

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

II кръг – решения
4 март 2007 г.

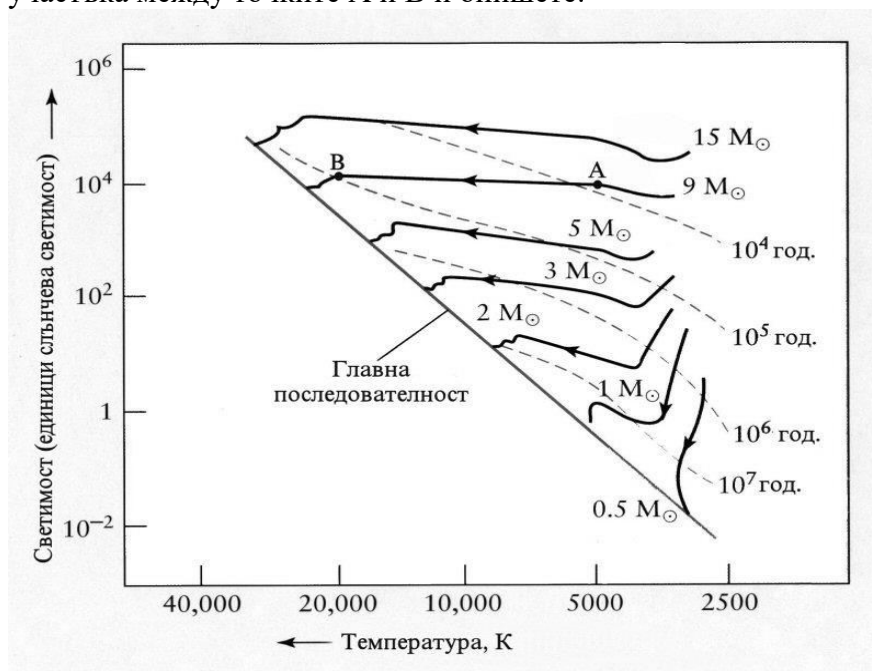
Ученици от 9-10 клас

1 задача. Отговорете само качествено на следните въпроси:

- Средната температура на повърхността на Меркурий през деня е около $+350^{\circ}\text{C}$, а през нощта около -170°C . Защо разликата е толкова голяма?
- Средната температура на повърхността на Луната през деня е около $+130^{\circ}\text{C}$, а през нощта около -180°C . Защо там разликата е по-малка?

Решение: Меркурий се намира на около два и половина пъти по-близо разстояние до Слънцето, отколкото Земята. Затова през деня повърхността му се нагрява силно. През нощта поради липсата на атмосфера, загрятата повърхност свободно излъчва топлина в космическото пространство и затова силно изстива. Поради липсата на атмосфера на Луната, там също има голяма разлика между дневната и нощната температура. Но тази разлика е значително по-малка, отколкото при Меркурий, по две причини. Първо, Луната е по-далеч от Слънцето, отколкото Меркурий. През деня повърхността ѝ не може да се нагрее толкова силно. Второ, Меркурий се върти около оста си по-бавно. Съотношението между периода му на околоосно въртене и периода на орбиталното му движение около Слънцето е такова, че слънчевото денонощие на Меркурий е с продължителност приблизително шест месеца. Докато денят и нощта на Луната траят по около две седмици, то на Меркурий денят и нощта траят по около три месеца. Това води до по-голяма разлика между дневната и нощна температура на повърхността на Меркурий.

2 задача. На фигурата са дадени еволюционни трекове, описващи началните стадии от живота на звезди с различни маси (дадени в единици $M_{\odot}$ - масата на Слънцето). Това са линии, които описват изменението на параметрите на все още формиращите се звезди, преди те да се установят на главната последователност. Разгледайте трека на звездата с маса $9 M_{\odot}$ в участъка между точките А и В и опишете:



▪ Как се променят температурата и светимостта на звездата в този участък.

▪ Как се променя радиусът на звездата? Дайте приблизителна количествена оценка за отношението на радиуса на звездата в момента, когато е била в точка А към радиуса ѝ, когато е достигнала до точка В.

▪ Какво става със звездата?

