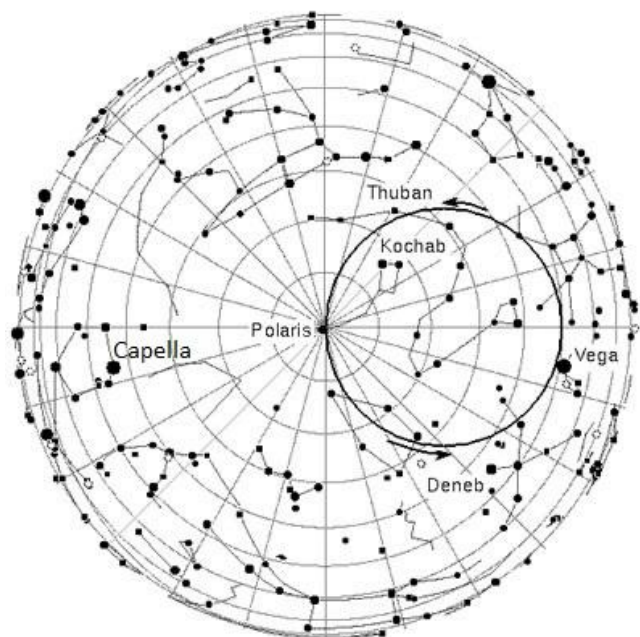


XXII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО АСТРОНОМИЯ
19-21 април 2019 г., Стара Загора

Тест 11-12 клас – решения

1. В: Видимият път на северния небесен полюс спрямо звездите изглежда така:



The path of the precession of the Earth's rotation axis.
It takes 26,000 years to complete a full 360° wobble.

- 2. В:** Повече от половината от потвърдените (към април 2019 г.) 4023 екзопланети са открити по метода на транзитите.
- 3. А:** Обектите на Herbig-Haro са малки мъглявини в региони на звездообразуване, формирани от сблъсъка на изхвърлената материя от джетовете на младите звезди с газовия облак, в който се намират.
- 4. С:** CNO-цикълът е основният механизъм за синтез на водород в хелий в ядрата на масивните звезди. При маломасивните звезди основният механизъм е протон-протонната верига.
- 5. D:** От изброените звезди само Сириус А е на главната последователност. Втората най-ярка звезда на нощното небе Канопус е A9II свръхгигант. RR Lyr е прототип на променливите от този тип: пулсиращи гиганти (клас светимост III) η Aql е първата открита класическа цефеида (клас F6I)

Мира е пулсиращ AGB гигант (средно M7III), прототип на дългопериодичните пулсиращи хладни гиганти.

6. В: Интервалът от време между две последователни преминавания на Луната през перигея на орбитата е аномалистичен месец.

7. D: Приносът на гравитационното привличане на Меркурий е 532"/век. Приносът на ефектите от Общата теория на относителността е 43"/век. Останалите посочени ефекти са пренебрежими.

8. D: Класическите цефеиди са масивни свръхгиганти, които са прекалено млади, за да бъдат в кълбовидни звездни купове. Останалите посочени обекти се наблюдават в кълбовидни купове, с изключение на черните дупки със средна маса (IMBH), за които има много свидетелства и очакват потвърждение. Звездите с температура 7500 K са над точката на обръщане, но се формират при обмен на материя в гъстия куп (т.нар. blue stragglers).

9. 2 **1т.:** 1.9-2.1

От III Закон на Кеплер

$$a^3/P^2 = GM/4\pi^2$$

$$P \sim (a^3/M)^{1/2}$$

Сравнявайки със Земята получаваме $P = 2$ yr

10. 4.84 **1т:** 4.55-5.15 **0.5т:** 3.5-6.0

Разстоянието е $r[\text{pc}] = 1/\pi'' = 40.98$ pc

Модулът на разстоянието е

$$m-M = 5\lg(40.98) - 5 = 3.063 \text{ mag}$$

Абсолютната визуална звездна величина $M_V = m_V - (m-M) = -1.413 \text{ mag}$

Абсолютната болометрична звездна величина е $M = M_V - BC_V = -2.463 \text{ mag}$

Светимостта L в слънчеви светимости намираме от Закона на Pogson като абсолютната болометрична звездна величина на Слънцето е $M_{\text{sol}} = +4.75$:

$$M = M_{\text{sol}} - 2.5\lg(L/L_{\text{sol}})$$

$$L = 768 L_{\text{sol}}$$

От закона на Стефан-Болцман намираме радиуса R :

$$(L/L_{\text{sol}}) = (R/R_{\text{sol}})^2 (T/T_{\text{sol}})^4$$

Фотосферната температура на Слънцето е $T=5770$ К и отговорът е $R/R_{\text{sol}} = 4.84$

11. 26 **1т.:** 15-40 **0.5т:** 10-50

В условието е дадена грубата зависимост $R \sim M^{0.8}$ за звезди от главната последователност. Но кафявите джуджета не са звезди и тази зависимост не може да се използва!

Кафявите джуджета са субзвездни обекти. Разликата е, че те не са запалили всички термоядрени реакции в ядрото си, за да се синтезира ${}^4\text{He}$ от водородни ядра. Тъй като няма мощен източник на енергия в ядрото, при повишаване на масата техният радиус не се увеличава. За голям интервал от маси той е константен – почти колкото радиуса на Юпитер (70 000 km).

За даденото типично кафяво джудже с $40M_J$ можем да пресметнем радиуса от $\rho = 3M/(4\pi R^3) \Rightarrow R = 64\,000$ km или около $0.9 R_J$

Оттук можем да заключим, че кафяво джудже с $20M_J$ ще има радиус между 0.9 и 1 Юпитерови радиуса. (*Всъщност, може и да е съвсем малко повече*)

При радиус $1R_J$ се получава 26 g/cm^3 и това е стойност, близка до реалната.

При радиус $0.9R_J$ се получава 36 g/cm^3 и това също е допустима стойност.

12. 79 **1т:** 74-86 **0.5т:** 60-100

Енергията на преход от 2-ро на n-то ниво е $E = \text{const}(1/2^2 - 1/n^2)$

Енергията на фотона е $E = hc/\lambda$

Отношението на дължините на вълните на H β и H α е

$$\lambda_0/6562.8\text{A} = (1/2^2 - 1/3^2)/(1/2^2 - 1/6^2)$$

Получава се $\lambda_0 = 4101.75$ A и червено отместване $z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 = 0.0533$

От $z = v_R/c$ (ефект на Доплер за $z \ll 1$) и $v_R = Hr$ (закон на Хъбъл, $H = 70 \text{ (km/s)/Mpc}$) се получава разстояние до галактиката $r = 228 \text{ Mpc}$

Линейният размер на галактиката получаваме като $d = \delta r = 79 \text{ kpc}$

13. 1.5 **1т.:** 1.49-1.51

Скаларният фактор $a = 1/(1+z)$ дава отношението на размера на голям елемент от пространството при по-малка възраст на Вселената спрямо размера на същия елемент в наши дни. Наблюдавайки Вселената такава каквато е била в миналото, виждаме разстояния, намалени с фактор $1+z$, което важи и за дължината на вълната на фотон, идващ от там.

На възраст на Вселената, наблюдавана като $z = 1$ скаларният фактор е $1/(1+1) = 1/2$
На възраст на Вселената, наблюдавана като $z = 4$ скаларният фактор е $1/(1+4) = 1/5$

Отношението на двата скаларни фактора е 2.5, т.е. Вселената при $z = 1$ е 2.5 пъти по-голяма от Вселената при $z = 4$. Ако гледаме по-далечната галактика, когато възрастта на Вселената съответства на $z = 1$ (наблюдавано от днес), ще виждаме пространството назад в миналото намалено $1+z$ пъти. Тоест, за търсеното z важи $1+z = 2.5$
 $z = 1.5$

14. 68 **1т.:** 64-72 **0.5т:** 60-85

Наблюдателна задача.

Ректасцензията на точката е звездното време + 12 h.

Деклинацията на точката е 90 – географската ширина.

Точката не е далече от северния галактичен полюс в Косите на Вероника, на 68° галактична ширина.