



Analiza danych

Problem 1

Oto kilka informacji na temat asteroid i ich fotometrii:

- Asteroidy to małe ciała Układu Słonecznego o nieregularnym kształcie obiegające Słońce w przybliżeniu po elipsach.
- Obserwowana jasność asteroid, w danym położeniu względem Ziemi, zależy od wielkości powierzchni oświetlonej przez Słońce oraz od tego, jaką jej część widzi obserwator ziemski. Obie te wielkości zmieniają się w czasie na skutek zmian konfiguracji w przestrzeni.
- Sposób odbijania światła słonecznego przez powierzchnię asteroidy zależy od jej tekstury oraz od kąta pomiędzy Słońcem, asteroidą i obserwatorem, czyli od tzw. kąta fazy ϕ , który zmienia się w wyniku ruchów orbitalnych asteroidy i Ziemi. W szczególności jeśli asteroida jest pokryta drobnym pyłem (tzw. regolitem) wykazuje ona silne zwiększenie jasności, gdy wartość kąta fazy ϕ jest bliska zeru (np. w pobliżu opozycji).
- Ponieważ strumień światła od każdego źródła maleje z kwadratem odległości, obserwowana jasność asteroidy zależy również od jej odległości od Słońca oraz od jej odległości od Ziemi. Pozaatmosferyczna wielkość gwiazdowa asteroidy $M(t)$ (tzn. uwolniona od wpływu ziemskiej atmosfery) wyraża się wzorem:

$$M(t) = M_r(t) + 5 \log(RD),$$

gdzie $M_r(t)$ jest zredukowaną wielkością gwiazdową asteroidy (tzn. taką, jaką asteroida miałaby, gdyby zbliżyć do niej Ziemię i Słońce na odległość jednej jednostki astronomicznej, zachowując kąt fazy ϕ). Wartość $M_r(t)$ zależy wyłącznie od wielkości oświetlonej powierzchni widzianej przez obserwatora oraz od efektów wywołanych przez zmianę wartości kąta fazy. Wielkości R i D , to odpowiednio aktualna odległość asteroidy od Słońca i od Ziemi.

Rozważ następujący scenariusz. W ciągu trzech różnych nocy zarejestrowano trzy krzywe zmian jasności pewnej asteroidy w trzech różnych miejscach na jej orbicie. Na tych samych zdjęciach zarejestrowano również gwiazdę standardu fotometrycznego. Tabela 1 przedstawia warunki geometryczne dla każdej nocy (kąt fazy ϕ w stopniach, R i D w jednostkach astronomicznych) oraz skalibrowaną jasność gwiazdy standardowej M_{star} w magnitudach. Jasność skalibrowana, to jasność uwolniona od wpływu wszystkich efektów.

Tabele 2, 3 i 4 zawierają dla każdej nocy odstęp czasu od pierwszej obserwacji Δt (w godzinach), masę atmosferyczną X , instrumentalną jasność asteroidy m_{ast} i instrumentalną jasność gwiazdy standardowej m_{star} .

Masa atmosferyczna X , to bezwymiarowy parametr określający grubość atmosfery w kierunku patrzenia. Dla zenitu masa atmosferyczna $X = 1$.

1. Wykreśl jasność instrumentalną gwiazdy w funkcji masy atmosferycznej, dla każdej nocy.
2. Oblicz współczynnik ekstynkcji atmosferycznej dla każdej nocy (patrz załączniki A oraz C na końcu tekstu).
3. Która z nocy obserwacyjnych była zakłócona przez chmury? Wskaż ją w odpowiedzi:
a) noc A b) noc B c) noc C, d) żadna z tych nocy.
4. Dla każdej nocy wykreśl skalibrowaną jasność asteroidy w funkcji czasu (patrz załącznik B).
5. Wyznacz okres rotacji asteroidy dla każdej nocy. Zauważ, że krzywa jasności asteroidy zawiera dwa maksima i dwa minima oraz, że półokres rotacji to średnia z odstępów pomiędzy maksymami i odstępów pomiędzy minimami.
6. Wyznacz amplitudę zmian jasności asteroidy dla każdej nocy (od minimum do maksimum).
7. Wykreśl zredukowaną jasność asteroidy M_r w zależności od kąta fazy φ (użyj jasności średniej dla każdej nocy).
8. Oblicz współczynnik kierunkowy krzywej sfazowanej (z punktu 7) korzystając tylko z punktów poza opozycją (patrz informacje o asteroidach, podpunkt trzeci).
9. Czy istnieją jakieś przesłanki, aby stwierdzić pokrycie powierzchni asteroidy regolitem?
W odpowiedzi podaj: YES / NO

