

Աստղագիտության հանրապետական օլիմպիադա - 2021 թ.

Տևողությունը - 180 րոպե

1. Տիեզերանավը շարժվում է Երկրի շուրջը էլիպսաձև ուղեծրով: Ուղեծրի n -ր կետում և ի՞նչ անկյան տակ պետք է փոխվի տիեզերանավի արագության ուղղությունը (առանց դրա մեծությունը փոխելու), որպեսզի այն շարժվի շրջանաձև ուղեծրով: **3 միավոր**

Լուծում: Քանի որ տիեզերանավի էներգիան կախված է միայն իր ուղեծրի մեծ կիսաառանցքի $2a$ երկարությունից, ապա շրջանաձև ուղեծրին անցումը տրված պայմաններում կարող է տեղի ունենալ a հեռավորության վրա, այսինքն՝ էլիպսի իր փոքր առանցքի հատման կետում: Այստեղից հետևում է, որ տիեզերանավի արագության վեկտորը պետք է շրջվի այնպես, որ դառնա ուղղահայաց տիեզերանավը Երկրի կենտրոնին կապող գծին:

2. Կապելա աստղը պատկանում է նույն սպեկտրալ դասին, ինչ Արեգակը: Նրա հեռավորությունը 13 պկ է, տեսանելի աստղային մեծությունը՝ 0.1: Կապելայից ի՞նչ հեռավորության վրա պետք է գտնվի 1գ/սմ^3 միջին խտություն ունեցող մոլորակը, որպեսզի նրա վրա կարողանան ապրել Երկրի բնակիչները իրենց սովորական կյանքով: Ի՞նչ զանգված պետք է ունենա այս մոլորակը: **3 միավոր**

Լուծում: Որոշենք Կապելայի բացարձակ մեծությունը $M = m + 5 - 5 \lg r = -0.5$: Պարզվում է, որ Կապելայի պայծառությունը Արեգակի մոտ 120 անգամ ավելի է: Այստեղից, հաշվի առնելով սպեկտրալ բնութագրերի նմանությունը, Կապելայից $10.9 AU$ հեռավորության վրա գտնվող մոլորակում ջերմաստիճանը և լուսային բնութագրերը շատ մոտ կլինեն Երկրի բնութագրերին: Բացի այդ, պայմանների նմանությունը պետք է ներառի նաև Երկրի հետ նմանությունը այնպիսի կարևոր մեծության, ինչպիսին է մոլորակի մակերևույթի վրա ազատ անկման արագացումը: Այս արժեքը հավասար է,

$$g = \frac{4}{3} \pi GR\rho$$

որտեղ M, R և ρ մեծությունները մոլորակի զանգվածը, շառավիղը և միջին խտությունն են: Երկրի միջին խտությունը 5.52 գ/սմ^3 է, ինչը նշանակում է, որ մոլորակի շառավիղը պետք է լինի 5.52 անգամ գերազանցող Երկրի շառավիղը: Այս դեպքում մոլորակի զանգվածը 5.52^2 անգամ կգերազանցի Երկրի զանգվածը և կկազմի $1.8 \cdot 10^{26}$ կգ:

3. 2018թ. նոյեմբերի 11-ին տեղի է ունեցել Մերկուրիի անցումը Արեգակի սկավառակի վրայով: 2019-ին տեղի են ունեցել հետևյալ իրադարձությունները՝
- Հունվարի 21-ին Լուսնի ամբողջական խավարում, որի ընթացքում Լուսինը հատել է Երկրի ստվերի հյուսիսային մասը լուսնահանգույցն անցնելուց քիչ անց
 - Փետրվարի 5-ին Լուսնի կողմից Մերկուրիի ծածկումը
 - Ապրիլի 11-ին Մերկուրին գտնվել է առավելագույն արևմտյան էլոնգացիայում $27^{\circ}43'$ անկյունային հեռավորության վրա;
- Մերկուրիի ուղեծրի մեծ կիսաառանցքը $0.387 AU$ է, էքսցենտրիսիտետը՝ 0.2 :
Ուղեծրի թեքությունը - 7° :

