HDO 182: studio e primi elementi orbitali ottenuti con il software GeoGebra

Giuseppe Micello, *Italy*

email: 7mg8@libero.it

Abstract

In questo articolo viene descritto lo studio del sistema HDO 182 e la determinazione degli elementi orbitali principali, utilizzando il software GeoGebra. Viene anche presentato il confronto dei dati per il sistema HLD 60.

Abstract

This article describes the study of the system HDO 182 and the determination of the main orbital elements, using the "GeoGebra" software. In this study, we are also presented data comparison for the system HLD 60.

Introduzione

L'affascinante mondo sdelle stelle doppie, non è solo "misura e osservazione". Personalmente, sono rimasto sempre colpito dalla loro natura e, soprattutto, dalle loro caratteristiche, prima fra tutte la loro orbita. Calcolare, prevedere e disegnare un orbita, partendo dalle misure passate e dai dati astrofisici che ci danno i vari cataloghi, può essere un esperienza abbastanza gratificante e stimolante per chi studia le stelle doppie. Questa mia prima esperienza, si sofferma sul sistema binario HDO 182 (WDS 00427-3828), fig. 1.

Strumenti e metodi

Consultando il numero 16 di "El Observador de Estrellas Dobles", mi ha colpito un articolo su **Núria Miret** (Observatori Astronòmic del Garraf) ed il suo intervento fatto all'ultimo meeting internazionale delle stelle doppie (Vilanova i la Geltrú, Spagna, 18-20 settembre 2015), dove viene descritto il software GeoGebra, un potente programma di calcolo (gratuito), applicato anche allo studio delle orbite delle stelle doppie.

Su mia richiesta, ho ottenuto le misure del sistema dal WDS e le stesse sono state immesse su GeoGebra. Usando i vari strumenti presenti nel programma, ho calcolato ed ottenuto un orbita apparente del sistema; orbita che si allinea con le misure astrometriche eseguite tra il 1895 e il 2010 (fig. 2).

Descrizione del sistema

HDO 182, dal 1895 al 2010 (data dell'ultima misura), ha ottenuto 37 misurazioni, percorrendo un arco di 61 gradi. È composta da due stelle di magnitudine 6,60 e 7,01 con entrambe ugual moto proprio: +003 pmRA, -010 pm DE. La classe spettrale della primaria è A0V; dati non disponibili per la secondaria.

Figura 1. HDO 182, powered by Aladin.

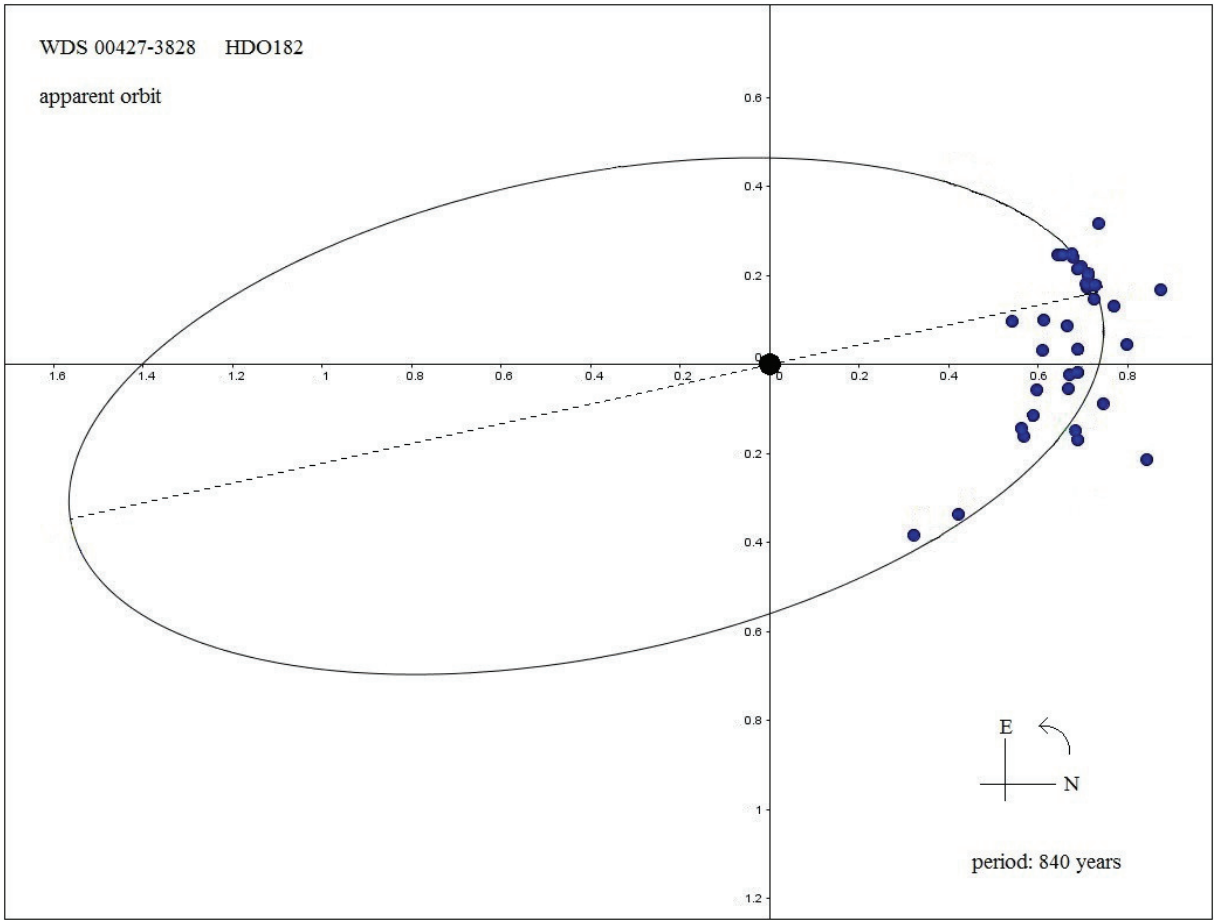

Figura 2. HDO 182, orbita apparente ottenuta con GeoGebra.

Parametri orbilali

Una volta determinata l'orbita apparente, sempre con GeoGebra, e servendomi delle misurazioni astrometriche del WDS, è stato calcolato il periodo del sistema HDO 182. Questo, risulta essere di circa 840 anni.

I parametri fondamentali di un orbita, sono sostanzialmente di due tipi: gli elementi dinamici e gli elementi geometrici di Campbell.

Tra gli elementi dinamici abbiamo:

- **P** = periodo in anni
- **n** = moto medio in gradi per anno; questo viene calcolato secondo la formula:

  360/P

- **T** = epoca del passaggio al periastro
- **e** = eccentricità dell'orbita
- **a** = semiasse maggiore (ovvero la misura, dal centro "C" dell'ellisse , di questa linea sull'orbita espressa in secondi d'arco)

Gli elementi geometrici di Campbell, invece, sono:

- **i** = inclinazione dell'orbita
- **Ω** = angolo di posizione del nodo
- **ω** = angolo di posizione tra il nodo e il periastro

Per calcolare i parametri orbitali, oltre al software GeoGebra, mi sono servito di due testi fondamentali: *"L'observation des étoiles doubles visuelles"*, di Paul Couteau e *"The binary stars"*, di Robert Grant Aitken.

Inoltre, ho consultato l'utile pagina web:

http://www.handprint.com/ASTRO/bineye3.html

dove viene spiegato cosa sono e come possono essere calcolati i parametri orbitali sopra citati.

I valori di "P", "T", "a", "i", "Ω" ed "ω", sono stati calcolati ed ottenuti con GeoGebra, utilizzando anche le misurazioni astrometriche fornite dal WDS.

Una cosiderazione sulla misura di "T"; l'epoca del passaggio al periastro non è stata calcolata, poiche la misurazione più vicina al periasto è stata fatta nel 1989.

Abbiamo anche un altro elemento fondamentale, che è quello del semiasse minore dell'elllisse: **b**. Questo viene calcolato secondo la relazione:

$$b = \sqrt{a^2 - c^2}$$

dove "a" è il valore del semiasse maggiore e "c" è la misura tra il centro dell'ellisse e la componente primaria.

Con questo valore, è possibile anche calcolare l'eccentricità dell'orbita ("e"), secondo la seguente formula:

$$e = \sqrt{1-(b/a)^2}$$

Di seguito, in tabella 1, vengono presentati i risultati dei parameri orbitali, secondo gli elementi dinamici e gli elementi geometrici di Campbell.

Analizzando l'orbita ottenuta ed utilizzando alcuni perametri degli elementi dinamici (sempre attraverso il software GeoGebra), è stato possibile, inoltre, ottenere i valori di angolo di posizione e separazione fino al 2060; misure che hanno uno scarto di 10 anni tra un valore e l'altro (tabella 2).

La previsione di angolo di posizione e separazione future, viene calcolata tramite il valore dell'elemento dinamico "n", ossia il moto medio espresso in gradi per anno. Il valore derivato, secondo la formula "360/P" (dove P è il periodo in anni), è di 0.428 gradi per anno.

Ciò significa che l'angolo di posizione aumenta, mediamente, di questo valore ogni anno.

Nella figura 3, invece, possiamo vedere le proiezioni di angolo di posizione e separazione del sistema, come dercritto nella tabella 2, calcolate con il software GeoGebra.

HDO 182 - orbital elements (GMc 2016)	
Dynamical elements	
P (years)	840
n (°)	0.428
T (year)	1989.9
e	0.88
a ('')	1.175
Campbell Elements	
i (°)	16.88
Ω (°)	13.06
ω (°)	0.66

Tabella 1. HDO 182. Elementi dinamici e geometrici dell'orbita.

HDO 182 - orbital ephemerides		
Theta and Rro calculated with GeoGebra		
Epoch	**θ (deg)**	**ρ (arcsec)**
2020	27.58	0.68
2030	31.86	0.65
2040	36.14	0.63
2050	40.42	0.60
2060	44.70	0.58

Tabella 2.
HDO 182. Valori di angolo di posizione e separazione fino al 2060 calcolati con GeoGebra.

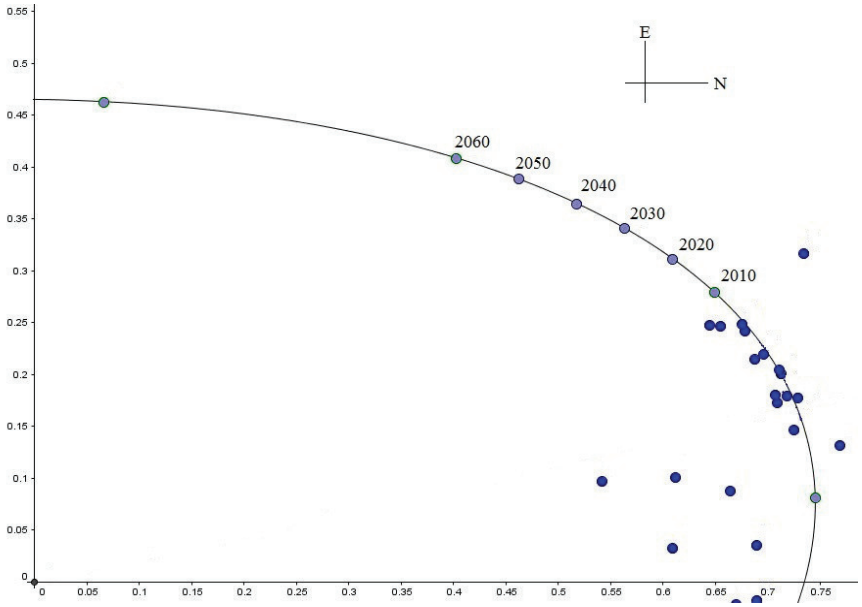

Figura 3. HDO 182. Proiezioni di angolo di posizione e separazione fino al 2060.

L'inclinazione dell'orbita, è stata calcolata seguendo quanto riportato nel libro di Couteau *"L'observation des étoiles doubles visuelles"*. La figura 4, infatti, descrive come si può ottenere l'orbita reale partendo dall'ellisse dell'orbita apparente.

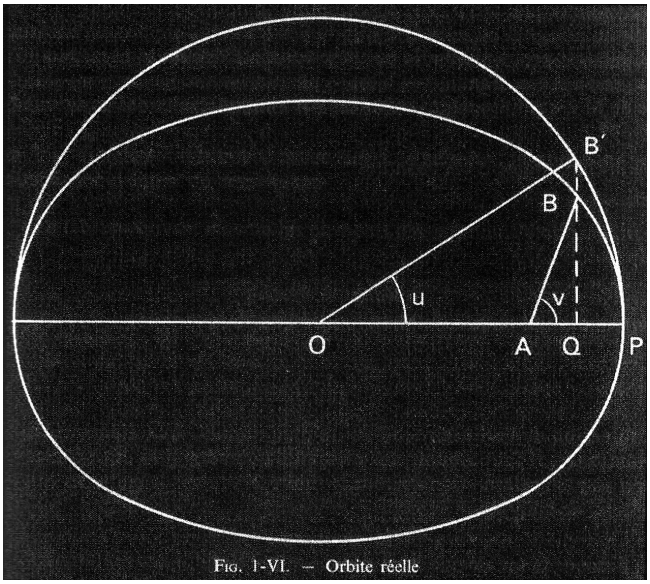

Figura 4. Calcolo orbita reale.
"L'observation des étoiles doubles visuelles", Paul Couteau.

Successivamente, si possono calcolare gli altri elementi orbitali, tra cui l'inclinazione dell'orbita (figura 5).

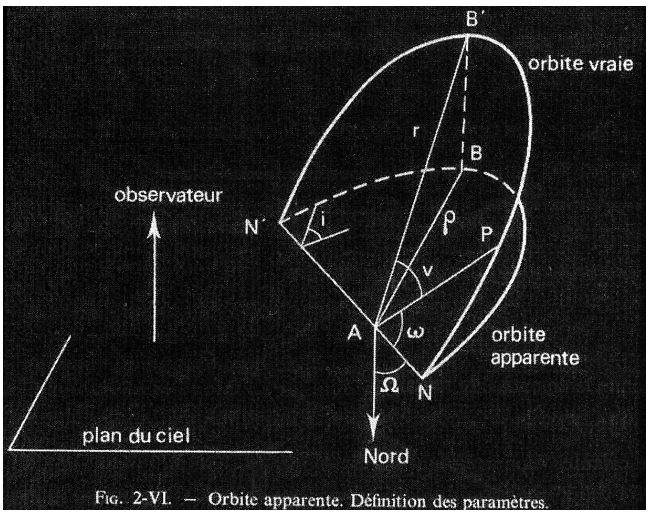

Figura 5. Relazione tra orbita reale e orbita apparente.
"L'observation des étoiles doubles visuelles", Paul Couteau.

Dati fotometrici e astrometrici

I cataloghi PPMX, Simbad e 2MASS, presenti nel CDS (Centre de Données astronomiques de Strasbourg), riportano, per la componente primaria, le medesime misure per le magnitudini J, H e K, e cioè di 6.094, 6.126 e 6.074. Da ciò ne deriva che la classe spettrale, come riporta il Simbad, è B9.5V e non A0V come riportato nel WDS.

Per quanto riguarda i moti propri, sul WDS la primaria e la secondaria hanno entrambe i valori di: pmRA +003 e pmDEC -010.

Il PPMX riporta i valori di: pmRA +8.57 e pmDEC -10.99. Il Simbad, invece, dà i valori di pmRA +2.56 e pmDEC -6.72.

Tutti questi dati, purtroppo, non li abbiamo per la componente secondaria perchè, presumibilmente, è troppo vicina alla componente primaria. Possiamo solo ipotizzare che il moto propio è uguale a quello della primaria, visto che le due stelle, sicuramente, hanno un legame fisico tra di loro.

Nella tabella 3, vediamo i dati del WDS, PPMX, Simbad e 2MASS a confronto.

HDO 182 - Photometric and Astrometric data								
	WDS		PPMX		Simbad		2MASS	
	A	B	A	B	A	B	A	B
J			6.094	-	6.094	-	6.094	-
H			6.126	-	6.126	-	6.126	-
K			6.074	-	6.074	-	6.074	-
Spectral type	A0V	-	-	-	B9.5V	-	-	-
pmRA	+003	+003	+8.57		+2.56		-	-
pmDEC	-010	-010	-10.99		-6.72		-	-

Tabella 3. HDO 182. Confronto dei dati astrometrici con i cataloghi WDS, PPMX, Simbad e 2MASS.

Confronto dei dati

Per confermare i dati ottenuti sul sistema HDO 182 con GeoGebra, è stata presa in esame la stella doppia HLD 60 (WDS 00014+3937), un sistema composto da due stelle di magnitudine 9.09 e 9.77, le cui componenti, attualmente, sono separate da 1,3 secondi d'arco con un angolo di posizione di 167 gradi.

Innanzitutto, dal WDS sono state ottenute le misurazioni astrometriche di HLD 60. Successivamente, i dati di angolo di posizione e separazione sono stati immessi nel software GeoGebra (140 misurazioni, dal 1881 al 2012) e costruita l'ellisse.

Fatto ciò, sono stati calcolati gli elementi dinamici e geometrici dell'orbita ottenuta con geoGebra, sempre del sistema HLD 60; il tutto, poi, è stato confrontato con l'orbita e i relativi dati orbitali ottenuti da Hartkopf nel 2011.

I risultati sono stati molto confortanti: 1) dal confronto è emerso che l'orbita apparente è uguale a quella ottenuta da Hartkopf nel 2011; 2) gli elementi dinamici e geometrici sono assolutamente similari a quelli ottenuti nel 2011.

Questi risultati si possono vedere nella figura 6 e nella tabella 4.

HLD 60		
orbital elements	**GMc 2016 (GeoGebra)**	**Hrt 2011a**
P (years)	219.3	223.2
n (°)	1.641	*1.612
T (year)	1903.51	1903.8
e	0.683	0.6479
a ('')	0.95	0.8798
i (°)	129.7	128.3
Ω (°)	314.1	324.7
ω (°)	357.46	325.7

Tabella 4. HLD 60. Confronto tra i dati ottenuti con GeoGebra e quelli presenti nel WDS (Hrt2011a). *dato calcolato

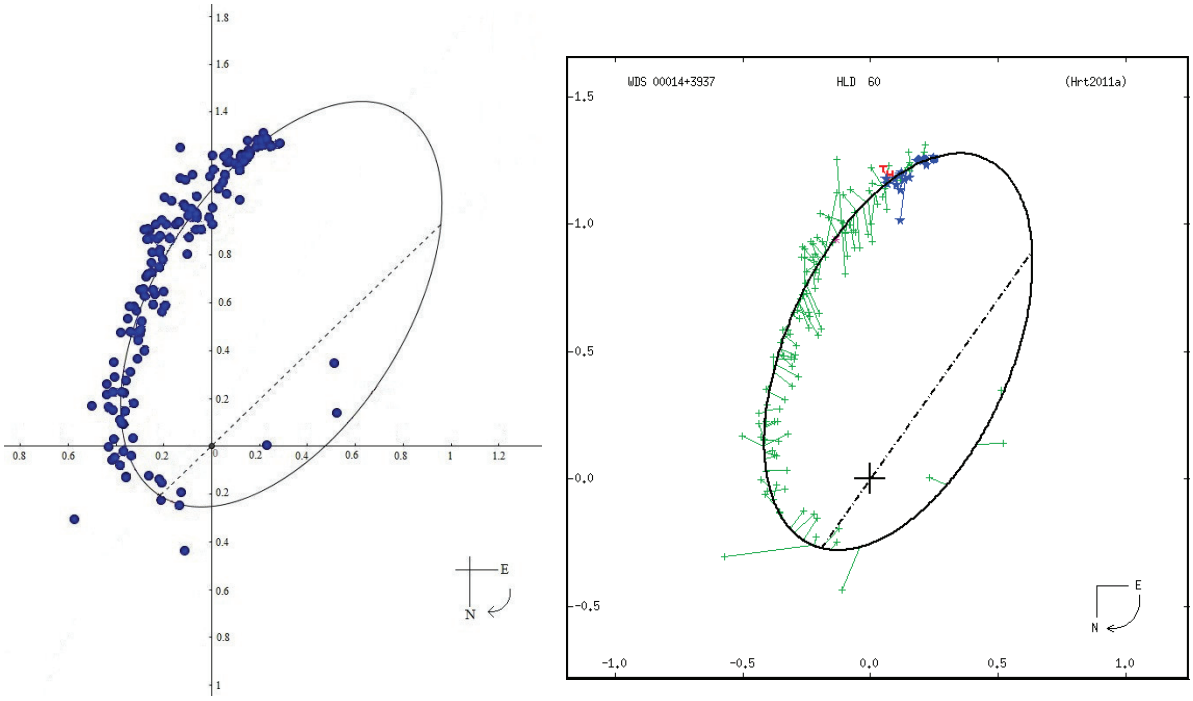

Figura 6. HLD 60. Confronto tra l'orbita apparente ottenuta con GeoGebra e quella ottenuta nel 2011 da Hartkopf.

Conclusioni

Sicuramente, il software GeoGebra si può ritenere un ottimo programma per il calcolo delle orbite.

Questi primi dati sull'orbita di HDO 182, rappresentano le prime basi sull'orbita di questo sistema; numeri che potranno essere confermati, corretti o smentiti da osservazioni e misurazioni successive. Inoltre, il confronto tra i dati e l'orbita ottenuti con GeoGebra e quelli già presenti nel WDS del sistema HLD 60, rappresenta la validità di questo software applicato sulle orbite delle stelle doppie.

Riferimenti

- *B. Novakovic and N. Todorovic*, **ORBITS OF FOUR DOUBLE STARS**; Serb. Astron. J. n. 172 (2006), 21 – 25

- *Richard L. Branham, Jr.,* ***CALCULATING THE ORBIT OF A DOUBLE STAR WITH VISUAL, SPECKLE, AND RADIAL VELOCITY DATA****; The Astronomical Journal, 134: 274-281, 2007 July*

- *Russell Genet, Henry Zirm, Francisco Rica, Joseph Richards, David Rowe, and Daniel Gray*, **Two New Triple Star Systems with Detectable Inner Orbital Motions and Speckle Interferometry of 40 Other Double Stars**; Journal of Double Star Observations, Vol. 11 No. 1S

- *Francisco Rica Romero,* **BU 787 AB: An Orbital Binary with Optical Nature**; Journal of Double Star Observations, Vol. 7 No. 3 July 1, 2011

- *Francisco Rica,* **Orbital Elements for BU 741 AB, STF 333 AB, BU 920 and R 207**; Journal of Double Star Observations, Vol. 8 No. 2 April 1, 2012

- *Diomar Cesar Lobao*, **Determination of The Orbital Elements of a Visual Binary Star**; http://www.professores.uff.br/diomar_cesar_lobao/material/Astro-Dio/SABP94-CERCA.pdf

- *Bruce MacEvoy*, http://www.handprint.com/ASTRO/bineye3.html

- *Paul Couteau*, **L'observation des étoiles doubles visuelles,** chapitre VI; literature

- *Núria Miret*, **CALCULATION OF VISUAL DOUBLE STAR ORBITS USING GEOGEBRA**; IV INTERNATIONAL Pro-Am MEETING BINARY & MUTIPLE STARS Vilanova i la Geltrú, 18-20 September 2015

- *El Observador de Estrellas Dobles n. 16* http://www.infoastro.com/dobles/oed16.pdf

- *Robert Grant Aitken*, **The binary stars,** chapter IV, pp 65-106; literature

- *The Washington Double Star Catalog* http://ad.usno.navy.mil/proj/WDS/wdstext.html#format

- *GeoGebra*, http://www.geogebra.org/

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato fatto grazie ai dati forniti da Brian Mason.

Ringrazio Núria Miret per aver reso noto il metoto di Vidal Abascal e GeoGebra, applicato come strumento per determinare e calcolare le orbite delle stelle doppie.

Grazie anche ad Edgardo Rubén Masa Martín, Juan-Luis González Carballo e Rafael Benavides Palencia per avere divulgato l'articolo che ha ispirato questo lavoro, presente sul OED16. Ringrazio anche Francisco Rica per la devozione e l'impegno sullo studio delle orbite delle stelle doppie.

Un particolare ringraziamento a Gianluca Sordiglioni per i consigli e i suggerimenti, utili alla creazione di questo lavoro.