

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Ryszard Biernikowicz –PTMA Szczecin
Prezentacja dn. 26.06.2014 r.

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Publikacja w prestiżowym A&A →

wyniki obserwacji zaćmień w 2003 i 2009 roku → mat. źródłowy [3]:

Astronomy & Astrophysics manuscript no. EECep`AaA`120417
September 27, 2012

© ESO 2012

International observational campaigns of the last two eclipses in EE Cep: 2003 and 2008/9 ★

C. Gałan^{1,2}, M. Mikołajewski¹, T. Tomov¹, D. Graczyk³, G. Apostolovska⁴, I. Barzova⁵, I. Bellas-Velidis⁶, B. Bilkina⁵, R.M. Blake⁷, C.T. Bolton⁸, A. Bondar⁹, L. Brát^{10,11}, T. Brożek¹, B. Budzisz¹, M. Cikała^{1,12}, B. Csák¹³, A. Dapergolas⁶, D. Dimitrov⁵, P. Dobierski¹, M. Drahus¹⁴, M. Drózd¹⁵, S. Dvorak¹⁶, L. Elder¹⁷, S. Frąckowiak¹, G. Galazutdinov¹⁸, K. Gazeas¹⁹, L. Georgiev²⁰, B. Gere²¹, K. Goździewski¹, V.P. Grinin²², M. Gromadzki^{1,23}, M. Hajduk^{1,24}, T.A. Heras²⁵, J. Hopkins²⁶, I. Iliev⁵, J. Janowski¹, R. Kocián²⁷, Z. Kołaczkowski^{3,28}, D. Kolev⁵, G. Kopacki²⁸, J. Krzesiński¹⁵, H. Kučáková²⁷, E. Kuligowska²⁹, T. Kundera²⁹, M. Kurpińska-Winiarska²⁹, A. Kuźmich²⁹, A. Liakos¹⁹, T.A. Lister³⁰, G. Maciejewski¹, A. Majcher^{1,31}, A. Majewska²⁸, P.M. Marrese³², G. Michalska^{3,28}, C. Migaszewski¹, I. Miller^{33,34}, U. Munari³⁵, F. Musaev³⁶, G. Myers³⁷, A. Narwid³⁸, P. Németh³⁸, P. Niarchos¹⁹, E. Niemczura²⁸, W. Ogłóza¹⁵, Y. Ögmen³⁹, A. Oksanen⁴⁰, J. Osiwała¹, S. Peneva⁵, A. Pigulski²⁸, V. Popov⁵, W. Pych⁴¹, J. Pye¹⁷, E. Ragan¹, B.F. Roukema¹, P.T. Różański¹, E. Semkov⁵, M. Siwak^{15,29}, B. Staels⁴², I. Stateva⁵, H.C. Stempels⁴³, M. Stęślicki²⁸, E. Świerczyński¹, T. Szymański²⁹, N. Tomov⁵, W. Waniak²⁹, M. Więcek^{1,44}, M. Winiarski^{15,29}, P. Wychudziński^{1,2}, A. Zajczyk^{1,24}, S. Zola^{15,29}, and T. Zwitter⁴⁵

(Affiliations can be found after the references)

Received xxxxx xx, xxxx; accepted xxxxx xx, xxxx

ABSTRACT

Context. EE Cep is an unusual long-period (5.6 yr) eclipsing binary discovered during the mid-twentieth century. It undergoes almost-grey eclipses that vary in terms of both depth and duration at different epochs. The system consists of a Be type star and a dark dusty disk around an invisible companion. EE Cep together with the widely studied ϵ Aur are the only two known cases of long-period eclipsing binaries with a dark, dusty disk component responsible for periodic observations.

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Zmienność EE Cep została odkryta przez Romano w 1952 roku.

Okres orbitalny $P \sim 5.6\text{lat} \sim 2050\text{dni}$.

Efemerydę momentu minimum zaćmienia w dniach juliańskich oblicza się według wzoru: **$JD(\text{min}) = 2434344.1 + 2049.94 * E$**

Aktualnie w 2014 roku będzie minimum zaćmienia na epokę $E = 11$.

EE Cephei - długookresowy układ zaćmieniowy składający się z :

- a) **gwiazda Be** (typ widmowy B z obserwowanymi liniami emisyjnymi – stąd „e”),
- b) **ciemny pyłowy dysk** wokół niewidocznego towarzysza.

EE Cep i ϵ Aur to jedyne znane długookresowe układy zaćmieniowe, gdzie ciemny, pyłowy dysk jest odpowiedzialny za okresowe zaćmienia.

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Aktualny model układu EE Cep :

1. Gwiazda Be(typ widmowy~B z liniami emisyjnymi „e”):

- $T_{\text{eff}}=15000^{\circ}\text{K}$ (sp. B5 III lub B4 II), $3500L_{\odot}$,
- średni promień = $9R_{\odot}$, $M_{\text{Be}}=6.7M_{\odot}$,
- prędkość rotacji na równiku $V_{\text{eq}}=325\text{km/sek}$,
- spłaszczenie $R_{\text{eq}}/R_p \approx 1.44 (\approx 10.57R_{\odot}/R_p \approx 7.34R_{\odot})$,

2. Ciemny pyłowy dysk →

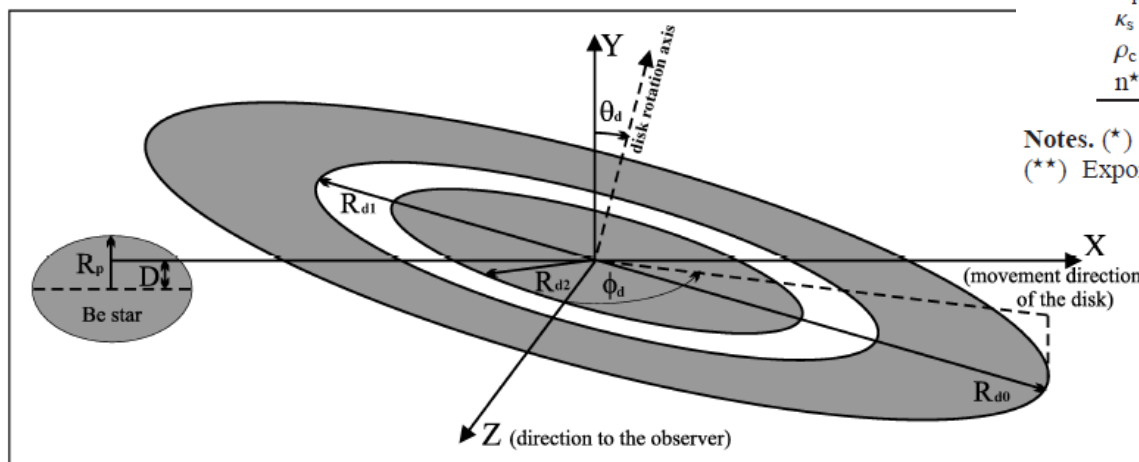
promień zewnętrzny $\sim 6x > R_{\text{eq}}$ ($\sim 63.4R_{\odot}$).

Table 4. Subjective (“eye”) and quantitative (“fit”) optimal solutions of our precession model using all the eclipses.

Parameter	eye	fit	$\pm$	Unit
R_{d0}	75.0	73.8	2.7	$R_{\odot}$
H	1.0	0.6	...	$R_{\odot}$
D	4.0	4.0	...	$R_{\odot}$
T_0	40493.92	40493.92	...	day
V_t	2.0	2.0	...	$R_{\odot}/\text{day}$
θ_d	12.5	12.1	0.7	degree
ϕ_d^*	175.0	173.7	1.9	degree
θ_{prec}	18.0	19.5	1.0	degree
ϕ_{prec}	79.0	80.0	2.0	degree
P_{prec}	11.8	10.8	0.4	P_{orb}
κ_s	0.328	0.328	...	1
ρ_c	1.18	1.13	1.21	$1R_{\odot}^{-3}$
n^{**}	0.3	0.27	0.09	1

Notes. (*) At the time of minimal disk tilt.

(**) Exponent in the function describing the disk density distribution.



Odległość 2.75kpc/9000l.św.

