

**Աստղագիտություն**  
**Հանրապետական փուլ — 2026 թ.**  
**ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐ**

**Պայծառ գիշեր**

1. Հեռավորության սողույր՝ հաշվի առնելով միջգալակտիկական կլանումը.

$$m - M = 5 \lg r_{\text{պլ}} - 5 + A$$

որտեղ  $A = \epsilon \cdot r_{\text{պլ}}$ : **[1.0 միավոր]** Վերագրենք հավասարումը  $r_{\text{պլ}}$ -ի նկատմամբ՝ հաշվի առնելով, որ  $r_{\text{պլ}} = 10^6 r_{\text{Մպլ}}$

$$m - M = 5 \lg(10^6 r_{\text{Մպլ}}) - 5 + 0.02 r_{\text{Մպլ}} = 5 \lg r_{\text{Մպլ}} + 25 + 0.02 r_{\text{Մպլ}} \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

Տեղադրելով  $m = +16.0^m$  և  $M = -19.5^m$

$$35.5 - 25 = 5 \lg r_{\text{Մպլ}} + 0.02 r_{\text{Մպլ}} \implies 5 \lg r_{\text{Մպլ}} + 0.02 r_{\text{Մպլ}} = 10.5 \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

Այս հավասարման թվային լուծումը (ընտրության կամ իտերացիաների մեթոդով) տալիս է  $r_{\text{Մպլ}} \approx 67.5$ : Կլորացնելով մինչև երկու նշանակալի թվանշան ( $\epsilon$ -ի և  $H_0$ -ի ճշտության սահմանափակումների պատճառով)

$$r \approx 6.8 \cdot 10^1 \text{ Մպլ} \quad \text{[2.0 միավոր]}$$

Ըստ Հաբլի օրենքի ճառագայթային արագությունը՝

$$v_r = H_0 r = 70 \text{ կմ/վ} \cdot \text{Մպլ} \cdot 67.5 \text{ Մպլ} \approx 4.7 \cdot 10^3 \text{ կմ/վ} \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

2. Հեռավորությունը մետրերով՝  $r = 67.5 \cdot 10^6 \cdot 3.086 \cdot 10^{16} \text{ մ} = 2.08 \cdot 10^{24} \text{ մ}$ : **[1.0 միավոր]** Գծային շառավիղը (փոքր անկյունների մոտարկմամբ)

$$R = \frac{\theta}{2} r = \frac{1.5 \cdot 10^{-11}}{2} \cdot 2.08 \cdot 10^{24} \text{ մ} = 1.56 \cdot 10^{13} \text{ մ} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

Արեգակի շառավիղներով՝

$$R = \frac{1.56 \cdot 10^{13} \text{ մ}}{6.955 \cdot 10^8 \text{ մ}} \approx 2.2 \cdot 10^4 R_{\odot} \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

(Պահպանվել է 2 նշանակալի թվանշան, քանի որ  $\theta$ -ն ունի 2 նշանակալի թվանշան):

Ջերմաստիճանը գտնելու համար հաշվենք լուսատվությունը մարսիմումում (օգտագործելով Արեգակի բոլորնորիկ բացարձակ աստղային մեծությունը՝  $M_{\text{bol},\odot} = +4.74^m$ )

$$L = L_{\odot} \cdot 10^{-0.4(M - M_{\text{bol},\odot})} = 3.826 \cdot 10^{26} \cdot 10^{-0.4(-19.5 - 4.74)} \approx 1.90 \cdot 10^{36} \text{ Վտ} \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

Ստեֆան-Բոլցմանի օրենքից ( $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ )

$$T = \left( \frac{L}{4\pi R^2 \sigma} \right)^{1/4} = \left( \frac{1.90 \cdot 10^{36}}{4\pi (1.56 \cdot 10^{13})^2 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8}} \right)^{1/4} \approx 1.0 \cdot 10^4 \text{ Կ} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

3. Ըստ Վինի շեղման օրենքի ճառագայթման մարսիմումի իրական ալիքի երկարությունը՝

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2.898 \cdot 10^{-3} \text{ մ} \cdot \text{Կ}}{1.024 \cdot 10^4 \text{ Կ}} \approx 2.8 \cdot 10^{-7} \text{ մ} = 2.8 \cdot 10^2 \text{ նմ} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

Դոպլերյան շեղումը (2 նշանակալի թվանշանով)

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{max}} \frac{v_r}{c} = 283 \text{ նմ} \cdot \frac{4725 \text{ կմ/վ}}{3 \cdot 10^5 \text{ կմ/վ}} \approx 4.5 \text{ նմ} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

Քանի որ  $\Delta\lambda = 4.5 \text{ նմ} > \sigma_{\lambda} = 3.0 \text{ նմ}$ , սպեկտրոմետրի զգայունությունը **թույլ կտա** գրանցել այս շեղումը: **[1.0 միավոր]**

4. 8-մետրանոց աստղադիտակի դիֆրակցիոն սահմանը՝

$$\theta_{\text{դիֆր}} = 1.22 \frac{\lambda_{\text{max}}}{D} = 1.22 \frac{2.83 \cdot 10^{-7} \text{ մ}}{8.0 \text{ մ}} \approx 4.3 \cdot 10^{-8} \text{ ռադ} \quad [1.5 \text{ միավոր}]$$

Քանի որ դիտվող չափը  $\theta = 1.5 \cdot 10^{-11}$  ռադ  $\ll \theta_{\text{դիֆր}}$ , աստղադիտակը ֆիզիկապես ի վիճակի չէ տարբերակել (լուծել) գերնորի սկավառակը: **[0.5 միավոր]** Սկավառակը լուծելու համար անհրաժեշտ է օպտիկական ինտերֆերոմետրի նվազագույն բազա՝

$$B = 1.22 \frac{\lambda_{\text{max}}}{\theta} = 1.22 \frac{2.83 \cdot 10^{-7} \text{ մ}}{1.5 \cdot 10^{-11} \text{ ռադ}} \approx 2.3 \cdot 10^4 \text{ մ} = 23 \text{ կմ} \quad [2.0 \text{ միավոր}]$$

## Ա. Բախտավորը

1. Տեղական արեգակնային (23.10 ժ) և UTC համաշխարհային (21.30 ժ) ժամանակների տարբերությունը կազմում է +1.80 ժամ: **[1.0 միավոր]**

$$\lambda = 1.80^h \cdot 15^\circ/\text{ժ} = +27.0^\circ \text{ (ա.ե.)} \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

2. Տեղադրենք  $\lambda$ -ն և չափված  $D = +9.0^\circ$ -ը մագնիսական շեղման ստորերևույթ (միջանկյալ թվերը պահում ենք 1 պահեստային թվանշանով)

$$9.0 = -1.0 - 0.25\varphi + 1.35 \implies 0.25\varphi = -8.65 \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

$$\varphi = -35^\circ \text{ (հ.լ.)} \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

3. Արեգակի բարձրությունը իրական կեսօրին (գումարման կանոնով  $-35^\circ$ -ը թելադրում է ճշտություն մինչև ամբողջեր)

$$h = 90^\circ - |\varphi - \delta| = 90^\circ - |-35^\circ - (-15.0^\circ)| = 90^\circ - 20^\circ = 70^\circ \quad \mathbf{[0.5 \text{ միավոր}]}$$

1.00 մ բարձրությամբ գնդոնի ստվերի երկարությունը (2 նշանակալի թվանշանով)

$$S = \frac{L_g}{\tan h} = \frac{1.00}{\tan 70^\circ} \approx 0.36 \text{ մ} \quad \mathbf{[0.5 \text{ միավոր}]}$$

Քանի որ  $\delta > \varphi$  (Արեգակը գտնվում է գենիթից հյուսիս), ստվերը կուղղվի խիստ **հարավ**: **[1.0 միավոր]**

## Բ. Համբերատարը

1. Մթերիկ եռանկյունաչափությունից հակման և Էկվիպոտիկական երկայնության միջև կապը **[1.0 միավոր]**

$$\sin \delta = \sin \varepsilon \sin L \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

2. Ստվերը անհետացել է երկու անգամ, նշանակում է Արեգակն անցել է գենիթով ( $\delta = \varphi$ ): Այս իրադարձությունների միջև անցել է  $\Delta t = 100$  օր: Էկվիպոտիկական երկայնության փոփոխությունը  $\Delta L = \frac{100}{365.24} \cdot 360^\circ \approx 98.6^\circ$ : Արևադարձերի (միջակայքի կեսի) նկատմամբ համաչափությունից՝ գենիթով անցման պահերին երկայնությունը հեռացված է արևադարձի կետից  $\Delta L/2 = 49.3^\circ$ -ով: **[1.0 միավոր]**

$$|\sin \varphi| = \sin \varepsilon \cos(\Delta L/2) = \sin(23.5^\circ) \cos(49.3^\circ) \approx 0.3987 \cdot 0.6521 \approx 0.260 \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

$$|\varphi| \approx 15.1^\circ \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

3. Միջակայքի կեսին ստվերն ուղղված է հյուսիս, նշանակում է՝ Արեգակը գենիթից հարավ է: Արևադարձային գոտում դա նշանակում է, որ միջակայքի կեսը համընկնում է ձմեռային արևադարձի հետ (Հյուսիսային կիսագնդի համար), երբ հակումը հասնում է նվազագույնին՝  $\delta = -23.5^\circ$ : Հետևաբար, որպեսզի Արեգակն անցնի գենիթով բացասական հակման դեպքում, լայնությունը նույնպես պետք է լինի բացասական՝  $\varphi = -15.1^\circ$ : **[1.0 միավոր]**  $\delta$ -ի և  $\varphi$ -ի նշանները **բացասական** են: **[1.0 միավոր]**

4. Մխավանքի գնահատականը  $d(\Delta t) = \pm 1$  օր սխալվելու դեպքում:

$$\sin \varphi = \sin \varepsilon \cos \left( \frac{\Delta L}{2} \right)$$

հավասարումից՝ ածանցելով, ստանում ենք փոփոխման արագության արտահայտությունը (ռադիան/օր)

$$\left| \frac{d\varphi}{d(\Delta t)} \right| = \frac{1}{\cos \varphi} \sin \varepsilon \sin \left( \frac{\Delta L}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{365.2422} \quad \mathbf{[1.0 \text{ միավոր}]}$$

Այս արտահայտության մաքսիմումը արևադարձային գոտում հասնում է  $\varphi \approx 0^\circ$  դեպքում (հասարակածի մոտ), որտեղ  $\cos \varphi \rightarrow 1$ , իսկ  $\sin(\Delta L/2)$ -ը մաքսիմալ է: **[0.5 միավոր]**

Տեղադրելով թվային արժեքները  $\varphi = -15.1^\circ$  և  $\Delta L/2 = 49.3^\circ$ -ի համար՝ ստանում ենք զգայունությունը՝

$$|d\varphi| \approx 1.5 \cdot 10^{-1} \text{ }^\circ \quad \mathbf{[0.5 \text{ միավոր}]}$$

## Գ. Չհանձնվողը

1. Հորիզոնի իջեցման անկյունը (հաշվի առնելով  $H_{\text{տն}} \ll R$ )՝

$$\alpha = \arccos\left(\frac{R}{R + H_{\text{տն}}}\right) \approx \sqrt{\frac{2H_{\text{տն}}}{R}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1600}{6378 \cdot 10^3}} \approx 2.240 \cdot 10^{-2} \text{ ռադ} \approx 1.283^\circ \quad [3.0 \text{ միավոր}]$$

2. Արևածագի ժամանակ Արեգակի բարձրությունը փոխվում է գծայնորեն՝  $\Delta h \approx (dh/dt)_{\text{արևածագ}} \cdot \Delta t$ : Լեռան վրա գտնվող դիտորդի համար հորիզոնն իջած է  $\alpha$ -ով, նշանակում է՝ Արեգակն անցնում է այդ անկյունը  $\Delta t = 5$  րոպե  $50$  վ =  $0.0972$  ժ-ում: [1.0 միավոր]

$$(dh/dt)_{\text{արևածագ}} = \frac{\alpha}{\Delta t} = \frac{1.283^\circ}{0.0972 \text{ ժ}} \approx 13.2^\circ/\text{ժ} \quad [1.0 \text{ միավոր}]$$

3. Ածանցելով կոսինուսների թեորեմը  $\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H$

$$\cos h \cdot \frac{dh}{dt} = -\cos \varphi \cos \delta \sin H \cdot \frac{dH}{dt} \quad [2.0 \text{ միավոր}]$$

Ծովի մակարդակին արևածագի պահին՝  $h = 0$  ( $\cos h = 1$ ), վերցնում ենք ածանցյալի մոդուլը (վերելքի արագությունը)՝

$$\frac{dh}{dt} = -15^\circ/\text{ժ} \cdot \cos \varphi \cos \delta \sin H_0 \quad [2.0 \text{ միավոր}]$$

4. Ցերեկվա տևողությունը  $T_{\text{օր}} = 12$  ժ  $49$  րոպե =  $12.817$  ժ: Արևածագի ժամային անկյունը՝

$$H_0 = -\frac{12.817 \text{ ժ}}{2} \cdot 15^\circ/\text{ժ} = -96.1^\circ \quad [1.0 \text{ միավոր}]$$

Կապը՝  $\cos H_0 = -\tan \varphi \tan \delta$ : [1.0 միավոր]

5. Օգտագործելով 2–4 կետերը որպես հավասարումների համակարգ՝ ստանում ենք երկու հավասարում (օգտագործելով ճշգրիտ միջանկյալ արժեքներ)՝

$$\cos \varphi \cos \delta = \frac{13.197}{15 \sin 96.125^\circ} \approx 0.8848 \quad [1.0 \text{ միավոր}]$$

$$\sin \varphi \sin \delta = -\cos H_0 \cos \varphi \cos \delta \approx -(-0.1067) \cdot 0.8848 \approx 0.0944 \quad [1.0 \text{ միավոր}]$$

Գումարելով և հանելով, ստանում ենք  $\cos(\varphi - \delta) \approx 0.9792$  և  $\cos(\varphi + \delta) \approx 0.7904$ : Հանրահաշվական ձևափոխություններից հետո ունենում ենք 4 թեկնածու (տեղափոխությունների և նշանների ճշտությամբ)՝

- $(\varphi, \delta) \approx (-24.8^\circ, -13.1^\circ)$
- $(\varphi, \delta) \approx (-13.1^\circ, -24.8^\circ)$
- $(\varphi, \delta) \approx (+24.8^\circ, +13.1^\circ)$
- $(\varphi, \delta) \approx (+13.1^\circ, +24.8^\circ)$

[2.0 միավոր] Միարժեք ընտրության համար օգտագործում ենք երեք պայման՝

- (a) **Կեսօրին ստվերն ուղղված է հարավ:** Սա նշանակում է, որ Արեգակը գտնվում է զենիթից հյուսիս, այսինքն՝  $\delta > \varphi$ :
- (b) **Օրը երկար է 12 ժամից** ( $|H_0| > 90^\circ$ ): Սա նշանակում է  $\cos H_0 < 0 \implies \tan \varphi \tan \delta > 0$ , այսինքն  $\varphi$ -ն և  $\delta$ -ն պետք է լինեն նույն նշանի:
- (c) **Տիզիկական սահմանափակում:** Արեգակի հսկումը սահմանափակված է խավարածրի թեքությամբ՝  $|\delta| \leq \varepsilon = 23.5^\circ$ :

Մնում է միակ ճիշտ լուծումը՝

$$\varphi \approx -24.8^\circ, \quad \delta \approx -13.1^\circ \quad [1.0 \text{ միավոր}]$$

# Տիեզերական արձակման երկրաչափությունը

## (a) Կիզակետերի շրջանագիծ

1. Էլիպսի հատկություններից՝ ցանկացած կետից մինչև կիզակետեր հեռավորությունների գումարը հավասար է մեծ առանցքին՝  $2a$ : **[1.0 միավոր]** Մեկնարկի  $A$  կետի համար՝  $AF + AF^* = 2a$ : Քանի որ  $F = O$  (Երկրի կենտրոնը),  $AF = R$ : Այս  $R + AF^* = 2a$ , որտեղից  $AF^* = 2a - R$ : **[1.0 միավոր]**  $A$ -ից  $F^*$  հեռավորությունը ֆիքսված է տրված  $a$ -ի (Էներգիայի) դեպքում: Հետևաբար,  $F^*$  կետերի երկրաչափական տեղը  $A$  կենտրոնով և  $\rho = 2a - R$  շառավղով  $C_A$  շրջանագիծն է: **[2.0 միավոր]**

2. Լրիվ էներգիան  $E = \frac{v_0^2}{2} - \frac{\mu}{R} = -\frac{\mu}{2a}$ : Տեղադրելով  $v_0^2 = \frac{\eta\mu}{R}$

$$\frac{\mu}{R} \left( \frac{\eta}{2} - 1 \right) = -\frac{\mu}{2a} \implies 2a = R \frac{2}{2 - \eta} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

