

Rozwiązania zadań praktycznych III etapu

4. Cefeidy to rodzaj gwiazd zmiennych pulsujących. Zmieniają swoją jasność ze stałą amplitudą i okresem przeważnie od kilku do kilkudziesięciu dni. Zmiana jasności wynika ze zmiany zarówno promienia, jak i temperatury gwiazdy – cały czas jednak cefeida utrzymuje sferyczną symetrię (jest w przybliżeniu kulą).

Zależność między logarytmem okresu $\log P$ cefeid i jasnością absolutną M jest liniowa. Znaczy to, że wykres M od $\log P$ jest prostą. W tym zadaniu sporządzisz wykres tej zależności na podstawie wykresów zmian jasności pięciu cefeid galaktycznych, odległości do których są znane (dzięki pomiarom paralaksy). Następnie oszacujesz odległość do szóstej, odległej cefeidy, znajdującej się w Wielkim Obłoku Magellana.

a) Na podstawie wykresów zmian jasności pięciu cefeid galaktycznych odczytaj ich okresy zmian jasności i oszacuj średnie jasności. Uzupełnij okresy pulsacji w tabeli na oddzielnej kartce.

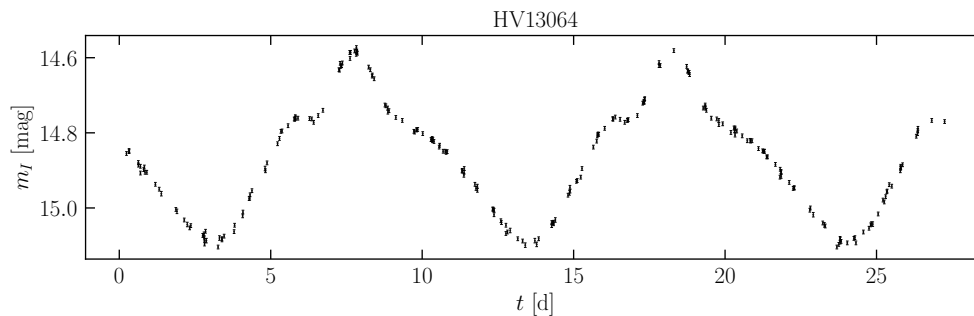
b) W tabeli dodatkowo podano odległości do poszczególnych cefeid i wyliczone na ich podstawie moduły odległości Δm . Wyrażają one spadek jasności wynikający z odległości i pozwalają przeliczyć jasność obserwowaną na jasność absolutną, według wzoru

$$m = M + \Delta m$$

Oblicz i uzupełnij w tabeli średnie jasności absolutne cefeid.

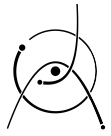
c) Na dostarczonym papierze ze skalą logarytmiczną przygotuj wykres zależności jasności absolutnej od okresu pulsacji i nanieś na niego rozpatrywane cefeidy. Dopasuj do danych prostą.

d) Poniżej przedstawiono krzywą blasku cefeidy znajdującej się w Wielkim Obłoku Magellana. Wyznacz jej moduł odległości. Oszacuj odległość do niej.

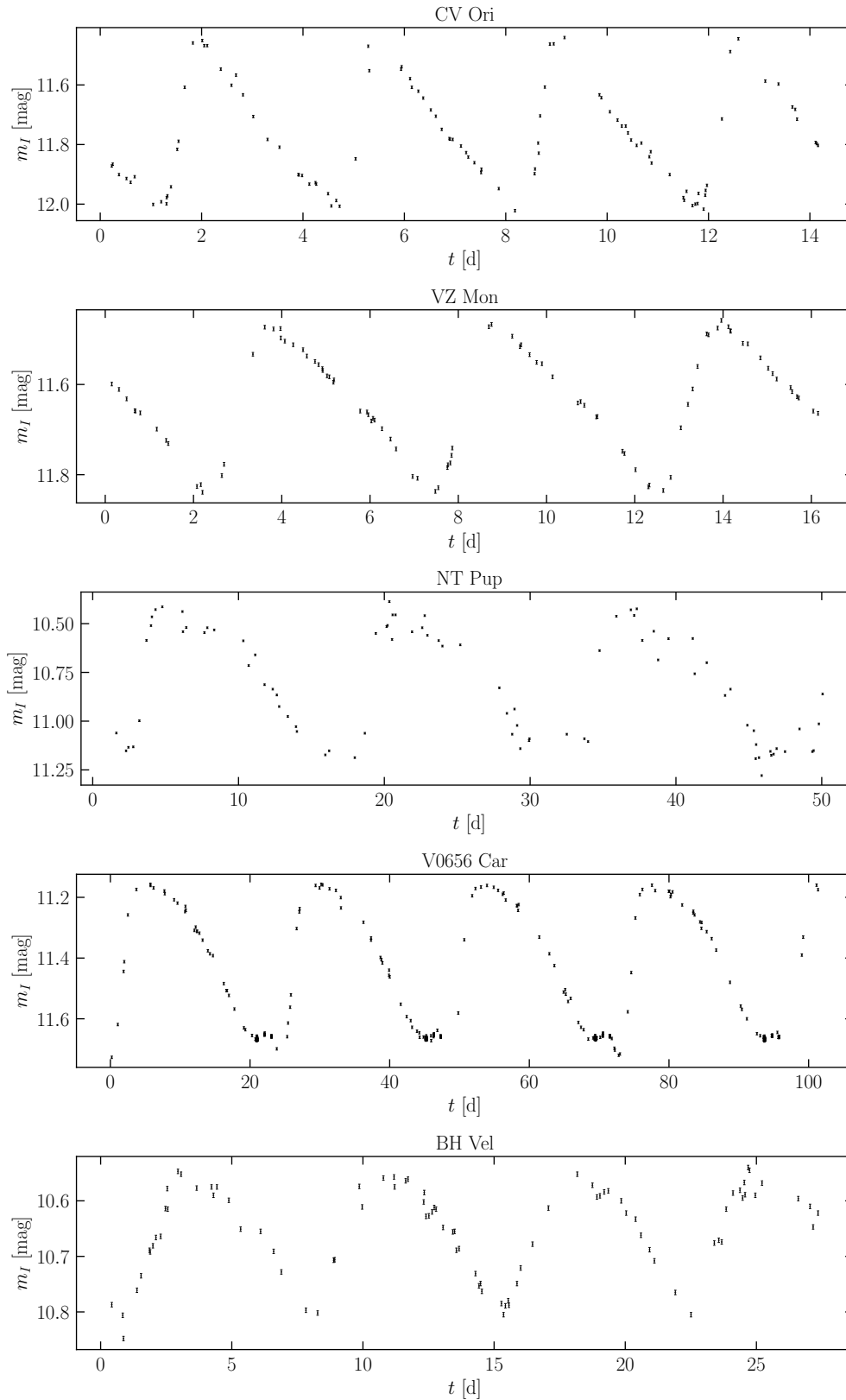


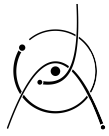
OGLE, I. Soszyński i in. 2015

autor: Krzysztof Król



Galaktyczne cefeidy





Rozwiązanie

a) Odczytujemy wartości z wykresów:

CV Ori - $P = 3,56$ d, $m_{sr} = 11,7^m$

VZ Mon - $P = 5,09$ d, $m_{sr} = 11,6^m$

NT Pup - $P = 15,56$ d, $m_{sr} = 10,8^m$

V0656 Car - $P = 24,23$ d, $m_{sr} = 11,4^m$

BH Vel - $P = 7,20$ d, $m_{sr} = 10,7^m$

Nie wymagaliśmy od uczestników tak dużej dokładności. O ile wyznaczenie średniej jasności było możliwe z dużą dokładnością, tak pomyłki sięgające 10% wyznaczonej wartości okresu zdarzały się w rozwiązaniach i były przez nas akceptowane.

b) i c) Załączono poprawnie wykonany wykres, a poprawnie obliczone wartości wpisano do tabeli.

Zauważmy, że nanienione punkty nie układają się idealnie na prostej. Często dokonując pomiarów tak jest. Nie staramy się tutaj szacować niepewności pomiarowych, ale jednak są one obecne przy każdym pomiarze i powodują, że zależność nie jest idealna. Kilku uczestników finału po dopasowaniu prostej zmasowało punkty i naniosło je na nowo, tak że punkty leżały idealnie na prostej - jest to zdecydowanie złe podejście! Nigdy nie możemy „poprawiać” danych, a konieczne jest sporządzanie prawdziwych wykresów, nawet jeśli nie są one takie, jak oczekujemy.

Istotne było też wybranie właściwej skali osi pionowej (oś pozioma była już oznaczona na papierze dostarczonym uczestnikom). Skalę powinniśmy dobrać tak, by wykres zajmował zdecydowaną większość miejsca na nie przeznaczonego. W tym przypadku zakres od 0 do -5 był najlepszym wyborem. Tradycyjnie osie zawierające skale magnitudo się odwraca, tak by mniejsze wartości (a więc jaśniejsze obserwacje) znajdowały się wyżej, niż większe wartości magnitudo, jednak nie wymagaliśmy tego od piszących. Jeśli ktoś nie odwrócił osi to jego wykres jest odbity symetrycznie. Dodatkowo należało podpisać osie wraz z jednostkami.

Dopasowanie prostej należało wykonać graficznie, tzn. „na oko”, tak żeby dobrze pasowała do punktów. Nie należało tej prostej „zakotwiczać” w żadnym punkcie. Prosta nie musi koniecznie wychodzić z lewego dolnego rogu wykresu czy kończyć się w prawym dolnym rogu (choć często sporządzając wykresy dobieramy zakresy osi tak, żeby tak wyszło).

d) Z wykresu odczytujemy $P = 10,49$ d, $m_{sr} = 14,84^m$ dla cefeidy w LMC (ang. *Large Magellanic Cloud*). Z dopasowanej prostej odczytujemy oczekiwaną jasność absolutną dla gwiazdy $M_I \approx -2,9^m$. Teraz moduł odległości to $\Delta m = m_{sr} - M_I \approx 17,7^m$. W celu przekształcenia modułu odległości na odległość skorzystamy z równania Pogsona. Z definicji jasność absolutna to jasność obserwowana jaką zmierzylibyśmy, gdyby ciało znajdowało się w odległości 10 pc od nas:

$$m - M = 2,5 \log \frac{L}{4\pi(10 \text{ pc})^2} \frac{4\pi d^2}{L},$$

gdzie $\log$ oznacza logarytm dziesiętny (często oznaczany $\log_{10}$), a L to moc promieniowania tej gwiazdy. Jednocześnie $m - M = \Delta m$, stąd

$$\Delta m = 2,5 \log \frac{(10 \text{ pc})^2}{d^2} = 5 \log \frac{10 \text{ pc}}{d}$$

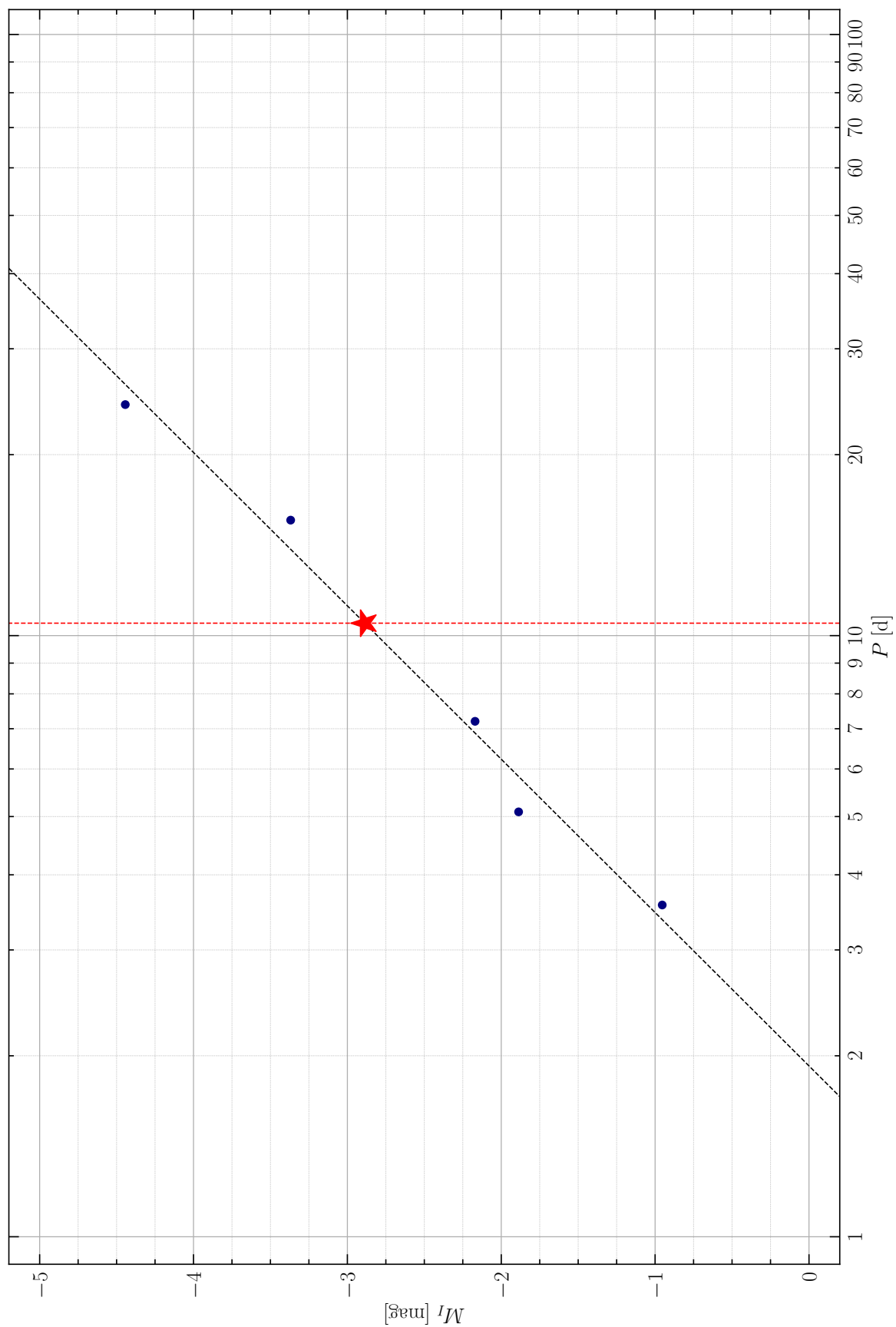
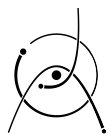
$$\log \frac{10 \text{ pc}}{d} = \frac{\Delta m}{5}$$

