

(D01) ვგზოპლანეტების 30 წელი

[90 ქულა]

ჩვენ გამოვიკვლევთ ვგზოპლანეტების აღმოჩენის ორი ძირითადი მეთოდის - რადიული სიჩქარისა და ტრანზიტის - ზოგიერთ ასპექტს. ამ ამოცანის განმავლობაში განვიხილავთ კონკრეტულ სისტემას, რომელშიც ერთი პლანეტა (P) მოძრაობს წრიულ ორბიტაზე a რადიუსით მზის ტიპის ვარსკვლავის (S) გარშემო. ამ სისტემას ვუწოდებთ “SP სისტემას”.

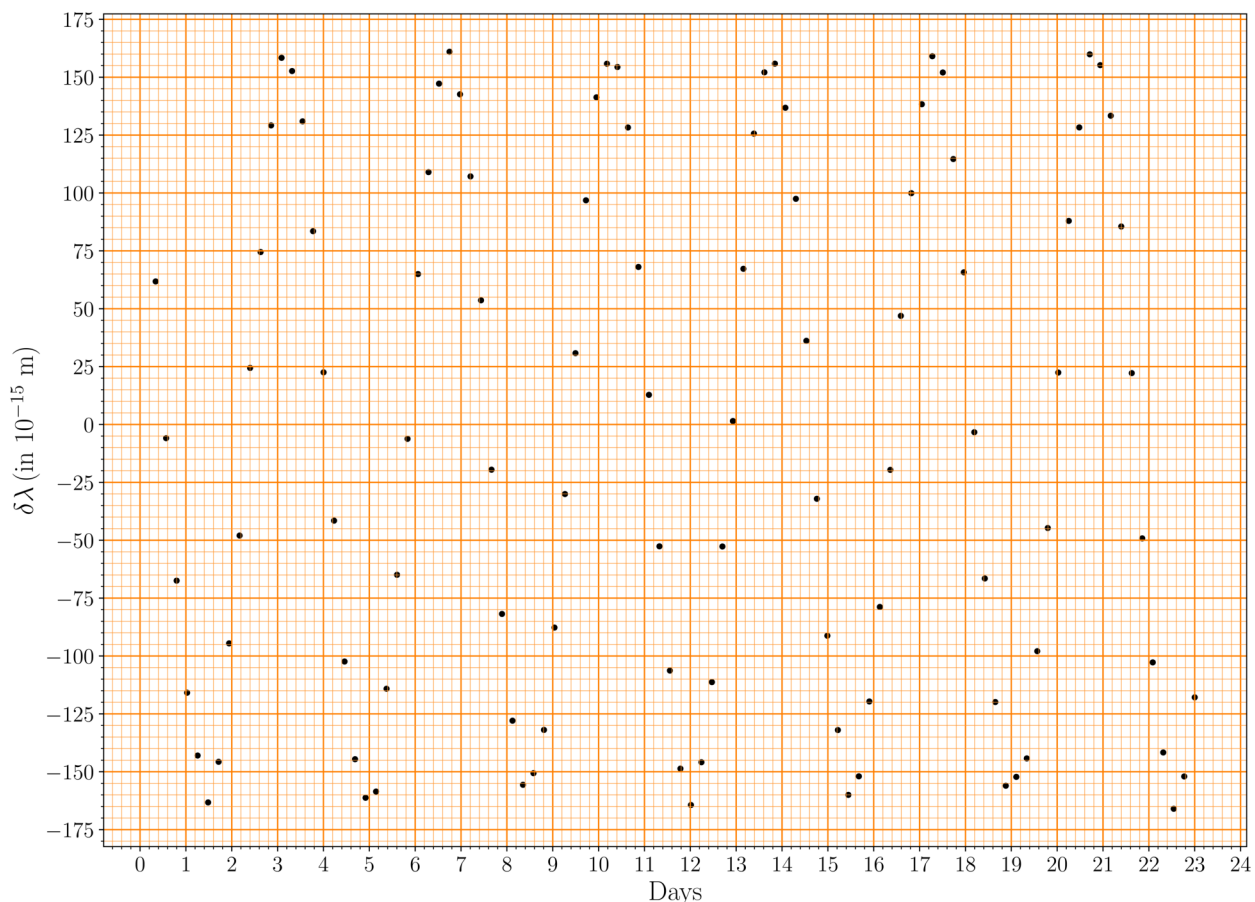
(D01.1) ვარსკვლავ S-ის ხილული სიდიდე V-სპექტრში არის 7.65 ± 0.03 მაგ, პარალაქსი არის 20.67 ± 0.05 მილიარქნამი, ხოლო ბოლომეტრული შესწორება (BC) არის -0.065 mag. შესაბამისად, ვარსკვლავის ბოლომეტრული განათებულობა შეტია ვარსკვლავის განათებულობაზე ვიზუალურ სპექტრში.

შეფასეთ ვარსკვლავის მასა, M_s (ერთეულებში $M_\odot$), თუ ჩავთვლით, რომ მასა-განათებულობის (M [8] $-L$) დამოკიდებულება მოცემულია შემდეგი ფორმით: $L \propto M^4$. ასევე შეაფასეთ M_s -ის ცდომილება. შესაძლოა დაგჭირდეთ შემდეგი გამოსახულება: $d \ln x / dx = 1/x$.

რადიალური სიჩქარის მეთოდი

რადიალური სიჩქარის მეთოდი იყენებს დოპლერის წანაცვლებას $\delta\lambda \equiv \lambda_{\text{obs}} - \lambda_0$ დაკვირვებული ტალღის სიგრძესა λ_{obs} და სპექტრალური ხაზის ცნობილ ლაბორატორიულ ტალღის სიგრძეს λ_0 შორის, რათა აღმოაჩინოს ვგზოპლანეტა და განსაზღვროს მისი მახასიათებლები.

ქვემოთ მოცემული სურათი აჩვენებს SP სისტემის მიერ დანახულ $\delta\lambda$ Fe I ხაზს ($\lambda_0 = 543.45 \times 10^{-9}$ მ) დროის ფუნქციად.



რადიალური სიჩქარის ნახევრადამპლიტუდა K განისაზღვრება როგორც $K \equiv (v_{r, \text{max}} - v_{r, \text{min}})/2$, სადაც $v_{r, \text{max}}$ და $v_{r, \text{min}}$ არიან მაქსიმალური და მინიმალური რადიალური სიჩქარეები, შესაბამისად. წრიული პლანეტარული ორბიტისთვის ნახევრადამპლიტუდა K შეიძლება დაინეროს როგორც:

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

, სადაც T არის პერიოდი, i არის პლანეტარული ორბიტის დახრილობა (კუთხე პლანეტის ორბიტალური სიბრტყის ნორმალსა და დამკვირვებლის ხედვის ხაზს შორის), M_p და M_s არიან პლანეტისა და ვარსკვლავის მასები, შესაბამისად.

(D01.2) გამოიყენეთ ზემოთ მოცემული გრაფიკი Summary Answersheet-ში (მობრუნებული 90 deg-ით) შემდეგ კითხვებზე პასუხის გასაცემად.

(D01.2a) დახაზეთ გრაფიკზე ნაჩვენები დაკვირვებული მონაცემების შესაბამისი გლუვი მრუდი. [2]

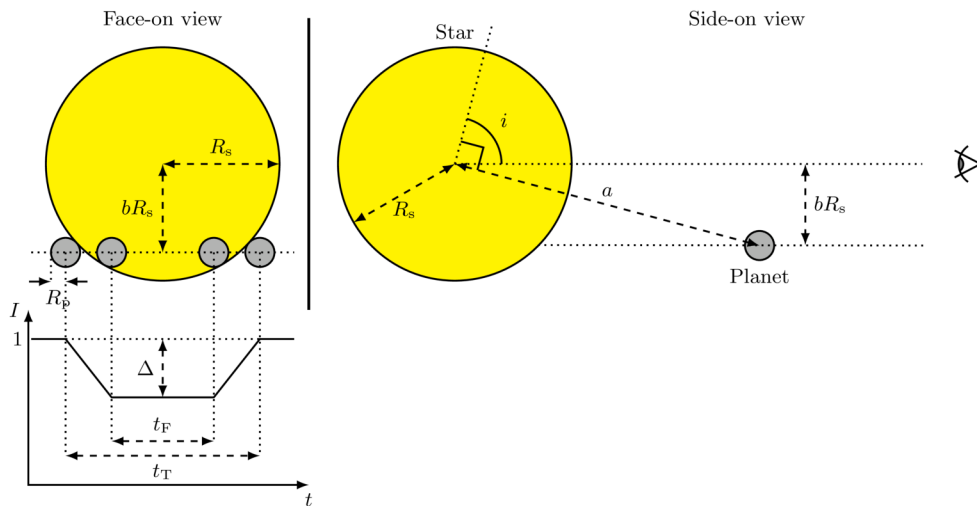
(D01.2b) შეარჩიეთ შესაბამისი წერტილები თქვენს დახაზულ მრუდზე და გამოიყენეთ შესაფერისი მეთოდები T -ს, K -სა და მათი შესაბამისი ცდომილებების განსაზღვრისთვის. ყველა მონაცემთა წერტილი, რომელიც გამოყენებული გეხებათ T და K -ს გამოთვლაში, უნდა აჩვენოთ Summary Answersheet-ში. ცხრილის დანარჩენი ნაწილი გამოიყენეთ შუალედური გამოთვლების საჩვენებლად, საჭიროებისამებრ, შესაბამისი სათაურებით. [11]

(D01.2c) იპოვეთ პლანეტის მინიმალური მასა $M_{p, \min}$ (ერთეულებში $M_\odot$), და მისი შესაბამისი ცდომილება, თუ ვივარაუდებთ, რომ $M_p \ll M_s$. [5]

(D01.2d) ნაწილი (D01.2c)-ში შეფასებული $M_{p, \min}$ მნიშვნელობის გამოყენებით, გამოთვალეთ პლანეტის ორბიტის დიდი ნახევარღერძის მინიმალური მნიშვნელობა, $a_{\min}$, au-ში და მისი ცდომილება. [4]

ტრანზიტის მეთოდი (კიდურის დაბნელების გარეშე)

ქვემოთ ნაჩვენებია პლანეტის ტრანზიტის სქემატური დიაგრამა (მასშტაბები არაა დაცული). თავდაპირველად, ჩავთვლით, რომ ვარსკვლავის დისკს აქვს ერთგვაროვანი საშუალო ინტენსივობა, რომელსაც თან ახლავს ცოტაოდენი ვარსკვლავისგან გამომწვეული მიდა ხმაური.



ნორმალიზებული ინტენსივობის, I , სინათლის მრუდი, როგორც დროის t ფუნქცია, ნაჩვენებია ზემოთ ტრანზიტის სქემატურ დიაგრამაში. ტრანზიტის გარეთ ვარსკვლავის საშუალო ინტენსივობა აღებულია ერთეულად. ინტენსივობის მაქსიმალური შემცირება მოცემულია Δ ნორმალიზებულ სინათლის მრუდში. ერთგვაროვნად ნათელი ვარსკვლავის დისკისთვის, პლანეტის რადიუსი, R_p , დაკავშირებულია Δ -სთან, როგორც

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

სადაც R_s ვარსკვლავის რადიუსია.

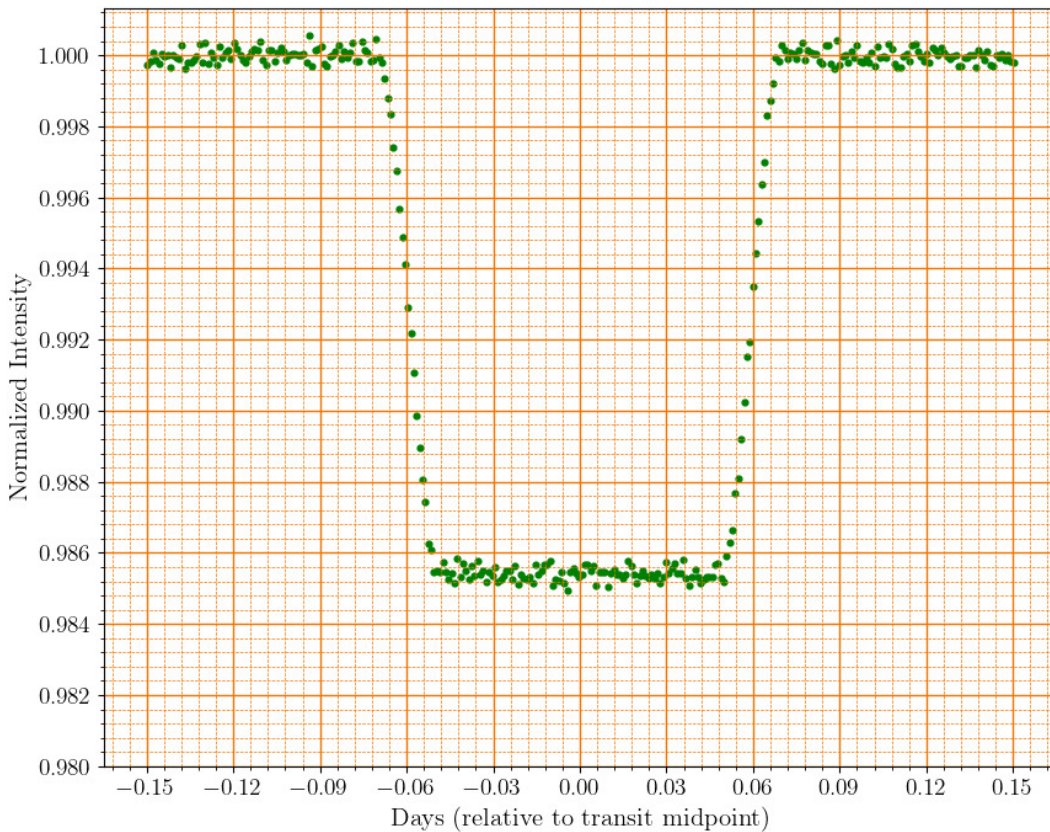
ტრანზიტის სრული ხანგრძლივობა (როდესაც მთლიანი პლანეტა ან მისი ნაწილი ვარსკვლავის დისკს ფარავს) მოცემულია t_T -ით, ხოლო t_F აღნიშნავს ხანგრძლივობას, როდესაც პლანეტა სრულად ვარსკვლავის დისკის წინ მდებარეობს. „სამიზნე პარამეტრი“ b არის პლანეტასა და ვარსკვლავის დისკის ცენტრს შორის პროექციებული მანძილი ტრანზიტის შუა წერტილში, ვარსკვლავის რადიუსის ერთეულებში, R_s .

თითქმის კიდევ მყოფი ვარსკვლავ-პლანეტის ორბიტისთვის, ზემოქმედების პარამეტრი მოიცემა ფორმულით

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

- (D01.3) SP სისტემისთვის, ვარსკვლავის რადიუსი ცნობილია როგორც $R_s = 1.20R_\odot$, და პლანეტის ტრანზიტს ნამდვილად შეჰყვება. მინიმალური ორბიტალური რადიუსის გამოყენებით, $a_{\min}$, რომელიც შეფასეთ ნაწილში (D01.2d), იპოვეთ $i_{\min}$ დახრილობის კუთხის მინიმალური მნიშვნელობა. [3]

ვარსკვლავის დისკის ერთგვაროვანი სიკაშკაშის დაშვებით, ტრანზიტის სინათლის მრუდი გამოიყურება როგორც ნაჩვენებია ქვემოთ.



- (D01.4) მოცემული სინათლის მრუდის გამოყენებით უპასუხეთ შემდეგ კითხვებს. ცნობისთვის, ზემოთ მოცემული სინათლის მრუდი აგრეთვე მოცემულია Summary Answersheet-ში.

- (D01.4a) შეაფასეთ t_T და t_F მნიშვნელობები დღეებში, გრაფზე შესაბამისი მონიშვნებით. [3]
- (D01.4b) შეაფასეთ Δ -ს საშუალო მნიშვნელობა გრაფიკზე შესაბამისი მონაცემების მონიშვნით და შედეგად გამოთვალეთ R_p ერთეულებში $R_\odot$. [2]
- (D01.4c) განსაზღვრეთ i -ს მნიშვნელობა გრადუსებში, თუ ორბიტალური რადიუსია $a_{\min}$. [2]

კიდურის დაბნელების გაცნობა

აქამდე ვივარაუდეთ, რომ ვარსკვლავის დისკი ერთგვაროვნად ნათელია. სინამდვილეში, ვარსკვლავის დისკის დაკვირვებული სიკაშკაშე არ არის ერთგვაროვანი "კიდურის დაბნელების" გამო — ოპტიკური ეფექტი, სადაც

ვარსკვლავის დისკის ცენტრალური ნაწილი უფრო ნათელია, ვიდრე კიდე, ანუ "კიდური".

კიდურის დაბნელების ეფექტი შეიძლება გაიზომოს შედარებით ინტენსივობით $J(\theta) \equiv \frac{I(\theta)}{I(0)}$, სადაც θ არის კუთხე, რომელიც წარმოიქმნება ვარსკვლავის ზედაპირის ნორმალსა და დამკვირვებელს შორის, $I(\theta)$ არის ვარსკვლავის დისკის დაკვირვებული ინტენსივობა ამ წერტილში ($I(0)$ ინტენსივობაა ვარსკვლავის დისკის ცენტრში). შორეული დამკვირვებლისთვის, θ იცვლება $\theta = 0$ (დისკის ცენტრი) -დან $\theta \approx 90^\circ$ (დისკის კიდე).

(D01.5) ქვემოთ მოცემული ცხრილი აჩვენებს მზისთვის გაზომილ $J(\theta)$ -ს გარკვეულ ტალღის სიგრძეზე. ვივარაუდებთ, რომ იგივე კიდურის დაბნელების პროფილი მოქმედებს ვარსკვლავ S-ზე.

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

კიდურის დაბნელების პროფილი შეიძლება მოდელირებული იყოს კვადრატული ფორმულით:

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

სადაც a_1 და a_2 ორი მუდმივაა.

ჩვენ შევაფასებთ უცნობ a_1 და a_2 მუდმივებს მოცემული მონაცემებიდან შესაბამისი ცვლადების გრაფიკის შედგენით.

(D01.5a) აირჩიეთ ცვლადების წყვილი (x_1, y_1) , რომლებიც θ -ს და J -ს შესაფერუსი ფუნქციებია [2]
და რომელთა გრაფიკზე გამოსახვაც გასურთ x და y ღერძებზე, შესაბამისად, რათა განსაზღვროთ a_1 და a_2 . დაწერეთ x_1 -ისა და y_1 -ის გამოსახულებები.

თუ გჭირდებათ დამატებითი ცვლადების განსაზღვრა დამატებითი გრაფიკებისთვის, განსაზღვრეთ ისინი როგორც (x_2, y_2) და ა.შ.

(D01.5b) გააკეთეთ გრაფიკებისთვის საჭირო მნიშვნელობების ცხრილი. [4]

(D01.5c) ახლად დათვლილი ცვლადები გამოსახეთ მოცემულ გრაფიკულ ქაღალდზე (მონიშნეთ თქვენი გრაფიკი როგორც "D01.5c"). [7]

(D01.5d) მიიღეთ a_1 და a_2 გრაფიკიდან. მნიშვნელობების ცდომილება საჭირო არაა. [7]

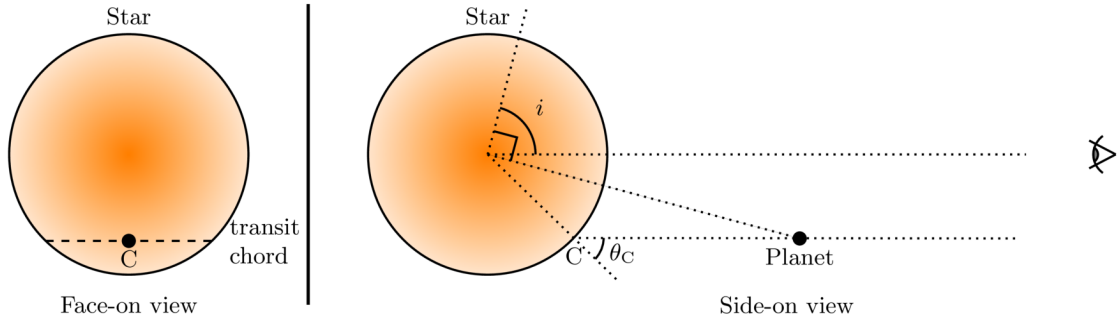
ტრანზიტი კიდეების დაბნელების არსებობისას

ახლა განვიხილოთ პლანეტარული ტრანზიტები კიდურებ დაბნელებული ვარსკვლავის დისკზე. კიდურების დაბნელების არსებობისას, რომელსაც მოდელირებას გაუუკეთებთ ზემოთ მოცემული $J(\theta)$ -ს კვადრატული ფორმულით, მთელი ვარსკვლავის დისკის საშუალო დაკვირვებული ინტენსივობა (ტრანზიტის გარეშე), $\langle I \rangle$, მოცემულია შემდეგნაირად:

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

გარდა ამისა, ტრანზიტული პლანეტის მიერ გამოწვეული სინათლის ვარდნა ახლა დამოკიდებულია არა მხოლოდ პლანეტისა და ვარსკვლავის შედარებით ზომაზე, $\left(\frac{R_p}{R_s} \right)$, არამედ ვარსკვლავის დისკის ინტენსივობის პროფილზეც ტრანზიტის ხაზზე, რაც თავის მხრივ დამოკიდებულია დახრილობის კუთხეზე, i .

ქვემოთ მოცემული სქემატური დიაგრამა (არ არის მასშტაბით) აჩვენებს კონფიგურაციას. გაითვალისწინეთ, რომ ვარსკვლავის ნათელი ნაწილი უფრო მუქადაა ნაჩვენები, ხოლო პლანეტა შავი წერტილია.



აქ კავშირი $\left(\frac{R_p}{R_s}\right)$ -სა და გაზომილ Δ -ს შორის სინათლის მრუდიდან არის

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

სადაც $I(\theta_C)$ ვარსკვლავის დისკის ინტენსივობაა ტრანზიტის ხაზის შუა წერტილში (წერტილი C ზემოთ მოცემულ ფიგურაში), θ_C არის კუთხე ხილვის ხაზსა და ზედაპირზე ნორმალს შორის იმ წერტილში. ზემოთ მოცემულიდან ამკარაა, რომ მოცემული ვარსკვლავისთვის, იგივე Δ -ს კონკრეტული მნიშვნელობა შეიძლება წარმოიქმნას პლანეტის ზომის, R_p , და დახრილობის კუთხის i მრავალი კომბინაციით.

(D01.6) შესაძლებელია უნიკალურად განისაზღვროს როგორც R_p , ასევე i ორი ტალღის სიგრძეზე ტრანზიტული სინათლის მრუდების მონაცემების გამოყენებით, მაგალითად, λ_B (ლურჯი) და λ_R (წითელი). ამ ორი ტალღის სიგრძისთვის კიდურების დაბნელების მუდმივები მოცემულია ქვემოთ:

ტალღის სიგრძე	a_1	a_2
λ_B	0.82	0.05
λ_R	0.24	0.20

(D01.6a) აირჩიეთ სწორი წინადადება შემდეგიდან, რომელიც აღწერს λ_B -სთვის ტრანზიტის მაქსიმალურ სიღრმეს Δ -სა და ორბიტის დახრილობის კუთხის (i)-ს შორის დამოკიდებულებას და მონიშნეთ იგი (✓) შეჯამების პასუხების ფურცელში. [2]

- A. Δ იზრდება i -ის შემცირებით.
- B. Δ კლებულობს i -ის შემცირებით.
- C. Δ დამოუკიდებელია i -ისგან.

(D01.6b) ტრანზიტის მაქსიმალური სიღრმე (Δ) "SP სისტემისთვის" იყო 0.0182 და 0.0159, λ_B და λ_R ტალღის სიგრძეებისთვის შესაბამისად. [4]

მოცემულ გრაფიკზე დახაზეთ სქემატური ტრანზიტის სინათლის მრუდები როგორც λ_B -სთვის, ასევე λ_R -სთვის და მონიშნეთ მრუდები "B" და "R"-ით შესაბამისად. ვივარაუდოთ, რომ ტრანზიტის საერთო ხანგრძლივობა ორივე ტალღის სიგრძისთვის ერთნაირია. მრუდებმა არაა აუცილებელი დაიცვან პროპორციები, მაგრამ ისინი უნდა ასახავდნენ სინათლის მრუდების ფორმებს სწორად.

(D01.7) ჩვენ გამოვიყენებთ გრაფიკულ მეთოდს, რათა ვიპოვოთ R_p -სა და i -ს მნიშვნელობები SP სისტემისთვის λ_B -სა და λ_R -ისთვის გაზომილი Δ -ს სიდიდეების გამოყენებით. [6]

(D01.7a) დაწერეთ შესაბამისი გამოსახულება, რომელიც აკავშირებს შესაბამის ცვლადებს, რომლებიც უნდა წარმოადგინოთ გრაფიკულად. (მინიმუმ: შეგიძლიათ განიხილოთ i ან b , და R_p , შესაბამის ცვლადებს შორის.) [6]

(D01.7b) გააკეთეთ გრაფიკულად წარმოსადგენი შესაბამისი მნიშვნელობების ცხრილი. [5]

- (D01.7c) შექმენით შესაბამისი გრაფიკი და მონიშნეთ როგორც "D01.7c". [7]
- (D01.7d) შეფასეთ R_p -სა ($R_\odot$ ერთეულით) და i -ს (გრადუსებში) მნიშვნელობები გრაფიკიდან. [4]
- (D01.8) ამ ამოცანაში მიღებული შედეგების საფუძველზე, მიუთითეთ, პლანეტა P „ქვიანია“ თუ „გაზოვანი“ შესაბამის ველში (✓)-ის მონიშვნით Summary Answersheet-ში. [2]

(D02) კორონალური მასის გამონატყორცნების დედამიწაზე მოღწევის დროის პროგნოზირება [60 ქულა]

მზე პერიოდულად გამოყოფს მაგნიტიზებულ პლაზმას, რომელსაც კორონალური მასის გამონატყორცნები (CMEs) ეწოდება, რომლებიც მზის ზედაპირიდან წარმოიქმნება და გარეთ ვრცელდება. მათი დედამიწაზე ჩამოღწევის დროის ზუსტი პროგნოზირება მნიშვნელოვანია დედამიწის ორბიტაზე მყოფი სატელიტების შესაძლო ზემოქმედების გასაგებად და შესაძლებელად. ამ ამოცანაში, ჩვენ მიზნად ვისახავთ CME-ების ჩამოსვლის დროის პროგნოზირებას ემპირიული მოდელის მეშვეობით - 10 CME-ის მონაცემების გამოყენებით. ამ ამოცანის განმავლობაში, მზის ზედაპირიდან დედამიწამდე მანძილი მიღებულია როგორც $214R_{\odot}$.

გარდა ამისა, ვივარაუდოთ, რომ მზე არ ბრუნავს. ელექტრომაგნიტური, გრავიტაციული და "ხახუნის" ძალების გამო, CME-ები განიცდიან ცვალებად აჩქარებას მათი გავრცელების განმავლობაში. ამ ამოცანის პირველ ორ ნაწილში, ვივარაუდოთ, რომ მზესა და დედამიწას შორის რეგიონი ვაკუუმი.

CME ვაკუუმი.

(D02.1) სანყის სიჩქარე, u , მზის ზედაპირზე ($= 1R_{\odot}$), საბოლოო სიჩქარე, v , დედამიწაზე მიღწევისას და დრო, რომელიც საჭიროა დედამიწაზე მისასვლელად მზის ზედაპირის დატოვების შემდეგ (საათებში), τ , მოცემულია 10 CME-სთვის შემდეგ ცხრილში.

კორონალური მასის გამონატყორცნი	u	v	τ
სახელი	(კმ წმ ⁻¹)	(კმ წმ ⁻¹)	(სთ)
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) გამოთვალეთ საშუალო აჩქარება, a , თითოეული CME-სთვის მ/წმ²-ში. [3]

(D02.1b) ჩვენ ვუშვებთ ემპირიულ მოდელს CME-ის აჩქარებისთვის, a_{model} , რომელიც დამოკიდებულია მის სანყის სიჩქარეზე u , როგორც $a_{\text{model}} = m \left(\frac{u}{u_0} \right) + \alpha$; სადაც a_{model} გამოსახულია მ/წმ²-ში, u გამოსახულია კმ/წმ-ში და $u_0 = 1.00 \times 10^3$ კმ/წმ.

განსაზღვრეთ m და α მუდმივები და მათთან დაკავშირებული ცდომილებები [15] შესაბამისი გრაფიკის გამოყენებით (მონიშნეთ თქვენი გრაფიკი როგორც "D02.1b").

(D02.1c) თითოეული CME-სთვის, ცხრილის სახით ჩაწერეთ a_{model} მ/წმ²-ში. შედეგად გამოთვალეთ აჩქარებების საშუალო კვადრატული გადახრა, δa_{rms} , გამოთვლილ აჩქარებასა, a , და მოდელით მიღებულ მნიშვნელობებს შორის, a_{model} . [4]

(D02.2) ჩვენ განვიხილავთ ორ სხვა CME-ს: CME-1 და CME-2, სანყის სიჩქარეებით, $u = 1044$ კმ წმ⁻¹ და 273 კმ წმ⁻¹, შესაბამისად.

(D02.2a) (D02.1b)-ში მიღებული ემპირიული მოდელის გამოყენებით, გამოთვალეთ დედამიწაზე მოსვლის პროგნოზირებული დროები, $\tau_{1, m}$ და $\tau_{2, m}$ (საათებში), შესაბამისად CME-1 და CME-2-ისთვის. [4]

- (D02.2b) CME-1 და CME-2-ის დედამინაზე მოსვლის დაკვირვებული დროებია 46.0 სთ და 74.5 სთ, შესაბამისად. ემპირიული მოდელი ითვლება ვალიდურად კონკრეტული CME-სთვის, თუ მისი პროგნოზირებული მოსვლის დრო მისი დაკვირვებული მოსვლის დროის პლიუს-მინუს 20%-შია; წინააღმდეგ შემთხვევაში, ის არ არის ვალიდური. მიუთითეთ მოდელის ვალიდურობა თითოეული CME-სთვის შესაბამისი ყუთის მონიშვნით (✓) Summary Answersheet-ში. [2]

CME-ები მზის ქარის პრობებში

რეალურად, სივრცე მზესა და დედამინას შორის სავსეა მზის ქარით, რომელიც ზემოქმედებს CME-ებზე "ხახუნის" ძალებით. ამ ხახუნის ძალას შეუძლია შეანელოს ან აჩქაროს CME. ეს დამოკიდებულია CME-ის სიჩქარეზე მზის ქარის სიჩქარესთან მიმართებით. მზის ქარის გავლენის გასათვალისწინებლად, ჩვენ გამოვიყენებთ „მხოლოდ ხახუნის“ მოდელს მანძილებისთვის $R_{obs}(t) \geq R_0$, სადაც R_0 არის მანძილი, რომლის მიღმაც დინების ძალა ხდება დომინანტური ძალა, რომელიც გავლენას ახდენს CME-ის მოძრაობაზე.

მანძილი მზის ზედაპირიდან, რომელიც განსაზღვრულია „მხოლოდ ხახუნის“ მოდელით, $R_D(t)$, და სიჩქარე, $V_D(t)$, CME-ს ამ მოდელში მოცემულია როგორც

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

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

სადაც, $\gamma = 2 \times 10^{-8}$ კმ⁻¹, V_s არის მზის ქარის მუდმივი სიჩქარე, R_0 და V_0 არის მანძილი და სიჩქარე, შესაბამისად, t_0 მომენტში და S არის ნიშნის კოეფიციენტი. $S = 1$ თუ $V_0 > V_s$; $S = -1$ თუ $V_0 \leq V_s$.

- (D02.3) ქვემოთ მოცემული ცხრილები აჩვენებს მზის ზედაპირიდან გაზომილ რადიალურ მანძილს, $R_{obs}(t)$ (გაზომილი $R_\odot$), დროის ფუნქციად, t (საათებში), ორი CME-ისთვის: CME-3 და CME-4. თითოეული ცხრილის ბოლო მონაცემი (შესაბამისად D5 და P8) შეესაბამება შესაბამისი CME-ის დედამინაზე მოსვლის დროს. ამ ნაწილში, დაეუშვათ, რომ $V_s = 330$ კმ წმ⁻¹.

CME-3			CME-4		
მონაცემთა ნერტილი	t (საათებში)	$R_{obs}(t)$ ($R_\odot$)	მონაცემთა ნერტილი	t (საათებში)	$R_{obs}(t)$ ($R_\odot$)
D1	0.200	6.36	P1	1.00	4.00
D2	0.480	7.99	P2	3.00	6.00
D3	1.22	11.99	P3	4.00	9.00
D4	1.49	13.51	P4	5.00	11.0
D5	58.05	214	P5	21.0	43.0
			P6	50.0	100
			P7	85.0	170
			P8	111	214

ჩვენ შევაფასებთ, "მხოლოდ ხახუნის" მოდელი დამაკმაყოფილებლად პროგნოზირებს თუ არა ამ CME-ების მოსვლის დროს. ამ მოდელის გამოსაყენებლად საჭიროა t_0 -ის სათანადო არჩევანი გავაკეთოთ, რომელიც შეესაბამება R_0 -ს და V_0 -ს.

- (D02.3a) CME-3-ისთვის, განიხილეთ შემდეგი ორი შემთხვევა: [6]
 (C1) t_0 აღებულია როგორც D1 – D2 შუალედის შუანერტილი
 (C2) t_0 აღებულია როგორც D3 – D4 შუალედის შუანერტილი
 ვივარაუდოთ, რომ სიჩქარე მუდმივია თითოეულ კონკრეტულ შუალედში D1–D2 და D3–D4, მაგრამ შეიძლება განსხვავდებოდეს ამ ორ შუალედს შორის.
 გამოიყენეთ t_0 , R_0 და V_0 , გამოთვალეთ სხვაობა დაკვირვებულ და პროგნოზირებულ რადიალურ მანძილებს შორის $\delta R_D \equiv R_{obs}(t) - R_D(t)$ $t = 58.05$ სთ მომენტში, თითოეულისთვის ამ ორი შემთხვევიდან. პასუხი ჩაწერეთ ერთეულებში $R_\odot$.
- (D02.3b) შეაფასეთ $R_D(t)$ მზესა და დედამიწას შორის მდებარე P5, P6, P7 და P8 წერტილებში CME-4-ისთვის შემდეგ ორ შემთხვევაში, (D02.3a) პროცედურის მსგავსად: [4]
 (C3) t_0 აღებულია როგორც P1 – P2 შუალედის შუანერტილი
 (C4) t_0 აღებულია როგორც P3 – P4 შუალედის შუანერტილი.
- (D02.3c) გააკეთეთ გრაფიკი $R_D(t)$ (ერთეულებში $R_\odot$) vs t (საათებში) ორი შემთხვევისთვის, C3 და C4, CME-4-ისთვის წერტილებში, P5, P6, P7 და P8 (მონიშნეთ თქვენი გრაფიკი როგორც “D02.3c”). იმავე გრაფიკზე, დახაზეთ გლუვი მრუდები $R_D(t)$ ზემოთ აღნიშნული ორი შემთხვევისთვის. ამ ნაწილისთვის, აიღეთ x ღერძის დიაპაზონი 0-დან 180 სთ-მდე. [10]
- (D02.3d) გამოიყენეთ გრაფიკი, შეაფასეთ აბსოლუტური სხვაობა $|\delta\tau|$ CME-4-ის დედამიწაზე ნამდვილი ჩამოსვლის დროსა და “მხოლოდ ხახუნის” მოდელის მიხედვით მისი ჩამოსვლის პროგნოზირებულ დროს შორის, თითოეული შემთხვევისთვის C3 და C4. [4]
- (D02.3e) მიუთითეთ, შემდეგი დებულება ჭეშმარიტია თუ მცდარი, Summary Answersheet-ებში შესაბამისი კვადრატის (✓)-ით მონიშვნით (არ არის საჭირო წერილობითი დასაბუთება): [1]
 “მზის ქარის მიერ CME-ებზე მოქმედი ხახუნის ძალები CME-3-ისთვის უფრო ადრე ხდება დომინანტური, ვიდრე CME-4-ისთვის”.
- (D02.4) განიხილეთ ხახუნის ძალა, როგორც მთავარი ძალა, რომელიც მოქმედებს 10 CME-ზე D02.1 ნაწილში. ვივარაუდოთ, რომ „მხოლოდ ხახუნის“ მოდელი ვრცელდება მზის ზედაპირიდან ($R_0 = 1 R_\odot$) და მის მიღმა, ყველა CME-სთვის. შეაფასეთ და ცხრილში მოათავსეთ მზის ქარის სიჩქარე V_s კმ/წმ-ში თითოეული CME-სთვის. გარდა ამისა, შეაფასეთ საშუალო მზის ქარის სიჩქარე $V_{s, avg}$ ყველა 10 CME-სთვის. [7]