

(D01) 30 տարի էկզոմիտորակների հետ

[90 միավոր]

Խնդիրը հետազոտում է էկզոմիտորակների հայտնաբերման երկու հիմնական ձևերի՝ տեսագծային արագության և տրանզիտի մեթոդների որոշ հարցեր: Ողջ խնդրում կոիտարկենք Արեգակնային տիպի որոշակի աստղից (S) և դրա շուրջ a շառավղով շրջանային ուղեծրով պտտվող միակ մոլորակից (P) բաղկացած համակարգ: Այն կանվանենք «SP համակարգ»:

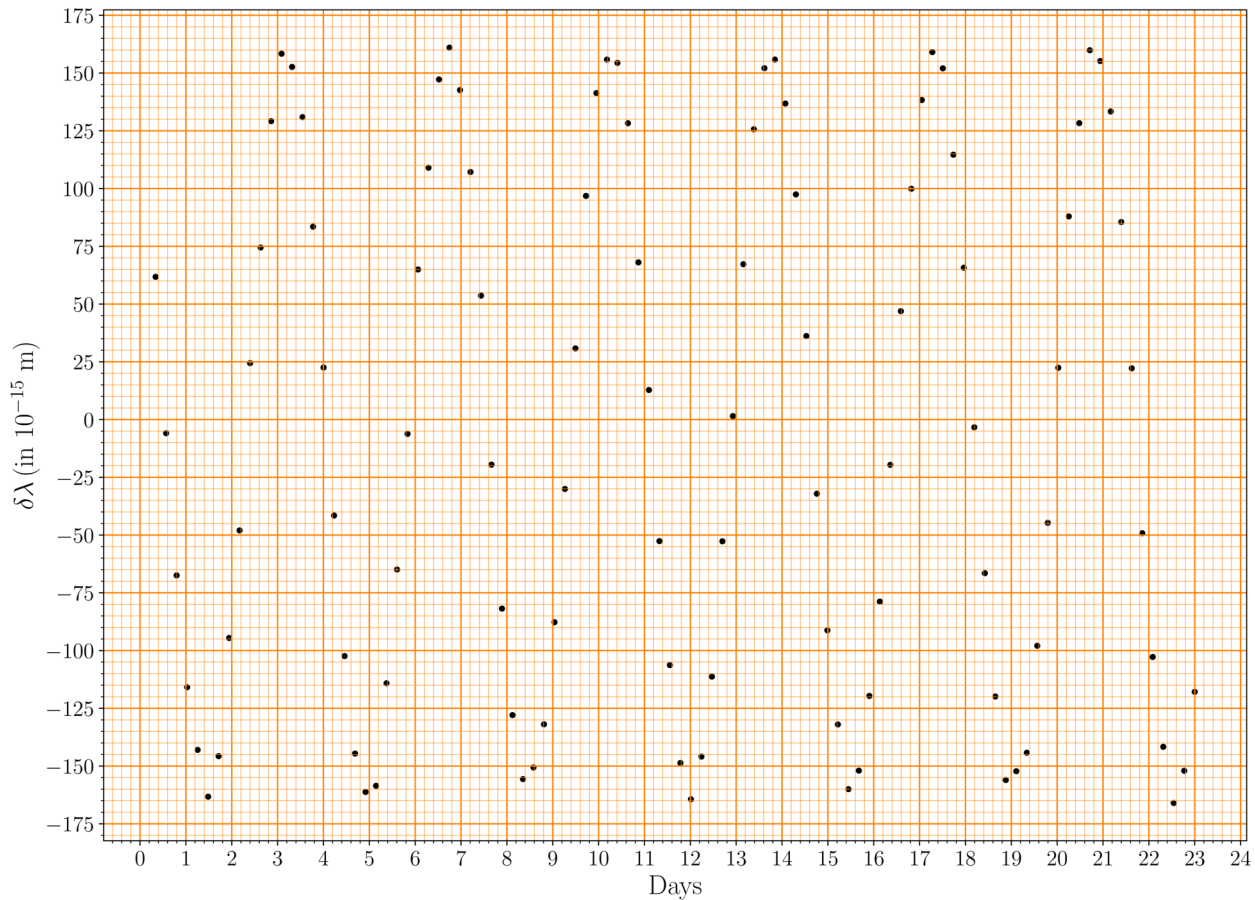
(D01.1) S աստղի տեսանելի աստղային մեծությունը V-տիրույթում 7.65 ± 0.03 mag է, պարալաքսը՝ 20.67 ± 0.05 milliarcsecond, բոլոմետրիկ ուղղումը (BC)՝ -0.065 mag (աստղի բոլոմետրիկ մեծությունը ավելի պայծառ է):

Որոշեք աստղի M_s զանգվածը ($M_\odot$ միավորով), համարելով զանգված-լուսատվություն ($M-L$) կապը $L \propto M^4$ տեսքի: Նաև հաշվեք M_s -ի սխալանքը: Կարող է պետք գալ $d \ln x / dx = 1/x$ առնչությունը:

Տեսագծային արագության մեթոդը

Տեսագծային արագության մեթոդը էկզոմիտորակի գրանցման և դրա հատկությունների որոշման համար օգտագործում է հայտնի սպեկտրալ գծի ալիքի դիտված λ_{obs} երկարության և դադարի λ_0 երկարության միջև $\delta\lambda \equiv \lambda_{\text{obs}} - \lambda_0$ դոպլերյան շեղումը:

Ներքևի պատկերում բերված է SP համակարգի համար Fe I գծի ($\lambda_0 = 543.45 \times 10^{-9}$ m) $\delta\lambda$ -ն՝ որպես ֆունկցիա ժամանակից:



Տեսագծային արագության K կիսաամպլիտուդը սահմանվում է որպես $K \equiv (v_{r, \text{max}} - v_{r, \text{min}})/2$, որտեղ $v_{r, \text{max}}$ -ը և $v_{r, \text{min}}$ -ը համապատասխանաբար մինիմալ և մաքսիմալ տեսագծային արագություններն են: Շրջանային ուղեծրի համար K կիսաամպլիտուդը տրվում է

$$K = \left(\frac{2\pi G}{T} \right)^{1/3} \frac{M_p \sin i}{(M_p + M_s)^{2/3}}$$

առնչությամբ, որտեղ T -ն պարբերությունն է, i -ն՝ ուղեծրի թեքվածությունը (մոլորակի ուղեծրի հարթության նորմալի և տեսագծի կազմած անկյունը), M_p -ն ու M_s -ը՝ համապատասխանաբար մոլորակի և աստղի զանգվածները:

(D01.2) Օգտագործեք վերևի գրաֆիկի՝ answersheet-ում բերված տարբերակը (90 deg թեքված է) հետևյալ հարցերին պատասխանելու համար.

(D01.2a) Գծեք գրաֆիկի տվյալներին համապատասխան սահուն (smooth/гладкий) կոր: [2]

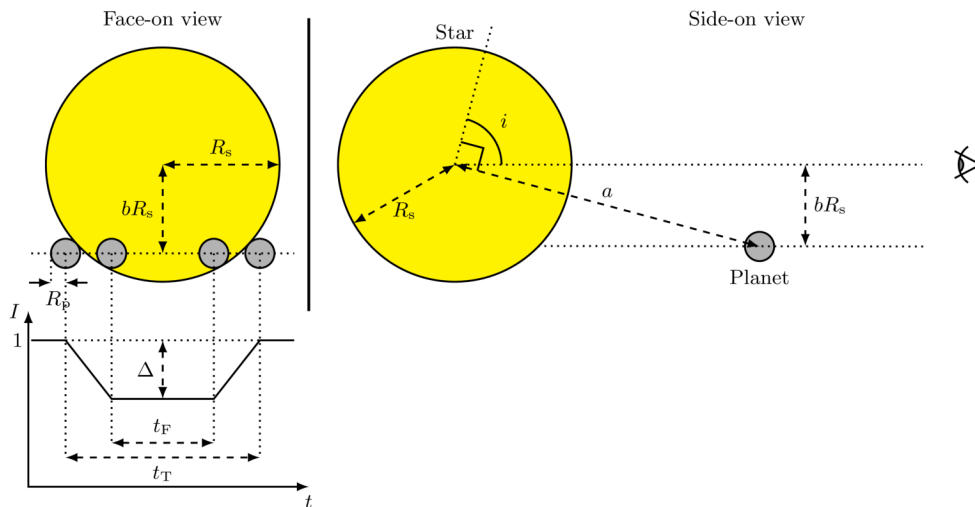
(D01.2b) Վերցնելով գծված կորի հարմար կետեր և օգտագործելով արհրաժեշտ [11]
մեթոդներ որոշեք T -ն և K -ն՝ դրանց սխալանքների հետ միասին: T -ի և K -ի հաշվարկում օգտագործված բոլոր տվյալները պետք է արտացոլվեն answersheet-ում բերված աղյուսակում: Աղյուսակի մնացած մասն օգտագործեք միջանկյալ հաշվարկների համար՝ սյուներին տալով համապատասխան անվանումներ:

(D01.2c) Գտեք մոլորակի մինիմալ $M_{p, \min}$ զանգվածը ($M_\odot$ -ներով) և դրա սխալանքը, [5]
համարելով $M_p \ll M_s$:

(D01.2d) (D01.2c)-ում հաշվված $M_{p, \min}$ -ի արժեքն օգտագործելով հաշվեք մոլորակի [4]
ուղեծրի մեծ կիսաառանցքի մինիմալ $a_{\min}$ արժեքը au-ներով և դրա սխալանքը:

Տրանզիտի մեթոդ (առանց եզրային մթեցման)

Մոլորակի տրանզիտի սխեմատիկ պատկերը (մասշտաբը պահված չէ) բերված է ներքևի նկարում: Սկզբից մենք կհամարենք, որ աստղի սկավառակը ունի համասեռ մակերևութային պայծառություն. կան նաև աստղի պատճառով առաջացած անտեսելի անհամասեռություններ:



Վերևի նկարում պատկերված է աստղի I նորմաորված պայծառության t ժամանակից կախումը տրանզիտի ընթացքում: Միջին նորմաորված պայծառությունը տրանզիտից դուրս վերցվում է որպես միավոր: Այդ պայծառության ամենախորը նվազումը նորմալորված կորի վրա Δ է: Համասեռ աստղային սկավառակի դեպքում մոլորակի R_p շառավիղը կապված է Δ -ի հետ

$$\left(\frac{R_p}{R_s}\right)^2 = \Delta,$$

առնչությամբ, որտեղ R_s -ը աստղի շառավիղն է:

Տրանզիտի տևողությունը (երբ մոլորակը փակում է աստղի որևէ մաս) նշանակենք t_T -ով, իսկ t_F -ով՝ այն տևողությունը, երբ մոլորակը ամբողջությամբ աստղի սկավառակի առջևում է: b «հատման պարամետրը» մոլորակի և աստղի կենտրոնի միջև հեռավորության՝ սկավառակի հարթության վրա պրոյեկտված արժեքն է տրանզիտի միջին պահին՝ հաշված աստղի R_s -ներով:

Այդպիսի՝ համարյա edge-on մոլորակի ուղեծրի համար, հատման պարամետրը տրվում է

$$b = \left[\frac{(1 - \sqrt{\Delta})^2 - (t_F/t_T)^2(1 + \sqrt{\Delta})^2}{1 - (t_F/t_T)^2} \right]^{1/2}$$

կապով:

- (D01.3) SP համակարգի համար աստղի շառավիղը $R_s = 1.20R_\odot$ է, և դրա համար դիտվում է [3] տրանզիտ: Օգտագործելով (D01.2d) մասում գտած ուղեծրի $a_{\min}$ մինիմալ շառավիղը՝ գտեք ուղեծրի թեքվածության $i_{\min}$ մինիմալ արժեքը:

Աստղի սկավառակի համասեռ լինելու դեպքում տրանզիտի ժամանակ պայծառությունը ունի հետևյալ տեսքը.



- (D01.4) Պատասխանեք հաջորդող հարցերին՝ տրված պայծառության կորն օգտագործելով (հարմարության համար այն բերված է նաև answersheet-ում):

(D01.4a) Որոշեք t_T և t_F արժեքները՝ գրաֆիկի վրա նշելով օգտագործված տվյալները: [3]

(D01.4b) Որոշեք Δ -ի միջին արժեքը՝ գրաֆիկի վրա նշելով օգտագործված տվյալները, [2] այնուհետև որոշեք R_p -ն՝ $R_\odot$ միավորով:

(D01.4c) Որոշեք i -ն (անկյունային աստիճանով)՝ ուղեծրի շառավիղը համարելով $a_{\min}$: [2]

Ծանոթություն եզրային մթեցմանը

Մինչ այս պահը աստղի սկավառակի պայծառությունը համարել ենք համասեռ: Իրականում սկավառակը համասեռ չէ «եզրային մթեցման» պատճառով. դա օպտիկական էֆեկտ է, որի հետևանքով աստղի կենտրոնն ավելի պայծառ է երևում քան եզրերը:

Եզրային մթեցումը կարելի է չափել $J(\theta) \equiv \frac{I(\theta)}{I(0)}$ հարաբերական մակերևութային պայծառությամբ, որտեղ θ -ն տվյալ կետում աստղի մակերևույթի նորմալի և դիտորդի տեսագծի կազմած անկյունն է: $I(\theta)$ -ն այդ կետի դիտված մակերևութային պայծառությունն է, $I(0)$ -ն՝ դրա արժեքը սկավառակի կենտրոնում: Հեռու գտնվող դիտորդի համար, θ -ն փոխվում է $\theta = 0$ -ից (սկավառակի կենտրոնը) $\theta \approx 90^\circ$ (սկավառակի եզրը) տիրույթում:

(D01.5) Ներքևի աղյուսակում բերված են որոշակի ալիքի երկարության վրա Արեգակի համար չափված $J(\theta)$ -ի արժեքները: Կհամարենք, որ S աստղի եզրային մթեցումը ունի նույն տեսքը:

θ	$J(\theta)$	θ	$J(\theta)$	θ	$J(\theta)$	θ	$J(\theta)$
0°	1.000	20°	0.971	40°	0.883	70°	0.595
10°	0.994	25°	0.950	50°	0.794	80°	0.475
15°	0.984	30°	0.943	60°	0.724	90°	0.312

Եզրային մթեցումը կարելի է մոտարկել

$$J(\theta) = 1 - a_1(1 - \cos \theta) - a_2(1 - \cos \theta)^2,$$

քառակուսային բանաձևով, որտեղ a_1 -ը և a_2 -ը հաստատուններ են:

Մենք ուզում ենք բերված տվյալներից որոշել a_1 և a_2 արժեքները՝ հարմար փոփոխականներով գրաֆիկ գծելով:

(D01.5a) Ընտրեք (x_1, y_1) փոփոխականների զույգ՝ որպես ֆունկցիաներ θ -ից և J -ից, [2]
որոնք պատրաստվում են գծել x և y առանցքներին a_1 -ը և a_2 -ը որոշելու համար:
Գրեք x_1 -ի և y_1 -ի արտահայտությունները:

Եթե լրացուցիչ գրաֆիկների կառուցելու համար պետք լինի սահմանել այլ փոփոխականներ, նշանակեք դրանք (x_2, y_2) , և այլն:

(D01.5b) Գրաֆիկի համար անհրաժեշտ արժեքները գրանցեք աղյուսակում: [4]

(D01.5c) Կառուցեք սահմանված փոփոխականներով գրաֆիկը (գրաֆիկը նշեք «D01.5c» [7]
համարով):

(D01.5d) Գրաֆիկից գտեք a_1 -ն ու a_2 -ը: Սխալանքի հաշվարկ անհրաժեշտ չէ: [7]

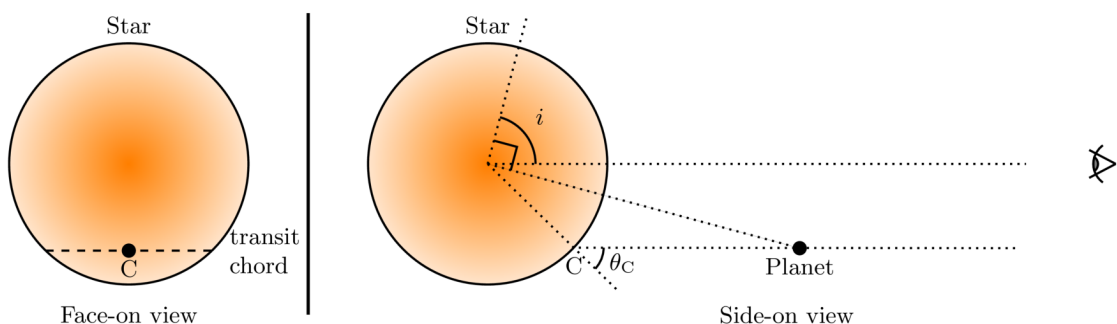
Տրանզիտը եզրային մթեցումով դեպքում

Այժմ կդիտարկենք մոլորակի տրանզիտը եզրային մթեցումով աստղի սկավառակի վրայով: Եզրային մթեցումով դեպքում (որը մենք նկարագրում ենք $J(\theta)$ -ի համար բերված քառակուսային բանաձևով) ամբողջ սկավառակի (տրանզիտի բացակայության դեպքում) $\langle I \rangle$ միջին տեսանելի պայծառությունը տրվում է որպես

$$\langle I \rangle = \left(1 - \frac{a_1}{3} - \frac{a_2}{6}\right) I(0)$$

Ավելին, պայծառության փոքրացման խորությունը այժմ կաժված է ոչ միայն մոլորակի և աստղի հարաբերական չափերից $\left(\frac{R_p}{R_s}\right)$, այլ նաև աստղի պայծառության անկյունային կախումից, այսպիսով՝ նաև ուղեծրի թեքվածության i անկյունից:

Ներքևի պատկերում բերված է խնդրի դրվածքը: Նկատեք, որ աստղի առավել պայծառ մասը պատկերված է ավելի մուգ գույնով, իսկ մոլորակը պատկերված է որպես սև կետ:



Այստեղ $\left(\frac{R_p}{R_s}\right)$ -ի և պայծառության ժամանակային կորից չափված Δ -ն կապված են

$$\Delta = \frac{I(\theta_C)}{\langle I \rangle} \left(\frac{R_p}{R_s} \right)^2,$$

առնչությամբ, որտեղ $I(\theta_C)$ -ն մակերևութային պայծառությունն է տրանզիտի միջին կետում (պատկերի C կետը), θ_C -ն՝ այդ կետում աստղի նորմալի և տեսագծի կազմած անկյունը: Այստեղից ակնհայտ է, որ տրված աստղի համար Δ -ի միևնույն արժեքը կարող է նշանակել մոլորակի R_p շառավղի և ուղեծրի i թեքվածության տարբեր կոմբինացիաներ:

- (D01.6) R_p -ն ու i -ն հնարավոր է առանձին-առանձին որոշել երկու տարբեր (օրինակ՝ λ_B (կապույտ) և λ_R (կարմիր)) ալիքի երկարության վրա պայծառության կորերը դիտարկելով: Եզրային մթեցման գործակիցները այդ երկու ալիքի երկարությունների համար հետևյալն են.

Ալիքի երկարություն	a_1	a_2
λ_B	0.82	0.05
λ_R	0.24	0.20

- (D01.6a) λ_B ալիքի համար ընտրեք տրանզիտի ժամանակ մաքսիմալ Δ խորության և [2]
ուղեծրի i թեքության վերաբերյալ ճիշտ պնդումը.

- A. Δ -ն աճում է i -ն փոքրացնելիս.
B. Δ -ն նվազում է i -ն փոքրացնելիս.
C. Δ -ն կախված չէ i -ից:

- (D01.6b) «SP համակարգի» տրանզիտի մաքսիմալ Δ խորությունը λ_B և λ_R ալիքների [4]
համար համապատասխանաբար 0.0182 և 0.0159 են:

Տրված ցանցի վրա որակապես գծեք տրանզիտի ընթացքում պայծառության ժամանակային կորերը λ_B և λ_R ալիքների համար՝ նշելով դրանք համապատասխանաբար «B» և «R»: Տրանզիտի տևողությունը երկու դեպքում էլ նույնն է: Պատկերի մասշտաբը կարելի է չափել, բայց կորերը պետք է լինեն ճիշտ տեսքի:

- (D01.7) Օգտագործեք գրաֆիկական մեթոդ՝ հաջորդող հարցերում SP համակարգի R_p և i մեծությունները որոշելու համար՝ օգտվելով λ_B -ի և λ_R -ի համար չափված Δ -ի արժեքներից:

- (D01.7a) Գրեք գրաֆիկի վրա կառուցվելիք էական փոփոխականները կապող առնչություն: [6]
(Ցուցում. կարող եք այդպիսի փոփոխականներ համարել i -ն կամ b -ն, և R_p -ն:)

- (D01.7b) Աղյուսակում լրացրեք կառուցվելիք տվյալները: [5]

- (D01.7c) Կառուցեք համապատասխան գրաֆիկը՝ անվանելով այն «D01.7c»: [7]

- (D01.7d) Գրաֆիկից որոշեք R_p -ի ($R_\odot$ -ներով) և i -ի (աստիճաններով) արժեքները: [4]

- (D01.8) Հիմնվելով խնդրում ստացված արդյունքների վրա՝ որոշեք P մոլորակի քարե («ROCKY») [2]
կամ գազային («GASEOUS») լինելը՝ answersheet-ում նշելով (✓) համապատասխան վանդակը:

(D02) Արեգակնային զանգվածային արտանետումների Երկիր հասնելու ժամանակի կանխատեսում [60 միավոր]

Արեգակը երբեմն արձակում է մագնիսացված պլազմա, որը կոչվում է արեգակնային զանգվածային արտանետումներ (CME), որոնք առաջանում են Արեգակի մակերևույթից և տարածվում դեպի դուրս (outwards): Դրանց՝ Երկիր հասնելու ժամանակի ճշգրիտ կանխատեսումը կարևոր է Երկրի շուրջ պտտվող արբանյակների վրա դրանց հնարավոր ազդեցությունները հասկանալու և մեղմելու համար: Այս խնդրում մենք նպատակ ունենք կանխատեսել CME-ների ժամանաձև ժամանակները՝ մշակելով էմպիրիկ մոդել՝ օգտագործելով 10 CME-ների տվյալները: Այս խնդրի ողջ ընթացքում Արեգակի մակերևույթի և Երկրի միջև հեռավորությունը ընդունվում է $214R_{\odot}$.

Բացի այդ, ենթադրենք, որ Արեգակը չի պտտվում: Էլեկտրամագնիսական, գրավիտացիոն և դիմադրության ուժերի պատճառով CME-ները իրենց տարածման ընթացքում ենթարկվում են փոփոխական արագացման: Այս խնդրի առաջին երկու մասերում մենք ենթադրում ենք, որ Արեգակի և Երկրի միջև տարածքը վակուում է:

CME-ներ վակուումի միջով:

- (D02.1) Արևի մակերևույթի մոտ ($= 1R_{\odot}$) սկզբնական արագությունը (u), Երկիր հասնելիս վերջնական արագությունը (v) և Արեգակի մակերևույթից Երկիր հասնելու ժամանակը (τ) (ժամերով), տրված են հետևյալ աղյուսակում 10 CME-ների համար.

CME	u	v	τ
Name	(km s ⁻¹)	(km s ⁻¹)	(h)
CME-A	804	470	74.5
CME-B	247	360	127.5
CME-C	523	396	103.5
CME-D	830	415	71.0
CME-E	665	400	104.5
CME-F	347	350	101.5
CME-G	446	375	99.5
CME-H	155	360	97.0
CME-I	1016	515	67.0
CME-J	683	410	54.0

- (D02.1a) Հաշվարկեք յուրաքանչյուր CME-ի միջին արագացումը (a) մ վ⁻²-ով: [3]

- (D02.1b) Մենք սահմանում ենք էմպիրիկ մոդել, որտեղ CME-ի արագացումը (a_{model}) կախված է դրա սկզբնական u արագությունից, հետևյալ կերպ.
 $a_{\text{model}} = m \left(\frac{u}{u_0} \right) + \alpha$; որտեղ a_{model} -ն արտահայտված է մ վ⁻²-ով, u -ն՝ կմ վ⁻¹-ով, և $u_0 = 1.00 \times 10^3$ կմ վ⁻¹:

Որոշեք m և α հաստատումները և դրանց հետ կապված անորոշությունները՝ օգտագործելով համապատասխան գրաֆիկ (նշեք ձեր գրաֆիկը որպես «D02.1b»): [15]

- (D02.1c) Յուրաքանչյուր CME-ի համար աղյուսակում գրեք a_{model} -ը մ վ⁻²-ով: Այնուհետև հաշվեք հաշվարկված a արագացումների և a_{model} մոդելային արժեքների միջև ստացված δa_{rms} տարբերությունների քառակուսային միջինը (root mean square): [4]

- (D02.2) Մենք դիտարկում ենք երկու այլ CME-ներ՝ CME-1 և CME-2, համապատասխանաբար $u = 1044$ կմ վ⁻¹ և 273 կմ վ⁻¹ սկզբնական արագություններով:

- (D02.2a) Օգտագործելով (D02.1b)-ում ստացված էմպիրիկ մոդելը, հաշվեք CME-1-ի և CME-2-ի՝ Երկիր հասնելու կանխատեսվող ժամանակները՝ $\tau_{1,m}$ և $\tau_{2,m}$ (ժամերով): [4]
- (D02.2b) CME-1-ի և CME-2-ի՝ Երկիր հասնելու դիտված ժամանակները [2]
 համապատասխանաբար 46.0 ժ և 74.5 ժ են: Էմպիրիկ մոդելը կոնկրետ CME-ի համար համարվում է վավեր (VALID), եթե դրա ժամանման կանխատեսված ժամանակը դիտված ժամանման ժամանակից չեղված է ոչ ավելի քան 20%. հակառակ դեպքում այն վավեր չէ (NOT VALID): Նշեք մոդելի վավեր լինելը յուրաքանչյուր CME-ի համար՝ answersheet-ում նշելով (✓) համապատասխան վանդակը:

CME-ները արեգակնային քամու առկայությամբ

Իրականում, Արեգակի և Երկրի միջև տարածությունը լցված է արեգակնային քամիով, որը CME-ների վրա դիմադրության ուժ է գործադրում: Այս դիմադրության ուժը կարող է կամ դանդաղեցնել, կամ արագացնել CME-ն՝ կախված արեգակնային քամու արագության համեմատ CME-ի արագությունից: Արեգակնային քամու ազդեցությունը հաշվի առնելու համար, մենք կօգտագործենք «drag-only» մոդելը $R_{\text{obs}}(t) \geq R_0$ հեռավորությունների համար, որտեղ R_0 -ն այն հեռավորությունն է, որից ավելի հեռավորությունների դեպքում դիմադրության ուժը դառնում է CME-ի շարժման վրա ազդող գերակշռող ուժը:

Ըստ «drag-only» մոդելի, CME-ի՝ Արեգակի մակերևույթից $R_D(t)$ հեռավորությունը և $V_D(t)$ արագությունը որոշվում են հետևյալ կերպ.

$$R_D(t) = \frac{S}{\gamma} \ln [1 + S\gamma(V_0 - V_s)(t - t_0)] + V_s(t - t_0) + R_0$$

$$V_D(t) = \frac{V_0 - V_s}{1 + S\gamma(V_0 - V_s)(t - t_0)} + V_s$$

որտեղ, $\gamma = 2 \times 10^{-8}$ կմ⁻¹, V_s -ը արեգակնային քամու հաստատուն արագությունն է, R_0 -ն և V_0 -ն t_0 պահին համապատասխանաբար հեռավորությունն ու արագությունն են, իսկ S -ը նշանի գործոնն է. $S = 1$, եթե $V_0 > V_s$; $S = -1$, եթե $V_0 \leq V_s$:

- (D02.3) Ստորև բերված աղյուսակները ցույց են տալիս դիտված ռադիալ հեռավորությունը՝ $R_{\text{obs}}(t)$ (չափված $R_\odot$ -ով), որպես ֆունկցիա՝ t ժամանակից (ժամերով), երկու՝ CME-3 և CME-4 CME-ների համար: Յուրաքանչյուր աղյուսակի վերջին տվյալը (համապատասխանաբար D5 և P8) համապատասխանում է տվյալ CME-ի՝ Երկիր հասնելու ժամանակին: Այս մասի համար ենթադրեք, որ $V_s = 330$ կմ վ⁻¹:

CME-3		
Data point	t (in h)	$R_{\text{obs}}(t)$ (in $R_\odot$)
D1	0.200	6.36
D2	0.480	7.99
D3	1.22	11.99
D4	1.49	13.51
D5	58.05	214

CME-4		
Data point	t (in h)	$R_{\text{obs}}(t)$ (in $R_\odot$)
P1	1.00	4.00
P2	3.00	6.00
P3	4.00	9.00
P4	5.00	11.0
P5	21.0	43.0
P6	50.0	100
P7	85.0	170
P8	111	214

Մենք կգնահատենք, թե արդյոք «drag-only» մոդելը բավարար ճշտությամբ կանխատեսում է այս CME-ների ժամանման ժամանակները: Այս մոդելն օգտագործելու համար անհրաժեշտ է կատարել t_0 -ի, հետևաբար նաև R_0 -ի ու V_0 -ի պատշաճ ընտրություն:

- (D02.3a) CME-3-ի համար դիտարկեք հետևյալ երկու դեպքերը . [6]
 (C1) t_0 -ն ընդունվում է որպես D1 – D2 միջակայքի միջնակետ
 (C2) t_0 -ն ընդունվում է որպես D3 – D4 միջակայքի միջնակետ
 Ենթադրեք, որ արագությունը մնում է հաստատուն յուրաքանչյուր կոնկրետ D1–D2
 և D3–D4 միջակայքերում, բայց կարող է տարբերվել երկու միջակայքերի միջև:
 Օգտագործելով t_0 -ն, R_0 -ն և V_0 -ն՝ երկու դեպքերից յուրաքանչյուրի համար
 հաշվեք դիտված և կանխատեսված ռադիալ հեռավորությունների
 $\delta R_D \equiv R_{\text{obs}}(t) - R_D(t)$ տարբերությունը $t = 58.05$ ժ պահին՝ $R_\odot$ միավորներով:
- (D02.3b) (D02.3a)-ի նման մոտեցմամբ՝ CME-4-ի համար գնահատեք Արեգակի և Երկրի [4]
 միջև $R_D(t)$ հեռավորությունը P5, P6, P7 և P8 կետերում՝ հետևյալ երկու
 դեպքերում.
 (C3) t_0 -ն ընդունվում է որպես P1 – P2 միջակայքի միջնակետ
 (C4) t_0 -ն ընդունվում է որպես P3 – P4 միջակայքի միջնակետ:
- (D02.3c) Կառուցեք $R_D(t)$ -ի (արտահայտված $R_\odot$ -ով) կախվածությունը t -ից (ժամերով) C3 [10]
 և C4 դեպքերի համար՝ CME-4-ի P5, P6, P7 և P8 կետերում (նշեք ձեր գրաֆիկը
 որպես «D02.3c»): Նույն գրաֆիկի վրա գծեք $R_D(t)$ -ի սահուն (smooth/гладкий)
 կորերը վերոնշյալ երկու դեպքերի համար: Այս մասի համար x առանցքի
 տիրույթը վերցրեք 0-ից մինչև 180 ժամ:
- (D02.3d) Օգտագործելով գրաֆիկը, գնահատեք CME-4-ի Երկիր հասնելու իրական [4]
 ժամանակի և drag-only մոդելով կանխատեսված ժամանակի ժամանակի միջև
 $|\delta\tau|$ բացարձակ տարբերությունը C3 և C4 դեպքերից յուրաքանչյուրի համար:
- (D02.3e) Նշեք՝ արդյոք հետևյալ պնդումը ճիշտ է (TRUE), թե սխալ (FALSE)՝ answersheet-ում [1]
 նշելով (✓) համապատասխան վանդակը (գրավոր հիմնավորում չի
 պահանջվում).
 արեգակնային քամու կողմից CME-ների վրա ազդող դիմադրության ուժերը CME-
 3-ի համար գերակշռող են դառնում ավելի վաղ ժամանակում՝ քան CME-4-ի
 համար:
- (D02.4) D02.1 մասում նշված 10 CME-ների վրա ազդող գերակշռող ուժը համարեք drag-ը: [7]
 Ենթադրեք, որ «drag-only» մոդելը կիրառելի է Արեգակի մակերևույթից ($R_0 = 1 R_\odot$) և
 դրանից դուրս, բոլոր CME-ների համար:
 Գնահատեք և աղյուսակագրեք արևային քամու արագությունը V_s կմ վ⁻¹ յուրաքանչյուր
 CME-ի համար: Բացի այդ, գնահատեք արևային քամու միջին արագությունը $V_{s, \text{avg}}$ բոլոր 10
 CME-ների համար: