu.

*Da li je zvezda prividne zvezdane veličine 5 sjajnija od zvezde prividne zvezdane veličine -5? Zašto?

*Šta je indeks boje i od čega zavisi?

*Koja je zvezda hladnija, ona čiji je indeks boje $B - V = -0.25$ ili ona čiji je $B - V = +0.25$?

*Kolika radijalna brzina dovodi do pomaka od 0.144 nm linije čija je laboratorijska talasna dužina 480 nm? ($c \approx 3 \times 10^8$ m/s)

*Šta je to Doplerov efekat? Koji su primeri Doplerovog efekta iz običnog života, a koji iz astronomije?

*Kako se nazivaju vasioni objekti koji imaju sopstveni izvor energije?

*Od čega je sačinjeno jezgro Sunca?

*Šta je to konvekcija, a šta kondukcija? Koji su primeri iz svakodnevnog života, a koji iz astronomije?

*Šta je hidrostatička ravnoteža? Napisati jednačinu.

*Napisati jednačinu stanja idealnog gasa.

*Nedostatak neutrina sa Sunca se danas najefikasnije objašnjava:

- A. neutrinskim oscilacijama,
- B. konvektivnim mešanjem unutrašnjosti Sunca.
- C. minimumom aktivnosti Sunca.

*Koje je Sunce spektralne klase, a koje klase luminoznosti?

*Kako se nazivaju objekti klase luminoznosti III?

*Zvezda se u toku evolucije na H-R dijagramu kreće horizontalno i udesno. Šta je tačno?

- A. T_{ef} opada, R opada
- B. T_{ef} raste, R opada
- C. T_{ef} opada, R raste
- D. T_{ef} raste, R raste
- E. T_{ef} opada, $R = \text{const}$

*Od dve zvezde istog radijusa, zvezda A zrači 256 puta veću količinu energije od zvezde B . Šta je sve tačno? (T - temperatura, M - apsolutna magnituda)

- A. $T_A = 16T_B$
- B. $T_A = 4T_B$
- C. $M_A = M_B + 6$
- D. $M_B = M_A + 6$
- E. Ni jedno

*Od dve zvezde iste spektralne klase, zvezda A zrači 16 puta veću količinu energije od zvezde B . Šta je tačno? (T - temperatura, M - apsolutna magnituda, R - radijus)

- A. $T_A = 2T_B$
- B. $R_A = 2R_B$
- C. $R_A = 4R_B$
- D. $M_A = M_B + 3$
- E. $M_B = M_A + 3$
- F. Ni jedno

*Sledeće iskaze označiti kao tačne (T) ili netačne (N):

- Ako zvezda na glavnom nizu ima veću masu od Sunčeve, znači da je sjajnija od Sunca.

- Pritisak degenerisanog gasa zavisi samo od temperature.

*Od dve zvezde na glavnom nizu, zvezde tipa F su _____ i žive _____ nego zvezde tipa M.

- A. masivnije, kraće
- B. manje masivne, kraće
- C. masivnije, duže
- D. manje masivne, duže

*Kako se nazivaju objekti klase luminoznosti I i gde se nalaze na H-R dijagramu?

*Za svaki od sledećih kratkih opisa zvezda izaberi jedan spektralni tip koji najbliže odgovara datom opisu zvezde. Ne moraju svi spektralni tipovi da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

- a: G2 V b: B8 V c: A0 V d: M5 I e: F3 I
f: G2 III g: K3 V h: K3 III i: O9 V j: M2 III

1. Spektar ima jake linije He I.
2. Zvezda iste površinske temperature kao Sunce, a većeg radijusa.
3. Maksimum neprekidnog spektra je na 290 nm.
4. Najveća površinska temperatura na listi.
5. Zvezda najvećeg radijusa na listi.
6. Sunce.
7. Najjače linije vodonika.
8. Crveni džin.
9. Površinska temperatura je oko 7000 K.
10. Najniža površinska temperatura na listi.

*Temperatura u središtu zvezda u kojima sagoreva vodonik je reda _____, a temperatura u središtu zvezda u kojima sagoreva helijum je reda _____.

*Kako se nazivaju objekti klase luminoznosti VII i gde se nalaze na H-R dijagramu?

*Kako se određuje radijus zvezde na osnovu položaja te zvezde na H-R dijagramu?

*Zvezda 1 je tipa F5 V, prividne magnitude 2, apsolutne magnitude 5. Zvezda 2 je tipa K3 III, prividne magnitude 7, apsolutne magnitude 1. Koja je zvezda dalja? Koja je zvezda veća? Potrebno je dati proračun ili objašnjenje. Pri poređenju sledeće dve zvezde zanemariti međuzvezdanu ekstinkciju.

*Za svaki od sledećih kratkih opisa zvezda izaberi jedan spektralni tip koji najbliže odgovara datom opisu zvezde. Ne moraju svi spektralni tipovi da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

a: G2 V b: B8 V c: A0 V d: M5 I
e: F3 I f: M4 V g: G2 III h: K3 V
i: K3 III j: A0 VII k: M2 III l: B2 I m: O9 V

1. Spektar ima jake linije He II.
2. Žuti džin.
3. Sunce.
4. Maksimum neprekidnog spektra je na 500 nm.
5. Plavi superdžin.
6. Najveća površinska temperatura na listi.
7. Zvezda najvećeg radijusa na listi.
8. Najjače linije vodonika.
9. Spektar ima jake linije neutralnih metala i molekula.
10. Zvezda glavnog niza površinske temperature manje od 3500 K.
11. Površinska temperatura bliska 7000 K.
12. Zvezda iste površinske temperature kao Sunce, a većeg radijusa.
13. Najjače linije He I.
14. Zvezda najmanjeg radijusa na listi.
15. Narandžasti džin.

*Zvezda na glavnom nizu ima masu 5 puta veću od Sunčeve. Koliko puta joj je veći radijus?

*Navedite tri karakteristike zvezde spektralnog tipa B5 V.

*Linije Balmerove serije nastaju pri prelazima elektrona (zaokruži sve tačne odgovore):

- A. sa drugog energetskog nivoa na sve ostale nivoe.
- B. sa drugog energetskog nivoa na više nivoe.
- C. sa prvog energetskog nivoa na ostale nivoe.
- D. sa viših nivoa na drugi energetski nivo.
- E. sa viših nivoa na prvi energetski nivo.

*Od dve zvezde na glavnom nizu, zvezde tipa K su _____ i žive _____ nego zvezde tipa B.

- A. masivnije, kraće
- B. manje masivne, kraće
- C. masivnije, duže
- D. manje masivne, duže

*Crveni džinovi su:

- A. zvezde velikih masa.
- B. zvezde velikih radijusa i niske površinske temperature.
- C. oba odgovora su tačna.

*Od dve zvezde na glavnom nizu, koja ima veću masu:

- A. zvezda spektralne klase B?
- B. zvezda spektralne klase G?

*Linije u spektrima superdžinova spektralne klase F su:

- A. uže.
- B. šire.

od linija u spektrima zvezda glavnog niza iste spektralne klase. Objasniti zašto.

*U termonuklearnim reakcijama proizvode se:

- A. elektronski neutritini.
- B. mionski neutritini.
- C. tau neutritini.

*Sledeće iskaze označiti kao tačne (T) ili netačne (N):

- Razdvojna moć radio-interferometra ne zavisi od prečnika antena radio-teleskopa.

- Doplerov efekat se koristi za merenje radijalnih brzina zvezda.

- Bolometrijska korekcija je razlika između vizuelne i bolometrijske zvezdane veličine.

- Razlika u jačini linije nekog hemijskog elementa u spektrima različitih zvezda posledica je razlike u zastupljenosti tog elementa u njihovim atmosferama.

- Sunce i Mesec su crveni blizu horizonta jer atomi u Zemljinoj atmosferi najviše apsorbuju plavu svetlost.

- Hromatsku aberaciju imaju samo teleskopi refraktori.

*Za svaki od sledećih kratkih opisa zvezda izaberi jedan spektralni tip koji najbliže odgovara datom opisu zvezde. Ne moraju svi spektralni tipovi da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

a: G2V b: B8 V c: A0 V d: M5 I
e: F3 I f: G2 III g: K3 V h: K3 III i: O9 V

1. Spektar ima jake linije He II.
2. Zvezda iste površinske temperature kao Sunce, a većeg radijusa.
3. Maksimum neprekidnog spektra je na 500 nm.
4. Najveća površinska temperatura na listi.
5. Zvezda najvećeg radijusa na listi.
6. Sunce.
7. Najjače linije vodonika.
8. Narandžasti džin.
9. Spektar ima jake uske linije kalcijuma.
10. Površinska temperatura je oko 7000 K.

*Šta je proizvod fuzije protona i deuteronu? Napisati reakciju _____.

*Za svaki od sledećih kratkih opisa zvezda izaberi jedan spektralni tip koji najbliže odgovara datom opisu zvezde. Ne moraju svi spektralni tipovi da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

a: G2 V b: B8 V c: A0 V d: M5 I
e: F3 I f: M4 V g: G2 III h: K3 V
i: K3 III j: A0 VII k: M2 III l: B2 I m: O9 V

1. Spektar ima jake linije He II.
2. Žuti džin.
3. Sunce.
4. Maksimum neprekidnog spektra je na 500 nm.
5. Plavi superdžin.
6. Najveća površinska temperatura sa liste.
7. Zvezda najvećeg radijusa sa liste.
8. Najjače linije vodonika.
9. Zvezda glavnog niza površinske temperature manje od 3500 K.
10. Površinska temperatura bliska 7000 K.
11. Zvezda iste površinske temperature kao Sunce, a većeg radijusa.
12. Najjače linije He I.
13. Zvezda najmanjeg radijusa na listi.
14. Narandžasti džin.

*Temperatura u središtu zvezda u kojima sagoreva helijum je reda _____.

*Šta je proizvod fuzije tri jezgra helijuma? _____

*Koja je razlika između prave (termalne) apsorpcije i rasejanja? Dati primere.

*Kako nastaje $H\alpha$ apsorpciona linija u zvezdanom spektru?

*Jedna polovina energije oslobođene gravitacionim sažimanjem se transformiše u _____, a druga polovina u _____.

*Izračunati talasne dužine $Ly\alpha$ i $H\alpha$ linije pomoću (približne) Ridbergove formule. Ridbergova konstanta je $1.09677583 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

*Temperatura u središtu Sunca je:

- A. 1.5×10^6 K.
- B. 6×10^3 K.
- C. 2×10^6 K.
- D. 1.5×10^7 K.

*Zvezda mase Sunca ima:

- A. potpuno konvektivnu unutrašnjost.
- B. potpuno radijativnu unutrašnjost.
- C. radijativnu zonu iznad konvektivne.
- D. konvektivnu zonu iznad radijativne.

*Pritisak degenerisanog gasa zavisi:

- A. samo od temperature.
- B. samo od gustine.
- C. od temperature i gustine.

*Kako možemo razlikovati planete od zvezda na nebu?

*Zašto se kaže da je Mesec u prvoj/drugoj četvrti kada se vidi pola kruga (Meseca)?

*Zašto uvek vidimo samo jednu stranu Meseca?

*Kada su ljudi prvi put sleteli na Mesec? Koliko puta su ljudi bili na Mesecu?

*Da li se Sunce sme posmatrati golim okom za vreme totalnog pomračenja (totaliteta)? Kako dolazi do pomračenja Sunca i Meseca? Koja pomračenja su češća, Meseca ili Sunca?

*Šta je to *zvezda Danica*?

*Ako je fotosfera Sunca tanka svega oko 300 km i nalazi se ispod hromosfere i korone, zašto je onda vidimo (a ne vidimo hromosferu i koronu)? Kada možemo, prirodnim putem, posmatrati hromosferu i koronu?

*Šta je to polarna svetlost?

*Koje planete u Sunčevom sistemu imaju prstenove? Šta čini te prstenove?

*Koja je najveća planeta u Sunčevom sistemu?

*Šta predstavlja efekat staklene bašte?

*Koje planete imaju *mene* i objasniti zašto?

*Kako se posmatraju (vide) meteori a kako veštački sateliti na nebu?

*Šta su to *zvezde padalice*?

*Šta su to hondriti?

*Šta je to Zodijačka svetlost?

*Objasniti pojam Kirkvudovih praznina.

*Navesti osnovne rezlike između planeta Zemljinog i Jupiterovog tipa.

*U kom sloju atmosfere se nalazi ozonski omotač?

*Magnetna aktivnost Sunca traje _____ godina.

*Korona je _____ od hromosfere.

A. hladnija i ređa

B. toplija i ređa

C. hladnija i gušća

*O čemu govori Volfov broj?

*Kako se objašnjava pojava velike crvene pege na Jupiteru?

*Regolit je _____.

*Koje od navedenih planeta imaju prstenove:

A. Mars

B. Jupiter

C. Uran

D. Neptun

*Sloj Sunca iz koga se emituje najveća količina energije zračenja koje posmatramo na Zemlji zove se:

- A. fotosfera.
- B. korona.
- C. hromosfera.

*Pridružiti delovima Sunčeve atmosfere odgovarajuće karakteristične procese/forme i oblike aktivnosti.

- | | | | |
|------------|-----------------|----------------|--------------------|
| a: spikule | b: pege | c: plaže | d: lukovi i petlje |
| e: granule | h: protuberance | i: Ca II mreža | |

- A. fotosfera
- B. hromosfera
- C. korona

*Sledeće iskaze označiti kao tačne (T) ili netačne (N):

- Erupcije na Suncu mogu da utiču na radio-komunikacije na Zemlji.
- Granulacija na površini Sunca nastaje konvektivnim kretanjem plazme ispod Sunčeve fotosfere.
- Sunčeva energija se generiše fuzijom helijuma u ugljenik.
- Sunčeve pege su tamne jer su hladnije od okolnog gasa.
- Kada Sunce za 5 milijardi godina evoluiru u crvenog džina njegova luminoznost će biti manja od sadašnje.
- Neutrini su značajni jer nose informaciju o konvektivnoj zoni Sunca.
- Jezgro Sunca sadrži više He a manje H nego Sunčeva površina jer je deo H termonuklearnim reakcijama u jezgru pretvoren u He.

*Na kom se srednjem rastojanju od Sunca nalazi planeta koja obilazi oko Sunca za 11.9 godina? Koja je to planeta?

*Nabrojati Galilejeve satelite? _____

*Objasniti zašto je temperatura na površini Venere veća nego na površini Merkura.

*Koji je najniži sloj Zemljine atmosfere?

- A. stratosfera
- B. mezosfera
- C. troposfera

*Na početku ciklusa Sunčeve aktivnosti pege se javljaju na heliografskoj širini:

- A. 5° .
- B. 15° .
- C. 25° .
- D. 35° .

*Meteorski roj čine:

- A. Fragmenti asteroida.
- B. Fragmenti kometa.
- C. Fragmenti meteora.

*Kolika je brzina kretanja Zemlje oko Sunca?

- A. 20 km/s
- B. 30 km/h
- C. 20 km/h
- D. 30 km/s

*Starost Sunčevog sistema je približno:

- A. 4.5×10^6 godina.
- B. 4.5×10^{11} godina.
- C. 4.5×10^9 godina.

*U koje doba godine je Zemlja najbliža Suncu?

*Šta je to litosfera?

*Šta je to Maunderov minimum?