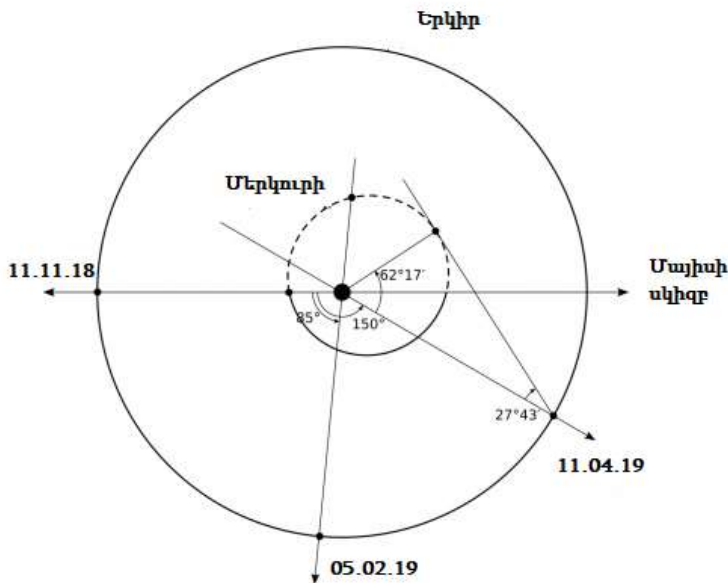
Այս տվյալների հիման վրա որոշեք.

- 1) Ո՞ր կոնֆիգուրացիայի (Երկիր – Մերկուրի – Արեգակ փոխադարձ դասավորությունը) մոտ էր Մերկուրին փետրվարի 5-ին:
Ինչ դիրքում կգտնվի Մերկուրին ապրիլի 11-ին՝
- 2) հասարակածի հարթության նկատմամբ, հյուսիս թե՞ հարավ,
- 3) խավարծրի հարթության նկատմամբ, հյուսիս թե՞ հարավ: **5 միավոր**

Լուծում: 1) Նկատենք, որ Լուսինը ծածկել է Մերկուրին Լուսնի խավարումից 15 օր անց: Միննույն ժամանակ, դրակոնիկ ամսվա կեսը (դրակոնիկ ամիսը նույն ուղեծրային հանգույցով Լուսնի հաջորդական անցման ժամանակահատվածն է) մի փոքր ավելի կարճ է, քան սիդերիկ ամիսը և կազմում է 13.6 օր: Քանի որ խավարման ժամանակ Լուսինը գտնվում էր խավարածից փոքր-ինչ հյուսիս, ապա 15 օր հետո այն, իր ուղեծրում կատարելով ավելի քան կես շրջապտույտ, արդեն կլինի խավարածրից շատ հարավ: Հետևաբար, Մերկուրին նույնպես կգտնի խավարածրից հարավ: Քանի որ իրադարձությունը տեղի է ունեցել նորալուսնից անմիջապես հետո, ապա այդ պահին Մերկուրին պետք է լինի կամ վերին կամ ներքին միացման մեջ:

Կեպլերի 3-րդ օրենքից՝ Մերկուրիի սիդերիկ պարբերությունը կազմում է $T \approx 0.241$ տարի, կամ 88օր: Մերկուրիի սինոդիկ պարբերությունը հավասար է $S = 0.241 / (1 - 0.241) \approx 0.318$ տարի ≈ 116 օր: Մերկուրիի ներքին միացումից դեպի արևմտյան էլոնգացիա անցման տևողությունը զգալիորեն պակաս պետք է լինի սինոդիկ պարբերության քառորդից, մինչդեռ փետրվարի 5-ից ապրիլի 11-ը կազմում է 65 օր: Սա սինոդիկ ժամանակաշրջանի կեսից մի փոքր ավելին է, ինչը նշանակում է, որ Մերկուրին կարող էր գտնվել միայն վերին միացման մեջ: Այստեղ կարող է հարց առաջանալ, թե ինչու սինոդիկ պարբերության կեսի ընթացքում Մերկուրիին հաջողվում է ոչ միայն վերին միացումից հասնել ներքինին, այլև հայտնվել արևմտյան էլոնգացիայում: Պետք է նկատել, որ ապրիլի 11-ին, Մերկուրիի անկյունային հեռավորությունը Արեգակից հնարավորինս մոտ է $\arcsin [0.387 (1 + 0.2)] \approx 27.67^{\circ} = 27^{\circ}40'$, Երկրի ուղեծրի էքսցենտրիսիտետը այստեղ չի առնված), այսինքն՝ Մերկուրին աֆելիումում է: Սա նշանակում է, որ վերին միացումից դեպի ներքին տանող ճանապարհին Մերկուրին շարժվել է միջինից բարձր արագությամբ և ծախսել սինոդիկ ժամանակաշրջանի կեսից պակաս:

2) Դիտարկենք, թե ինչպես է Երկրի և Մերկուրիի հարաբերական դիրքը փոխվում 2019 թվականի ընթացքում (տե՛ս նկարը): 2018 թվականի նոյեմբերի 11-ին, անցման ժամանակ, Երկիրը, Մերկուրին և Արեգակը շարվում են մեկ գծի նրա, և Մերկուրին անցնում է իր ուղեծրի հանգույցով: Պայմանից պարզ չէ՝ դա ծագո՞ղ հանգույց է, թե՛ մայր մտնող:



Այսպիսով, մոլորակները և Արեգակը կապող ուղիղ գիծը հանգույցների գիծն է, որը Մերկուրիի ուղեծիրը բաժանում է երկու մասի, որոնցից մեկը խավարծրից դեպի հյուսիս է, իսկ մյուսը՝ հարավ: Հետևաբար, 2018 թվականի նոյեմբերի 11-ին ± 1 օր, Երկրագունդը նույնպես անցել է Մերկուրիի ուղեծրի հանգույցով: 2018 թվականի նոյեմբերի 11-ից 2019 թվականի փետրվարի 5-ն ընկած ժամանակահատվածը կազմում է 86 օր: Երկրի ուղեծրի արագությունը $360^\circ / 365.26 \text{ օր} = 0.986^\circ / \text{օր}$: Սա նշանակում է, որ 86 օրվա ընթացքում Երկիրն ուղեծրով անցնում է մոտավորապես 85° : Պատկերելով Երկրի և Մերկուրիի դիրքը, կարելի է որոշել, որ այդ պահին խավարծրից ներքև (հարավում) կլինի Մերկուրիի Երկրից ամենահեռու գտնվող ուղեծրի մի մասը: 2018 թվականի նոյեմբերի 11-ից մինչև 2019 թվականի ապրիլի 11-ը 151 օր: Դա համապատասխանում է Երկրի ուղեծրի 149° աղեղին: Էլոնգացիայում գտնվող Մերկուրին պետք է անցնի $90^\circ - 27^\circ 43' = 62^\circ 17'$ լրացուցիչ անկյուն: Նկարում նշելով Երկրի և Մերկուրիի դիրքը, մենք կարող ենք նկատել, որ Մերկուրին, կրկին հայտնվում է խավարծրից հարավ:

3) Խավարծիրը հատում է երկնային հասարակածը երկու կետում՝ գարնանային և աշնանային գիշերահավասարի կետերում: Արևը անցնում է գարնանային գիշերահավասարի կետով գարնանային գիշերահավասարի ժամանակ, այսինքն՝ մարտի 20-ին: Այսպիսով, Մերկուրիի էլոնգացիան տեղի է ունեցել գիշերահավասարից 22 օր անց: Այս ընթացքում Արեգակը տեղաշարժվել է խավարածրի երկայնքով 21.7° անկյան տակ: Մերկուրին կգտնվի Արեգակից արևմուտք: Հասարակածը և խավարածիրը հատվում են 23.5° անկյան տակ: Քանի որ Մերկուրին գտնվում է խավարածրից հարավ, այն չի կարող հասարակածից հյուսիս գտնվել նույնիսկ իր ուղեծրի թեքության շնորհիվ:

4. 4.^{m7} մեծության աստղի անկյունային չափը 0.004 ադեղնային վրկ է: Այս աստղի սպեկտրոսկոպիկ դիտարկումները ցույց են տալիս, որ 5890Å ալիքի երկարությամբ նատրիումի գիծը ունի երկու բաղադրիչ՝ պայծառ և թույլ: Թույլ բաղադրիչի ալիքի երկարությունը սինուսիդային կերպով փոխվում է 0.6Å ամպլիտուդով և 30 տարի ժամկետով, և այս ժամանակահատվածում մեկ անգամ թույլ գիծը անհետանում է 230 օրվա ընթացքում: Գնահատեք աստղի հեռավորությունը, զանգվածը և մակերեսի ջերմաստիճանը: Ի՞նչ տեսակի աստղերի է այն պատկանում: Արեգակի տվյալները հայտնի են: Արեգակի շառավիղը այս խնդրում ընդունված է հավասար 600000կմ: **5 միավոր**

Լուծում: Այս աստղը սպեկտրալ կրկնակի է: Նատրիումի գծի թույլ բաղադրիչը պատկանում է արբանյակ աստղին: Թույլ գծի անհետացումները տեղի են ունենում հիմնական աստղի կողմից արբանյակ աստղի խավարման ժամանակ, հետևաբար, մենք գտնվում ենք նրա ուղեծրի հարթության մոտ:

Ենթադրենք, որ մենք հենց այս հարթության մեջ ենք: Այս դեպքում արբանյակ աստղի գծի ալիքի սինուսիդային փոփոխությունը ցույց է տալիս, որ նրա ուղեծիրը մոտ է շրջանագծին, և ուղեծրային արագությունը կապված է գծի ալիքի երկարության փոփոխության $\Delta\lambda$ ամպլիտուդի հետ հետևյալ առնչությամբ՝ $v = c\Delta\lambda/\lambda$:

