

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XXI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг на олимпиадата по астрономия

Практически тур – 6 май 2018 г.

Възрастова група VII-VIII клас – решения

1 задача. Орбитата на Меркурий. Участник в астрономическата олимпиада слуша спомените на своя дядо, на когото дължи интереса си към астрономията. Като ученик дядото посещава обсерватория и научава, че планетата Меркурий се наблюдава трудно. Самите астрономи признават, че са я виждали само няколко пъти. Тогава той започва при всеки удобен случай да се качва на покрива на 16-етажен блок, за да види планетата. Запазена е таблицата с датите на максимална елонгация на Меркурий от онова време. В нея е даден е ъгълът, на който Меркурий отстои от Слънцето и дали елонгацията е източна (E) или западна (W). За да се похвали със своите умения, внукът решава да начертае орбитата на Меркурий, като използва само тези данни.

- А) Направете това и вие. Използвайте дадената ви кръгова земна орбита с отбелязаните върху нея дати. Постройте приблизително орбитата на Меркурий по данните от таблицата.

- Б) Определете голямата полуос на орбитата на Меркурий в астрономически единици.

- В) Разгледайте таблицата и обяснете в кой от всички посочени моменти условията за наблюдение на планетата са били най-благоприятни.

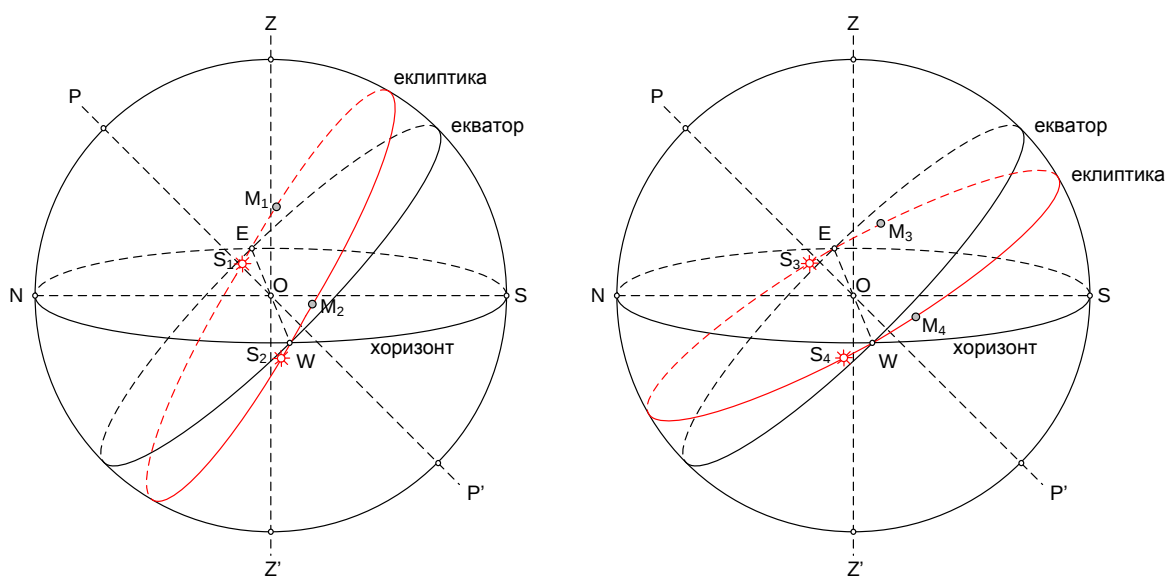
№	Дата	Ъгъл на елонгация	№	Дата	Ъгъл на елонгация
1	16.02.1967	18° E	11	20.09.	26° E
2	31.03.	28° W	12	31.10.	18° W
3	12.06.	25° E	13	13.01.1969	18° E
4	30.07.	20° W	14	23.02.	26° W
5	09.10.	25° E	15	06.05.	21° E
6	18.11.	19° W	16	23.06.	23° W
7	31.01.1968	18° E	17	03.09.	27° E
8	13.03.	27° W	18	15.10.	18° W
9	24.05.	23° E	19	28.12.	19° E
10	11.07.	21° W			

Решение:

Ако приемем, че на чертежа земната орбита се вижда откъм северния еклиптичен полюс, то движението на Земята става по посока обратна на часовниковата стрелка. В такъв случай при източна елонгация линията Земя-Меркурий трябва да бъде отклонена наляво от линията Земя-Слънце, а при западна елонгация – надясно. Като се съобразим с това, за всяка дата начертаваме линия, насочена от съответното положение на Земята по нейната орбита, към планетата Меркурий. Тъй като става въпрос за максимални елонгации, то всички получени линии са допирателни към орбитата на Меркурий. Ето защо, те доста добре очертават тази орбита. Ясно се вижда, че тя не е окръжност, а елипса.

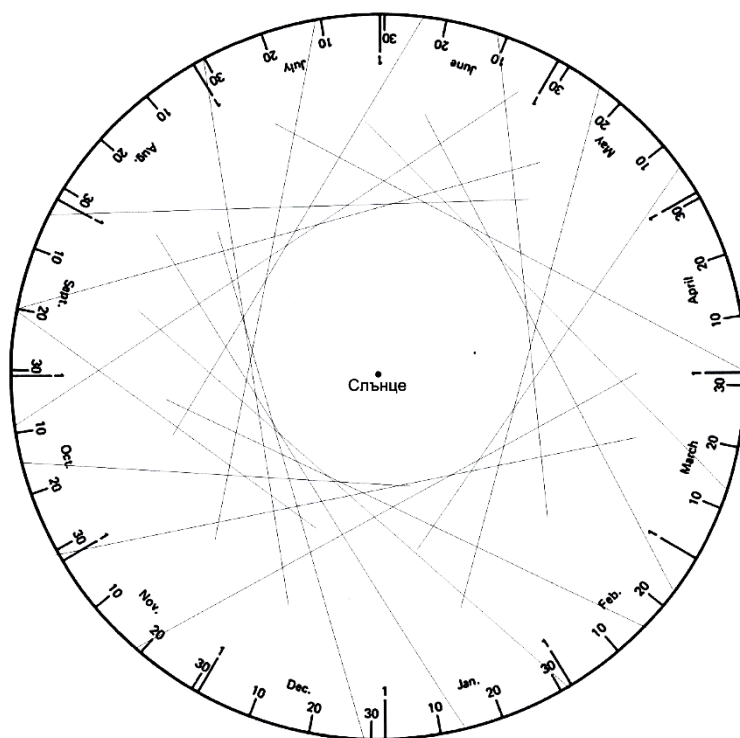
Измерваме приблизително голямата ос на така построената орбита на Меркурий и я разделяме на две, за да получим голямата полуос. Сравняваме я с радиуса на земната орбита. Отношението, което получаваме, е приблизително 0.4. Както е известно, голямата полуос на орбитата на Меркурий наистина е около 0.4 AU.

За да наблюдаваме Меркурий, той трябва да е на възможно по-голямо ъглово отстояние от Слънцето. Това се случва, когато при максимална елонгация Меркурий се намира близо до афелия на своята орбита. Както виждаме, ъгловото отстояние на Меркурий от Слънцето при максимална елонгация се изменя от 17° - 18° , когато той е около перихелия, до 27° - 28° , когато е около афелия на орбитата си. Но това не е достатъчно. Необходимо е също височината на планетата над хоризонта да е възможно най-голяма. При източна елонгация Меркурий се вижда вечер, на запад, малко след залеза на Слънцето. Най-високо над хоризонта в такъв случай той ще бъде около пролетното равноденствие, защото тогава при залез Слънце еклиптиката сключва най-голям ъгъл с хоризонта. Когато Меркурий е в западна елонгация, той се вижда сутрин, на изток, малко преди изгрева на Слънцето. Тогава той ще бъде най-високо над хоризонта около есенното равноденствие. Това става ясно от фигурата, дадена по-долу.



- S_1 – Слънцето около есенното равноденствие, M_1 – Меркурий в западна елонгация
 S_2 – Слънцето около пролетното равноденствие, M_2 – Меркурий в източна елонгация
 S_3 – Слънцето около пролетното равноденствие, M_3 – Меркурий в западна елонгация
 S_4 – Слънцето около есенното равноденствие, M_4 – Меркурий в източна елонгация

Като разгледаме таблицата обаче, ще видим, че в периода 1967 – 1969 г. моментите на максимално отстояние на Меркурий от Слънцето при източна елонгация са близки до моментите на есенно равноденствие, а моментите на максимално отстояние на Меркурий при западна елонгация да са близки до моментите на пролетно равноденствие. Но при тези условия височината на Меркурий над хоризонта малко след залеза на Слънцето или малко преди изгрева ще бъде твърде малка. Най-благоприятният период за наблюдение на планетата ще бъде около 12 юни. Тогава Меркурий е на 25° източна елонгация и ще се вижда вечер след залеза на Слънцето. Тази дата е близка до лятното слънцестояние, когато участъкът от еклиптиката, в който са разположени Слънцето и Меркурий, е почти успореден на небесния екватор и при наблюдението Меркурий ще бъде на сравнително благоприятна височина над хоризонта.



Критерии за оценяване (общо 13 т.):

За верни съображения как да се начертаят правите Земя-Меркурий – 2 т.

За начертаване на линиите и получаване на орбитата – 5 т.

За определяне на голямата полуос на орбитата – 3 т.

За определяне на датата на найблагоприятни условия на видимост на Меркурий и обяснение – 3 т.

2 задача. Спътници на Юпитер. Откакто е изобретен телескопът астрономите с интерес наблюдават явленията с различните спътници на Юпитер, които понякога преминават точно пред планетата, пресичайки нейния видим диск, понякога се скриват зад нея, или пък изчезват в нейната сянка. Такива наблюдения са помогнали да се определи за първи път скоростта на светлината.

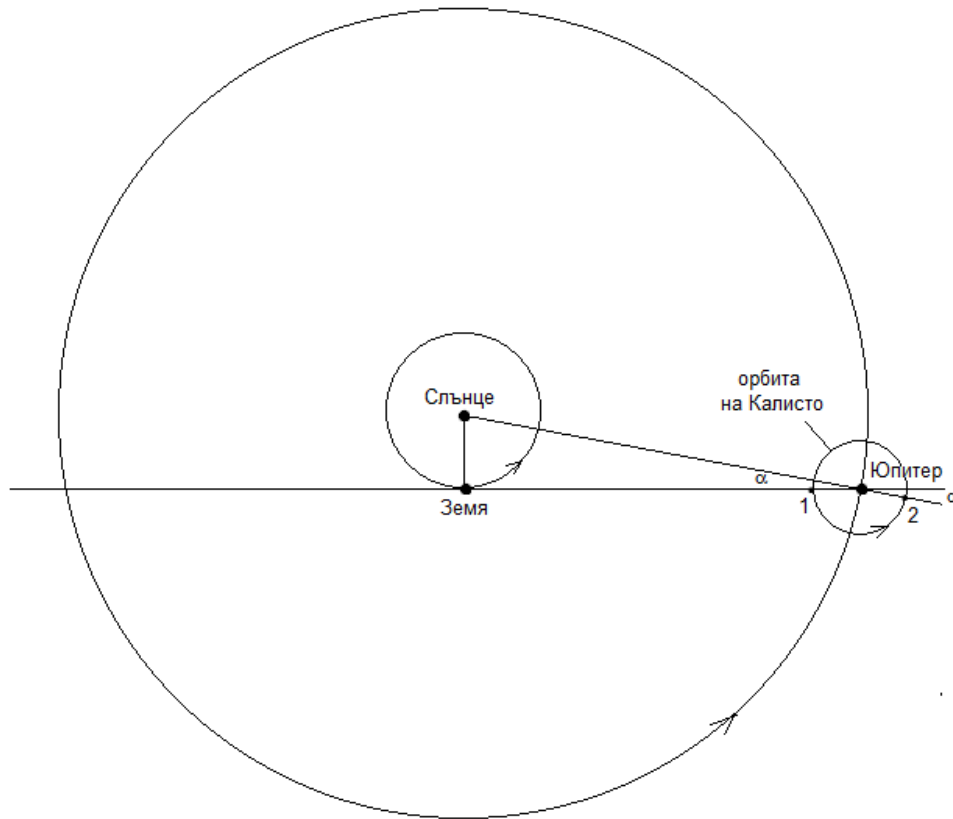
• В даден момент Юпитер е в западна квадратура – за земен наблюдател планетата се намира на запад от Слънцето, а ъгълът Слънце – Земя – Юпитер се равнява на 90° . Тогава наблюдаваме преминаване на спътника Калисто по диска на Юпитер. След колко време Калисто ще премине през центъра на сянката на планетата?

Орбитите на Юпитер и Земята са кръгови. Юпитер е на разстояние 5.2 астрономически единици от Слънцето. Орбиталният период на Калисто около Юпитер е 16.69 денонощия. Решете задачата графично, като определите времето между централния момент на преминаването на спътника пред диска на Юпитер и централния момент на преминаването му през сянката на планетата.

Решение:

Начертаваме в подходящ мащаб орбитите на земята и Юпитер около Слънцето. Отбелязваме някакво положение на Земята и положението на Юпитер в западна квадратура. При наблюдение от Земята в позиция 1 спътникът Калисто преминава през центъра на видимия диск на Юпитер. В позиция 2 Калисто минава през центъра на

сянката на Юпитер. Измерваме ъгъла α , който се оказва 11° . От позиция 1 до позиция 2 спътникът Калисто трябва да измине по своята орбита ъгъл $180^\circ - \alpha = 169^\circ$.



Даден ни е орбиталният период на Калисто P . Но трябва да имаме предвид, че докато Калисто изминава пътя между точките 1 и 2, Юпитер ще се придвижи по своята орбита и направлението на неговата сянка ще се измени. Най-лесно ще отчетем това, ако използваме не сидеричния период на Калисто P , а неговия синодичен период. За да го намерим, първо трябва да пресметнем орбиталния период на Юпитер около Слънцето T . Използваме третия закон на Кеплер. Ако изразим T в земни години, а радиуса на орбитата на Юпитер a в астрономически единици, този закон придобива вида:

$$\frac{a^3}{T^2} = 1$$

Оттук намираме:

$$T = \sqrt{a^3} \approx 11.86 \text{ години}$$

За синодичния период P_s на спътника Калисто можем да напишем:

$$\frac{1}{P_s} = \frac{1}{P} - \frac{1}{T}$$

$$P_s = \frac{PT}{T - P} \approx 16.75 \text{ дни}$$

Накрая определяме времето между моментите, когато Калисто е в позиция 1 и в позиция 2:

$$\Delta t = P_s \cdot \frac{169^\circ}{360^\circ} \approx 7.86 \text{ дни} \approx 7 \text{ дни } 20 \text{ ч. } 43 \text{ мин.}$$

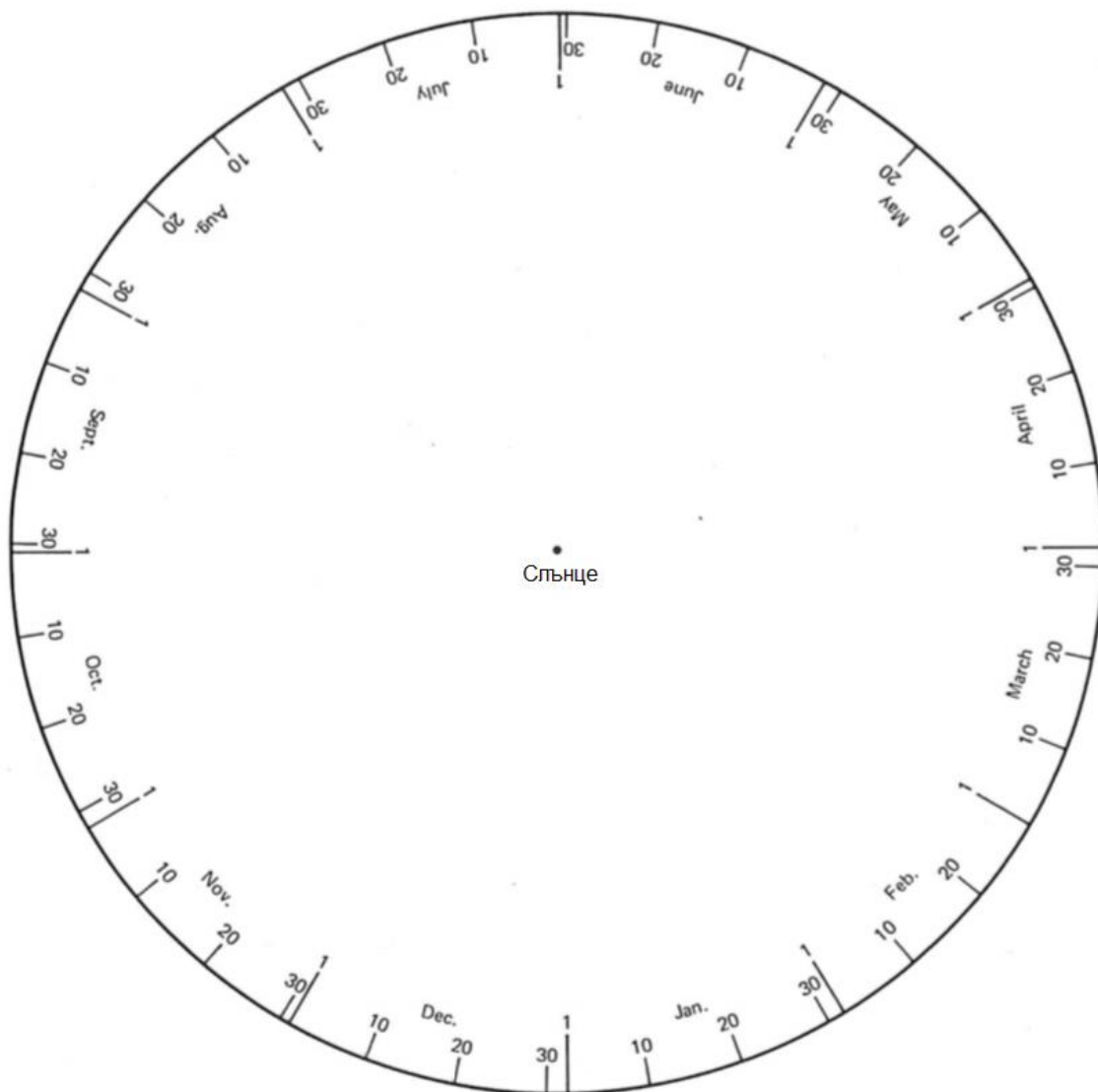
Критерии за оценяване (общо 12 т.):

За правилна схема на позициите на Юпитер, Земята и Калисто – 5 т.

За определяне на ъгъла, който Калисто трябва да измине по орбитата си – 2 т.

За пресмятания с цел отчитане на орбиталното движение на Юпитер – 3 т.

За определяне на интервала от време за достигане от позиция 1 до 2 – 2 т.



Земна орбита с месеци и дати – към задача 1.