

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЦЕНТРАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО
АСТРОНОМИЯ

XI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

<http://astro-olymp.org>

IV кръг
Практически тур

Младша възраст – решения

Задача 1. Морско пътешествие. След дълго пътешествие из далечни страни и морета кръжочниците по астрономия към варненската обсерватория Сашо и Мишо тръгват към родния бряг. На борда на своята яхта те всеки ден определят координатите си. За целта измерват височината на долния край на видимия слънчев диск със секстант, а край тях се разхожда пъстроцветният тукан, който са намерили в Никарагуа. В таблицата са представени измерванията, направени от смелите мореплаватели на 2 юни 2008 г. Определете техните координати в този ден. Според вас, в кое море са се намирали тогава? Видимият ъглов радиус на Слънцето на 2 юни 2008 г. е $15'48''$.

УТ	Височина[°]	УТ	Височина[°]
08:45:00	63,36	10:35:00	67,95
08:54:00	64,38	10:41:00	67,92
09:00:00	65,75	10:44:00	67,38
09:11:00	66,34	10:57:00	66,75
09:20:00	67,25	10:58:00	66,60
09:28:00	67,80	09:33:00	68,10
10:08:00	68,88	09:40:00	68,40
10:13:00	68,81	09:47:00	68,65
10:19:00	68,70	09:50:00	68,70
10:24:00	68,50	09:55:00	68,80
10:30:00	68,32	10:00:00	68,85
10:33:00	68,12	10:04:00	68,88

Решение:

Начертаваме графика, представяща изменението на височината на Слънцето с времето. Прекарваме плавна крива през получените точки. От нея определяме максималната височина, на която се издига долният край на видимия слънчев диск. Тя е $h'_{\max} = 68.9^\circ$. Ако $\rho = 15'48''$ е видимият ъглов радиус на Слънцето, то максималната височина на неговия център над хоризонта е $h_{\max} = h'_{\max} + \rho = 69,163^\circ$. Тогава географската ширина на яхтата ще бъде $\varphi = 90^\circ - (h_{\max} - \delta)$, където δ е деклинацията на Слънцето. От дадената ни страница за юни 2008 г. в Астрономическия алманах виждаме, че деклинацията на Слънцето в 0h UT на 2 юни е била $22^\circ 12'$, а на 3 юни е била $22^\circ 20'$. От графиката установяваме, че Слънцето е било в горна кулминация около 10h UT на 2 юни. Чрез интерполиране намираме деклинацията му за този момент:

$$\delta = 22^\circ 12' + \frac{12 \text{ h}}{24 \text{ h}} \cdot (22^\circ 20' - 22^\circ 12') \approx 22^\circ 15'$$

Така получаваме:

$$\varphi = 42^\circ 57'$$

Географската дължина можем да намерим, като определим точния момент, в който Слънцето е било в горна кулминация. Това правим чрез графиката, като използваме метода на хордите. Начертаваме върху получената от нас крива поредица от хорди и определяме техните среди. Прекарваме права линия през тези средни точки и определяме точката, в която тя пресича кривата. Тази точка съответства на търсения от нас момент. Поради симетричността на кривата, начертаната от нас права линия през средните точки на хордите е перпендикулярна на оста на времето. По точката, в която тя пресича оста на времето определяме момента на горна кулминация на Слънцето. Той е $T = 10^{\text{h}}03^{\text{m}}22^{\text{s}}$ UT. Моментът на горна кулминация на Слънцето трябва да е в $T_1 = 12^{\text{h}}$ по местно време. Сравнявайки двата момента, можем да пресметнем географската дължина:

$$\lambda = T_1 - T - \eta$$

където η е уравнението на времето, равно на средното слънчево време минус истинското. От дадената диграма на уравнението на времето намираме, обаче, че за 2 юни то е приблизително равно на 0. Окончателно за географската дължина получаваме:

$$\lambda = 2^{\text{h}}03^{\text{m}}22^{\text{s}}$$

Определените от нас координати на яхтата показват, че мореплавателите Сашо и Мишо са вече доста близо до България и се намират в родното Черно море.



Задача 2. Наблюдение на окултация на звезда от астероид. Десет наблюдатели, разположени както е показано на схемата, наблюдават окултация на звездата TYC 1065-021222-1 от астероида 225 Хенриета на 16 юни 2007 г. Звездата има координати $\alpha = 17^{\text{h}}56^{\text{m}}19^{\text{s}}$ и $\delta = -21^{\circ}43'18''$. Нейната звездна величина е 11.67^{m} , а на астероида 12.46^{m} . Хоризонталният денонощен паралакс на астероида, гледан от Земята, е $5.56''$. Астероидът има ъглово преместване на фона на звездите $\mu = 24.84''/\text{h}$.

Някои от наблюдателите са наблюдавали само едно закриване на звездата, а други, поради неправилната форма на астероида, две закривания. За всички тях той се намира

близо до зенита. В таблицата са дадени моментите на закриване и откриване на звездата за всеки наблюдател.

Считайте, че видимият размер на астероида е много по-голям от този на звездата (откриването и закриването са мигновени).

