

Lietuvos mokinių šešioliktoji astronomijos olimpiada

Pirmasis turas

IX-X klasių mokiniai

1 uždavinys

Didžiausio Mėnulio pilnatis, žiniasklaidoje vadinama „supermėnuliu“, stebima, kai Mėnulis pilnatis fazėje yra perigėjyje. Kokiame Mėnulio orbitos aplink Žemę taške bus Mėnulis, kai bus stebima pirmoji jaunatis po didžiausio Mėnulio pilnatis? Atsakymą paaiškinkite.

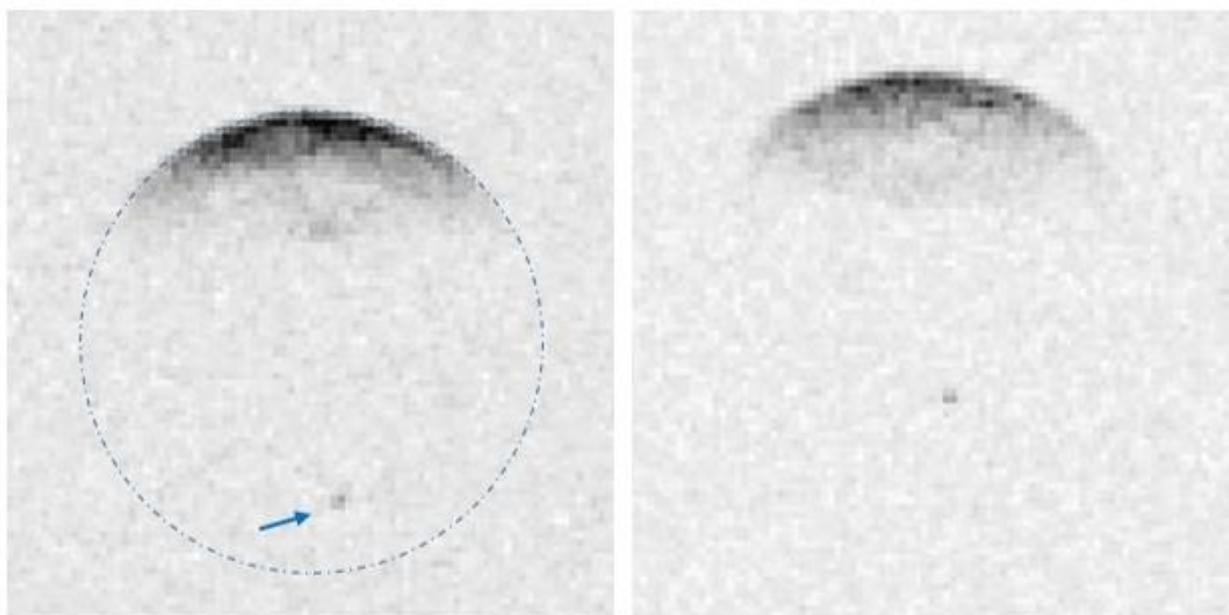
Sprendimas

Mėnulio žvaigždinis (siderinis) mėnuo – laiko tarpas, per kurį Mėnulis apskrieja Žemę vieną kartą ir užima tą pačią padėtį žvaigždžių atžvilgiu, yra 27,3 d. Mėnulio sinodinis mėnuo – laiko tarpas, per kurį pasikartoja Mėnulio fazės, yra 29,5 d. Po didžiausio Mėnulio pilnatis perigėjyje Mėnulis atsidurs apogėjyje po $27,3/2 = 13,65$ d. Mėnulio jaunatis bus stebima po $29,5/2 = 14,75$ d. Kai bus stebima artimiausia po „supermėnulio“ jaunatis, Mėnulis jau bus praėjęs apogėjų.

2 uždavinys

Astronomams pavyko su radaru „nufotografuoti“ pro Žemę praskrendantį asteroidą. Žemiau pateiktos dvi nuotraukos (2.1 pav.), kurias skiria 15 min. laiko tarpas. Asteroidas yra sferinis ir turi palydovą (pažymėtas rodykle), kurio apskritiminės orbitos spindulys 5 kartus didesnis už asteroido spindulį. Remdamiesi šiais duomenimis raskite vidutinį asteroido tankį.

Tarkite, kad asteroido nuotolis nuo Žemės per laiko tarpą tarp nuotraukų nepakito, o palydovas pajudėjo tik nedidele savo orbitos dalimi.



2.1 pav. Asteroido nuotraukos

Sprendimas

Kadangi asteroidas yra daug kartų toliau nuo Žemės palyginti nuotoliu nuo savo palydovo, tai galime laikyti, kad jie abu yra vienodame nuotolyje nuo Žemės. Tuomet asteroido ir palydovo kampinių dydžių santykis atitinka jų fizinių dydžių santykius. Išmatavę gauname, kad asteroido spindulio ir palydovo per nuotraukas skiriantį laiko tarpą nueito kelio (tariame, kad jis artimas tiesei) santykis $\approx 3,8$ (atspausdintose nuotraukose asteroido skersmuo ≈ 53 mm, o palydovo padėtis vertikalia kryptimi pakito ≈ 7 mm: $53/14 \approx 3,8$).

Visas palydovo orbitos ilgis yra $2\pi(5R)$. Čia R – asteroido spindulys.

Iš čia gauname, kad palydovo orbitinis periodas

$$P = \frac{2\pi(5R) \times 15 \times 60}{R/3,8} \approx 107442 \text{ s.}$$

Pagal apibendrintą III Keplerio dėsnį:

$$\frac{P^2}{a^3}(M + m) = \frac{4\pi^2}{G}$$

Palydovo masė daug mažesnė už asteroido masę, o jo orbitos spindulys $a = 5R$. Todėl

$$M = \frac{4\pi^2(5R)^3}{GP^2}$$

Asteroido masę išreiškiame per tankį ir tūrį:

$$\rho \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{4\pi^2(5R)^3}{GP^2}$$

Iš čia tankis

$$\rho = \frac{3 \times 125\pi}{GP^2} \approx \frac{1178,1}{6,674 \times 10^{-11} \times 107442^2} \approx 1530 \text{ kg/m}^3$$

Atsakymas: Asteroido tankis 1530 kg/m^3 .

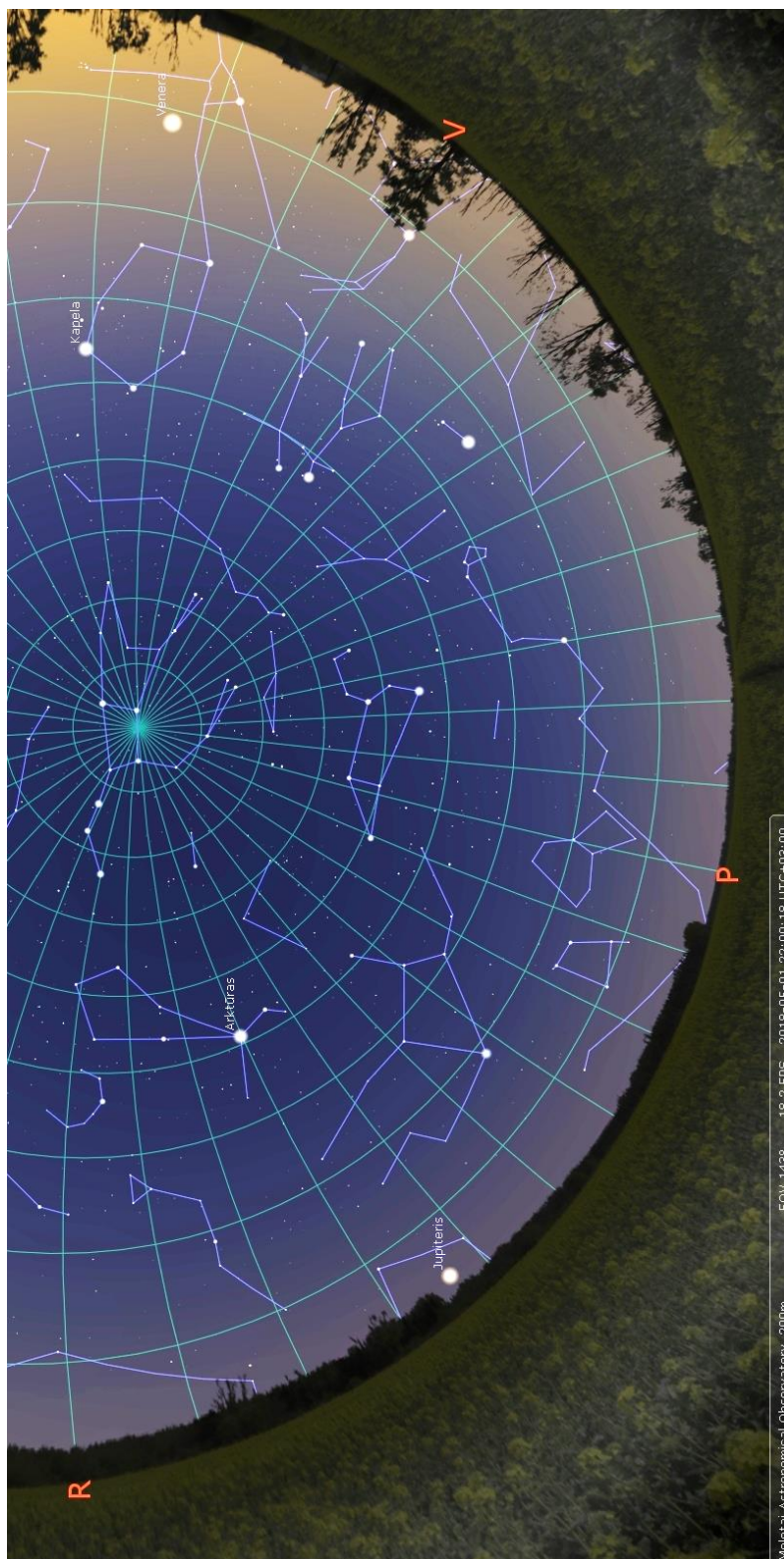
3 uždavinys

Pagal žemiau pateiktą literatūrinio kūrinio tekstą nustatykite, kuriuo metų laiku (mėnesio tikslumu) galėjo vykti aprašyti stebėjimai. Ar viskas tikslu šiame tekste astronominiu požiūriu? Atsakymus išsamiai paaiškinkite.

„Temo. Užėjęs už trobos Jonas apsidairė. Vakaruose pro medžių šakas žibėjo sidabrinė Venera. Aukštai rytuose žėruodamas raudona ugnimi spingsėjo niūrusis Arktūras. Virš galvos Jonas tai surasdavo tai vėl pamesdavo Didžiųjų Grįžulo ratų žvaigždes... Dar labiau sutemo. Venera pakilo virš medžių šakų, o Didieji Grįžulo ratai tapo pilnai matomi tamsiai mėlyname danguje.“

Sprendimas

Iš teksto aišku, kad stebėjimai vyko netrukus po Saulės laidos vakare, bet jau pakankamai sutemus. Pagal Didžiųjų Grįžulo ratų padėties apibūdinimą („virš galvos“) galima spręsti, kad jie buvo matomi netoli zenito. Tuo metu Arktūras buvo stebimas rytuose. Tokia padėtis vakaro metu galima tik pavasarj: balandžio pabaigoje – gegužės pradžioje. Tekste yra vienas netikslumas – „Venera pakilo virš medžių šakų“. Vakare stebima Venera leidžiasi, o pagal tekstą išeitų, kad kyla.



