

ASTROFÍSICA ESTELAR

Actividad Guiada:

Astrometría: Movimientos propios



Máster en Astronomía y Astrofísica
Profesor VIU: Pascual D. Diago Nebot
e-mail: pascualdavid.diago@campusviu.es

Índice

1. Objetivo	1
2. Introducción	1
2.1. Antecedentes históricos	2
2.2. Movimientos propios	4
2.3. Conceptos básicos	6
3. Movimiento propio	7
4. La estrella de Barnard	8
5. El software ALADIN	9
6. Desarrollo del caso práctico	10
6.1. Cálculo del movimiento propio	10
7. Cálculo de la velocidad tangencial	14
8. Movimiento real de una estrella en la esfera celeste	16
9. Tarea para el Portafolios	19
10. Curiosidades	20

11. Agradecimiento	21
Bibliografía	21

1. Objetivo

El objetivo de esta práctica es la medida del movimiento propio de algunas estrellas cercanas. Para ello utilizaremos imágenes procedentes de cartografiados de la esfera celeste que son accesibles en internet. También usaremos una herramienta del observatorio virtual, el programa ALADIN, que ya conocemos. En concreto los objetivos a alcanzar son:

- Medir el movimiento propio de las estrellas seleccionadas.
- Determinación de su velocidad tangencial, con respecto al Sol.
- Aprender a utilizar técnicas astrométricas basadas en el VO, esenciales en astronomía. En concreto, aprender a representar el movimiento real de estrellas con movimiento propio en la esfera celeste.

2. Introducción

En la antigüedad se solía utilizar el término “estrellas fijas” para denominar a aquellos objetos que, aparentemente, no cambiaban de posición en la esfera celeste y distinguirlos de otros cuerpos como la Luna y los planetas. En este caso práctico veremos que las estrellas fijas no están realmente “tan fijas”.

Existen diferentes razones para explicar el cambio de posición de una estrella en el cielo. Por un lado, hay cambios aparentes debido al movimiento de la Tierra alrededor del Sol (paralaje) y a la velocidad finita de la luz (aberración). Por “aparente” queremos decir que la estrella “parece” que se mueve pero en realidad no es así (en el caso de la paralaje, por ejemplo, es la Tierra la que realmente se mueve). Y, por otro lado, existen también variaciones reales en la posición de las estrellas debido a su movimiento propio.

2.1. Antecedentes históricos

La astrometría es la rama más antigua de la astronomía, dedicada al estudio del movimiento de los cuerpos celestes, a partir de la toma de medidas en relación a su posición, dimensiones, formas, y su variación temporal, con el fin de determinar sus propiedades geométricas, cinemáticas y dinámicas. Las civilizaciones antiguas ya advirtieron que los objetos celestes se mueven de una manera regular. La necesidad de resolver problemas originados en las comunidades, por ejemplo, precisar las fechas óptimas para la siembra y la cosecha, supuso el inicio de la astrometría de precisión.

En 129 a.C., el astrónomo griego Hiparco fue el primero en completar un catálogo de un millar de estrellas, especificando su brillo relativo y su posición con una precisión aproximada de un grado; consolidándose la astrometría como ciencia. Tras Hiparco, en el siglo XVI, Tycho Brahe (1546–1601), un astrónomo danés, revolucionó fijando las posiciones estelares con incertidumbres del orden del minuto de arco, la sexagésima parte del grado. Además, diseñó, construyó y calibró gran variedad de instrumentos, como el sextante o el cuadrante mural, y cambió profundamente la práctica de la observación astronómica. La precisión de las observaciones sobre la posición de los planetas a lo largo de sus órbitas, permitió a Kepler descubrir que estas son elípticas. En 1609, Galileo Galilei mostró el primer telescopio astronómico registrado. En el siglo XVII se inventó el retículo micrométrico, instrumento que permite medir con gran precisión longitudes o ángulos muy pequeños en las imágenes visibles en el ocular, solventando así la resolución limitada del ojo humano para distinguir ángulos por debajo de 1 minuto de arco. Consiste en dos filamentos montados en el campo de visión de un telescopio que pueden acercarse y alejarse mutuamente por medio de una ruedecilla, el número de vueltas de la ruedecilla indica el ángulo subtendido por el objeto en el cielo.

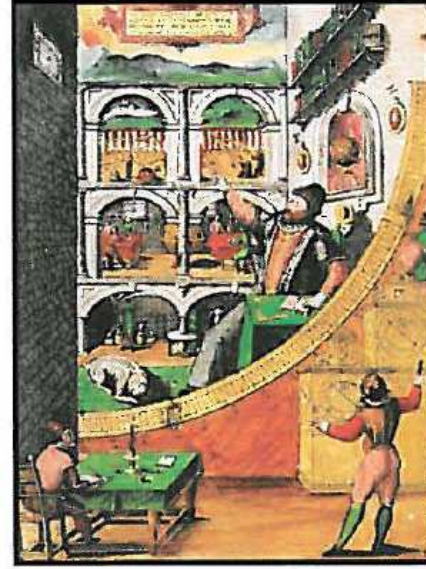
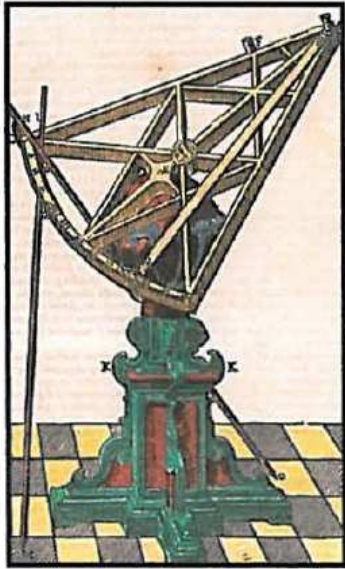


Figura 1: Izquierda: *Sextante de Tycho Brahe. Usado para medir distancias angulares entre estrellas.* Centro: *Cuadrante de círculo similar al inventado por Tycho Brahe. Museo de Praga.* Derecha: *Mural en Uraniborg, con escenas de los trabajos astronómicos de Tycho Brahe.*

En el siglo XVIII, gracias a una mejora en el dominio de las técnicas los fabricantes de instrumentos grabaron en ellos las escalas angulares, como en el Círculo astronómico de alta precisión, dando lugar a grandes descubrimientos: la aberración estelar en 1725, primera prueba directa del movimiento terrestre en torno al Sol, que vino a confirmar la controvertida teoría de Copérnico de que la Tierra gira alrededor del Sol y no a la inversa; y la detección, por parte de Edmund Halley, del movimiento de las estrellas a través del espacio. Hasta el siglo XIX la tarea fundamental de la astronomía residió en llevar a cabo mediciones angulares precisas y catalogar las posiciones de los objetos celestes. Mejorar la exactitud de las medidas astrométricas ha sido un objetivo constante para los astrónomos, alcanzado gracias al desarrollo de más exactos instrumentos de observación, conduciendo a una serie de cambios fundamentales en el conocimiento científico. En el siglo XIX el avance de las técnicas de grabado, posibilitó realizar mediciones con precisión de fracciones de segundos de arco, fundamental para medir el paralaje estelar en la década de 1830. En el siglo XX, la investigación astronómica se centró en la naturaleza de los cuerpos celestes. Surgiendo técnicas como la espectroscopia (relaciona la luz emitida por los objetos con su composición química, temperatura y naturaleza) y el uso de placas fotográficas en astronomía. Las mediciones astrométricas alcanzaban la mayor precisión posible desde la Tierra, 0.1 segundos de arco, límite impuesto por fenómenos atmosféricos.

En 1989, la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó el primer satélite astrométrico, HIPPARCOS, la primera misión espacial dedicada a la astrometría. La precisión de las medidas de las distancias posicionales y movimientos propios estelares, en más de 100 000 estrellas, se realizó con una precisión 200 veces superior hasta entonces (ver Fig. 2).

2.2. Movimientos propios

Los movimientos propios estelares fueron puestos de manifiesto por E. Halley durante la segunda mitad del siglo XVIII. Al comparar las posiciones estelares del catálogo de Ptolomeo “Almagesto” (siglo II) con las del catálogo de Flamsted (siglo XVIII) se dio cuenta de que existían diferencias signifi-

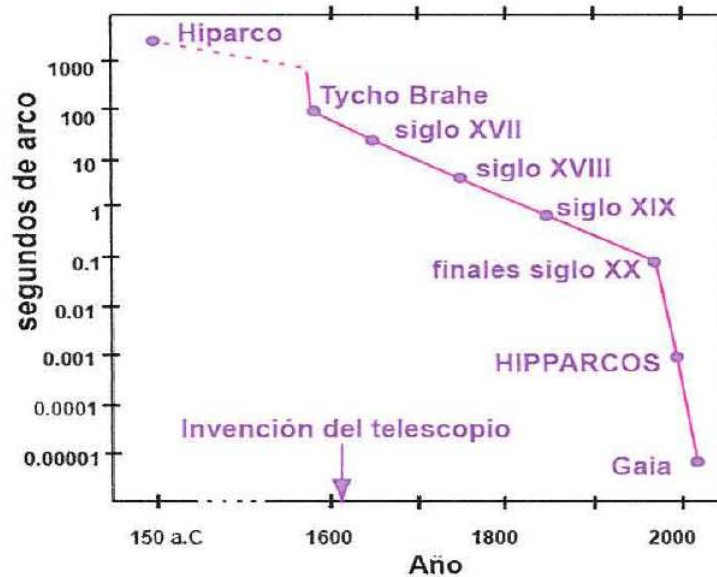


Figura 2: Mejora de la precisión a lo largo de la historia.

cativas solamente en algunas de ellas. Además, algunas de estas diferencias eran tan grandes que no podían ser atribuidas a errores en la astrometría. La incorporación de los movimientos propios estelares a la teoría astronómica supuso una ruptura con la idea clásica de una esfera celeste de estrellas fijas. Hacia finales del siglo XVIII W. Herschel, mientras trabajaba en el paralaje estelar, descubrió las estrellas dobles en su concepción moderna. Algunas de ellas mostraban órbitas entorno a un centro de masas común. Son las binarias orbitales. Otras, más separadas, seguían trayectorias lineales similares que ponían de manifiesto algún tipo de vínculo gravitatorio entre ellas. Son las binarias con movimiento propio común (CPM). Finalmente había un tercer grupo con trayectorias no vinculadas que hoy día conocemos como ópticas.

El primer gran catálogo de estrellas con CPM se atribuye en S.W. Burnham que, al principio del siglo XX, incluyó 360 parejas con la denominación “Common Proper Motions” en su “General Catalogue of Double Stars”. A mediados de siglo XX, H. Giclas incluyó 197 parejas con la denominación “Giclas Double Stars” en su “Proper Motions Survey”. En el siglo XX, W.J. Luyten hizo la contribución numéricamente más importante a los movimientos propios estelares, trabajó sobre el concepto de movimientos propios reducidos, la relación entre los movimientos propios estelares y la magni-

tud absoluta y relativa de las estrellas próximas al Sol, como condición para obtener la distancia estelar. Mediante el *blinking* (concepto explicado en los siguientes apartados) de imágenes de diferentes épocas fue compilando material que estructuró en diversos catálogos: LFT (Luyten Five Tenths), el año 1955, con 1 849 estrellas, LTT (Luyten Two Tenths), el año 1961, con 16 994 estrellas. Posteriormente se publicaron las nuevas versiones de estos catálogos: LHS (Luyten Half Second) con 3 583 estrellas y NLTT (New Luyten Two Tenths) con 58 000 estrellas. Algunas de estas estrellas tienen carácter binario y están incluidas en el catálogo LDS (Luyten Double Stars) que contiene 6 170 parejas.

2.3. Conceptos básicos

Para hallar la distancia a una estrella, utilizamos un concepto llamado *paralaje*. Si registramos desde la Tierra la posición respecto al fondo de estrellas, y repetimos esta medición 6 meses más tarde, con la Tierra en el extremo opuesto de su órbita, vemos que la posición de la estrella ha cambiado respecto al fondo. Este desplazamiento angular aparente es lo que se conoce como paralaje estelar. Midiéndola, podemos deducir la distancia a una estrella cercana mediante simple geometría. Pero la paralaje estelar es una magnitud difícil de medir, pues es pequeñísima excepto para unos pocos cientos de estrellas cercanas.

La astrometría también busca determinar cómo se mueven los objetos celestes en relación al resto. Para ello es necesario medir dos componentes del movimiento: la *velocidad radial*, con la que la estrella se acerca o aleja de nosotros, y el *movimiento propio*, el que tiene en dirección transversal, la medida del cual es el objetivo principal de la práctica.

La velocidad radial se calcula fácilmente a partir del espectro de una estrella, pero hallar el movimiento propio es más difícil y requiere cuidadosas observaciones del movimiento de la estrella respecto a otras a lo largo de varios años. Las observaciones astro métricas pueden ser absolutas o relativas. En las observaciones relativas cada objeto celeste se observa y reduce individualmente (círculo meridiano, astrolabio, PZT). Debido a la comple-

La precisión de la determinación de posiciones absolutas, es más frecuente realizar observaciones relativas, donde se observan varias estrellas simultáneamente (un mínimo de dos con el círculo meridiano) y los satélites astrométricos, relacionándose las posiciones de estos objetos. En las observaciones fotográficas y CCD se relacionan las posiciones de los objetos visibles en el campo, conociendo las coordenadas de varios de ellos en el sistema de referencia. Esta técnica se aplica a las estrellas binarias visuales, los satélites de los grandes planetas, los asteroides, los cometas, los satélites artificiales y a la confección de catálogos estelares más densos a partir de los objetos de un catálogo fundamental.

Medir las distancias y los movimientos de las estrellas es fundamental para comprender la naturaleza del Universo. Conociendo la distancia a una estrella, podemos deducir su luminosidad verdadera, su tamaño, y podemos obtener información esencial acerca de su naturaleza y edad. Por otra parte, conociendo su movimiento, podemos calcular tanto dónde estaban millones de años atrás, como cuáles serán sus posiciones en el futuro.

3. Movimiento propio

Entendemos por movimiento propio la variación real de la posición de una estrella en el cielo debido al movimiento relativo entre ella y el Sol (ver Fig. 3). Es una medida del desplazamiento verdadero de la estrella con respecto al Sistema Solar y está producido por la rotación de las estrellas alrededor del centro de nuestra Galaxia. El movimiento propio viene dado por la siguiente expresión:

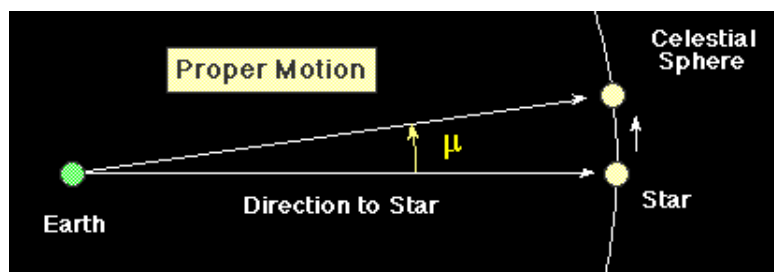


Figura 3: *Movimiento propio de una estrella.*

$$\mu^2 = \mu_\delta^2 + \mu_\alpha^2 \cos^2 \delta \quad (1)$$

donde

$$\mu_\alpha = \alpha_1 - \alpha_2 \quad (2)$$

$$\mu_\delta = \delta_1 - \delta_2 \quad (3)$$

indican los desplazamientos en ascensión recta (α) y declinación (δ) respectivamente. El factor $\cos^2 \delta$ es debido a que el radio desde el eje de la esfera hasta la superficie varía como $\cos \delta$, siendo igual a 0 en el polo. Como ejemplo, se puede ver la Fig. 4.

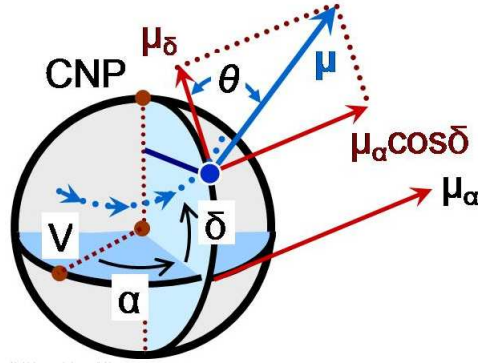


Figura 4: Componentes del movimiento propio en la esfera celeste. El Polo Norte celeste es CNP, el punto vernal es V, el movimiento propio de la estrella en la esfera celeste viene designado por las flechas. El vector de movimiento propio es μ , siendo α la ascensión recta, δ la declinación y θ el ángulo de posición.

El movimiento propio nos indica la distancia angular que recorre la estrella en un año y se suele medir en segundos de arco por año.

$$\frac{\text{distancia angular}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{segundos de arco}}{\text{año}} \quad (4)$$

4. La estrella de Barnard

Para desarrollar el caso práctico, haremos uso de una estrella conocida como la estrella de Barnard. La estrella de Barnard (también llamada V2500

Oph) es la estrella con mayor movimiento propio ($10,3''/\text{año}$, Fig. 5). Se encuentra muy cerca de la Tierra (5,9 años luz. Tan sólo el Sol y las tres componentes de Alfa Centauri están a una distancia menor). Tiene una masa de $0,15 M_{\odot}$, una temperatura superficial de *tan sólo* 2000 K (el Sol tiene 5700 K) y una luminosidad 2000 veces inferior a la del Sol. La Fig. 6 muestra la posición de la estrella de Barnard en el diagrama H-R mientras en la Fig. 7 se compara su tamaño con el del Sol y Júpiter.

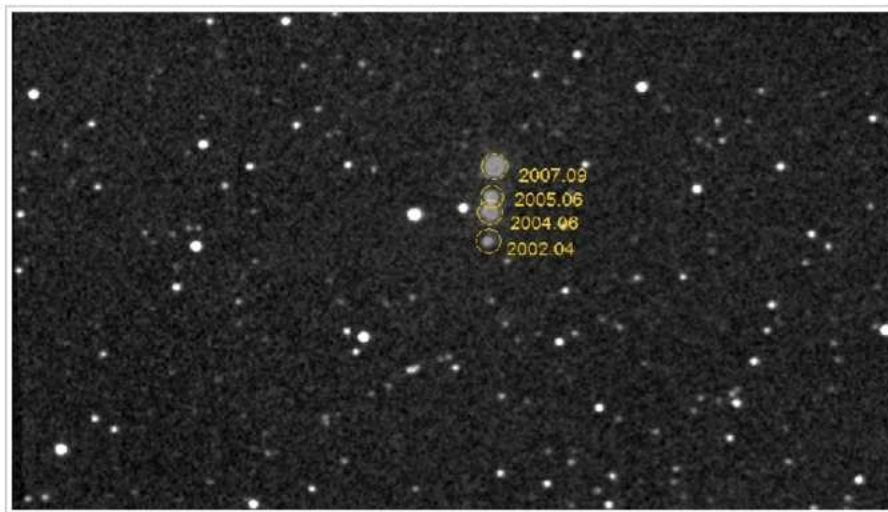


Figura 5: *Movimiento propio de la estrella Barnard desde los años 2002 al 2007. Visitar la url <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Barnard2005.gif> para ver una animación.*

5. El software ALADIN

ALADIN es un atlas interactivo del cielo, desarrollado y mantenido por el Centro de Datos astronómicos de Estrasburgo (CDS), que permite al usuario visualizar imágenes de cualquier parte del cielo y superponer datos de tablas y catálogos de diferentes archivos astronómicos. ALADIN es una aplicación Java que se puede descargar entrando en <http://aladin.u-strasbg.fr/>. En esta práctica usaremos el software, por lo que es conveniente descargarlo o lanzarlo en su versión Web Start.

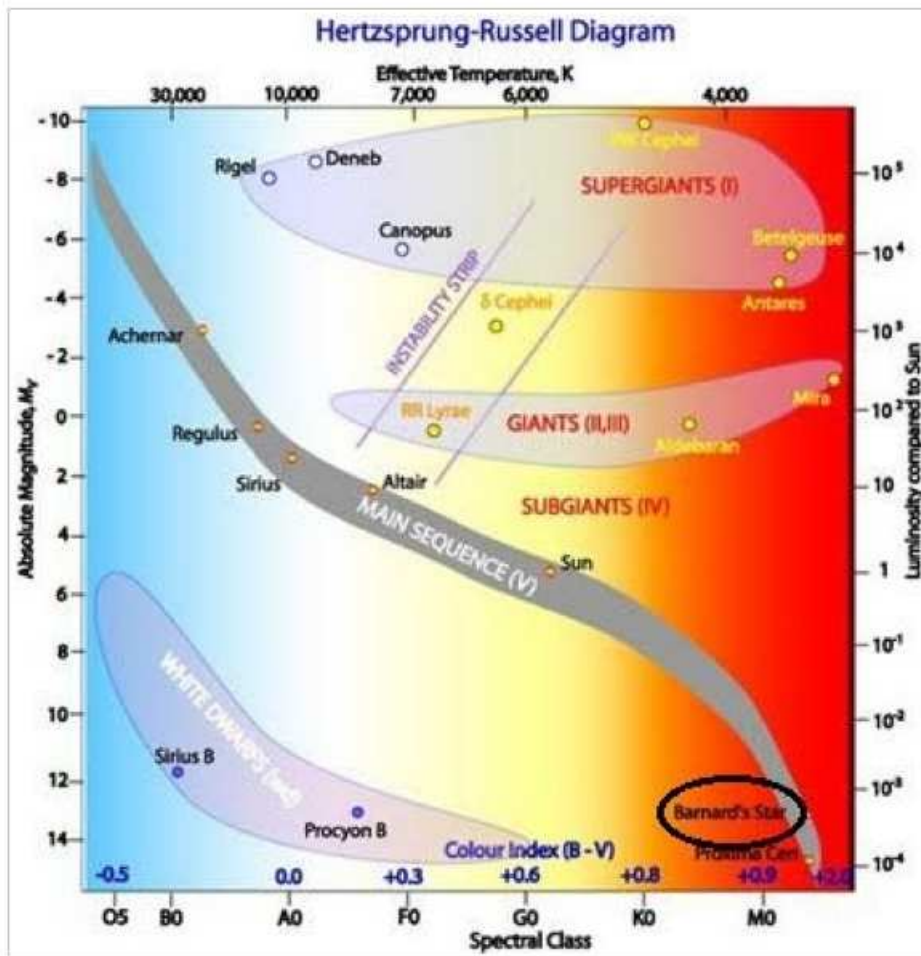


Figura 6: Diagrama H-R en el que se muestra la posición de la estrella de Barnard.

6. Desarrollo del caso práctico

La estrella que analizaremos en el desarrollo de este caso práctico es la mencionada estrella de Barnard. Para ello, lanzamos el programa *Aladin* y seguimos los pasos que se detallan a continuación.

6.1. Cálculo del movimiento propio

Para poder calcular el movimiento propio, debemos escoger dos imágenes tomadas en épocas diferentes. Para ello haremos lo siguiente en la ventana

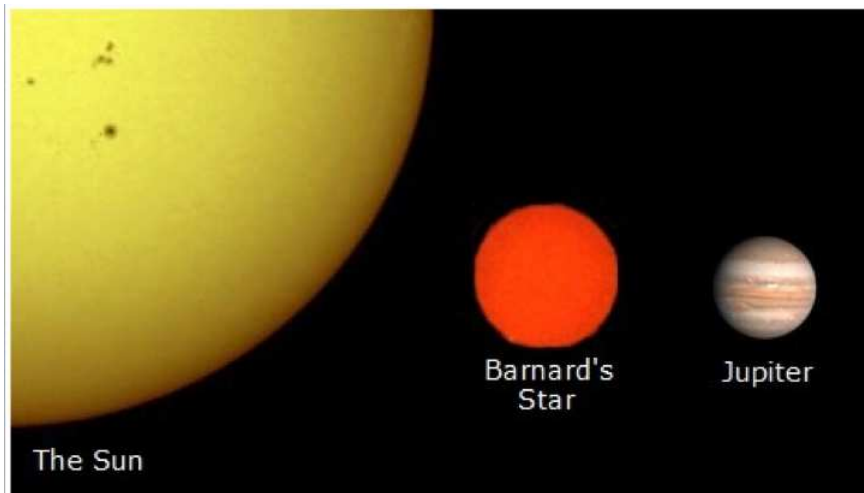


Figura 7: Comparación del tamaño de la estrella Barnard con Júpiter y el Sol.

principal de ALADIN: File >Open. En el campo Target introducimos el nombre de la estrella que estamos buscando, en este caso escribimos Barnard star, y en el formato de imagen elegimos JPG. Finalizamos con la opción Submit.

A continuación, nos aparece una lista de imágenes de distintas campañas de observación (surveys), en distintas zonas del espectro electromagnético (color) y con distintos tamaños (size), donde se nos muestra las imágenes guardadas en el servidor de ALADIN (Fig. 8).

Para medir el movimiento propio cuanto más separadas estén en el tiempo las imágenes, mejor. Por tanto, escojemos dos de ellas, del catálogo POSSII¹, una de color J-DSS2, del mismo tamaño que la otra, que data del 1988. Y otra del color F-DSS2 que data de 1991. Por lo tanto, el intervalo temporal entre ambas es de alrededor de 3 años. Una vez seleccionadas pinchamos la opción Submit para bajar las imágenes en ALADIN, y cerramos esa pantalla con Close.

Para comprobar el desplazamiento de la estrella, combinamos ambas imágenes en una película. Pinchamos en la opción Image, de la barra de herra-

¹POSS son las siglas de Palomar Observatory Sky Survey, una colección de placas fotográficas digitalizadas que cubren todo el cielo accesible desde el Observatorio de Monte Palomar (desde +90° a -27° de declinación).



Figura 8: Lista de imágenes.

mientas de la parte superior, y en Blink/Movie generator, en esta pantalla seleccionamos las dos imágenes elegidas para la película y finalmente en Create.

Efectivamente la estrella se ha desplazado una distancia, la cual vamos a medir a continuación. Para formar una imagen resultado de la superposición de ambas, usamos la herramienta Image >RGB Image Generator. Asignamos el color rojo a la imagen F-DSS2 y el azul a J-DSS2. Si apretamos el botón Create aparecerán las dos imágenes superpuestas. Las estrellas cuyo movimiento propio es despreciable aparecerán en blanco, mientras que la superposición de las dos imágenes coloreadas provocará que en una posición la estrella de Barnard aparezca en naranja y en la otra en azul (ver Fig. 9).

A continuación, haremos un Zoom de la imagen para medir la distancia angular entre ambas posiciones. Para ello seleccionaremos la opción “4x” en el menú desplegable de zoom situado justo debajo de los identificadores de planos en la parte derecha de la ventana principal de ALADIN. En el caso de que las estrellas se nos salgan de la imagen visible, únicamente tendremos que buscarlas pinchando con el botón derecho y arrastrando el ratón en la imagen que se encuentra debajo del desplegable del zoom.

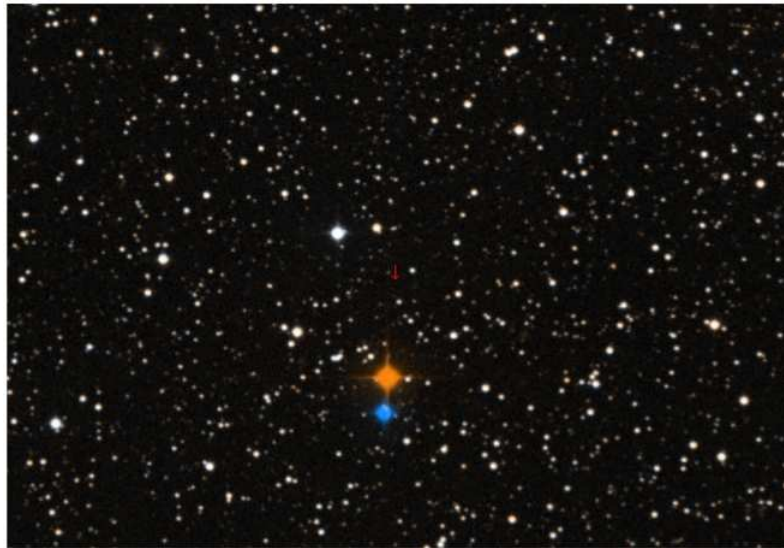


Figura 9: *Imagen superpuesta coloreada.*

Una vez hecho esto haremos click en Dist, nos situaremos en el centro de una de las estrellas y arrastraremos el ratón hasta el centro de la otra. Aparecerá dibujado un vector que nos indicará la distancia angular entre ambas posiciones (aproximadamente 32 segundos de arco).

Para calcular el movimiento propio haremos click con el botón derecho sobre cada uno de los identificadores de las imágenes POSII que se muestran en el lado derecho de la ventana principal de ALADIN. Aparecerá una nueva ventana llamada Properties que contiene información sobre la fecha (expresada en años y fracciones de años) en la que se realizó cada una de las observaciones (en nuestro caso 1988,3611567419 y 1991,4546885697 años). La diferencia de tiempo entre observaciones es, por tanto, de 3,09353182751 años.

Finalmente, para calcular el movimiento propio de la estrella de Barnard haremos uso de la Ec. 4:

$$\mu = \frac{\text{distancia angular}}{\text{tiempo}} = \frac{32''}{3,0935} = 10,34 \text{ segundos de arco por año}$$

Comparemos, a continuación, este valor con el que aparece en la base de

datos de SIMBAD². Para ello haremos lo siguiente en la ventana principal de ALADIN:

- File >Load Catalog >Simbad database.
- Situamos el cursor sobre la etiqueta “BY Dra” y hacemos click. En caso de que no se visualice dicha etiqueta debemos elegir “zoom 1x”. En la parte inferior de la ventana principal de ALADIN aparecerá una tabla con información del objeto V* V2500 Oph, que es otro de los nombres que posee la estrella de Barnard.
- Hacemos click en el nombre del objeto (V* V2500 Oph) o en SIMBAD (dependiendo de la versión de ALADIN que tengamos instalada). Se abrirá una ventana en nuestro navegador mostrando la información sobre dicho objeto en SIMBAD. En particular uno de los campos se denomina “Proper motions *mas/yr*” y proporciona valores de $-798,71$ mas (para α) y $10337,77$ mas (para δ).
- El movimiento propio total se calcula a partir de la Ec. 1 teniendo en cuenta que hay que dividir por 1000 para pasar de milisegundos de arco (mas) a segundo de arco:

$$\mu = \sqrt{(-0,798) \cdot (-0,798) + (10,337) \cdot (10,337)} = \quad (5)$$

$$= 10,37 \text{ segundos de arco/año} \quad (6)$$

Vemos como el valor de SIMBAD es muy similar al que hemos obtenido con ALADIN³.

7. Cálculo de la velocidad tangencial

En objetivo del segundo apartado de la práctica consiste en la medida de la velocidad tangencial, es decir, los kilómetros que recorre por hora, o por segundo, la estrella de Barnard en el espacio. Para ello calcularemos lo

²<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>.

³En la Ec. 5 no hacemos uso del término $\cos^2 \delta$ puesto que se cumple $\cos^2 \delta \sim 1$.

que se ha movido en el cielo durante el periodo transcurrido entre ambas fotografías.

1. Primeramente calcularemos la distancia a la que se encuentra la estrella usando la paralaje. En ALADIN, hacemos click en el objeto V* V2500 Oph o en SIMBAD (dependiendo de la versión de ALADIN que tengamos instalada). SIMBAD también proporciona información sobre la paralaje de la estrella de Barnard, la cual tiene un valor de 0,549 segundos de arco.

La distancia (d) a la que se encuentra la estrella la podemos calcular fácilmente como la inversa de la paralaje:

$$d = \frac{1}{0,549} = 1,82 \text{ parsec} \quad (7)$$

Para hacernos una idea, 1 parsec equivale a 3,26 años luz o, lo que es lo mismo, a $3,0856 \cdot 10^{13}$ km.

2. Calculamos ahora la distancia real recorrida por la estrella.

Para ello, debemos transformar el movimiento propio de segundos de arco/año a radianes/año a partir de la siguiente fórmula:

$$1 \text{ rad} = 206\,265 \text{ arcsec} \quad (8)$$

Por tanto,

$$\mu = \frac{10,34 \text{ arcsec}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ rad}}{206\,265 \text{ arcsec}} = 0,00005013 \text{ rad/año}$$

Aplicando trigonometría, ver Fig. 10 (podemos aproximar $\sin \mu \sim \mu$), obtenemos la distancia real que la estrella de Barnard recorre en un año (R), que viene dada por la fórmula:

$$R = d \cdot \mu = 1,82 \cdot 0,00005013 = 9,12 \cdot 10^{-6} \text{ parsec} \sim 281\,400\,000 \text{ km} \quad (9)$$

Por tanto, la distancia que recorre la estrella de Barnard en un año es de 281 400 000 km, que corresponde a una velocidad tangencial de ~ 9 km/s o $\sim 32\,125$ km/h.

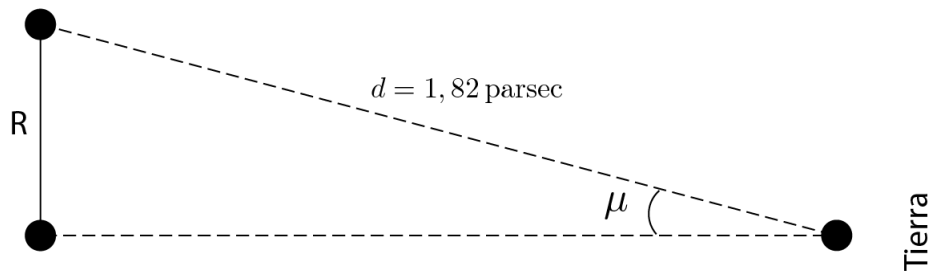


Figura 10: Trigonometría para la estrella de Barnard.

8. Movimiento real de una estrella en la esfera celeste

En este apartado vamos a representar gráficamente el movimiento propio en la esfera celeste de las dos estrellas estudiadas en la práctica, mediante la herramienta A.P.F.S (Apparent Places of Fundamental Stars) del observatorio virtual alemán G.A.V.O., a la que accedemos desde la siguiente dirección web: http://dc.zah.uni-heidelberg.de/apfs/res/apfs_new/hipquery/form.

Introducimos en el apartado Object el nombre de la estrella “barnard star” y especificamos la escala de tiempo entre el 1 de junio de 2009 y el 1 de junio de 2014. El apartado Interval of generation debe de estar fijado en 24 horas. Finalmente en la opción Output format seleccionaremos VOPlot (verbosity H), para que elabore una representación gráfica, y terminamos con Go (ver Fig. 11). La generación de la gráfica puede tardar unos minutos, dependiendo de nuestra conexión a internet y de nuestro equipo o navegador⁴.

Se abrirá la ventana pero la gráfica no aparece debidamente representada, debido a que antes es preciso realizar unos ajustes, en relación a los parámetros de ascensión recta y declinación (hay que editarlo desplazándonos totalmente a la derecha del Applet). En el eje de las X seleccionamos “raCio”, para que represente la ascensión recta, y en el eje de las Y selec-

⁴Es posible que algún navegador no muestre correctamente la gráfica, ya que usa un Applet Java. Probad con varios navegadores para ver correctamente la gráfica.

GERMAN ASTROPHYSICAL VIRTUAL OBSERVATORY

APFS HIP Simple Query

This service computes apparent and/or intermediate places of the stars in the Hipparcos main catalogue. Please note the warning on apparent places for multiple stars in the service info.

The positions can be given either in the CIO system (default) or the old equinox system.

If you give a position or an object resolvable by Simbad, the service will choose the nearest Hipparcos star for the ephemeris.

Object
Enter a Hipparcos catalogue number, or a (decimal, comma-separated).

Start date / / (day/month/year)
Start date of generated ephemeris

End date / / (day/month/year)
End date of generated ephemeris

Interval of generation (hrs)
Number of hours between two apparent positions

Output in CIO system (old) equinox system

Output format output verbosity

Figura 11: Movimiento de la estrella de Barnard con GAVO.

cionamos “dec”, representando así la declinación. Obtenemos de este modo una representación gráfica del movimiento para la estrella de Barnard, tal y como se ve en la Fig. 12.

La Fig. 12 representa la evolución de la posición de la estrella en el tiempo. Observamos que los 5 "loops", las 5 vueltas de la espiral, corresponden con los 5 años transcurridos entre 1/6/2009 y el 1/6/2014, debidas al movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol. El movimiento lineal real de la estrella se obtiene al variar el intervalo temporal de 24 horas a 8766 horas que contiene 1 año. La gráfica resultante para la estrella de Barnard se muestra en la Fig. 13. Así, la Fig. 13 representa el desplazamiento lineal real de la estrella, tras filtrar el movimiento orbital de la Tierra alrededor del Sol.

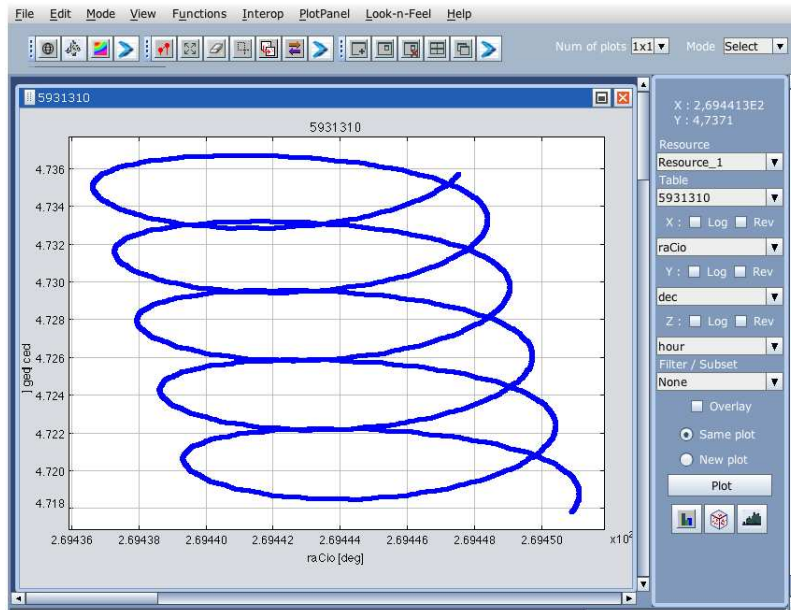


Figura 12: Movimiento de la estrella de Barnard desde 2009 a 2014.

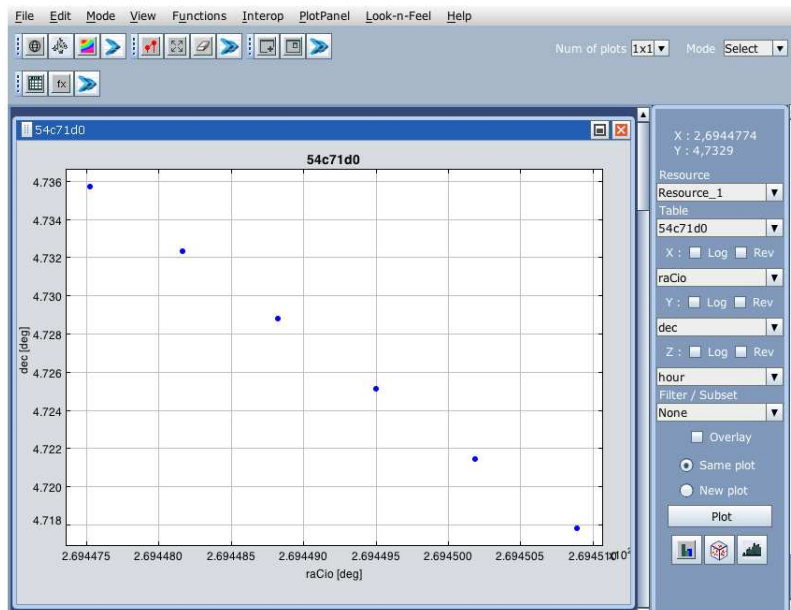


Figura 13: Movimiento lineal de la estrella de Barnard.

9. Tarea para el Portafolios

Las estrellas susceptibles de presentar un movimiento propio importante son las más cercanas al Sol. La lista de las estrellas más cercanas es la siguiente:

1. Proxima Centauri (V645 Cen)
2. α Centauri A y B (HD 128620 y HD 128621)
3. Estrella de Barnard (BD +04 3561a)
4. Wolf 359 (CN Leonis)
5. Lalande 21185 (BD +36 2147)
6. Sirio A y B (HD 48915 y HD 48915B)
7. Luyten 726-8 A y B (BL Ceti y UV Ceti)
8. Ross 154 (V1216 Sagittarii)
9. Ross 248 (HH Andromedae)
10. ϵ Eridani (HD 22049)

Como tarea para el portafolios, determinaremos el movimiento propio y la velocidad tangencial en el espacio, con respecto al Sol, de otras dos de esas estrellas. Usaremos las mismas técnicas que ya hemos probado con la estrella de Barnard. Entregaremos una memoria en la que describiremos las técnicas empleadas y los resultados obtenidos.

La tarea se entregará en formato pdf.

NOMBRE DEL ARCHIVO : APELLIDOS-TAREA.pdf

El nombre del archivo .pdf no debe contener acentos ni espacios.

Es curioso notar que la mayoría de las estrellas más cercanas al Sol son muy débiles, invisibles a simple vista, y muchas de ellas no han sido descubiertas hasta el siglo XX. Se cree además que esta lista de estrellas cercanas aún es incompleta, y que en los próximos años podría descubrirse estrellas más cercanas que las que aparecen en la lista. Puedes comentar en la memoria de la tarea a que crees que se debe este hecho.

10. Curiosidades

Hay cierto debate sobre cual es la estrella más cercana al Sol. En general se admite que es el sistema α Centauri, formado por las tres estrellas A, B y Próxima. α Centauri A y B forman un sistema binario, con una separación máxima de 35 unidades astronómicas (UA) y un periodo orbital de 80 años. Se supone que Próxima orbita alrededor de A y B a una distancia de más de 15 000 UA, y con un periodo orbital del orden de un millón de años. Pero este hecho no está probado. Si no existiera este movimiento orbital, Próxima sería entonces una estrella aislada, y la más cercana al Sol, ya que se encuentra algo más cerca que α Centauri A y B.

La última estrella de la lista, ϵ Eridani, tiene un planeta de 1,5 veces la masa de Júpiter, y un segundo planeta más pequeño aún por confirmar. Se trata por tanto de los planetas más cercanos al Sol, excluyendo obviamente los del propio Sistema Solar. Puedes encontrar más información sobre este sistema planetario en la Enciclopedia de los Planetas Extrasolares de Jean Schneider⁵.

Por otra parte, durante muchos años se creyó que la estrella de Barnard también tenía dos planetas, ambos mayores que Júpiter, que fueron considerados durante décadas como los únicos planetas extrasolares conocidos. En la actualidad sabemos que esto no es así, y que la detección de esos planetas fue debida a errores observacionales. Puedes leer más sobre este tema en el libro “Los nuevos mundos del cosmos” de Mayor and Frei (2006).

⁵Website: <http://exoplanet.eu/>

No es necesario incluir en la memoria de la práctica comentarios sobre estos temas.

11. Agradecimiento

Para la realización de esta práctica se ha hecho uso de las guías educativas de Observatorio Virtual desarrolladas en el marco de los proyectos EuroVO-AIDA (INFRA-2007-1.2.1/212104) y SVO (AyA2008-02156).

Bibliografía

Mayor, M. and Frei, P.-Y.: 2006, *Los nuevos mundos del cosmos*, Ediciones Akal

Perryman, M.: 2009, *Astronomical Applications of Astrometry: Ten Years of Exploitation of the Hipparcos Satellite Data*, Cambridge University Press

Software, ALADIN, está disponible en <http://aladin.u-strasbg.fr/>. Es software libre mantenido por el Centre de Données astronomiques de Strasbourg.

UDS/CNRS: 1999, *The ALADIN User Manual*, disponible en la web <http://aladin.u-strasbg.fr/>

Web, ESA (European Space Agency): <http://www.esa.int>

Web, *La Enciclopedia de los Planetas Extrasolares*: <http://exoplanet.eu/>