Ստացվում է, որ արբանյակ աստղի ուղեծրային պտույտի արագությունը (30.5 կմ /վ) մոտ է Երկրի ուղեծրային պտույտի արագությանը: Բազմապատկելով այս արժեքը արբանյակ աստղի խավարման տևողության վրա, կստանաք հիմնական աստղի տրամագիծը՝ 600 միլիոն կիլոմետր կամ 4 AU, որը մոտ 500 անգամ գերազանցում է Արեգակի տրամագիծը: Երկրից այս աստղը տեսանելի է որպես 0.004" տրամագիծ ունեցող սկավառակ, ինչից հետևում է, որ աստղի հեռավորությունը 1 կպկ է: Իմանալով աստղի տեսանելի մեծությունը կարելի է ստանալ բացարձակը՝ $m_0 = m + 5 - 5 \lg r = -5.3$:

Աստղի լուսատվությունը ստացվում է 10 000, իսկ շառավիղը 500 անգամ ավելի մեծ, քան Արեգակի համապատասխան մեծությունները: Հետևաբար, տվյալ աստղի միավորի մակերեսից էներգիայի հոսքը 25 անգամ պակաս է, ուստի, ըստ Ստեֆան-Բոլցմանի օրենքի, աստղի մակերևույթի ջերմաստիճանը մոտավորապես 2700K է:

Աստղի զանգվածը գտնելու համար համեմատենք կրկնակի համակարգը Արեգակ-Երկիր համակարգի հետ և ենթադրենք, որ արբանյակի զանգվածը շատ ավելի փոքր է, քան աստղի զանգվածը: Օգտվելով Կեպլերի ընդհանրացված երրորդ օրենքից և հաշվի առնելով, որ արբանյակ աստղի ուղեծրային պտույտի պարբերությունը 30 տարի է, ստանում ենք, որ աստղի զանգվածը հավասար է 30 արեգակնային զանգվածի: Ելնելով ջերմաստիճանի, տրամագծի և զանգվածի ստացված արժեքներից կարելի է եզրակացնել, որ այս աստղը սառը կարմիր գերհսկա է:

5. Դիտարկենք մեզանից տարբեր ուղղությունների վրա գտնվող երկու աստղակույտ: Առաջին կույտի ուղղությամբ միջաստղային կլանումը $\tau = 0.001$ /պկ է, իսկ երկրորդի՝ $\tau = 0.002$ /պկ: Որոշեք, թե՞ կույտերից որն է ավելի մոտ և քանի անգամ, եթե առաջինում դիտվում է δ Cep տիպի ցեֆեիդ՝ 3 օր տատանման պարբերությամբ և 12^m տեսանելի մեծությամբ, իսկ երկրորդում նույն տիպի ցեֆեիդ, բայց 25 օր պարբերությամբ և 10^m տեսանելի մեծությամբ: δ Cep տիպի ցեֆիդների համար աստղային բացարձակ մեծության և պարբերության միջև կա հետևյալ կապը՝ $Mv = -1,01 + 2,87 \log P$: Ստացված հավասարումները լուծել իտերատիվ կամ գրաֆիկական եղանակով: **4 միավոր**

Լուծում: Նախ գտնենք ցեֆիդներից յուրաքանչյուրի բացարձակ աստղային մեծությունը: Դա միարժեքորեն որոշվում է $Mv = -1.01 + 2.87 \lg P$ կապից

Այստեղից մենք ստանում ենք

$$M1 = -2.38, \quad M2 = -5.02$$

Օգտվելով $M - m = -5 \cdot \lg (r/10)$ բանաձևից կստանանք

Այստեղից մենք ստանում ենք

$$r1 = 7.52 \text{ կպկ}, \quad r2 = 10.1 \text{ կպկ}$$

Այսինքն՝ առաջին կույտը 1.34 անգամ ավելի «մոտ» է, եթե հաշվի չենք առնում միջաստղային կլանումը:

Եթե հաշվի ենք առնում այն, ապա ունենք հետևյալ հավասարումը

$$M - m = -5 \lg \left(\frac{r}{10} \right) - \tau r$$

Հավասարումը լուծելով իտերատիվ կամ գրաֆիկական եղանակով, կստանանք

$$r1 = 2.44 \text{ կպկ}, \quad r2 = 1.85 \text{ կպկ}: \text{ Իրականում ավելի մոտ է գտնվում երկրորդ}$$

աստղակույտը: