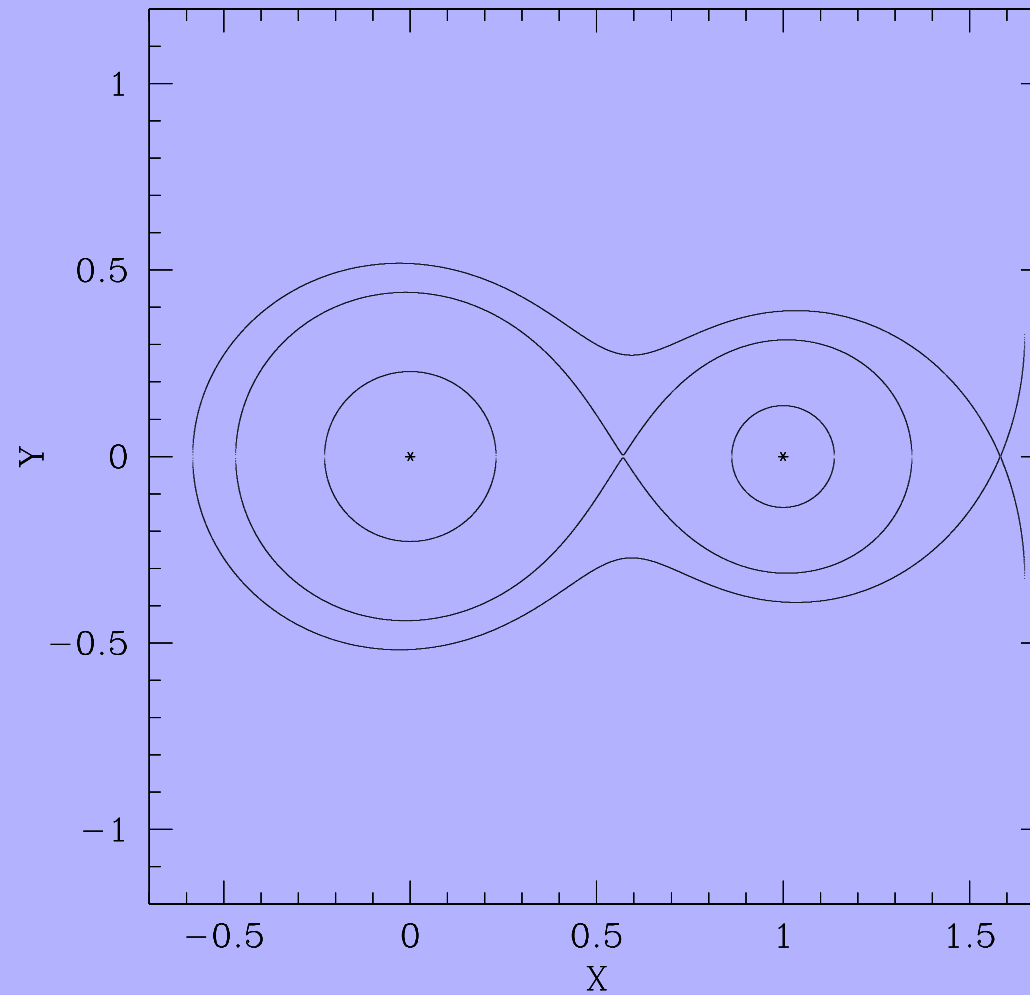


V1309 SCORPII:

Tragiczny koniec układu podwójnego
i narodziny nowej gwiazdy

Romuald TYLEND

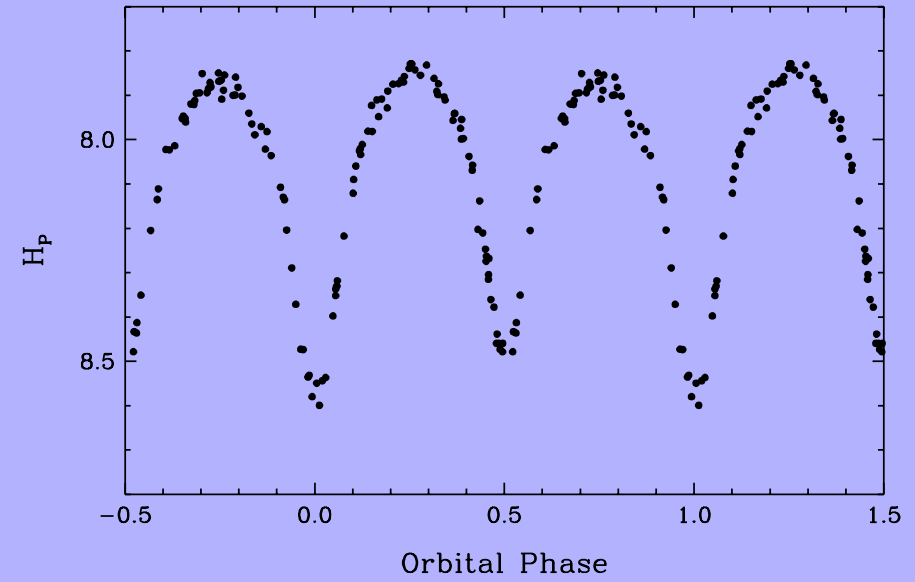
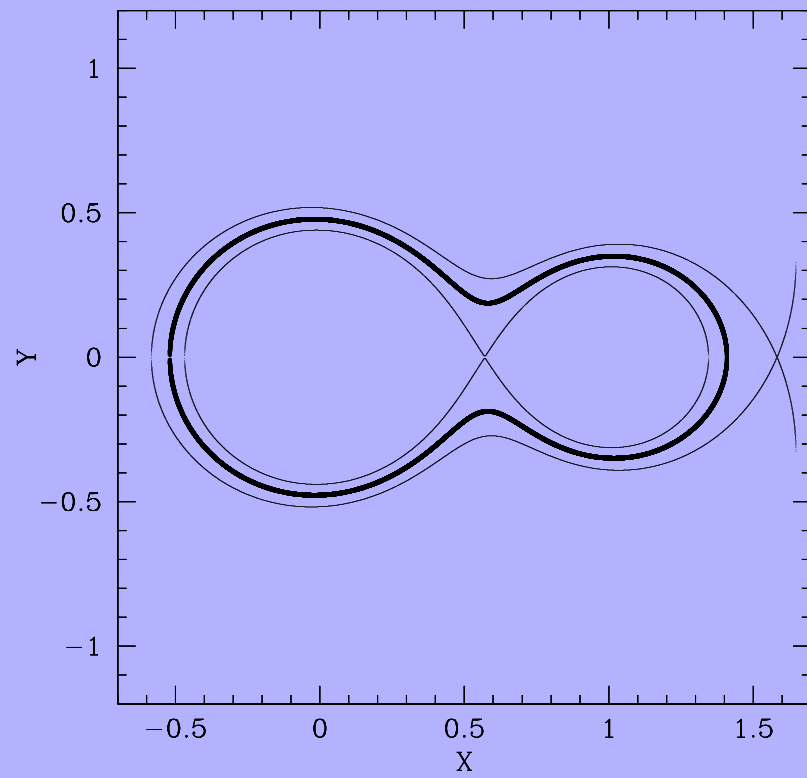
Centrum Astronomiczne im. M.Kopernika, PAN
Zakład Astrofizyki w Toruniu



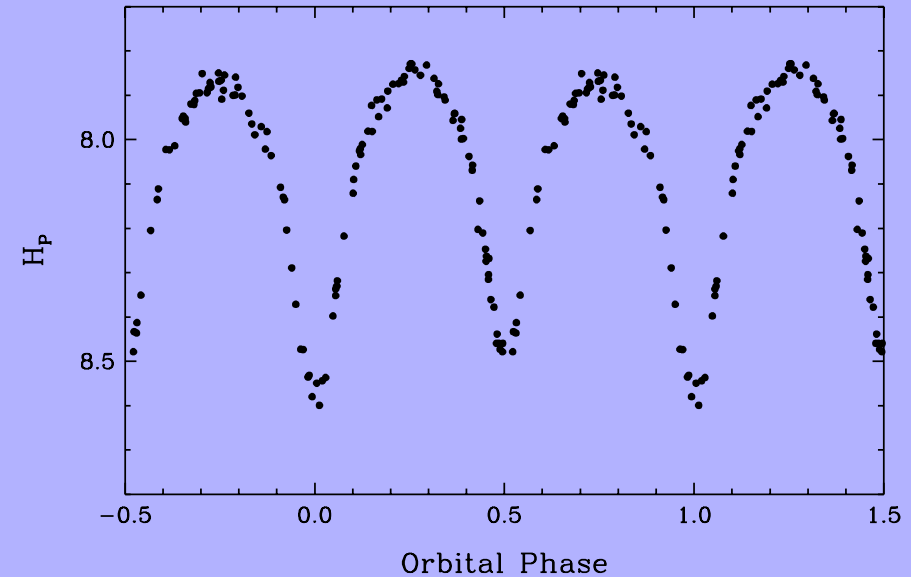
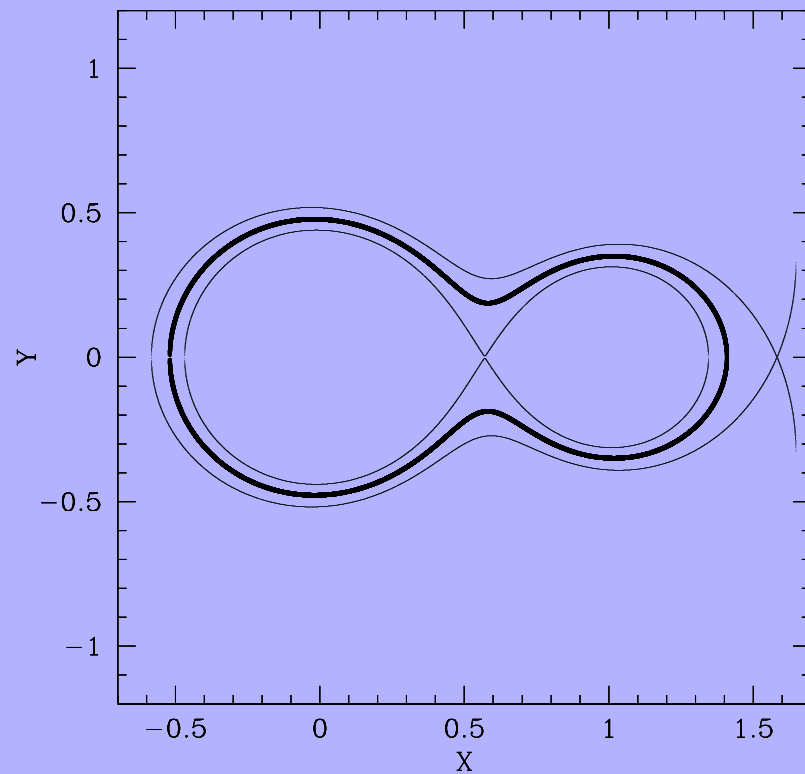
Układy podwójne gwiazd

Powierzchnie równego potencjału (strefy Roche'a).

Układy: rozdzielone, półrozdzielone (ciasne), kontaktowe.



Układy kontaktowe – gwiazdy typu W Ursae Majoris

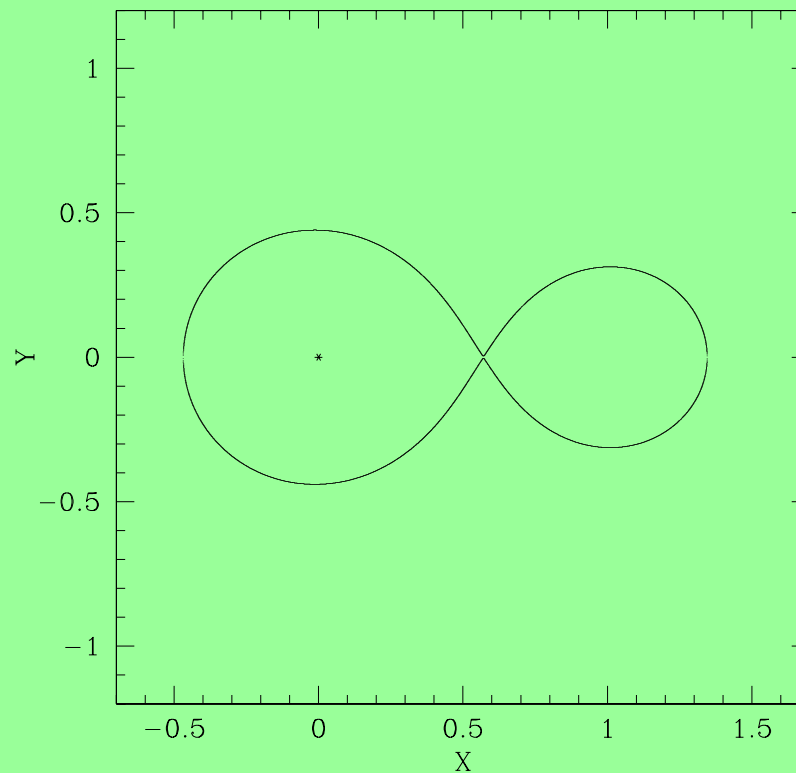


Układy kontaktowe – gwiazdy typu W Ursae Majoris

Energia przepływa ze składnika bardziej masywnego do mniej masywnego.
Masa przepływa w kierunku przeciwnym.

Efekt: rośnie dysproporcja pomiędzy masami składników.

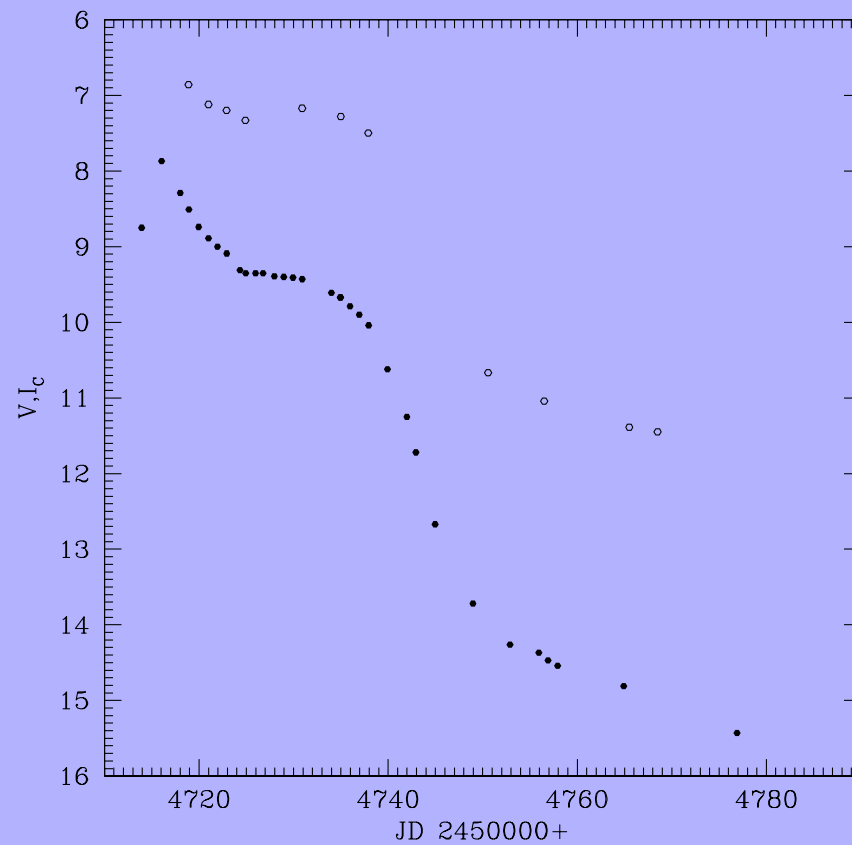
Wniosek: układy kontaktowe dążą do koalescencji składników.



Gwiazdy nowe (klasyczne)

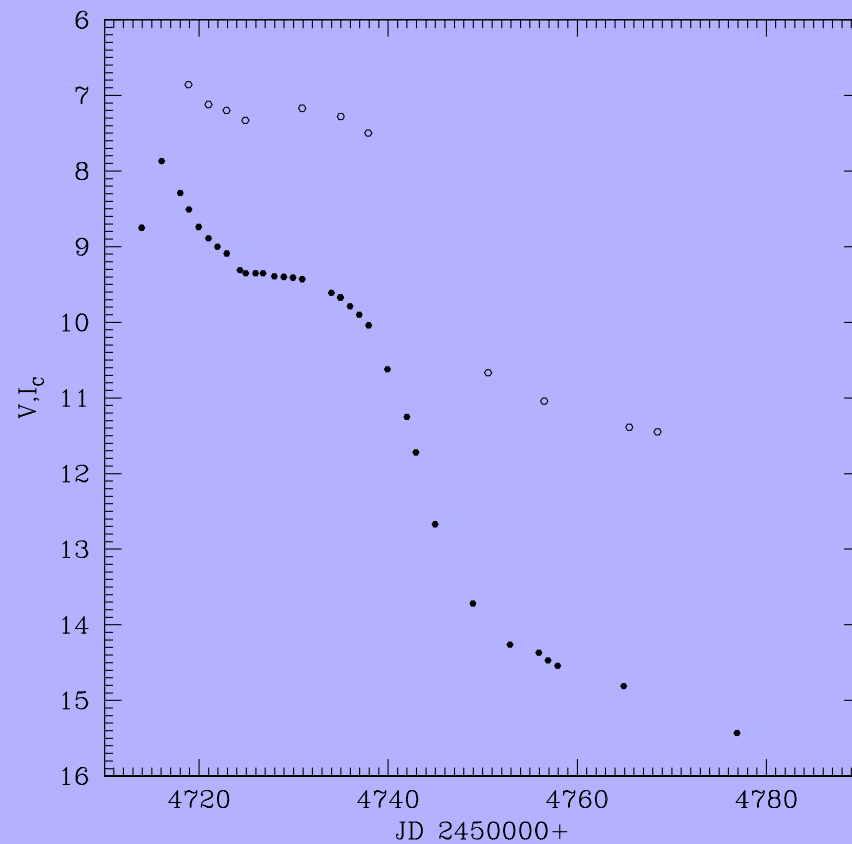
Biały karzeł i małomasywna gwiazda ciągu głównego wypełniająca swoją strefę Roche'a. Akrecja materii bogatej w wodór na powierzchni białego karła prowadzi do zapłonu reakcji spalania wodoru: **termojądrowy rozbłysk!**

W trakcie spadku blasku obiekt staje się bardzo gorący ($T > 100\,000\text{ K}$).



2 września 2008

V1309 Scorpii odkryta jako Nova Sco 2008

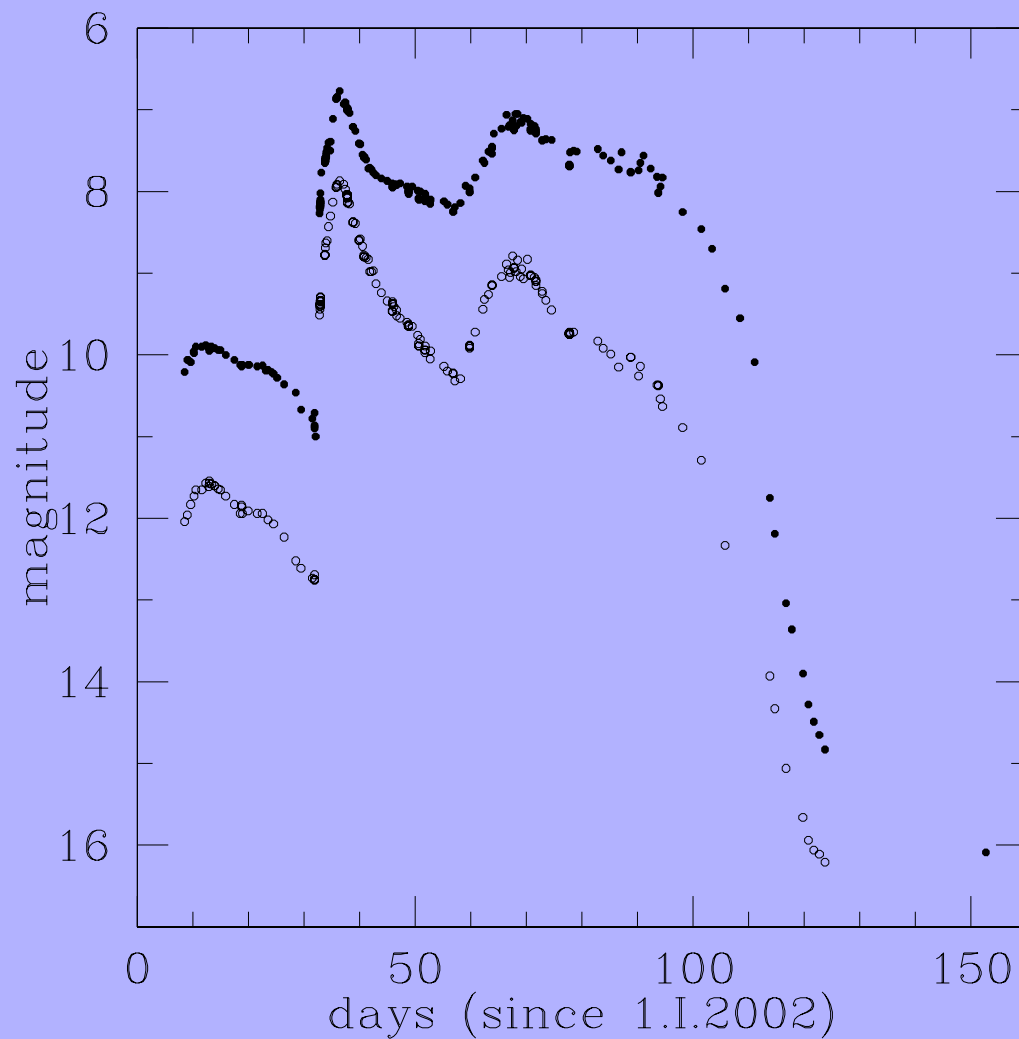


2 września 2008

V1309 Scorpii odkryta jako Nova Sco 2008

Analiza obserwacji spektroskopowych pokazała jednak, że nie jest to klasyczna nowa, ale obiekt pokrewny V838 Mon:

w trakcie rozbłysku obiekt stawał się coraz chłodniejszy i osłabł jako olbrzym typu widmowego M.



2 stycznia 2002: V838 Monocerotis odkryta jako osobliwa zmienna
w Jednorożcu (Monoceros)
Krzywa blasku w filtrach B (symbole puste) i V (symbole pełne).
Widoczne poczerwienienie koloru $B - V$ ze spadkiem jasności.



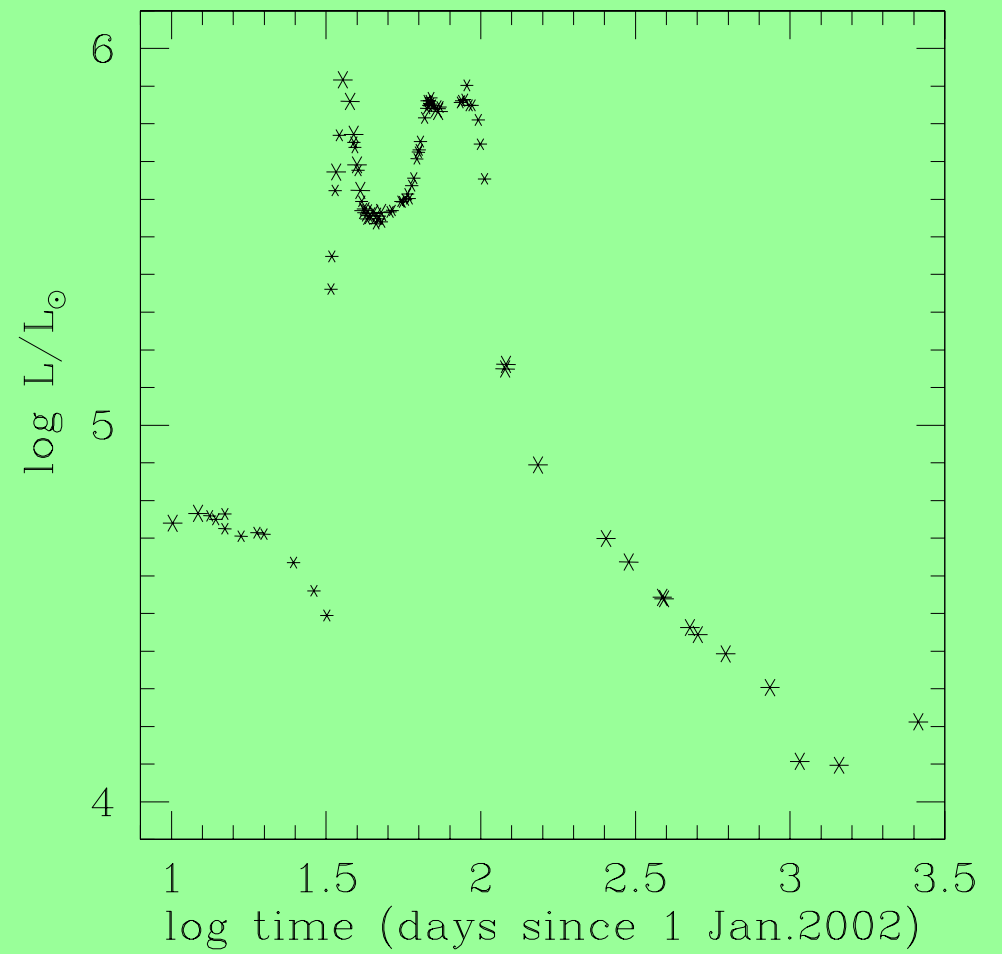
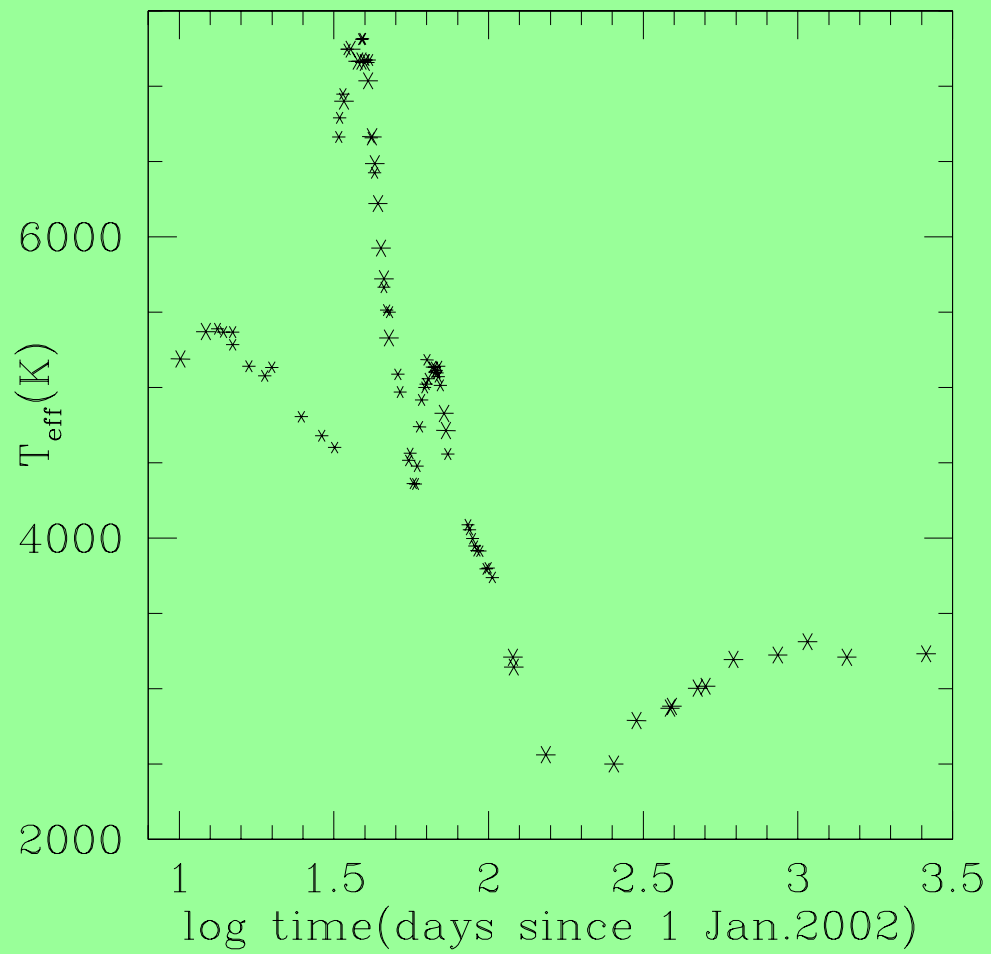
Echo świetlne V838 Mon
HST 20 maja 2002



Echo świetlne V838 Mon
HST 2 września 2002



Echo świetlne V838 Mon
HST 17 grudnia 2002



Ewolucja temperatury efektywnej i luminosity V838 Mon

Typowe cechy rozbłysków typu V838 Mon (red novae, intermediate-luminosity red transients):

- Amplituda rozbłysku rzędu 7–10 magnitudo (wzrost jasności o czynnik $10^3 - 10^4$).
- Ewolucja do coraz późniejszych typów widmowych w trakcie rozbłysku.
- Szybki spadek jasności następuje po osiągnięciu wczesnego typu M.
- Pozostałość po wybuchu przypomina olbrzyma typu M.

LISTA OBIEKTÓW

Nasza Galaktyka

- V4332 Sgr (erupcja w 1994)
- V838 Mon (erupcja w 2002)
- V1309 Sco (erupcja w 2008)

Inne galaktyki

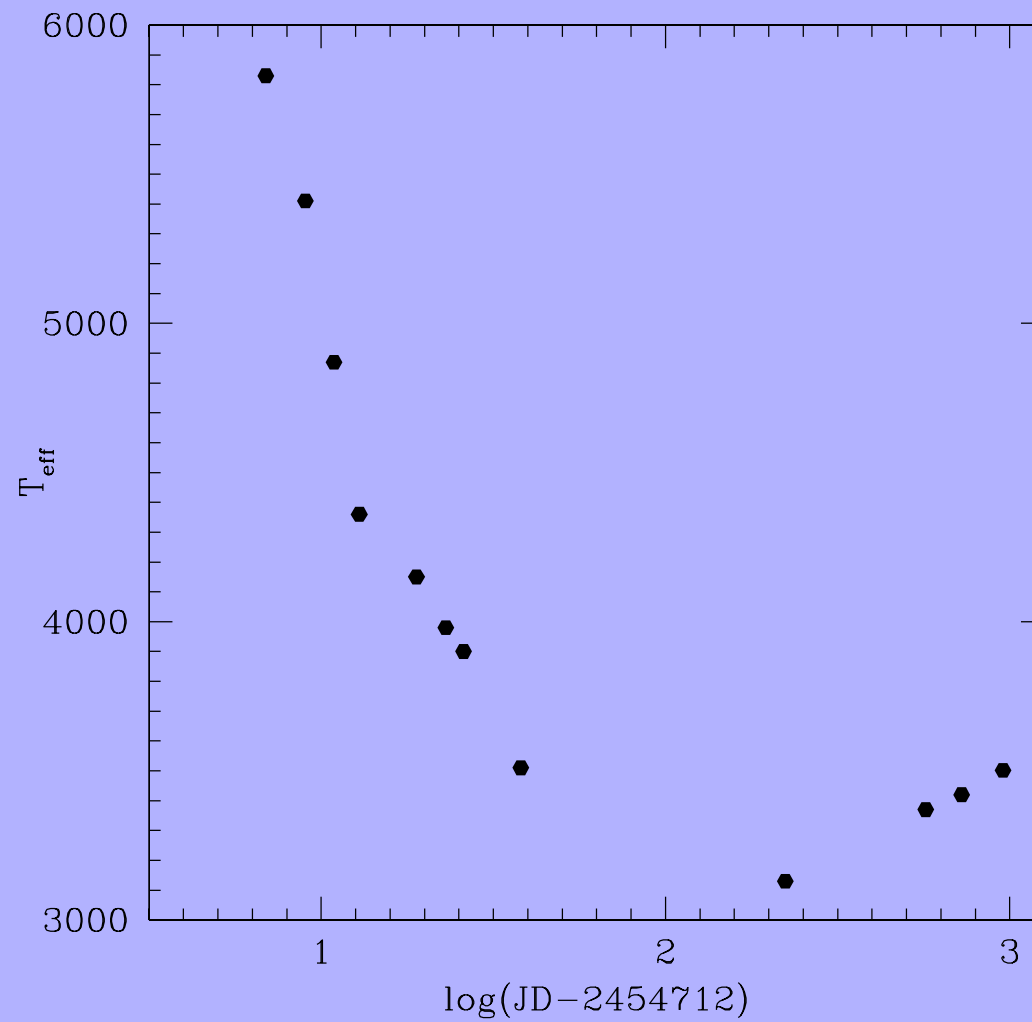
- M31 RV (erupcja w 1988)
- M85 OT 2006
- NGC300 OT 2008
- NGC6946 SN 2008S
- ...

Jaki jest mechanizm rozbłysków typu V838 Mon?

- mechanizm nowej klasycznej – nie jest w stanie wyjaśnić spadku temperatury efektywnej w trakcie wybuchu i spadku jasności przy bardzo niskiej temperaturze efektywnej

Jaki jest mechanizm rozbłysków typu V838 Mon?

- mechanizm nowej klasycznej – nie jest w stanie wyjaśnić spadku temperatury efektywnej w trakcie wybuchu i spadku jasności przy bardzo niskiej temperaturze efektywnej
- koalescencja (zderzenia) gwiazd – jest w stanie wyjaśnić wszystkie główne cechy rozbłysków: w przypadku V838 Mon mogło to być zderzenie (koalescencja) gwiazdy ciągu głównego o masie $\sim 8 M_{\odot}$ z małomasywnym towarzyszem ($\sim 0.5 M_{\odot}$) gwiazdowym



V1309 Sco – ewolucja temperatury efektywnej

Współrzędne galaktyczne V1309 Sco: $l = 359^{\circ}.8$, $b = -3^{\circ}.1$.

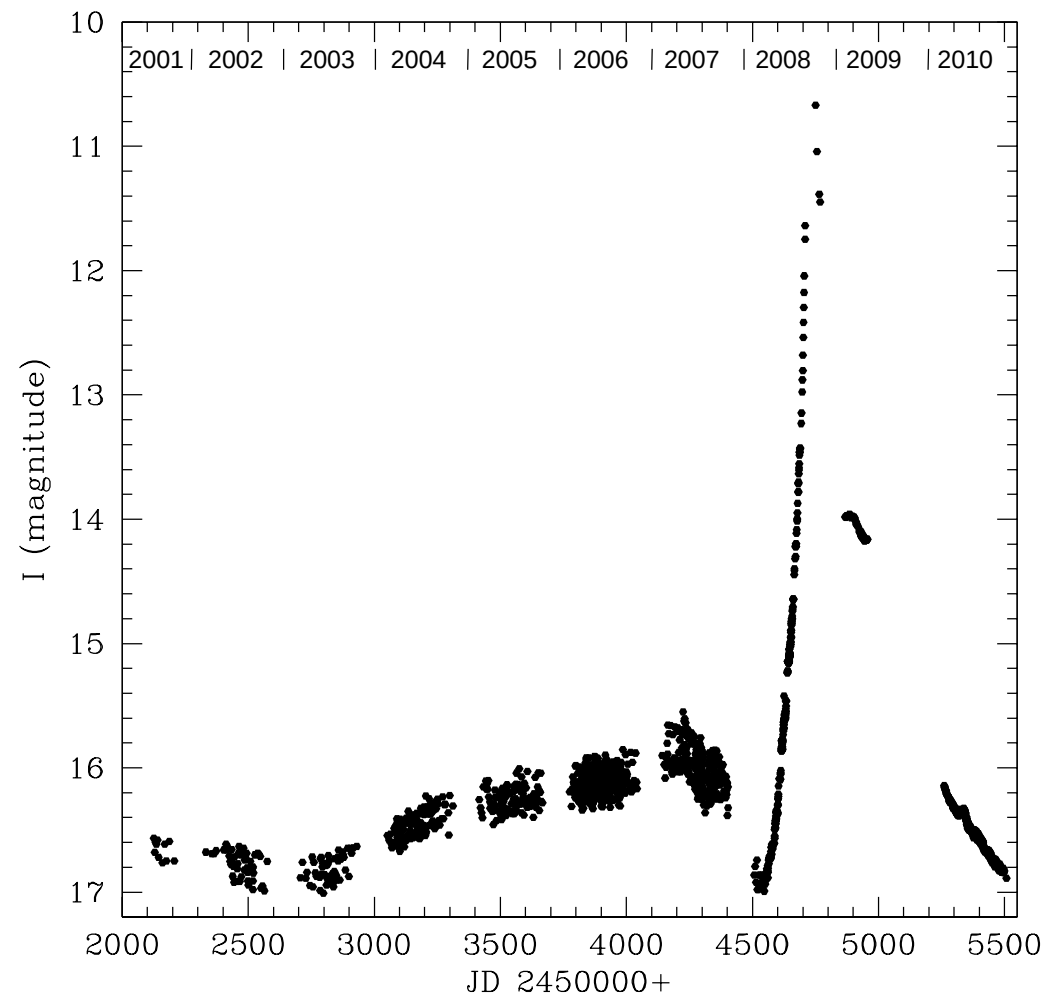
Współrzędne galaktyczne V1309 Sco: $l = 359^{\circ}.8$, $b = -3^{\circ}.1$.

Okazało się, że obiekt był monitorowany w ramach projektu OGLE
(Optical Gravitational Lensing Experiment – Obserwatorium Uniwersytetu Warszawskiego)
od 2001 roku!

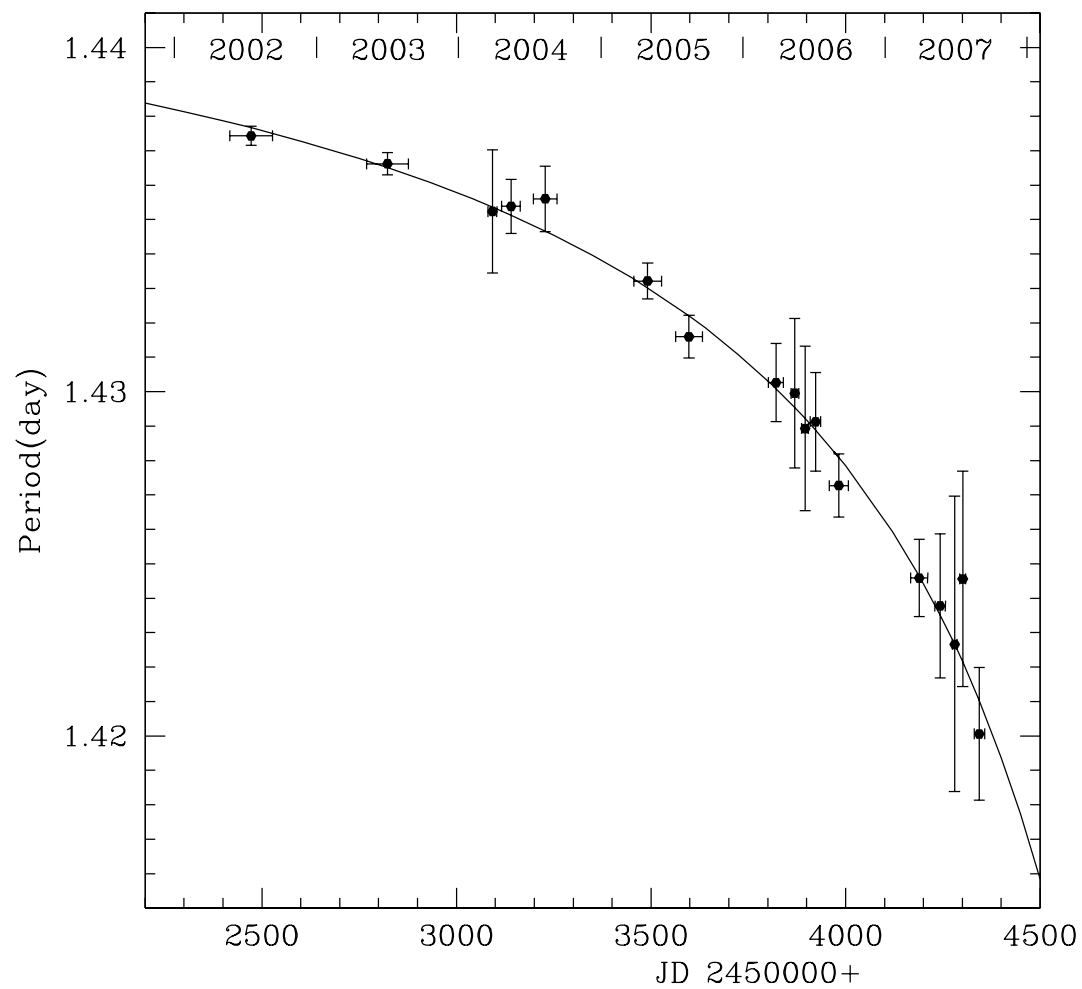
Współrzędne galaktyczne V1309 Sco: $l = 359^{\circ}.8$, $b = -3^{\circ}.1$.

