

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
КОМИСИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXIV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
<http://astro-olymp.org>

IV кръг, 23 юли 2021 г., Варна, практически тур

Младша възраст – решения

Задача 1. Nova Sagittarii 2012. На графиката, която е изобразена на Фиг. 1, е показана кривата на блясъка на новата звезда Sagittarii 2012. Тя е забелязана през април 2012г., от руските астрономи Станислав Короткий и Кирил Соколовский. Кратко време след това, тя получава означението PNV J17452791-2305213. Разстоянието до обекта се оценява на 14 000 pc. По вертикалната ос на графиката е нанесена болометричната звездна величина на новата.

- А) От графиката намерете средната видима болометрична звездна величина $\langle m_{\text{bol}} \rangle$ на новата за всяка дата от 21 април до 1 май 2012 г. Запишете резултатите от вашите измервания в съответната колона на Таблица 1. [4 т.]

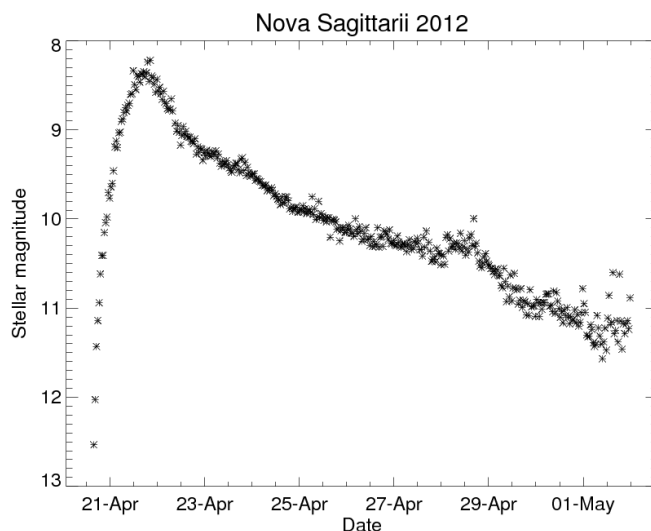
Указание: Под средна величина на някоя дата се има предвид звездната величина „в средата“ на съответното денонощие.

- Б) Използвайки разстоянието до новата и резултатите от предното подусловие, пресметнете средната абсолютна болометрична звездна величина за всяка една дата $\langle M_{\text{bol}} \rangle$. Запишете резултатите от пресмятанията в следващата колона на Таблица 1. [4 т.]
- В) Пресметнете средната светимост на новата $\langle L \rangle$, изразена в единици слънчеви светимости, и запишете резултатите в Таблица 1. [4 т.]
- Г) Използвайки светимостта на Слънцето, оценете колко електромагнитна енергия (в джаули, J) новата е излъчила на всяка една от датите. Изчислете сумарната електромагнитна енергия (E), която новата е излъчила от 21 април до 1 май, и запишете резултата в съответното поле на таблицата. [4 т.]
- Д) Пресметнете за колко време Слънцето излъчва енергия, равна на сумарната енергия, излъчена от новата за този период. [4 т.]

Справочни данни:

Абсолютна болометрична звездна величина на Слънцето: $+4.7^{\text{m}}$

Светимост на Слънцето: $3.8 \times 10^{26} \text{ W}$



Фиг. 1

Дата	$\langle m_{\text{bol}} \rangle$	$\langle M_{\text{bol}} \rangle$	$\langle L \rangle [L_{\odot}]$	$E [J]$
21 април				
22 април				
23 април				
24 април				
25 април				
26 април				
27 април				
28 април				
29 април				
30 април				
1 май				
Сумарна енергия [J]:				

Таблица 1

Решение:

а) От дадената ни крива на блясъка измерваме звездната величина на новата за всяка дата. Резултатите са представени в таблицата.

б) Нека с r да означим разстоянието до новата. За всяка една дата можем да запишем следното равенство:

$$\langle m_{\text{bol}} \rangle - \langle M_{\text{bol}} \rangle = 5 \lg(r [\text{pc}]) - 5,$$

откъдето намираме

$$\langle M_{\text{bol}} \rangle = \langle m_{\text{bol}} \rangle - 5 \lg(r [\text{pc}]) + 5.$$

Пресметнатите стойности на абсолютната звездна величина нанасяме в третата колона на таблицата.

в) По формулата на Погсън $\langle M_{\text{bol}} \rangle - M_{\text{bol}\odot} = -2.5 \lg\left(\frac{\langle L \rangle}{L_{\odot}}\right)$, така че $\langle M_{\text{bol}} \rangle - 4.7 = -2.5 \lg(\langle L \rangle [L_{\odot}])$.

Преобразуваме до $\lg(\langle L \rangle [L_{\odot}]) = 0.4(4.7 - \langle M_{\text{bol}} \rangle)$ и взимаме двете страни като степени на десетката. В резултат, светимостта на новата в слънчеви единици пресмятаме по следната формула:

$$\langle L \rangle = 10^{0.4(4.7 - \langle M_{\text{bol}} \rangle)}.$$

Резултатите са в четвъртата колона на таблицата.

г) Светимостта на една звезда представлява енергията, която звездата отделя за единица време във всички посоки и в целия електромагнитен спектър, от цялата си повърхност. За да намерим търсената енергия, която новата е отделила трябва първо да превърнем всяка една от светимостите във ватове. След това трябва да умножим тези стойности по продължителността на едно денонощие. Нанасяме намерените стойности в последната колона на таблицата. Накрая в най-долното поле записваме сумата на всички енергии.

д) За да намерим търсеното време, разделяме получената сумарна енергия на слънчевата светимост, изразена във ватове и получаваме приблизително 527 уг.

Дата	$\langle m_{\text{bol}} \rangle$	$\langle M_{\text{bol}} \rangle$	$\langle L \rangle [L_{\odot}]$	$E [J]$
21 април	8.7	-7.03	49 200	1.62×10^{36}
22 април	9.0	-6.73	37 300	1.23×10^{36}
23 април	9.4	-6.33	25 800	8.48×10^{35}
24 април	9.7	-6.03	19 600	6.44×10^{35}
25 април	10.1	-5.63	13 600	4.45×10^{35}
26 април	10.3	-5.43	11 300	3.70×10^{35}
27 април	10.4	-5.33	10 300	3.38×10^{35}
28 април	10.4	-5.33	10 300	3.38×10^{35}
29 април	11.0	-4.73	5 900	1.94×10^{35}
30 април	11.1	-4.63	5 400	1.77×10^{35}
1 май	11.5	-4.23	3 700	1.23×10^{35}
Сумарна енергия :				6.32×10^{36}

Никола Каравасилев

Критерии за оценяване (общо 20 т.):

а) – 4т.

За всяко от измерванията се присъждат точки, ако стойността му се различава с не повече от 0.1^{m} от дадените в официалното решение числа.

б) - 4т.

В това подусловие се оценява доколко правилно е използвана формулата за модул на разстояние. Ако ученикът е допуснал грешка в измерванията в а), но е използвал правилно формулата за модул на разстояние, не следва да бъде санкциониран втори път.

в) – 4т.

В това подусловие се оценява до колко правилно е използвана формулата за светимост. Ако ученикът е допуснал грешка в измерванията в а), съответно е получил неправилни стойности в б), но е използвал правилно формулата за светимост, не следва да се прилага нова санкция.

г) – 4т.

Тук отново важи правилото за „разнасяне на грешка“.

д) – 4т.

Задача 2. Марсианско небе. Космическата пътешественичка Стела лети до Марс и се готви за изкачване на няколко от най-високите марсиански върхове. В туристическия клуб „Марсиански еделвайс“ я посреща майсторът на спорта по марсиански алпинизъм Атанас и я инструктира как да се ориентира по звездите.

Пред вас са шест изображения на марсианското звездно небе, получени чрез компютърен планетариум. Въведени са настройки, които показват звездното небе и по време на марсианския ден, когато Слънцето е над хоризонта. Симулациите са направени за време, съответстващо на земната дата 21 юли 2021 г. Както се вижда, в небето на Марс се наблюдава забележителен парад на планетите.