*Koliko je potrebno vremena fotonima koji napuštaju Sunce da stignu do orbite planete Zemlje? ($c = 299792458$ m/s, $1 \text{ au} = 149597871$ km)

*Za svaki od sledećih kratkih opisa tela Sunčevog sistema izaberi ono telo (ona tela) koje najviše odgovara datom opisu. Ne moraju svi objekti da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

a: Mars b: Venera c: Merkur d: Saturn e: Ceres
f: Jupiter g: Uran h: Neptun i: Titan j: Mesec
k: Ida l: Evropa m: Ganimed n: Io o: Pluton
p: Eros

1. Asteroid na koji je sletela letilica NEAR.
2. Najmanja planeta u Sunčevom sistemu.
3. Najveći Saturnov satelit.
4. Najbliža planeta patuljak.
5. Planeta koja najsporije rotira.
6. Planeta na kojoj se nalazi najviša planina u Sunčevom sistemu.
7. Satelit koji ima tečni okean ispod ledene površine.
8. Planeta bez atmosfere.
9. Planete sa prstenovima.
10. Najveći satelit u odnosu na svoju matičnu planetu.
11. Planeta koja ima mene.
12. Prvi asteroid kod kojeg je otkriven satelit.
13. Najveći satelit u Sunčevom sistemu.
14. Najdalja velika planeta.
15. Najjače magnetno polje.
16. Najjača vulkanska aktivnost.
17. Planeta sa najvećom površinskom temperaturom.
18. Osa rotacije planete leži u ravni ekliptike.
19. Najsjajnija planeta na nebu.
20. Planeta najmanje gustine.

*Koliku prividnu veličinu će imati Sunce posmatrano sa Neptuna, ako je period revolucije Neptuna 164.79 godina, a prividna vizuelna veličina Sunca posmatrana sa Zemlje iznosi -26.8° ?

*Koji je gas (od ponuđenih) najzastupljeniji u atmosferi navedene planete?

- a. CO₂ b. N₂ c. O₂
- d. CH₄ e. NH₃ f. H
- g. He h. Ar

1. Venera
2. Zemlja
3. Mars
4. Saturn
5. Uran

*Povezati zvezdu sa sazveždem u kome se nalazi. a) Antares, b) Betelgejz, c) Deneb, d) Kapela, e) Kastor; 1) Blizanci, 2) Kočijaš, 3) Labud, 4) Škorpija, 5) Orion.

*Poređaj po udaljenosti od Sunca: 1) Ortov oblak, 2) Asteroidni pojas, 3) Kojperov pojas.

*Koja zvezda ima veću luminoznost, crveni džin ili beli patuljak?

*Izbaci jednog uljeza: Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun. Objasni svoj izbor.

*Poređaj prirodne satelite po veličini, od najmanjeg do najvećeg: Ganimed, Evropa, Mesec, Titan, Fobos.

*Koja je zvezda najbliža Suncu?

*Koja je prividno najsjajnija zvezda na nebu, izuzimajući Sunce?

*Aldebaran je najsjajnija zvezda kog sazvežđa?

*U kom sazvežđu se nalazi zvezda Altair, a u kom Kapela?

*Kako se naziva zvezda sa najvećim sopstvenim kretanjem?

*U kom pojasu heliografskih širina se, u grubo, ne primećuju pege?

*Kolika je približno razlika u prividnom sjaju između dve magnitude?

*Kolika greška u udaljenosti nekog izvora približno odgovara grešci od 0.1 magnituda u modulu rastojanja?

*Koliki je broj zvezda koje imaju negativne prividne zvezdane veličine u V filteru na celom nebu?

*Kako se naziva druga po redu najsjajnija zvezda na noćnom nebu planete Zemlje?

*Koji je hemijski element prvo otkriven na Suncu, pa tek onda na Zemlji?

*Iako se u literaturi sreću različite definicije, uglavnom se zvezde glavnog niza spektralne klase M (nekada i K) nazivaju crveni patuljci. U našoj galaksiji je danas to najbrojnija grupa zvezda. Hemijski sastav im je uglavnom homogen usled toga što su pretežno potpuno konvektivne zvezde. Mešanjem materije u unutrašnjosti, ove zvezde uspevaju da *sagore* skoro sav vodonik, te im je i život na glavnom nizu znatno duži od ostalih zvezda. Koja nama bliska zvezda spada u tu grupu?

*Ukratko pojasniti šta je to Velika crvena pega.

*Koji prirodni satelit u Sunčevom sistemu je najpoznatiji po tome što pokazuje aktivnu vulkansku aktivnost?

*Savremene metode nuklearne geohronologije procenjuju starost Sunčevog sistema na _____ godina.

*Kako se naziva najstariji tip astronomskog instrumenta?

*Šta znače sledeće oznake: $H I$, $H II$, H_2 , $He III$, $Ca II$, a šta označava H_α ?

*Šta je to α čestica, a šta su to zapravo β^+ i β^- čestice?

*Objasniti pojam defekta mase.

*Teleskop refraktor ima prečnik objektiva 15 cm. Odrediti graničnu prividnu veličinu koja može biti posmatrana ovim teleskopom. Kolika je razdvojna moć ovog teleskopa u vidljivom delu spektra?

*Izvesti formulu za ukupnu prividnu veličinu sistema od n zvezda, ako su prividne veličine komponentata m_1, m_2, \dots, m_n . Kako glasi ta formula u specijalnom slučaju kada su sve komponente iste prividne veličine m ?

*Izvesno jato ima 10000 zvezda. Integralna apsolutna vizuelna magnituda 100 zvezda iz ovog jata iznosi 0, dok je integralna apsolutna vizuelna magnituda ostatka zvezda 5. Koliko iznosi apsolutna vizuelna magnituda tog jata?

*Izvesno jato ima 20000 zvezda. Integralna prividna vizuelna magnituda 200 zvezda iz ovog jata, koje sve imaju istu prividnu vizuelnu veličinu, iznosi 0.12. Ostatak zvezda ima istu prividnu vizuelnu veličinu (ali drugačiju od pomenutih 200), dok im je integralna prividna vizuelna magnituda 5.5. BC za pomenutih 200 zvezda je -0.13 , dok za preostale zvezde iznosi -0.19 . Koliko iznosi integralna apsolutna bolometrijska magnituda tog jata ako je udaljeno 21 ly?

*Vizuelne magnitode komponenata jedne trojne zvezde iznose 6, 9 i 12. Kolika je integralna bolometrijska prividna zvezdana veličina ove zvezde ako je bolometrijska korekcija za svaku zvezdu 0.8?

*Komponente trojnog sistema imaju prividne veličine 1, 1.5 i 2. Koliko iznosi ukupna prividna veličina ovog sistema? Koliki deo od ukupnog fluksa koji dobijamo od sistema potiče od svake pojedinačne komponente? Koliki je odnos efektivnih temperatura najtoplije i najhladnije zvezde u sistemu ako sve tri komponente imaju jednake radijuse?

*Prva zvezda ima indeks boje $B - V = -0.10$, a druga $B - V = 0.10$. Odrediti apsolutnu plavu magnitudu hladnije zvezde ako je njena prividna vizuelna magnituda jednaka integralnoj magnitudi jedne trojne zvezde čije su pojedinačne magnitude 1, 3, 6. Udaljenost hladnije zvezde iznosi 32 pc.

*U spektru posmatrane zvezde linija stroncijuma (Sr) na 421.5 nm ima dva puta veći intenzitet od linije gvožđa (Fe) na 426.0 nm. Prividna vizuelna zvezdana veličina konkretne zvezde iznosi 7 magnituda. Odrediti udaljenost razmatrane zvezde u parsecima i svetlosnim godinama. Poznato je da važi sledeća empirijska zavisnost $M_V = 3.25 - \frac{5}{8} I_{\text{Sr}}/I_{\text{Fe}}$. Kolika je luminoznost zvezde u jedinicama luminoznosti Sunca ($M_{\odot} = 4.74$)? Koliku bi osvetljenost davala ova zvezda na orbiti hipotetičke planete udaljene od zvezde, u srednjem 1 au ($L_{\odot} = 3.82 \times 10^{26} \text{ W}$)?

*Vizuelna magnituda Aldebarana je 1.06, a udaljenost 19.6 pc. Bolometrijska korekcija za ovu zvezdu iznosi 0.9. Kolika je luminoznost Aldebarana u jedinicama Sunčeve luminoznosti? Bolometrijska apsolutna veličina Sunca je 4.74.

*Izvesti izraz za poluprečnik zvezde u jedinicama radijusa Sunca ako je poznat odnos efektivnih temperatura te zvezde i Sunca i ako su poznate prividna zvezdana veličina i trigonometrijska paralaksa zvezde, te apsolutna zvezdana veličina Sunca.

*Proceniti masu zvezde (u masama Sunca) koja se nalazi na glavnom nizu i čija je prividna bolometrijska zvezdana veličina 0.02 i udaljena je 30 svetlosnih godina. Utvrđeno je da su u spektru date zvezde prisutne jake linije H I, dok su prisutne i Si II, Mg II, Ca II, Fe II. Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74, a $T_{\text{ef},\odot} = 5777 \text{ K}$.

*Zvezda se nalazi na rastojanju od 100 pc. Ako je njen poluprečnik 2 puta veći od poluprečnika Sunca, a njena luminoznost 5 puta veća od luminoznosti Sunca, odrediti njenu prividnu i apsolutnu bolometrijsku veličinu, kao i efektivnu temperaturu. Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74, a $T_{\text{ef},\odot} = 5777 \text{ K}$.

*Proceniti odnos osvetljenosti koje daju Sunce i Mesec na Zemlji. Zanimariti uticaj Zemljine atmosfere. Podrazumevati da je Mesec u punoj fazi (pun Measec). Kolikoj razlici prividnih zvezdanih veličina odgovara taj odnos? Neka je albedo Meseca 0.14, srednje rastojanje sistema Zemlja-Mesec od Sunca $1.50 \times 10^{11} \text{ m}$, srednje rastojanje Zemlje od Meseca $3.84 \times 10^8 \text{ m}$, radijus Meseca $1.74 \times 10^6 \text{ m}$, a luminoznost Sunca $3.83 \times 10^{26} \text{ W}$.

*Odnos luminoznosti dve zvezde u plavom filteru je 12.02. U vizuelnom delu spektra njihove prividne zvezdane veličine su jednake, dok je za plavi filter apsolutna vrednost razlike prividnih zvezdanih veličina jednaka 0.4. Odrediti odnos heliocentričnih rastojanja ovih zvezda. Zanimariti slabljenje zračenja kroz međusistemsku sredinu. Neka su obe zvezde na glavnom nizu.

*Integralna prividna zvezdana veličina jednog dvojnog sistema izmerena je dva puta. Prvi put je dobijena vrednost 5.0, a drugi put 5.3. Naknadno

je ustanovljeno da se kod jednog od pomenuta dva merenja javila gruba greška, te ga je potrebno odbaciti. O kom merenju je reč? Neka je poznato da sjajnija komponenta tog dvojnog sistema ima prividnu zvezdanu veličinu 6.0.

*Godišnja paralaksa jednog trojnog sistema, gledano sa Marsa iznosi 0.457 lučnih sekundi. Period obilaska Marsa oko Sunca je 686.98 dana. Sve tri zvezde imaju isti poluprečnik, dva puta veći od Sunčevog ($R_{\odot} \approx 696000\text{km}$). Dve zvezde su spektralne klase A, dok je treća spektralne klase G. Odrediti prividnu bolometrijsku zvezdanu veličinu za ovaj sistem kao celinu. ($L_{\odot} = 3.844 \times 10^{26}\text{ W}$, $M_{\text{bol},\odot} = 4.74$)

*Neka je opravdano pretpostaviti da se zvezda u odnosu na Sunce kreće ravnomerno pravolinijski. Koliko puta i kada će se dogoditi da se njena prividna zvezdana veličina razlikuje od sadašnje za 1? Izmerena radijalna brzina zvezde je -26 km/s , a komponenta sopstvenog kretanja po rektascenziji $\mu_{\alpha} \cos \delta$ je 0.03575 sekundi godišnje, te po deklinaciji μ_{δ} iznosi 0.3853 lučnih sekundi godišnje. Sadašnja udaljenost zvezde od Sunca je 5.13 pc. Zanemariti međusistemsku ekstinkciju.

*Veoma grubo proceniti koliko bismo zvezda videli golim okom tokom noći, van oblasti svetlosnog zagađenja i bez prisustva Meseca, kada bi nam zenice imale dva puta veći prečnik. U pomenutim uslovima prosečan čovek vidi oko 3000 zvezda sa jednog mesta.

*Proceniti za koliko se razlikuju prividne zvezdane veličine Sunca zimi i leti, ako je poznata ekscentričnost Zemljine pitanje od oko 0.017.

*Neka je na raspolaganju mali refraktor prečnika objektiva 100 mm. Za prečnik zenice ljudskog oka se može uzeti vrednost od 6 mm. Odrediti odnos količine (svetlosne) energije koju u jedinici vremena sakupi teleskop prema onoj koju sakupi ljudsko oko.

*Neka je poznato da jedan beli patuljak ima apsolutnu vizuelnu veličinu oko 12.7 magnituda, a poznato je da talasna dužina koja odgovara maksimumu zračenja pri aproksimaciji kontinuuma Plankovom funkcijom po talasnim dužinama iznosi 290 nm. Bolometrijska korekcija iznosi -0.03 . Spektralnu

liniju na 560 nm identifikovana je u spektru na 560.138 nm. Ako ova razlika potiče isključivo od procesa gravitacionog crvenog pomeraja (z_{grav}), odrediti masu belog patuljka. Gravitacioni crveni pomeraaj podrazumeva efekat usled kojeg fotoni koji napuštaju gravitacionu potencijalnu jamu kao da gube energiju. Pomenuti efekat se objašnjava u okviru moderne teorije gravitacije, a neka se u ovom slučaju može koristiti relacija:

$$z_{\text{grav}} = \frac{1}{2} \frac{v_{\text{es}}^2}{c^2},$$

gde je v_{es} druga kosmička brzina (ili brzina oslobađanja, bekstva) sa površine belog patuljka, a c uobičajena oznaka za brzinu svetlosti reda 3×10^8 m/s. Poznato je da su $M_{\text{bol},\odot} = 4.74$, $R_{\odot} \approx 696000$ km, $T_{\text{ef},\odot} = 5777$ K, $G = 6.674 \times 10^{-11}$ m³kg⁻¹s⁻², a konstanta u Vinovom zakonu pomeraanja po talasnim dužinama iznosi 2.9×10^{-3} m K.

*Planeta Venera ima veoma gustu atmosferu, a pritisak na površini (donjoj granici atmosfere) iznosi oko 9.3×10^6 Pa. Neka je poznata ukupna masa atmosfere 4.8×10^{20} kg, a njena debljina iznosi oko $d = 250$ km. Ako se Venera zamisli kao idealna lopta radijusa $R = 6050$ km, te pretpostavi da se atmosfera sastoji isključivo od ugljen-dioksida, proceniti temperaturu na površini razmatrane planete. Prepostaviti još i da je koncentracija čestica na donjoj granici atmosfere oko 17 puta veća od prosečne u atmosferi. Atomska jedinica mase je $1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg, a Bolcmanova konstanta je $k = 1.381 \times 10^{-23}$ J/K.

*Proceniti period obilaska Dejmosa oko Marsa. Poznata je dužina velike poluose njegove orbite oko Marsa od približno 23463 km, dok je za Mesec, koji se kreće oko Zemlje, oko 384000 km, a period obilaska Meseca oko Zemlje je 27 (srednjih Sunčevih) dana 7 časova i 43.1 minuta. Srednja gustina Marsa je oko 0.709 srednjih gustina Zemlje, a njegov poluprečnik je oko 0.53 Zemljinih radijusa. Neka se može pretpostaviti da su Zemlja i Mars idealna loptasta tela.

*Neka je za jednu dvojni zvezdu razlika prividnih vizuelnih zvezdanih veličina komponenata jednaka 0.7. Bolometrijske korekcije su -0.18 i -0.21 ,

za sjajnije i manje sjajnu komponentu, respektivno. Površinska gravitacija manje sjajne komponente je 297.8 N/kg , a efektivna temperatura je približno jednaka Sunčevoj. Masa manje sjajne komponente je 0.92 Sunčeve mase. Odrediti apsolutnu bolometrijsku zvezdanu veličinu sistema (integralnu apsolutnu magnitudu). Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74 , a $T_{\text{ef},\odot} = 5777 \text{ K}$, $g_{\odot} = 274 \text{ N/kg}$.

NEKE SMERNICE ZA REŠAVANJE IZABRANIH ZADATAKA

*Da li se optičkim teleskopom prečnika objektiva od $D = 80$ cm može razdvojiti dvojna zvezda α Aurigae čije su komponente na uglovnom rastojanju ϑ od 0.054 lučnih sekundi? **Rešenje.** Kako je za npr. 555 nm $\theta \approx 1.22\lambda/D$ približno 0.172 lučne sekunde, ispada da nije moguće razdvojiti komponente ($\vartheta < 2\theta$). Ako nije navedeno eksplicitno, u sličnim zadacima se može koristiti talasna dužina od 555 nm ili 513 nm, a zgodno je izvršiti obračun za interval sa granicama 390 nm i 760 nm ili alternativno 370 nm i 785 nm (u zavisnosti od literature).

*Ako oko prilagođeno na mrak, sa prečnikom zenice od 8 mm vidi zvezde do 6 magnituda, koliki bi prečnik zenice morao biti da bi se mogle videti zvezde do 18 magnituda? **Rešenje.** Odnos vrednosti elektromagnetne energije u jedinici vremena koja sa zvezde dolazi do oka u oba slučaja je $E_8/E_x = (D_x/D_8)^2$. Tako je $m_x - m_8 = 5 \log(D_x/D_8)$, gde je $m_x = 18$, a $m_8 = 6$ i $D_8 = 8$ mm, pa je $D_x \approx 2$ m.

*Na kom se maksimalnom rastojanju od nas može nalaziti dvojna zvezda da bi se komponente, koje su na srednjem međusobnom rastojanju od 140 au, mogle videti odvojeno teleskopom prečnika objektiva 1 m? **Rešenje.** Kako je neophodno da bude $\vartheta \geq 2\theta$, onda za 555 nm, sledi da je odgovor približno 1 kpc. Može se uzeti da je 1 au ≈ 206265 pc.

*Kolika je veličina lika Sunca u primarnom fokusu teleskopa žižne daljine 10 m? **Rešenje.** Ako se za uglovni prečnik Sunca α (slično i za pun Mesec) izaberu 32 lučne sekunde, onda je veličina lika $l \approx F\alpha$, gde je F žižna daljina objektiva. Tako je rešenje oko 9.3 cm.

*Posmatrano je 1000 zvezda dveju susednih prividnih veličina. Ako je razlika između prividne veličine jedne slabije vidljive zvezde i prividne veličine koja potiče od svih 1000 zvezda jednaka 8, odrediti koliko ima slabije vidljivih, a koliko prividno sjajnijih zvezda u posmatranom skupu. **Rešenje.** Neka je N prividno slabije sjajnih zvezda, a M prividno sjajnijih, tada je

$N + M = 1000$. Vodeći računa da je ukupna osvetljenost aditivna veličina, sledi da je oko 613 slabije vidljivih, a 387 prividno sjajnijih zvezda.

*Od dve zvezde istog radijusa, zvezda A zrači 256 puta veću količinu energije od zvezde B . Šta je sve tačno? (T - temperatura, M - apsolutna magnituda)

- A. $T_A = 16T_B$
- B. $T_A = 4T_B$
- C. $M_A = M_B + 6$
- D. $M_B = M_A + 6$
- E. Ni jedno

Rešenje. Kako je za zvezde moguće pisati da je $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef}}^4$, a isto tako je i $M_1 - M_2 = 2.5 \log(L_2/L_1)$, onda su tačni odgovori B i D.

*Za svaki od sledećih kratkih opisa zvezda izaberi jedan spektralni tip koji najbliže odgovara datom opisu zvezde. Ne moraju svi spektralni tipovi da budu iskorišćeni, a neki se mogu upotrebiti i više puta. Označiti izbor odgovarajućim malim slovom.

- a: G2 V b: B8 V c: A0 V d: M5 I
e: F3 I f: M4 V g: G2 III h: K3 V
i: K3 III j: A0 VII k: M2III l: B2 I m: O9 V

1. Spektar ima jake linije He II.
2. Žuti džin.
3. Sunce.
4. Maksimum neprekidnog spektra je na 500 nm.
5. Plavi superdžin.
6. Najveća površinska temperatura na listi.
7. Zvezda najvećeg radijusa na listi.
8. Najjače linije vodonika.
9. Spektar ima jake linije neutralnih metala i molekula.
10. Zvezda glavnog niza površinske temperature manje od 3500 K.
11. Površinska temperatura bliska 7000 K.

12. Zvezda iste površinske temperature kao Sunce, a većeg radijusa.
13. Najjače linije He I.
14. Zvezda najmanjeg radijusa na listi.
15. Narandžasti džin.

Rešenje. 1-m, 2-g, 3-a, 4-a, 5-l, 6-m, 7-d, 8-c, 9-h, 10-f, 11-e, 12-g, 13-b, 14-j, 15-i.

*Šta je proizvod fuzije tri jezgra helijuma? **Rešenje.** Kada temperatura u jezgru sačinjenom prevashodno od jezgara helijuma pređe 100 miliona Kelvina, tada su stvoreni uslovi za značajnu proizvodnju jezgara ugljenika ${}^6\text{C}^{12}$ trostrukim α -procesom. Proces se odvija kroz fuziju dva jezgra helijuma i stvaranje nestabilnog jezgra berilijuma koje može interagovati sa još jednim jezgrom helijuma i stvoriti, konačno jezgro ugljenika. Početna ideja potiče od Salpetera (eng. *Edwin Salpeter*, 1924 – 2008). Skrenimo, ipak pažnju da je Fred Hojl (eng. *Fred Hoyle*, 1915 – 2001) pretpostavio da bi morala postojati odgovarajuća rezonanca jezgra ugljenika (energijski nivo) tako da se ovim procesom stvori posmatrana količina (zastupljenost) ugljenika, za život kakav poznajemo na Zemlji važnog elementa. Tek zatim je konkretna rezonanca i eksperimentalno potvrđena, a ovaj proces objašnjava posmatranu zastupljenost ugljenika.

*Izračunati talasne dužine $\text{Ly}\alpha$ i $\text{H}\alpha$ linije pomoću (približne) Ridbergove formule. Ridbergova konstanta je $1.09677583 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$. **Rešenje.** Za atom vodonika približno važi:

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\text{H}} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right),$$

gde je R_{H} Ridbergova konstanta za vodonik (u vakuumu), a n_1 i n_2 , $n_2 > n_1$ su glavni kvantni brojevi. $\text{Ly}\alpha$ prelazi uključuju $n_1 = 1$ i $n_2 = 2$, dok je za $\text{H}\alpha$ prelaze $n_1 = 2$ i $n_2 = 3$. Za $\text{Ly}\alpha$ imamo oko 121.57 nm, a za $\text{H}\alpha$ približno 656.47 nm. (Vidi primer 5.3.1 iz Carroll & Ostile 2017)

*Na kom se srednjem rastojanju od Sunca nalazi planeta koja obilazi oko Sunca za 11.9 godina? Koja je to planeta? **Rešenje.** Ukoliko se iskoristi treći Keplerov zakon, vodeći računa da je masa Sunca mnogo veća od mase

planeta, dobija se da je $a_p = (T_p/T_\oplus)^{2/3} a_\oplus$, gde je $a_\oplus = 1$ au, a $T_\oplus = 1$ god. Ispada da je $a_p \approx 5$ au, pa je reč o Jupiteru.

*Koliko je potrebno vremena fotonima koji napuštaju Sunce da stignu do orbite planete Zemlje? ($c = 299792458$ m/s, 1 au = 149597871 km)

Rešenje. Oko 8.3 min.

*Koliko prividnu veličinu će imati Sunce posmatrano sa Neptuna, ako je period revolucije Neptuna 164.79 godina, a prividna vizuelna veličina Sunca posmatrana sa Zemlje iznosi -26.8 ? **Rešenje.** Prema Pogsonovom obrazcu ispada da je $m_\Psi = m_\oplus + 5 \log(r_\Psi/r_\oplus)$. Prema trećem Keplerovom zakonu sledi da je $r_\Psi/r_\oplus = (T_\Psi/T_\oplus)^{2/3}$. Tako je konačno $m_\Psi \approx -19.41$.

*Izvesno jato ima 10000 zvezda. Integralna apsolutna vizuelna magnituda 100 zvezda iz ovog jata iznosi 0, dok je integralna apsolutna vizuelna magnituda ostatka zvezda 5. Koliko iznosi apsolutna vizuelna magnituda tog jata? **Rešenje.** Pogsonov obrazac za jednu, slučajno izabranu zvezdu apsolutne veličine M_1 i integralnu magnitudu M_{100} za pomenutih 100 zvezda daje $M_1 - M_{100} = 2.5 \log(L_{100}/L_1)$. Pogsonov obrazac za istu tu zvezdu sa M_1 i integralnu magnitudu za ostatak zvezda M_{os} daje $M_1 - M_{os} = 2.5 \log(L_{os}/L_1)$. Konačno, Pogsonov obrazac za M_1 i integralnu magnitudu celog jata daje $M_1 - M = 2.5 \log(L/L_1)$, gde je $L = L_{100} + L_{os}$. Dobija se da je približno $M = -0.01$.

*Izvesno jato ima 20000 zvezda. Integralna prividna vizuelna magnituda 200 zvezda iz ovog jata, koje sve imaju istu prividnu vizuelnu veličinu, iznosi 0.12. Ostatak zvezda ima istu prividnu vizuelnu veličinu (ali drugačiju od pomenutih 200), dok im je integralna prividna vizuelna magnituda 5.5. BC za pomenutih 200 zvezda je -0.13 , dok za preostale zvezde iznosi -0.19 . Koliko iznosi integralna apsolutna bolometrijska magnituda tog jata ako je udaljeno 21 ly? **Rešenje.** Skrenimo prvo pažnju da je ovde bolometrijska korekcija definisana po konvenciji $BC < 0$, dakle, $BC = M_{bol} - M_V = m_{bol} - m_V$. Može se koristiti da je 1 pc ≈ 3.26 ly. Sledi da je rezultat oko 1.565 magnituda.

*Komponente trojnog sistema imaju prividne veličine 1, 1.5 i 2. Koliko iznosi ukupna prividna veličina ovog sistema? Koliki deo od ukupnog fluksa

koji dobijamo od sistema potiče od svake pojedinačne komponente? Koliki je odnos efektivnih temperatura najtoplije i najhladnije zvezde u sistemu ako sve tri komponente imaju jednake radijuse? **Rešenje.** Odgovor na poslednje pitanje se može lako dati ako se razume da je moguće pretpostaviti da su sve tri komponente na podjednakom rastojanju od nas, te da se luminoznost svake zvezde i može približno predstaviti kao $L_i = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef},i}^4$, pa je $E_i/E = F_i/F = L_i/L$, $L = \sum_i L_i$, a $L_i/L_j = (T_{\text{ef},i}/T_{\text{ef},j})^4$.

*Proceniti masu zvezde (u masama Sunca) koja se nalazi na glavnom nizu i čija je prividna bolometrijska zvezdana veličina 0.02 i udaljena je 30 svetlosnih godina. Utvrđeno je da su u spektru date zvezde prisutne jake linije H I, dok su prisutne i Si II, Mg II, Ca II, Fe II. Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74, a $T_{\text{ef},\odot} = 5777$ K. **Rešenje.** U ovakvom tipu zadataka potrebno je proceniti efektivnu temperaturu na osnovu opisa spektra. U ovom slučaju je opisan tipičan spektar zvezda spektralne klase A, što znači da je opravdana procena efektivne temperature u intervalu 7500 – 11000 K. Recimo, može se izabrati 10000 K. Kako je zvezda na glavnom nizu, onda važi da je $\mathcal{M}/R^2 = \text{const}$, pa je $\mathcal{M}/\mathcal{M}_{\odot} = (R/R_{\odot})^2$. Može se koristiti veza da je $1 \text{ pc} = 3.26 \text{ ly}$, kao i to da je $M_{\odot} - M = 2.5 \log(L/L_{\odot})$ i $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef}}^4$.

*Zvezda se nalazi na rastojanju od 100 pc. Ako je njen poluprečnik 2 puta veći od poluprečnika Sunca, a njena luminoznost 5 puta veća od luminoznosti Sunca, odrediti njenu prividnu i apsolutnu bolometrijsku veličinu, kao i efektivnu temperaturu. Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74, a $T_{\text{ef},\odot} = 5777$ K. **Rešenje.** Kako je $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef}}^4$, a $M_{\odot} - M = 2.5 \log(L/L_{\odot})$, te $M = m + 5 - 5 \log r[\text{pc}]$, jednostavno sledi rešenje.

*Proceniti odnos osvetljenosti koje daju Sunce i Mesec na Zemlji. Zane-mariti uticaj Zemljine atmosfere. Podrazumevati da je Mesec u punoj fazi (pun Mesec). Kolikoj razlici prividnih zvezdanih veličina odgovara taj odnos? Neka je albedo Meseca 0.14, srednje rastojanje sistema Zemlja-Mesec od Sunca 1.50×10^{11} m, srednje rastojanje Zemlje od Meseca 3.84×10^8 m, radijus Meseca 1.74×10^6 m, a luminoznost Sunca 3.83×10^{26} W. **Rešenje.**

Osvetljenost koju daje Sunce na orbiti Zemlje je $E_{\odot\oplus} = L_{\odot}/(4\pi r_{\oplus}^2) \approx 1.35 \times 10^3 \text{ W/m}^2$. Mesec reflektuje Sunčevu svetlost, pa je osvetljenost koju daje Mesec na orbiti Zemlje onda $E_{\zeta\oplus} = \mathcal{A} \cdot R_{\zeta}^2 \pi \cdot E_{\odot\oplus}/(4\pi r_{\zeta\oplus}^2)$, kako je Mesec u punoj fazi, a albedo je označen sa \mathcal{A} . Rezultat je onda 1.40×10^6 , odnosno 15.37 magnituda.

*Odnos luminoznosti dve zvezde u plavom filteru je 12.02. U vizuelnom delu spektra njihove prividne zvezdane veličine su jednake, dok je za plavi filter apsolutna vrednost razlike prividnih zvezdanih veličina jednaka 0.4. Odrediti odnos heliocentričnih rastojanja ovih zvezda. Zanimariti slabljenje zračenja kroz međusistemsku sredinu. Neka su obe zvezde na glavnom nizu. **Rešenje.** Ako je $L_{B,1}/L_{B,2} = 12.02$, onda je $M_{B,2} - M_{B,1} \approx 2.7$ (zvezda 1 je sjajnija). Kako je ispunjeno da je $M = m + 5 - 5 \log r[\text{pc}]$, onda je $M_{B,1} - M_{B,2} = m_{B,1} - m_{B,2} + 5 \log(r_2/r_1)$, a slično važi i za $M_{V,1} - M_{V,2} = 5 \log(r_2/r_1)$, pa sledi da je $M_{B,1} - M_{B,2} - (m_{B,1} - m_{B,2}) = M_{V,1} - M_{V,2}$. Kako su obe zvezde na glavnom nizu, sjajnija zvezda samim tim i toplija, te joj je vrednost $B - V$ (u konkretnoj notaciji to je $m_B - m_V$) numerički manja u odnosu na slučaj hladnije zvezde. Dakle, važi da je $m_{B,1} - m_{V,1} < m_{B,2} - m_{V,2}$, te je $m_{B,1} - m_{B,2} < 0$, pa je jasno da sledi $r_2/r_1 = 0.35$.

*Integralna prividna zvezdana veličina jednog dvojnog sistema izmerena je dva puta. Prvi put je dobijena vrednost 5.0, a drugi put 5.3. Naknadno je ustanovljeno da se kod jednog od pomenuta dva merenja javila gruba greška, te ga je potrebno odbaciti. O kom merenju je reč? Neka je poznato da sjajnija komponenta tog dvojnog sistema ima prividnu zvezdanu veličinu 6.0. **Rešenje.** U graničnom slučaju, osvetljenost od slabije komponente može biti zanemarljiva, pa je ukupna osvetljenost jednaka osvetljenosti od sjajnije komponente 1. Drugi granični slučaj je da obe komponente daju podjednaku osvetljenost, pa je ukupna osvetljenost $2E_1$. Kako je $m_1 - m = 2.5 \log(E/E_1)$, $E = E_1 + E_2$, sledi da je u prvom slučaju $m = m_1 = 6.0$, a u drugom $m = 5.25$. Jasno je onda da je merenje 5.0 omaška.

*Godišnja paralaksa jednog trojnog sistema, gledano sa Marsa iznosi 0.457 lučnih sekundi. Period obilaska Marsa oko Sunca je 686.98 dana. Sve tri zvezde imaju isti poluprečnik, dva puta veći od Sunčevog ($R_{\odot} \approx 696000 \text{ km}$).

Dve zvezde su spektralne klase A, dok je treća spektralne klase G. Odrediti prividnu bolometrijsku zvezdanu veličinu za ovaj sistem kao celinu. ($L_{\odot} = 3.844 \times 10^{26}$ W, $M_{\text{bol},\odot} = 4.74$) **Rešenje.** Najpre je neophodno preračunati datu vrednost paralakse na onu koja sledi po standardnoj definiciji, drugim rečima, gledano sa planete Zemlje. Prema trećem Keplеровom zakonu sledi da je $a_{\oplus}^3/T_{\oplus}^2 = a_{\text{G}}^3/T_{\text{G}}^2$, pa za $T_{\oplus} = 1$ god sledi odnos velikih poluosova orbita Zemlje i Marsa. Upravo nam taj odnos omogućava da nađemo paralaksu sistema gledano sa Zemlje, oko 0.3 lučne sekunde. Kako je luminoznost aditivna veličina, a u dovoljno dobroj aproksimaciji može da se piše da je $L = 4\pi R^2 \sigma T_{\text{ef}}^4$, moguće je odrediti ukupnu luminoznost zvezde, te konačno i M , kako je $M_{\text{bol},\odot} - M_{\text{bol}} = 2.5 \log(L/L_{\odot})$. Opravdana procena efektivne temperature za zvezde spektralne klase A je u intervalu 7500 – 11000 K, a za zvezde spektralne klase G unutar intervala 5000 – 6000 K.

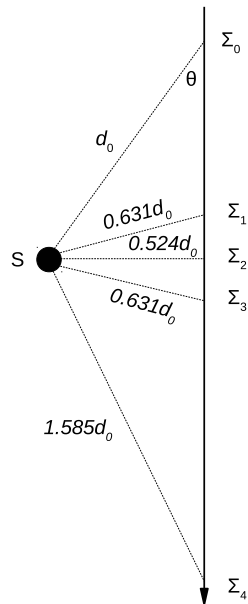
*Neka je opravdano pretpostaviti da se zvezda u odnosu na Sunce kreće ravnomerno pravolinijski. Koliko puta i kada će se dogoditi da se njena prividna zvezdana veličina razlikuje od sadašnje za 1? Izmerena radijalna brzina zvezde je -26 km/s, a komponenta sopstvenog kretanja po rektascenziji $\mu_{\alpha} \cos \delta$ je 0.03575 sekundi godišnje, te po deklinaciji μ_{δ} iznosi 0.3853 lučnih sekundi godišnje. Sadašnja udaljenost zvezde od Sunca je 5.13 pc. Zanimariti međusistemsku ekstinkciju. **Rešenje.** Kako je reč o istoj zvezdi, jasno je da važi $m_{d_i} - m_{d_j} = 5 \log(d_i/d_j)$. Neka je d_0 trenutna udaljenost (položaj Σ_0). Pošto je prema postavci zadatka uopšte $m_d = m_{d_0} \pm 1$, onda je jasno da se željeni scenario može odigrati kada je $d \approx 0.631d_0$ ili $d \approx 1.585d_0$. Potrebno je odrediti koliko će biti minimalno rastojanje zvezde od Sunca (položaj Σ_2) i uporediti ga sa prethodnim rezultatima. Ugao θ na slici 1, drugim rečima, ugao kod Σ_0 je određen odnosom tangencijalne i radijalne brzine u Σ_0 , $\text{tg}\theta = |V_{\tau,0}/V_{\text{rad},0}|$, gde je $V_{\tau,0} = 4.74\mu_0 d_0$. Dakle, minimalno rastojanje je $0.524d_0$. Ispada da se na $d \approx 0.631d_0$ zvezda može naći jednom pre (položaj Σ_1) i jednom nakon minimalnog rastojanja (položaj Σ_3), a na $d \approx 1.585d_0$ samo nakon trenutka najbliže udaljenosti (položaj Σ_4). Primenom sinusne i kosinusne teoreme na trougao $\Sigma_0\Sigma_3$, može se odrediti pređeni put $\Sigma_0\Sigma_3$, reda 6.16 pc. Vodeći računa o mogućoj

dvoznačnosti trigonometrijskih funkcija, slično je moguće odrediti i $\Sigma_0\Sigma_1$, reda 2.56 pc, posmatrajući trougao $\Sigma_0S\Sigma_1$. Konačno, iz trougla $\Sigma_0S\Sigma_4$ se može odrediti $\Sigma_0\Sigma_4$ reda 12.00 pc. Uz pretpostavku konstantnosti intenziteta prostorne brzine, reda 30.643 km/s, moguće je onda odrediti i vreme koje je potrebno da protekne od trenutnog do konkretnih položaja. Podsetimo se da je stvarna prostorna brzina zvezde (u sistemu reference vezanom za centar Mlečnog puta) zapravo zbir prostorne brzine u odnosu na Sunce (koju smo ovde računali) i brzine Sunca u sistemu vezanom za centar Galaksije (oko 220 km/s). Kako je u najgrubljoj aproksimaciji reč o kružnoj putanji zvezde oko centra Galaksije (položaj zvezde u Galaksiji je blizak Suncu) sa periodom reda nekoliko stotina miliona godina, jasno je da je pretpostavka o ravnomernom pravolinijskom kretanju u znatno kraćim vremenskim intervalima sasvim opravdana.

*Veoma grubo proceniti koliko bismo zvezda videli golim okom tokom noći, van oblasti svetlosnog zagađenja i bez prisustva Meseca, kada bi nam zenice imale dva puta veći prečnik. U pomenutim uslovima prosečan čovek vidi oko 3000 zvezda sa jednog mesta. **Rešenje.** Kada bi naše zenice imale dva puta veći prečnik, njihova površina bi bila četiri puta veća. U principu, tada bismo mogli osetiti četiri puta manju osvetljenost. Kako je osvetljenost obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti, sledi da bismo mogli videti zvezde koje se, u proseku nalaze dva puta dalje. Uz pretpostavku o homogenoj raspodeli zvezda oko nas, sledi da bismo mogli videti osam puta više zvezda, odnosno oko 24000. Naravno, pretpostavka o homogenosti ima svoja ograničenja na relativno male udaljenosti, a u principu valja voditi računa i o ekstinkciji.

*Proceniti za koliko se razlikuju prividne zvezdane veličine Sunca zimi i leti, ako je poznata ekscentričnost Zemljine pitanje od oko 0.017. **Rešenje.** Zimi je Zemlja najbliža Suncu (perihel; $r_p = a(1 - e)$), a leti najdalja (afel; $r_a = a(1 + e)$). Sledi da je $m_p - m_a = 2.5 \log(r_p/r_a)^2$. Odnos udaljenosti Zemlja-Sunce u perihelu i afelu je jednaka $(1 - e)/(1 + e)$, pa je $|\Delta m| \approx 0.074$.

*Neka je na raspolaganju mali refraktor prečnika objektiva 100 mm. Za prečnik zenice ljudskog oka se može uzeti vrednost od 6 mm. Odrediti odnos količine (svetlosne) energije koju u jedinici vremena sakupi teleskop



Slika 1: Gruba skica kretanja zvezde u okolini Sunca uz rešenje zadatka.

prema onoj koju sakupi ljudsko oko. **Rešenje.** Teleskopi su kolektori nosioca informacija, konkretno elektromagnetnog zračenja. Odnos količine (svetlosne) energije koju u jedinici vremena sakupi teleskop prema onoj koju sakupi oko proporcionalan je odnosu kvadrata prečnika objektiva teleskopa i prečnika zenice oka. Sledi da se konkretnim objektivom skupi oko 277.8 puta više energije.

*Neka je poznato da jedan beli patuljak ima apsolutnu vizuelnu veličinu oko 12.7 magnituda, a poznato je da talasna dužina koja odgovara maksimumu zračenja pri aproksimaciji kontinuuma Plankovom funkcijom po talasnim dužinama iznosi 290 nm. Bolometrijska korekcija iznosi -0.03 . Spektralnu liniju na 560 nm identifikovana je u spektru na 560.138 nm. Ako ova ra-

zlika potiče isključivo od procesa gravitacionog crvenog pomeraja (z_{grav}), odrediti masu belog patuljka. Gravitacioni crveni pomeraaj podrazumeva efekat usled kojeg fotoni koji napuštaju gravitacionu potencijalnu jamu kao da gube energiju. Pomenuti efekat se objašnjava u okviru moderne teorije gravitacije, a neka se u ovom slučaju može koristiti relacija:

$$z_{\text{grav}} = \frac{1}{2} \frac{v_{\text{es}}^2}{c^2},$$

gde je v_{es} druga kosmička brzina (ili brzina oslobađanja, bekstva) sa površine belog patuljka, a c uobičajena oznaka za brzinu svetlosti reda 3×10^8 m/s. Poznato je da su $M_{\text{bol},\odot} = 4.74$, $R_{\odot} \approx 696000$ km, $T_{\text{ef},\odot} = 5777$ K, $G = 6.674 \times 10^{-11}$ m³ kg⁻¹ s⁻², a konstanta u Vinovom zakonu pomeranja po talasnim dužinama iznosi 2.9×10^{-3} mK. **Rešenje.** Druga kosmička brzina je data izrazom:

$$v_{\text{es}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}},$$

a crveni pomak je zapravo $z = z_{\text{grav}} = (\lambda' - \lambda_0)/\lambda_0$. Kako je važi relacija $\log(L/L_{\odot}) = 0.4(M_{\text{bol},\odot} - M_{\text{bol}})$, a opravdano je pisati da je $L \propto R^2 T_{\text{ef}}^4$, $\lambda_{\text{max}} T_{\text{ef}} = \text{const}$, onda je moguće odrediti masu belog patuljka koja iznosi približno kao masa Sunca.

*Planeta Venera ima veoma gustu atmosferu, a pritisak na površini (donjoj granici atmosfere) iznosi oko 9.3×10^6 Pa. Neka je poznata ukupna masa atmosfere 4.8×10^{20} kg, a njena debljina iznosi oko $d = 250$ km. Ako se Venera zamisli kao idealna lopta radijusa $R = 6050$ km, te pretpostavi da se atmosfera sastoji isključivo od ugljen-dioksida, proceniti temperaturu na površini razmatrane planete. Prepostaviti još i da je koncentracija čestica na donjoj granici atmosfere oko 17 puta veća od prosečne u atmosferi. Atomska jedinica mase je $1 \text{ amu} = 1.66 \times 10^{-27}$ kg, a Bolcmanova konstanta je $k = 1.381 \times 10^{-23}$ J/K. **Rešenje.** Na osnovu jednačine stanja idealnog gasa može se proceniti temperatura kao $T = p/(nk)$, gde je n nepoznata koncentracija pri površini planete. Ipak, moguće je proceniti srednju koncentraciju čestica u atmosferi Venere kao količnik mase atmosfere i proizvoda zapremine i mase jedne čestice (ugljen-dioksida) u

atmosfera. Zapremina se nalazi kao razlika zapremina dve lopte različitih radijusa $R + d$ i R . Ugljen-dioksid CO_2 sastoji se od ${}^6\text{C}^{12}$ i dva ${}^8\text{O}^{16}$, pa je masa jednog molekula 44 amu. Konačno, kako je koncentracija čestica na donjoj granici atmosfere oko 17 puta veća od prosečne u atmosferi, tako je moguće odrediti i temperaturu na površini reda 720 K.

*Proceniti period obilaska Dejmosa oko Marsa. Poznata je dužina velike poluose njegove orbite oko Marsa od približno 23463 km, dok je za Mesec, koji se kreće oko Zemlje, oko 384000 km, a period obilaska Meseca oko Zemlje je 27 (srednjih Sunčevih) dana 7 časova i 43.1 minuta. Srednja gustina Marsa je oko 0.709 srednjih gustina Zemlje, a njegov poluprečnik je oko 0.53 Zemljinih radijusa. Neka se može pretpostaviti da su Zemlja i Mars idealna loptasta tela. **Rešenje.** Treći Keplerov zakon se može napisati kao:

$$\frac{a_i^3}{T_i^2} = G \frac{M_i}{4\pi^2},$$

gde je M masa planete (masa satelita je zanemariva), a indeks i može ukazivati na sistem Mars-Dejmos ili Zemlja-Mesec. Kako je masa planete data količnikom srednje gustine i zapremine (lopte), onda je moguće proceniti da je period obilaska Dejmosa oko Marsa 1.27 srednjih Sunčevih dana.

*Neka je za jednu dvojni zvezdu razlika prividnih vizuelnih zvezdanih veličina komponenata jednaka 0.7. Bolometrijske korekcije su -0.18 i -0.21 , za sjajniju i manje sjajnu komponentu, respektivno. Površinska gravitacija manje sjajne komponente je 297.8 N/kg, a efektivna temperatura je približno jednaka Sunčevoj. Masa manje sjajne komponente je 0.92 Sunčeve mase. Odrediti apsolutnu bolometrijsku zvezdanu veličinu sistema (integralnu apsolutnu magnitudu). Apsolutna bolometrijska zvezdana veličina Sunca iznosi 4.74, a $T_{\text{ef},\odot} = 5777$ K, $g_{\odot} = 274$ N/kg. **Rešenje.** Kako je moduo rastojanja Δ za obe komponente isti, iz $m = M + \Delta$ važi $m_{V_2} - m_{V_1} = M_{V_2} - M_{V_1}$. Kako je bolometrijska korekcija negativna, važi $BC = M_{\text{bol}} - M_V$, pa je $M_{\text{bol},2} - M_{\text{bol},1} = 0.67$. Prema izrazu:

$$\log \frac{L_1}{L_2} = 0.4(M_{\text{bol},2} - M_{\text{bol},1}),$$

može je pisati da je $L_1 = 1.85L_2$, a uz definiciju površinske gravitacije $g = GM/R^2$ može se naći R_2/R_\odot . Kako je $L \propto R^2 T_{\text{ef}}^2$, onda je moguće naći i L_2/L_\odot , te shodno tome i $M_{\text{bol},2}$, pa $M_{\text{bol},1}$ i konačno M_{bol} .