Решение: От графиката се вижда, че температурата на формиращата се звезда в точка А от нейния еволюционен трек е $T_A \approx 5000$ К, а в точка В е $T_B \approx 20\,000$ К. Температурата на звездата, която е по-правилно да наричаме все още протозвезда, се повишава. Същевременно светимостта ѝ L почти не се променя. За да запазва протозвездата една и съща мощност на излъчване при повишаваща се температура, тя трябва да намалява своя радиус. За параметрите на протозвездата в моментите, когато състоянието ѝ се е описвало с точките А и В от еволюционния трек, можем да напишем:

$$L = 4\pi R_A^2 \sigma T_A^4$$

$$L = 4\pi R_B^2 \sigma T_B^4$$

където R_A и R_B са стойностите на радиуса на звездата в точките А и В, а σ е константата на Стефан-Болцман. Като разделим почленно двете равенства, получаваме:

$$\frac{R_A}{R_B} = \left(\frac{T_B}{T_A} \right)^2$$

$$\frac{R_A}{R_B} = 16$$

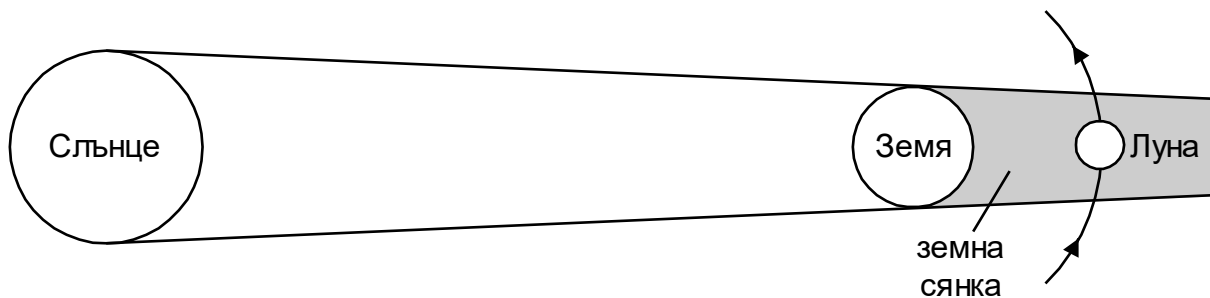
Радиусът на протозвездата намалява 16 пъти. Участъкът АВ от еволюционния трек на протозвездата отразява един период от нейното свиване под действие на собствената ѝ гравитация. Освободената при това енергия води до повишаване на температурата на протозвездата.

3 задачи.

- Защо пълната фаза на лунно затъмнение може да трае повече от час, а пълната фаза на слънчево затъмнение – само няколко минути?

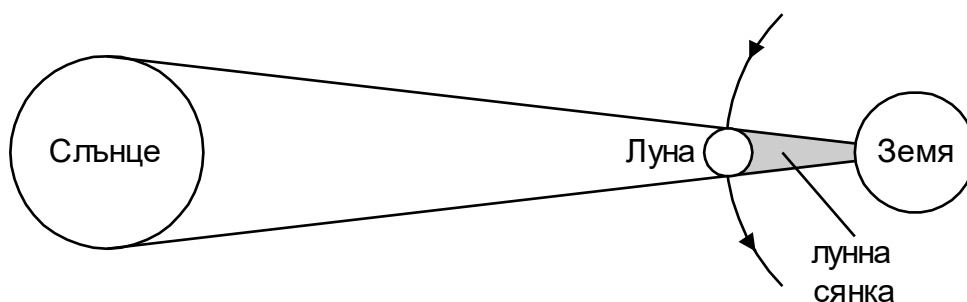
- Лунно затъмнение можем да наблюдаваме по различно време на нощта. А можем ли да видим лунно затъмнение през деня? Обяснете своя отговор.

Решение: Лунно затъмнение се получава, когато Луната попадне в сянката на Земята.



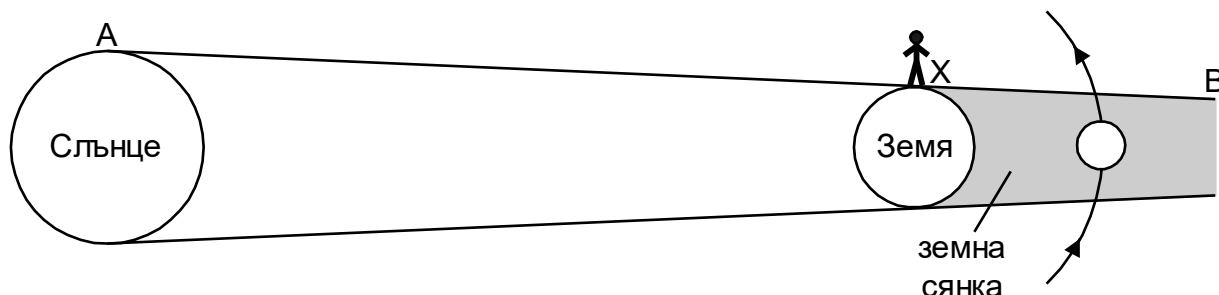
На разстоянието от Земята до Луната земната сянка е около два и половина пъти по-голяма по диаметър от самата Луна. На Луната е необходимо значително време, за да премине през земната сянка. Затова пълната фаза на лунното затъмнение е продължителна.

Слънчево затъмнение се получава, когато лунната сянка попадне върху Земята.



Лунната сянка е с диаметър около 200 км. Движението ѝ по земната повърхност се определя от движението на Луната по нейната орбита около Земята и въртенето на Земята около нейната ос. Необходимо е много малко време, за да премине цялата лунна сянка през даден наблюдателен пункт на Земята. Затова пълната фаза на слънчевото затъмнение е много кратка.

Да си представим наблюдател в точка X на Земята. За него линията АВ е математическият хоризонт.



Тази линия е на границата между областта от земната повърхност, където Слънцето е изцяло под хоризонта, и областта от земната повърхност, където поне част от Слънцето е над хоризонта. Условно казано, точката X е на границата между деня и нощта. Същевременно линията АВ е на границата на земната сянка. Вижда се, че както Слънцето, така и земната сянка, в която трябва да е Луната при затъмнение, за наблюдателя X са под хоризонта. Следователно няма точка на Земята, от която едновременно в някакъв момент да виждаме и Слънцето, и Луната по време на затъмнение, т.е. да виждаме лунно затъмнение през деня. Това, обаче, е теоретично твърдение. Поради рефракцията, например, ние виждаме небесните обекти на по-голяма височина над хоризонта от действителната. На самия хоризонт рефракцията е над 0.5° . Видимите ъглови диаметри на Слънцето и Луната са по 0.5° , следователно рефракцията може да доведе до това, че да е възможно едновременното наблюдение и на Слънцето, и на Луната когато е близо до пълнолуние, над хоризонта, включително и тогава, когато има лунно затъмнение. Можем да увеличим още повече тази възможност, ако се качим на планински връх, така че физическият хоризонт за нас да бъде под математическия хоризонт.

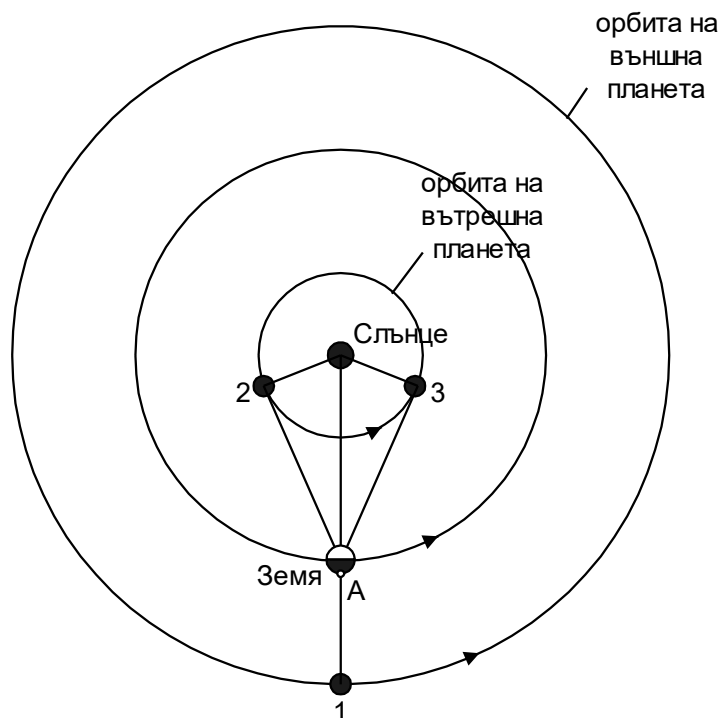
4 задача.

- Кои от планетите могат да се видят от Земята през цялата нощ – от вечерта до сутринта? Как трябва да е разположена планетата относно Земята и Слънцето, за да бъде възможно това? Нарисувайте подходящи схеми и обяснете своя отговор.

- “Настъпва вечерният здрач. В тъмнеещото небе първа заблестява Вечерницата на изток, а след нея – и другите звезди.” След като прочетете внимателно това описание, открийте грешките в него и дайте обяснение за тях.

- Когато виждаме Вечерницата в най-благоприятен за наблюдението ѝ период, дали тя се приближава или се отдалечава по отношение на Земята? Обяснете своя отговор.

Решение:



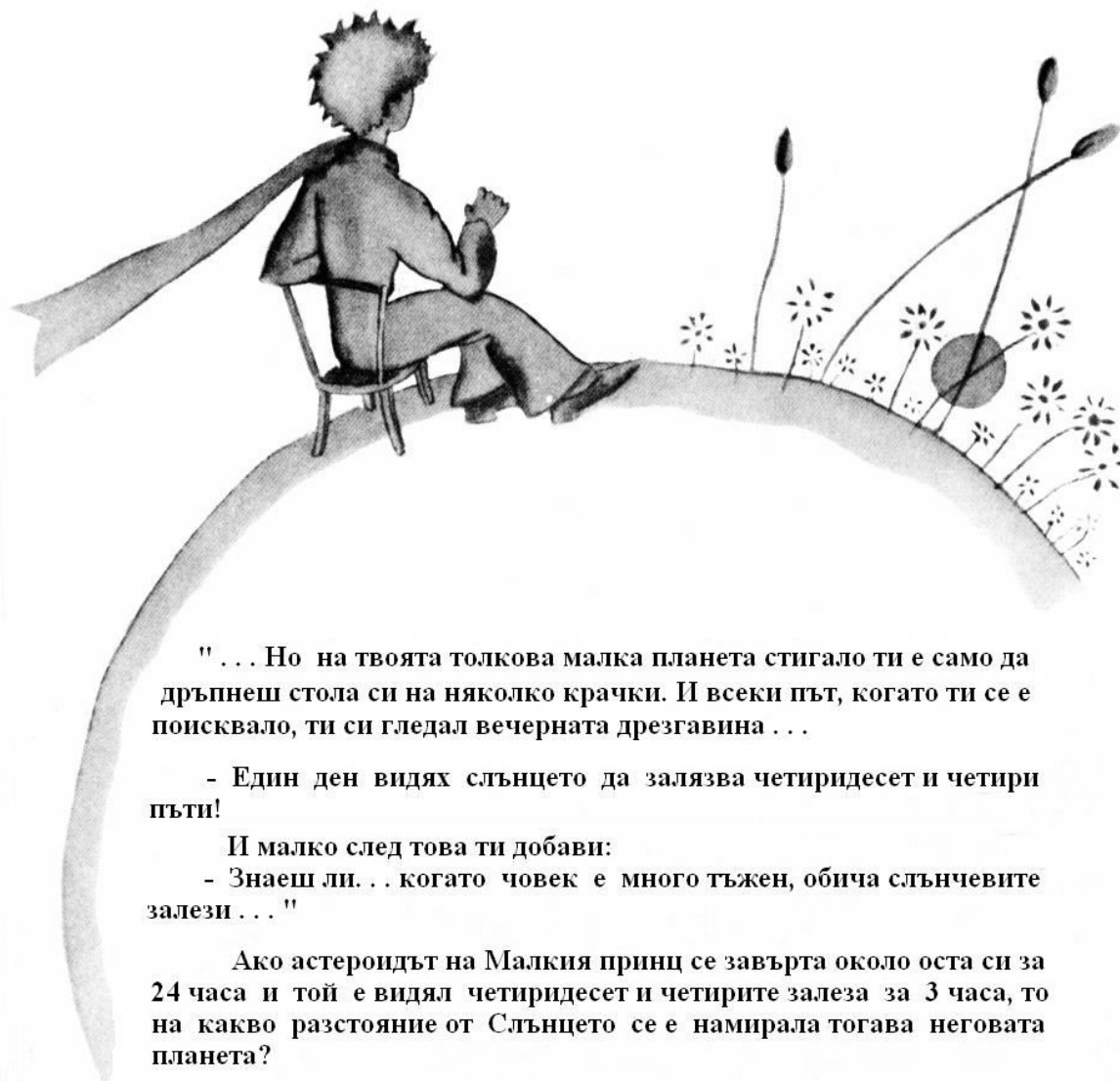
През цялата нощ могат да се виждат външните планети – Марс, Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун, т.е. тези, които са по-далеч от Слънцето, отколкото Земята. За да се вижда през цялата нощ, една външна планета трябва да е в опозиция – положение 1 на схемата. С други думи планетата трябва да е разположена приблизително на една права линия със Земята и Слънцето, така че Земята да е между планетата и Слънцето. Тогава за земния наблюдател планетата ще се намира по небето приблизително на 180° от Слънцето, ще изгрява със слънчевия залез, в полунощ (когато наблюдателят е в точка А) планетата ще бъде най-високо над хоризонта (горна кулминация) и ще залязва с изгрева на Слънцето.