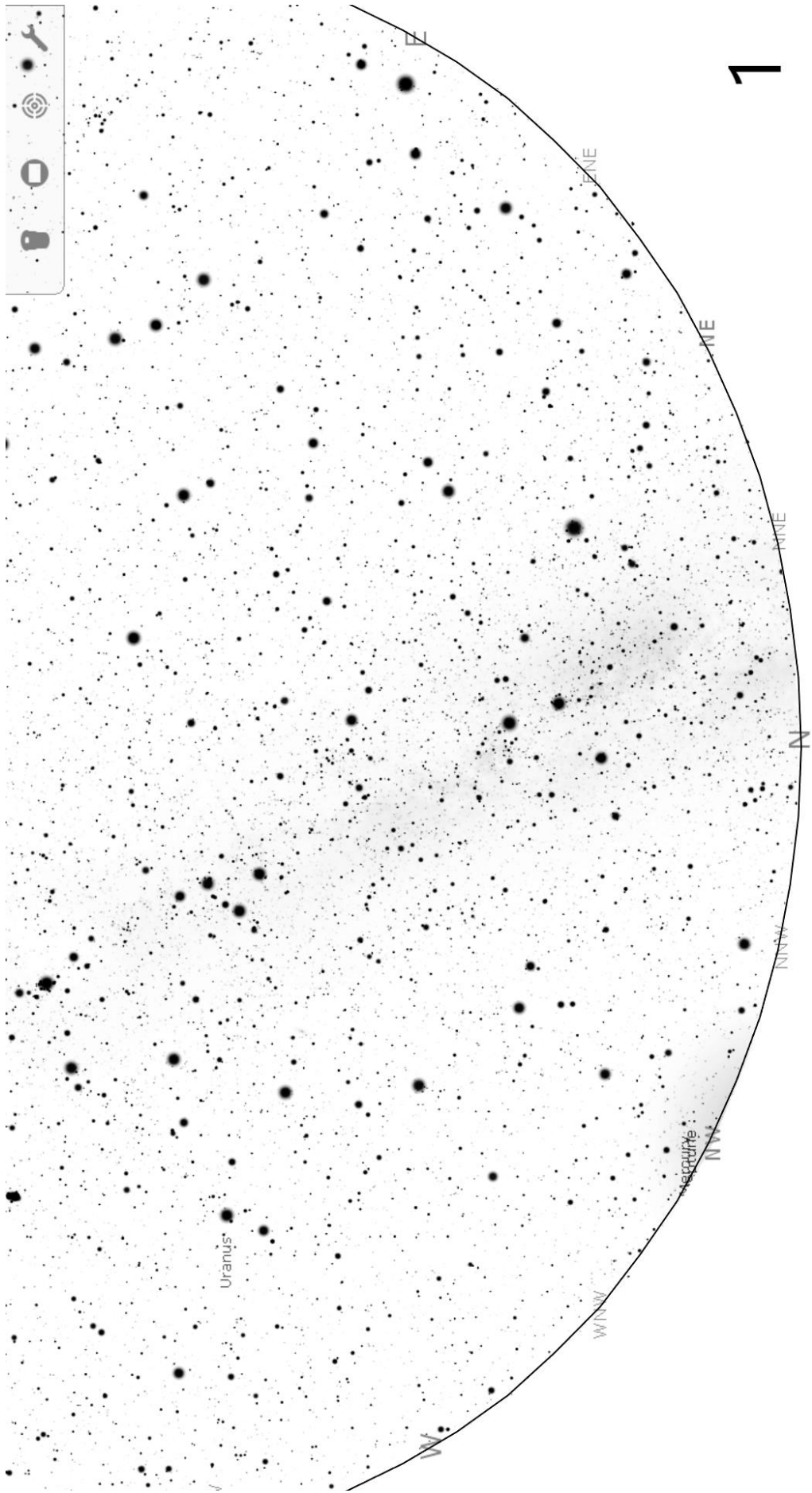
- А) Използвайте изображенията и дадения ви лист полупрозрачна хартия (паус), направете необходимите построения и измервания и определете планетографската ширина на туристическия клуб „Марсиански еделвайс“. Видимото ъглово разстояние между звездите Вега и Денеб е 24° . [9 т.]

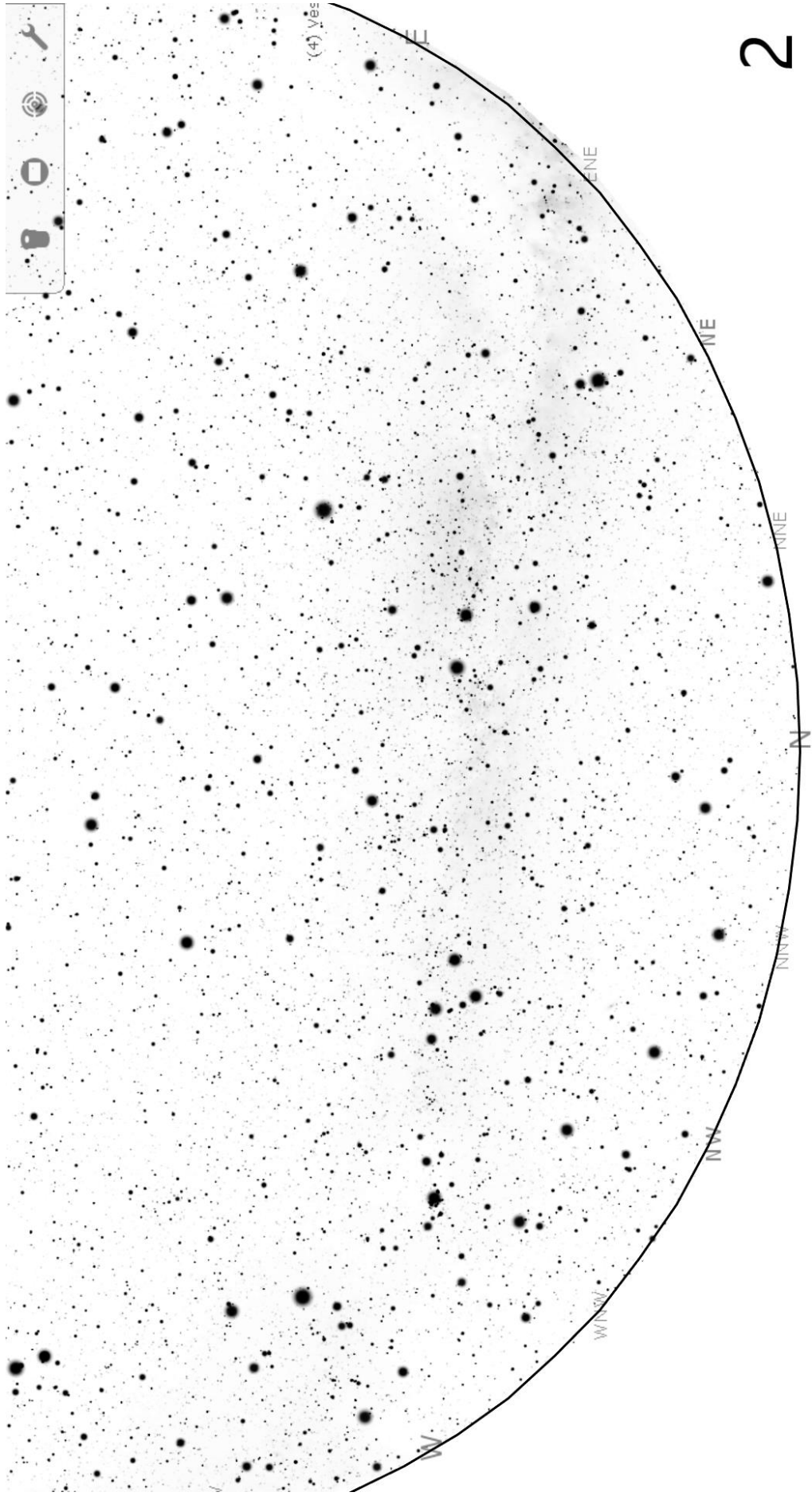
- Б) Разгледайте внимателно положението на Слънцето. Какъв е сезонът по това време за марсианското северно полукуълбо? Подкрепете вашия отговор с измервания и пресмятания. [5 т.]

