

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
XVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Национален кръг, 03 май 2015 г., Добрич

ТЕМА ЗА ВЪЗРАСТОВА ГРУПА – IX-X КЛАС

Практически кръг
Решения

1 задача. Частично лунно затъмнение. На снимката виждате последователни положения на Луната в небето по време на частичното лунно затъмнение на 26 юни 2010 г. На листа от прозрачно фолио, с който разполагате, е начертан кръг с размера на земната сянка в мащаба на снимката.

- А) Постройте положението на земната сянка, съответстващо на всяко от положенията на Луната.
- Б) Определете ъгловата скорост на видимото денонощно движение на Луната в градуси за час.
Видимият ъглов диаметър на Луната е 0.5° .

Решение:

За всяко положение на Луната нагласяме прозрачното листче така, че кръгът да съответства на положението на земната сянка. С помощта на острието на пергела отбелязваме центъра на сянката. Така получаваме поредица от точки, през които прекарваме права линия. Виждаме, че тя не е успоредна на линията на движение на Луната. Положението на центъра на земната сянка е диаметрално противоположно на положението на Слънцето върху небесната сфера. Ходът на слънчевото време, което използваме, се определя от видимото денонощно движение на Слънцето по небето. Това движение напълно съответства на видимото движение на центъра на земната сянка. Следователно движението на центъра на земната сянка може да ни послужи за измерване на времето.

Избираме две положения на центъра на земната сянка, намиращи се към двата края на правата линия, и измерваме разстоянието между тях. Получаваме 172.5 мм. Измерваме разстоянието между съответните положения на Луната. За целта не е удобно да използваме центровете на лунния диск, а по-добре е да измерим разстоянието между пресечните точки примерно на долния край на лунния диск с правата линия, очертаваща движението на Луната. Получаваме 156.5 мм.

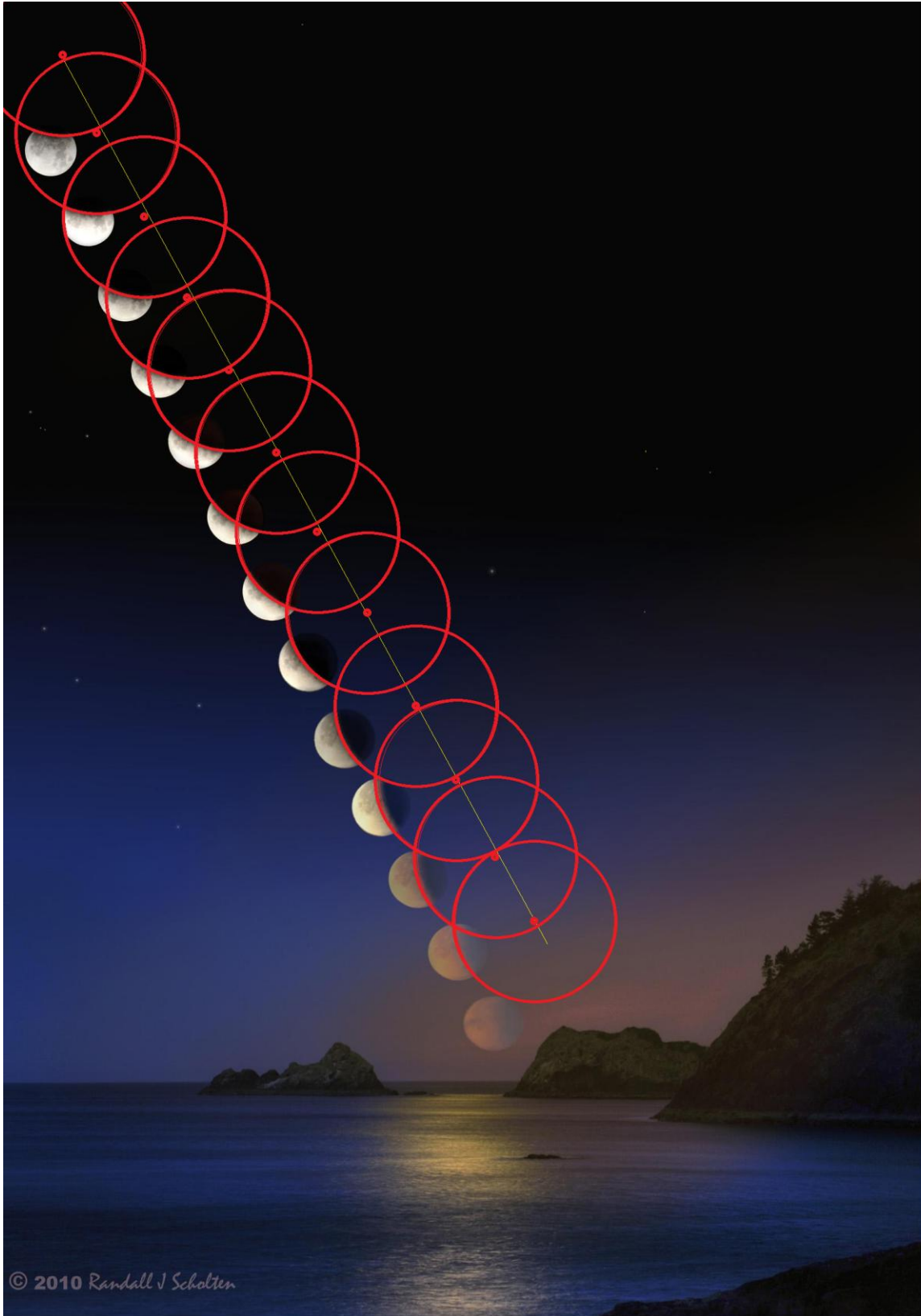
Измерваме диаметъра на Луната, който се оказва 10 мм. Като знаем, че той е равен на 0.5° , намираме мащаба на снимката – на 20 мм отговаря 1° . Така определяме, че между двата разглеждани от нас момента центърът на земната сянка е изминал 8.6° по небето, а центърът на Луната – 7.8° . Видимото денонощно движение на земната сянка, а значи и на Слънцето, става от изток на запад. Причината Луната да изостава от него е, че Луната извършва орбитално движение около Земята от запад на изток.

