

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНА КОМИСИЯ ЗА ОРГАНИЗИРАНЕ НА ОЛИМПИАДАТА ПО АСТРОНОМИЯ
XXVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ

Подборен кръг, 12 юли 2025 г., Варна, теоретичен тур
Старша възраст

Задача 1. Планетата на гръмотевиците. Около Огнената звезда е открита екзопланета – газов гигант, чиято атмосфера е наситена с огромни вихри и мощни електрически разряди. Планетата се движи по кръгова орбита около звездата и се върти в същата посока около оста си, която е перпендикулярна на равнината на нейната орбита. Смелите космически пилоти Искрен Нинов и Николай Иванов работят на две орбитални станции, обикалящи около планетата. Искрен има за задача да изследва развитието на Големия зелен вихър в атмосферата на планетата. Неговата станция се движи по кръгова екваториална орбита, така че винаги остава точно над вихъра. Радиусът на орбитата на станцията около планетата е 4096 пъти по-малък от радиуса на орбитата на планетата около звездата. Масата на планетата е 1024 пъти по-малка от масата на звездата.

- **А)** Периодът на околоосно въртене на планетата е равен на P . Колко слънчеви денонощия продължава годината за тази планета? **[5 т.]**

Николай има за задача да изследва електрическите мълнии на планетата отблизо. Неговата станция се движи по елиптична орбита с период $\frac{77}{12}P$ също в екваториалната равнина на планетата по посока на нейното околоосно въртене. Перицентралното разстояние на станцията е 1.1667 пъти по-голямо от радиуса на планетата R . Всеки път точно в момента на преминаване през перицентъра камерите на станцията много бързо сканират цялата достъпна за наблюдение част от условната „повърхност“ на планетата и бордовият компютър синтезира едно съставно изображение.

- **Б)** Какъв е минималният брой орбитални обиколки, които станцията трябва да направи, за да се получат изображения на цялата екваториална зона на планетата? **[5 т.]**
- **В)** Мълниите в атмосферата на планетата се виждат най-добре нощем. Оценете в какъв процент от случаите, когато станцията на Николай се намира в перицентъра на орбитата си, цялата видима от нея област от планетата ще бъде съвсем тъмна – няма да бъде огрята от светлината на звездата. Считайте звездата за точков източник на светлина. Сутрин и вечер полумракът на екватора на планетата е с продължителност около $\frac{1}{30}P$. **[5 т.]**

Задача 2. Елиптичната галактика NGC 680. Елиптичната галактика NGC 680 в съзвездие Овен има червено отместване $z = 0.00977$, интегрална звездна величина $V = 11.9$ и ъглов размер $\delta = 1.9'$. Междувездната екстинкция (отслабването на светлината) за NGC 680 е 0.21 mag във филтър V и 0.12 mag във филтър I.

- **А)** Пресметнете разстоянието до NGC 680, ако приемете, че скоростта ѝ спрямо Хъббловия поток на разширяващата се Вселена е пренебрежима. Скоростта на Млечния път е 300 km/s в посока на купа Дева. Приемете, че константата на Хъбъл е $H_0 = 73 \text{ (km/s)/Mpc}$. **[2 т.]**
- **Б)** Колко парсека е размерът на NGC 680? По-голяма ли е NGC 680 от Млечния път? **[2 т.]**
- **В)** Защо междувездната екстинкция за NGC 680 е толкова слаба? **[2 т.]**
- **Г)** Каква е светимостта на NGC 680 (в $L_\odot$), ако приемем, че излъчва равномерно във всички посоки? Оценете масата на NGC 680 (в $M_\odot$). **[3 т.]**

Нека да приемем, че звездообразуването в NGC 680 не е активно от 800 милиона години насам. Приемете, че за Главната последователност връзката маса-светимост е $L \sim M^{3.5}$.

- **Д)** Каква би била звездната величина на най-ярките звезди от Главната последователност в NGC 680 в този случай? [3 т.]

От галактиката се наблюдава да излизат две облачни структури, подобни на приливни опашки. Възможно е те да са повлияни от гравитационното въздействие на близката галактика NGC 678 или от друго взаимодействие в миналото. В тези структури вероятно има звездообразуване и сега.

- **Е)** Как бихте обяснили това, че в такива структури има звездообразуване, а в останалата галактика – не? Какви са на цвят тези структури спрямо основното тяло на NGC 680 – по-червени или по-сини – и защо? [3 т.]

Справочни данни:

Абсолютна звездна величина на Слънцето във филтър V $M_{V\odot} = 4.84$

Задача 3. Три в едно. Трите подусловия за независими. При решаване на всяко от подусловията можете да използвате само величините, които са дадени в него.

- **А)** Пресметнете колко време продължава изгревът на Слънцето за наблюдател, разположен на северния полюс на Уран. Приемете, че Уран обикаля по кръгова орбита с радиус $r = 20$ аи, наклонът на оста му е $i = 82^\circ$, а видимият ъглов диаметър на Слънцето за земен наблюдател е $\delta_E = 30'$. [4 т.]
- **Б)** Ексцентрицитетът на земната орбита е $e = 0.017$. Нека предположим, че моментът на лятното (за северното полукуълбо) слънцестоене съвпада с момента, в който Земята е в афелий. Намерете с колко дни биха се различавали интервалите от време от пролетно до есенно и от есенно до пролетно равноденствие. Продължителността на годината е $T_E = 365.25$ d. [5 т.]
- **В)** Спътник в орбита около Земята влиза в нейната сянка и от него се наблюдава слънчево затъмнение. Пълната му продължителност е три пъти по-голяма от продължителността на пълната фаза. Оценете пълната продължителност на затъмнението. Дължината на земната сянка е $L = 1400000$ km, а земното ускорение е $g = 10$ m/s². Всички тела в задачата се движат в една и съща посока по кръгови орбити, лежащи в една равнина. Не отчитайте орбиталното движение на Земята. [6 т.]

Задача 4. Почти като sudoku. Прочутият астроном Павел Казаков от Стара Загора ($\varphi = 42.4^\circ$ N, $\lambda = 25.5^\circ$ E) вече не наблюдава звезди от Стара Загора, а от друго място на същия меридиан по северното полукуълбо. Гражданското време там е същото, както в България. На 10 май Павел следи по небето две звезди, които остават скрити за всички други наблюдатели. Двете звезди имат горна кулминация на еднаква височина $h = 75^\circ$, но Звезда 1 кулминира на юг от зенита, а Звезда 2 – на север от зенита. Горната кулминация на Звезда 1 става в 19:10 по гражданско време, а тази на Звезда 2 става в 7:10. Ъгловото разстояние между звездите по небето е 90° .

Павел проследява движението на двете звезди в пространството, измервайки техния паралакс π ,лъчева скорост v_r , собствено движение по ректасцензия μ_α и собствено движение по деклинация μ_δ . Естествено, той също знае тяхната ректасцензия α , деклинация δ и видима звездна величина m , както и спектралните им характеристики. Той изчислява, че след време двете звезди ще се окажат много близо една от друга и ще формират тясна двойна система. Според него тогава сумарната им звездна величина по земното небе ще е $m_c = 0.90$.

Павел ви дава таблица с данни за звездите. Но тъй като все пак сте участници в подборен кръг на олимпиадата, той решава да ви позатрудни и изтрива повечето клетки.

звезда	спектрален клас	α	δ	π ["]	μ_α ["/yr]	μ_δ ["/yr]	v_r [km/s]	m
1	A2VII			0.100	+1.15		+22.0	11.20
2	K8III			0.050		+1.03		1.20

- **А)** Попълнете таблицата. Обяснете разсъжденията си. **[12 т.]**
- **Б)** Намерете на какво разстояние l от Стара Загора по земната повърхност стават наблюденията. **[1 т.]**
- **В)** Помислете и оценете – каква видима звездна величина m'_C може да достигне двойната система в рамките на 10000 години след формирането си? С други думи, разгледайте хипотетичен вариант, в който се реализира максималната възможна яркост. **[2 т.]**

Приемете, че звездите се движат в пространството с постоянна скорост.

Справочни данни:

Година

$$1 \text{ yr} = 3.156 \times 10^7 \text{ s}$$

Парсек

$$1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{13} \text{ km}$$

Астрономическа единица

$$1 \text{ au} = 1,496 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Радиус на Земята

$$R_E = 6371 \text{ km}$$