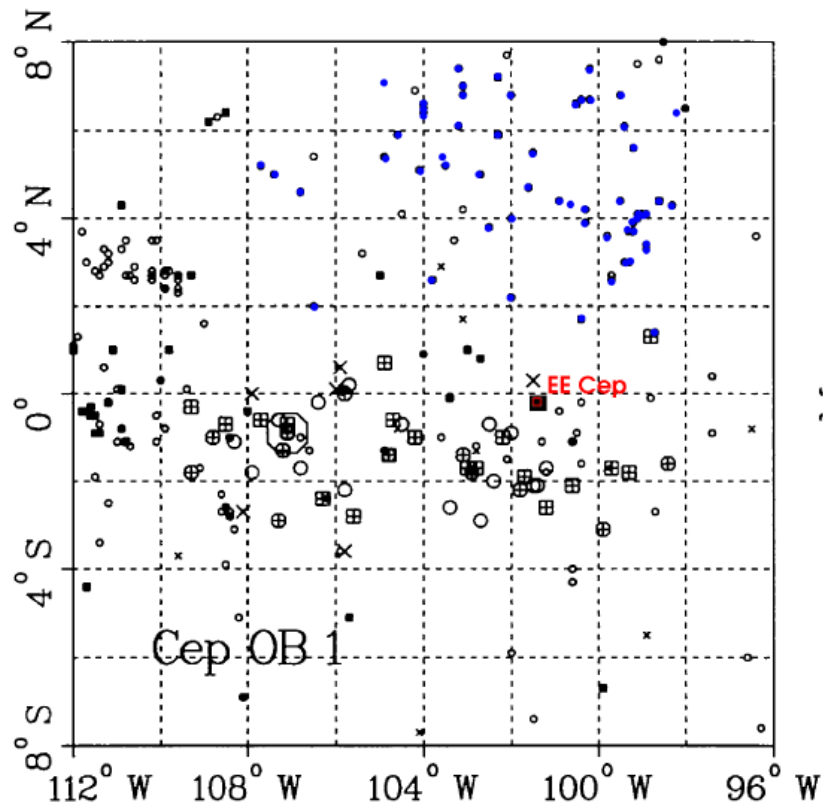
→ jeżeli jest
w asocjacji gw. Cep OB1

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Kolor niebieski →
gwiazdy asocjacji Cep OB2

Kolor czarny →
Gwiazdy asocjacji Cep OB1

Czarno-czerwony kwadrat →
Pozycja EE Cep na niebie.



EE Cep znajduje się w odległości 2.75kpc / 9000 lat świetlnych

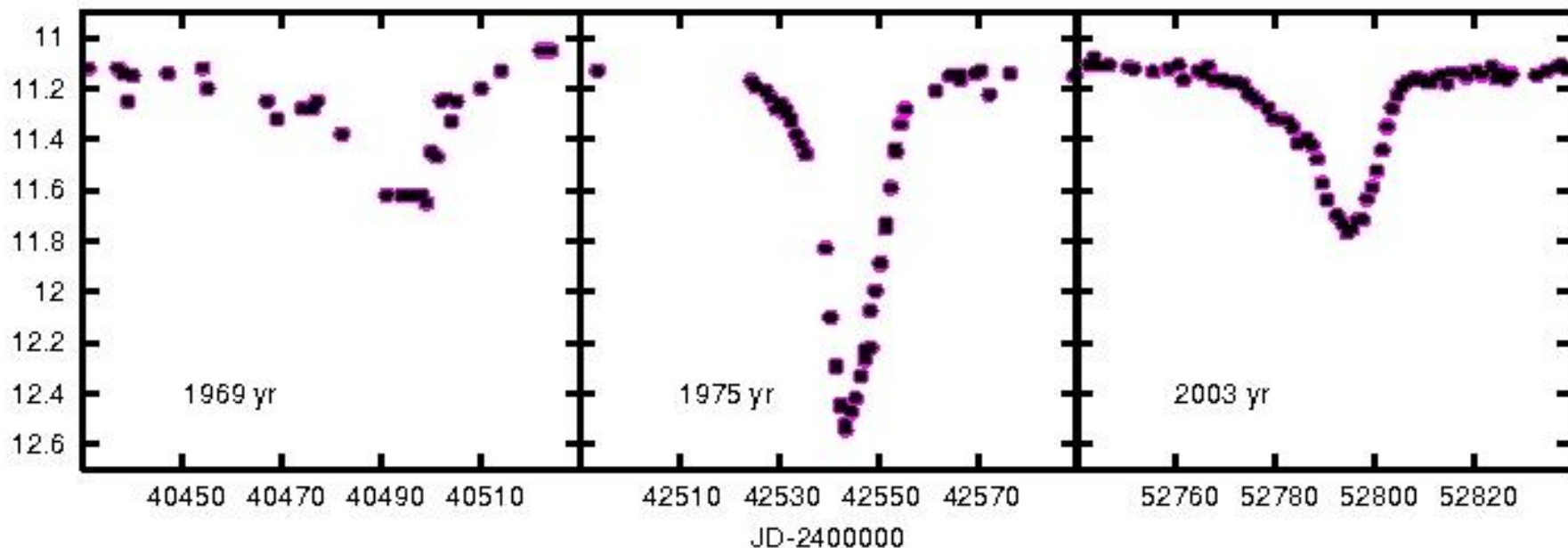
→ o ile jest w asocjacji gwiazdowej Cep OB1 (więcej na ten temat w pracy doktorskiej C. Gałana [4]).

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Krzywa blasku w czasie zaćmienia głównego EE Cep.

- W układzie występują prawie „szare” zaćmienia, które zmieniają się zarówno jeśli chodzi o głębokość jak i czas trwania.
- Głębokość zaćmień waha się w zakresie od $\sim 2^m$ w 1958 roku do $\sim 0.6^m$ w 1969.
- Czas trwania waha się od 1 miesiąca w 1992 roku w czasie najkrótszego zaćmienia do ponad 2 miesiące w 1969 roku.

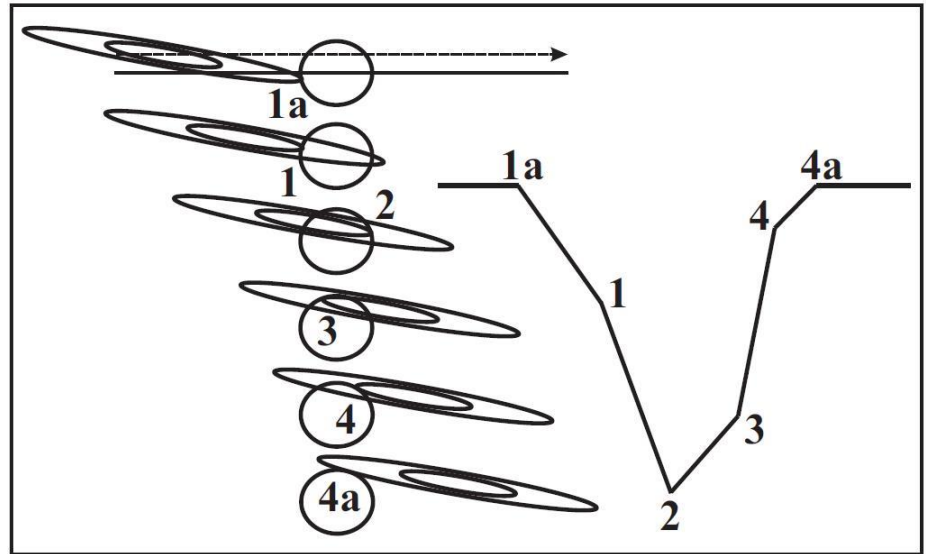
Poniżej krzywe blasku z zaćmień w 1969, 1975 i 2003 roku. (mat. źródłowy: [1]).



Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Schematyczny wygląd krzywej blasku EE Cep podczas zaćmienia w zależności od wzajemnych pozycji ciemnego dysku i gwiazdy Be (Materiał źródłowy [3]).

Dr Cezary Gałań wyjaśnia następująco temat zmian kształtu krzywej blasku EE Cep w swojej pracy doktorskiej [4]:



“... zauważymy, że wszystkie zaćmienia posiadają wspólne cechy. Jedną z nich jest obecność w krzywych blasku zaćmień szerokich skrzydeł, drugą zaś jest asymetria zaćmień, która jest obecna zawsze i w ogólności objawia się poprzez wolniejsze zmiany, a więc i dłuższy czas trwania opadającej części zaćmienia niż części wznoszącej. W krzywych blasku poszczególnych zaćmień można by się dopatrywać występowania takich samych charakterystycznych momentów. Momenty te (oznaczone 1a, 1, 2, 3, 4, 4a) są zobrazowane na schematycznej krzywej blasku na dole rysunku, który w swej górnej części ukazuje zmiany wzajemnej konfiguracji dysku i gwiazdy w trakcie zaćmienia odpowiadające za poszczególne momenty kontaktów. Zaćmiewający dysk jest półprzezroczysty w zewnętrznych obszarach, które są odpowiedzialne za obecność skrzydeł zaćmień (zaczynających się i kończących w punktach 1a i 4a odpowiednio), które nazwijmy „atmosferycznymi”. Część wewnętrzna dysku jest nieprzezroczysta, więc ona jest odpowiedzialna za fazy szybkich zmian blasku i fazę pseudo płaskiego dna (zmiany pomiędzy momentami 1 i 4, odpowiadającymi momentom zewnętrznych kontaktów w klasycznych układach zaćmieniowych typu algola)”.

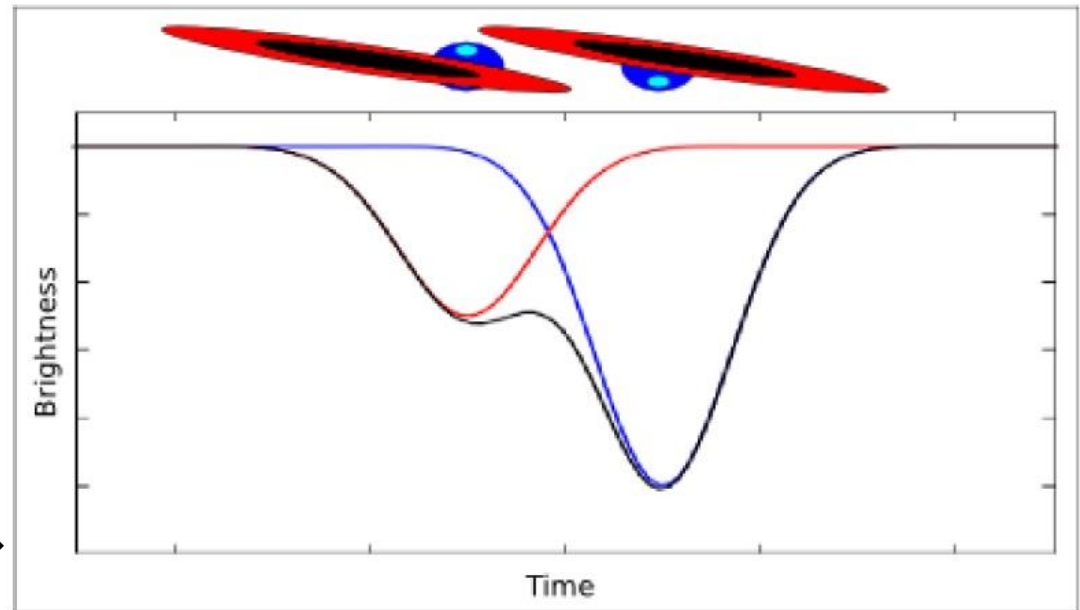
Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Gwiazda Be rotuje z prędkością zbliżoną do wartości krytycznej → efekt pociemnienia grawitacyjnego → różnica temperatury około 5 - 6 tysięcy °K pomiędzy równikiem i biegunami →

gorące plamy

przy biegunach →

**Wyjaśnienie mechanizmu
powstawania „garbu”
(ang. bump)
w krzywej blasku
(zaćmienia w 2003 i 2009r.) →**



Wzajemny układ gwiazdy Be i ciemnego dysku w trakcie pierwszego i drugiego minimum jest pokazany powyżej. W trakcie każdego z tych minimum zostaje przesłonięta jedna z gorących plam (kolor jasnoniebieski) przy biegunie gwiazdy Be. Materiał źródłowy [3].

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

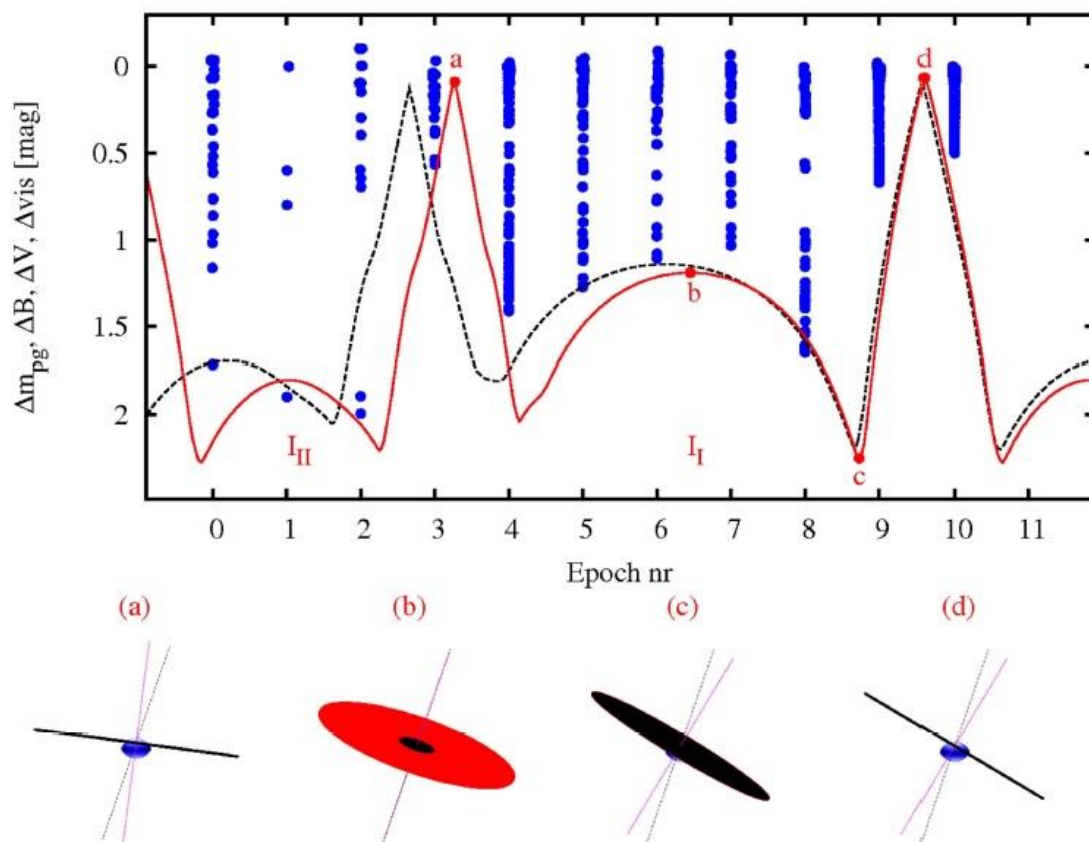
Zależność głębokości zaćmienia w systemie EE Cep od precesji dysku.

Dane fotometryczne z epok 0-10 są oznaczone **niebieskimi kółkami**.

Ciągłą lub przerywaną linią są oznaczone modele opisujące zmianę głębokości zaćmienia w zależności od fazy orbitalnej dysku podlegającego precesji. W symulacji uwzględniono odpowiednio okresy precesji równe wielokrotnościom okresu orbitalnego systemu EE Cep $10.8 \cdot P_{\text{orb}}$ i $11.8 \cdot P_{\text{orb}}$.

Poniżej wykresu zilustrowano przestrzenny układ dysku i gwiazdy w czterech specyficznych przypadkach oznaczonych literami a, b, c, i d.

Jako, że dysk w 2014 roku (E=11) jest **bardzo nieprzeźroczysty** (wariant ustawienia przestrzennego dysku zbliżony do (c)) **zapowiada to b.głębokie zaćmienie około $\sim 2^m$** .
Materiał źródłowy: [3].



Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Celem akcji obserwacyjnych zaćmień EE Cep w 2003 i 2009 roku była weryfikacja,

- czy obiekt zasłaniający jest rzeczywiście ciemnym dyskiem,
- zrozumienie zmian odnośnie głębokości i czasu trwania zaćmień.

W. w. obserwacje potwierdziły, że w systemie EE Cep rzeczywiście jest ciemny, pyłowy dysk krążący wokół obiektu o małej jasności. Główny składnik układu wydaje się być szybko rotującą gwiazdą Be, która jest silnie pociemniona w okolicach równikowych i rozjaśniona na biegunach.

Cel kampanii obserwacyjnej zaćmienia EE Cep w 2014 roku:

Następujące wnioski z ostatnich akcji obserwacyjnych wymagają weryfikacji i dalszych analiz:

- Złożona, prawdopodobnie wielo-pierścieniowa struktura dysku w EE Cep.
- Wyjaśnienie garbu (ang. „bump”) obserwowanego podczas ostatnich dwóch zaćmień jako efekt przestaniania gorących obszarów wokółbiegunowych gwiazdy Be przez dysk.
- Sugerowany okres precesji dysku ($\sim 11-12 P_{\text{orb}}$) i prognozowanej głębokości $\sim 2^m$ dla zbliżającego się zaćmienia w 2014 roku.

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Podczas zaćmienia w 2014 roku są
 rekomendowane obserwacje

fotometryczne :

- Std system Johnsona-Cousinsa **UBV(RI)_C**.
- Potrzebny jest **minimum 1 pomiar jasności każdej nocy z dokładnością około 0.01^m**.
- Potrzebne jest trochę obserwacji poza zaćmieniem, aby skalibrować systematyczne różnice pomiędzy obserwatorami.
- Autorzy kampanii obserwacyjnej proponują ten **sam zestaw gwiazd porównania** co podczas poprzedniej akcji (szczegóły [5]).
- Użyteczne będą **obserwacje w podczerwieni (filtry JHK)** przed, w trakcie i po zaćmieniu.

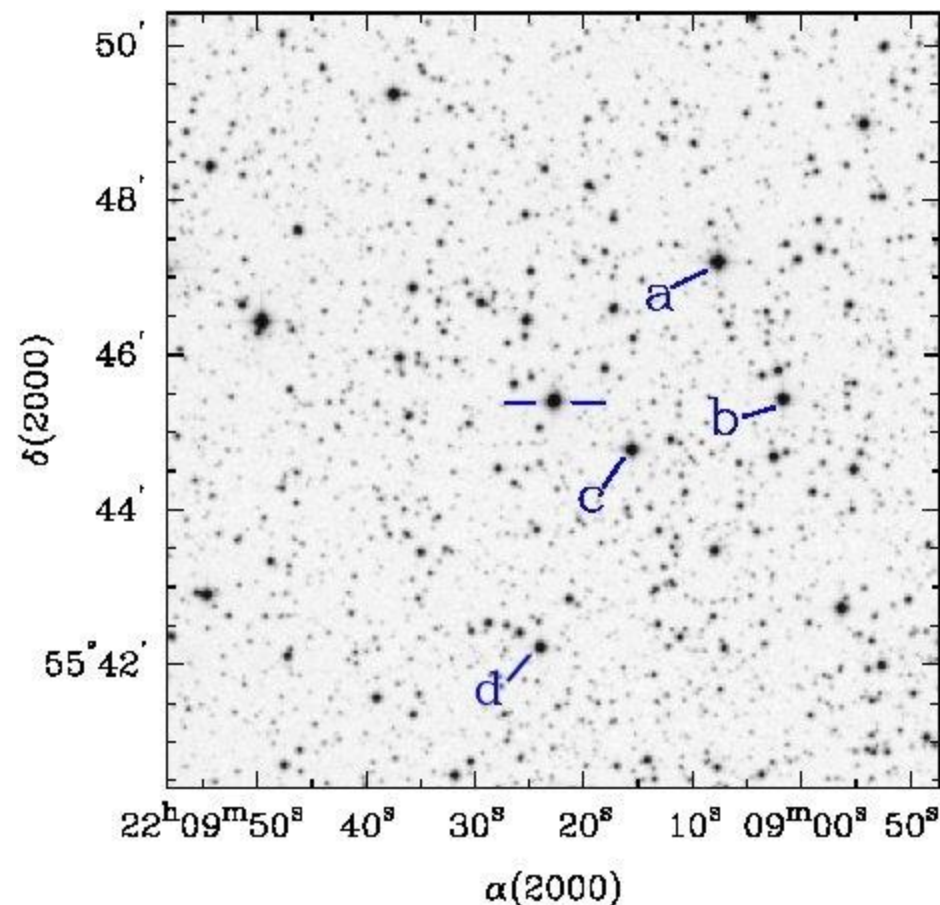
Pozwoli to na podjęcie próby detekcji wtórnego składnika w układzie EE Cep.

Może to być

dysk

i/lub

gwiazda/gwiazdy w centrum.



Star name	Meinunger's designation	Johnson magnitudes				
		U	B	V	R	I
BD+55°2690	a	10.86	10.68	10.38	10.09	9.87
GSC-3973:2150	b	11.31	11.47	11.23	10.99	10.81
BD+55°2691	c	11.59	11.47	11.22	10.96	10.75
GSC-3973:1261	d	-	-	-	-	-

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Obserwacje spektroskopowe zaćmienia EE Cephei w 2014r.:

- Zalecane prowadzenie obserwacji spektroskopowych nawet do końca X 2014 roku (podczas zaćmienia w 2003 roku linie shelowe pochodzące z otoczki wokółgwiazdowej były widoczne 2.5-3 miesiące przed i po momencie minimum.).
- Podczas fazy zaćmienia fotometrycznego można się spodziewać znacznych zmian w strukturze profili linii emisyjnych i absorpcyjnych nawet pomiędzy kolejnymi nocami obserwacyjnymi.
- Bardzo użyteczne będą obserwacje spektroskopowe w małej i dużej zdolności rozdzielczej.

Osoby zainteresowane uczestnictwem w kampanii obserwacyjnej zaćmienia EE Cep są proszone o zgłaszanie się do koordynatora akcji Pana Piotra Wychudzkiego (kontakt e-mailowy: adyrbyh@gmail.com).

Strona domowa akcji :

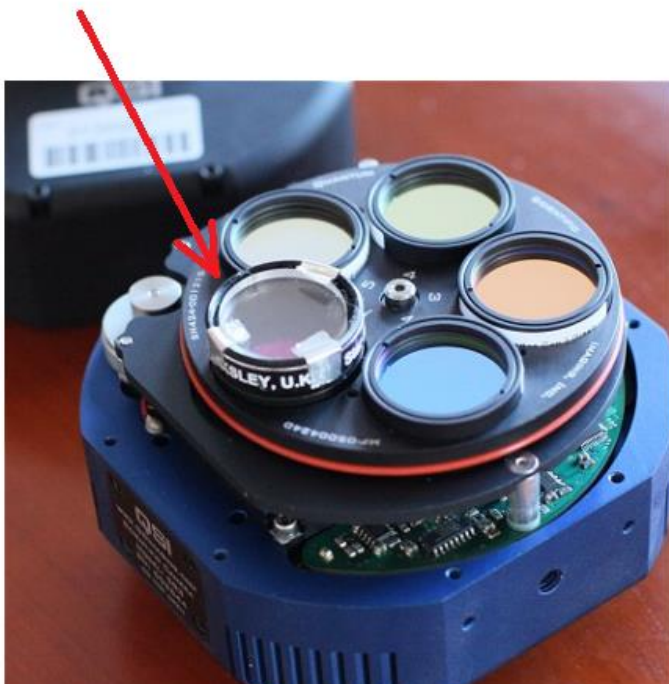
<https://sites.google.com/site/eecep2014campaign/>

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

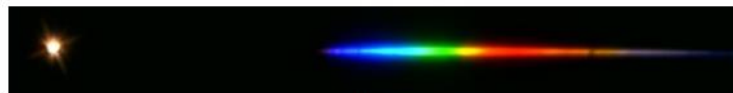
Przykład systemu do spektroskopii w niskiej zdolności rozdzielczej:

Star Analyser 100 z pryzmatem 3.8° firmy Shelyak dostępny za 139€ (+pryzmat 55€). Jest to transmisyjna siatka dyfrakcyjna o gęstości 100 linii/mm oprawiona w gwint filtrowy o średnicy 1.25". Mocuje się pod okulem teleskopu bądź też w gwincie filtrowym kamery. Nominalna zdolność rozdzielcza $R \sim 100$ wzrasta do $R \sim 130$ po zastosowaniu pryzmatu.