По принцип вътрешната планета Венера би могла също да се вижда през цялата нощ, от полярните райони (без полюсите) през лятото, в периоди, когато е с голямо отстояние по деклинация от Слънцето. Тогава през нощта Слънцето се спуска на малка дълбочина под хоризонта, а Венера може да остане незалязваща и да се вижда, макар и в светлеещото небе близо до хоризонта.

В дадения текст има две грешки. Първата е, че Вечерницата заблестява на изток. Втората е, че от текста се подразбира, макар и не съвсем явно, че Вечерницата е звезда: “... заблестява на изток Вечерницата, а след нея – и другите звезди.” Както вече отбелязахме, Вечерницата не звезда, а е едно от имената, с които наричаме планетата Венера.

Най-благоприятният период, в който можем да наблюдаваме Венера като Вечерница, е около максималната ѝ източна елонгация – положение 2 на фигурата. Тогава тя е на най-голямото възможно ъглово отстояние от Слънцето, видимо за земния наблюдател. Намира се на изток от Слънцето, така че залязва вечер определено време след неговия залез. Затова се вижда на запад. (Когато планетата е в максимална западна елонгация – положение 3 на фигурата – имаме период на най-добра видимост на Венера като Зорница. Тя изгрява сутрин преди изгрева на Слънцето.) Като имаме предвид, че планетите обикалят около Слънцето в същата посока, в която се движи и Земята, от фигурата виждаме, че в периода на най-благоприятната си видимост като Вечерница Венера се приближава към Земята.

5 задача.



"... Но на твоята толкова малка планета стигало ти е само да дръпнеш стола си на няколко крачки. И всеки път, когато ти се е поисквало, ти си гледал вечерната дрезгавина..."

- Един ден видях слънцето да залязва четиридесет и четири пъти!

И малко след това ти добави:

- Знаеш ли... когато човек е много тъжен, обича слънчевите залези..."

Ако астероидът на Малкия принц се завърта около оста си за 24 часа и той е видял четиридесет и четирите залеза за 3 часа, то на какво разстояние от Слънцето се е намирала тогава неговата планета?

Решение: За да направим пресмятанията, приемаме че Малкият принц наблюдава залезите от екватора на своя астероид. Нека залезът на Слънцето започва, когато най-долната точка на видимия слънчев диск докосне хоризонта, и завършва, когато Слънцето изцяло се скрие под хоризонта. Това означава, че за интервала от време, докато трае залезът, Слънцето изминава един свой видим ъглов диаметър при видимото си денонощно движение по небесната сфера. Астероидът на Малкия принц се завърта около оста си за 24 часа. Следователно за три часа Слънцето ще измине ъглово разстояние, равно на $360^\circ \times 3^h / 24^h = 45^\circ$. През тези три часа Малкият принц е видял 44 слънчеви залеза, което означава, че Слънцето се е преместило на 44 свои ъглови диаметъра по небето. Следователно видимият от астероида ъглов диаметър на Слънцето е $45^\circ / 44 \approx 1^\circ$. Видимият от Земята ъглов диаметър на Слънцето е:

$$\delta = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \approx 0.5^\circ$$

където R е радиусът на Слънцето, а r е разстоянието от Земята до Слънцето. Оттук следва, че астероидът на Малкия принц се намира приблизително на двойно по-близко разстояние до Слънцето, отколкото нашата планета, или на $150\,000\,000 / 2 = 75\,000\,000$ км.

Справочни данни:

Разстояние от Земята до Слънцето – 150×10^6 км

Радиус на Слънцето 700 000 км