

Դպրոցական առարկայական օլիմպիադաներ 2024-2025

Աստղագիտություն (10-12 դաս.), հանրապետական փուլ (տևողությունը՝ 300 րոպե)

1. Հեռավորությունների Տիեզերական Սանդղակ [45.0 միավոր]

Տիեզերքում հեռավորությունների որոշումը տարբեր ուսումնասիրությունների կարևորագույն բաղադրիչ է: Նախորդ (մարզային) փուլում բերված էր մոլորակի շառավիղը որոշելու մեթոդ: Այս փուլում կշարունակենք այդտեղից:

1.1. Արեգակի հեռավորության որոշումը [18.0 միավոր]

Երկիր-Արեգակ հեռավորությունը առաջին անգամ չափվել է 1761 թ.-ին՝ Արեգակի սկավառակի վրայով Վեներայի **անցումը** դիտելով: Միտքն այն է, որ Երկրի վրայի տարբեր դիրքերից դիտելու դեպքում Վեներան կանցնի արեգակի սկավառակի տարբեր հատվածներով, և այդ **անցման** տևողությունները տարբեր կլինեն: Այդ տարբերությունները օգտագործելով հնարավոր կլինի որոշել Երկիր-Արեգակի հեռավորությունը:

Հաշվարկների հեշտացման համար կանենք հետևյալ պարզեցումները.

- Վեներան կհամարենք կետային օբյեկտ.
- Երկրի և Վեներայի ուղեծրերը կհամարենք շրջանագծային և մի հարթության մեջ գտնվող.
- Կընդունենք, որ **անցումը** տեղի է ունեցել ամառային արևադարձի օրը.
- Կընդունենք, որ բոլոր Կայանները, որտեղից արվել են չափումները, տեղակայված են եղել այնպես, որ **անցման** միջին պահը եղել է տեղի իրական կեսօրին.
- Երկրի և Վեներայի շարժումները **անցման** ընթացքում կհամարենք ուղղագիծ:

1.1.1. Գրեք Վերերայի, և Երկրի վրա՝ φ աշխարհագրական լայնության վրա գտնվող Կայանի d_{φ} և d_{\oplus} տեղափոխությունները **անցման** ընթացքում՝ արտահայտած φ -ով, անցման t_{\oplus} տևողությամբ, Վեներայի β_{φ} առավելագույն էլոնգացիայով, Երկրի a_{\oplus} կիսաառանցքով, տարվա t_{\oplus} տևողությամբ, R_{\oplus} շառավիղով և պտույտի T_{\oplus} պարբերությամբ [2.5 միավոր]:

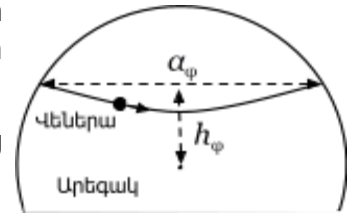
1.1.2. Գրեք **անցման** ընթացքում Արեգակ-Կայան-Վեներա անկյան α_{φ} փոփոխությունը $\alpha_{\varphi} = A_{\varphi} + B_{\varphi}/a_{\oplus}$ տեսքով՝ α_{φ} -ն համարելով փոքր: A_{φ} -ն և B_{φ} -ն արտահայտեք φ , t_{\oplus} , β_{φ} , t_{\oplus} , R_{\oplus} և T_{\oplus} մեծություններով [2.0 միավոր]:

1.1.3. Գտեք Կայանի H_{φ} հեռավորությունը Էկլիպտիկայից՝ **անցման** սկզբում կամ վերջում՝ արտահայտած Երկրի պտտման առանցքի ε_{\oplus} թեքությամբ, φ , t_{\oplus} , R_{\oplus} և T_{\oplus} մեծություններով [1.0 միավոր]:

1.1.4. Լրացրեք բերված աղյուսակը՝ օգտագործելով տրված թվային արժեքները. $2\alpha_{\odot} = 31'9''$ Արեգակի անկյունային տրամագիծն է, $\beta_{\varphi} = 46^{\circ}3'$, $t_{\oplus} = 365$ օր, $R_{\oplus} = 6380$ կմ, $T_{\oplus} = 0.997$ օր և $\varepsilon_{\oplus} = 23^{\circ}5'$ (ցուցում. $A_{\varphi}/\alpha_{\odot}$ և B_{φ} մեծությունները ունեն φ -ից անկախ հատվածներ) [3.5 միավոր]:

φ [°]	t_{\oplus}	$A_{\varphi}/\alpha_{\odot}$	B_{φ} [կմ]	H_{φ} [կմ]		
-30.5	6h24m10s					
-16.9	6h26m50s					
2.6	6h29m30s					
20.1	6h31m30s					
33.0	6h32m10s					
50.9	6h32m50s					
75.4	6h31m40s					
90.0	6h30m20s					

Արեգակի սկավառակի վրա՝ **անցման** սկզբին և վերջին Վեներայի դիրքերը միացնող գծի՝ տեսանելի անկյունակին հեռավորությունը Արեգակի կենտրոնից նշանակենք h_φ : **Անցման** ժամանակ Վեներան նույնպես էկլիպտիկայի հարթությունում չէ, և արդյունքում նույնիսկ էկլիպտիկայից դիտումն անելու դեպքում $h_\varphi = h_e \neq 0$:



1.1.5. Տարբեր h_φ -երի հետևանքով Վեներայի՝ Արեգակի սկավառակի վրայով անցած α_φ անկյունային հեռավորությունը տարբեր կլինի: Արտահայտեք α_φ -ն α_\odot , H_φ , a_\oplus , β_\oplus և h_e մեծություններով [1.5 միավոր]:

1.1.2 և 1.1.5 կետերի արդյունքները նույնացնելով, կարելի է տեսնել, որ a_\oplus մեծությունը գտնելու

համար կարելի է կառուցել H_φ -ի՝ $\sqrt{1 - (A_\varphi/\alpha_\odot + B_\varphi/a_\oplus \alpha_\odot)^2}/4$ -ից կախված գրաֆիկը:

1.1.6. Համարելով, որ $a_\oplus \gg B_\varphi/A_\varphi$, կառուցեք անհրաժեշտ գրաֆիկը և գնահատեք $R_\odot = a_\oplus \alpha_\odot$ մեծությունը [4.0 միավոր]:

1.1.7. Օգտագործելով 1.1.6 կետում ստացված R_\odot -ի արժեքը՝ կառուցեք նույն գրաֆիկը՝ առանց $a_\oplus \gg B_\varphi/A_\varphi$ մոտավորության, և գտեք a_\oplus -ի առավել ճշտորիտ արժեքը [3.5 միավոր]:

1.2. Լուսի արագության որոշումը [8.5 միավոր]

Լուսի արագության արժեքի որոշման համար առաջին հաջող փորձը իրականացվել է 1670-ականներին՝ օգտագործելով Յուպիտերի Իօ արբանյակի՝ Յուպիտերի ստվերի միջով անցումները: Կարելի էր սպասել, որ Արեգակ-Յուպիտեր-Իօ միացումները կդիտվեն հավասար ժամանակամիջոցներով, սակայն լուսի արագության վերջավոր լինելու պատճառով գրանցվում է սպասված արդյունքից շեղում:

Իրականում չափվում են Իօյի՝ Յուպիտերի ստվերի մեջ մտնելու և ստվերից դուրս գալու պահերը, բայց պարզության համար կհամարենք, որ այդ երկուսի միջինացմամբ արդեն հայտնի են **միացման** t պահերը, որոնք չափվել են ավելի քան մի տարվա ընթացքում, և համարակալված են n -ով: Աղյուսակում «*»-ով նշված են Արեգակ-երկիր-Յուպիտեր դիմակայության օրերը:

t	n	δt [վրկ.]	t	n	δt [վրկ.]
23d 00h 27m 40s	0	0	262d 22h 14m 50s		
47d 21h 30m 40s			270d 00h 50m 30s		
56d 18h 45m 00s			280d 16h 43m 40s		
* 63d 21h 20m 40s			328d 16h 10m 50s		
72d 18h 35m 20s			410d 09h 50m 40s		
81d 15h 50m 10s			445d 22h 46m 00s		
124d 07h 27m 40s			453d 01h 21m 30s		
209d 14h 45m 20s			* 461d 22h 35m 50s		
248d 17h 03m 30s			470d 19h 50m 30s		
255d 19h 39m 10s			481d 11h 44m 20s		

1.2.1. **Միացումների** T պարբերությունը 40 ժամից մի փոքր ավել է: Օգտվելով աղյուսակում բերված առավել խիտ նմուշառման 5 կետանի տիրույթներից մեկից՝ որոշեք T -ի առավել ճշտորիտ արժեքը, և օգտվելով դրանից՝ աղյուսակում լրացրեք n -ի արժեքները [3.5 միավոր]:

1.2.2. Գտեք T -ի հնարավորինս ճշտորիտ արժեքը, և, օգտվելով դրանից, լրացրեք **միացման** պահի՝ սպասվածից δt շեղումները՝ որպես կանխատեսումների հիմք ընդունելով առաջին չափումը [3.0 միավոր]:

1.2.3. Օգտվելով ստացված տվյալներից, որոշեք լուսի արագությունը՝ $m. \ddot{u} / \text{ժամ}$ միավորով [2.0 միավոր]:

1.3. Աստղերի հեռավորությունների որոշումը [12.5 միավոր]

Լայնորեն հայտնի տարեկան պարալլաքսի մեթոդով կարելի է որոշել միայն շատ մոտ գտնվող աստղերի հեռավորությունները՝ անկյան չափման ճշտության սահմանափակ լինելու պատճառով: Ընդհանուր դեպքում կամայական օբյեկտի հեռավորությունը ուղիղ չափելն անհնար է, սակայն օրինակ ցեֆեիդ պարբերական փոփոխական աստղերի համար դա հնարավոր է՝ սպեկտրոսկոպիայի մեթոդների գործածմամբ (առաջարկվել է 1926 թ.-ին):

1.3.1. Գտեք աստղի α անկյունային շառավիղը, եթե հայտնի են դրա m տեսանելի աստղային մեծությունը և սև-մարմնային ճառագայթման մաքսիմումին համապատասխան λ ալիքի երկարությունը՝ համեմատելով այն արեգակի հետ՝ հայտնի $\alpha_{\odot}, m_{\odot}, \lambda_{\odot}$ մեծություններով [2.0 միավոր]:

Ժամանակի ընթացքում ցեֆեիդի շառավղի փոփոխությունը կարելի է որոշել դրա մակերևույթի արագությանը հետևելով, ինչն էլ իր հերթին չափվում է ճառագայթման դոպլերյան շեղումով: Բնականաբար, աստղի սեփական արագությունը նույնպես ազդում է դրա վրա:

1.3.2. Գտեք ցեֆեիդի շառավղի փոփոխությունը, եթե դրա ընդարձակման փուլը տևում է t_1 ժամանակ՝ z_1 միջին դոպլերյան շեղումով, սեղմմանը՝ t_2 ժամանակ՝ z_2 միջին դոպլերյան շեղումով: Լույսի c արագությունը հայտնի է [2.0 միավոր]:

1.3.3. Օգտագործելով 1.3.1 և 1.3.2 կետերի արդյունքները՝ գտեք ցեֆեիդների d հեռավորությունները և ամենապայծառ պահին M բացարձակ աստղային մեծությունները՝ արտահայտած աղյուսակում տրված տվյալներով (min և max ինդեքսները նշում են աստղի՝ մինիմալ և մաքսիմալ շառավիղեր ունենալու պահերը): Լրացրեք աղյուսակը՝ օգտագործելով, որ $2\alpha_{\odot} = 31'9, m_{\odot} = -26.832^m, \lambda_{\odot} = 502$ նմ, $c = 173$ մ.մ./օր (ցուցում. բանաձևերը պարունակում են ցեֆեիդից անկախ հատված) [5.5 միավոր]:

$\Delta z [10^{-6}]$	$t_1 [օր]$	$t_2 [օր]$	$\lambda_{max} [նմ]$	m_{max}	$\lambda_{min} [նմ]$	m_{min}	$d [կպկ]$	M_{min}	
41	16.18	5.71	618	8.090	514	7.441			
157	4.99	1.20	671	9.468	544	8.777			
53	34.57	10.12	646	6.612	540	6.067			
56	21.06	9.77	637	8.530	532	8.000			
137	2.49	0.78	607	8.756	507	8.161			
38	48.50	18.03	630	8.081	504	7.371			
203	2.02	0.83	631	9.918	539	9.486			
74	8.78	2.99	655	8.880	523	8.091			

1.3.4. Կառուցեք անհրաժեշտ գրաֆիկը, և համոզվեք, որ ցեֆեիդների t պարբերությունն և ամենապայծառ M բացարձակ աստղային մեծությունը կապված են $M = A + B \lg(t/օր)$ օրենքով, ու որոշեք A և B մեծությունների թվային արժեքները [3.0 միավոր]:

1.4. Գալակտիկաների հեռավորությունների որոշումը [6.0 միավոր]

Առավել մեծ հեռավորությունների համար 1.3 մասի մեթոդը այլևս չի աշխատի՝ թույլ պայծառությունների համար սպեկրերի աղավաղման պատճառով: Այդ տիրույթում օգտագործում են Ia տիպի գերնոր աստղերը: Ia տիպի գերնորը աստղի պայթյուն է, որը տեղի է ունենում որոշակի ֆիզիկական պայմաններում, և այդ պատճառով բոլոր այդպիսի պայթյունների գրեթե նույնն են: Մեզ հետաքրքրում է դրանց մաքսիմալ լուսատվությունը, որը կարելի է օգտագործել հեռավորությունների չափման համար: Բայց դրանից առաջ անհրաժեշտ է նախ գտնել այդ «հայտնի» մաքսիմալ լուսատվությունը:

Գերնորերը շատ հազվադեպ են հանդիպում, և այդ պատճառով սովորաբար դիտվում են հեռավոր գալակտիկաներում: Սակայն բարեբախտաբար մենք այնտեղ դեռ կարողանում ենք տեսել ցեֆեիդները:

1.4.1. Օգտագործելով ցեֆեիդների համար հայտնի $M_c = A + B \lg(t_c / \text{օր})$ կապը՝ գտեք Ia գերնորերի բացարձակ աստղային մեծությունը ամենապայծառ պահին, եթե չափված են գերնորի ամենապայծառ m_s և նույն գալակտիկայում գտնվող ցեֆեիդի m_c տեսանելի աստղային մեծությունները, ինչպես նաև ցեֆեիդի t_c պարբերությունը: Օգտագործեք $A = -1.62$ և $B = -2.43$ [2.0 միավոր]:

m_s	m_c	t_c [օր]	M_s
12.04	27.06	14.9	
8.93	23.09	30.2	
9.57	25.64	5.2	
8.71	23.28	22.2	
9.22	24.64	8.9	

Այդպիսի պայծառության շտրիիվ կարելի է դիտել հարյուրավոր մեգապարսեկներ հեռու Ia գերնորեր: 1.4.2. Աղյուսակում բերված են դիտված գերնորերի m_s ամենապայծառ տեսանելի աստղային մեծություններն ու դրանց սպեկտրի z դոպլերյան շեղումները (աստղային մեծությունները ճշտված են դոպլերյան շեղման համար): Կառուցեք անհրաժեշտ գրաֆիկը և որոշեք Յաբլի հաստատունը՝ $k/(v \cdot V_{\text{պկ}})$ միավորով: Լույսի արագությունը՝ $c = 3.00 \cdot 10^5$ կմ/վ: Հարաբերականության հատուկ տեսության էֆեկտներ հաշվի առնել անհրաժեշտ չէ [4.0 միավոր]:

m_s	z	d [Մպկ]	m_s	z	d [Մպկ]
19.77	0.165		19.34	0.135	
19.95	0.171		16.65	0.039	
20.26	0.213		16.29	0.034	
18.37	0.084		20.24	0.199	
18.67	0.098		16.60	0.037	

2. Մարսից հետ եկածը [5.0 միավոր]

Սիրողական աստղագետը, հասկանալով, որ գիտական ոճի խնդիրներով զբաղվելը իր համար չէ, որոշում է զբաղվել աստղագուլշակությամբ: Նա իմանում է, որ այդ ուղղվածության մարդիկ Մերկուրին ասոցացնում են կապի և տեխնոլոգիաների հետ, իսկ դրա տեսանելի հետընթաց շարժումը՝ այդ ոլորտներում խնդիրների առաջացման:

Երկու մոլորակ (Մ1 և Մ2) պտտվում են Արեգակի շուրջ R_1 և $R_2 > R_1$ շառավիղներով շրջանագծերով: Տվյալ պահին Մ1-Արեգակ-Մ2 անկյունը $\alpha > 90^\circ$ է, իսկ Արեգակ-Մ2-Մ1 անկյունը՝ β :

2.1. Գտեք մոլորակների արագությունների՝ մոլորակները միացնող գծին ուղղահայած ուղղությամբ պրոյեկցիաների հարաբերությունը՝ արտահայտած α -ով, β -ով և $k = R_2/R_1$ հարաբերությամբ [1.5 միավոր]:

2.2. Արտահայտեք $\tan \beta$ -ն α -ով և k -ով, և 2.1 հարցի պատասխանում ազատվեք β -ից [1.0 միավոր]:

2.3. Գտեք մոլորակներից մեկի՝ մյուսի նկատմամբ տեսանելի հետընթաց շարժումը սկսելու կամ վերջացնելու պահին համապատասխան α անկյունը [1.0 միավոր]:

2.4. Լրջագույն գիտական հաշվարկ. ըստ աստղագուլշակների դատողությունների, միջինում ինչքա՞ն ավելի շատ պետք է լինեն տեխնիկական խափանումները Մարսի վրա՝ Երկրի համեմատ, եթե Մերկուրիի և Մարսի ուղեծրերի շառավիղները $R_{\text{♀}} = 0.387$ մ.մ. և $R_{\text{♂}} = 1.524$ մ.մ. են [1.5 միավոր]: