

# O układach podwójnych z błękitnym podkarłem

Na przykładzie obiektów:

NSVS 14256825 oraz HS0705+6700

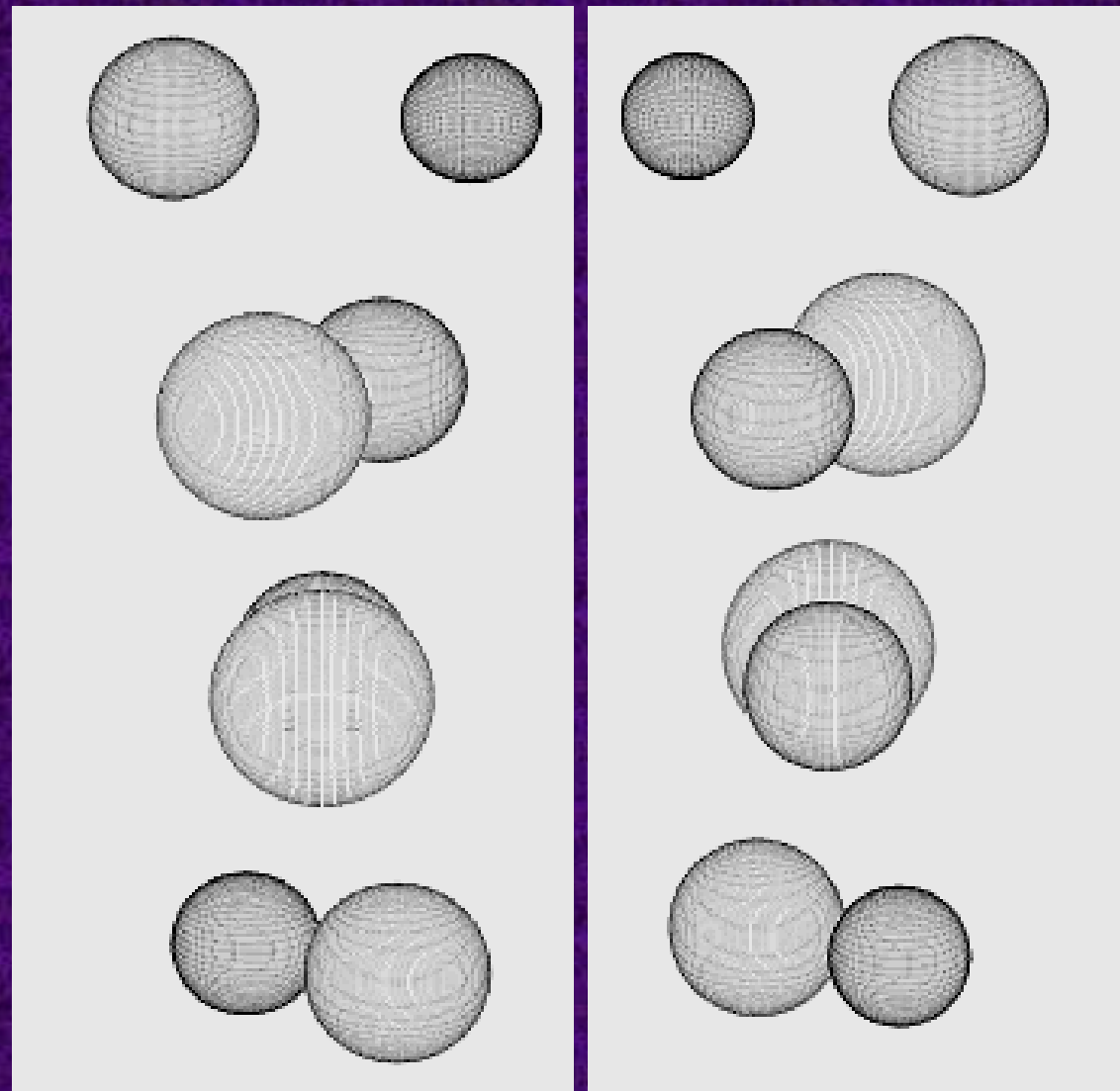
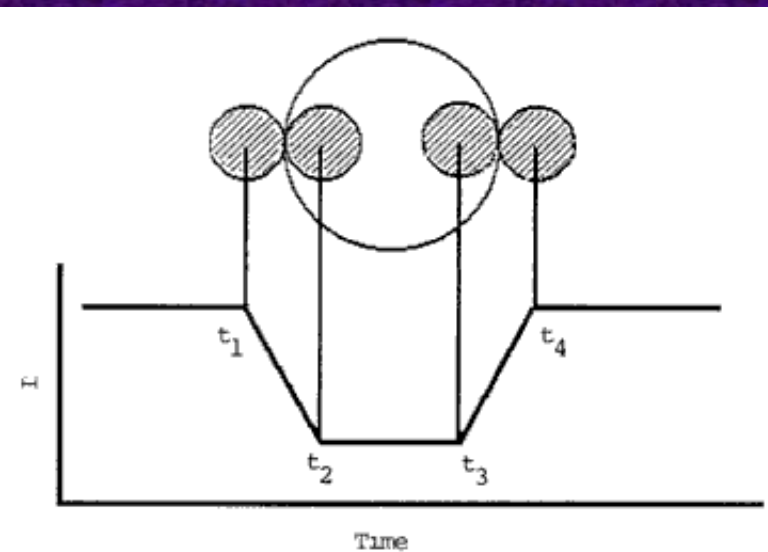
Bartłomiej Dębski  
OA UJ, 18-10-2011 r.

# Na dzisiejszym spotkaniu:

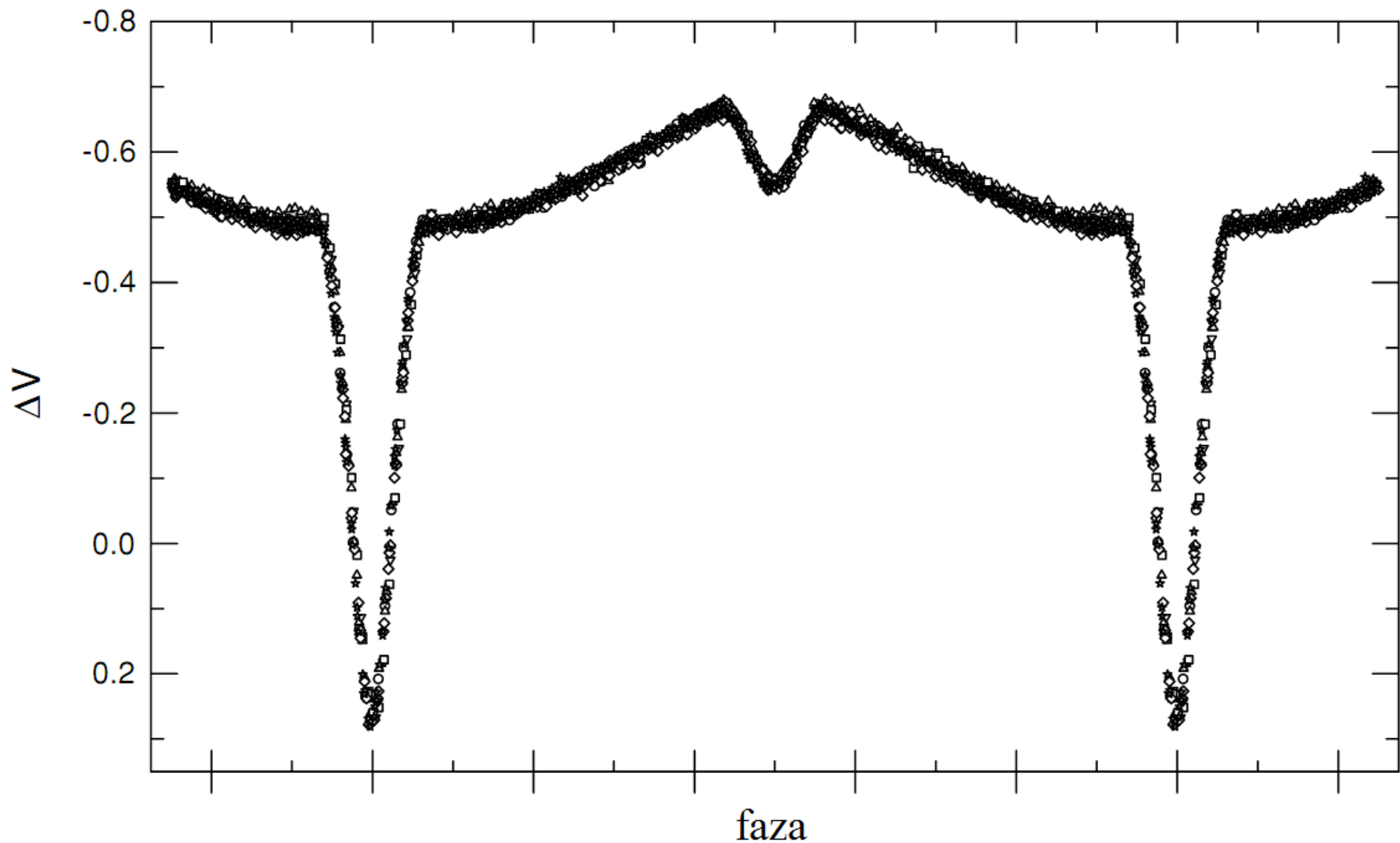
- „Mechanizm działania” układów podwójnych
- Charakterystyka układów HW Virginis
- Skąd się wzięły błękitne podkarły?
- Wyniki obserwacji układów NSVS14256825 oraz HS0705+6700

# Czym są układy podwójne i jak je badamy?

- Dwie gwiazdy krążące wokół wspólnego barycentrum
- Wysoka inklinacja
- Obserwacje wizualne, fotograficzne, fotoelektryczne, fotometryczne



