

Parametry i odległości układów
zaćmieniowych w gromadach kulistych
i Małym Obłoku Magellana

Najlepsze metody wyznaczania odległości są geometryczne:

Dokładności z paralaksy trygonometrycznej $\sim 1\%$ możliwe tylko dla odległości $< \sim 20$ pc.

Dokładność z układów podwójnych rozdzielonych interferometrycznie $\sim 1\%$ dla odległości do ~ 2 kpc.

Dla układów zaćmieniowych z spektroskopią obu składników można otrzymać masy i promienie obu składników. Z np. relacji barwa-jasność powierzchniowa (Barnes-Evans relation) możemy oszacować jasność powierzchniową.

Mając promienie gwiazd oraz obserwowane jasności możemy policzyć odległości

$$L_1 = 4\pi R_1^2 F_1 \quad d_1 = \left(\frac{L_1}{4\pi F_{1,tel}} \right)^{1/2} = \left(\frac{F_1}{F_{1,tel}} \right)^{1/2} R_1$$

Z modeli ewolucji możemy policzyć wiek
(mając masę, metaliczność)

Modele ewolucji gwiazd przewidują relacje wieku gwiazdy z jasnością (dla danej masy)

Projekt *Cluster Ages Experiment*

Projekt *DIRECT*

47 Tucanae V228 $P = 1.150686 \text{ d}$

NGC 362 V11 $P = 8.142 \text{ d}$

LMC 4779 $P = 2.678781 \text{ d}$

LMC 3913 $P = 2.485299 \text{ d}$

LMC 8990* $P = 3.092123 \text{ d}$

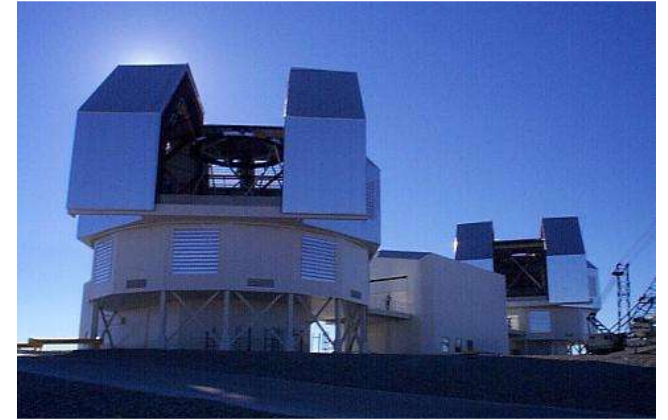
Teleskopy i instrumenty



Swope 1m

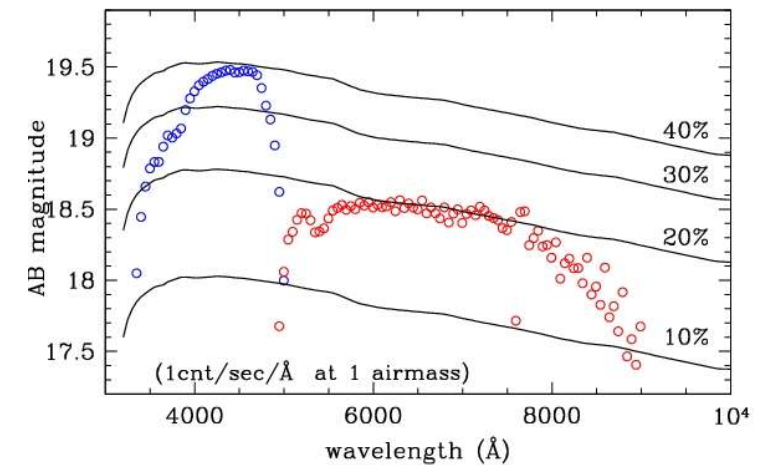


Du Pont 2.5m



Magellan 6.5m

Dwukanałowy
spectrograf *echelle*
"MIKE"



Obserwacje

Fotometryczne

1993-2004 1 m oraz 2.5 m teleskopy w Las Campanas
(są także dane OGLE oraz MACHO)

Spektroskopowe

C100

2000 grudzień

2001 grudzień

2002 listopad

146 widm

MIKE

2003 sierpień

2003 październik

2004 czerwiec

2004 październik

162 widm

Standardy prędkości radialnych

Star	Radial velocity	Mean error	Reference
HR 33 (= HD 693)	14.9	0.1	[NMA ⁺ 04]
	15.12	0.32	[MLM ⁺ 00]‡
	14.54	0.34	[MLS96]‡
	14.4	0.9	[Eva67]†
	14.48	1.74	[BPF94]‡
	14.79	5.12	[SKC98]
	14.7	-	[KPS04]
HD 4850	-29	5	[BPF94]‡
	-24.0	9.0	[KPS04]
	-29.0	-	[Eva67]†
HD 7041	118.3	0.2	[NMA ⁺ 04]
	99	10	[BCY ⁺ 00]†
	121	-	[Nor86]
HD 16234	8.8	0.2	[NMA ⁺ 04]
	8.0	0.9	[KPS04]
	6.8	2.0	[Wil53]†
HD 19304	-16.6	0.5	[NMA ⁺ 04]‡

Table 7.1: Collected catalogue radial velocities for the observed set of template stars, found through *VizieR*. Stars which were observed but for which no catalogue radial velocity was found have been omitted. All velocities are given in km/s; values for which error estimates are available have been listed first in order of increasing error.

(Table 1 is continued on subsequent pages.)

Additional notes:

- † indicates the value reported by SIMBAD.
- [BPF94] and [MLM⁺00] are bibliographic catalogues and list more than one radial velocity for some stars; in that case the value given in this table is the mean of the values in the catalogue and is marked by ‡. The individual references can be found in the catalogues.
- [MLS96] also lists over 60 measurements of the radial velocity of HR 33, the value given here is again the mean velocity and is marked by ‡.
- The table does not include values from [DFM95] or [Och80] as the appropriate values have been included directly from the original catalogues by Wilson [Wil53] and Evans [Eva67] of which the two newer catalogues are compilations.

Star	Radial velocity	Mean error	Reference
HD 22879	120.356	0.100	[NMB ⁺ 02]
	120.3	0.1	[NMA ⁺ 04]
	119.7	0.4	[KPS04]
	120.3	0.6	[CLLA94]
	119.56	0.62	[BPF94]‡
	114.2	2.0	[Wil53]†
	96.36	30.86	[MLM ⁺ 00]‡
	104	-	[BJ95]
	114	-	[Nor86]
HD 31943	89.0	-	[BPF94]
HD 33256	10.1	0.2	[NMA ⁺ 04]
	10.85	0.35	[BPF94]‡
	10.4	0.4	[KPS04]
	8.8	0.9	[Eva67]†
HD 38893	125	10	[BCY ⁺ 00]
	122.0	-	[BPF94]†
	125	-	[Nor86]
HD 59984	54.8	0.2	[NMA ⁺ 04]†
	55.6	0.5	[KPS04]
	53.69	1.90	[BPF94]‡
	57.4	-	[MLG01]
HD 69083	24	10	[BCY ⁺ 00]†
HD 69611	112.87	0.14	[LST ⁺ 02]†
	112.9	0.2	[NMA ⁺ 04]
	113.0	0.4	[KPS04]
	113.0	0.4	[CLLA94]
	113.02	-	[BPF94]
HD 113083	227.9	0.3	[BPF94]‡
	228.5	1.2	[NMA ⁺ 04]
	227.3	2	[Eva67]†
	228.2	-	[KPS04]
	209	-	[BJ95]
	227	-	[Nor86]

Star	Radial velocity	Mean error	Reference
HD 128279	-75.2	0.2	[NMA ⁺ 04]
	-82	4	[BCY ⁺ 00]†
	-61.8	18.6	[MLG01]‡
	-75.7	-	[KPS04]
	-75.7	-	[BPF94]
	-82	-	[Nor86]
HD 138549	12.024	0.100	[NMB ⁺ 02]
	11.6	0.2	[NMA ⁺ 04]
	14.4	2.0	[Eva67]†
	14.4	-	[KPS04]
HD 146775	-30.218	0.100	[NMB ⁺ 02]
	-30.4	0.1	[NMA ⁺ 04]
	-31.1	2.0	[Eva67]†
	-31.1	-	[KPS04]
HD 193901	-171.455	0.100	[NMB ⁺ 02]
	-170.8	0.2	[NMA ⁺ 04]
	-171.8	0.7	[CLLA94]
	-170.96	0.86	[BPF94]‡
	-171.6	1.0	[KPS04]
	-172	5	[Wil53]†
HD 200654	-175	-	[Nor86]
	-43.7	0.7	[MLG01]‡
	-48	5	[BCY ⁺ 00]†
	-46.35	7.35	[BPF94]‡
	-54.0	24.1	[KPS04]
	-22	-	[BJ95]
HD 213467	-45	-	[Nor86]
	-72.2	0.2	[NMA ⁺ 04]†
	-70.85	1.65	[BPF94]‡
	-74.7	2.7	[KPS04]
	-73	-	[BJ95]
	-74	-	[Nor86]

Wstępnie DAOPHOT

Później ISIS (odejmowanie obrazków, Alard 2000)
+ kalibracja standardami Stetsona

Wstępna redukcja:

C100: Własne kody + IRAF

MIKE: Wstępnie własne kody + IRAF,
później 'pipeline' Dana Kelsona z OCIW

Normalizacja kontinuum:

IRAF, ręczna normalizacja porównując
z widmami syntetycznymi

Splot

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u) g(x - u) du = f(x) * g(x)$$

$$P(\lambda) = S(\lambda) * B(\lambda)$$

Korelacja krzyżowa

$$c(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u) g(u + x) du = f(x) \star g(x)$$

$$C(\lambda) = S(\lambda) \star P(\lambda) = S(\lambda) \star (S(\lambda) * B(\lambda))$$

Splot

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u) g(x - u) du = f(x) * g(x)$$

$$P(\lambda) = S(\lambda) * B(\lambda)$$

Korelacja krzyżowa

$$c(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(u) g(u + x) du = f(x) \star g(x)$$

$$C(\lambda) = S(\lambda) \star P(\lambda) = S(\lambda) \star (S(\lambda) * B(\lambda)) = T(\lambda) * T(\lambda) * B(\lambda)$$

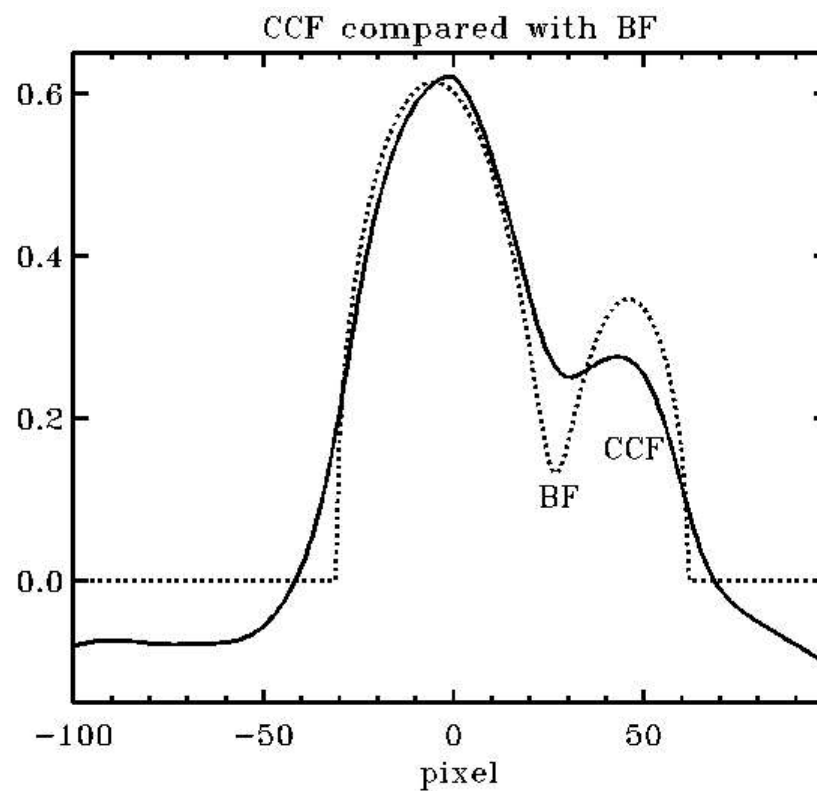
$$S(\lambda) = \left(\sum_i a_i \delta(\lambda_i) \right) * T(\lambda)$$

Funkcje poszerzania ('broadening function')

Dekonwolucja funkcji $P(\lambda) = S(\lambda) * B(\lambda)$

(wykorzystanie metody SVD)

Funkcje poszerzania ('broadening function')



Normalizacja kontinuum:

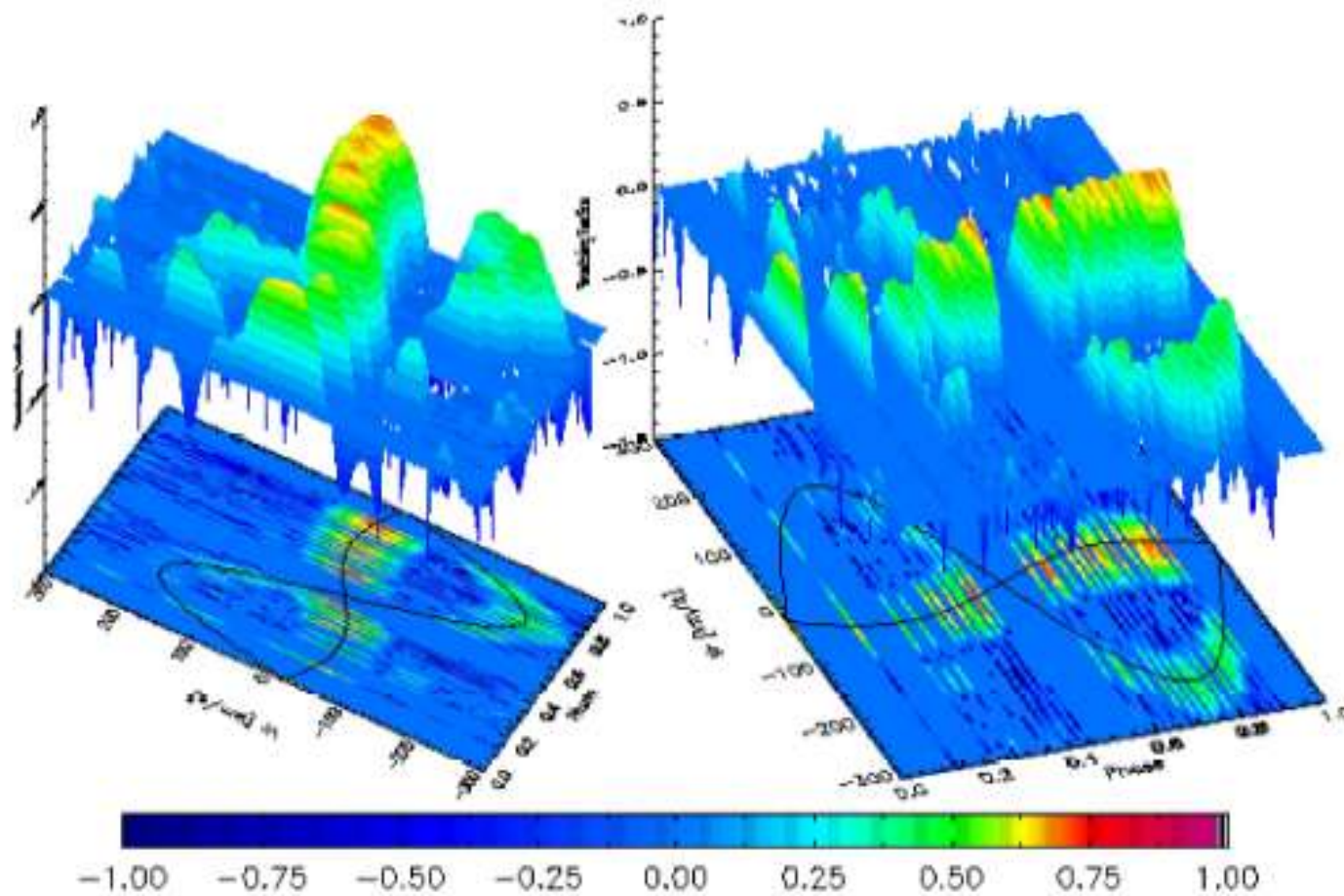
Zła normalizacja powoduje 'fale' w widmie, które symulują prawdziwe struktury w widmie i zniekształcają korelacje czy BF.

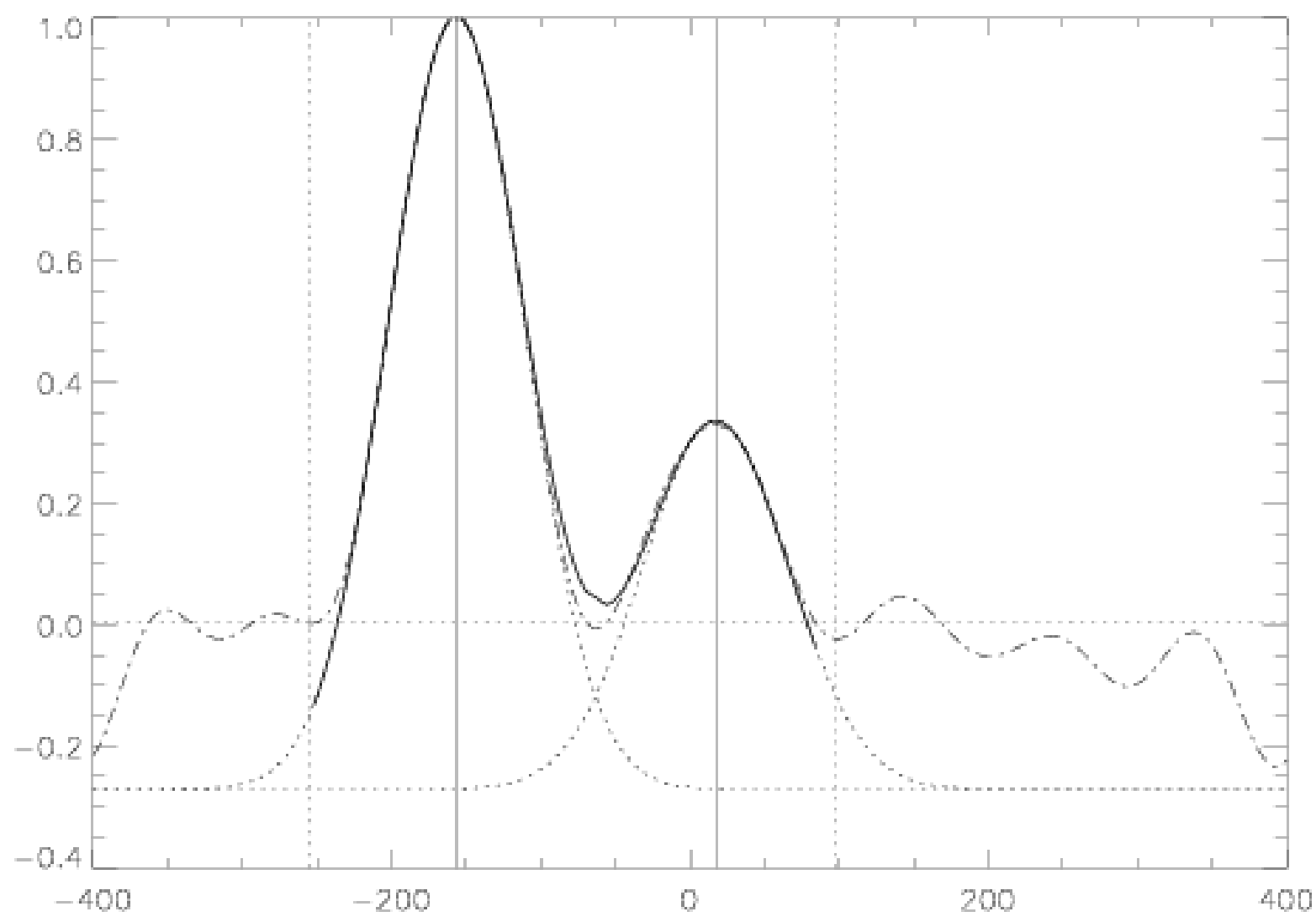
W szczególności jest to problem z widmami echelle, gdzie mamy rzędkie o długości $\sim 100 \text{ \AA}$, a całe widmo o długości 4000-5000 $\text{\AA}$.

Przydatne jest porównanie z widmem syntetycznym.

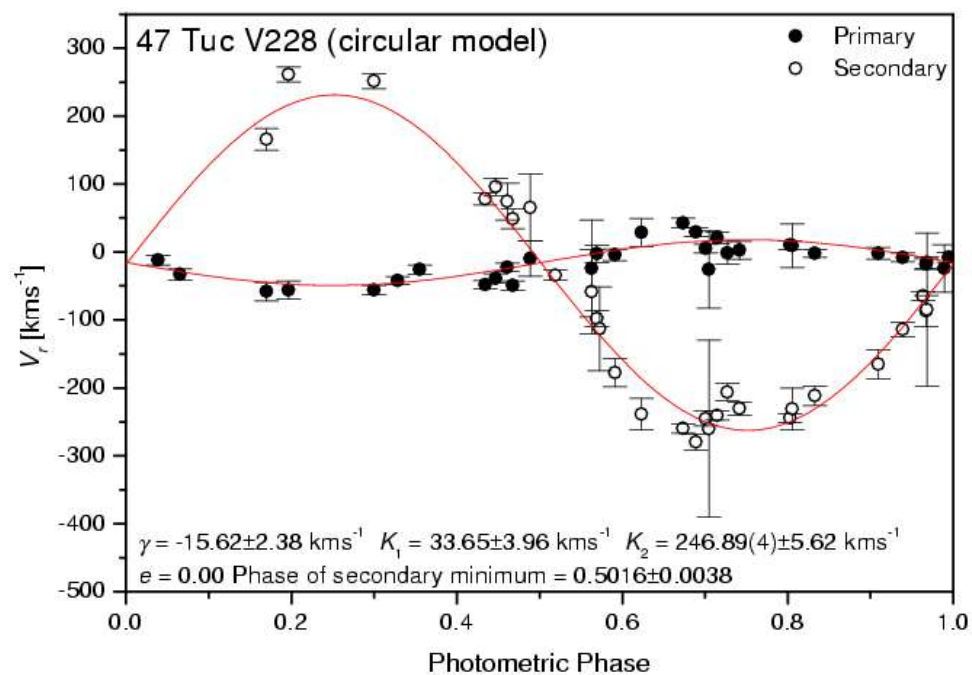
Metoda "Broadening functions"

V228 MIKE red + HD22879



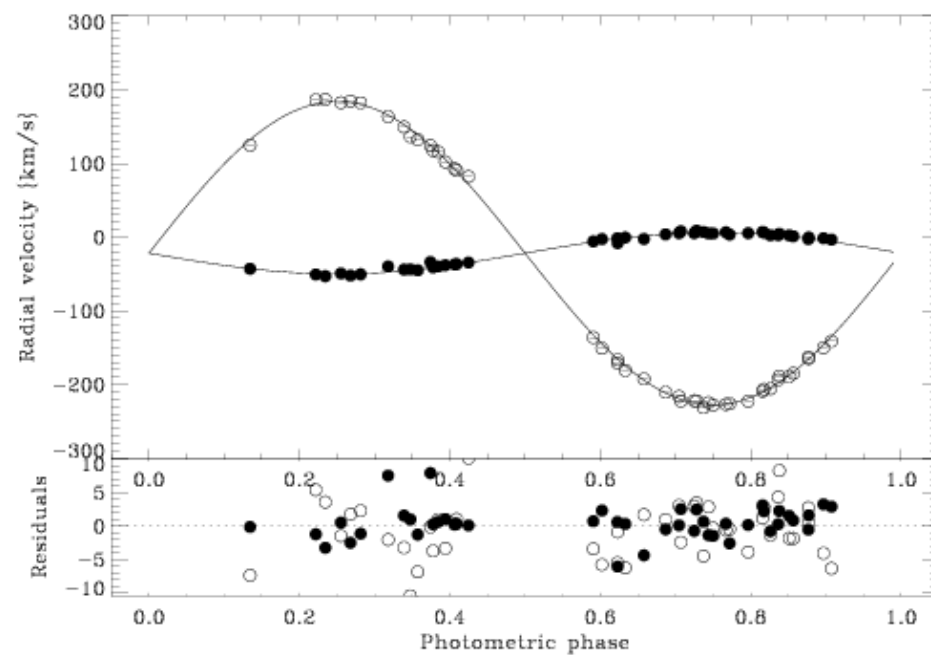


47 Tuc V228: Krzywa prędkości radialnych

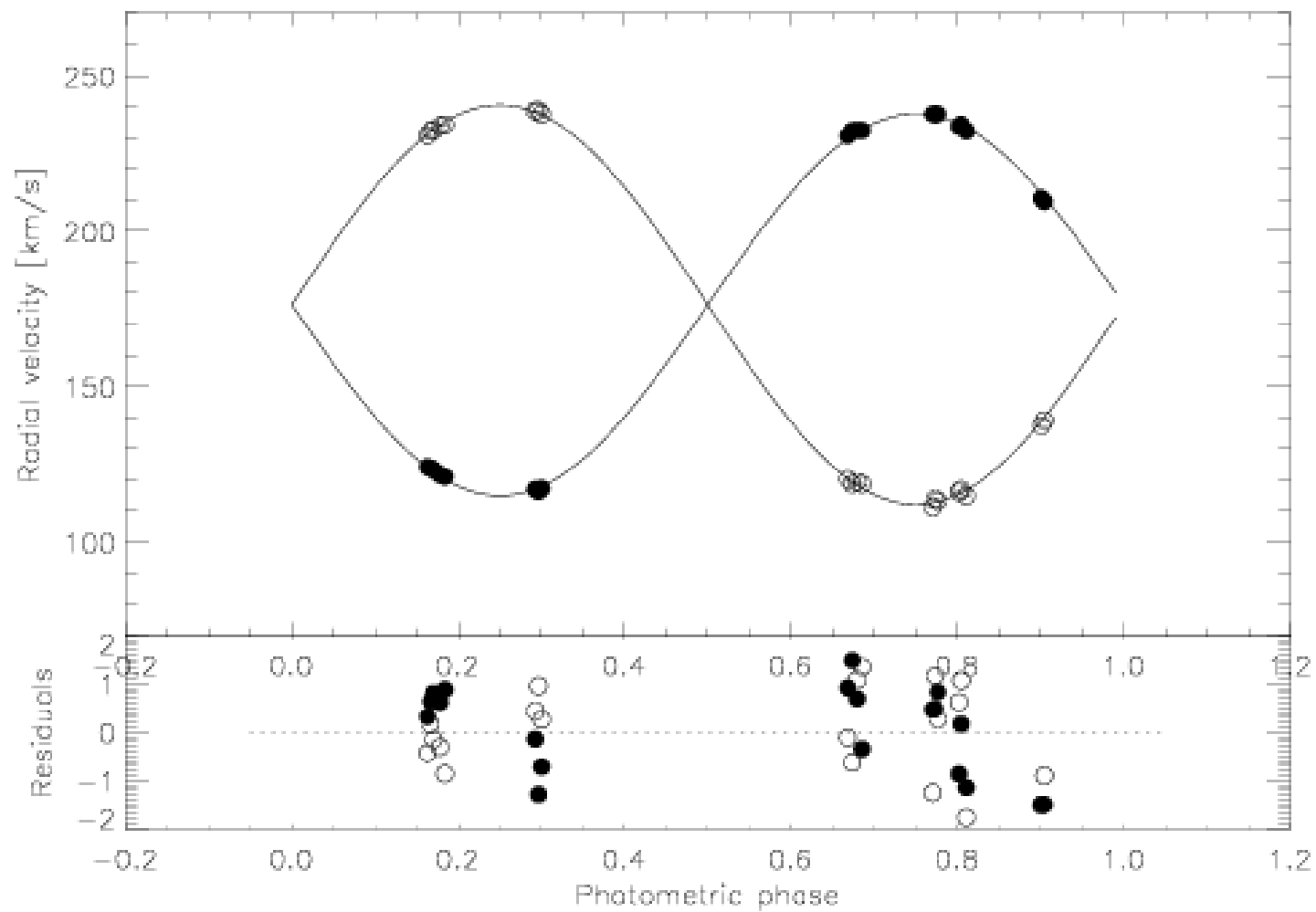


← C100

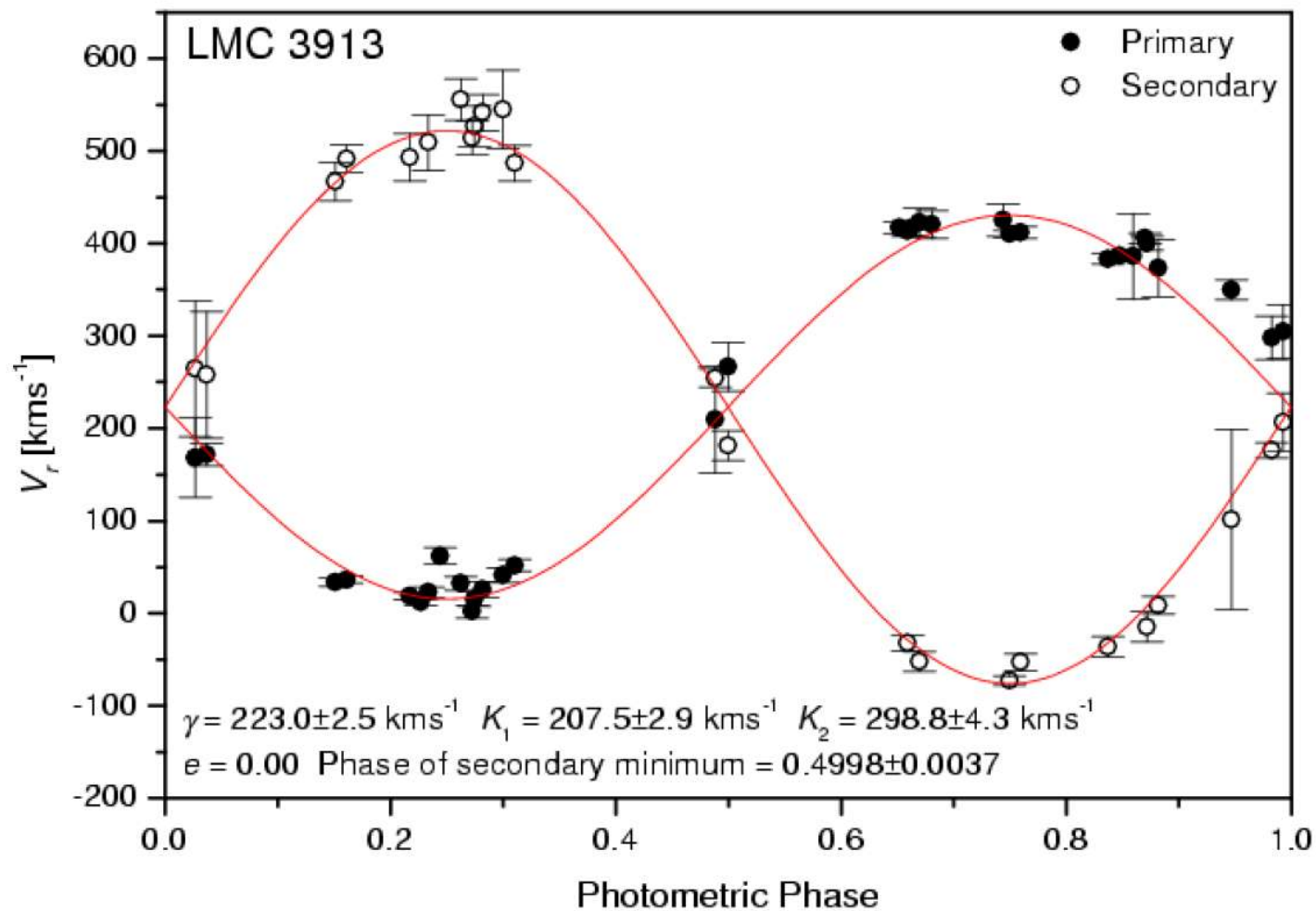
MIKE →



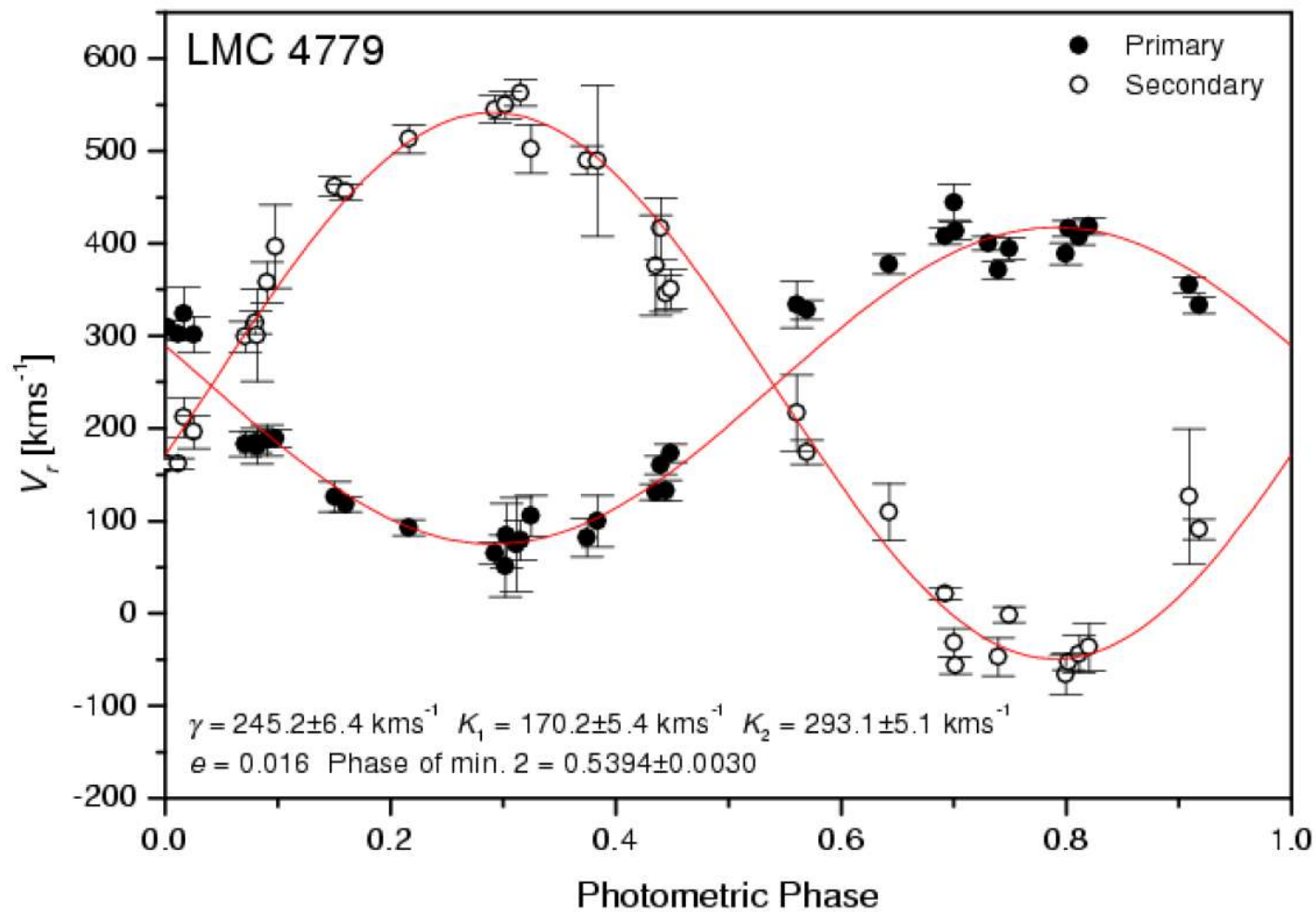
NGC 362 V11: Krzywa prędkości radialnych



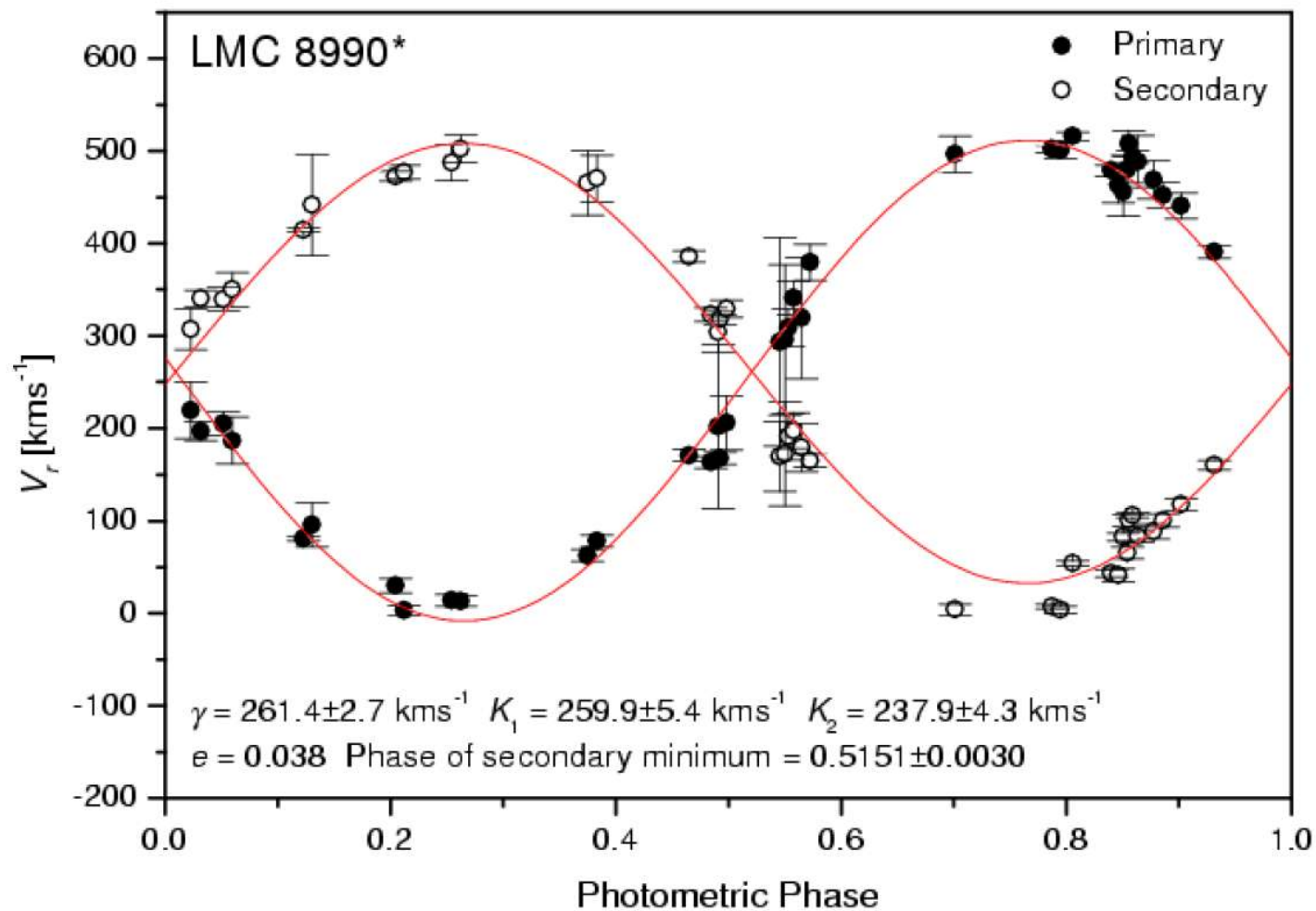
LMC3913: Krzywa prędkości radialnych



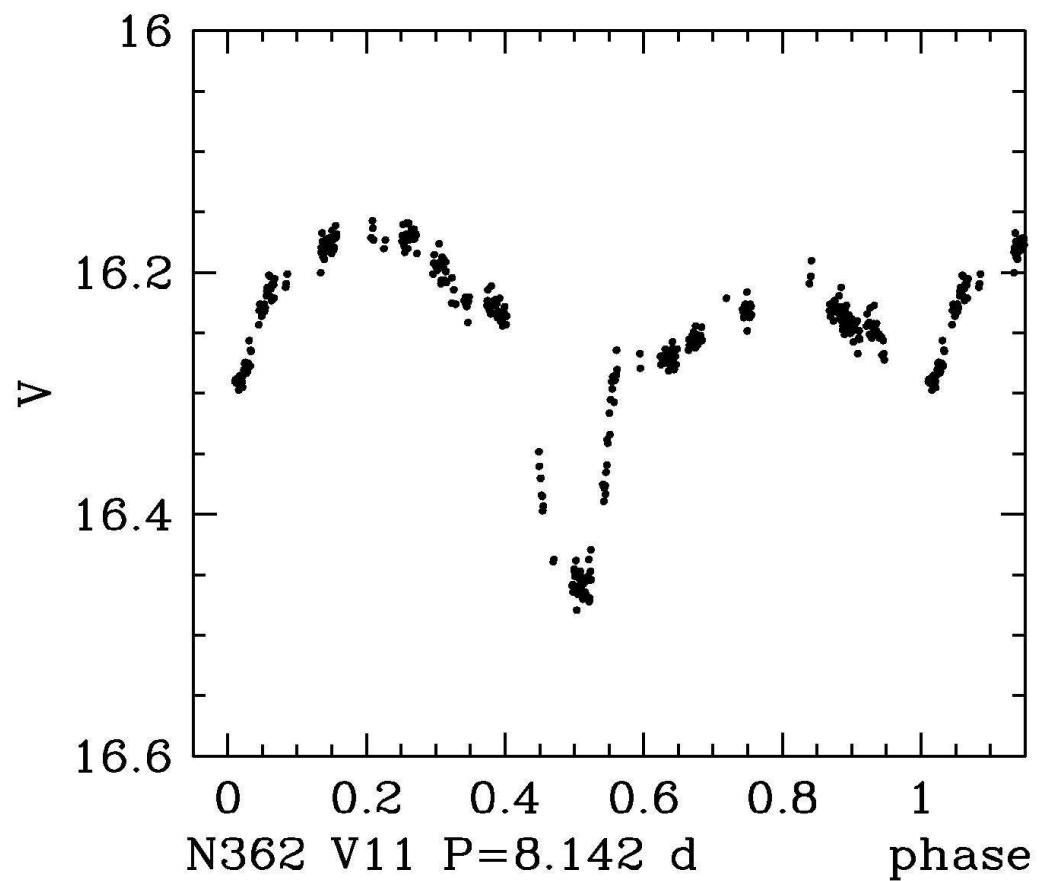
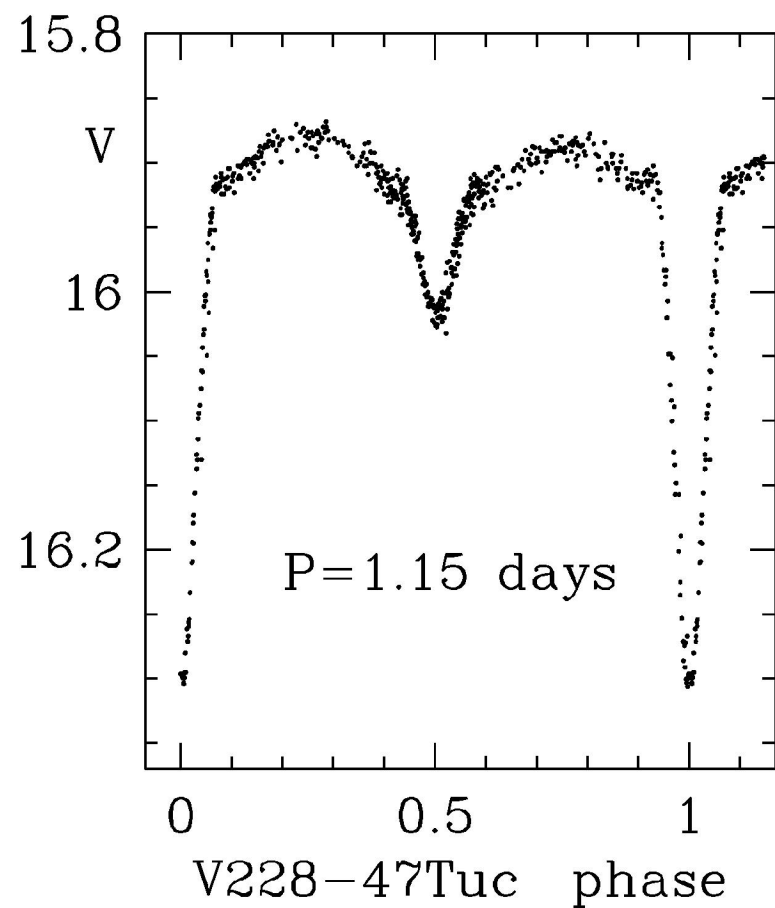
LMC4779: Krzywa prędkości radialnych



LMC8990: Krzywa prędkości radialnych



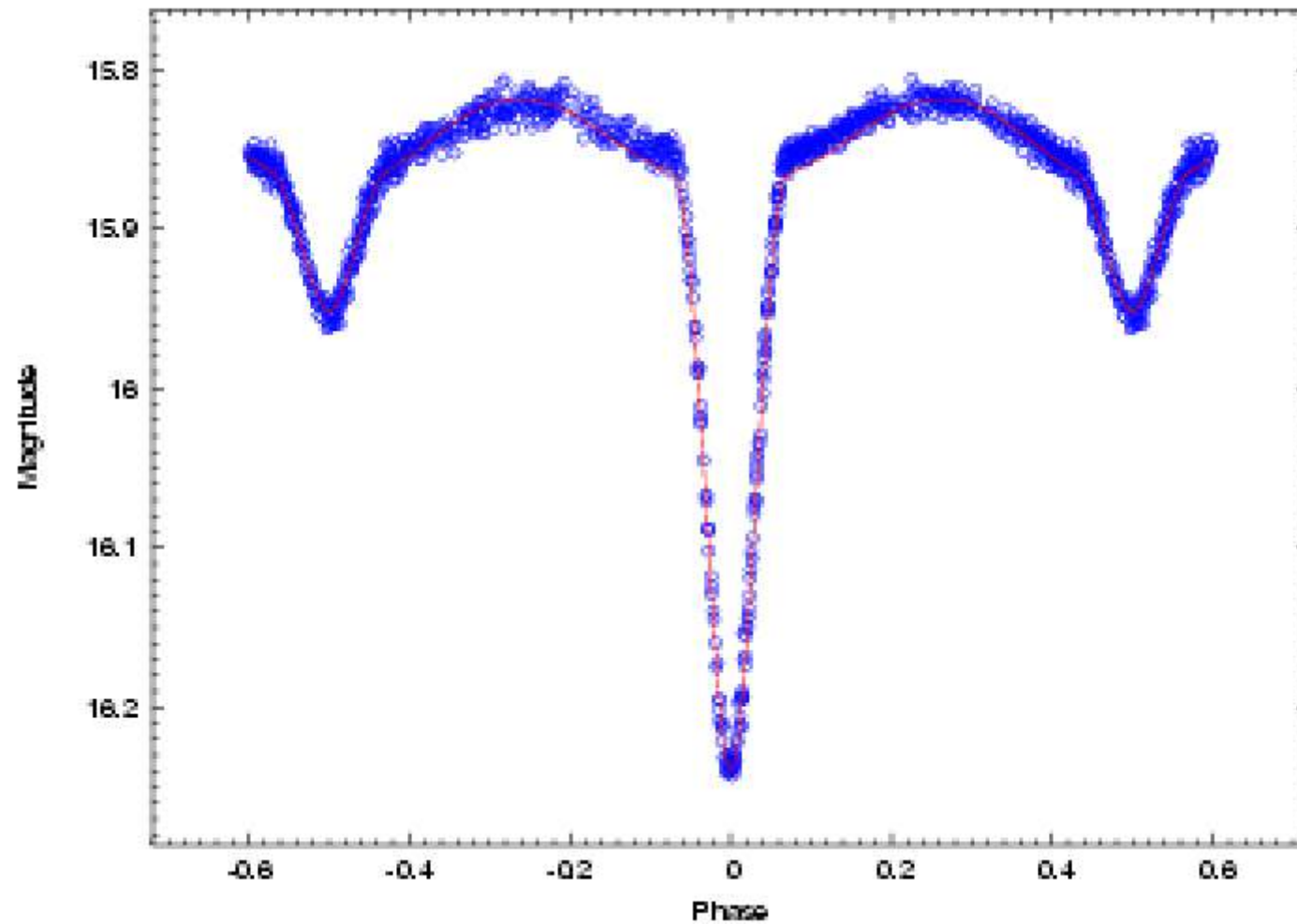
Krzywe zmian blasku



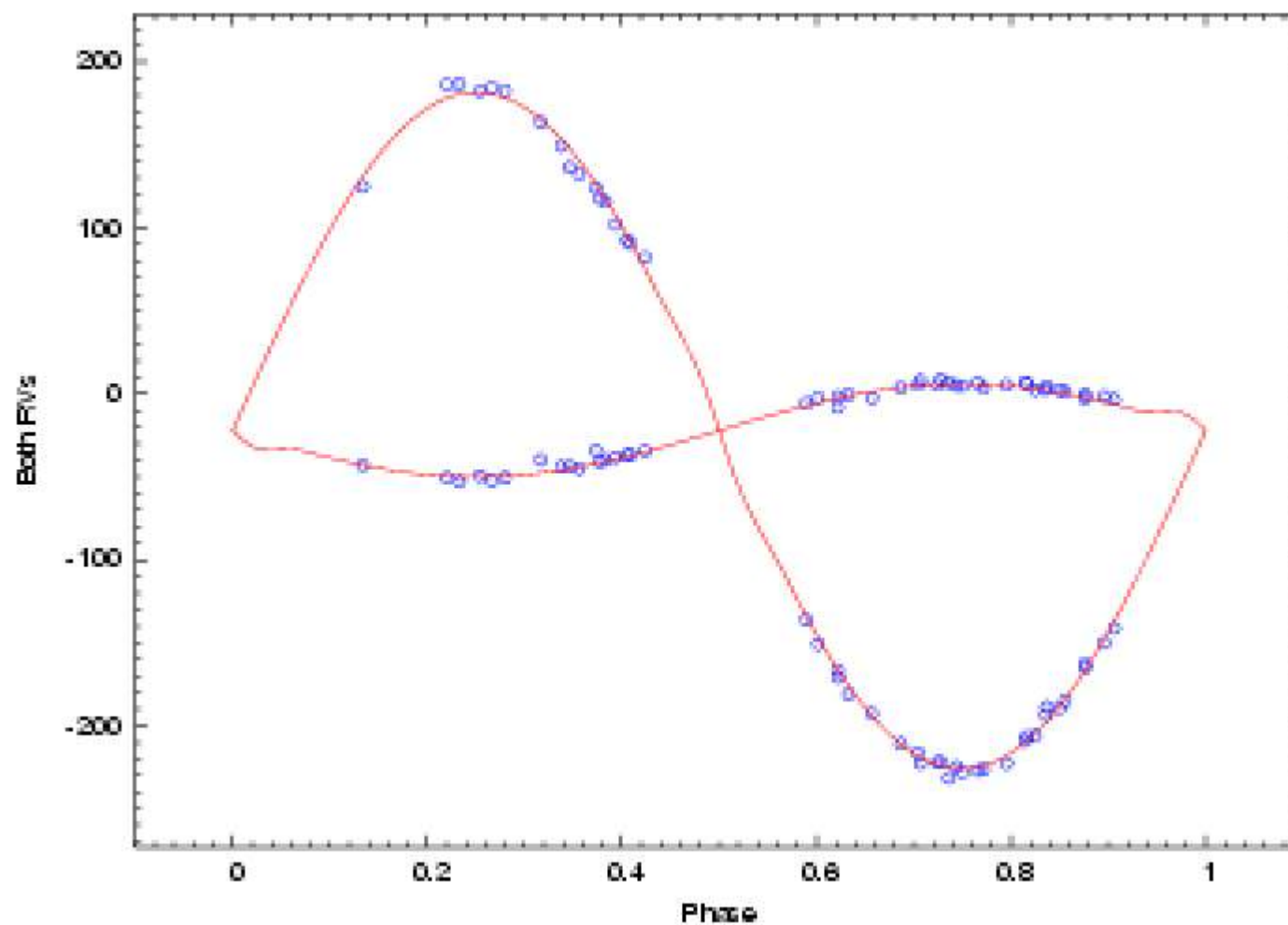
Pheobe (*Physics of Eclipsing Binaries*)
[Wilson-Devinney 2003]

MINGA? (Plewa 1998)

V228: Modelowana krzywa blasku



V228: Modelowana krzywa prędkości radialnych



V228: Parametry układu

$$m_1 = 1.47M$$

$$R_1 = 1.35R$$

$$T_1 = 8870K$$

$$m_2 = 0.20M$$

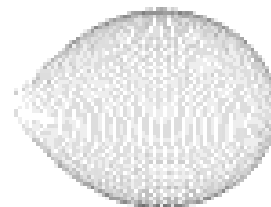
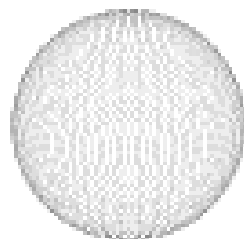
$$R_2 = 1.23R$$

$$T_2 = 6329K$$

$$a = 5.478 \text{ j.a.}$$

$$i = 77.08^\circ$$

$$\gamma = 22.07 \text{ km/s}$$

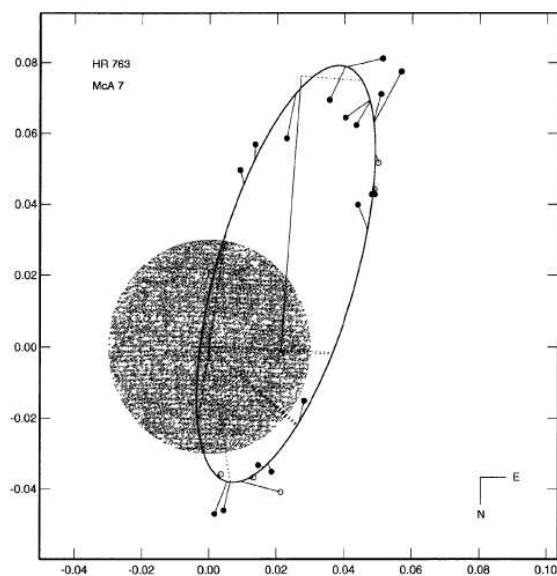


HD 16234

HD 16234	8.8	0.2	[NMA ⁺ 04]
	8.0	0.9	[KPS04]
	6.8	2.0	[Wil53] [†]

HD 16234

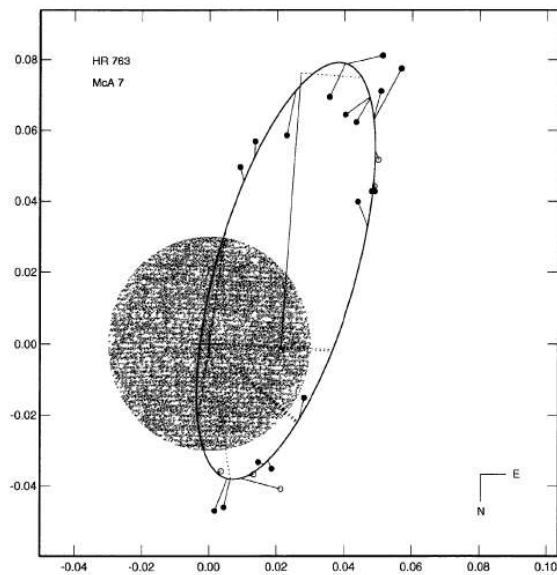
HD 16234	8.8	0.2	[NMA ⁺ 04]
	8.0	0.9	[KPS04]
	6.8	2.0	[Wil53]†



Mason, 1997 AJ 114, 808

HD 16234

HD 16234	8.8	0.2	[NMA ⁺ 04]
	8.0	0.9	[KPS04]
	6.8	2.0	[Wil53] [†]



Mason, 1997 AJ 114, 808

