

Movimiento Propio de la estrella de Barnard

Información y contactos : http://vo-for-education.oats.inaf.it - iafrate@oats.inaf.it





Florian Freistetter, ZAH, Heidelberg florian@ari.uni-heidelberg.de

Nuestro proyecto depende de su apoyo. Si encuentra que nuestro material le resulta de utilidad, le pedimos que lo reconozca en sus publicaciones, o nos escriba un email (<u>iafrate@oats.inaf.it</u>), o de me gusta en nuestro facebook (<u>www.facebook.com/VOedu</u>). Gracias!

Con este caso de uso usted aprenderá que las estrellas que parecen "fijas" en el cielo pueden realmente moverse, aun si su movimiento es tan lento para ser detectable a simple vista. Usted podrá comparar dos fotografías de la estrella de Barnard tomadas con varios años de diferencia y será capaz de estimar su desplazamiento en el cielo. Su estimación será muy cercana a las medidas reales.

Si este caso de uso se usa en el aula de clase es muy fácil de desarrollar y los estudiantes pueden descubrir fácilmente el movimiento de la estrella. Sin embargo, la interpretación de los resultados necesita una explicación informada de nivel intermedio.

Incluso las estrellas que algunas veces son llamadas "estrellas fijas", realmente no están fijas. Este término fue usado en tiempos antiguos, cuando no se conocía mucho acerca de la naturaleza real de los cuerpos celestes, y se usó con el propósito de distinguirlas de las "estrellas móviles", que cambian su posición cada noche. Hoy en día sabemos que aquellas estrellas móviles son planetas y que también las estrellas fijas se mueven - aunque su movimiento es muy pequeño y a los astrónomos les toma algún tiempo medirlo.

La tasa de cambio de posición de una estrella en el cielo debido a su movimiento real en el espacio con respecto al Sol, es llamada *movimiento propio*. Usualmente es medido en segundos de arco por año.

Explícitamente escribimos movimiento "real" para distinguir el movimiento propio de los movimientos aparentes de las estrellas que son causados por los movimientos de la Tierra, p.ej. el movimiento de traslación alrededor del Sol (paralaje).

Una estrella, que se mueve en el cielo, cambia su ascensión recta (AR) y declinación (Dec) a una tasa dada por la siguiente fórmula:

$$\mu_{\delta} = \mu \cos(\theta)$$
$$\mu_{\alpha} = \mu \frac{\sin(\theta)}{\cos(\delta)}$$

dónde μ es el movimiento propio, θ es el ángulo medido desde el punto Norte donde θ = 0°, y δ es la declinación (en los catálogos, μ_{α} ya está corregida para $cos(\delta)$).

¿Que tan rápida es la estrella de Barnard?

La estrella con el movimiento más rápido medido es la Estrella de Barnard. Que tan rapida es, puede ser encontrado con Aladin (<u>https://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml</u>):

1.- Iniciamos Aladin.

2.- A continuación damos clic en la opción "Archivo". posteriormente clic en "Open server selector" (Selector de Servidor)

3.- En la opción "Objeto" ingresar el nombre 'barnard star'. En la opción "Surveys" elegir 'DSS2 Blue'. A continuación dar clic en "Enviar".

Repetir este paso para la opción 'DSS2 Red'.

0		000
Archivo Editar Imagen Catálogo	Superponer Coverage Herramientas Ver Interop Ayuda	ā <u>D</u>
Available data → 26315 ● in view ● out view	Posició DEFERENCE ALEXANDE Selector de servidor	Proyección Tangent 🗹
Collections → 26315	Skort Skort </td <td></td>	
select from all collections V	Resetear Limpiar ENVIAR Cerrar ?	arce dans
exp. sort view scan filter (c) 2020 Université de Strasbourg/CNRS - develope	by CDS, distributed under GPLv3	Image: Selector de servidor 0 sel / 0 src 615Mb

4.- Para mejorar la visualización, en la opción "Multivista", elegir dividir el panel en 4 partes.



5.- Ahora combinamos las dos imágenes en un video y observamos si la estrella se ha movido. Para esto usamos la opción "imagen" y a continuación la función "Generador de animación/película" . (*"imagen" -> "Generador de animación/película"*)

Ingresamos las imágenes que queremos usar y damos clic en "Crear"

0	Asociaciones de imagen 🛛 🔍	00	
Es	Especifique las imágenes relacionadas por la asociación. Compruebe la asociación Mosaico o Parpadeo, y pulse el botón CREAR		
1)	Skw+ DSS2 Blue - "17 57 48.83645 +04 41 31.0600"		
2)	Skw+ DSS2 Red - "17 57 48.80345 +04 41 31.5600"	-	
3)	nada	-	
4)	nada	-	
5)	nada	-	
6)	nada		
○ Mosaico			
Imagen de referencia muestreadas: 1			
CREAR Reset Cerrar 🕢			

6.- Para medir que tanto se ha movido la estrella, usamos la opción *"imagen"* y a continuación la función *"Creador de imagen RGB"*. (*"imagen"* -> *"Creador de imagen RGB"*)

El propósito de esta función es la combinación de imágenes en diferentes longitudes de onda para obtener una imagen en color. Pero podemos usarla también para nuestro caso de uso. En la ventana RGB, elegimos una imagen para el canal rojo y otra imagen para el canal verde. Clic en *"Crear"* para obtener la imagen resultante.

0	Generador de imagen RGB	000		
Indica dos o tres imágenes como componentes de color, elija la imagen de referencia para el remuestreo y pulse el botón CREAR para crear una capa de imagen RGB.				
1) Rojo	ojo Skw+ DSS2 Red - "17 57 48.80345 +04 41 31.5600"			
2) Verde	Verde Skw+ DSS2 Blue - "17 57 48.83645 + 04 41 31.0600"			
3) Azul	nada	-		
Imagen de referencia muestreadas: O R O G O B ® mejor resolución				
	CREAR Reset Cerrar ?			

7.- Ahora las dos imágenes están sobrepuestas. En la imagen correspondiente a la combinación RGB, las estrellas que no se han movido aparecen en color blanco. Pero la Estrella de Barnard se ha movido y de este modo la vemos en dos colores: en verde y en rojo.

8.- Ahora ampliamos la imagen RGB con la herramienta "zoom" alrededor de la Estrella de Barnard. Y usamos la herramienta *"dist"* para medir la distancia entre la estrella en color rojo y la estrella en color verde. El resultado es aproximadamente 32 segundos de arco (32"): Esa es la distancia aparente que la estrella se ha movido.



¿Pero durante que tiempo?

9.- Para obtener la fecha de observación de las imágenes en rojo y azul de la Estrella de Barnard, podemos ingresar al portal oficial del catálogo DSS (Digitized Sky Survey) <u>https://archive.stsci.edu/cgi-bin/dss_form</u>; desde donde también se pueden descargar y almacenar localmente las imágenes.



8.- Descargamos las dos imágenes al computador y las cargamos en Aladin mediante la opción "Archivo" -> "Abrir archivo local".

A continuación, seleccionamos la respectiva capa y hacemos clic en la herramienta *"prop"* (propiedades) y en la ventana emergente elegimos la opción *"obtener la cabecera original".* En la información desplegada nos interesa el parámetro 'DATE-OBS'.

0	FITS header		000 crs	Proyección Tang	ent 🗹 🗤 🐨
SIMPLE = T BITPIX 16 NAXIS 2 NAXISI 883 NAXISI 883 EXTEND T DATE '2021-05-19 ORIGIN *ISTSCI/MAST' SURVEY 'POSSII-J' REGION *A012 SCANNUM '01 DSCNDNUM='00 '0 TELESCID= 3	FITS header /FITS: Compliance /FITS: I*2 Data /FITS: 2-D Image Data /FITS: 2-D Image Data /FITS: Y Dimension /FITS: File can contain extensions /FITS: File can contain extensions /FITS: Creation Date /GSSS: STSCI Digitized Sky Survey /GSSS: Region Name /GSSS: Region Name /GSSS: Date ID /GSSS: Descendant Number /GSSS: Telescope ID	CapalD: Origen: Formato: Graphic mode: Pixel angular ress Equinocio WCS: Tamaño:	Propiedades ades de la capa "dss dss_barnardstar blue /home/djdorado/Descary XFITS Obtener la true pixel mode & tra 1.02" x 1.02" 2000.0 883x883 / encoding:sl	Proyección Tene barnardstar_blue gas/dss_barnardstar_blue cabecera original insparency hort (bitpix=16) / 1,49MB	
BANDPASS= 18 COPYRGHT='Caltech/Palomar'SITELAT = 33.356 SITELAT = 33.356 SITELAT = 36.365 TELESCOP='0schin Schmidt - D'INSTRUME='Photographic Plate' FMULSION-'IIIaJ FLITER = 66395 PLTSCALE= 67.20 PLTSIZEX= 355.000 PLTSIZEY= 355.000 PLTSIZEY= 355.000	/GSSS: Bandpass Code /GSSS: Copyright Holder /Observatory: Latitude /Observatory: Longitude /Observatory: Telescope /Detector: Photographic Plate /Detector: Filter /Detector: Filter /Detector: Plate Scale arcsec per mm /Detector: Plate X Dimension mm /Detector: Plate X Dimension mm /Observation: Field centre RA degrees	Transparency Background Reducción astr .método	Blanco ONegro Ométrica WCS reduction Aplicar Ce	Automático Nuevo Editar errar	Image: State of the state
HILLABEL 4.3745320000 PLTLABEL *5301831 DATE-085= '1988-05-12709:90:00 EXPOSURE 50.0 PLTGRADE= A 0BSZD 29.2026 AIRMASS 1.14524 REFBETA 62.5935790000 REFBETAP= -0.08200000000000 REFRETAP= -0.1632000000000000000000000000000000000000	/observation: Plate Label / /Observation: Plate Label / Observation: Exposure Minutes /Observation: Plate Grade /Observation: Plate Grade /Observation: Refraction Coeff /Observation: Refraction Coeff		×		asoc dens + + + + + + + + + + + + + + +
Buscar	Limpiar - Guardar imágenes y datos en el o	disco local Uno	do Cerrar		2 sel / 0 src 485Mb 🖹

En nuestro caso las imágenes fueron tomadas el 12 de Mayo de 1988, 9.54 (blue) y el 16 de Junio de 1991, 7:48 (red). Escrito en decimales estos datos son equivalentes a:

1988,36115674196 y 1991.45468856947

Ahora podemos calcular el tiempo que ha transcurrido entre las dos exposiciones: **3.09353182751 años.**

Así pues, el movimiento propio por año de la Estrella de Barnard es de 10.35 arcseg/año !

Análisis adicional

Si la estrella se mueve 10.35 arcseg/año a lo largo de la esfera celeste, ¿Cuál es la velocidad real a través del espacio? Para calcular este valor, tenemos que conocer la distancia a la Estrella de Barnard.

Para obtener esta información, cargamos el catálogo Simbad: Archivo -> Data bases -> Simbad Astronomical Database

El símbolo de catálogos es desplegado en el arreglo de capas ubicado en el panel derecho. Con el marcador y en la ubicación actual correspondiente a la Estrella de Barnard seleccionamos el objeto indicado por el catálogo. Obtenemos la siguiente información:



La estrella de Barnard es listada como "NAME Barnard's star." Haciendo doble clic en el nombre se abre el navegador que nos lleva al sitio web de la base de datos Simbad y se pueden consultar los siguientes datos relevantes:

Basic data :

NAME Barnard's star -- Variable of BY Dra type

Other object types:	<pre>* (2015ApJS,BD,), PM* (2016ApJ,Ci,), V* (CSV,NSV,), IR (IRAS,2MASS,), X (1E), ** (CCDM), BY* (2017ARep)</pre>
ICRS coord. (ep=J2000) :	17 57 48.4997994034 +04 41 36.111354228 (Optical) [0.2229 0.3042 90] A 2018yCat.13450G
FK4 coord. (ep=B1950 eq=1950) :	17 55 22.7136375316 +04 33 14.361955075 [0.2229 0.3042 90]
Gal coord. (ep=J2000) :	031.0087046393622 +14.0626457717849 [0.2229 0.3042 90]
Proper motions mas/yr :	-802.803 10362.542 [0.638 0.360 90] A 2018yCat.13450G
Radial velocity / Redshift / cz :	<pre>V(km/s) -110.353 [0.0003] / z(spectroscopic) -0.000368 [0.0000000] / cz -110.33 [0.00] (Opt) A 2018A&A616A7S</pre>
Parallaxes (mas):	547.4506 [0.2899] A 2018yCat.13450G
Spectral type:	M4V B 1991ApJS77417K
Fluxes (12) :	U 12.497 [~] C 2010MNRAS.403.1949K
	B 11.24 [~] C 2010MNRAS.403.1949K
	V 9.511 [~] C 2010MNRAS.403.1949K
	R 8.298 [~] C <u>2010MNRAS.403.1849K</u>
	G 8.1951 [0.0020] C 2018yCat.15450G
	I 6.741 [~] C 2010MNRAS.403.1949K
	J 5.244 [0.020] C 2003yCat.22460C
	H 4.83 [0.03] C 2003yCat.22460C
	K 4.524 [0.020] C 2003yCat.22460C
	g 10.572 [0.07] D 2012yCat.13220Z
	r 9.288 [0.02] D 2012yCat.13220Z
	i 7.756 [0.04] D 2012yCat.13220Z

Parallaxes (mas) indica la paralaje de la estrella en miliarcsegundos (mas). Equivale a 0.549 arcseg.

Ahora podemos calcular fácilmente la distancia r a la Estrella de Barnard.

$$r = 1/0.549 = 1.82 \ pc$$

Ahora sabemos que la estrella de Barnard está a 1.82 parsecs de distancia y presenta un movimiento aparente de 10.35 arcseg/año.

Una simple construcción trigonométrica nos permite calcular la distancia real que la Estrella de Barnard cubre en un año



 $X = 1.82 * sen(\alpha)$

La distancia **X** que la estrella se mueve durante un año es de 0.0000912 pc ó 2813000000 Km. Que corresponde a una velocidad tangencial de 90 km/s o 321000 km/h.

Movimiento en la esfera celeste

El movimiento visible de la Estrella de Barnard en el cielo está también influenciado por otros factores: el movimiento de la Tierra alrededor del Sol; la influencia de la Luna en el movimiento de la Tierra, etc.

La herramienta APFS HIP del Observatorio Virtual Alemán (GAVO) permite obtener una tabla con datos del movimiento real de una estrella en la esfera celeste. Puede ser accedido en el siguiente enlace:

http://dc.zah.uni-heidelberg.de/apfs/res/apfs_new/hipquery/form

Ingrese el nombre 'barnard star' en el campo "Object" y especifique la escala de tiempo. Veamos el movimiento entre el 1 de Junio de 2016 y el 1 de Junio de 2021. El intervalo de salida ("Interval of generation (hrs)") debería estar en 24 horas. Como formato de salida elegimos VOTable. A continuación clic en el botón "Go" y la herramienta descarga automáticamente el archivo en formato VOTable.

Object	barnard star Enter a Hipparcos catalogue number, or a (decimal, comma-separated) position or simbad identifier to use the closest Hipparcos star.
Start date	1 1 2016 (day/month/year) Start date of generated ephemeris
End date	1 / 06 / 2021 (day/month/year) End date of generated ephemeris
Interval of generation (hrs)	24 Number of hours between two apparent positions
Output in	
	✓ CIO system □ (old) equinox system
Output format	VOTable voltput verbosity H V human-readable
	Go

Para ver el movimiento de la estrella en el cielo, emplearemos la herramienta Topcat que pude ser descargada desde aqui: <u>http://www.star.bris.ac.uk/~mbt/topcat/</u>

En Topcat cargamos el archivo VOTable desde la opción: *File -> Load Table* podemos ver los datos cargados desde con la herramienta: *"Display table cell data"*

0	торсат	
<u>File Views Graphics Joins Windows</u> O Interop H	0	TOPCAT(1): Table Browser
🚽 🖻 🔊 🗄 🖶 😁 Σ 😻 🗊	<u>W</u> indow <u>R</u> ows <u>H</u> elp	
Table List Current Table Properties		
1: votable.xml Label: votable	Table Browser for 1: votable.xml	
Location: /home.	isodate arg_hour raCio dec	
Name: ndhdp	1 2016-06-01 0 269,44626 4,74157	
Rows: 1.827	2 2016-06-02 0 269,44628 4,74163	
Columns: 4	3 2016-06-03 0 269,44631 4,7417	
Sort Order: 🔶	4 2016-06-04 0 269,44633 4,74176	
	5 2016-06-05 0 269,44635 4,74183	
Row Subset: All 🔻	6 2016-06-06 0 269,44637 4,74188	
Activation Actions: 1/5	7 2016-06-07 0 269,44639 4,74194	
	8 2016-06-08 0 269,4464 4,74198	
	9 2016-06-09 0 269,44642 4,74203	
	10 2016-06-10 0 269,44643 4,74207	
	11 2016-06-11 0 269,44644 4,74212	
	12 2016-06-12 0 269,44645 4,74216	
	13 2016-06-13 0 269,44646 4,74221	
	14 2016-06-14 0 269,44646 4,74227	
	15 2016-06-15 0 269,44647 4,74233	
	16 2016-06-16 0 269,44647 4,74239	

A continuación elegimos la herramienta "Plane plotting window" y en los parámetros de ubicación definimos X= raCio, Y=dec. Obtenemos el gráfico que muestra el movimiento de la estrella en el cielo para el intervalo de tiempo establecido.



Podemos ver que la posición de la estrella va cambiando con el tiempo. Hay 5 ciclos (loops) que corresponden a los 5 años desde 2016 a 2021 y son debidos al movimiento de la Tierra alrededor del Sol. El movimiento lineal sobrepuesto desde la parte superior izquierda hasta la parte inferior derecha es el movimiento propio real de la estrella.



Esto se ve más claro si cambiamos el intervalo de salida de 24 horas a 8766 horas (1 año). El movimiento ahora es filtrado y podemos ver el movimiento propio lineal de la Estrella de Barnard.