

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
<http://astro-olymp.org>

IV кръг, 12 юли 2012 г., х. Бузлуджа

Ученици младша възраст

1 задача. Слънчев телескоп. Специалистът по слънчева физика Теодор е решил да си конструира специален телескоп само за своите наблюдения. Целта е другите му колеги, изследващи звездите, да не могат да използват телескопа. Телескопът има екваториална монтировка и водещо устройство, което го върти с период 24 часа.

- Вечер тайно към телескопа отива изследователката на сини гиганти Кристина и го насочва към звездата Минтака ($\delta \approx 0^\circ$, $\alpha \approx 5^h32^m$). При включено водещо устройство на телескопа, за колко време звездата ще прекоси зрителното му поле, което е 0.5° ? Звездата минава през центъра на зрителното поле.

За да може телескопът постоянно да следи Слънцето, вероятно ще се налага да се правят някои корекции в различни моменти от годината.

- Ще бъде ли необходимо да се променя скоростта, с която водещото устройство върти телескопа?

- Ще бъде ли необходимо да се променя наклонът на оста, около която водещото устройство върти телескопа?

Обяснете своите отговори.

Решение:

А) За да следи Слънцето, телескопът трябва да се завърта на 360° за точно 24 часа или едно слънчево денонощие. Минтака, както и всяка една друга звезда, прави едно пълна обиколка около небесната ос за едно звездно денонощие или 23h56m04s. Поради това, ако насочим слънчевия телескоп към Минтака, то тя няма да се движи синхронно с него. Първо трябва да намерим относителната скорост на звездата в зрителното поле на окуляра. Тя се пресмята като разликата в ъгловите скорости на въртене на Слънцето (телескопа) и звездите. Тази разлика е равна на ъгловата скорост на движение на Земята около Слънцето или приблизително 1° /денонощие. Следователно, зрителното поле на телескопа ще бъде пресечено от Минтака за интервал от време около 12 часа.

Тук негласно използвахме факта, че Минтака се намира на небесния екватор. Ако това не беше така, тя щеше да се движи по малък кръг от небесната сфера и трябваше да разделим полученото време на $\cos(\delta)$.

Б) Поради неравномерностите на движението на Земята по нейната орбита и неравномерното движение на Слънцето по ректасцензия, слънчевото денонощие има различна продължителност в различните части от годината. Тази разлика не е голяма, но води до това, че видимо Слънцето се движи с различна ъглова скорост и телескопът трябва да си променя скоростта, с която се върти.

В) Наклонът на оста на екваториалната монтировка зависи само географската ширина. Ако не придвижваме телескопа, то единственото, което може да промени неговата ширина и наличието на полюдия на при Земята. Колкото по – голяма е земната полюдия, толкова повече ще трябва да променяме наклона на монтировката.

2 задача. Космическо съперничество. През 3012 г. Земната космическа империя владее Слънчевата система. Най-значителното провинциално владение на земния император е Юпитер. В желанието си да получи повече субсидии за своята провинция, губернаторът на Марс решава също да привлече вниманието на Земята. За целта той заповядва цялата планета Марс да бъде покрита със специален отражателен материал. В резултат видимият от Земята максимален блясък на Марс трябва да стане по-ярък от максималния видим блясък на Юпитер.

- Определете максималния видим блясък на Марс за наблюдател от Земята при сегашното положение (преди покриването с отражателния материал).

- Може ли да се постигне желанието на марсианския губернатор? Ако не е възможно, обяснете защо. Ако е възможно, определете необходимата отражателна способност на покритието на Марс.

Решение:

А) Въвеждаме следните означения:

A_M и A_J – отражателни способности на Марс и Юпитер;

R_M и R_J – радиуси на Марс и Юпитер;

r_M и r_J – радиуси на орбитите на Марс и Юпитер

r_E – радиус на земната орбита.

Осветеността, която една планета създава върху Земята зависи от следните величини:

- Правопропорционално на площта на отразяващия диск;
- Правопропорционално на отражателната способност;
- Обратнопропорционално на квадрата на разстоянието до Слънцето;
- Обратнопропорционално на квадрата на разстоянието до Земята.

От тук следва, че отношението на осветеностите, които създават Марс и Юпитер в опозиция върху Земята (които са всъщност, техните максимални) е следното:

$$\frac{E_M}{E_J} = \frac{A_M}{A_J} \cdot \frac{R_M^2}{R_J^2} \cdot \frac{(r_J - r_E)^2}{(r_M - r_E)^2} \cdot \frac{r_J^2}{r_M^2}$$

Замествайки с числените данни, получаваме, че това отношение е равно на 0,57.

Следователно, използвайки закона на Погсон намираме, че блясъкът на Марс ще бъде с около $0,6^m$ по – слаб от този на Юпитер или максималната му звездна величина е $-2,3^m$.

Б) При покриването на Марс отражателния материал, то ние всъщност повишаваме неговата отражателна способност. Поради това, нараства и неговия видим блясък за Земята. Виждаме, че при сегашното си алbedo (което е равно на 0,17), максималната яркост на Марс около 57% от максималната яркост на Юпитер. Понеже, яркостта зависи правопропорционално на албедото, то ние трябва да трябва да го увеличим 1,74 пъти, за да стане това което иска губернаторът. Следователно, това ще се реализира при алbedo приблизително равно на 0,3.

Това означава, че желанието на краля е възможно. Нещо повече, ако се използва отражателен материал с алbedo равно на 1 (цялата падаща светлина се отразява) то Марс ще стане около 3 пъти по – ярък от Юпитер.

3 задача. Пътешествие. Забележителният пътешественик Цанимир Ангелов бърза с раница на гърба към поредната астрономическа школа. Всеки ден той изминава едно и също разстояние през равнинна местност и се движи в една и съща посока, която е една от четирите основни посоки на света. Понякога вечер той наблюдава звездата Арктур ($\alpha = 14^h16^m$, $\delta = 19^\circ07'$) и определя височината ѝ над хоризонта с помощта на секстант. В таблицата са дадени резултатите от неговите наблюдения.

Дата	UT	Височина над хоризонта
1 юли	$17^h43^m56^s$	$87^\circ40'$

4 юли	$17^{\text{h}}32^{\text{m}}08^{\text{s}}$	$88^{\circ}40'$
8 юли	$17^{\text{h}}16^{\text{m}}24^{\text{s}}$	90°
10 юли	$17^{\text{h}}08^{\text{m}}32^{\text{s}}$	
13 юли		

- Попълнете празните граfi в таблицата.
 - В коя от четирите основни посоки на света се движи той?
 - Колко километра на ден изминава пътешественикът?
 - В кой континент според вас се намира пътешественикът?
 - Разумно ли постъпва той, като прекарва всяка нощ, качен на някое дърво?
- Обяснете вашите отговори.

Решение:

А) На 8-ми юли Арктур се намира в зенита $\Rightarrow$ се намира в горна кулминация, но интервалът от време между първото и второто измерване е $2^{\text{d}}23^{\text{h}}48^{\text{m}}12^{\text{s}}$, което се равнява на точно 3 звездни денонощия $\Rightarrow$ Цанимир мери височината винаги в едно и също звездно време и точно в това звездно време Арктур е в горна кулминация. Следователно, измерването на 13-ти юли е точно 3 звездни денонощия или $2^{\text{d}}23^{\text{h}}48^{\text{m}}12^{\text{s}}$ след това на 10-ти юли. Получаваме, че липсващата данна за момента от време на 13-ти юли е $16^{\text{h}}56^{\text{m}}44^{\text{s}}$.

От 1-ви до 4-ти юли височината в горна кулминация на Арктур нараства с точно 1° . Също така, тази максимална височина се изменя с $1^{\circ}20'$ за следващите 4 денонощия $\Rightarrow$ той се движи така, че неговата географска ширина се изменя равномерно с $20'/\text{ден}$. След деня в който Арктур е била в зенита в горна кулминация нейната максимална височина трябва да намалява с $20'/\text{ден}$ $\Rightarrow$ липсващите данни за височината са следните: 10-ти юли - $89^{\circ}20'$ и 13-ти юли - $88^{\circ}20'$.

Б) Кулминациите на звездата се осъществяват точно през едно звездно денонощие $\Rightarrow$ Цанимир не си сменя географската дължина $\Rightarrow$ се движи или точно на север или точно на юг. Ако първоначално се е намирал северно от $\varphi = 19^{\circ}07'$, то той се движи на юг, а ако се е намирал южно от тази ширина се движи на север.

В) Цанимир изминава $20'/\text{ден}$ по географска ширина $\Rightarrow$ всеки един изминава $1/540$ част от обиколката на паралела на който се намира. Дължината на един паралел е приблизително $20\,000\text{km}$ $\Rightarrow$ Цанимир изминава около $40\text{km}/\text{ден}$.

Г) Наблюденията се провеждат в началото на юли. Това е на около 80 дни от есенното равноденствие $\Rightarrow$ звездното време изостава с около $80.4 = 320$ минути = $5\text{ч}20\text{мин}$ спрямо слънчевото. Арктур кулминира $14^{\text{h}}16^{\text{m}}$ по звездно време, което е приблизително около $19^{\text{h}}35^{\text{m}}$ по истинско слънчево време. Имайки предвид, че действието се развива през лятото, то $\text{GMT} = \text{UT} + 1 \Rightarrow$ наблюдението на 1-ви юли се е извършило в $18^{\text{h}}44^{\text{m}}$ GMT. След като Цанимир в часова зона, която е с около час напред спрямо Гринуич и очевидно има географска ширина близка до 19° , то той е в Африка.

Д) На такива координати се намира приблизително природната зона наречена савана. Там със сигурност има хищни животни, които се катерят по дърветата значително по – добре от Цанимир (макар да е от НПМГ!) и едва ли спането на дърво ще го спаси.

4 задача. Гибелта на Слънцето. След 5 милиарда години човешката цивилизация се е преселила на планета около друга, по-млада звезда, за да се спаси от

загиващото Слънце. Но малка колония носталгично настроени земяни остава да живее в обитаема база на Плутон.

- Спомнете си какво знаете за последните етапи от еволюцията на звездите и оценете приблизително какъв ще бъде видимият ъглов диаметър на Слънцето за наблюдателите от Плутон, когато то стане червен гигант.

- Колко пъти по-ярко ще изглежда Слънцето от Плутон тогава, в сравнение със сегашното време?

- Определете същото за Слънцето, когато то стане бяло джудже.

Решение:

А) В края на своя живот Слънцето първо ще се превърне в червен гигант, с размери приблизително равни на радиуса на орбитата на Марс, или $r_m = 1,52\text{AU}$ и температура $T_1 = 3000\text{ K}$. В днешно време съответните характеристики на звездата ни са следните:

Радиус $R = 700\,000\text{km}$ и температура $T = 6000\text{ K}$.

Радиуса на орбитата на Плутон е $r_p = 40\text{ AU}$.

От тук намираме, че когато Слънцето стане червен гигант, спрямо наблюдател, разположен на Плутон то ще има видим ъглов размер:

$$\delta_1 = \frac{r_m}{r_p} \approx 2,2^\circ.$$

Б) Слънцето ще изглежда толкова пъти по – ярко, колкото пъти се променя светимостта му, защото разстоянието до него остава едно и също, както преди да започне да се раздува.

Това отношение се пресмята по следния начин:

$$\frac{T_1^4 r_m^2}{T^4 R^2} \approx 26\,500.$$

Следователно, Слънцето ще изглежда около 26 500 пъти по – ярко, отколкото сега.

В) След етапа на червен гигант, Слънцето ще се превърне в бяло джудже с радиус, приблизително равен на радиуса на Земята $R_3 = 6\,400\text{km}$ и температура $T_2 = 10\,000\text{K}$.

Видимия му ъглов размер намираме аналогично на предния случай:

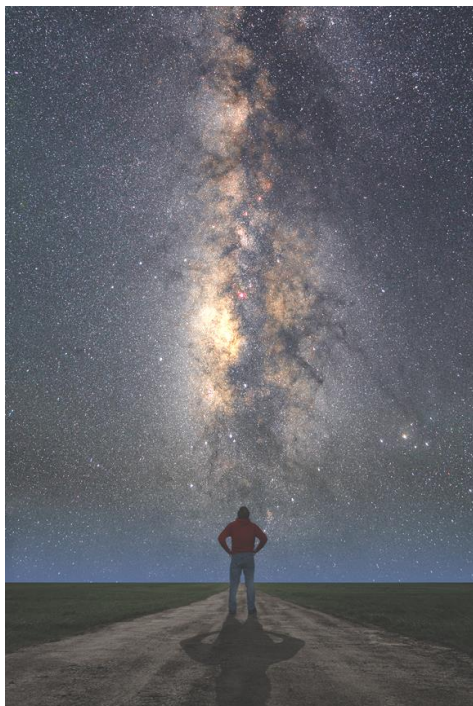
$$\delta_2 = \frac{R_3}{r_p} \approx 0,22''.$$

Осветеността ще се промени:

$$\frac{T_2^4 R_3^2}{T^4 R^2} \approx \frac{1}{4300}.$$

Това означава, че осветеността ще намалее 4300 пъти.

5 задача. Млечният път пред нас.



Опишете само качествено в коя област от Земята в някакви моменти от време можем да видим Млечния път разположен така, както е показано на снимката. Обяснете вашия отговор.

Решение:

На снимката се вижда, че най – гъстата част на Млечният път (наричана още галактичен екватор) е разположена перпендикулярно, спрямо хоризонта. Това означава, че тъй като галактичният Екватор е голям кръг от небесната сфера, то някаква точка от него преминава през зенита в този момент. Както знаем, галактичните полюси отстоят на 90° от галактичния екватор. Следователно, тези полюси в този момент лежат на хоризонта, в две противоположни точки. Това означава, че тази картина може да бъде видяна в областите от земното кълбо, където галактичните полюси не са незалязващи. Това се случва в онези области от земното кълбо, които имат отстояние от двата полюса по – голямо от деклинацията на северния галактичен полюс.

Справочни данни:

Диаметър на Марс

Диаметър на Юпитер

Отражателна способност на Марс

Отражателна способност на Юпитер

Радиус на орбитата на Марс

Радиус на орбитата на Юпитер

Радиус на орбитата на Плутон

Видима от Земята звездна величина на Юпитер при максимален блясък

Радиус на Земята

Радиус на Слънцето