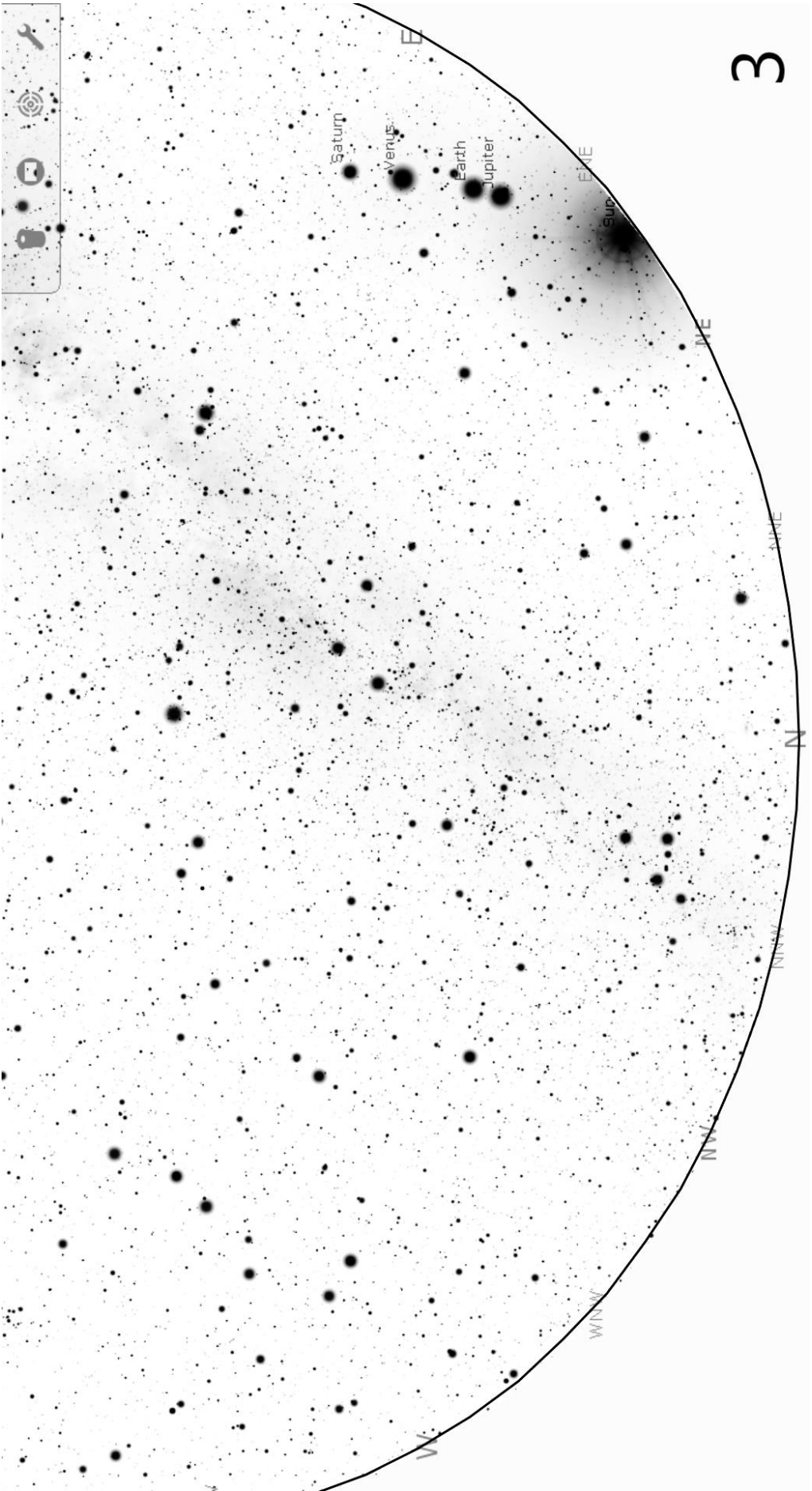
- В) Отговорете само качествено как се изменя в дадения момент видимото ъглово разстояние от Земята до Слънцето за марсианския наблюдател – увеличава ли се или намалява? Опитайте се да направите това и за видимото ъглово разстояние от другите планети до Слънцето – Меркурий, Венера, Юпитер, Сатурн и Нептун. За всички ли планети е възможно да се отговори на този въпрос? [6 т.]

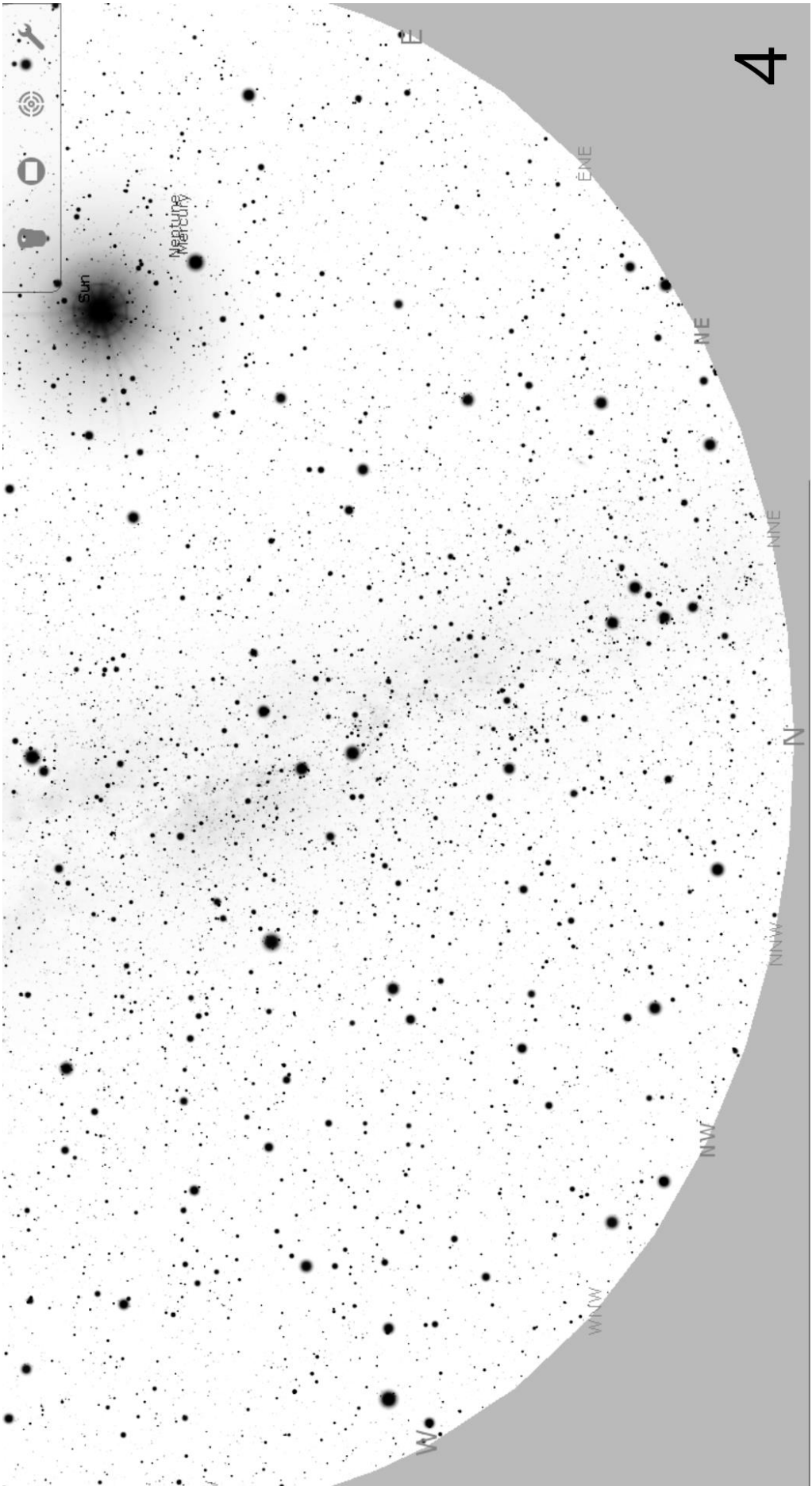
Справочни данни:

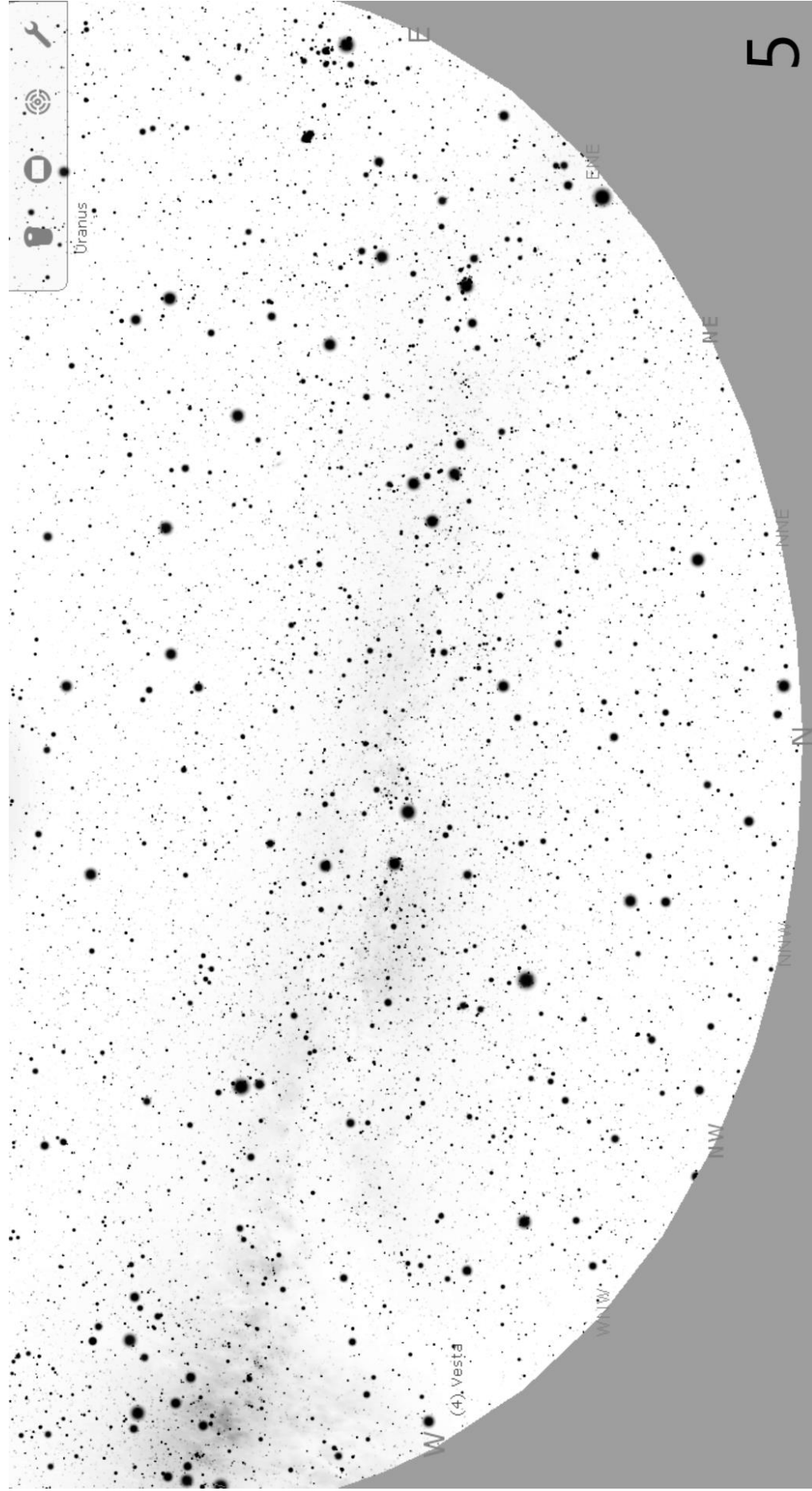
Наклонът на оста на Марс е близък по стойност до земния.

