

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

**I кръг**  
*Ученици от 11-12 клас*

Задачите можете да решавате сами в къщи, или да ги обсъждате със съученици и приятели. За решаването на някои от тях ще са ви нужни числени данни, които не са дадени в условията. Ще ви потърбват знания, които не се учат в училище, или пък ще срещнете думи, чието значение може би не знаете. Потърсете необходимата информация в книги, учебници, Интернет. Обърнете се за помощ към вашите учители.

**Но все пак имайте предвид:** Писмени работи с цели пасажи от текст, копирани от Интернет, преписани буквално от книги или повтарящи се с други писмени работи, ще бъдат анулирани! Писмените работи трябва да са подготвени самостоятелно. В тях всичко прочетено и научено трябва да обясните с ваши оригинални мисли.

Обяснявайте вашите отговори!

**1 задача. Видимост на МКС.** Преди 23 години, на 7 декември 1998 година, бе поставено началото на изграждането на Международната космическа станция (МКС). Оттогава броят на модулите на станцията непрекъснато нараства и сега масата ѝ е почти 441 тона. Нека приемем, че станцията се движи по кръгова орбита на височина 420 км, и че наклонът на орбитата ѝ към земния екватор е точно  $52^\circ$ . Освен това предполагаме, че Земята е кълбо с радиус равен на 6371 km.

А) За колко минути станцията прави една обиколка около Земята?

Б) На каква максимална географска ширина станцията може да се вижда в зенита за наблюдател на Земята? В каква посока тя ще се движи относно наблюдателя в този момент?

В) Приблизително на какво разстояние, по земната повърхност, от първия наблюдател се намира втори наблюдател, за когото станцията ще премине през зенита точно след 8 обиколки?

Г) На каква максимална географска ширина станцията може да се види над хоризонта, ако пренебрегнем ефектите от рефракцията и поглъщането на светлината?

Д) Ако станцията се движи по екваториална орбита, то какъв ще бъде интервалът от време между две нейни преминавания през зенита за даден наблюдател?

**2 задача. Сянката на спътника.**



На снимката виждате сянка на един от Галилеевите спътници върху Голямото червено петно на Юпитер. Изображение на цялата планета със сянката на спътника е дадено на Фиг. 1.

А) Разгледайте внимателно изображенията. Направете измервания по тях и определете сянката на кой от спътниците е заснета.

Вижда се много тънка полусянка покрай плътната сянка на спътника.

При слънчеви затъмнения, наблюдавани от нашата планета полусянката на Луната е десетки пъти по голяма от сянката. Защо тук е обратното?

Б) Сянката на спътника не е върху еkvатора на планетата. Защо?

В) Нека приемем, че сянката се движи успоредно на еkvатора на Юпитер. Ако Юпитер се върти като твърдо тяло с ъгловата скорост на въртене на еkvаториалните области (пренебрегваме диференциалното въртене), то колко време продължава пълното слънчево затъмнение за наблюдател близо до централния меридиан на видимия диск на планетата?

**3 задача. Астероид в перихелий и афелий.** Астероид обикаля около Слънцето с период 5 години така, че при наблюдение от повърхността на астероида, Слънцето си променя видимата яркост точно 2 пъти (т.е. в максимален блясък Слънцето е 2 пъти по-ярко, отколкото в минимален блясък). Орбитата на астероида лежи в равнината на земната орбита.

А) Какво е минималното разстояние Земя-астероид?

Б) В момент, когато астероидът е в перихелий (най-близо до Слънцето), за наблюдател от неговата повърхност Слънцето е в съзвездието Скорпион. За колко дни Слънцето ще пресече съзвездието Скорпион при наблюдение от астероида? За наблюдател от Земята, Слънцето при своето видимо годишно движение по небето пресича съзвездието Скорпион за 7 дни.

*Упътване:* Скоростта на астероида в перихелий е

$$v_p = \sqrt{\frac{GM}{a}} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$$

където  $G$  е гравитационната константа,  $M$  е масата на Слънцето,  $a$  е голямата полуос на орбитата на астероида,  $e$  е ексцентрицитетът на орбитата.