Tabela 1

Noc	D	R	φ	M_{star}
A	0.36	1.35	0.0	8.2
B	1.15	2.13	8.6	8.0
C	2.70	1.89	15.6	8.1

Tabela 2: Noc A

Δt	Masa atm. X	m_{ast}	m_{star}
0.00	1.28	7.44	8.67
0.44	1.18	7.38	8.62
0.89	1.11	7.34	8.59
1.33	1.06	7.28	8.58
1.77	1.02	7.32	8.58
2.21	1.00	7.33	8.56
2.66	1.00	7.33	8.56
3.10	1.01	7.30	8.56
3.54	1.03	7.27	8.58
3.99	1.07	7.27	8.58
4.43	1.13	7.31	8.61
4.87	1.21	7.37	8.63
5.31	1.32	7.42	8.67
5.76	1.48	7.49	8.73
6.20	1.71	7.59	8.81
6.64	2.06	7.69	8.92
7.09	2.62	7.87	9.14
7.53	3.67	8.21	9.49

Tabela 3: Noc B

Δt	Masa atm. X	m_{ast}	m_{star}
0.00	1.28	13.24	8.38
0.44	1.18	13.21	8.36
0.89	1.11	13.13	8.34
1.33	1.06	13.11	8.33
1.77	1.02	13.11	8.32
2.21	1.00	13.15	8.32
2.66	1.00	13.17	8.32
3.10	1.01	13.17	8.32
3.54	1.03	13.13	8.33
3.99	1.07	13.15	8.34
4.43	1.13	13.14	8.34
4.87	1.21	13.14	8.37
5.31	1.32	13.21	8.38
5.76	1.48	13.30	8.43
6.20	1.71	13.34	8.47
6.64	2.06	13.39	8.54
7.09	2.62	13.44	8.65
7.53	3.67	13.67	8.87

Tabela 4: Noc C

Δt	Masa atm. X	m_{ast}	m_{star}
0.00	1.28	11.64	8.58
0.44	1.18	11.53	8.54
0.89	1.11	11.56	8.60
1.33	1.06	11.49	8.52
1.77	1.02	11.58	8.48
2.21	1.00	11.79	8.63
2.66	1.00	11.67	8.53
3.10	1.01	11.53	8.46
3.54	1.03	11.47	8.48
3.99	1.07	11.63	8.67
4.43	1.13	11.51	8.51
4.87	1.21	11.65	8.55
5.31	1.32	11.77	8.61
5.76	1.48	11.88	8.75
6.20	1.71	11.86	8.78
6.64	2.06	12.03	9.03
7.09	2.62	12.14	9.19
7.53	3.67	12.63	9.65



Analiza danych

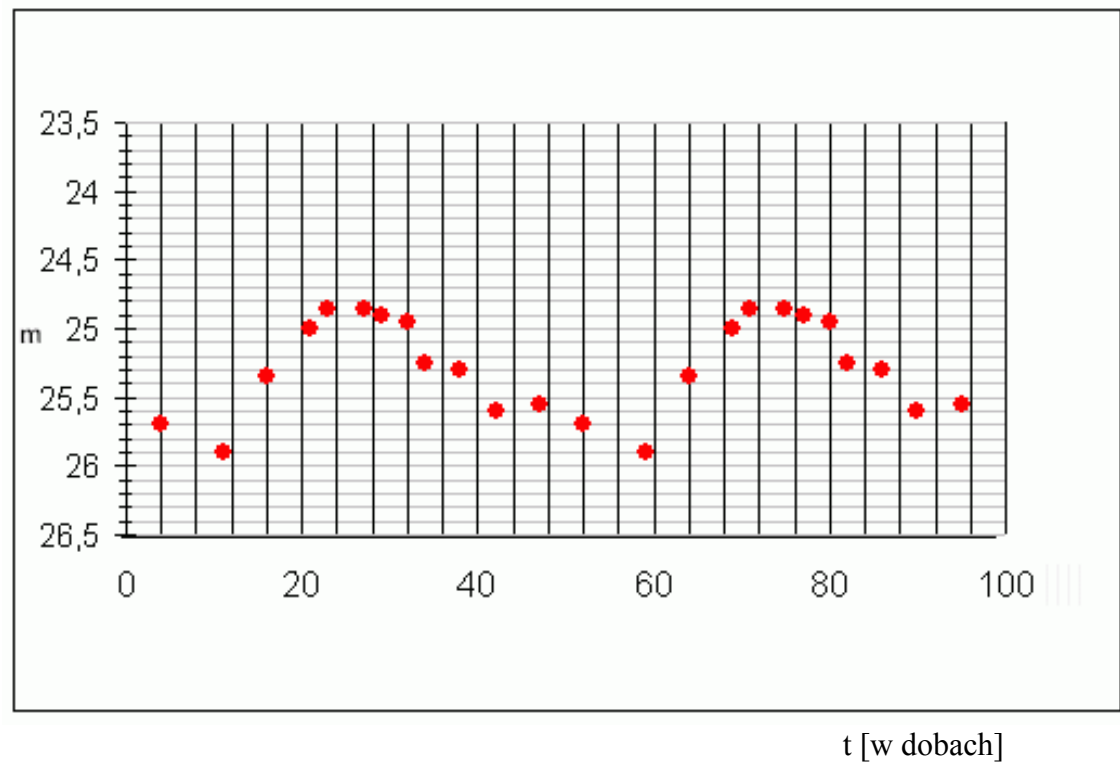
Problem 2

Cefeidy to jasne gwiazdy zmienne, których średnia wielkość absolutna jest funkcją okresu pulsacji. Pozwala to astrofizykom wyznaczać jasność absolutną na podstawie obserwowanych zmian jasności. W poniższej tabeli zamieszczono okresy pulsacji P_0 i średnie jasności absolutne $\langle M_V \rangle$ wybranych cefeid (w filtrze V).

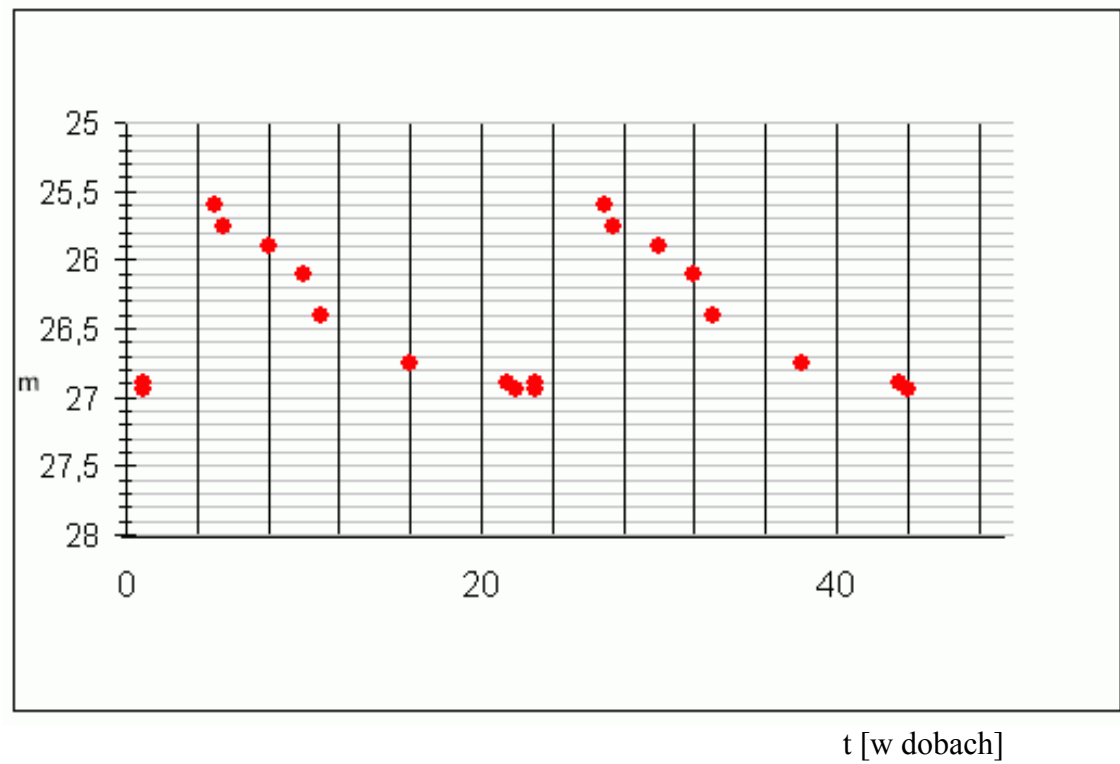
Cefeida	P_0 (w dobach)	$\langle M_V \rangle$
SU Cas	1.95	-1.99
V1726 Cyg	4.24	-3.04
SZ Tau	4.48	-3.09
CV Mon	5.38	-3.37
QZ Nor	5.46	-3.32
α UMi	5.75	-3.42
V367 Sct	6.30	-3.58
U Sgr	6.75	-3.64
DL Cas	8.00	-3.80
S Nor	9.75	-3.95
ζ Gem	10.14	-4.10
X Cyg	16.41	-4.69
WZ Sgr	21.83	-5.06
SW Vel	23.44	-5.09
SV Vul	44.98	-6.04

1. Dla podanych cefeid sporządź wykres punktowy zależności $\langle M_V \rangle$ od wartości $\log_{10}(P_0)$.
2. Metodą najmniejszych kwadratów dopasuj do sporządzonego wykresu linię prostą (patrz dodatek C). Równanie tej prostej pozwala obliczyć średnią jasność absolutną dla dowolnej cefeidy.
3. Rysunki 1 i 2 przedstawiają krzywe jasności dla dwóch cefeid. Wyznacz odległość do każdej z nich i oszacuj dokładność wyniku (oczekiwane jest zgrubne oszacowanie).
4. Porównując różnice odległości obu gwiazd z rozmiarami typowej galaktyki, odpowiedz na pytanie: czy jest prawdopodobne, że obie gwiazdy leżą w tej samej galaktyce?
Odpowiedz na to pytanie: „YES” () lub „NO” ().

Rysunek 1 - Cefeida 1



Rysunek 2 - Cefeida 2



Dodatek A: współczynnik ekstynkcji

Jasność pozaatmosferyczną (skalibrowaną na wpływ atmosfery) obliczamy ze wzoru:

$$M = m - AX + B,$$

gdzie A i B , to współczynnik ekstynkcji atmosferycznej i stała ekstynkcji dla danej nocy, X jest masą atmosferyczną natomiast m , to jasność instrumentalna otrzymana bezpośrednio z obserwacji naziemnych.

Dodatek B: kalibracja metodą fotometrii różnicowej

Jeśli jednocześnie z asteroidą obserwowana jest gwiazda standardowa, to skalibrowaną jasność asteroidy obliczamy ze wzoru:

$$M_{\text{ast}} = m_{\text{ast}} - m_{\text{star}} + M_{\text{star}}$$

Duże litery oznaczają wielkości skalibrowane, a małe litery – wielkości instrumentalne.

Dodatek C: współczynnik kierunkowy, metoda najmniejszych kwadratów

Równanie prostej:

$$y_i = \alpha + \beta x_i, i = 1..n$$

Współczynnik kierunkowy β otrzymuje się z następującego wzoru:

$$\beta = \frac{\sum_i^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_i^n x_i \sum_i^n y_i}{\sum_i^n x_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_i^n x_i)^2}$$