3.1 pav. Tekste aprašoma situacija atkurta su Stellarium programa: pavaizduotas vakaro dangus ir horizontinių koordinatų tinklis 2018 gegužės 1 d. 22 val. stebėtojui Molėtų observatorijos apylinkėse

4 uždavinys

Astronomai, išanalizavę galaktikos spektrą, nustatė, kad jame atominio vandenilio spektro linija H α (laboratorinis bangos ilgis $\lambda_0 = 656,28$ nm) yra pasislinkusi į ilgesniųjų bangų pusę per 4,99 nm. Kokiame nuotolyje (megaparsekais) nuo Žemės yra ši galaktika, jei Hablo konstanta lygi 72km/s/Mpc?

Sprendimas

Galaktikos atstumą apskaičiuosime pasinaudodami Hablo dėsnium:

$$r = \frac{v}{H} = \frac{cz}{H}.$$

Čia c – šviesos greitis, z – raudonojo poslinkio faktorius, H – Hablo konstanta.

Raudonojo poslinkio faktorių apskaičiuojame remdamiesi Doplerio reiškiniu:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{4,99}{656,28} = 0,00760.$$

Čia λ_0 – atominio vandenilio linijos H α bangos ilgis, išmatuotas laboratorijoje, o $\Delta\lambda$ – jos poslinkis galaktikos spektre.

Apskaičiuojame:

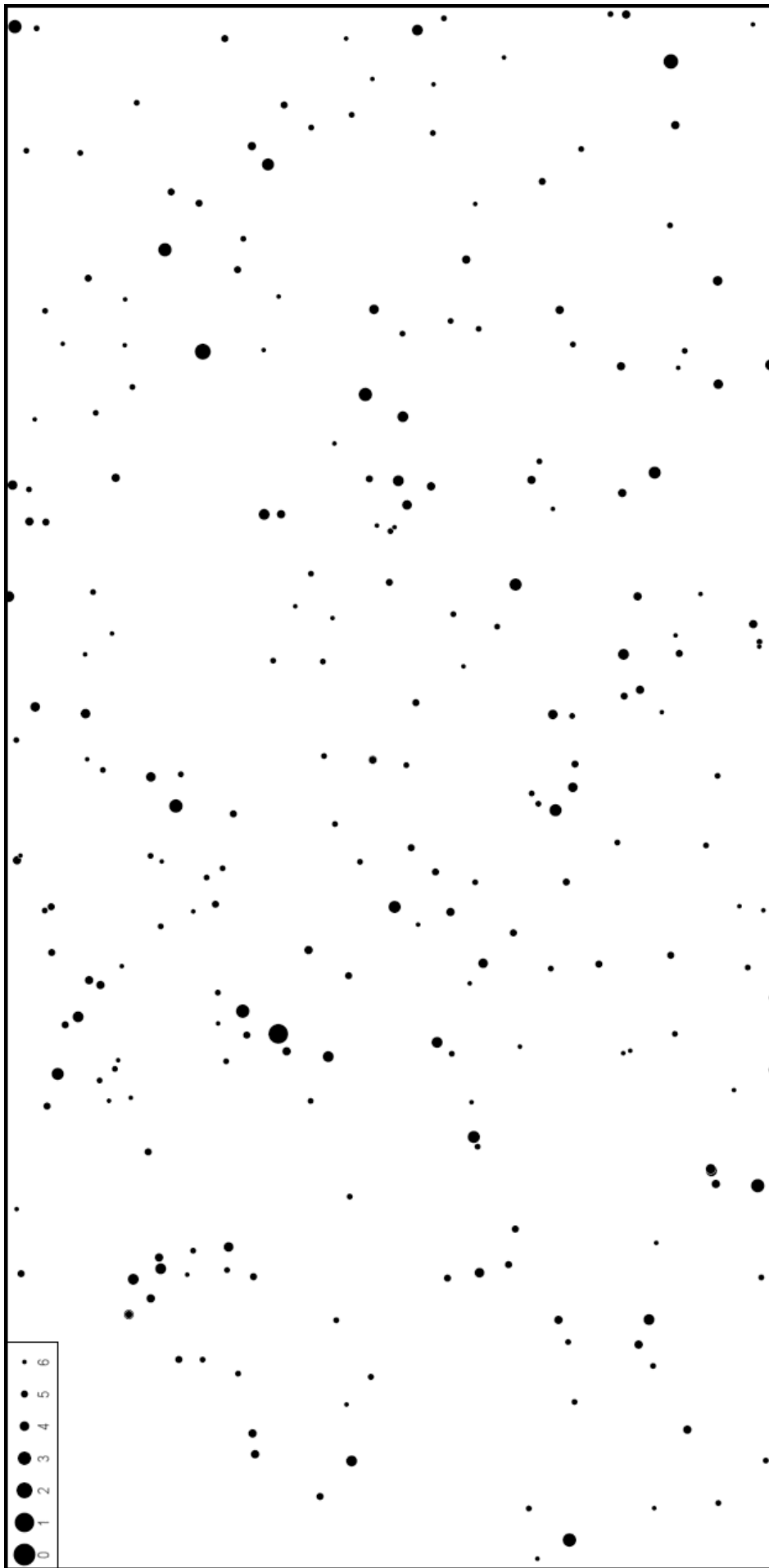
$$r = \frac{v}{H} = \frac{cz}{H} = \frac{2,998 \times 10^5 \times 0,0076}{72} = 31,6 \text{ Mpc}$$

Atsakymas: Atstumas iki galaktikos 31,6 Mpc.

5 uždavinys

Tais metais, kai buvo pasirašytas Lietuvos valstybės nepriklausomybės aktas, pasaulio astronomai stebėjo retą reiškinį – novos sužibimą. Tai buvo didžiausio regimojo spindesio nova, stebėta per visą teleskopinių stebėjimų epochą – jos regimasis ryškis spindesio maksimume siekė $V = -1,4$. Novos pusiaujinės koordinatės: $\alpha(2000) = 18\text{h}48\text{m}55\text{s}$; $\delta(2000) = +0^\circ35'03''$.

- Pateiktame žvaigždėlapyje (5.1 pav.) atvaizduota dangaus sritis, kurioje buvo matoma nova. Atkreipkite dėmesį, kad skrituliukų, žyminčių žvaigždes, skersmenys atvirkščiai proporcingi žvaigždžių ryškiams. Pažymėkite jame atpažįstamus žvaigždynus ir šviesiausias žvaigždes. Nustatykite žvaigždėlapio mastelį pagal rektascensiją ir deklinaciją ir pažymėkite novos padėtį žvaigždėlapyje tokio dydžio skrituliuku, kuris pagal žvaigždėlapio mastelį atitiktų jos ryškį spindesio maksimume.
- Apskaičiuokite prieš kiek metų buvo įvykęs novos sprogymas, kai jos sužibimas buvo pastebėtas Žemės astronomų, jei novos paralaksas $\pi = 0'',00292$.
- Nagrinėjamąją novą sudaro baltoji nykštukė, kurios masė 1,2 Saulės masių, ir raudonoji nykštukė, kurios masė 0,3 Saulės masės. Dvinarės sistemos orbitinis periodas 0,14 dienos. Apskaičiuokite linijinį atstumą tarp komponentų astronominiais vienetais ir kilometrais.



5.1 pav. Novos aplinkos žvaigždėlapis

Sprendimas

a) Žvaigždynų ir žvaigždžių atpažinimas ir novos vietos radimas

Skaičiavimuose pateikti linijiniai atstumai, išmatuoti žvaigždėlapyje, atitinka 5.1 pav. žvaigždėlapį, atspausdintą ant popieriaus lapo nekeičiant originalaus mastelio.

Duotame žvaigždėlapyje (5.1 pav.) pirmiausia išsiskiria Erelio (Aquila, Aql) žvaigždynas ir Gyvatnešio (Ophiuchus, Oph) bei Gyvatės (Serpens, Ser) žvaigždynų šiaurinės dalys. Be to, matomi Skydo (Scutum, Sct), Delfino (Delphinus, Del) ir Strėlės (Sagitta, Sge) žvaigždynai bei Heraklio (Hercules, Her) žvaigždyno fragmentai (žr. 5.1a pav. 8 psl.). Apytikslę novos vietą žvaigždėlapyje nustatome pagal atpažintas šviesiausias Gyvatnešio, Gyvatės ir Erelio žvaigždynų žvaigždes. Pagal rektascensiją (horizontalioji ašis) nova turi būti tarp Gyvatnešio β (β Oph) ir Erelio δ (δ Aql), o pagal deklinaciją (vertikalią ašį) – tarp Erelio λ (λ Aql) ir Erelio ζ (ζ Aql).

Nustatome mastelį pagal rektascensiją (horizontalioji ašis). Žvaigždėlapyje per β Oph ir δ Aql skrituliukų centrus nubrėžiame vertikalias tieses iki susikirtimo su horizontaliąja ašimi (x_β ir x_δ taškai). Išmatuojame atstumą tarp jų: $\Delta x_{\delta\beta} = 83$ mm. Pagal virtualaus planetariumo ar žvaigždžių katalogo duomenis randame šių žvaigždžių rektascensijų skirtumą:

$$\Delta\alpha_{\delta\beta} = \alpha_\delta - \alpha_\beta = 19^h 25^m 30^s - 17^h 43^m 28^s = 1^h 42^m 02^s = 102^m$$

Iš čia žvaigždėlapio mastelis pagal rektascensiją

$$s_\alpha = (\Delta x_{\delta\beta}) / (\Delta\alpha_{\delta\beta}) = 83 / 102 = 0,814 \text{ (mm/} ^m \text{)}.$$

Pagal rektascensiją nova atitolusi nuo β Oph per

$$\Delta\alpha_{N\beta} = \alpha_N - \alpha_\beta = 18^h 48^m 55^s - 17^h 43^m 28^s = 1^h 05^m 27^s = 65,4^m$$

Tuomet novos atstumas nuo β Oph pagal rektascensiją žvaigždėlapyje

$$\Delta x_{N\beta} = s_\alpha \times \Delta\alpha_{N\beta} = 0,814 \times 65,4 \approx 53 \text{ mm}$$

Ant žvaigždėlapio horizontaliosios ašies atidedame šį atstumą nuo taško x_β rektascensijos didėjimo kryptimi ir pažymime jį tašku x_N . Iš šio taško per visą žvaigždėlapį brėžiame vertikalią tiesę. Tai bus novos deklinacijos lankas.

Nustatome mastelį pagal deklinaciją (vertikalią ašį). Žvaigždėlapyje per ζ Aql ir λ Aql skrituliukų centrus nubrėžiame horizontalias tieses iki susikirtimo su vertikaliąja ašimi (y_ζ ir y_λ taškai). Išmatuojame atstumą tarp jų: $\Delta y_{\zeta\lambda} = 61,5$ mm. Pagal virtualaus planetariumo ar žvaigždžių katalogo duomenis randame šių žvaigždžių deklinacijų skirtumą:

$$\Delta\delta_{\zeta\lambda} = \delta_\zeta - \delta_\lambda = 13^\circ 51' 49'' - (-4^\circ 52' 57'') = 18^\circ 44' 46'' = 1125'$$

Iš čia žvaigždėlapio mastelis pagal deklinaciją

$$s_\delta = (\Delta y_{\zeta\lambda}) / (\Delta\delta_{\zeta\lambda}) = 61,5 / 1125 = 0,0547 \text{ (mm/')}.$$

Pagal deklinaciją nova atitolusi nuo λ Aql per

$$\Delta\delta_{N\lambda} = \delta_N - \delta_\lambda = 0^\circ 35' 03'' - (-4^\circ 52' 57'') = 5^\circ 28' 0'' = 328'$$

Tuomet žvaigždėlapyje novos atstumas nuo λ Aql pagal deklinaciją

$$\Delta y_{N\lambda} = s_\delta \times \Delta\delta_{N\lambda} = 0,0547 \times 328 \approx 18 \text{ mm}$$

Ant žvaigždėlapio vertikaliąsios ašies atidedame šį atstumą nuo taško y_λ deklinacijos didėjimo kryptimi ir pažymime jį tašku y_N . Iš šio taško per visą žvaigždėlapį brėžiame horizontalią tiesę. Tai bus novos rektascensijos lankas.

Novos deklinacijos ir rektascensijos lankų susikirtimo taškas ir žymi novos vietą žvaigždėlapyje.

Novos vieta turi būti pažymėta tokio dydžio skrituliuku, kurio skersmuo atitiktų žvaigždėlapyje panaudotą ryškių skalę. Žvaigždėlapyje matomos didžiausio spindesio žvaigždės α Aql regimasis ryškis 0,8, t. y. jos spindesys žymiai mažesnis už novos spindesį. Vadinas, nova turi būti atvaizduojama didesniu skrituliuku, nei α Aql. Skrituliuko matmenis nustatysime panaudodami žvaigždėlapio ryškių skalę, kuri pateikta 5.1 pav. kairiajame viršutiniame kampe. Išmatavę šioje skalėje pateiktų skrituliukų skersmenis gauname, kad 2,5 mm skrituliuku atvaizduojama 2,0 ryškio žvaigždė, 3 mm – 1,0 ryškio žvaigždė, 3,5 mm –

0,0 ryškio žvaigždė; t. y. vienu ryškiu šviesesnė žvaigždė atvaizduojama 0,5 mm didesnio skersmens skrituliuku. Vadinasi, nova, kurios ryškis spindesio maksimume buvo $-1,4$, turėtų būti atvaizduota skrituliuku, kurio skersmuo apie 4,2 mm.

b) Kada sprogo nova?

Novos atstumas parsekais

$$r = 1/\pi = 1/0,00292 = 342,5 \text{ pc.}$$

Novos atstumas šviesmečiais

$$r = 342,5 \times 3,26 = 1116 \text{ šm.}$$

Atstumas šviesmečiais rodo, kiek laiko šviesa sklido nuo novos iki Saulės sistemos. Vadinasi, 1918 m., kai novos žybsnis buvo pastebėtas Žemėje, nova buvo sprogsi prieš 1116 metų.

c) Komponentių atstumas novos sistemoje

Komponentių atstumą novos sistemoje randame panaudodami trečiąjį Keplerio dėsnį:

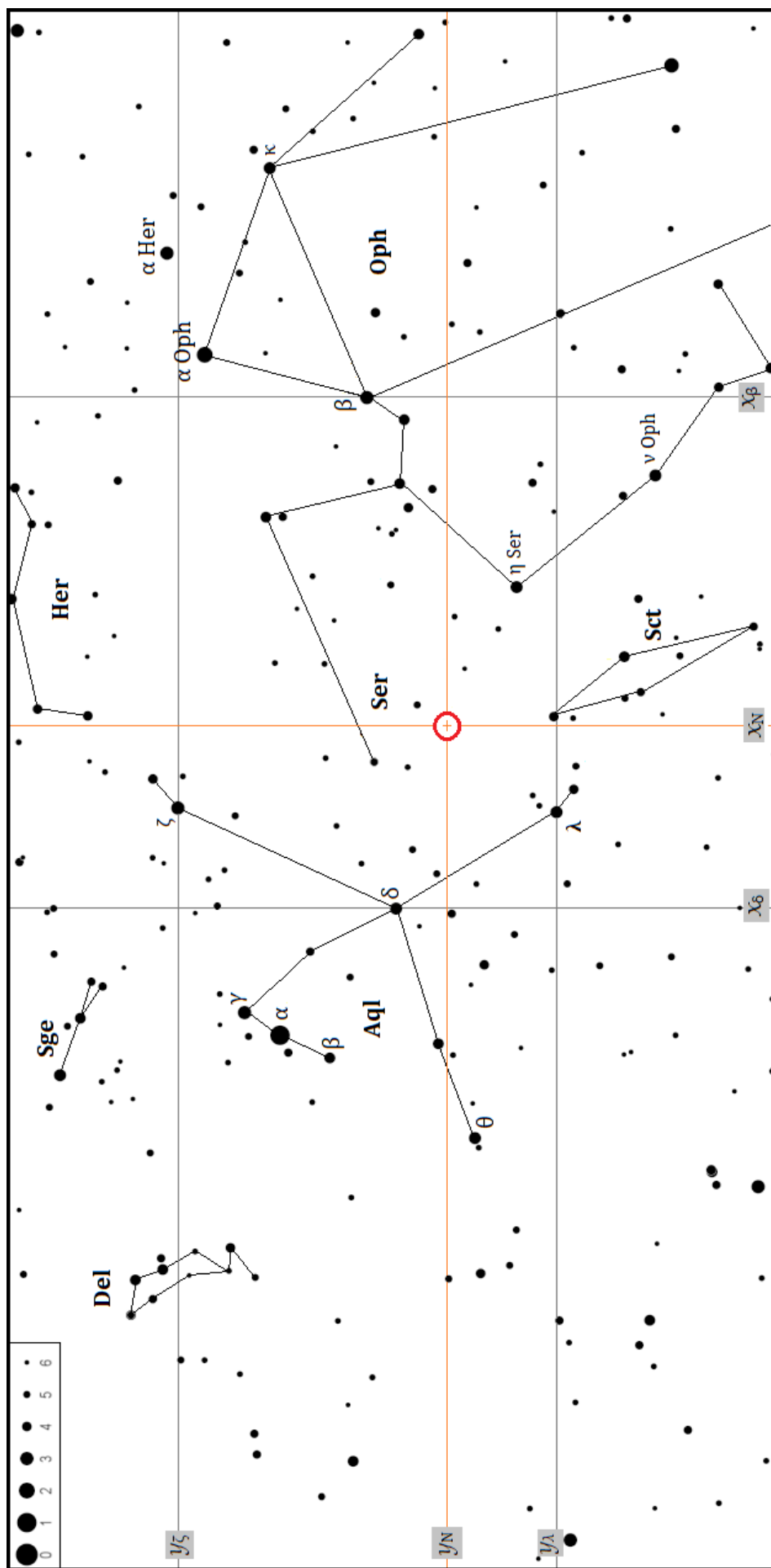
$$a^3 = (\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2)P^2$$

Čia a santykinės orbitos didysis pusašis, išreikštas astronominiais vienetais (ieškomas dydis), \mathfrak{M}_1 ir \mathfrak{M}_2 žvaigždžių masės, išreikštos Saulės masėmis, ir P orbitinis periodas, išreikštas žvaigždiniais metais.

$$a^3 = (1,2 + 0,3) \left(\frac{0,14}{365,26} \right)^2 = 2,204 \times 10^{-7}$$

$$a = 0,00604 \text{ av} \approx 0,9 \times 10^6 \text{ km}$$

Atsakymas: a) Žvaigždės, žvaigždynai ir nova pažymėta 5.1a pav. b) Prieš 1116 metų. c) Atstumas tarp novos komponentių 0,0604 av arba $0,9 \times 10^6$ km.



5.1a pav. Novos apinkos žvaigždėlapis su pažymėtomis žvaigždėmis ir žvaigždynais.
Nova pažymėta raudonu apskritimu