

(D1) **Pulsa đôi**

Qua nhiều hệ thống tìm kiếm trong nhiều thập kỉ trước, các nhà thiên văn đã tìm thấy một lượng lớn các pulsar cỡ mili giây (chu kì quay < 10 ms). Phần lớn các pulsar này được tìm thấy ở trạng thái sao đôi, với quỹ đạo gần tròn.

Với một pulsar trong quỹ đạo sao đôi, việc đo chu kì quay của pulsar ( $P$ ) và đo gia tốc theo phương nhìn (a) đều biến đổi có hệ thống do chuyển động trên quỹ đạo. Với quỹ đạo tròn, sự biến đổi này có thể được mô tả toán học theo pha quỹ đạo  $\phi$  ( $0 \leq \phi \leq 2\pi$ ) như sau:

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

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

Trong đó  $P_B$  là chu kì quỹ đạo của hệ sao đôi,  $P_0$  là chu kì quay nội tại của pulsar và  $r$  là bán kính quỹ đạo.

Bảng sau cho một tập hợp các đại lượng đã đo được của  $P$  và  $a$  ở các thời điểm khác nhau trong hệ nhật tâm, T, diễn tả trong Ngày Julian Chính Sửa có cắt ngắn (tMJD), nghĩa là số ngày từ MJD = 2,440,000.

Số	T (tMJD)	P ( $\mu$ s)	a ( $\text{m s}^{-2}$ )
1	5740.654	7587.8889	-0.92 $\pm$ 0.08
2	5740.703	7587.8334	-0.24 $\pm$ 0.08
3	5746.100	7588.4100	-1.68 $\pm$ 0.04
4	5746.675	7588.5810	+1.67 $\pm$ 0.06
5	5981.811	7587.8836	+0.72 $\pm$ 0.06
6	5983.932	7587.8552	-0.44 $\pm$ 0.08
7	6005.893	7589.1029	+0.52 $\pm$ 0.08
8	6040.857	7589.1350	+0.00 $\pm$ 0.04
9	6335.904	7589.1358	+0.00 $\pm$ 0.02

Bằng cách vẽ  $a(\phi)$  như là một hàm của  $P(\phi)$ , chúng ta có thể thu được đường cong tham số. Từ phương trình trên, có thể thấy, đường cong này trong mặt phẳng chu kì – gia tốc là một đường elip.

Trong câu này, chúng ta tính chu kì quay nội tại  $P_0$ , chu kì quanh quỹ đạo  $P_B$ , và bán kính quỹ đạo  $r$ , bằng một phân tích dữ liệu sau, giả sử quỹ đạo tròn.

- (D1.1) Vẽ số liệu, bao gồm cả sai số, trong mặt phẳng chu kì – gia tốc (kí hiệu đồ thị của em là “D1.1”). 7
- (D1.2) Vẽ một elip mà nó vừa khít với dữ liệu nhất (trên cùng đồ thị “D1.1”). 2
- (D1.3) Từ đồ thị, ước lượng  $P_0$ ,  $P_t$  và  $a_t$ , bao gồm cả sai số. 7
- (D1.4) Viết biểu thức  $P_B$  và  $r$  theo  $P_0$ ,  $P_t$ ,  $a_t$ . 4
- (D1.5) Tính giá trị gần đúng của  $P_B$  và  $r$  dựa trên kết quả của em đã làm trong câu (D1.3), bao gồm cả sai số. 6
- (D1.6) Tìm pha quỹ đạo,  $\phi$ , tương ứng với các thời điểm của 5 lần quan sát trong bảng trên: các dòng số 1, 4, 6, 8, 9. 4
- (D1.7) Đánh giá chính xác chu kì quỹ đạo,  $P_B$ , sử dụng kết quả trong phần (D1.6) theo cách sau:
  - (D1.7a) Đầu tiên, xác định thời điểm,  $T_0$ , tương ứng với thời điểm gần nhất có pha 0, trước quan sát đầu tiên. 2
  - (D1.7b) Thời điểm dự kiến,  $T_{\text{calc}}$ , tương ứng giá trị pha của mỗi quan sát cho bởi phương trình: 7

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

Trong đó  $n$  là số nguyên lần chu kì của pha giữa  $T_0$  và  $T_{\text{calc}}$ . Đánh giá  $n$  và  $T_{\text{calc}}$  cho mỗi lần trong 5 lần quan sát ở phần (D1.6). Viết độ lệch khác nhau  $T_{0-c}$  giữa thời điểm quan sát  $T$  và  $T_{\text{calc}}$ . Viết sự tính toán này trong bảng đã cho trong phiếu trả lời.

(D1.7c) Vẽ  $T_{0-c}$  theo  $n$  (kí hiệu đồ thị là “D1.7”).

4

(D1.7d) Xác định giá trị chính xác tại thời điểm ban đầu,  $T_{0,r}$ , và chu kì quỹ đạo,  $P_{B,r}$ .

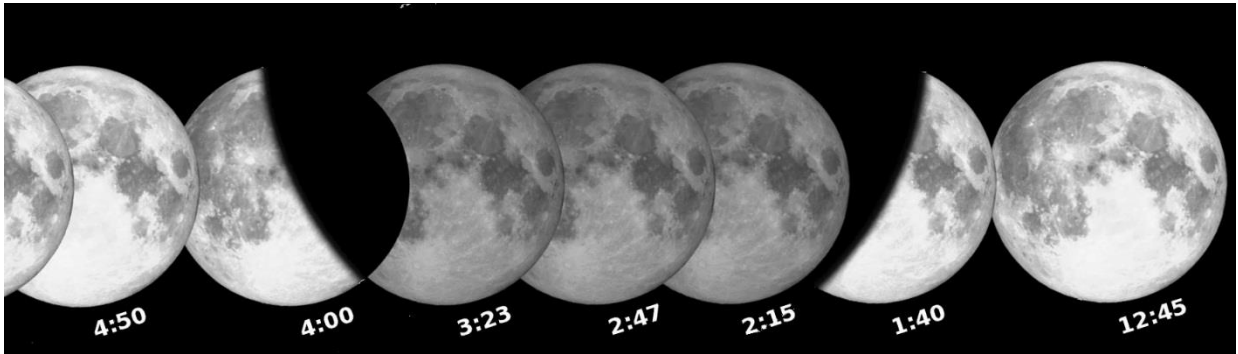
7

### (D2) Khoảng cách tới mặt trăng

Lịch thiên văn (với tọa độ gắn với tâm trái đất) của mặt trăng cho tháng 9 năm 2015 được cho dưới dạng bảng. Mỗi dòng tương ứng với thời điểm 00:00 UT.

Date	R.A. ( $\alpha$ )			Dec. ( $\delta$ )			Angular Size ( $\theta$ )	Phase ( $\phi$ )	Elongation Of Moon
	h	m	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

Ảnh dưới đây cho thấy một số hình của mặt trăng được chụp ở các thời điểm khác nhau trong một sự kiện nguyệt thực toàn phần, xảy ra trong tháng này. Đối với mỗi hình, tâm của hình trùng với đường chính tâm bắc-nam của vùng tối hoàn toàn. Trong bài này, giả thiết rằng người quan sát nằm ở tâm của trái đất và kích thước góc là đề cập đến đường kính góc của vật / hoặc bóng.



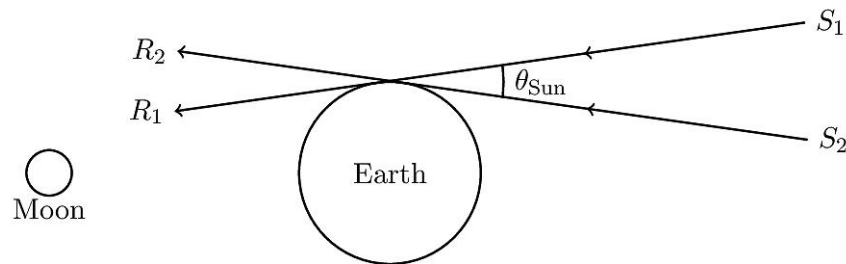
(D2.1) Vào tháng 9 năm 2015, điểm viễn địa của quỹ đạo mặt trăng ở gần thời điểm nào nhất? 3  
 Trăng non, một phần tư, trăng tròn, ba phần tư.  
 Đánh dấu câu trả lời đúng vào tờ phiếu trả lời. Không cần giải thích gì thêm.

(D2.2) Vào tháng 9 năm 2015, nút lên của quỹ đạo mặt trăng so với mặt phẳng hoàng đạo ở gần thời điểm nào nhất Trăng non, một phần tư, trăng tròn, ba phần tư. Đánh dấu câu trả lời đúng vào tờ phiếu trả lời. Không cần giải thích gì thêm 4

(D2.3) Ước lượng độ lệch tâm  $e$  của quỹ đạo mặt trăng từ dữ liệu đã cho. 4

(D2.4) Ước lượng kích thước góc của bóng tối hoàn toàn  $\theta_{umbra}$  theo kích thước góc  $\theta_{Moon}$  của mặt trăng. Diễn giải chi tiết cách thức làm trên ảnh được cho ở mặt sau của phiếu trả lời. 8

(D2.5) Góc nhìn của mặt trời từ trái đất vào ngày xảy ra nguyệt thực là  $\theta_{Sun} = 1915.0''$ . Trong hình dưới đây,  $S_1R_1$  và  $S_2R_2$  là các tia đi từ hai điểm đối diện theo đường kính của đĩa mặt trời. Hình vẽ dưới không đúng tỉ lệ. Tính kích thước góc của vùng tối mờ (nửa tối)  $\theta_{penumbra}$  theo  $\theta_{Moon}$ . Giả thiết rằng người quan sát nằm ở tâm trái đất. 9



(D2.6) Gọi  $\theta_{Earth}$  là kích thước góc của trái đất nhìn từ tâm của mặt trăng. Tính kích thước góc của mặt trăng  $\theta_{Moon}$  nhìn từ tâm của trái đất vào ngày xảy ra nguyệt thực theo  $\theta_{Earth}$ . 5

(D2.7) Ước lượng bán kính của mặt trăng  $R_{Moon}$  theo km từ các kết quả trên. 3

(D2.8) Xác định khoảng cách ngắn nhất  $r_{perigee}$  và xa nhất  $r_{apogee}$  đến mặt trăng. 4

(D2.9) Sử dụng số liệu của ngày 10 tháng 9 để xác định khoảng cách trái đất - mặt trời  $d_{Sun}$ . 10

(D3) Vụ nổ sao siêu mới loại Ia

Vụ nổ sao siêu mới loại Ia được coi là đóng vai trò cực kỳ quan trọng trong việc đo đạc khoảng cách tới các thiên hà ở xa. Sự bùng sáng và tối đi sau đó của vụ nổ này tuân theo một đường cường độ sáng đặc trưng và được dùng để nhận diện những vụ bùng nổ sao siêu mới loại Ia.

Các đường cường độ sáng của các vụ nổ sao siêu mới Ia có thể được làm khớp với cùng một đường cường độ sáng mô hình khi chúng được co giãn một cách phù hợp. Để thực hiện điều này, chúng ta phải biểu diễn đường cường độ sáng trong hệ qui chiếu của thiên hà chứa vụ nổ bằng cách tính đến sự giãn do nguyên nhân vũ trụ học của thời gian quan sát  $\Delta t_{obs}$ , qua thừa số  $(1+z)$ . Khoảng thời gian trong hệ quy chiếu đứng yên đối với thiên hà chứa vụ nổ được kí hiệu là  $\Delta t_{gal}$ .

Đường cường độ sáng trong hệ qui chiếu đứng yên của một sao siêu mới thay đổi hai cấp, so với đỉnh trong một khoảng thời gian  $\Delta t_0$ , sau đỉnh đó. Nếu ta giãn khoảng thời gian bằng một hệ số  $s$ , tức là  $\Delta t_s = s\Delta t_{gal}$  sao cho giá trị được giãn của  $\Delta t_0$  là như nhau cho tất cả các sao siêu mới thì các đường cường độ sáng sẽ có cùng một dạng. Ngoài ra,  $s$  liên hệ một cách tuyến tính tới cấp sao tuyệt đối  $M_{peak}$  tại thời điểm đạt cực đại về độ sáng của sao siêu mới. Nghĩa là ta có thể viết:

$$s = a + bM_{peak}$$

Trong đó  $a$  và  $b$  là các hằng số. Khi biết thừa số giãn, ta có thể xác định được cấp sao tuyệt đối của sao siêu mới ở khoảng cách chưa biết từ phương trình tuyến tính trên.

Bảng dưới đây chứa số liệu của ba vụ nổ sao siêu mới gồm tham số moduli khoảng cách cho hai sao đầu tiên, vận tốc dịch chuyển ra xa,  $cz$ , của chúng và cấp sao biểu kiến  $m_{obs}$  ở các thời điểm khác nhau. Khoảng thời gian  $\Delta t_{obs} \equiv t - t_{peak}$  cho thấy số ngày từ thời điểm mà sao siêu mới đạt đến cực đại về độ sáng. Cấp sao quan sát đã được hiệu chỉnh suy hao do khí quyển và môi trường giữa các sao.

Name	SN2006TD	SN2006IS	SN2005LZ
$\mu$ (mag)	34.27	35.64	
$cz$ (km s <sup>-1</sup> )	4515	9426	12060
$\Delta t_{obs}$ (day)	$m_{obs}$ (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) Tính giá trị  $\Delta t_{gal}$ , cho cả ba sao siêu mới và điền kết quả vào các ô trống trong bảng dữ liệu ở trang sau của tờ phiếu trả lời. Trên tờ giấy kẻ ô, vẽ các điểm và nối thành ba đường cường độ sáng cong tron (không được nối thẳng) trong hệ qui chiếu đứng yên (đánh dấu hình vẽ của bạn là D3.1). 5

(D3.2) Lấy giá trị của thừa số giãn  $s_2$  đối với sao siêu mới SN2006IS là 1.0. Tính các thừa số giãn  $s_1$  và  $s_3$  cho hai sao siêu mới SN2006TD và SN2005LZ bằng cách tính  $\Delta t_0$  cho chúng. 5

- (D3.3) Compute the scaled time differences,  $\Delta t_s$ , for all three supernovae. Write the values for  $\Delta t_s$  in the same data tables on the Summary Answersheet. On another graph paper, plot all 3 light curves to verify that they now have an identical profile (mark your graph as “D3.3”).  
Tính toán khoảng thời gian được giãn  $\Delta t_s$  cho cả ba sao siêu mới. Viết các giá trị của  $\Delta t_s$  vào cùng các bảng số liệu trong tờ phiếu trả lời. Trên một tờ giấy kẻ ô khác, vẽ các điểm và nối thành ba đường cường độ sáng cong tròn (không nối thẳng) để kiểm tra lại rằng chúng có cùng dạng (đánh dấu hình vẽ của bạn là D3.3). **14**
- (D3.4) Tính cấp sao tuyệt đối tại cực đại về độ sáng,  $M_{peak,1}$ , đối với *SN2006TD* và  $M_{peak,2}$  đối với *SN2006IS*. Sử dụng các giá trị này để tính tham số a và b. **6**
- (D3.5) Tính cấp sao tuyệt đối tại cực đại về độ sáng,  $M_{peak,3}$  và modulus khoảng cách  $\mu_3$  cho sao siêu mới *SN2005LZ*. **4**
- (D3.6) Sử dụng modulus khoảng cách  $\mu_3$  để xác định giá trị của hằng số Hubble  $H_0$ . Đồng thời xác định tuổi của vũ trụ  $T_H$ . **6**