

Lietuvos mokinių tryliktoji astronomijos olimpiada

Pirmasis turas

XI – XII klasių mokiniai

1uždavinys

Planetiškasis ūkas, kurio kampinis skersmuo 66 kampinės sekundės ir atstumas 810 parsekų plečiasi pastoviu 20 km/s greičiu. Apskaičiuokite:

a) Koks ūko amžius (skaičiuojant metais)?

b) Per kiek laiko (skaičiuojant metais) išsisklaidys planetiškasis ūkas, jei jo masė lygi 0,04 Saulės masės. Ūkas laikomas išsisklaidžiusiu, kai medžiagos tankis jame prilygsta aplinkinės tarpžvaigždinės terpės tankiui (10^6 atomų/m³). Tarkime, kad tiek planetiškasis ūkas, tiek tarpžvaigždinė terpė sudaryta vien tik iš vandenilio atomų.

Sprendimas

Duomenys:

Planetiškojo ūko kampinis skersmuo $\varphi = 66''$

Planetiškojo ūko atstumas $r = 810 \text{ pc} = 2,500 \times 10^{19} \text{ m}$

Planetiškojo ūko masė $M = 0,04 M_{\odot} = 7,956 \times 10^{28} \text{ kg}$.

Ūko plėtimosi greitis $v = 20 \text{ km/s} = 20000 \text{ m/s}$

Tarpžvaigždinės terpės tankis (atomais į tūrio vienetą) $n = 10^6 \text{ m}^{-3}$

Tarpžvaigždinės terpės tankis (masės vienetais į tūrio vienetą) $\rho = nm_p$, čia m_p – protono masė.

Taigi, tarpžvaigždinės terpės tankis (masės vienetais į tūrio vienetą)

$$\rho = 10^6 \times 1,673 \times 10^{-27} = 1,673 \times 10^{-21} \text{ kg/m}^3.$$

Tarkime, kad ūkas sferiškas ir plečiasi tuo pačiu greičiu visomis kryptimis.

Dabartinis linijinis ūko spindulys

$$R_0 = \frac{1}{206265} r \frac{\varphi}{2} = \frac{2,5 \times 10^{19} \times 33}{206265} = 4,00 \times 10^{15} \text{ m}$$

Iki dabartinių matmenų ūkas išsiplėtė per laiką

$$t_0 = \frac{R_0}{v} = \frac{4,00 \times 10^{15}}{20000} = 2,00 \times 10^{11} \text{ s} = 6300 \text{ metų}$$

Tarkime, kad per tam tikrą laiką t ūkas išsiplės tiek, kad medžiagos tankis jo viduje susilygins su tarpžvaigždinės terpės tankiu. Tuomet ūko spindulys taps lygiu R . Tuomet ūko masė, išreikšta per ūko matmenis ir tankį, bus lygi

$$M = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho$$

Iš čia išsiplėtusio ūko spindulys

$$R = \sqrt[3]{\frac{3M}{4\pi\rho}}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \times 7,956 \times 10^{28}}{4\pi \times 1,673 \times 10^{-21}}} = 2,247 \times 10^{16} \text{ m}$$

Laikas, per kurį ūko dalelės nulėks atstumą nuo centro iki R , lygus

$$t = \frac{R}{v} = \frac{2,247 \times 10^{16}}{20000} = 1,124 \times 10^{12} \text{ s} = 35600 \text{ metų}$$

Kadangi dabartinis ūko amžius 6300 m., tai planetiškas ūkas išsisklaidys per laiką

$$\Delta t = t - t_0 = 35600 - 6300 = 29300 \text{ metų}$$

Ats.: Ūko amžius 6300 metų; ūkas išsisklaidys per 29300 metų

2 uždavinys

Pulsuojančiosios kintamosios žvaigždės bolometrinis ryškis spindesio maksimume lygus 11, o minimume – 13. Apskaičiuokite, kiek kartų pasikeičia kintamosios žvaigždės spindulys, jei jos fotosferos temperatūra visą laiką pastovi, o spindesio svyravimus lemia tik žvaigždės spindulio svyravimai.

Sprendimas

Panaudosime regimojo ir absoliučiojo bolometrinių ryškių sąryšiu

$$m_b = M_b + 5 \lg r - 5$$

Ir absoliučiojo bolometrinio ryškio ir šviesio sąryšiu

$$M_1 - M_2 = -2,5 \lg \frac{L_1}{L_2}$$

Jei žvaigždė yra sferiška ir spinduliuoja kaip juodasis kūnas, tai jos šviesis apskaičiuojamas panaudojant Stefano ir Boltzmano dėsnį

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4$$

Remiantis šiomis formulėmis žvaigždės bolometrinių ryškių spindesio maksimume ir minimume skirtumas lygus

$$m_{max} - m_{min} = M_{max} - M_{min} = -2,5 \lg \frac{L_{max}}{L_{min}} = -2,5 \lg \frac{4\pi R_{max}^2 \sigma T_{ef}^4}{4\pi R_{min}^2 \sigma T_{ef}^4}$$

$$m_{max} - m_{min} = -5 \lg \frac{R_{max}}{R_{min}}$$

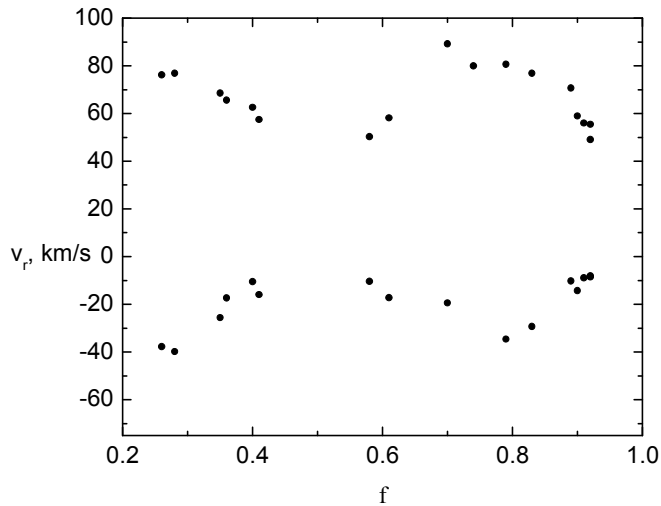
$$\lg \frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{m_{min} - m_{max}}{5} = \frac{13 - 11}{5} = 0,4$$

$$R_{max} = 2,5 R_{min}$$

Ats.: spindesio maksimume žvaigždės spindulys padidės 2,5 karto palyginus su jos spinduliu minimume.

3 uždavinys

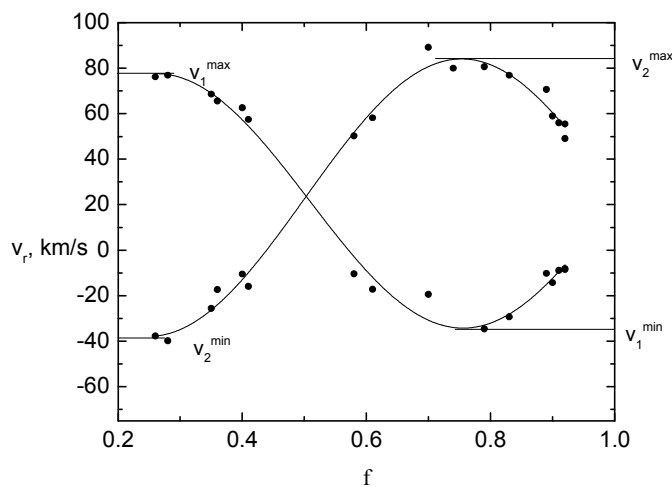
Astronomai išmatavo užtemdomosios dvinarės radialinius greičius skirtingose orbitos fazėse. Iš pateiktų duomenų (3.1 pav.) apskaičiuokite dvinarės sistemos narių mases bei atstumą tarp jų. Žinoma, kad orbitos periodas yra lygus 4,7d.



3.1 pav. Užtemdomosios dvinarės abiejų narių radialinių greičių matavimai (v_r) skirtingose orbitos fazėse (f).

Sprendimas

Iš pateikto grafiko surandame abiejų narių radialinius greičius:



3.1a pav. Užtemdomosios dvinarės abiejų narių radialinių greičių priklausomybė nuo orbitos fazės. Taip pat pažymėtos abiejų narių maksimalios ir minimalios radialinių greičių vertės.

$$v_1 = \frac{v_1^{\max} - v_1^{\min}}{2} = \frac{77,8 + 34,8}{2} = 56,3 \text{ km/s}$$

$$v_2 = \frac{v_2^{\max} - v_2^{\min}}{2} = \frac{84,2 + 38,6}{2} = 61,4 \text{ km/s}$$

Iš grafiko matyti, kad dvinarės sistemos radialiniai greičiai kinta sinusoide, todėl šios sistemos ekscentricitetas ~ 0 . Tai reiškia, kad kiekviena žvaigždė sukasi aplink bendrą masės centrą apskritimine orbita. Kadangi dvinarė yra užtemdoma, vadinasi orbitos posvyrio kampas artimas $\sim 90^\circ$. Tokiu atveju radialinio greičio ekstremumas atitiks pilna žvaigždės orbitinį greitį. Esant apskritiminei orbitai, orbitos greitis bus lygus:

$$v_1 = \frac{2\pi a_1}{P}$$

$$v_2 = \frac{2\pi a_2}{P}$$

Čia a_1 ir a_2 kiekvienos žvaigždės orbitos pusašiai. Apskaičiuojame juos:

$$a_1 = \frac{Pv_1}{2\pi} = \frac{4,7 \cdot 86400 \cdot 56,3}{2 \cdot 3,1415} = 3,64 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$a_2 = \frac{Pv_2}{2\pi} = \frac{4,7 \cdot 86400 \cdot 61,4}{2 \cdot 3,1415} = 3,97 \cdot 10^6 \text{ km}$$

Atstumas tarp žvaigždžių bus lygus:

$$r = a_1 + a_2 = 7,61 \cdot 10^6 \text{ km} = \frac{7,61 \cdot 10^6}{149,6 \cdot 10^6} = 0,05 \text{ au}$$

Iš trečiojo Keplerio dėsnio gauname:

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GP^2} = \frac{4 \cdot 3,1415^2 \cdot 7,61^3 \cdot 10^{27}}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 4,7^2 \cdot 86400^2} = 1,58 \cdot 10^{30} \text{ kg} = \frac{1,58 \cdot 10^{30}}{1,989 \cdot 10^{30}} = 0,79 M_\odot$$

Radialinių greičių pusamplitudžių santykis bus lygus:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{v_2}{v_1} = 1,09$$

Iš čia išsireiškiame M_1 :

$$M_1 = 1,09 \cdot M_2$$

Išstatom šią išraišką į ankstesnę lygtį:

$$1,09 \cdot M_2 + M_2 = 0,79 M_\odot$$

Apskaičiuojame:

$$M_2 = \frac{0,79 M_\odot}{1 + 1,09} = 0,38 M_\odot$$

Apskaičiuojame kito nario masę:

$$M_1 = 1,09 \cdot M_2 = 1,09 \cdot 0,38 = 0,41 M_\odot$$

Ats.: $0,41 M_\odot$, $0,38 M_\odot$, $0,05 \text{ au}$

4 uždavinys

Žvaigždėlapis

Pasirengimas

Atsispausdinkite žvaigždėlapij (failas: suk-zvaigzdelapis.pdf). Užrašykite ant jo savo vardą ir pavardę. Atsispausdinkite ir **iškirpkite** uždedamą ant žvaigždėlapio **sukamąjį skritulį**. Skritulio centre iškirpkite tokią skylę, kad jos kraštai sutaptų su 55° platumos linija (kirpti reikia pradėti nuo centro ir toliau atidžiai pagal linijos eigą). Ant sukamojo skritulio krašto yra nurodytos vietinio tikrojo saulinio laiko valandos, o ant žvaigždėlapio krašto mėnesiai ir dienos. Jame pažymėtos ir pusiaujinės koordinatės: palei kraštą valandomis rektascensija (α), o apskritimais, kas 30° , – deklinacija (δ).

Tarkime, kad jūs esate vietovėje, kurios koordinatės: 55° šiaurės platumos ir 25° rytų ilgumos, ir ruošiatės stebėti dangaus šviesulius plika akimi (be teleskopo) naudodamiesi sukamuoju žvaigždėlapiu.

Užduotys (atsakymus prašome rašyti nurodytose vietose, o ant žvaigždėlapio žymėti ne juoda spalva)

4.1. Šių metų **kovo 20 d.** Lietuvoje bus galima stebėti dalinį Saulės užtemimą. Maksimali užtemimo fazė (~73%) bus maždaug vidurdienį Lietuvos laiku. **Žvaigždėlapyje pažymėkite, kur tuo metu bus Mėnulis** (mėnulio pjautuvėliu)? Atsakymą pagrįskite.

Pagrindimas: **Užtemimo metu Mėnulis uždengia Saulę, o kovo 20 d. Saulė yra prie pat pavasario lygiadienio taško, vadinasi ir Mėnulis užtemimo metu yra ties tuo tašku.**

4.2. Žvaigždėlapyje **pažymėkite** (apibraukite) **Sietyną** (Plejades).

Remdamiesi žvaigždėlapio raskite:

a) **kada** (savaitės tikslumu) šis objektas **bus kulminacijoje tikrojo vidurnakčio metu?**

Data: **lapkričio 17-22 d.**

b) kiek tuo metu bus valandų vietos žvaigždinio laiku?

Vietos žvaigždinio laiku: ~3h45m

4.3. Šių metų **vasario 19 d.** apie **23 val. 37 min.** Lietuvos laiku, stebėtojas besižvalgydamas po dangų **pastebėjo kulminuojantį šviesų objektą, kuris po ~7 val. 40 min. nusileido** (pastaba: skirtumas tarp vidutinio saulinio ir tikrojo saulinio laiko (laiko pataisa) tą dieną sudaro ~14 min.).

a) **Pažymėkite žvaigždėlapyje**, kur šviesulio kulminacijos metu buvo **Saulė** (saulute) ir **zenitas** (tašku ir raide Z). Pažymėjimo vietos pasirinkimą pagrįskite.

Pagrindimas: **Šviesulys kulminuoja vietos tikroju sauliniu laiku 23 val. 03 min., nes: 23h 37m – 14m (laiko pataisa) – 20m (skirtumas tarp juostinio ir vietos laiko). Vadinasi, Saulė tuo metu yra ~1 h į vakarus nuo dienovidinio (ant ekliptikos ir 24 val. dienovidinio susikirtimo, ties $\alpha = \sim 22$ h). Zenitas šviesulio kulminacijos momentu yra ant dangaus dienovidinio linijos per 35° į pietus nuo poliaus (ne skritulio centre, bet panašiu nuotoliu nuo poliaus kaip Didžiųjų Grijūlo ratų β , nes mastelis pagal deklinaciją kinta).**

b) **Pažymėkite žvaigždėlapyje (x)**, kur buvo stebimasis šviesulys. **Paaiškinkite**, kodėl pažymėjote būtent ten:

Šviesulio kulminavimo momentui (vasario 19 d. 23 val. pagal tikrąjį saulinį laiką) žvaigždėlapyje išbrėžiame dienovidinio liniją (šiaurės-pietų liniją, einančią per dangaus polių – apytiksliai ties $\alpha = \sim 21$ h). Šviesulys leidžiasi po 7val. 40 min., t.y., vietos tikroju sauliniu laiku ~6h 40m. Tam momentui išbrėžiame vakarinio horizonto liniją. Šių linijų susikirtimas (ties ekliptika, aukščiau Vėžio α) ir yra apytikslė šviesulio padėtis tą naktį.

c) **Kokios** apytiksliai šio šviesulio **pusiaujinės koordinatės:** $\alpha = \sim 9h$ $\delta = \sim +15^\circ$

d) **Kas šis šviesulys** gali būti? Atsakymą pagrįskite.

Pagrindimas: **Planeta, nes yra ties ekliptika ir matoma plika akimi, o žvaigždėlapyje jokia šviesi žvaigždė toje vietoje nepažymėta. (Iš tiesų, tai Jupiteris).**

e) **Kur šviesulio kulminacijos momentu danguje buvo stebimos žemiau išvardintos žvaigždės?** (tekėjo, leidosi, žemiau horizonto, netoli viršutinės ar apatinės kulminacijos):

Žvaigždė	Padėtis
Sirijus	Leidžiasi
Regulas	Artėja prie viršutinės kulminacijos
Spika	Teka
Altairas	Žemiau horizonto
Denebas	Apatinėje kulminacijoje