**4 задача. Екзопланетата K2-286b.** Планетата K2-286 b обикаля около хладна звезда от спектрален клас M0V (червено джудже) с маса 0.64 слънчеви маси в съзвездието Везни. Масата на планетата е 6.85 земни маси, а нейният радиус е 2.03 земни радиуса. Орбиталният период на K2-286 b около червеното джудже е 27.36 дни.

А) Пресметнете втората космическа скорост за планетата K2-286 b.

*Упътване:* Втората космическа скорост  $v_2$ , известна още като „скорост на избягване“ за повърхността, е скоростта, която даден обект на повърхността на масивно тяло (астероид, планета, звезда) трябва да придобие, за да се изтръгне от гравитацията на тялото и да го напусне завинаги. Ако  $M$  е масата на масивното тяло, а  $R$  е радиусът му, втората космическа скорост се пресмята по формулата:

$$v_2 = \sqrt{2GM/R}$$

В тази формула  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg s}^2)$  е гравитационната константа. За Земята втората космическа скорост е 11.186 километра в секунда.

Б) Средната плътност на Земята е  $5.51 \text{ g/cm}^3$ . Пресметнете средната плътност на планетата K2-286 b. Кои планети от Слънчевата система са по-плътни от K2-286 b?

В) Като използвате третия закон на Кеплер, пресметнете разстоянието от планетата K2-286 b до червеното джудже и скоростта, с която планетата се движи по орбитата си. Орбиталната скорост на Земята около Слънцето е  $29.78 \text{ km/s}$ .

**5 задача. Червеното джудже и звездите.** Наблюдавани са три млади звезди от главната последователност със спектрални класове G8V, B9V и B5V. Оказва се, че всяка от трите звезди има спътник: червено джудже от спектрален клас M4V. Продължително време са наблюдавани спектрални линии на червеното джудже и е построена крива на лъчевите скорости. Оказва се, че и при трите звезди кривата е правилна синусоида с период 1 година и амплитуда  $\pm 30$  km/s. Определете разстоянието от червеното джудже до всяка една от звездите, както и наклона на орбитата на червеното джудже за всяка от трите звезди. Използвайте таблицата и диаграмата, дадени на Фиг. 2 и Фиг. 3.

Дали измерванията на лъчевите скорости на трите звезди са били коректни, или при някоя от тях е допусната грешка? Обяснете вашия отговор.

**6 задача. Откриване на екзопланети.** През 2016 г. около най-близката до нас звезда Proxima Centauri беше открита планета. Тя се обозначава като Proxima b. Потърсете информация за радиусите на Proxima Centauri и на Слънцето, за радиусите на Proxima b и на Земята, за радиусите на орбитите на двете планети и орбиталния период на планетата Proxima b.

Вие сте астроном и търсите екзопланети по метода на пасажите. Сравнете вероятността да откриете планета като Proxima b около звезда като Proxima Centauri с вероятността ваши извънземни колеги да открият Земята около Слънцето. Направете сравнението по два начина:

А) При дългосрочни патрулни наблюдения от значение е вероятността една звезда да се наблюдава в даден момент от време, именно когато планетата преминава пред диска на звездата. Намерете тази вероятност за Земята и за планетата около Проксима.

Б) За да се наблюдава пасаж на планетата пред звездата е важно къде се намира наблюдателят относно равнината на орбитата на планетата. Намерете вероятността за откриване на Земята и на планетата около Проксима, основана на геометричното положение на наблюдателя.

Приемете, че пасажът може да се регистрира, при положение че поне половината от видимия диск на планетата попада на фона на видимия диск на звездата.

Разгледайте страницата на олимпиадата в Интернет: <http://astro-olymp.org>

В нея ще видите изображенията в тези задачи с много по-добро качество, отколкото на напечатаните на лист текстове.

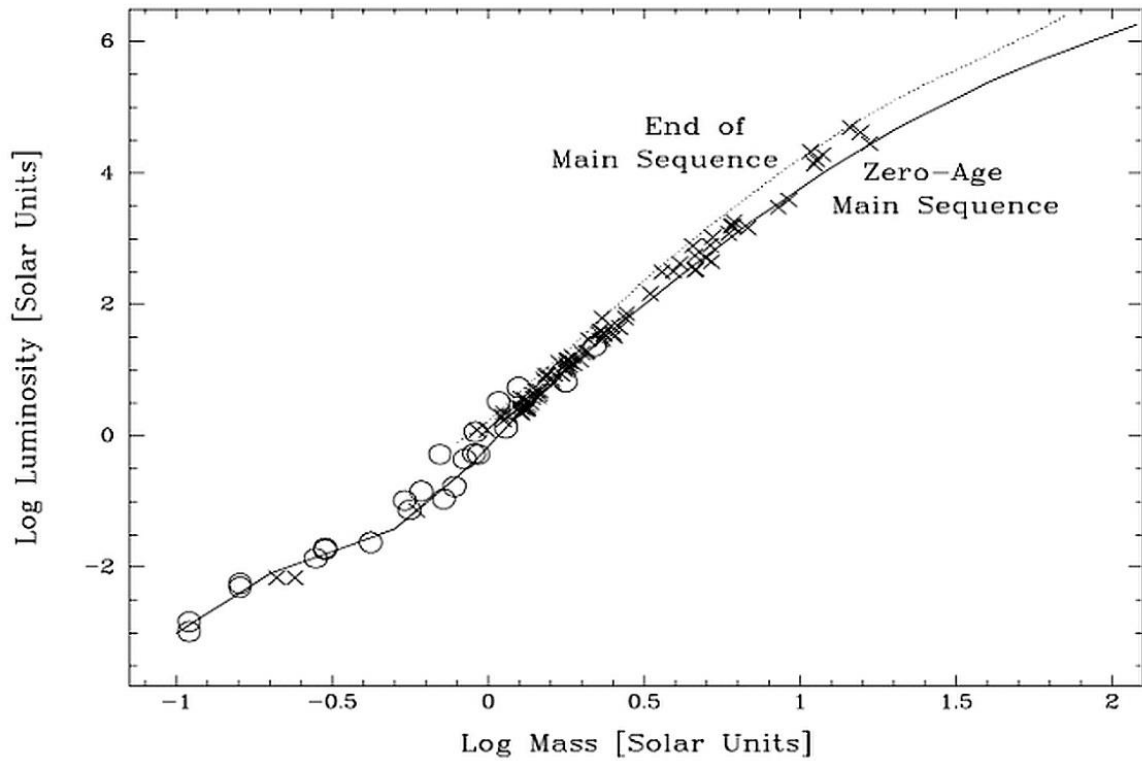
Можете да видите и задачите за всички кръгове на последните няколко астрономически олимпиади, заедно с техните решения. В раздела, наречен “Пищов” има информация, която ще ви помогне да решавате астрономически задачи. Засега тази информация е изложена във вид, който е подходящ повече за учениците от VII до XII клас.

Решенията на задачите предайте на вашите учители по предмета “Човекът и природата” за V-VI клас, или по физика за VII-XII клас.

**Краен срок за предаване на решенията – 14 януари 2022 г.**



Фиг. 1. Юпитер и сянка на един от Галилеевите спътници – към задача 2.



Фиг.2. Зависимост на логаритъма на светимостта на звездите от Главната последователност от логаритъма на тяхната маса, в слънчеви светимости и маси.

<b>Table 1. Properties of main-sequence stars</b>		
Beginning of main sequence		
$T_{eff}$ (K)	Spectral type	$\log L/L_{\odot}$
53 300	O3 V	+6.25
48 200	O4 V	+5.73
37 900	O8 V	+5.29
28 000	B0.2 V	+4.01
17 200	B5 V	+2.74
10 700	B9 V	+1.60
6380	F5 V	+0.32
5640	G8 V	-0.16
4860	K2 V	-0.61
3890	M0 V	-1.42
3300	M4 V	-2.2:
2900	M7 V	-3.0:

Фиг. 3. Зависимост на логаритъма на светимостта, в слънчеви светимости, от спектралния клас на звезда.