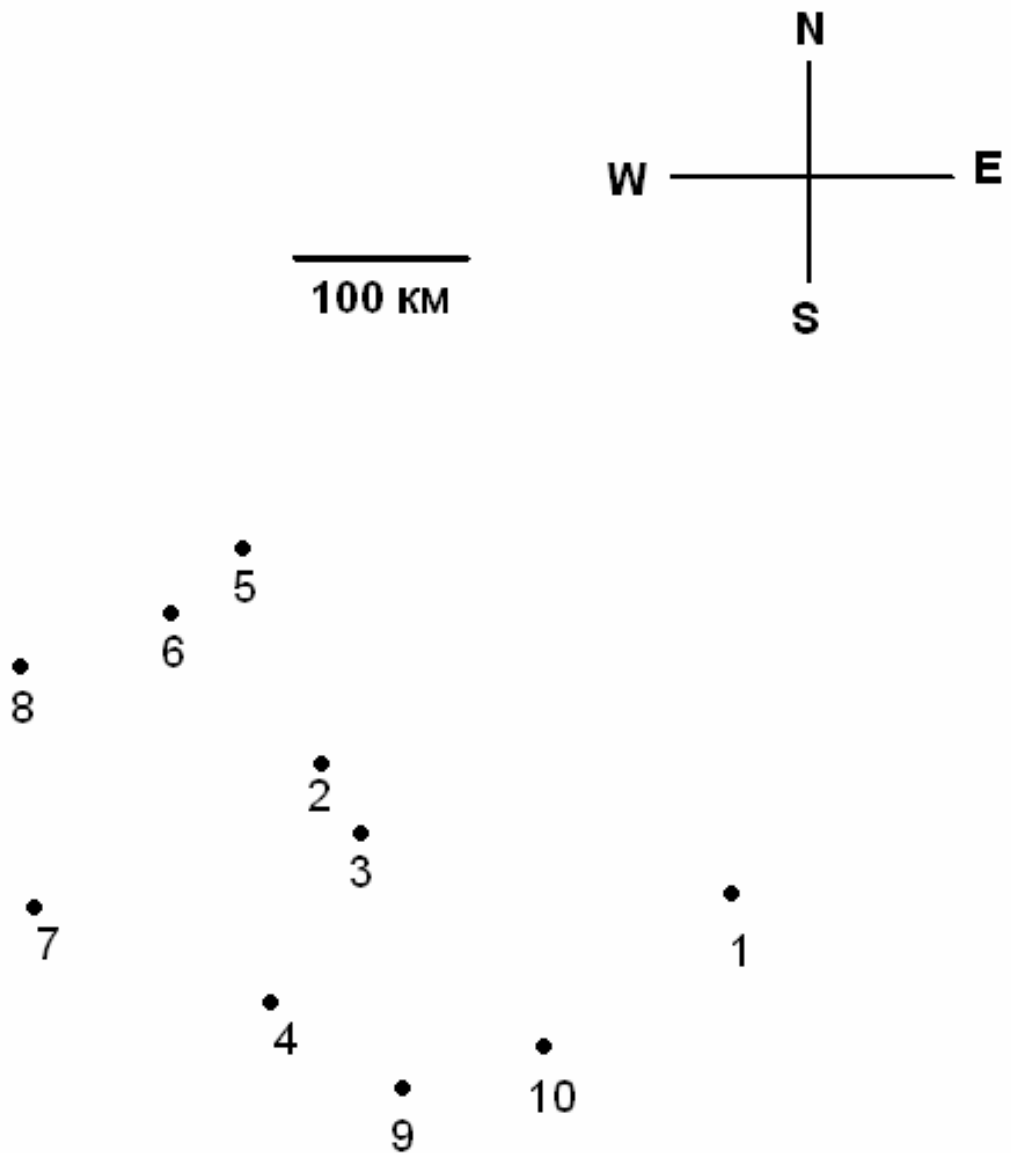
А) Начертайте посоката на движение на сянката на астероида и обяснете зависи ли тя от конфигурацията между Земята и него.

Б) Опитайте се да възстановите профила и размерите на астероида.

В) Намерете орбиталния период на астероида, като приемете, че той се движи по кръгова орбита.

Не отчитайте околоосното въртене на астероида по време на окултацията.

Екваториален радиус на Земята – 6378 km



Наблюдател	Закриване	Откриване	Закриване	Откриване
1	00h 00m 00,0s	00h 00m 10,0s		
2	00h 00m 30,4s	00h 00m 35,6s	00h 00m 38,7s	00h 00m 44,2s
3	00h 00m 27,8s	00h 00m 32,5s	00h 00m 34,9s	00h 00m 39,7s
4	00h 00m 35,1s	00h 00m 44,8s		
5	00h 00m 34,8s	00h 00m 36,4s		
6	00h 00m 40,4s	00h 00m 43,8s	00h 00m 50,7s	00h 00m 53,8s
7	00h 00m 51,2s	00h 01m 00,9s		
8	00h 00m 51,4s	00h 00m 56,1s	00h 01m 01,6s	00h 01m 06,8s
9	00h 00m 27,8s	00h 00m 30,9s		
10	00h 00m 15,7s	00h 00m 25,3s		

Решение:

А) Датата на окултацията е 17 юни, т.е. съвсем близо до лятното слънцестоене. От друга страна координатите на звездата, респективно и на астероида, съответстват на положение около точката зимното слънцестоене. Можем да направим извода, че астероидът се намира много близо до опозиция. Понеже астероидът е на орбита с по-голям радиус от орбиталния радиус на Земята, то неговата скорост е по-малка от земната. Следователно, Земята „изпреварва“ сянката му. Това означава, че по земната повърхност сянката се движи от изток на запад, или в посока обратна на посоката на движение на Земята по орбитата ѝ. Начертаваме тази посока върху схемата.

Посоката на движение на сянката зависи от конфигурацията на астероида и Земята. Когато позицията на астероида е близка до някоя от квадратурите например, цялата орбитална скорост на Земята е насочена към него. Тогава планетата ни не се движи спрямо сянката на астероида и относителното движение на сянката по земната повърхност е в посока на орбиталното движение на астероида. То е в същата посока като движението и на Земята – от запад на изток.

Б) Първо привеждаме общите съображения, въз основа на които работим. Звездата се намира много далеч от нас и затова считаме, че идващият от нея светлинен сноп е успореден. Следователно, сянката (областта от която се вижда окултацията на звездата) има контур, отговарящ на профила на астероида. С течение на времето тази сянка се придвижва по земната повърхност и различни наблюдатели могат да наблюдават окултацията. През всеки наблюдател преминава една хорда от този контур с определена дължина l .

За времето на окултацията t сянката очевидно изминава път l по траекторията си. Нейната скорост е равна на тангенциалната компонента на скоростта на астероида относно Земята V_T . Тя може да бъде изразена като произведение на ъгловото преместване за единица време μ и разстоянието r от Земята до астероида. Разстоянието пресмятаме, използвайки дадения ни денонощен паралакс p и радиуса на Земята R . Така получаваме:

$$r = R/p = 1.5 \text{ AU}$$

$$V_T = \mu r \approx 8 \text{ km/s}$$

След като за време t астероидът се премества на разстояние l , то $l = V_T t = \mu r t$. Оттук следва, че всеки наблюдател, като измерва продължителността на покритието, може да пресметне дължината на преминалата през него хорда. Спрямо всички наблюдатели сянката се движи в една и съща посока, т.е. през тях преминават успоредни една на друга хорди от профила. Използвайки горната формула, получаваме за хордите, преминали през всички наблюдатели:

Наблюдател	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дължина [km]	80	41	38	78	14	27	76	36	25	77
Дължина [km]		44	38			25		33		

За наблюдателите, които са наблюдавали две покрития, интервалите от време между края на първото и началото на второто са:

Наблюдател	2	3	6	8
Интервал [s]	3,1	2,4	6,9	5,5

Следователно разстоянията между края на първото покриване и началото на второто са:

Наблюдател	2	3	6	8
Разстояние [km]	25	19	55	44

За да получим профила е необходимо да нанесем хордите в еднакъв мащаб в един и същи момент от време. За мащаб избираме 1 см = 20 км. Начертаваме ос Ох по посока на движението на сянката. За всеки наблюдател нанасяме съответната хорда така, че началото ѝ да лежи в точката на наблюдателя, успоредно на Ох. За тези, които са наблюдавали две закривания, чертаем и двете хорди с прекръсването между тях. След като сме изпълнили тази процедура, остава да намерим положението на всички хорди в един и същи момент от време, например началото на окултацията за наблюдател 1. За тази цел правим следното. Намираме времената между началото на окултацията за първия и всички останали наблюдатели. Техните стойности са:

Наблюдател	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Интервал [s]	30,4	27,8	35,1	34,8	40,4	51,2	51,4	27,8	15,7

Ако за даден наблюдател интервалът е Δt , то за него хордата трябва да се премести на разстояние $V_T \Delta t$ в посока обратна на движението на сянката, тъй като през наблюдател 1 тя е минала първо. Оттук получаваме, че разстоянията, на които трябва да се транслират хордите, са:

Наблюдател	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дължина [km]	241	220	279	274	321	407	408	220	125
Дължина [cm]	4,8	4,4	5,6	5,5	6,4	8,1	8,2	4,4	2,5

Сега вече имаме положенията на хордите в момента, в който започва окултацията за наблюдател 1. За да получим окончателно профила, свързваме краищата на хордите. Понеже астероидът е близо до зенита, то не се налага да разглеждаме деформация поради проекцията на сянката върху сферата. Получава се контур на заек. От мащаба на хордите намираме, че дебелината на астероида е между 80 и 120 км.

В) Получихме, че разстоянието до астероида е $r = 1.5 \text{ AU}$. Понеже той е в опозиция, радиусът на неговата орбита е $a = 1.5 + 1 = 2.5 \text{ AU}$. От третия закон на Кеплер за търсения период T имаме, $a[\text{AU}]^3 / T[\text{год.}]^2 = 1$, откъдето пресмятаме $T \approx 1,8 \text{ год.}$