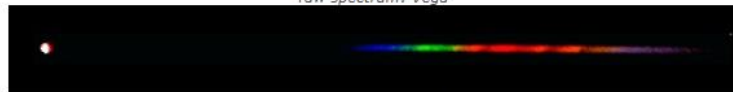
Więcej informacji jest dostępna pod odnośnikiem http://www.shelyak.com/dossier.php?id_dossier=45



Stellar spectra



raw spectrum: Vega



raw spectrum: delta Vir



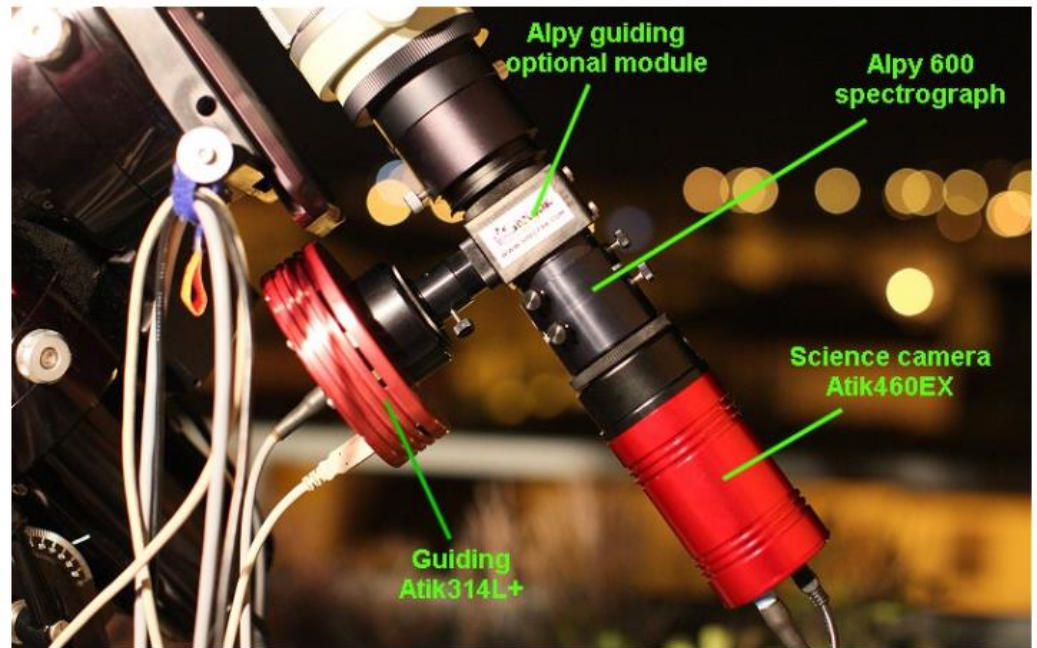
Procedura do kalibracji widm za pomocą programu ISIS:
http://www.astrosurf.com/buil/isis/guide_sa/tuto_en.htm

Začmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

Przykład systemu do spektroskopii w niskiej zdolności rozdzielczej:

Spektrograf Alpy 600 -kosztuje w wersji podstawowej 695€ i zawiera siatkę dyfrakcyjną 600 linii/mm wraz z pryzmatem i daje widma małej rozdzielczości($R \sim 600$) w zakresie optycznym i jest kompatybilny z większością współczesnych kamer CCD używanych w astronomii.

Zawiera również opcjonalny moduł guidujący i moduł z lampą generującą widmo porównania neonowo-argonowe.



Procedura do kalibracji widm z Alpy 600 za pomocą programu ISIS:

http://www.astrosurf.com/buil/calibration2/absolute_calibration_en.htm

Zaćmienie EE Cephei VII-IX 2014r.

- **Materiały źródłowe:**

- [1] Strona domowa kampanii obserwacyjnej w 2014 roku:
<https://sites.google.com/site/eecep2014campaign/>
- [2] Strona domowa kampanii obserwacyjnej w 2009 roku:
<http://sun.astri.uni.torun.pl/~cgalan/EE Cep/>
- [3] C.Galan i inni, 2012, "International observational campaigns of the last two eclipses in EE Cep: 2003 and 2008/9", <http://arxiv.org/pdf/1205.0028v3.pdf>
- [4] Cezary Gałań 2009, praca doktorska pt." Obserwacje i analiza zaćmień w trzech skrajnie długookresowych układach podwójnych: OW Gem, EE Cep i AZ Cas.",
http://www.astri.uni.torun.pl/~cgalan/CGalan_PhD_2009.pdf
- [5] M.Mikołajewski i inni, 2003, <http://www.konkoly.hu/cgi-bin/IBVS?5412>
- [6] L. Meinunger, 1975 - <http://www.konkoly.hu/cgi-bin/IBVS?965>,
- [7] Transmisyjna siatka dyfrakcyjna Star Analyser 100 –
http://www.astrosurf.com/buil/staranalyser2/evaluation_en.htm,
http://www.shelyak.com/rubrique.php?id_rubrique=4&lang=2,
- [8] Spektrograf Alpy 600 - http://www.shelyak.com/rubrique.php?id_rubrique=17,