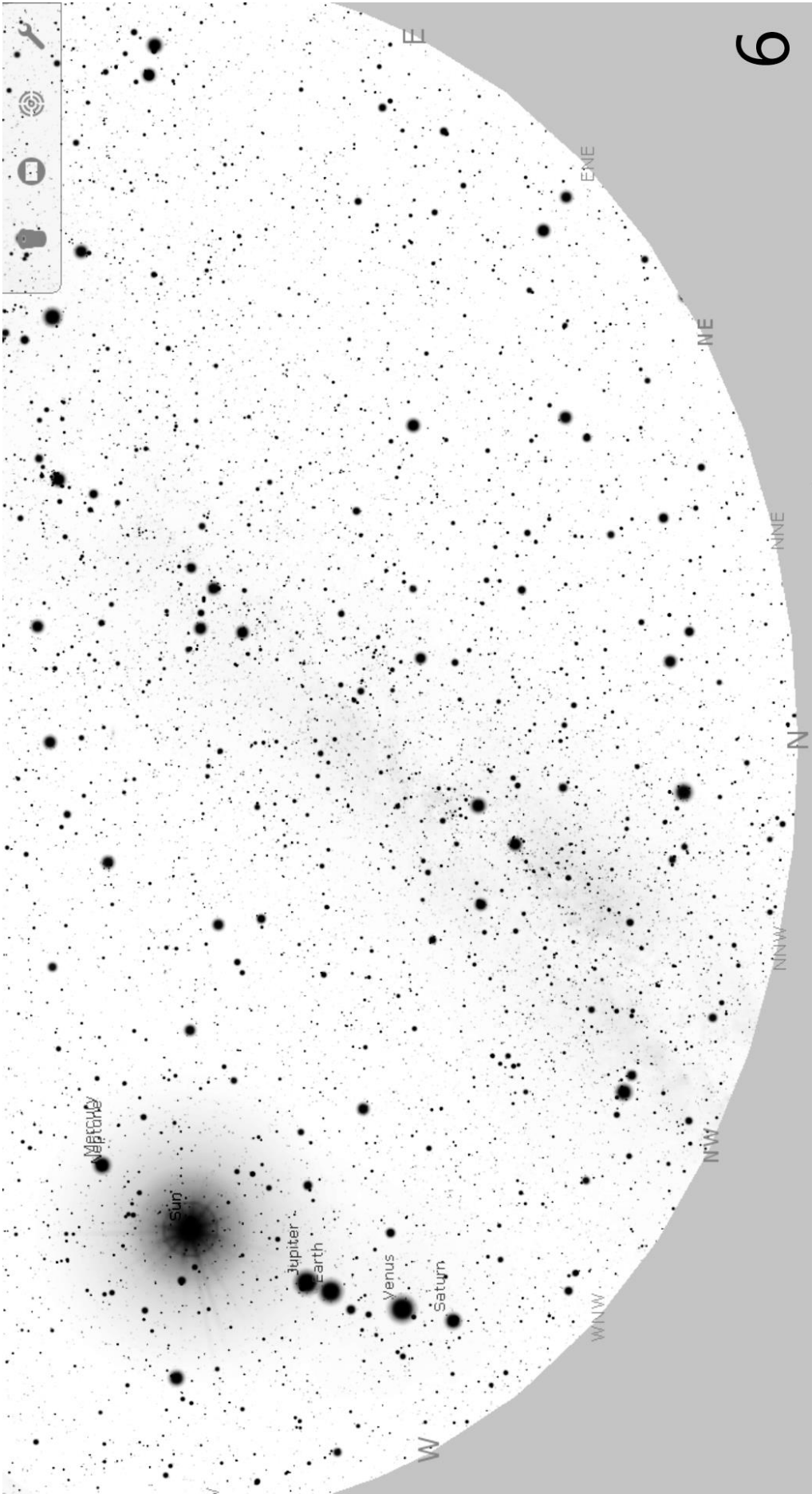








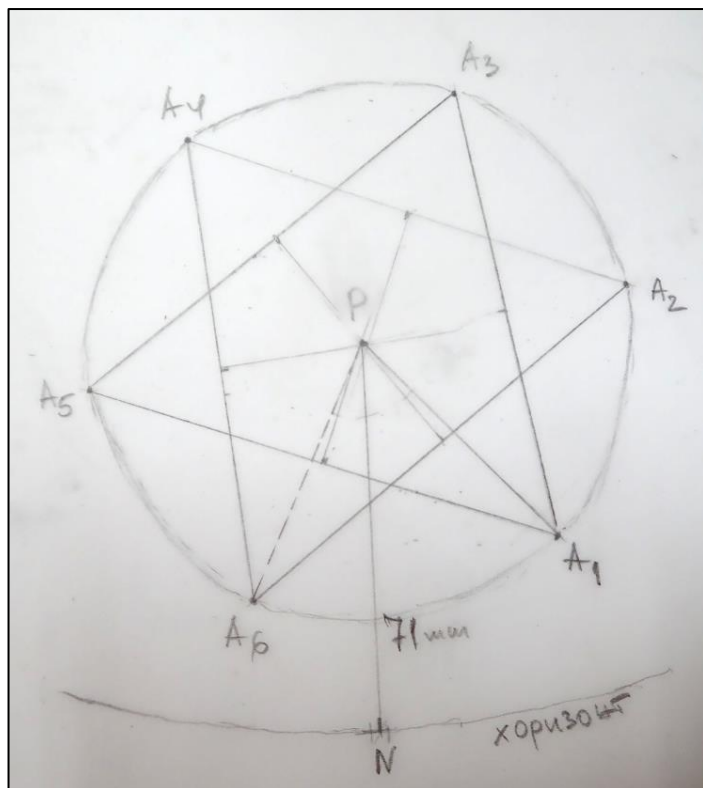




Решение:

а) Поставяме листа полупрозрачна хартия върху първото изображение. Очертаваме хоризонта и точката север (N) на хоризонта. Избираме една звезда, например Албирео от Лебед. Нанасяме нейното положение на полупрозрачната хартия, като го прекопираме от изображението. Отбелязваме го с A_1 . Пренасяме полупрозрачната хартия върху второто изображение. Нагласяваме я така, че хоризонтът и точката север от нея да съвпадат с хоризонта и точката север от изображението на звездното небе. Нанасяме върху полупрозрачната хартия новото положение на звездата Албирео A_2 . Така процедираме и с останалите четири изображения. Накрая получаваме общо шест положения на звездата Албирео върху полупрозрачната хартия. Те лежат на една окръжност, която можем приблизително да очертаяме ръчно. Тази окръжност се описва от звездата Албирео при видимото денонощно въртене на звездното небе. В центъра на окръжността се намира северният небесен полюс на Марс.

Ние можем да определим неговото положение. Свързваме с отсечка две от точките, през които минава Албирео, например A_1 и A_3 (може и да са A_1 и A_2). Намираме средата на тази отсечка и построяваме перпендикулярна линия към нея. Тази линия трябва да минава през центъра на окръжността. Начертаваме отсечките, свързващи други двойки точки от положенията на Албирео (например A_2 и A_4 , A_3 и A_5 и т.н.), прекарваме през средите на отсечките перпендикулярни линии и виждаме, че всички тези перпендикулярни линии се пресичат в една точка. Именно тя е центърът на окръжността, а следователно и северният небесен полюс на Марс. Отбелязваме го с P. Виждаме, че близо до точката P няма ярка звезда. Следователно марсианските жители на северното полукълбо на планетата нямат ярка звезда, която подобно на нашата Полярна звезда, да им показва посоката север. Най-близката ярка звезда е Денеб от Лебед, но тя отстои на значително разстояние от точката P.



Планетографската ширина на марсианския туристически клуб трябва да е равна на височината на северния небесен полюс P над хоризонта. На нашия чертеж това е отсечката NP. Измерваме я в милиметри и получаваме $NP = 71 \text{ mm}$. Измерваме също и разстоянието между звездите Денеб и Вега, което се оказва 40 mm. То ще ни служи за мащаб. Като знаем, че ъгловото разстояние между двете звезди е 24° , за планетографската ширина намираме:

$$\varphi = \frac{24^\circ}{40 \text{ mm}} \cdot 71 \text{ mm} \approx 43^\circ$$

б) Избираме едно от изображенията, на които се вижда Слънцето. Измерваме разстоянието от Слънцето до северния небесен полюс (115.5 mm) и като използваме мащаба, получаваме:

$$\frac{24^\circ}{40 \text{ mm}} \cdot 115.5 \text{ mm} \approx 69^\circ$$

Следователно деклинацията на Слънцето в марсиански екваториални координати ще бъде:

$$\delta = 90^\circ - 69^\circ = 21^\circ$$

Известно е, че марсианската ос на въртене има наклон относно перпендикуляра към орбиталната равнина, който е много близък до наклона на земната ос относно перпендикуляра към еклиптиката. Наклонът на марсианската ос е около 25° (а на земната ос е около 23.5°). Това означава, че деклинацията на Слънцето в деня на лятното слънцестояние в марсианското северно полукълбо е около 25° . Получената от нас деклинация от 21° е близка до тази стойност. Следователно сезонът в северното полукълбо на Марс е **лято**.

в) На марсианското небе Слънцето се намира в съзвездие Водолей. Щом като земната дата, за която са направени компютърните симулации, е 21 юли, то за наблюдател от Земята Слънцето трябва да е било около границата между съзвездия Близнаци и Рак. Това ни е достатъчно, за да представим схематично как трябва да са били разположени по своите орбити Марс и Земята. От направената от нас схема се вижда, че Земята наскоро е била в максимална западна елонгация. Следователно в дадения момент за наблюдател от Марс ъгловото разстояние от Слънцето до Земята е намалявало.

Всичките шест планети са били наблюдавани сравнително близо до Слънцето. По-далечните планети Юпитер и Сатурн са били отклонени на запад от него. Като вземе предвид по-бързото движение на Марс по неговата орбита, стигаме до заключението, че неотдавна всяка от тези планети е била в съединение със Слънцето, а сега при своето видимо ъглово преместване Слънцето ги „задминава“ и видимото им ъглово отстояние от него нараства. Нептун е на изток от Слънцето. Понеже за наблюдател от Марс видимото движение на Слънцето по еклиптиката на изток е по-бързо от това на Нептун, Слънцето се приближава към Нептун и скоро предстои горното съединение на тази планета. Следователно видимото ъглово отстояние на Нептун от Слънцето намалява. Меркурий е в положение близко до максимална източна елонгация, а Венера – до максимална източна елонгация. Без допълнителни данни не може да се каже дали те се отдалечават или се приближават по видимо ъглово разстояние до Слънцето.



Критерии за оценяване (общо 20т.):

- а) – За правилни теоретични съображения как да се определи планетографската ширина на туристическото дружество – 3т.**
– За построения и измервания – 5т.
– За пресмятане на крайния резултат – 1т.
- б) – За правилен метод за определяне на сезона – 2т.**
– За измервания и пресмятания – 2т.
– За верен краен отговор – 1т.
- в) – За верни разсъждения за видимото движение на Земята спрямо Слънцето – 2т.**
– За верен краен извод – 1т.
– За правилни разсъждения и заключения относно видимото движение на Юпитер, Сатурн и Нептун – 1т.
– За посочване на невъзможността да се отговори за Меркурий и Венера и обяснение – 2т.