

(D1) **ორმაგი სისტემის პულსარი**

ბოლო ათ წელიწადში სისტემატური ძიების შედეგად ასტრონომებმა აღმოაჩინეს დიდი რაოდენობით მილიწამიანი პულსარები (საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი < 10 მწმ). მათი უმეტესობა არის ორმაგ ვარსკვლავურ (ბინარულ) სისტემაში და თითქმის წრიული ორბიტები აქვთ.

ბინარულ ორბიტაზე მყოფი პულსარის გაზომილი საკუთარი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი (P) და გაზომილი რადიალური აჩქარება (a) სისტემატურად იცვლება ორბიტაზე მოძრაობის გამო. წრიული ორბიტებისათვის ეს ცვლილება, შეიძლება აღიწეროს მათემატიკურად ორბიტული ფაზის, ϕ ($0 \leq \phi \leq 2\pi$), საშუალებით.

$$P(\phi) = P_0 + P_t \cos\phi \quad \text{სადაც } P_t = \frac{2\pi P_0 r}{c P_B}$$

$$a(\phi) = -a_t \sin\phi \quad \text{სადაც } a_t = \frac{4\pi^2 r}{P_B^2}$$

სადაც P_B არის ორმაგი სისტემის ორბიტული პერიოდი, P_0 არის საკუთარის რეალური თავისი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდი და r არის ორბიტის რადიუსი.

შემდეგი ცხრილი გვიჩვენებს P -ს და a -ს მნიშვნელობებს სხვადასხვა დროისათვის, T , რომელიც გამოსახულია შემცირებულ მოდიფიცირებული იულიუსის დღეებში (tMJD), ანუ დღეების რაოდენობა MJD = 2,440,000-დან.

No.	T (tMJD)	P (მკ წმ)	a (მ წმ ⁻²)
1	5740.654	7587.8889	- 0.92 ± 0.08
2	5740.703	7587.8334	- 0.24 ± 0.08
3	5746.100	7588.4100	- 1.68 ± 0.04
4	5746.675	7588.5810	+ 1.67 ± 0.06
5	5981.811	7587.8836	+ 0.72 ± 0.06
6	5983.932	7587.8552	- 0.44 ± 0.08
7	6005.893	7589.1029	+ 0.52 ± 0.08
8	6040.857	7589.1350	+ 0.00 ± 0.04
9	6335.904	7589.1358	+ 0.00 ± 0.02

$a(\phi)$ -ს როგორც $P(\phi)$ -ს ფუნქციის გრაფიკის აგებით ვიღებთ პარამეტრულ წირს. როგორც ზემოთ მოცემული დამოკიდებულებიდან ჩანს, ეს წირი პერიოდ-აჩქარების სიბრტყეზე წარმოადგენს ელიფსს.

ამ ამოცანაში ამ მონაცემების ანალიზით ჩვენ შევავსებთ პულსარის საკუთარ რეალურ თავისი ღერძის გარშემო ბრუნვის პერიოდს, P_0 , ორბიტულ პერიოდს, P_B , და ორბიტის რადიუსს, r , იმ დაშვებით რომ ორბიტა წრიულია.

(D1.1) ააგეთ ამ მონაცემების გრაფიკი, ცდომილების ჩვენებით, პერიოდ-აჩქარების სიბრტყეზე (გრაფიკს მიაწერეთ “D1.1”). 7

(D1.2) დახაზეთ ელიფსი, რომელიც ყველაზე კარგად შეესაბამება მოცემულ მონაცემებს (იმავე “D1.1” გრაფიკზე). 2

(D1.3) გრაფიკიდან შეაფასეთ, P_0 , P_t და a_t , ცდომილების სიდიდეების ჩვენებით. 7

(D1.4) P_0 , P_t , a_t საშუალებით დაწერეთ P_B -ს და r -ის გამოსახულებები. 4

(D1.5) (D1.3)-ის შეფასებების გამოყენებით გამოთვალეთ P_B -ს და r -ის მიახლოებითი მნიშვნელობა, ცდომილებების სიდიდეების ჩვენებით. 6

(D1.6) გამოთვალეთ ორბიტული ფაზა, ϕ , რომელიც შეესაბამება ზემო ცხრილში მოცემული ხუთი დაკვირვების დროს, რომელთა რიგითი ნომრებია (No.): 1, 4, 6, 8, 9. 4

(D1.7) გააუმჯობესეთ ორბიტული პერიოდის, P_B , შეფასების სიზუსტე (D1.6)-ის შედეგების გამოყენებით, შემდეგნაირად:

(D1.7a) ჯერ განსაზღვრეთ საწყისი დრო, T_0 , რომელიც შეესაბამება ნულოვან ორბიტულ ფაზასთან მყოფ უახლოეს დროს პირველ დაკვირვებამდე. 2

(D1.7b) თითოეული დაკვირვებისას შეფასებული ორბიტული ფაზის მოსალოდნელი დრო, T_{calc} , მოიცემა ფორმულით, 7

$$T_{calc} = T_0 + \left(n + \frac{\phi}{360^\circ} \right) P_B,$$

სადაც n არის ორბიტული ფაზის ციკლების სრული რაოდენობა, რომელიც შესრულდა T_0 -სა და T_{calc} -ს შორის. შეაფასეთ n და T_{calc} თითოეული დაკვირვებისთვის (D1.6)-ში ნაპოვნი ხუთი მონაცემიდან. ჩაინიშნეთ T_{0-c} სხვაობა T -სა და T_{calc} -ს შორის. ეს გამოთვლები ჩაწერეთ შემაჯამებელი პასუხების ფურცლის გამოყოფილ ადგილას.

(D1.7c) ააგეთ T_{0-c} -ის n -ზე დამოკიდებულების გრაფიკი (გრაფიკს მიაწერეთ "D1.7"). 4

(D1.7d) განსაზღვრეთ ახალი, უფრო ზუსტად შეფასებული საწყისი დროის, $T_{0,r}$, და ორბიტული პერიოდის, $P_{B,r}$ მნიშვნელობები. 7

(D2) მანძილი მთვარემდე

2015 წლის სექტემბერში აღებული მთვარის გეოცენტრული მონაცემები მოცემულია ქვედა ცხრილში. თითოეული მონაცემი აღებულია უნივერსალური დროით 00:00-ზე.

თარიღი	მარჯვენა აღლენა (α)			ეკვატორის მიმართ დახრილობა (δ)			კუთხური ზომა (θ)	ფაზა (ϕ)	მთვარის ელონგაცია
	სთ(h)	წთ(m)	წმ(s)	°	'	"			
Sep 01	0	36	46.02	3	6	16.8	1991.2	0.927	148.6° W
Sep 02	1	33	51.34	7	32	26.1	1974.0	0.852	134.7° W
Sep 03	2	30	45.03	11	25	31.1	1950.7	0.759	121.1° W
Sep 04	3	27	28.48	14	32	4.3	1923.9	0.655	107.9° W
Sep 05	4	23	52.28	16	43	18.2	1896.3	0.546	95.2° W
Sep 06	5	19	37.25	17	55	4.4	1869.8	0.438	82.8° W
Sep 07	6	14	19.23	18	7	26.6	1845.5	0.336	70.7° W
Sep 08	7	7	35.58	17	23	55.6	1824.3	0.243	59.0° W
Sep 09	7	59	11.04	15	50	33.0	1806.5	0.163	47.5° W
Sep 10	8	49	0.93	13	34	55.6	1792.0	0.097	36.2° W
Sep 11	9	37	11.42	10	45	27.7	1780.6	0.047	25.1° W
Sep 12	10	23	57.77	7	30	47.7	1772.2	0.015	14.1° W
Sep 13	11	9	41.86	3	59	28.8	1766.5	0.001	3.3° W
Sep 14	11	54	49.80	0	19	50.2	1763.7	0.005	7.8° E
Sep 15	12	39	50.01	-3	20	3.7	1763.8	0.026	18.6° E
Sep 16	13	25	11.64	-6	52	18.8	1767.0	0.065	29.5° E
Sep 17	14	11	23.13	-10	9	4.4	1773.8	0.120	40.4° E
Sep 18	14	58	50.47	-13	2	24.7	1784.6	0.189	51.4° E
Sep 19	15	47	54.94	-15	24	14.6	1799.6	0.270	62.5° E
Sep 20	16	38	50.31	-17	6	22.8	1819.1	0.363	73.9° E
Sep 21	17	31	40.04	-18	0	52.3	1843.0	0.463	85.6° E

Sep 22	18	26	15.63	-18	0	41.7	1870.6	0.567	97.6° E
Sep 23	19	22	17.51	-17	0	50.6	1900.9	0.672	110.0° E
Sep 24	20	19	19.45	-14	59	38.0	1931.9	0.772	122.8° E
Sep 25	21	16	55.43	-11	59	59.6	1961.1	0.861	136.2° E
Sep 26	22	14	46.33	-8	10	18.3	1985.5	0.933	150.0° E
Sep 27	23	12	43.63	-3	44	28.7	2002.0	0.981	164.0° E
Sep 28	0	10	48.32	0	58	58.2	2008.3	1.000	178.3° E
Sep 29	1	9	5.89	5	38	54.3	2003.6	0.988	167.4° W
Sep 30	2	7	39.02	9	54	16.1	1988.4	0.947	153.2° W

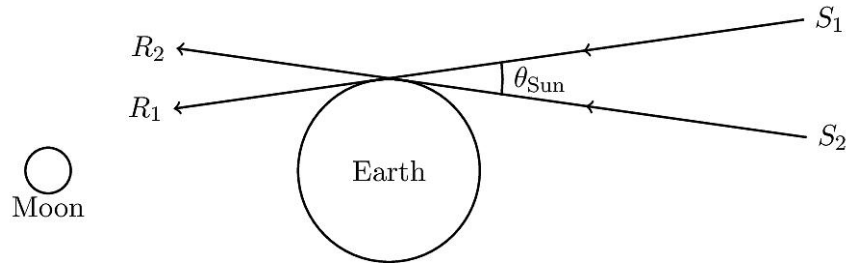
ქვემოთ მოცემული სურათი¹ წარმოადგენს სხვადასხვა დროს გადაღებულ მთვარის ფოტოებს მისი სრული დაბნელებისას, რომელიც ამ თვეში მოხდა. თითოეული ფოტოსთვის ჩარჩოს ცენტრი ემთხვევა სრული ჩრდილის (umbra) ცენტრალურ, ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ, გავლებულ ვერტიკალს.

ამ ამოცანაში ვუშვებთ, რომ დამკვირვებელი იმყოფება დედამიწის ცენტრში და კუთხური ზომა ნიშნავს ობიექტის/ჩრდილის კუთხურს დიამეტრს.



- (D2.1) 2015 წლის სექტემბერში მთვარის ორბიტის აპოგეა ყველაზე ახლოსაა ახალ მთვარესთან (New Moon) / პირველი მეოთხედთან (First Quarter) / სავსე მთვარესთან (Full Moon) / მესამე მეოთხედთან (Third Quarter). სწორი პასუხი მონიშნეთ შემაჯამებელ პასუხების ფურცელში. პასუხის დასაბუთება საჭირო არ არის. 3
- (D2.2) 2015 წლის სექტემბერში მთვარის ორბიტის უმაღლესი წერტილი (ნოუდი) ეკლიპლიკტიკის მიმართ ყველაზე ახლოა ახალ მთვარესთან (New Moon) / პირველ მეოთხედთან (First Quarter) / სავსე მთვარესთან (Full Moon) / მესამე მეოთხედთან (Third Quarter). სწორი პასუხი მონიშნეთ შემაჯამებელ პასუხების ფურცელში. პასუხის დასაბუთება საჭირო არ არის. 4
- (D2.3) მოცემული მონაცემებიდან შეაფასეთ მთვარის ორბიტის ექსცენტრისიტეტი, e . 4
- (D2.4) შეაფასეთ სრული ჩრდილის კუთხური ზომა, θ_{umbra} , მთვარის კუთხური ზომის, θ_{Moon} , გამოყენებით. თქვენი მუშაობის პროცესი აჩვენეთ შემაჯამებელი პასუხების ფურცლის უკან მოცემულ სურათზე. 8
- (D2.5) მთვარის დაბნელების დღეს დედამიწაზე მზის მოჭიმული კუთხე არის $\theta_{\text{Sun}} = 1915.0''$. ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე S_1R_1 და S_2R_2 სხივები მზიდან მოდიან მისი დიამეტრალურად მოპირდაპირე წერტილებიდან. ნახაზზე მასშტაბი დაცული არ არის. 9

¹ Credit: NASA's Scientific Visualization Studio



θ_{Moon} საშუალებით გამოთვალეთ ნახევარჩრდილის (penumbra) კუთხური ზომა, θ_{penumbra} . დაუშვით რომ დამკვირვებელი დედამიწის ცენტრშია.

- (D2.6) ვთქვათ, θ_{Earth} არის მთვარიდან დანახული დედამიწის კუთხური ზომა. θ_{Earth} -ის საშუალებით გამოთვალეთ დაბნელების დღეს დედამიწის ცენტრიდან დანახული მთვარის კუთხური ზომა, θ_{Moon} . 5
- (D2.7) ზემოთ მიღებული შედეგიდან შეაფასეთ მთვარის რადიუსი, R_{Moon} , კილომეტრებში. 3
- (D2.8) შეაფასეთ უმცირესი, r_{perigee} , და უდიდესი, r_{apogee} , მანძილი მთვარემდე. 4
- (D2.9) მზიდან დედამიწამდე მანძილის, d_{Sun} , შესაფასებლად გამოიყენეთ 10 სექტემბერს აღებული შესაბამისი მონაცემები. 10

(D3) IA ტიპის ზეახალი ვარსკვლავები

დიდი ექსტრაგალაქტიკური მანძილების გასაზომად Ia ტიპის ზეახალი ვარსკვლავები ძალიან მნიშვნელოვნად მიიჩნევა. აფეთქების შემდგომი აკაშკაშებიდან და მომდევნო გამკრთალებიდან ვიღებთ სინათლის წირს, რომელიც გვეხმარება დავადგინოთ არის თუ არა ზეახალი ვარსკვლავი Ia ტიპის.

Ia ტიპის ზეახლების სინათლის წირების დასკალირების შემდეგ შეგვიძლია ისინი ერთი და იგივე მოდელის სინათლის წირებს მივაკუთვნოთ. ამის მისაღწევად, თავდაპირველად სინათლის წირი უნდა გამოვსახოთ მასპინძელი გალაქტიკის ათვლის სისტემაში, ყველა დაკვირვებადი დროის Δt_{obs} ინტერვალის $(1+z)$ ფაქტორით კოსმოლოგიური გაფართოების გათვალისწინებით. ეს დროის ინტერვალის გალაქტიკის უძრავ სისტემაში აღნიშნულია Δt_{gal} -ით.

ზეახალთან დაკავშირებულ უძრავ ათვლის სისტემაში სინათლის წირი, პიკის მერე Δt_0 დროის შემდეგ, პიკთან შედარებით ორი ვარსკვლავიერი სიდიდით იცვლება. თუ დროის ინტერვალს გავზრდით s ფაქტორით (ანუ $\Delta t_s = s \Delta t_{\text{gal}}$) ისე, რომ Δt_0 -ის მნიშვნელობა ყველა ზეახლისათვის ერთი და იგივე იყოს, აღმოჩნდება, რომ ყველა სინათლის წირს აქვს ერთნაირი ფორმა. ასევე აღმოჩნდება, რომ s წრფივადაა დამოკიდებული ზეახლის ლუმინოსიტის პიკში აბსოლუტურ ვარსკვლავიერ სიდიდეზე, M_{peak} . ანუ შეგვიძლია დავწეროთ

$$s = a + bM_{\text{peak}},$$

სადაც a და b კონსტანტებია. თუ გაზრდის ფაქტორი (s) ცნობილია, მაშინ ზედა განტოლებიდან შესაძლებელია განვსაზღვროთ უცნობ მანძილზე მყოფი ზეახლის აბსოლუტური ვარსკვლავიერი სიდიდე.

ქვემოთ მოცემულია ზეახლების მონაცემების ცხრილი, რომელიც მოიცავს მათი ვარსკვლავიერი მანძილების მოდულებს, μ (პირველი ორისთვის), მათ ჩვენგან დაშორების სიჩქარეებს, cz , და მათ ხილულ ვარსკვლავიერ სიდიდეს, m_{obs} , დროის სხვადასხვა მომენტში. დროის შუალედი $\Delta t_{\text{obs}} \equiv t - t_{\text{peak}}$ არის დღეების რაოდენობა, რომელიც გავიდა

შესაბამისი ზეახლის სიკაშკაშის პიკის შემდეგ. დაკვირვებული ვარსკვლავიერი სიდიდეები უკვე შესწორებულია ვარსკვლავთშორისი და ატმოსფეროს შთანთქმის გათვალისწინებით.

Name	SN2006TD	SN2006IS	SN2005LZ
μ (mag)	34.27	35.64	
cz (km s ⁻¹)	4515	9426	12060
Δt_{obs} (days)	m_{obs} (mag)	m_{obs} (mag)	m_{obs} (mag)
-15.00	19.41	18.35	20.18
-10.00	17.48	17.26	18.79
-5.00	16.12	16.42	17.85
0.00	15.74	16.17	17.58
5.00	16.06	16.41	17.72
10.00	16.72	16.82	18.24
15.00	17.53	17.37	18.98
20.00	18.08	17.91	19.62
25.00	18.43	18.39	20.16
30.00	18.64	18.73	20.48

- (D3.1) გამოთვალეთ Δt_{gal} -ს მნიშვნელობები სამივე ზეახლისთვის და ჩაწერეთ ისინი შემაჯამებელი პასუხების ფურცლის უკანა მხარეზე არსებულ შესაბამის მონაცემების ცხრილში. გრაფიკის ფურცელზე გადაიტანეთ ეს წერტილები და ააგეთ სამი სინათლის წირი უძრავ ათვლის სისტემაში (გრაფიკს მიაწერეთ “D3.1”). 15
- (D3.2) SN2006IS ზეახლის გაზრდის ფაქტორი, s_2 , აიღე 1.00-ის ტოლად. თითოეულისთვის Δt_0 -ის გამოთვლის საშუალებით გამოიანგარიშეთ გაზრდის ფაქტორები, s_1 და s_3 , შესაბამისად SN2006TD და SN2005LZ ზეახლებისათვის. 5
- (D3.3) გამოთვალეთ გაზრდილი დროის შუალედები, Δt_s , სამივე ზეახლისთვის. Δt_s -ს მნიშვნელობები ჩაწერეთ იმავე მონაცემების ცხრილში შემაჯამებელ პასუხების ფურცელზე. გრაფიკების სხვა ფურცელზე გადაიტანეთ ეს წერტილები და ააგეთ სამი სინათლის წირი, რათა დაადასტუროთ რომ მათ ერთნაირი ფორმა აქვთ (გრაფიკს მიაწერეთ “D3.3”). 14
- (D3.4) გამოთვალეთ აბსოლუტური ვარსკვლავიერი სიდიდე სიკაშკაშის პიკისას, $M_{\text{peak},1}$, SN2006TD ზეახლისთვის და $M_{\text{peak},2}$, SN2006IS ზეახლისთვის. გამოიყენეთ ეს მონაცემები a -ს და b -ს გამოთვლისთვის. 6
- (D3.5) გამოთვალეთ აბსოლუტური ვარსკვლავიერი სიდიდე სიკაშკაშის პიკისას, $M_{\text{peak},3}$, და ვარსკვლავიერი მანძილის მოდული, μ_3 , SN2005LZ ზეახლისთვის. 4
- (D3.6) გამოიყენეთ ვარსკვლავიერი მანძილის მოდული μ_3 ჰაბლის მუდმივის, H_0 , სიდიდის შესაფასებლად. ასევე, შეაფასეთ სამყაროს მახასიათებელი ასაკი, T_H . 6