

2004 metų astronomijos olimpiados uždavinių sprendimai ir komentarai

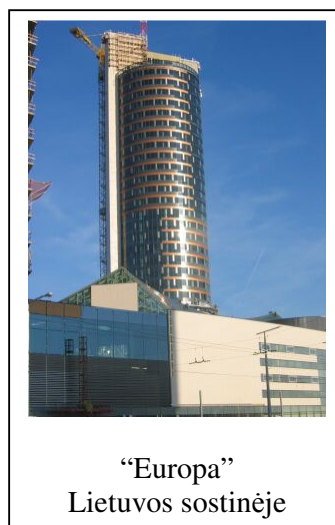
IX klasė ir jaunesni moksleiviai

I uždavinys (4 taškai)

Sąlyga

Aukščiausias šiuo metu pastatas pasaulyje – 101 aukšto, 508 metrų aukščio dangoraižis „Taipėjus 101“, kuris stovi Taivano sostinėje Taipėjuje. Tuo tarpu aukščiausias pastatas Baltijos šalyse – 33 aukštų, 126 metrų aukščio verslo centras „Europa“ – stovi Vilniuje. Klausimai:

- Kokio ilgio šių dviejų dangoraižių metamus šešėlius išvystume giedrą vasaros saulėgrįžos vidurdienį?
- Kokiu greičiu tuo metu žeme slinks vieno ir kito dangoraižio šešėlio viršūnė?



Vietovių geografinės koordinatės:

<i>Vietovė</i>	<i>Ilguma (rytų)</i>	<i>Platuma (šiaurės)</i>
Taipėjus	8 ^h 06 ^m	25°06′
Vilnius	1 ^h 41 ^m	54°41′

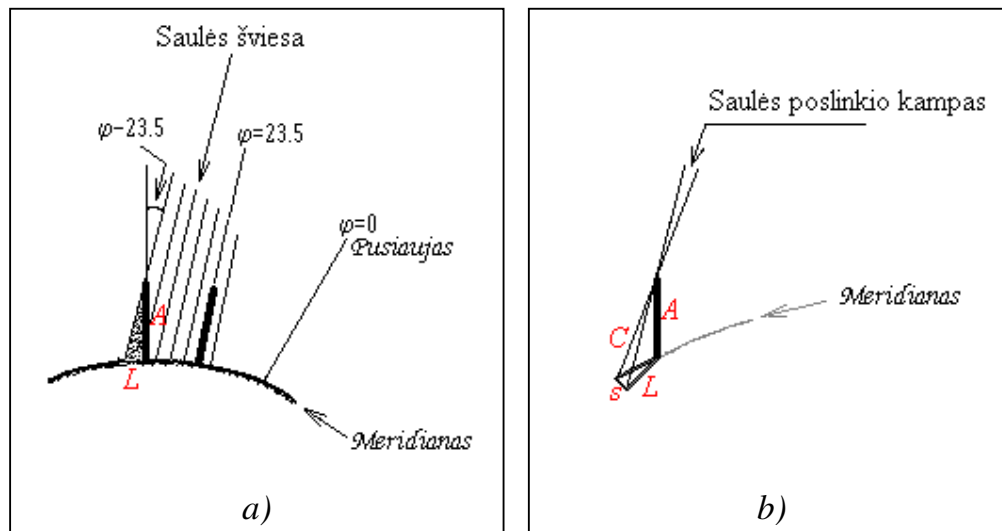
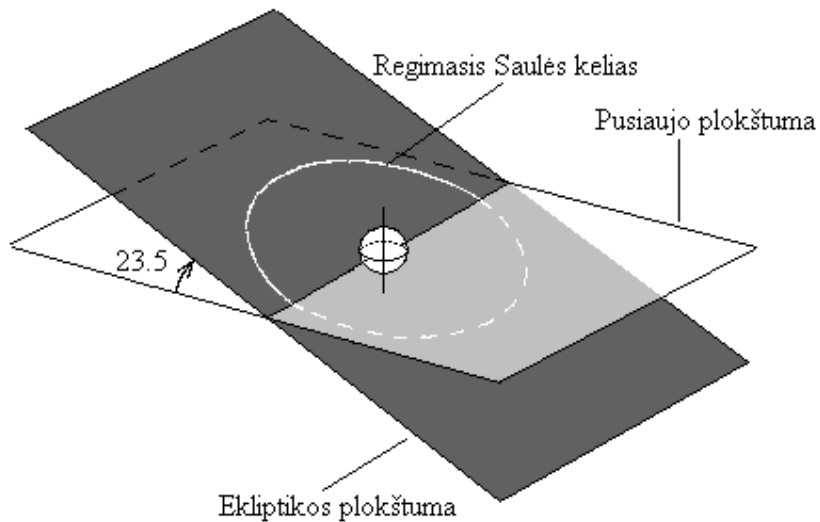
Sprendimas

Įvairiose Žemės geografinėse platumose Saulė vidurdienį pakyla danguje nevienodai aukštai, nes Žemės sukimosi ašis nėra statmena ekliptikos plokštumai, kuria slenka Saulė, o pasvirusi 23,5° kampu. Taigi, dangaus pusiaujo plokštuma pasvirusi ekliptikos plokštumos atžvilgiu taip pat 23,5° kampu.

Žmonės, gyvenantys ties Žemės pusiauju, pusę metų Saulę vidurdienį mato šiauriau pusiaujo, o kitą pusę metų – piečiau jo. Patį šiauriausią tašką, t.y. 23,5° virš pusiaujo plokštumos, Saulė pasiekia vidurdienį vasaros saulėgrįžos dieną (birželio 22), o patį piečiausią – vidurdienį per žiemos saulėgrįžą (gruodžio 22). Pavasario ir

rudens lygiadieniais Saulė Žemės pusiaujo gyventojams vidurdienį šviečia pačiame zenite.

Žmonės, gyvenantys 23,5° šiauriau pusiaujo (ši platumą vadinama šiaurės atogrąža, arba tropiku), pavyzdžiui centriniame Taivane, Saulę vasaros saulėgrįžos vidurdienį matys zenite ir ji šešėlio nemes. Tačiau Taivano sostinė Taipėjus yra šiek tiek į šiaurę nuo šiaurės atogrąžos, todėl labai trumpus šešėlius galima išvysti ir tokią dieną.



a) Pasitelkę pagalbon trigonometriją (pav. a), pirmiausia įvertiname dangoraižio metamo šešėlio ilgį L :

$$L = A \cdot \operatorname{tg}(\varphi - 23,5^\circ),$$

arba

$$L = A / \operatorname{tg}(90^\circ - \varphi + 23,5^\circ),$$

čia A yra dangoraižio aukštis, o φ – vietovės geografinė platumą.

Taivano sostinės centrinio rajono geografinė platuma yra $25^{\circ}06'$ (arba, pavertus laipsniais, $25,1^{\circ}$), todėl birželio 22 dieną 12 val. vietos laiku 508 m aukščio „Taipėjaus 101“ šešėlis bus vos 14 m ilgio. Tuo tarpu 126 m aukščio Vilniaus „Europos“ šešėlis saulėgrįžos vidurdienį bus gana toli nusidriekęs: Vilniaus geografinė platuma yra $54^{\circ}41'$ (arba $54,7^{\circ}$), todėl šešėlio viršūnė sieks 76 m.

b) Pasitelkę vėl trigonometriją (pav. b), galime įvertinti ir dangoraižio šešėlio viršūnės slinkimo žeme greitį v per patį saulėgrįžos vidurdienį. Pagal Pitagoro teoremą ($C^2 = A^2 + L^2$) paskaičiavę trikampio įžambinę C , surandame šešėlio viršūnės nueitą kelią s per 1 s, t.y. jos linijinį greitį:

$$v \approx (C \cdot \operatorname{tg} 0,0042^{\circ}) \operatorname{s}^{-1} \approx (C \cdot \sin 0,0042^{\circ}) \operatorname{s}^{-1},$$

nes kampas, kuriuo aplink savo ašį per 1 sekundę pasisuka Žemė (arba Saulės centras dangaus skliaute), yra labai mažas: $(360^{\circ}/24^{\text{h}}) / (60 \times 60) = 0,0042^{\circ}$.

Taigi, „Taipėjaus 101“ šešėlio viršūnė saulėgrįžos vidurdienį žeme slinks beveik 4 cm/s greičiu, o Vilniaus „Europos“ – tik 1 cm/s greičiu.

2 uždavinys (4 taškai)

Sąlyga

Paaiškinkite, kodėl skiriasi žvaigždinė ir saulinė meta Žemėje. Palyginkite žvaigždinę ir saulinę metus Žemėje, Marse ir Merkurijuje.

Sprendimas

Pažymėkime

S_z – planetos apsisukimo apie savo ašį žvaigždinis periodas (planetos žvaigždinė meta);

S_s – planetos apsisukimo apie savo ašį saulinis periodas (planetos saulinė meta);

Planetos apskriejimo aplink saulę žvaigždinis periodas (atogrąžiniai metai) lygus P_s

S_s saulinių metų arba $P_z = (P_s + 1) S_z$ žvaigždinių metų. Tokiu būdu

$$\text{Metai} = P_s \times S_s = P_z \times S_z = (P_s + 1) \times S_z$$

Saulinės ir žvaigždinės metų santykis lygus

$$k = \frac{S_s}{S_z} = \frac{P_s + 1}{P_s}$$

arba

$$S_s = k S_z$$

a) Žemė

$$S_z = 23\text{h}56\text{m}04\text{s}$$

$$P = 365,257 \text{ d, saulinėmis paromis}$$

$$k = \frac{S_s}{S_z} = \frac{365,257 + 1}{365,257} = 1,00274$$

Iš čia gauname $S_z = 23\text{h}56\text{m}04\text{s}$, $S_s = 24\text{h}00\text{m}00\text{s}$

b) Marsas

$$S_z = 24\text{h}37\text{m}23\text{s} \text{ (Žemės saulinis laikas)}$$

$$P = 686,98 \text{ d (Žemės saulinėmis paromis)}$$

Marso apskriejimo aplink Saulę periodas Marso žvaigždinėmis paromis

$$P_{zm} = \frac{686,98 \cdot 23,9344}{24,6229} = 667,77$$

$$k_m = \frac{S_{ms}}{S_{mz}} = \frac{667,77}{666,77} = 1,0015$$

Iš čia gauname Marso saulinės paros trukmę $S_{ms} = 1,0015 \times S_{mz}$

$$S_{ms} = 24\text{h}39\text{m}36\text{s}$$

c) Merkurijus

$$S_z = 58,65\text{d} \text{ (Žemės saulinis laikas)}$$

$$P = 87,969 \text{ d (Žemės saulinėmis paromis)}$$

Merkurijaus apskriejimo aplink Saulę periodas Merkurijaus žvaigždinėmis paromis

$$P_{zm} = \frac{87,969 \cdot 23,9344}{58,65 \cdot 23,9344} = 1,50$$

$$k_m = \frac{S_{ms}}{S_{mz}} = \frac{1,5}{0,5} = 3,0$$

Iš čia gauname Merkurijaus saulinės paros trukmę $S_{ms} = 3 \times S_{mz}$

$$S_{ms} = 175,95d$$

3 uždavinys (6 taškai)

Sąlyga

Smūginiai krateriai daugelyje dangaus kūnų yra dominuojantys geologiniai dariniai. Žemėje identifikuota daugiau nei 150 tokių kraterių, o erdvėlaiviai užfiksavo juos visoje Saulės sistemoje. Dėl šios priežasties kraterių susidarymas yra svarbus planetologinis procesas. Anksti savo istorijoje Mėnulis patyrė intensyvių bombardavimą, todėl didelė pirminės plutos medžiagos dalis buvo maišyta, deginta, lydita ar visiškai sunaikinta. 1 – 3 paveiksluose pavaizduotas vienas iš neįprasčiausių Mėnulio kraterių – Proclus, matomas vakarinėje dalyje, arti Mėnulio krašto. Meteorito kritimo išmuštas regolitas nusėdo paviršiuje sudarydamas ryškia šviesių spindulių struktūrą aplink kraterį.

Užduotys

Nustatykite:

1. Kraterį Proclus palikusio meteorito kritimo kryptį (pažymėkite ją 3 paveiksle);
2. Meteorito kritimo kampą θ tarp kritimo krypties ir vertikalės Mėnulio paviršiu. Tarkite, kad vengimo zonos – srities, kurioje nėra šviesių nuosėdų, forma aprašoma formule:

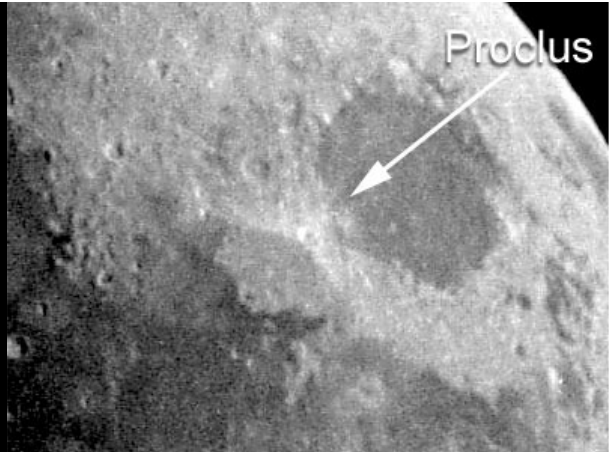
$$y = x \operatorname{tg}\theta$$

x, y plokštuma yra paveiksluko plokštumoje, o x ašies kryptis sutampa su meteorito kritimo kryptimi.

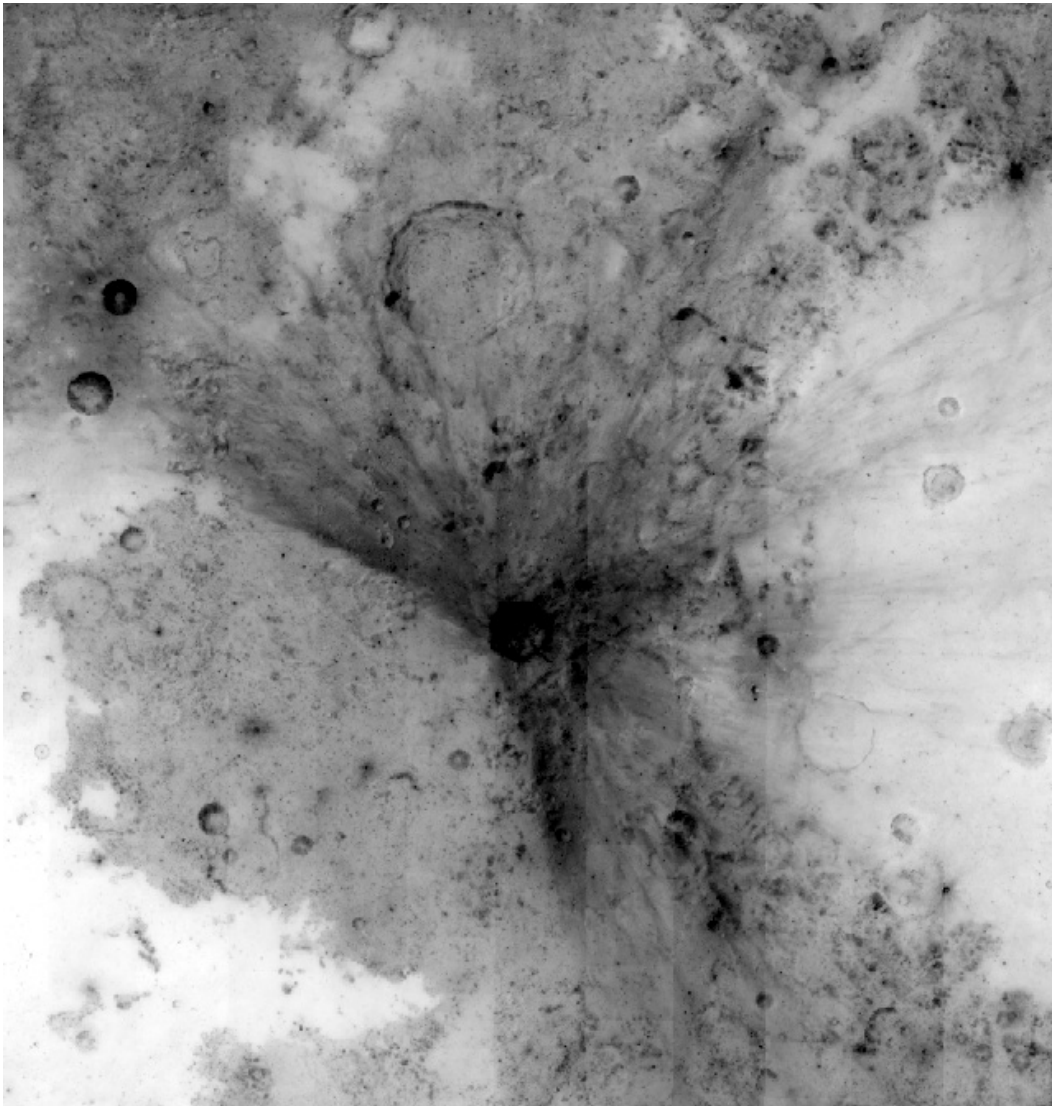
3. Kraterio skersmenį (km) naudodami kitą nuotraukose lengvai atpažįstamą objektą;
4. Kokie dar Mėnulio paviršiaus dariniai išsiskiria 3 paveiksle?



Pav. 1. Matomoji Mėnulio pusė



Pav. 2. Krateris Proclus



Pav. 3. Krateris Proclus, negatyvinis vaizdas, gautas iš Mėnulio orbitos
(erdvėlavis *Clementine*)

Sprendimas

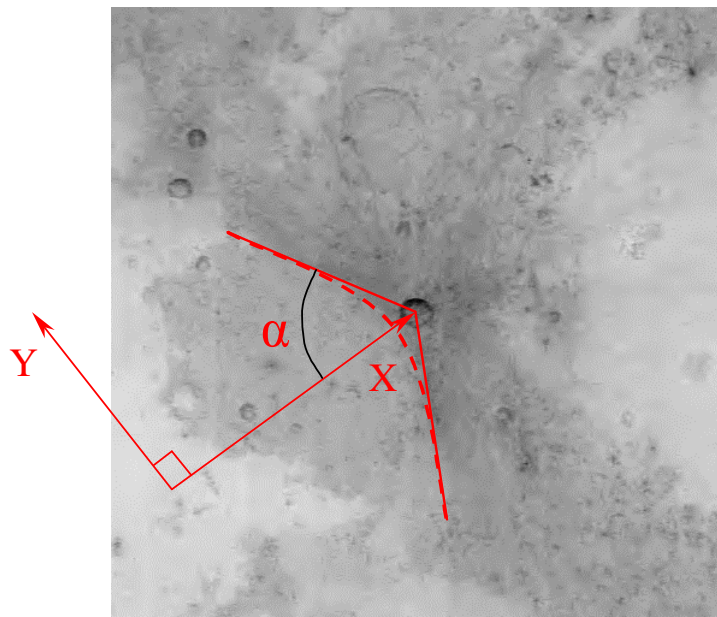
1.



4 pav. Rodykle pavaizduota meteorito kritimo kryptis.

2.

3 paveiksle pagal tamsios ir šviesios medžiagos ribas nubrėžiamos hiperbolės liestinės.



5 pav. Vengimo zonos geometrija.

Kampo dalinimo pusiau arba kuriuo nors kitu metodu nustatomas liestinės atsilenkimo kampas α nuo sklidimo krypties (pusiaukampinės). Pagal liestinės lygtį:

$$y = x \operatorname{tg} \theta;$$

$$y/x = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \theta;$$

Atitinkamai:

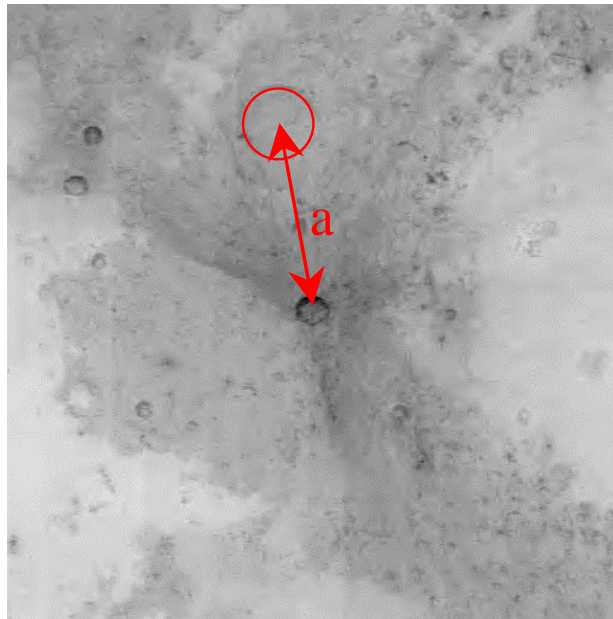
$$\operatorname{tg} \alpha \approx 35 / 19 = 1,84$$

Todėl gaunama:

$$\theta = 60^\circ \div 65^\circ.$$

3.

Į šiaurę nuo kraterio Proclus 2 ir 3 paveiksluose išsiskiria didelis taisyklingas krateris Macrobius. Abiejų kraterių atstumai iki Mėnulio disko krašto ir centro yra apytiksliai lygūs. Darant tokią prielaidą galima nepaisyti pataisos dėl Mėnulio paviršiaus kreivumo.



6 pav. Galimas atskaitos taškas – krateris Macrobius.

Mėnulio spindulys yra $R_M = 1738$ km.

1 paveiksle surandamas Mėnulio centras (skriestuvu, liniuote ar kaip kitaip).

Tada išmatuojami abiejų arba vieno iš jų (geriausiai kraterio Proclus, nes Macrobius sunkiau išskiriamas 1 paveiksle) nuotoliai nuo Mėnulio centro (D) ir/arba krašto (d).

$$D \approx 0,81 R_M ; d \approx 0,19 R_M;$$

Tada išmatuojamas atstumas tarp kraterių 2 paveiksle (a).

$$a \approx 0,3 d;$$

Pagal 3 paveikslą randamas santykis tarp kraterio Proclus skersmens (l) ir atstumo tarp kraterių (a).

$$1/a \approx 0,15;$$

Atitinkamai $a \approx 0,0085 R_M$, todėl gauname:

$$\underline{a \approx 14 \div 20 \text{ km.}}$$

4.

Matyti žemumos – jūros (Ramybės ir Krizių) ir žemynas, taip pat daugiau mažesnių ir didesnių kraterių.

4 uždavinys (3 taškai)

Sąlyga

Kokiais argumentais galima pagrįsti astronomų siūlymą gyvybės pėdsakų ieškoti tik apie panašias į Saulę žvaigždes?



Sprendimo rekomendacijos

Ieškant gyvybės paprastai remiamasi tokiomis prielaidomis:

1. Nagrinėjamos tik organinių junginių pagrindu egzistuojančios gyvybės formos.
2. Turi egzistuoti skystis/skysčiai, nes tik skystoje terpėje gali vykti efektyvus molekulių maišymasis.
3. Tas skystis turi būti vanduo: tai labai geras skiediklis ir jo nemažai yra aplinkoje.
4. Turi egzistuoti kieto kūno-skysčio sandūra; ji reikalinga, kad pagreitėtų molekulių mainai.

Todėl manoma, kad tinkamos gyvybei planetos saulė turėtų pasižymėti šiomis savybėmis:

1. Žvaigždė turi turėti plačią Gyvybės zoną – vietą, kurioje būnant planetai, vanduo išlieka skystas. Be to planeta turi išbūti šioje zonoje pakankamai ilgai. Tada tikimybė atsirasti gyvybei padidėja.
2. O, B žvaigždės netinka – jos gyvena kelis mln. metų, o tai yra per trumpas laiko tarpas, kad spėtų susiformuoti planetos.
3. Vėlyvos B – ankstyvos F klasių žvaigždės gyvena < 2 mlrd. metų, vadinasi, geriausiu atveju susidarys galimybė atsirasti tik mikrobams, jokia kita sudėtingesnė gyvybės forma nesusiformuos. (Žemės pluta sukietėjo prieš ~ 4.5 mlrd. metų, o pirmosios bakterijos atsirado prieš ~3.8 mlrd. metų.)
4. Geriausiai tinka vidutinės F–K spektrinės klasės žvaigždės. Tačiau, didėjant žvaigždės masei, Gyvybės zona tolsta nuo žvaigždės.
5. M žvaigždėms būdingas nestabilus spinduliavimas. Tokios žvaigždės yra vėsios, jų gyvybės zonos yra arčiau žvaigždžių. Didelė tikimybė, kad dauguma planetų tokioje sistemoje būtų „surakintos“ potvyninių jėgų. Tada, tik esant tinkamam slėgiui, tamsiojoje planetos pusėje galėtų egzistuoti skystas vanduo.

6. Prie mažos masės žvaigždės Gyvybės zona labai siaura, todėl tikimybė, kad šioje zonoje atsiras planeta ir kad joje susiformuos gyvybė – labai maža.
7. Žvaigždė neturi priklausyti daugianarei sistemai. Nes antraip sąveikos jėgos sunaikintų gyvybei tinkamos planetos orbitą.
8. Žvaigždė neturi būti per sena ar per jauna, nes abiem šiais atvejais žvaigždės šviesis kistų pernelyg greitai.
9. Taip pat svarbi žvaigždės temperatūra – jos spinduliuotės intervalas turi būti tinkamas fotosintezei planetoje vykti.
10. Saulės vėjas turi būti tinkamas – jis negali būti nei per silpnas, nei per stiprus, nes nuo jo priklauso kosminių spindulių protonų srautas, o nuo pastarojo – debesų formavimasis planetos troposferoje.
11. Svarbu, kad reikalinga žvaigždė būtų panašaus į Saulę metalingumo – kitaip nebus iš ko formuotis jos Žemės tipo planetų sistemai.
12. Tikrai žinome, kad gyvybei tinkama planeta gali būti prie Saulės tipo žvaigždės – juk yra Žemė.
13. Žinome ko tikėtis, t.y. kokios gyvybės galima ieškoti – Žemės tipo, todėl žinome kokių bioženklių ieškoti.

5 uždavinys (2 taškai)

Sąlyga

Suraskite astronomines klaidas:

Buvo giedra, rami vasaros naktis. Kažkur tolumoje, Utenos pusėje, baigė degti Joninių laužai. Rytuose, juodame kaip anglis danguje, švietė Aušrinė. Bet jaunajam astronomui Kazeliui ji nerūpėjo. Jo akys ilgesingai žvelgė į besileidžiantį Tikutį. Dar minute, kita, ir ryškiausia Vežėjo žvaigždė pasislėpė už horizonto. Tada jaunojo stebėtojo žvilgsnis stabtelėjo ties Šienpjovių žvaigždynu. Kulminuoja, vadinasi greitai prasidės šienapjūtė - pagalvojo Kazelis, žvelgdamas į Betelgeizę, vieną šviesiausių Oriono žvaigždžių. Netrukus rytuose pasirodė jaunas Mėnulis. Jau švinta, - tarė sau astronomas, ir neskubėdamas ėmė ruošti namo.

Sprendimas:

1. Lietuvoje per Jonines naktys būna trumpos ir šviesios, todėl dangus nebūna "juodas kaip anglis".
2. Tikutis Lietuvoje niekad nenusileidžia už horizonto.
3. Birželio gale Saulė būna netoli Šienpjovių žvaigždyno, todėl naktį šis žvaigždynas kulminuoti negali.
4. Rytuose, prieš patekiant Saulei, gali pasirodyti tik Delčia. Jaunas Mėnulis gali būti stebimas tik vakare.