Այդ դեպքում կիզակետերի շրջանագծի շառավղիդ՝

$$\rho = 2a - R = R \left( \frac{2}{2 - \eta} - 1 \right) = R \frac{\eta}{2 - \eta} \quad \text{[1.5 միավոր]}$$

## (b) Թիրախի խոցելիության երկրաչափություն

1. Որպեսզի հետագիծն անցնի  $B$  թիրախով,  $F^*$  կիզակետը նույնպես պետք է ընկած լինի  $B$  կենտրոնով և  $\rho$  շառավղով  $C_B$  շրջանագծի վրա: Հետագիծը գոյություն ունի, եթե  $C_A$  և  $C_B$  շրջանագծերը հատվում կամ հպվում են: **[2.0 միավոր]** Միևնույն շառավղով երկու շրջանագծերի հատման պայմանը, կենտրոնների միջև հեռավորությունը՝  $L = |AB|$ , չի գերազանցում շառավղիների գումարը՝

$$L \leq 2\rho \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

## (c) Թռիչքի ուղիներ

1. **Ցածր էներգիա** ( $\rho < R$ ): Լարի երկարությունը  $L = 2R \sin(\psi/2)$ :  $L \leq 2\rho$  պայմանից հետևում է  $\sin(\psi/2) \leq \rho/R$ : **[2.0 միավոր]** Առավելագույն անկյունային հեռահասությունը՝

$$\psi_{\max} = 2 \arcsin(\rho/R)$$

$\rho < R \implies \frac{\eta}{2-\eta} < 1 \implies \eta < 1$  պայմանը համապատասխանում է  $v_0 < \sqrt{\mu/R}$  արագություններին (ավելի փոքր, քան առաջին տիեզերականը): **[2.0 միավոր]**

2. **Բարձր էներգիա** ( $\rho \geq R$ ): Այս դեպքում  $2\rho \geq 2R$ : Քանի որ Երկրի վրա ցանկացած երկու կետերի միջև առավելագույն հնարավոր հեռավորությունը հավասար է  $2R$  տրամագծին,  $L \leq 2R \leq 2\rho$  պայմանը միշտ բավարարվում է: Հետևաբար, հասանելի է Երկրի ցանկացած կետ: **[2.0 միավոր]**

## (d) Հետագծի պարամետրերի հաշվարկ

Երբ  $\rho = R/2$

1. Առավելագույն անկյունային հեռահասությունը՝  $\psi_{\max} = 2 \arcsin(0.5) = 60^\circ$ : **[2.0 միավոր]**

2. Արձակման օպտիմալ անկյունը: Առավելագույն հեռահասության դեպքում կիզակետերի շրջանագծերը հավում են,  $F^*$ -ը գտնվում է ճիշտ  $AB$  հատվածի մեջտեղում:  $AOB$  եռանկյունը հավասարակողմ է:  $AF$  շառավիղ-վեկտորի (ուղղված է նաղիր) և  $AF^*$ -ի միջև անկյունը կազմում է  $60^\circ$ : Արագության վեկտորը համաձայն Էլիպսի օպտիկական հատկության՝ կիսում է  $AF$  և  $AF^*$  շառավիղ վեկտորների միջև արտաքին անկյունը: Հետևաբար, արագության վեկտորի անկյունը տեղական հետ հավասար է  $(180^\circ - 60^\circ)/2 = 60^\circ$ : **[2.0 միավոր]** Անկյունը հորիզոնի հետ՝  $\alpha = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ : **[1.0 միավոր]**

3.  $2a = R + \rho = 1.5R \implies a = 0.75R$ -ից: **[1.0 միավոր]** Կիզակետերի միջև հեռավորությունը  $\triangle AOF^*$ -ից՝  $2c = OF^* = R \frac{\sqrt{3}}{2} \implies c = R \frac{\sqrt{3}}{4}$ : **[1.0 միավոր]** Ապոգեյի շառավիղը՝  $r_a = a + c = R \left( \frac{3+\sqrt{3}}{4} \right)$ : **[1.0 միավոր]** Վերելքի առավելագույն բարձրությունը՝

$$H = r_a - R = R \left( \frac{\sqrt{3}-1}{4} \right) \approx 1.167 \cdot 10^3 \text{ կմ} \quad \text{[1.0 միավոր]}$$

## Չուգորդված դիտարկում

1. Երկու խմբերի համար չափումների արդյունքների տարբերությունը կայանում է « $M_{\odot}$ » և «տարի» մեծությունների տարբեր սահմանումների մեջ **[1.0 միավոր]**: Լուծման մեջ շտրիխով (') կնշանակենք Kepler-186f-ի համապատասխան մեծությունները: «Պկ» մեծությունը նույնպես տարբեր կլինի **[1.0 միավոր]**, քանի որ այն հիմնված է աստղագիտական միավորի վրա, որը նույնպես տարբերվում է: Ակնհայտ է դառնում, որ  $M'_{\odot} = 0.55M_{\odot}$  և տարի' = 0.36 տարի **[1.0 միավոր]**:

Այնուհետև  $T = 2\pi\sqrt{a^3/GM}$  **[1.0 միավոր]** կապից կարելի է հասկանալ, որ

$$\frac{\text{պկ}'}{\text{պկ}} = \frac{1 \text{ ա.մ.}'}{1 \text{ ա.մ.}} = \left(\frac{\text{տարի}'}{\text{տարի}}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{M'_{\odot}}{M_{\odot}}\right)^{1/3} = 0.41 \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

և Kepler-186 — HD125351 հեռավորությունը կազմում է 390 պկ' = 160 պկ **[1.0 միավոր]**:

Չարցվող անկյունը կգտնենք կոսինուսների թեորեմից՝

$$\alpha = \arccos\left(\frac{(72 \text{ պկ})^2 + (180 \text{ պկ})^2 - (160 \text{ պկ})^2}{2 \cdot 72 \text{ պկ} \cdot 180 \text{ պկ}}\right) = 63^{\circ} \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

2. Մոլորակից հեռանալու համար անհրաժեշտ արագությունը (երկրորդ տիեզերական) կազմում է  $V_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = \sqrt{2gR}$  **[2.0 միավոր]**, որտեղ  $M$ -ը և  $R$ -ը մոլորակի զանգվածն ու շառավիղն են: Ձևափոխելով արտահայտությունը՝ կստանանք.

$$V_2 = \sqrt{2[g]R \text{ մ}'/(\text{վ}')^2} = \sqrt{2[g] \cdot (2/\pi) \cdot 10^7 \text{ մ}'/(\text{վ}')^2} = 3.59 \cdot 10^3 \text{ մ}'/(\text{վ}') \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

որտեղ  $[g]$ -ն  $g$ -ի տրված թվային արժեքն է: Մոլորակի հասարակածի պտտման արագությունը (անտեսելով արեգակնային և աստղային օրերի տևողության տարբերությունը) ըստ սահմանման հավասար է

$$V_0 = \frac{4 \cdot 10^7}{24 \cdot 60 \cdot 60} \text{ մ}'/(\text{վ}') = 4.6 \cdot 10^2 \text{ մ}'/(\text{վ}') \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

$\text{մ}'/(\text{վ}'$ -ից  $\text{մ}/\text{վ}$ -ի անցնելու համար օգտագործում ենք լույսի արագության՝ մեգ հայտնի և տրված արժեքները **[1.0 միավոր]**, որտեղից կստանանք  $1 \text{ մ}'/(\text{վ}') = 0.581 \text{ մ}/\text{վ}$  **[1.0 միավոր]**: Երկրորդ տիեզերական արագությունը, հաշվի առնելով Kepler-186-ի պտույտը, կլինի.

$$V_{II} = V_2 - V_0 = 1.82 \text{ կմ}/\text{վ} \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

Աստղից հեռանալու համար մարմինը մոլորակի ազդեցության ոլորտից դուրս գալուց հետո պետք է դրա նկատմամբ ունենա

$$V_3 = (\sqrt{2} - 1) \cdot V_{II} = (\sqrt{2} - 1) \frac{2\pi \cdot 1 \text{ ա.մ.}'}{1 \text{ տարի}'} = 14 \text{ կմ}/\text{վ} \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$

արագություն: Էներգիայի պահպանման օրենքից կստանանք երրորդ տիեզերական արագությունը՝

$$V_{III} = \sqrt{V_3^2 + V_{II}^2} = 14 \text{ կմ}/\text{վ} \quad \mathbf{[2.0 \text{ միավոր}]}$$