# Układy typu HW Virginis



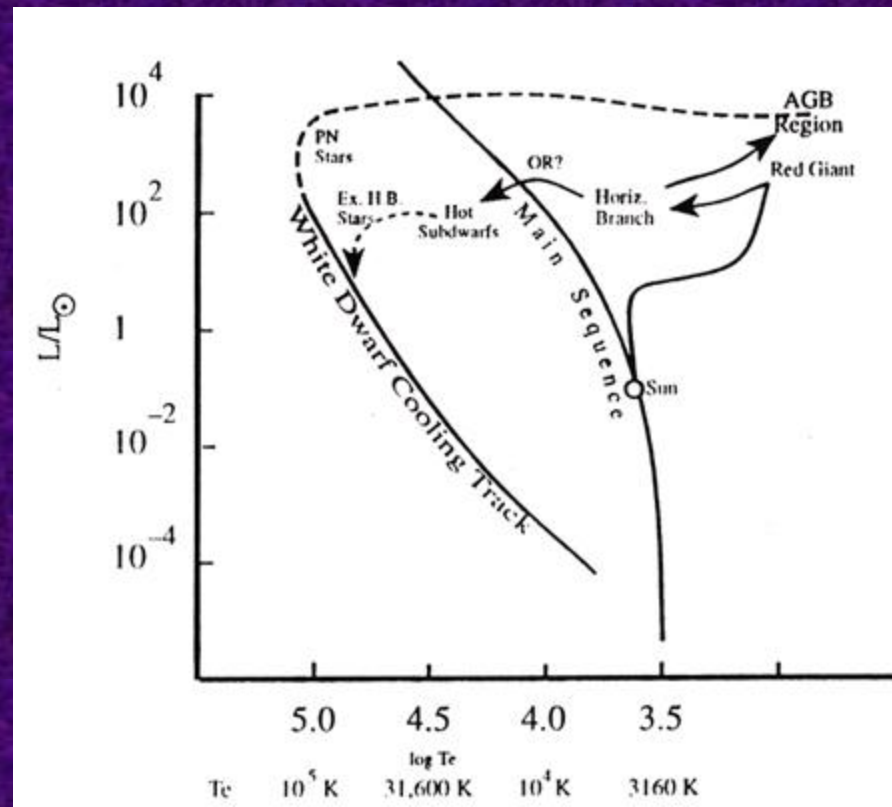
# Układy typu HW Virginis

- Rozdzielony układ podwójny
  - Błękitny podkarzeł oraz gwiazda ciągu głównego (czerwony karzeł)
  - Okres orbitalny: 2,8 godziny
- 
- Czerwony karzeł:  $M = 0,14 M(\text{Sol})$ ,  $T = 4500 \text{ K}$ ,  $R = 0,180 R(\text{Sol})$
  - Błękitny podkarzeł:  $M = 0,48 M(\text{Sol})$ ,  $T = 28500 \text{ K}$ ,  $R = 0,176 R(\text{Sol})$
  - Wyraźny efekt odbicia!

# Gorące gwiazdy podkarłowate? Tak!

- Gwiazda na przedłużeniu Gałęzi Horyzontalnej
- Praktycznie samo jądro helowe!
- Progenitorem gwiazda o masie około dwóch mas Słońca

- Otoczka wodorowa stanowi zaledwie 1/10000 część masy gwiazdy
- Pomimo tego, że jest bardzo cienka, frakcja helu wynosi w niej jedynie 0,0066 w stosunku do wodoru
- Omijają stadium mgławicy planetarnej!



# sdB ciekawostki

- Błękitne podkarły (sdB) oraz ich kuzyni, biało-niebieskie podkarły (sdBO) posiadają szacunkową temperaturę powierzchniową sięgającą nawet 75'000 K
- Powstają powoli, tj. na każde  $e-14$  gwiazd w sześciennym parseku co roku powstanie zaledwie jeden błękitny podkarzeł
- Stanowią większość słabo świecących gwiazd błękitnych w galaktykach. To dzięki nim galaktyki eliptyczne zawdzięczają nadfioletowy „ogon” (sdB w halo).

# Obserwowane układy

## NSVS14256825

- RA(2000) = 20h 20m 00,458s
- DEC(2000) = +04 37' 56'',500
- Okres: 0,1104 dnia
- Inklinacja  $i = \sim 82$  stopnie
- $T_1 = \sim 35'000$  K
- $T_2 = \sim 3'500$  K
- Stosunek mas  $q = 0,450$
- Jasność absolutna  $M = 4,0$

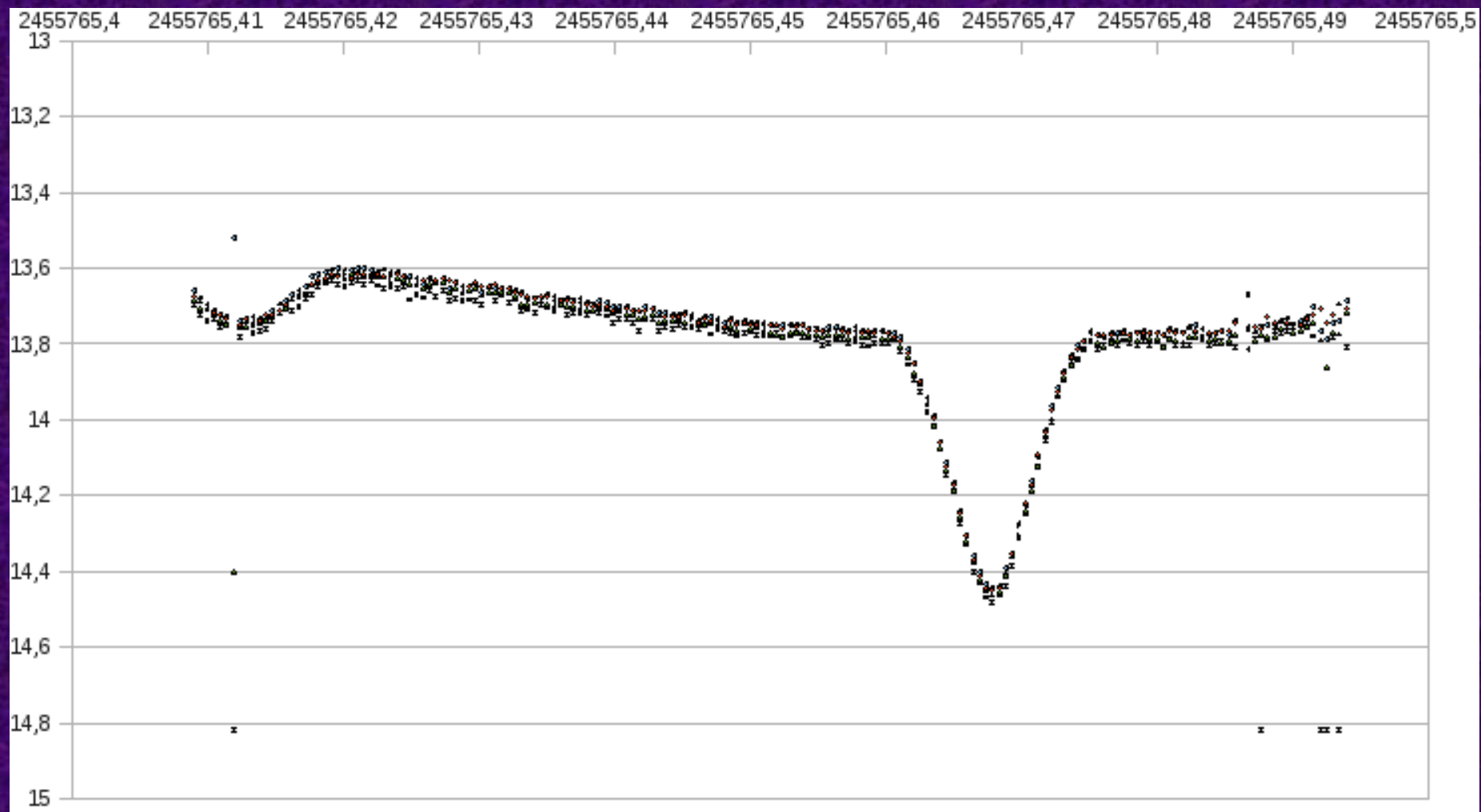
## HS0705+6700

- RA(2000) = 07h 10m 42,090s
- DEC(2000) = +66 55' 43'',970
- Okres: 0,0956 dnia
- Inklinacja  $i = \sim 84$  stopnie
- $T_1 = \sim 30'000$  K
- $T_2 = \sim 3'000$  K
- Stosunek mas  $q = 0,278$
- Jasność absolutna  $M = 4,0$



# Pierwsze (i ostatnie) pomiary

NSVS14256825, noc 22/23-07-2011

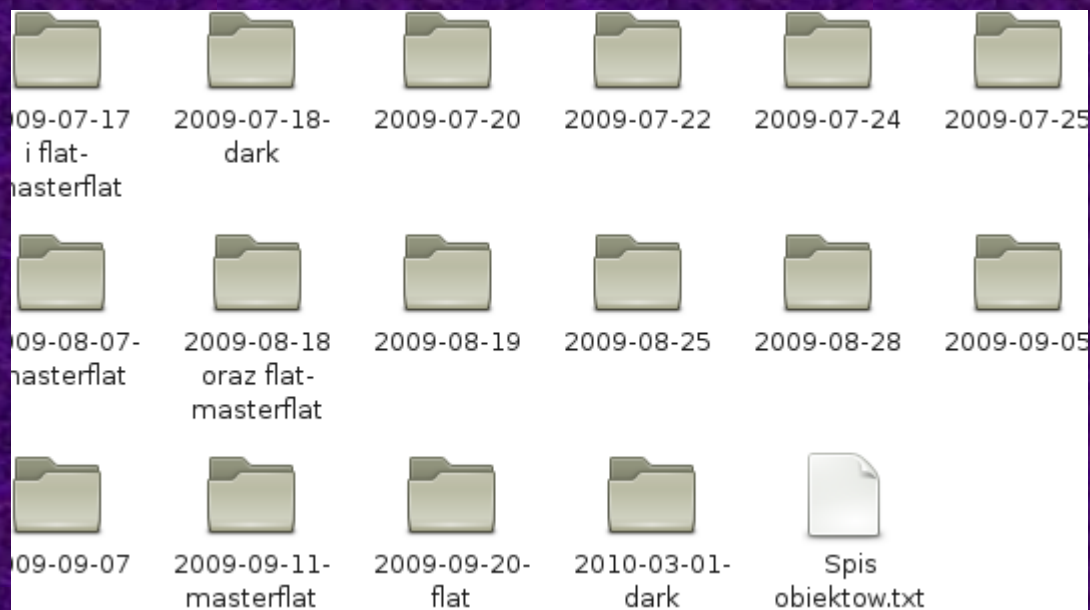


# Pracujemy na danych archiwalnych

Epoch	Uncertainty	O-C	Points	Filter
HJD-2400000	[days]	[days]	used	
54274.2081	0.0001	+0.0000	16	V
54282.1552	0.0002	+0.0002	20	B/V
54282.2654	0.0002	+0.0000	21	B/V
54286.1284	0.0001	-0.0001	18	V
54293.1925	0.0001	+0.0000	21	B
54294.0755	0.0001	+0.0000	24	B
54294.1859	0.0001	+0.0001	24	B
54295.1792	0.0001	-0.0000	17	V
54309.0863	0.0001	+0.0000	17	V
54309.1966	0.0001	-0.0000	19	V
54310.0797	0.0001	+0.0001	21	V
54314.1635	0.0001	-0.0000	15	V
54316.1502	0.0001	-0.0001	18	V
54318.0267	0.0001	+0.0001	22	lc
54319.0199	0.0001	-0.0001	20	lc
54319.1305	0.0001	+0.0002	22	lc
54323.1038	0.0001	-0.0001	18	V
54324.0972	0.0001	-0.0000	22	V

Obserwacje własne z zakresu dwóch lat...

... I nie tylko!

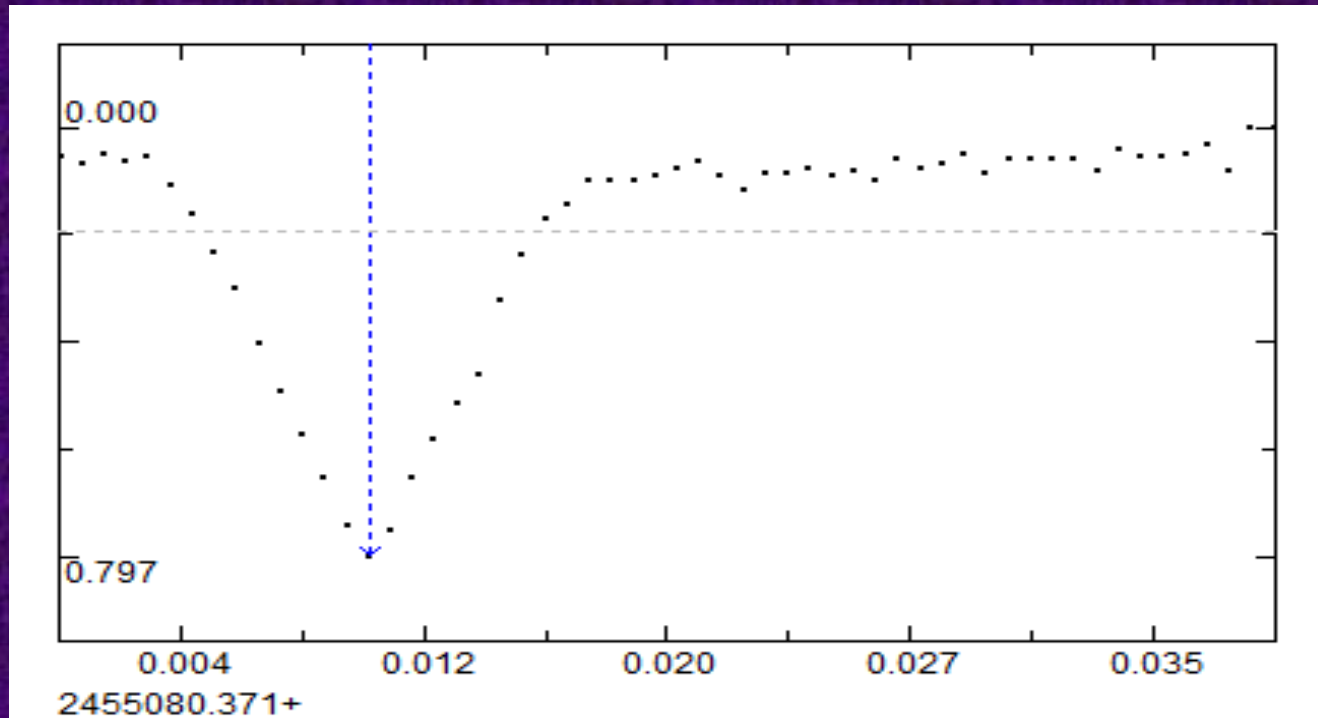


# Wyznaczenie momentu minimum

## Używany software:

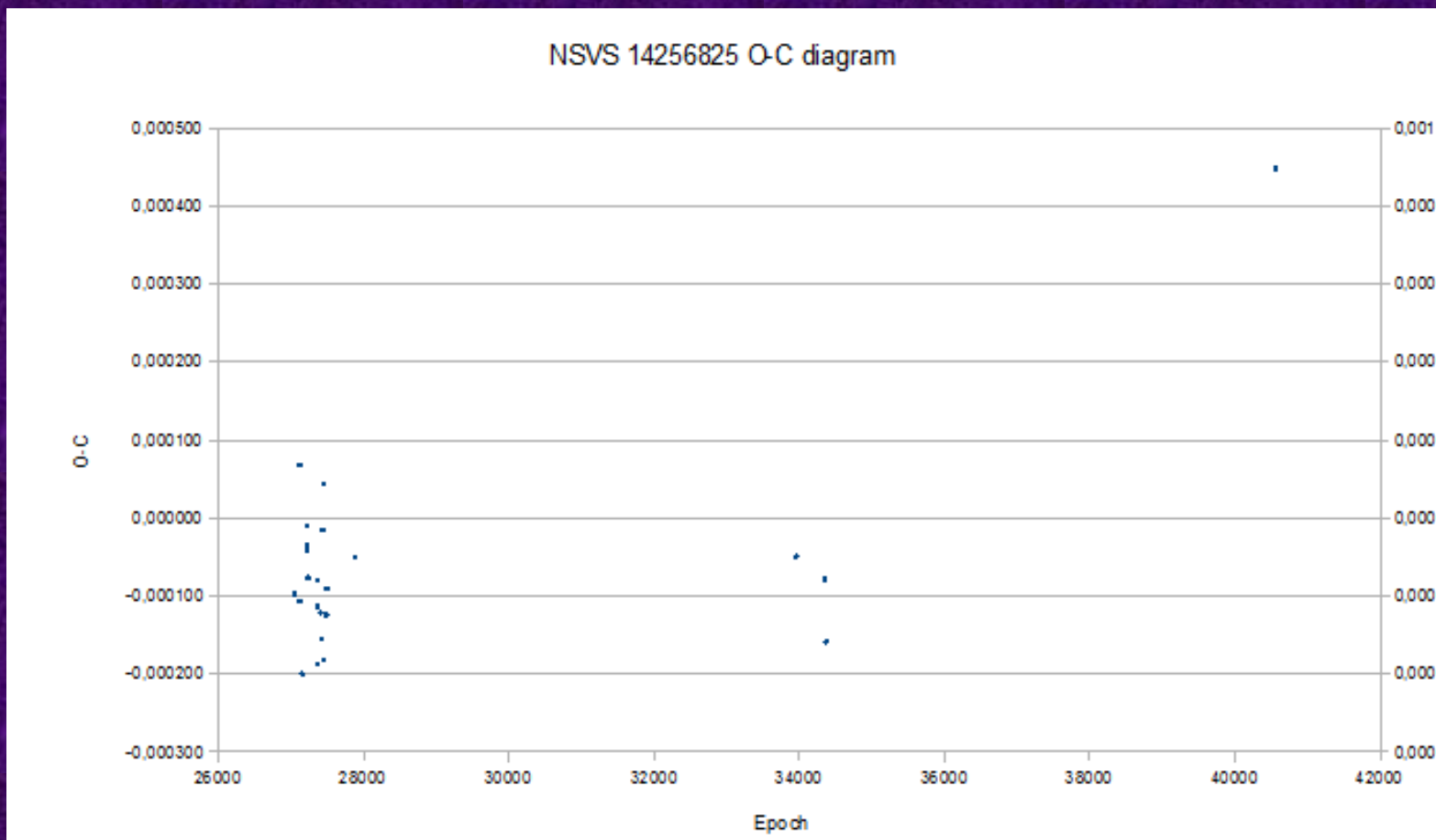
AVE, MCV, MuniWin, Peranso, Period4, etc...

## Metoda: Kwee & Van Woerden



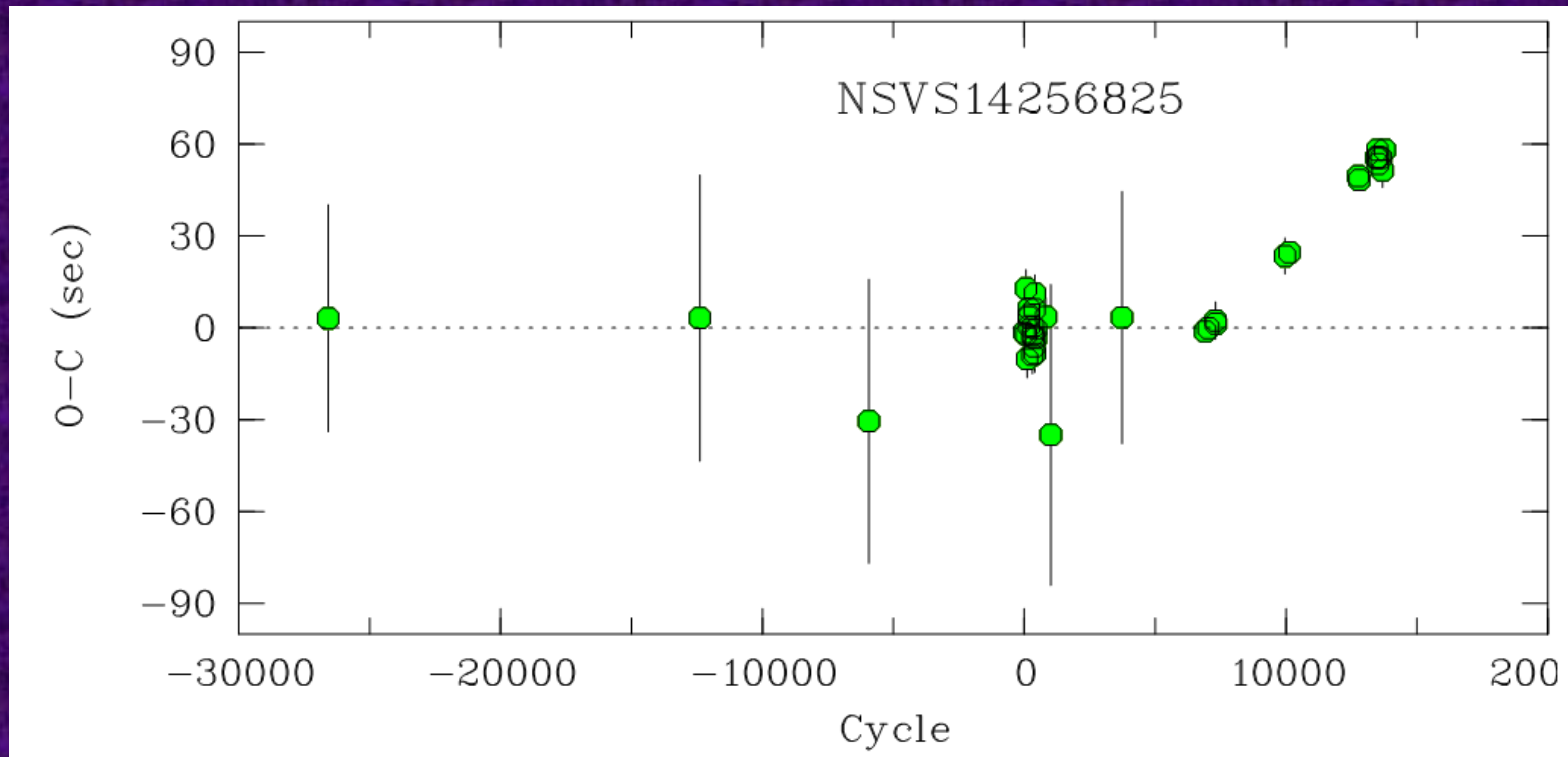
# Pierwsze wyniki

Uwaga na korektę heliocentryczną!



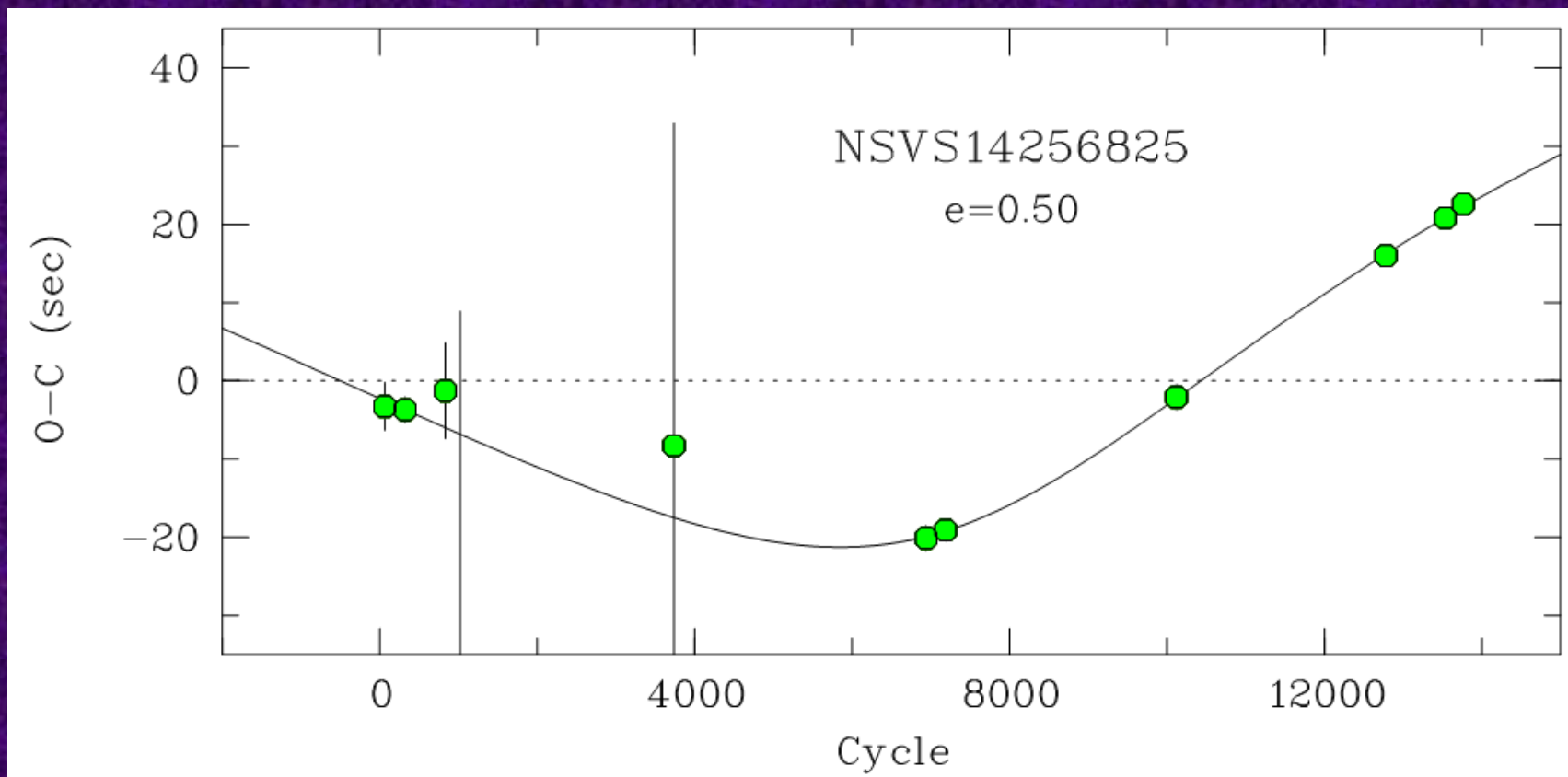
# Współpraca z programem PlanetFinders

Uzupełnienie danych o obserwacje MONET/N (2011),  
przeгляд NSVS (1999) oraz ASAS3 (2003-2009)



# Współpraca z programem PlanetFinders

Punkty zostały zgrupowane i wyważone.  
W efekcie...



# Rezultaty

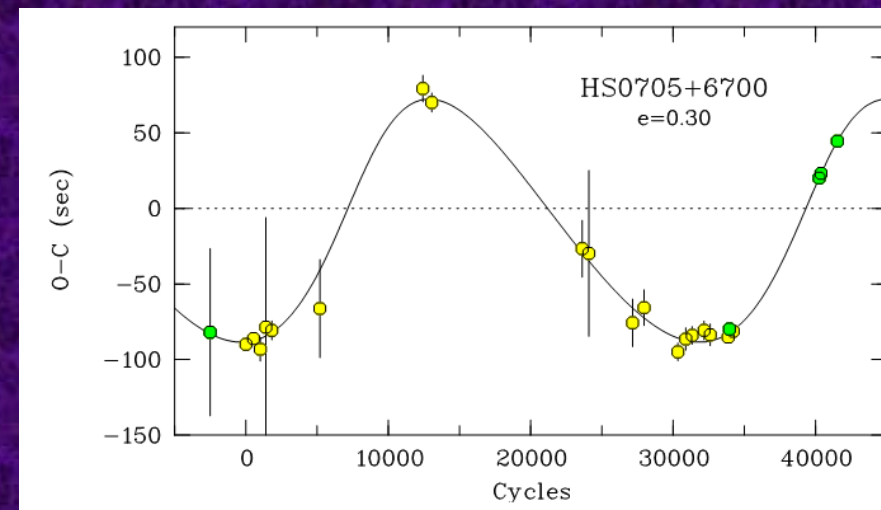
- Dla NSVS1425... Okres stały do ~2010 roku. Od tamtego czasu obserwujemy stały wzrost na diagramie O-C. Podobna sytuacja w układach QS Vir (Parsons et al.) oraz DP Leo (Beuermann et al.).
- Proponowane wytłumaczenie: trzecie ciało przebiegające przez peryastron!
- Szacowany okres orbitalny trzeciego ciała: 15 lat.
- Ekscentryczność:  $e = 0,50$  (dłuższy pediod -> większa ekscentryczność).
- Amplituda zmian na ważonym O-C jest  $K = 40$  sek.
- Wniosek: trzecie ciało posiada masę  $M = 10 M(\text{Jupiter})$ .
- Jeśli orbita trzeciego ciała jest współpłaszczyznowa z układem podwójnym, mamy do czynienia z planetą – gazowym olbrzymem.
  
- Model jest gotowy do testów! Maksimum amplitudy na diagramie O-C powinno wynieść 57 sek. Około 2015 roku. Czekamy!

# Rezultaty dla HS0705

- Propozycja podobna jak w poprzednim przypadku; wysunięta już w 2009 roku (Qian et al.).
- Okres orbitalny trzeciego ciała:  $8,40 \pm 0,05$  lat.
- Ekscentryczność  $e = 0,30 \pm 0,06$
- Masa:  $M = 30,9 \pm 1,7 M(\text{Jupiter})$
- Amplituda zmian na diagramie O-C wynosi  $K = 84 \pm 1$  sek

## Uwaga!

Osiągamy dokładność pomiarową poniżej 1 sekundy.  
Poszukujemy czwartego ciała!





# Wnioski na przyszłość

- Hipoteza trzeciego ciała jest wiodąca i najlepiej tłumaczy zachowanie się okresowości zaćmiewania systemów.
- Masa trzeciego składnika jest bardzo czuła na inklinację jego orbity względem płaszczyzny orbitalnej układu podstawowego oraz masę samego układu podwójnego.
- Poszukujemy zmian sinusoidalnych lub quasi-sinusoidalnych.
- Projekt wymaga jak największej ilości dokładnych obserwacji w długim czasie.
- Obserwacje będą kontynuowane m.in. w OA UJ.

# Bibliografia

- H. Hu et al. 2009
- H. Edelmann et al. 2008
- H. Drechsel et al. 2001
- JW. Lee et al. 2008
- Wood et al. 1993**
- Wills et al. 2007
- D. Kilkenny et al. 1997
- D. Kilkenny et al. 1998
- K. Beuermann et al. 2011**
- Parsons et al. 2010
- U. Heber 1985
- Z. Han et al. 2002
- D. Wallentinsen 1985
- S. Zoła 2000
- ... i wiele innych