Времето, изминало между двата избрани от нас момента можем да определим по движението на земната сянка със следната пропорция:

$$\Delta t = 24^h \cdot \frac{8.6^\circ}{360^\circ} \approx 0.575^h$$

За същото време Луната е изминала 7.8° и нейната скорост на видимо денонощно движение по небето е:

$$\omega = \frac{7.8^\circ}{0.575^h} \approx 13.6^\circ / \text{час}$$



Като използваме тази скорост, можем да пресметнем с колко градуса Луната изостава от Слънцето за денонощие. Скоростта на видимото денонощно движение

на Слънцето е $15^\circ/\text{час}$. Следователно за един час Луната изостава от Слънцето с $15^\circ - 13.6^\circ = 1.4^\circ$. За едно денонощие изоставането ще бъде $1.4^\circ \times 24^h = 33.6^\circ$. Това е твърде висока стойност. Действителната величина е около $12.2^\circ/\text{час}$. Нашият резултат показва, че снимката не представлява насложени кадри с действителни положения на Луната по небето, а заснетите положения на Луната са подредени върху кадъра на около три пъти по-малко разстояние един от друг с цел постигане на по-впечатляващ ефект.

Критерии за оценяване (общо 12 т.)

За построяване на изображенията на земната сянка – 3 т.

За правилна теоретична постановка на решението – 4 т.

За измервания и определяне на мащабите – 3 т.

За пресмятания и краен резултат – 2 т.

2 задача. Близка звезда. В продължение на повече от седем години звездно поле, в района на Големия Магеланов облак, е било заснемано с панорамен приемник, съставен от няколко CCD камери. Впоследствие изображенията са били обработени и астрометрично с цел намиране на звезди от нашата Галактика с голямо собствено движение, които се виждат на фона на Големия Магеланов облак. Най-бърза се оказва звездата LMC 194.6.41. На дадената ви диаграма са показани положенията на звездата относно условно избрана отправна точка. По абсцисата са нанесени моментите от време в юлиански дни, а по ординатата – отместванията по ректасцензия и деклинация от нулевата точка, измерени в дъгови секунди.

- А) Определете собственото движение на звездата. (Колко дъгови секунди изминава звездата за една година?)
- Б) Определете паралакса на звездата и разстоянието до нея.
- В) Ако лъчевата скорост е $V_r = -26 \text{ km/s}$, то каква е пространствената скорост на звездата (измерена в километри в секунда)?
- Как бихте обяснили прекъсванията в поредиците от наблюдателни данни, нанесени на графиките?

Справочни данни:

Координати на Големия Магеланов Облак (LMC): $\alpha = 5^h 23^m 34^s$, $\delta = -69^\circ 45'$
Астрономическа единица (AU) – $149.6 \cdot 10^6 \text{ km}$.

Решение:

На графиките се вижда как върху измененията на ректасцензията и деклинацията на звездата, породени от собственото ѝ движение в пространството, са наложени паралактичните отмествания, които са периодични – с период една година. За да получим по-точно собственото движение по ректасцензия, избираме примерно 6-те най-добре очертани вълнички по горната графика. Можем да определим разликата между ректасцензиите при първия и при последния “пик”. После правим същото и с първата и последната “долина”. След това намираме средното аритметично на тези две разлики. Получаваме $0.07''$ за 6 години. Следователно изменението на ректасцензията на звездата е $\Delta\delta = 0.07''/6 \approx 0.0117''$ за година.

По подобен начин от долната графика определяме, че изменението на деклинацията за една година е $0.4''$.

Общото отместване на звездата за една година можем да определим с помощта на Питагоровата теорема:

$$\mu = \sqrt{\Delta\alpha^2 + \Delta\delta^2} \approx 0.4'' \text{ за година}$$

И без това пресмятане можехме да преценим, че отместването по ректасцензия е много малко в сравнение с отместването по деклинация и дори няма нужда да се отчита.

За да определим паралакса на звездата, трябва да обърнем внимание на амплитудата на вълничките, описвани от звездата. Те се дължат на видимото ѝ паралактично отместване в резултат от орбиталното движение на Земята. От скалата на времето наистина можем да се убедим, че периодът на тези вълни е една година.

По графиката за деклинацията на звездата трудно ще определим амплитудата на вълничките, поради малкия мащаб. Но нека обърнем внимание на координатите на Големия Магеланов облак. Виждаме, че той е много близо до южния еклиптичен полюс, които са $\alpha = 6^h$, $\delta = -66^\circ 26'$. Следователно ако премахнем ефекта от собственото движение, при паралактичното си отместване тази звезда ще описва затворена крива, много близка до окръжност. Това означава, че и по ректасцензия и по деклинация амплитудата на паралактичните отмествания ще е почти еднаква. Можем да я определим от графиката за ректасцензията.

Можем например да вземем средното отместване от нулата за нашите 6 пика на вълната и средното отместване на шестте долини. Средното аритметично между тези две стойности ще даде паралакса на звездата. Така получаваме $p \approx 0.096''$.

Разстоянието до звездата ще бъде:

$$r = \frac{1}{p} \approx 10.4 \text{ pc}$$

За да намерим пълната пространствена скорост на звездата, трябва да превърнем собственото движение μ от дъгови секунди за година в километри за секунда. Това е т.нар. тангенциална скорост на звездата v_τ . Щом звездата е отдалечена на 10.4 pc, то линейното отместване, което ние виждаме от Земята под ъгъл $1''$, на разстоянието до звездата ще се равнява на 10.4 AU. Следователно за една година звездата се премества перпендикулярно на нашия лъч на зрение на разстояние 10.4 pc астрономически единици. Тангенциалната скорост на звездата ще бъде:

$$v_\tau = \frac{10.4 \times 0.4 \times 150 \times 10^6 \text{ km}}{365.25^d \times 24^h \times 60^m \times 60^s} \approx 19.8 \text{ km/sec}$$

За да намерим пълната пространствена скорост, използваме Питагоровата теорема:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}$$

където v_r е лъчевата скорост. Накрая получаваме:

$$v \approx 32.7 \text{ km/sec}$$

Както се вижда от графиките, прекъсванията в данните съответстват приблизително на едно и също време от годината при всеки цикъл. Причината е, че звездата не винаги може да се наблюдава. През периодите, когато тя е достатъчно близо до Слънцето и е над хоризонта предимно през деня, няма как да бъде фотографирана и изследвана.

Критерии за оценяване (общо 13 т.):

За правилен теоретичен начин на определяне на собственото движение – 1.5 т.

За измервания и изчисления – 1.5 т.

За числен резултат – 1 т.

За правилен теоретичен начин на определяне на паралакса – 1.5 т.

За измервания и изчисления и пресмятане на паралакса – 1.5 т.

*За пресмятане на разстоянието – 1 т.
За определяне на тангенциалната скорост – 2 т.
За определяне на пространствената скорост – 2 т.
За обяснение на прекъсванията в данните – 1 т.*



LMC194.6.41