Okazało się, że obiekt był monitorowany w ramach projektu OGLE
(Optical Gravitational Lensing Experiment – Obserwatorium Uniwersytetu Warszawskiego)
od 2001 roku!

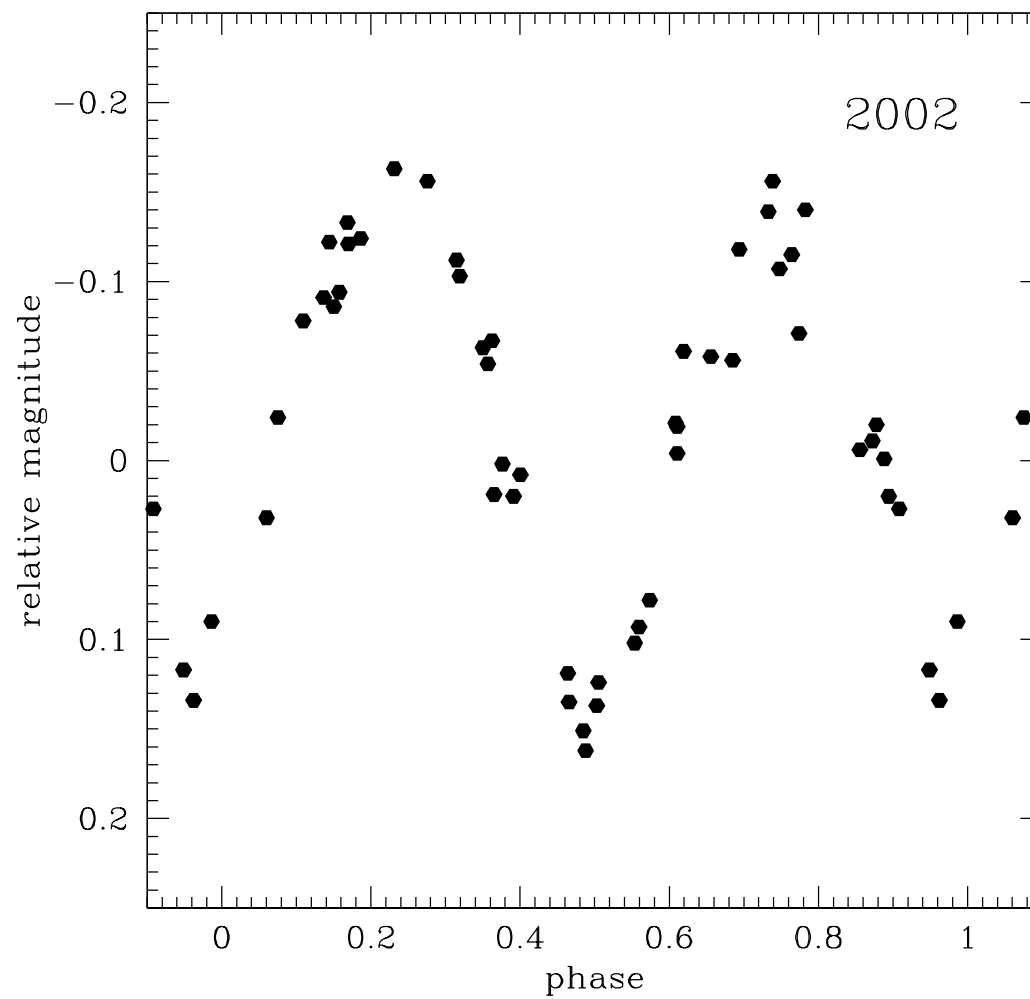
W rezultacie otrzymano ~ 1340 pomiarów jasności obiektu, głównie w filtrze I_C , przed jego odkryciem w sierpniu 2008 r.



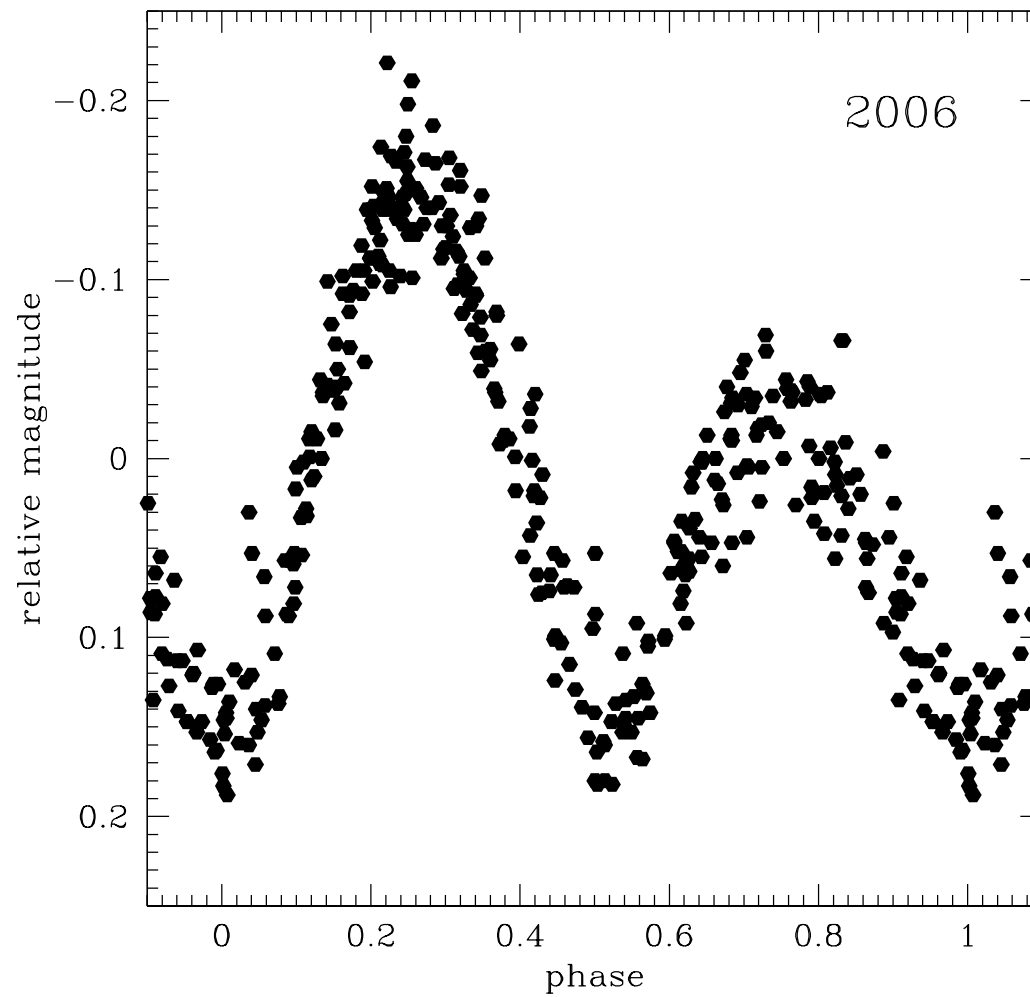
Krzywa blasku V1309 Sco w filtrze I_C na podstawie obserwacji w ramach projektu OGLE.



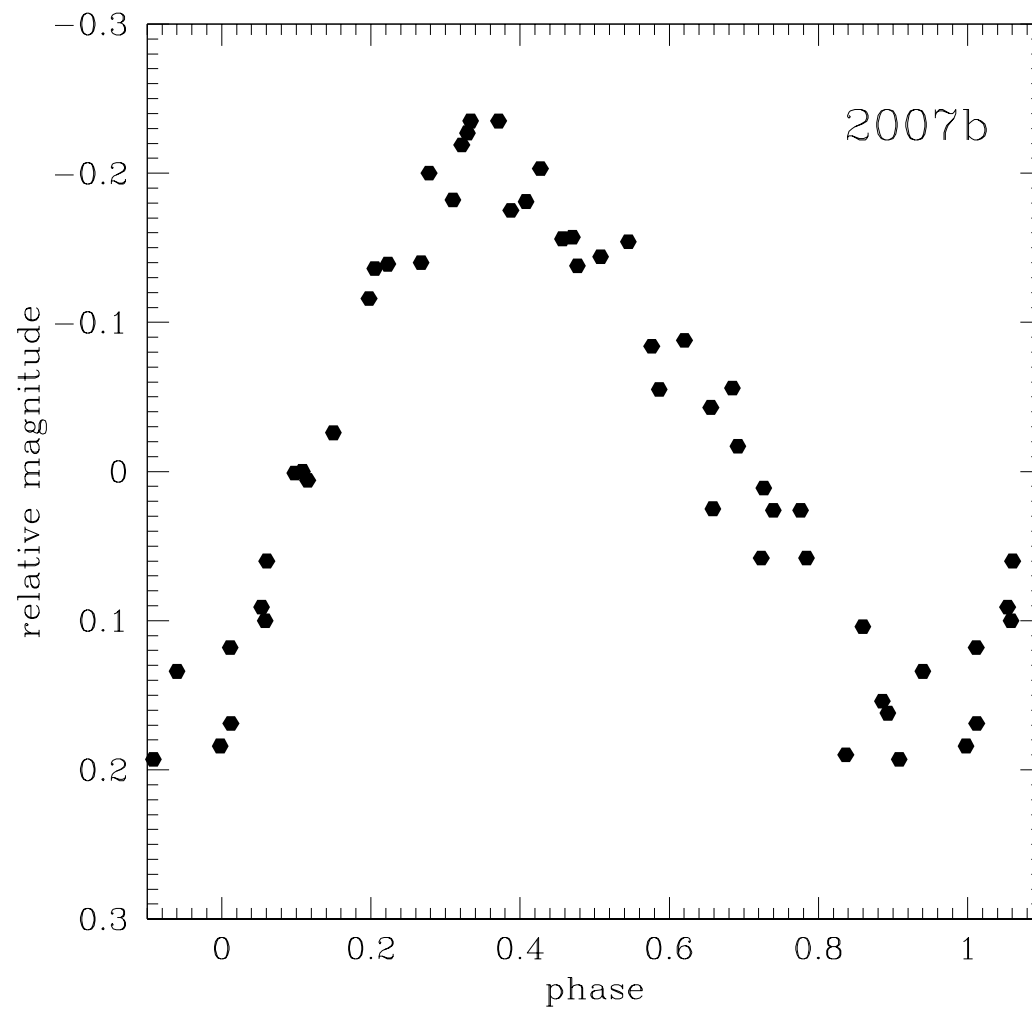
Okres fotometrycznej zmienności progenitora V1309 Sco.
krzywa ciągła: eksponencjalna zależność dopasowana do obserwacji.



Krzywa blasku periodycznej zmienności progenitora V1309 Sco w 2002 roku.



Krzywa blasku periodycznej zmienności progenitora V1309 Sco w 2006 roku.



Krzywa blasku periodycznej zmienności progenitora V1309 Sco
w okresie sierpień – wrzesień 2007 roku.

Fizyczna natura progenitora V1309 Sco

I. Pulsacje pojedynczej gwiazdy: **nie mogą wyjaśnić obserwacji.**

Fizyczna natura progenitora V1309 Sco

- I. Pulsacje pojedynczej gwiazdy: **nie mogą wyjaśnić obserwacji.**
- II. Rotacja pojedynczej gwiazdy z plamami: **nie może wyjaśnić obserwacji.**

Fizyczna natura progenitora V1309 Sco

- I. Pulsacje pojedynczej gwiazdy: nie mogą wyjaśnić obserwacji.
- II. Rotacja pojedynczej gwiazdy z plamami: nie może wyjaśnić obserwacji.
- III. Zaćmieniowy układ podwójny gwiazd: tłumaczy w pełni obserwacje

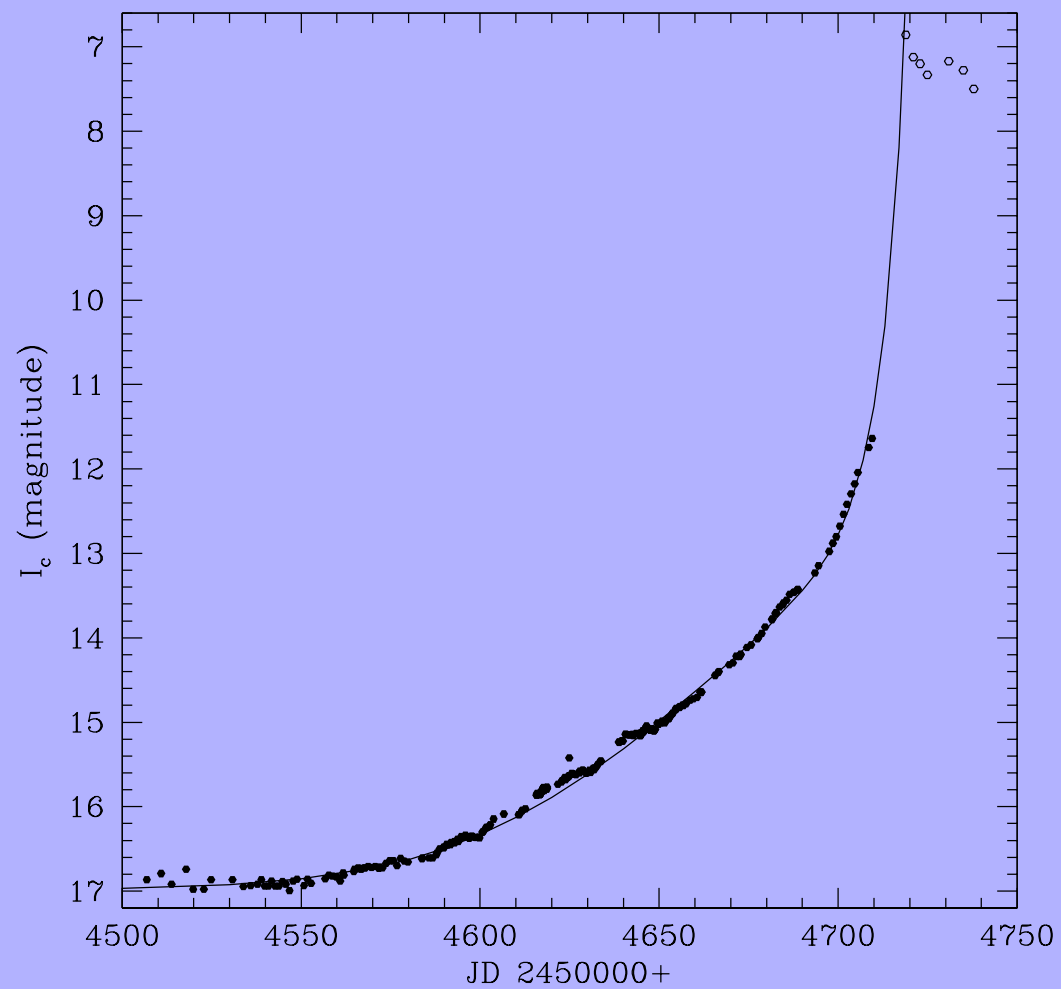
Fizyczna natura progenitora V1309 Sco

I. Pulsacje pojedynczej gwiazdy: **nie mogą wyjaśnić obserwacji.**

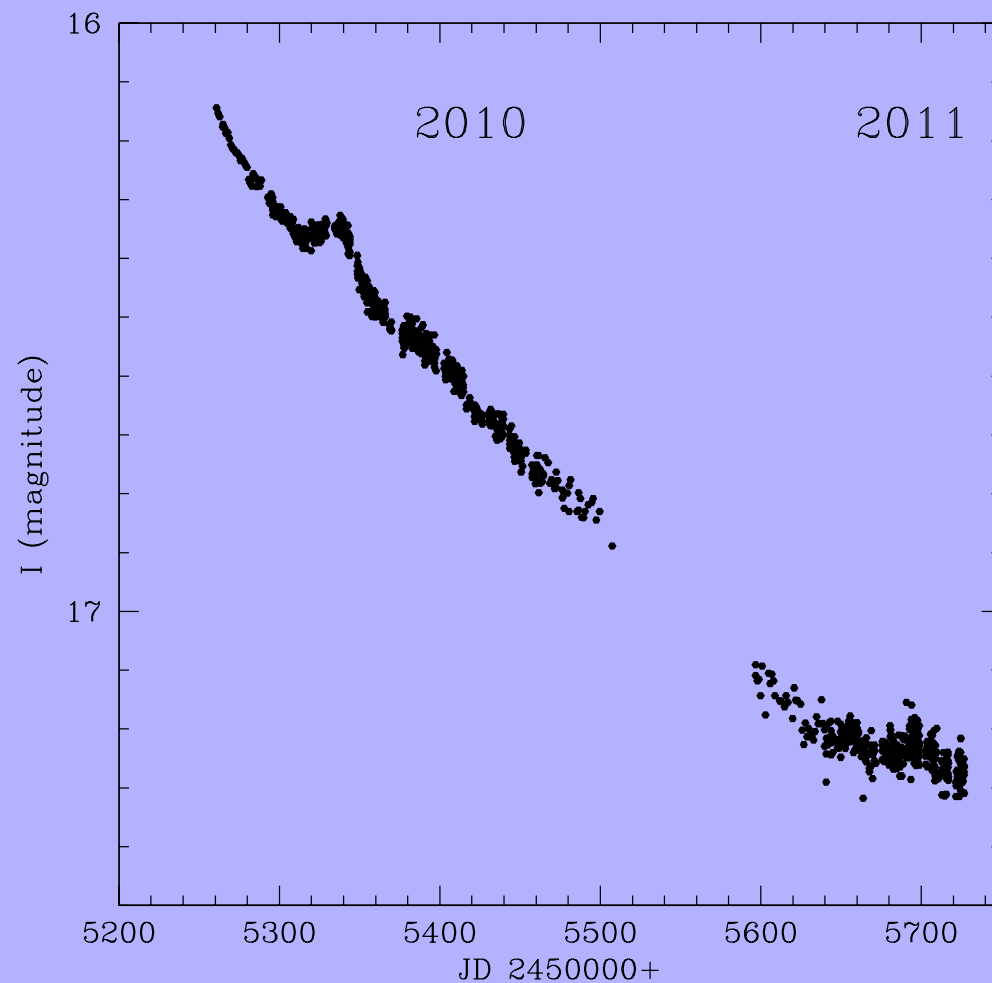
II. Rotacja pojedynczej gwiazdy z plamami: **nie może wyjaśnić obserwacji.**

III. Zaćmieniowy układ podwójny gwiazd: **tłumaczy w pełni obserwacje i implikuje:**

- * układ kontaktowy o okresie orbitalnym ~ 1.4 dnia
- * układ szybko tracił orbitalny moment pędu, najprawdopodobniej w wyniku niestabilności
- * to doprowadziło do koalescencji układu
- * rozbłysk w 2008 roku był wynikiem gwałtownej fazy koalescencji, kiedy znaczna część energii orbitalnej uległa dyssypacji w krótkiej skali czasu.



Faza wzrostowa rozbłysku V1309 Sco w 2008 roku (obserwacje OGLE).



Krzywa blasku V1309 w latach 2010 i 2011 (obserwacje OGLE).

Obecna krzywa blasku nie wykazuje żadnych okresowych zmienności.

Obserwujemy pojedynczy obiekt najprawdopodobniej znurzony w pyłowej otoczce w formie dysku.

NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI
wynikające z obserwowanej historii V1309 Scorpii:

- **Układy kontaktowe rzeczywiście**
– **zgodnie z wynikami teoretycznych badań –**
kończą ewolucję poprzez koalescencję składników.

NAJWAŻNIEJSZE WNIOSKI **wynikające z obserwowanej historii V1309 Scorpii:**

- **Układy kontaktowe rzeczywiście**
– **zgodnie z wynikami teoretycznych badań –**
kończą ewolucję poprzez koalescencję składników.
- **Koalescencja dwóch gwiazd rzeczywiście objawia się**
rozbłyskiem typu V838 Mon.

Ewolucja V1309 Sco w przyszłości

Analiza krzywej blasku przed i po rozbłysku sugeruje, że wokół centralnego obiektu utworzyła się otoczka materii w formie dysku.

Dysk najprawdopodobniej magazynuje gros orbitalnego momentu pędu byłego układu podwójnego.

Ewolucja V1309 Sco w przyszłości

Analiza krzywej blasku przed i po rozbłysku sugeruje, że wokół centralnego obiektu utworzyła się otoczka materii w formie dysku.

Dysk najprawdopodobniej magazynuje gros orbitalnego momentu pędu byłego układu podwójnego.

Lepka ewolucja dysku powinna prowadzić do transportu momentu pędu do zewnętrznych obszarów dysku, powodując tym samym migrację materii do wewnętrznych obszarów i ostatecznie jej akrecję przez obiekt centralny.

W efekcie dysk powinien zwiększać swoje rozmiary z czasem, ale jego masa powinna maleć.

Ewolucja V1309 Sco w przyszłości

Analiza krzywej blasku przed i po rozbłysku sugeruje, że wokół centralnego obiektu utworzyła się otoczka materii w formie dysku.

Dysk najprawdopodobniej magazynuje gros orbitalnego momentu pędu byłego układu podwójnego.

Lepka ewolucja dysku powinna prowadzić do transportu momentu pędu do zewnętrznych obszarów dysku, powodując tym samym migrację materii do wewnętrznych obszarów i ostatecznie jej akrecję przez obiekt centralny.

W efekcie dysk powinien zwiększać swoje rozmiary z czasem, ale jego masa powinna maleć.

Po pewnym czasie, kiedy gęstość materii w dysku stanie się odpowiednio niska, lepkość stanie się nieefektywna i w dysku mogą zacząć tworzyć się zalążki planet.

Tą drogą mogą być tworzone tzw. gorące i rozdęte planety Jowiszo-podobne.

V1309 Scorpii:

Koniec układu podwójnego i narodziny nowej gwiazdy

V1309 Scorpii:

**Koniec układu podwójnego i narodziny nowej gwiazdy,
i, być może, narodziny nowego układu planetarnego.**

V1309 Scorpii:

**Koniec układu podwójnego i narodziny nowej gwiazdy,
i, być może, narodziny nowego układu planetarnego.**

Dziękuję za uwagę!