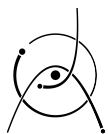
$$\frac{10 \text{ pc}}{d} = 10^{\Delta m/5}$$

$$d = 10 \text{ pc} \cdot 10^{-\Delta m/5} \approx 35 \text{ kpc}$$

W rzeczywistości odległość do LMC to około 50 kpc. Rozbieżność naszego wyniku z rzeczywistością wynika głównie z pominięcia wpływu niektórych zjawisk (np. ekstynkcji). Wiele uczestników finału rozwiązało całe zadanie poprawnie i uzyskało bardzo zbliżone oszacowanie odległości.

autor rozwiązania: Krzysztof Król





Gwiazda OGLE ID	Rektascensja	Deklinacja	Odległość (pc)	Δm (mag)	Jasność absolutna (mag)	Okres pulsacji (dni)
CV Ori OGLE-GD-CEP-0028	06 ^h 12 ^m 21 ^s .96	+13°38'11".8	3445	12,7	-1,0	3,56
VZ Mon OGLE-GD-CEP-0044	06 ^h 31 ^m 14 ^s .54	+11°51'01".3	5063	13,5	-1,9	5,09
NT Pup OGLE-GD-CEP-0154	07 ^h 58 ^m 46 ^s .33	-38°59'39".6	6707	14,1	-3,3	15,56
V0656 Car OGLE-GD-CEP-0548	10 ^h 36 ^m 27 ^s .08	-62°11'33".1	14706	15,8	-4,4	24,24
BH Vel OGLE-GD-CEP-1272	08 ^h 29 ^m 48 ^s .51	-41°13'25".6	3697	12,8	-2,1	7,20
HV13064 OGLE-LMC-CEP-1719	05 ^h 21 ^m 55 ^s .32	-67°46'49".7	35000	17,7	-2,9	10,49

Tabela do uzupełnienia zawierająca dane o cefeidach opisanych w zadaniu. Oprócz nazw własnych gwiazd podano również ich identyfikatory w katalogu OGLE oraz współrzędne równikowe, czyli rektascensję i deklinację. Odległości, podane w parsekach, obliczone zostały na podstawie danych zebranych w ramach misji Gaia (Gaia DR3).

Zadanie 5 - Planetarium OAJ

Po wejściu na salę planetarium zajmij miejsce wskazane przez organizatora. Miejsce będzie oznaczone latarką oraz białą kartką. Na salę planetarium zabierz ze sobą czarną podkładkę, treść tego zadania, zawierającą kartę odpowiedzi oraz długopis. Zadanie na sali planetarium potrwa 20 minut, w tym czasie nie ma możliwości opuszczania Sali. Możesz wstawać z miejsca i się rozglądać, ale nie możesz chodzić po Sali. Używając latarki uważaj, aby nie świecić w kierunku innych uczestników ani nieba. Podświetlaj tylko kartkę, na której zapisujesz odpowiedzi.

W trakcie 20 minut zobaczysz pewną noc z pewnego miejsca na Ziemi. Prezentacja będzie się składała z dwóch części.

Część A – na niebie planetaryjnym zobaczysz granice pięciu gwiazdozbiorów.

Część B – na niebie planetaryjnym zobaczysz zaznaczone pięć jasne gwiazdy.

W tabelach poniżej wpisz nazwy:

- Gwiazdozbiorów zaznaczonych ich granicami od A do E. Możesz podać nazwę polską, łacińską lub oficjalny skrót IAU (np. UMa).

- Jasnych gwiazd zaznaczonych okręgami od 1 do 5. Możesz podać oficjalną nazwę własną lub oznaczenie Bayera.

Gwiazdozbiory

	Nazwa lub skrót IAU
A	Hydra / <i>Hydra</i> / Hya
B	Psy Gończe / <i>Canes Venatici</i> / CVn
C	Smok / <i>Draco</i> / Dra
D	Tarcza / <i>Scutum</i> / <i>Scutum Sobiescianum</i> / Sct
E	Lisek / <i>Vulpecula</i> / Vul

Gwiazdy

	Nazwa lub oznaczenie
1	Gemma / <i>Alphecca</i> / α CrB
2	Antares / α Sco
3	Albireo / β Cyg
4	Hamal / α Ari
5	Kastor / <i>Castor</i> / α Gem