

PRESENTACIÓN MURAL

PSR J0751+1807: un ajuste a los parámetros característicos del sistema binario

M. A. De Vito^{1,2,3}, O. G. Benvenuto^{2,3,4}

(1) *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)*

(2) *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLP*

(3) *Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP)*

(4) *Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA)*

Abstract. PSR J0751+1807 is a millisecond pulsar belonging to a binary system with a low mass white dwarf companion. This system belongs to the group of recycled pulsars by mass transfer from a close companion, accelerating the pulsar rotation in this process. The orbital period for the system is of 6 hours.

In this work we show our fit to the characteristic parameters of the system presented by Nice et al. (2005)

Resumen. PSR J0751+1807 es un pulsar de milisegundo que se encuentra en un sistema binario en compañía de una enana blanca de baja masa. Pertenecce al grupo de pulsares reciclados a través de la transferencia de masa desde una compañera cercana, que aceleró al pulsar en dicho proceso. El período orbital del sistema es de 6 horas.

En este trabajo mostramos nuestro ajuste a los parámetros característicos del sistema presentados en Nice et al. (2005).

1. Introducción

PSR J0751+1807 fue descubierto en 1995 (Lundgren, Zepka & Cordes 1995). Nice et al. (2005) observaron a PSR J0751+1807 desde 1993 hasta 2004 utilizando los radiotelescopios de Arecibo y Effelsberg. El período orbital del sistema es $P_b = 0.26$ días. Los autores miden el decaimiento del período orbital como consecuencia de la pérdida de energía a través de emisión de ondas gravitatorias ($\dot{P}_b = -(6.2 \pm 0.08) \times 10^{-14}$). Combinado con mediciones del desfasaje de Shapiro, encuentran las masas de las componentes. La compañera de PSR J0751+1807 fue detectada en el año 2006 (Bassa et al. 2006).

En este trabajo mostraremos que el progenitor de este sistema habría tenido un valor del período orbital inicial, P_i , próximo al valor del período de bifurcación, P_{bif} (ver Sección 2.). Presentaremos dos modelos evolutivos de sistemas binarios que reproduzcan simultáneamente las masas de las componentes (según Nice et al. 2005) y el período orbital observado.

2. Nuestros cálculos

Hemos utilizado nuestro código de evolución binaria para realizar los cálculos (Benvenuto & De Vito 2003). Consideramos que la estrella de neutrones (EN) es capaz de recibir una cantidad $\beta = 0.5$ del material que proviene desde la estrella donante. Suponemos, además, que el material que se escapa del sistema se lleva todo el momento angular específico: $\alpha = 1$. Hemos despreciado la irradiación que proviene del pulsar, y asumimos el caso de atmósfera gris. La masa inicial de la EN fue considerada de $1.4M_{\odot}$. El valor del P_i del sistema se encontraría en las proximidades del P_{bif} (esto es, el valor del período que divide a los sistemas que evolucionan hacia configuraciones convergentes de aquellos que lo hacen a sistemas abiertos). Esto agrega una dificultad extra al problema, ya que variaciones muy pequeñas en los valores de P_i , cuando este se encuentra en un entorno de P_{bif} , conducen a configuraciones muy distintas.

La condición que debe satisfacer un sistema para ser considerado como un *buen candidato* para describir al sistema que contiene a PSR J0751+1807 es que las componentes tengan valores de las masas dentro del rango permitido, en el momento en que el período orbital del sistema es de 0.26 días.

2.1. Ajuste de las masas con el 68 % de confianza

Los valores de las masas determinadas con un 68 % de confianza son $M_{EN} = 2.1 \pm 0.2 M_{\odot}$ y $M_{EB} = 0.191 \pm 0.015 M_{\odot}$ para la EN y la enana blanca (EB), respectivamente.

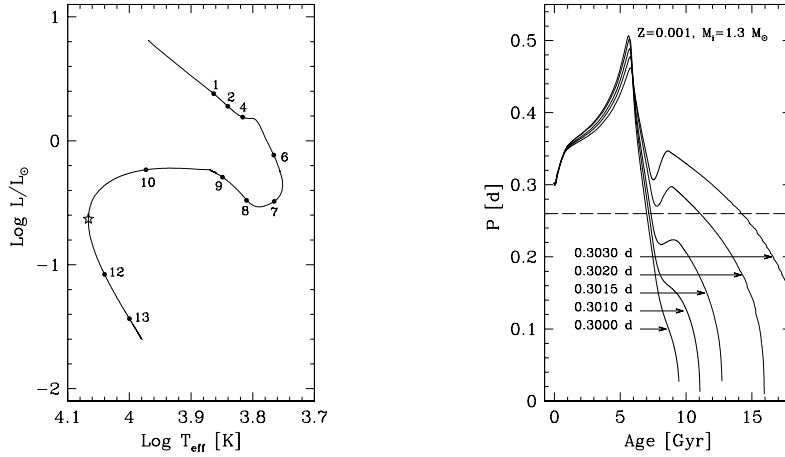


Figura 1. *Izquierda:* Presentamos el recorrido evolutivo de una estrella donante con masa de $1.3 M_{\odot}$, período inicial de 0.302 días y $Z = 0.001$. Se señalan con puntos llenos algunas edades de la estrella, en unidades de 10^9 años. El símbolo de estrella sobre el recorrido evolutivo marca el punto en el que el período calculado coincide con el del sistema binario que contiene a PSR J0751+1807, de 0.26 días

Derecha: Evolución orbital de sistemas binarios compuestos por una estrella donante de $1.3 M_{\odot}$ y $Z = 0.001$, con diferentes períodos orbitales iniciales.

Calculamos recorridos evolutivos de estrellas donantes con masas iniciales de 1.00, 1.25, 1.30 y 1.35 M_{\odot} . Para este nivel de confianza encontramos *buenos candidatos* sólo en el caso de $Z = 0.001$, y no para el de metalicidad solar.

Los modelos, que no experimentan flashes termonucleares, presentan una considerable actividad nuclear durante el recorrido de enfriamiento, lo que hace que este sea más lento, y que la EB obtenida sea más caliente que la observada, en conflicto con las observaciones de Bassa et al. (2006).

2.2. Ajuste de las masas con el 95 % de confianza

Relajamos ahora el nivel de confianza al 95 %. Los valores de las masas son ahora: $M_{EN} = 2.1^{+0.4}_{-0.5} M_{\odot}$ y $M_{EB} = 0.191^{+0.033}_{-0.029} M_{\odot}$ para la EN y la EB, respectivamente.

Se calcularon recorridos evolutivos para estrellas donantes de 1.45, 1.50, 1.75 y 2.00 M_{\odot} y metalicidad solar, para poder hallar *buenos candidatos*.

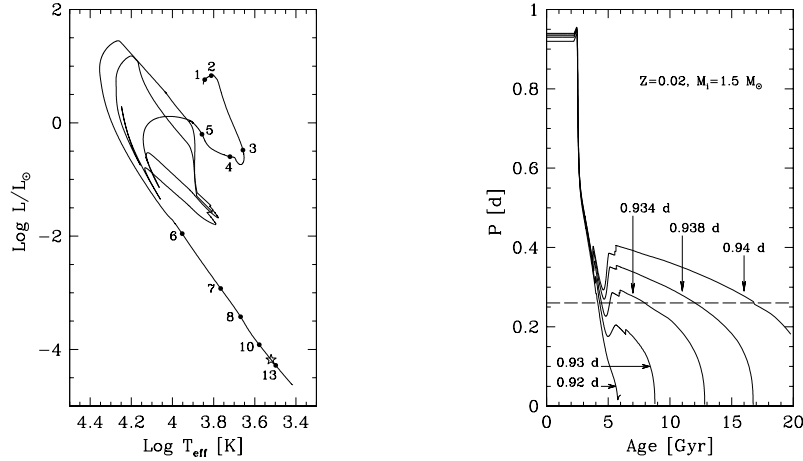


Figura 2. *Izquierda:* Recorrido evolutivo de una estrella donante con masa de 1.5 M_{\odot} , período inicial de 0.938 días y $Z = 0.020$. Los puntos llenos y el símbolo de estrella tienen el mismo significado que en el panel derecho de la Figura 1.

Derecha: Evolución orbital de sistemas binarios compuestos por una estrella donante de 1.5 M_{\odot} y $Z = 0.020$, con diferentes períodos orbitales iniciales.

Encontramos modelos con valores de la masa por encima del límite para que desarrollen flashes termonucleares, que pueden representar las masas y el período orbital de un modo aceptable para este nivel de confianza. Los modelos se enfrían mucho más rápido que en el caso de $Z = 0.001$, alcanzando luminosidades y temperaturas efectivas aceptables a una edad menor que la del Universo. Consideramos que el modelo calculado que mejor describe al sistema que contiene a PSR J0751+1807 es el correspondiente a $M_i = 1.5 M_{\odot}$ (estrella donante), $Z = Z_{\odot}$ y $P_i = 0.938$ días.

En este sistema en particular, no es conveniente utilizar la edad característica del pulsar para descartar candidatos. La aproximación usualmente utilizada de

que $P_0 \ll P$ (donde P_0 es el período de rotación del pulsar al finalizar la primera etapa de transferencia de masa, y P el período de rotación actual del pulsar) podría no ser válida. Luego, hemos encontrado también que estrellas donantes de metalicidad solar, ($M_i = 1.45 M_\odot$, $P_i = 0.925$ d) y ($M_i = 2.0 M_\odot$, $P_i = 1.075$ d) conducen a una descripción de las masas y el período orbital compatibles con las observadas. Sin embargo preferimos el modelo presentado en el párrafo anterior, ya que conduce a un valor de la masa de la EB en mejor acuerdo con la estimada.

3. Nuevas mediciones para PSR J0751+1807

Muy recientemente, Nice et al. (2008) han presentado nuevas mediciones para PSR J0751+1807. Encuentran un valor $\dot{P}_b = -(3.1 \pm 0.5) \times 10^{-14}$, sustancialmente menor que el obtenido previamente. Para la masa del pulsar hallan $1.26 \pm 0.14 M_\odot$ (68 % de confianza) y $1.26 \pm 0.28 M_\odot$ (95 % de confianza). Según los autores, la discrepancia podría deberse a que la detección original del decaimiento orbital fue hecha utilizando todos los datos disponibles para el pulsar; de otro modo no era posible detectarlo. De este modo, no fue posible revisar si la medida de \dot{P}_b era consistente a lo largo de todo el conjunto de datos. La incorporación de los nuevos datos en el análisis del timing reduce en una cantidad sorprendentemente grande el mejor ajuste del decaimiento orbital. Encuentran, además, inconsistencias entre distintos subgrupos de datos.

4. Discusión y Conclusiones

Hemos calculado la evolución de diferentes sistemas binarios interactuantes para lograr un ajuste simultáneo a las masas (según Nice et al. 2005) y al período orbital del sistema binario que contiene al pulsar de milisegundo PSR J0751+1807. Según nuestros cálculos, el sistema binario progenitor posiblemente haya tenido un período orbital inicial (P_i) muy próximo al valor del período de bifurcación (P_{bif}). Esto hace muy dificultosa la búsqueda de una configuración inicial. Consideramos que nuestro mejor ajuste corresponde a $M_i = 1.5 M_\odot$ (estrella donante), $Z = Z_\odot$, $P_i = 0.938$ días.

Las recientes mediciones presentadas por Nice et al. (2008) conducen a un valor de la masa del pulsar muy diferente al que hemos ajustado en este trabajo. Sin embargo, esto no invalida nuestra conclusión de que P_i haya tenido un valor muy próximo al de P_{bif} .

Referencias

- Bassa, C. G., van Kerkwijk, M. H., & Kulkarni, S. R. 2006, A&A, 450, 295
 Benvenuto, O. G., & De Vito, M. A.; 2003, MNRAS, 342, 50
 Lundgren, S. C., Zepka, A. F., & Cordes, J. M. 1995, ApJ, 453, 419
 Nice, D. J., Splaver, E. M., Stairs, I. H., Löhmer, O., Jessner, A., Kramer, M., & Cordes, J. M. 2005, ApJ, 634, 1242
 Nice, D. J., Stairs, I. H., & Kasian, L. E.; 2008, 40 Years of Pulsars: Millisecond Pulsars, Magnetars and More, 983, 453