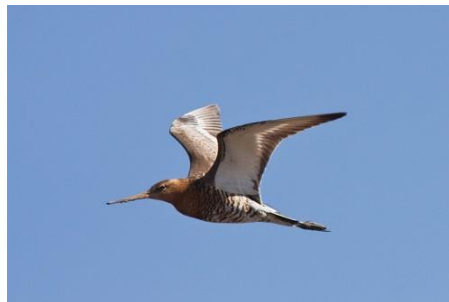


**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**XX НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ**

**Национален кръг на олимпиадата по астрономия**  
**Теоретичен тур – 6 май 2017 г. - решения**  
**Възрастова група VII-VIII клас**

**1 задача. Рекорден полет.**

Прелетна птица от вида пъстроопашат крайбрежен бекас е поставила рекорд по дължина на полет без спиране. На 29 август 2007 г. тя е отлетяла от полуостров Avinof в Аляска, САЩ ( $\varphi_1 = 59^{\circ}48'53''$  с.ш.,  $\lambda_1 = 164^{\circ}07'38''$  з.д.), и след 9 денонощия непрекъснат полет без кацане за сън и почивка е стигнала до брега на река Piako в Нова Зеландия ( $\varphi_2 = 37^{\circ}27'12''$  ю.ш.,  $\lambda_2 = 175^{\circ}31'31''$  и.д.).



- А) Да предположим, че птицата е тръгнала в 6 часа сутринта по местно време от Аляска. На коя дата и в колко часа по местно време тя е пристигнала в Нова Зеландия?
- Б) Колко изгрева на Слънцето е видяла птицата по време на своя полет?
- В) На 29 август Луната е била в пълнолуние. Колко лунни изгрева е видяла птицата?
- Г) Оценете приблизително разстоянието, което е прелетяла птицата. Пренебрегнете разликата в географските дължини на двата пункта. Средният радиус на Земята е 6371 км.

**Решение:**

Птицата е летяла 9 денонощия и следователно трябва да е пристигнала в Нова Зеландия на 7 август в 6 ч. по местното време на полуостров Avinof. Забелязваме обаче, че Аляска е от източната страна на 180-градусовия меридиан, а Нова Зеландия – от западната му страна. Този меридиан се нарича линия на смяна на датите. Когато го пресичаме от изток на запад, прескачаме една дата. Това означава, че при пристигането на птицата в Нова Зеландия, там е 8 август. Да намерим разликата между географските дължини на двете места:

$$\Delta\lambda = (180^{\circ} - \lambda_1) + (180^{\circ} - \lambda_2) = 20.3475^{\circ}$$

Както знаем, географската дължина може да се изразява и в часове, което прави много лесно отчитането на часовата разлика.

$$\Delta\lambda = \frac{20.3475^{\circ}}{15^{\circ}} = 1^h 21^m 23^s$$

При пристигането на птицата в Нова Зеландия местното време е било:

$$6^h - 1^h 21^m 23^s = 4^h 38^m 37^s$$

В северното полукълбо през август Слънцето изгрява преди 6 ч. При отлитането на птицата от Аляска на 29 август Слънцето вече ще е изгряло и птицата не е видяла този изгрев по време на своя полет. До края на пътешествието остават още 8 изгрева, които птицата със сигурност ще види, докато лети. Когато тя пристигне в Нова Зеландия, ще бъде  $4^h 38^m 37^s$  по местно време. Сезонът ще бъде края на зимата. Слънцето няма да е изгряло. В крайна сметка се оказва, че птицата ще види общо 8 изгрева на Слънцето, докато лети.

Щом е била в пълнолуние на 29 август, Луната ще е изгряла по времето, когато Слънцето е залязвало, а това е било след 18 ч. Птицата е видяла лунния изгрев в деня на отлитането си от Аляска. При своето видимо денонощно движение по небето Луната прави едно пълно завъртане за период от време с около 50 минути по-дълъг от периода на денонощното въртене на звездите. На всяка следваща дата изгревът на Луната ще става приблизително с 50 минути по-късно. На 9-тия ден от полета на птицата ще се е натрупала разлика спрямо първия ден около  $8 \times 50 \text{ min} = 400 \text{ min} = 6\text{h}40\text{m}$ . Ако в първия ден птицата е видяла лунния изгрев малко преди 18 ч., то 9-тият изгрев на Луната би трябвало да е станал в 0h40m, вече на 10-тия ден след отлитането на птица. Птицата може и да види този изгрев, но това вече не е по време на нейния полет. Следователно тя е видяла 8 лунни изгрева.

За да пресметнем приблизително прелетения от птицата път, трябва да намерим разликата между географските ширини на началната и крайната точка. Понеже те са от две различни страни на екватора, ние ги събираме по абсолютна стойност:

$$\Delta\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 97^\circ.268$$

Означаваме с  $R$  земния радиус и за разстоянието намираме:

$$s = \frac{97^\circ.268}{360^\circ} \cdot 2\pi R \approx 10800 \text{ km}$$

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

*За определяне на датата на пристигането – 2 т.*

*За определяне на часа на пристигането – 3 т.*

*За намиране на броя на слънчевите изгреви – 3 т.*

*За намиране на броя на лунните изгреви – 3 т.*

*За пресмятане на разстоянието – 4 т.*

**2 задача. Кеплер-11.** Планетната система Кеплер-11 е открита от космическия телескоп Кеплер през 2011 г. Централната звезда Кеплер-11a е подобна на Слънцето. Около нея по кръгови орбити се движат шест планети. Предполага се, че те са покрити с дълбоки водни океани и обвити с плътни атмосфери.

Данни за планетите от системата Кеплер-11

| Планета | Маса<br>(земни маси) | Радиус<br>(земни<br>радиуси) | Орбитален<br>период (дни) | Голяма полуос<br>(астр. единици) |
|---------|----------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| b       | 1.9                  | 1.8                          | 10.3039                   | 0.091                            |
| c       | 2.9                  | 2.87                         | 13.0241                   | 0.107                            |
| d       | 7.3                  | 3.12                         | 22.6845                   | 0.155                            |
| e       | 8.0                  | 4.19                         | 31.9996                   | 0.195                            |
| f       | 2.0                  | 2.49                         | 46.6888                   | 0.250                            |
| g       | <25                  | 3.33                         | 118.3807                  | 0.466                            |

- Вие сте странстващ галактически художник и търсите красиви космически пейзажи за рисуване. Спускате се в горните слоеве на атмосферата на Кеплер-11d. Какъв ще бъде видимият ъглов диаметър на Кеплер-11e в небето над вас в момент на максимално сближение между двете планети? А ако сте на планетата Кеплер-11b, какъв ще бъде видимият диаметър на Кеплер-11c при максимално сближение? С какви обекти от нашето земно небе бихте ги сравнили?

- Орбитите на шестте планети лежат почти точно в една и съща равнина. Често от една планета може да се наблюдава преминаване (пасаж) на друга планета пред звездата. Изберете една планета, на която да отидете, за да наблюдавате най-значително закриване на светлината на звездата от преминаващата пред нея друга планета. Коя трябва да е другата планета? Нарисувайте в подходящ мащаб как ще изглежда планетата, преминаваща на фона на звездата. Радиусът на звездата е 116 земни радиуса.

### Решение:

При максимално сближаване на планетите Кеплер-11b и Кеплер-11c, те ще застанат на една права линия от едната страна на звездата и разстоянието между тях ще бъде:

$$r_{bc} = r_c - r_b$$

където  $r_c$  и  $r_b$  са големите полуоси на техните орбити. Да означим с  $R_c$  радиуса на планетата Кеплер-11c. Нейният видим ъглов диаметър, изразен в дъгови минути, ще бъде:

$$\delta_c = \frac{2R_c}{r_{bc}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \approx 52'$$

По аналогичен начин за видимия ъглов диаметър на планетата Кеплер-11e, при наблюдение от Кеплер-11d, можем да получим:

$$\delta_e = \frac{2R_e}{r_{de}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \approx 31'$$

където  $R_e$  е радиусът на планетата Кеплер-11e,  $r_d$  и  $r_e$  са големите полуоси на орбитите на двете планети, а  $r_{de} = r_e - r_d$  е разстоянието между тях при максимално сближаване. Виждаме, че за наблюдател от Кеплер-11d планетата Кеплер-11e ще е с видимия ъглов размер на нашата Луна, гледана от Земята, а за наблюдател на планетата Кеплер-11b съседната планета Кеплер-11c ще бъде дори още по-голяма.

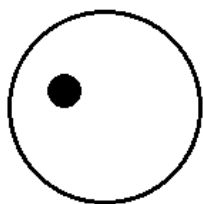
При пасаж на планета, за да се закрие повече от видимия диск на звездата, трябва планетата да има възможно най-голям видим ъглов размер, а звездата – най-малък. Това означава, че планетата трябва да е голяма и близо до нас, а звездата възможно по-далеч. На тези условия най-добре отговаря ситуацията, в която ние се намираме на планетата Кеплер-11f и наблюдаваме Кеплер-11e. Видимият ъглов размер на Кеплер-11e ще бъде:

$$\delta_{ef} = \frac{2R_e}{r_{ef}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \approx 22'$$

където  $r_{ef} = r_f - r_e$ . Видимият ъглов размер на звездата ще бъде:

$$\delta_s = \frac{2R_s}{r_{fs}} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \cdot 60' \approx 135'$$

където  $R_s$  е радиусът на звездата, а  $r_{fs}$  е разстоянието до нея от планетата Кеплер-11f.



Схемата вляво показва как ще изглежда явлението. Светлият кръг е звездата, а тъмното кръгче в съответния мащаб е планетата, която минава на фона на видимия диск на звездата. Планетата е обърната към нас с тъмната си, неосветена от звездата страна.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

*За правилен метод за определяне на ъгловите размери на планетите – 4 т.*

*За верни числени резултати за двете планети – 2 т.*

*За определяне на ъгловите размери на звездата и на планетата при пасаж – 4 т.*

*За правилни числени резултати – 2 т.*

*За правилно представяне на явлениято със схема в мащаб – 3 т.*

**3 задача. 3 задача. Планетата на островите.** Космонавт етнограф изучава културата на разумни същества, обитаващи далечна планета. Ето неговия доклад до Института по екзопланетен фолклор: „Планетата е покрита с воден океан, в който са пръснати малки острови. Съществата са амфибии, пътешестващи еднакво бързо по суша и във вода. На Синия остров живее Магьосникът, който управлява звездите. Там звездите нито изгряват, нито залязват. На 7 дни път от този остров е Островът на истуканите, където в един ден от годината, наречен Денят на чудесата, по пладне истуканите не хвърлят сенки. Никой не ходи там тогава, защото е страшно да останеш без сянка. На още 7 дни път точно в същата посока е Слънчевият остров. Там също в Деня на чудесата и само в този ден екзопланетното Слънце изобщо не залязва и всички празнуват. Ако се продължи още 28 дни отново в същата посока, се стига до Зеления остров. Там живее Вълшебницата, която си съперничи с Магьосника и също е не позволява на звездите да изгряват и залязват.”

- Нарисувайте схема на планетата и островите, описани в доклада.
- Определете наклона на оста на планетата (ъгъла, който оста на въртене сключва с перпендикуляра към планетната орбита).

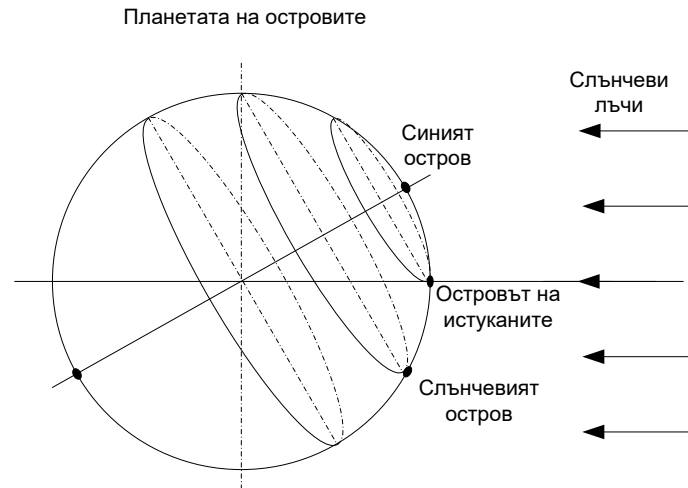
#### **Решение:**

Синият остров на Магьосника се намира на един от полюсите на планетата. Само там звездите при денонощното въртене на небесната сфера не променят височината си над хоризонта и нито изгряват, нито залязват. Нека за определеност наречем този полюс северен. Не е казано в каква посока се тръгва оттам към Острова на истуканите, но накъдето и да тръгнем от северния полюс, посоката винаги ще е юг. Тъй като до края на пътешествието посоката не се променя, то през цялото време ние се движим по един от меридианите на планетата.

Щом само в един ден от годината се случва на Острова на истуканите по пладне те да не хвърлят сянка, то този остров се намира на тропичната окръжност на планетата. На още седем дни в същата посока – юг, се стига до Слънчевия остров, където в същия Ден на чудесата Слънцето не залязва. Следователно островът се намира на северната полярна окръжност.

Виждаме, че на тази планета северната тропична окръжност е по-близо до полюса, а полярната окръжност е по-близо до екватора. Това става, когато наклонът на оста на планетата е по-голям от  $45^\circ$ .

Накрая, след още 28 дни път стигаме до Зеления остров, където очевидно се намира южният полюс на планетата. Общо пътят от северния до южния полюс се изминава за 42 дни – 21 от тях са в северното полукуълбо, а другите 21 дни – в южното.



Както се вижда на схемата, тропичната окръжност е на  $30^\circ$  от северния полюс, а полярната окръжност е на  $30^\circ$  южно от тропичната. Оста на планетата сключва ъгъл  $60^\circ$  с вертикалата към орбиталната равнина на планетата.

Критерии за оценяване (общо 15 т.):

За разбирането, че Зеленият остров и Синият остров са на полюсите – 2 т.

За извода, че Островът на истуканите е на тропичната окръжност – 3 т.

За извода, че Слънчевият остров е на полярната окръжност – 3 т.

За пресмятане на разположенията на островите и начертаване на схема – 5 т.

За правилно определяне на наклона на оста – 2 т.

**Справочни данни:**

Радиус на Земята 6371 км

Астрономическа единица  $150 \times 10^6$  км