

La doble vida de la estrella HD 161853

PUTKURI C.¹, GAMEN R.¹, MORRELL N.I.², BARBÁ R.³, ARIAS J.³

¹ Instituto de Astrofísica de La Plata (CONICET-UNLP), Facultad de Cs. Astronómicas y Geofísicas (UNLP).

² Las Campanas Observatory, Carnegie Observatories, La Serena, Chile. ³ Departamento de Física, Universidad de La Serena, Chile.

HD 161853 es una estrella de tipo espectral O, que en distintos estudios ha sido considerada como post-AGB, núcleo de nebulosa planetaria, y estrella masiva, respectivamente. Presentamos un análisis espectral donde demostramos que HD 161853 es una binaria espectroscópica de doble espectro, cuyas componentes tienen masas mínimas de 11 y 4 M_{\odot} . Nuestro estudio confirma en forma definitiva que HD 161853 es un objeto masivo.

Origen de la confusión

Una estrella de media a baja masa, durante su vida evolutiva, pasa por la Rama Asintótica de las Gigantes (AGB), y posteriormente experimenta una rápida transición hacia la fase de Nebulosa Planetaria (PN). Esta etapa intermedia es conocida como post-AGB. La transición AGB - PN implica un rápido cambio del tipo espectral (TE) de la estrella, desde uno tardío (K-M) hasta uno temprano (O). En este último caso, el espectro óptico es prácticamente indistinguible del que presentan las estrellas masivas. De esta manera, la única forma de distinguir entre un objeto evolucionado y uno joven del mismo TE es mediante su masa.

El caso de HD 161853

HD 161853 (=LS 4422 =SAO 209306) es una estrella brillante ($V=8$) con espectro tipo-O, incluida en el catálogo Henry Draper (Cannon & Pickering 1918-1924), aunque clasificada allí como B 3.

Sharpless (1953) la asocia con una nebulosa de emisión, la región HII S15. Crampton (1971) es el primero en identificarla como una O 7.5, y Walborn (1973) la reclasifica como O8 V ((n)). Savage et al. (1985) le estiman una distancia de 1.9 kpc. Gies (1987) la identifica como estrella de campo y posible SB1, y estima su distancia en 1.63 kpc.

Ratag et al. (1990) encuentran una fuente de continuo de radio en 4.8 GHz coincidente con la estrella. Como esta emisión es más frecuente en nebulosas planetarias (PN) que en estrellas OB, y además tiene colores en el infrarrojo lejano (IRAS) típicos de PN, **la consideran nueva candidata a PN**, aunque manteniendo la posibilidad de que sea una estrella OB de Población I. A partir de esta publicación, se encuentran simultáneamente trabajos que la consideran como una estrella de baja/media masa o como objeto masivo.

Parthasarathy (2000), con espectros de baja resolución, la identificó como candidata a post-AGB, de tipo espectral O8 III. Gauba & Parthasarathy (2003) la incluyen en su análisis de espectros UV (IUE) de candidatas post-AGB y encontraron que presenta una extinción interestelar despreciable. Umana et al. (2004) detectaron emisión de radio en 8.4 GHz, y derivaron un índice espectral ($\alpha = 0.85$) combinando sus resultados con los de Ratag et al. (1990). Dicho valor está de acuerdo con el esperado en una PN muy joven. Suárez et al. (2006) estudiaron su espectro óptico y la identificaron como un objeto joven B 3. Szczerba et al. (2007) la descalifican como objeto post-AGB, debido a que su temperatura efectiva es muy elevada. Schilbach & Röser (2008) la asociaron con el cúmulo abierto Trumpler 28 y estimaron su distancia en 1.241 kpc. Mello et al. (2012) la incluyeron en su estudio de abundancias químicas en estrellas calientes post-AGB, notaron líneas dobles de He I, que supusieron como evidencia de binariedad, y como las líneas de He II aparecían simples, sugirieron que su posible compañera tendría una temperatura efectiva ligeramente más baja. Debido a su evidente naturaleza binaria deciden no realizar el análisis químico pero mantienen la duda sobre su estatus. Hynes et al. (2012) la relacionan con la fuente de rayos-X CXB9. En su análisis utilizaron, entre todas las clasificaciones publicadas, la de O8 III, por lo que concluyen que el flujo en X es algo elevado, pero lo consideran consistente con la emisión del viento de una estrella O.

Bibliografía:

Bertiau F. C. & Grobber J., 1969, Ricerche Astronomiche, 8, 1 | Cannon A.J. & Pickering E.C., 1924, Annals of the Astronomical Observatory, Cambridge: Harvard College | Crampton D., 1971, ApJ, 76, 260 | Gauba G. & Parthasarathy M., 2003, A&A, 407, 1007 | Gies D. R., 1987, ApJ, 64, 545 | González J. F. & Levato H., 2006, A&A, 448, 283 | Hynes R. I. et al., 2012, ApJ, 761, 162 | Mello D. R. C. et al., 2012, A&A, 543, A11 | Parthasarathy M. & Vijapurkar J. & Drilling J. S., 2000, A&AS, 145, 269 | Pojmanski G., 1997, AcA, 47, 467 | Prša A. & Zwitter T., 2005, ApJ, 628, 426 | Ratag M. A. et al., 1990, A&A, 233, 181 | Savage B. D. et al., 1985, ApJ, 59, 397 | Schilbach E. & Röser S., 2008, A&A, 489, 105 | Sharpless S., 1953, ApJ, 118 | Sota A. et al., 2011, ApJs, 193, 24 | Suárez O. et al., 2006, A&A, 458, 173 | Szczerba R. et al., 2007, A&A, 469, 799 | Umana G. et al., 2004, A&A, 428, 121 | Walborn N. R. & Fitzpatrick E. L., 1990, PASP, 102, 379 | Walborn N. R., ApJ, 1973, 78, 1067 |

¿Cómo descubrir su verdadero estatus?

Para conocer el verdadero estatus de HD 161853 es necesario determinar su masa. Para ello se realizó un estudio espectroscópico.

Se realizaron observaciones espectroscópicas entre los años 2006 y 2013 desde el CASLEO, Argentina, y los Observatorios Las Campanas y La Silla (ESO), Chile. Las configuraciones instrumentales y características principales de los espectros obtenidos están descriptos a continuación:

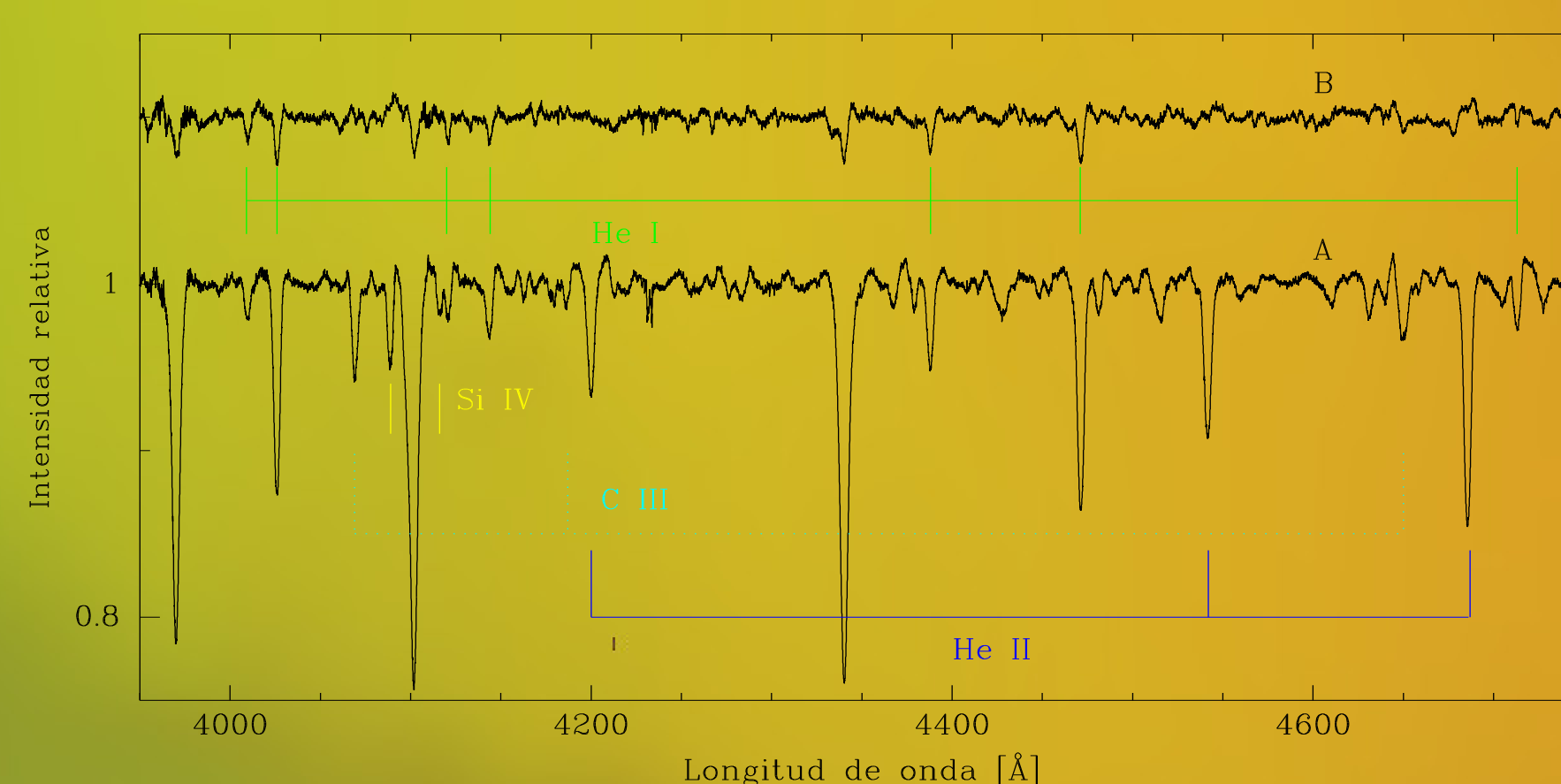
n	Configuración instrumental	Obs.	R	Rango esp. [Å]
27	Echelle-REOSC, 2.15-m	CAS	15000	3600-6100
13	Echelle, 2.5-m	LCO	40000	3450-9850
4	FEROS, 2.2-m	ESO	46000	3570-9210
2	MIKE, 6.5-m	LCO	33000	3350-9100

Los 46 espectros obtenidos fueron analizados y se encontró que presentan líneas espectrales cuyas variaciones de VR indican que son pertenecientes a las 2 componentes de un sistema binario.

Las velocidades radiales (VRs) fueron entonces, determinadas mediante un método iterativo desarrollado por González & Levato (GL06; 2006). Este método permite separar los espectros individuales de ambas componentes y medir sus VRs independientemente.

Resultados: Clasificación espectral

Aplicando el método de GL06 a los espectros, luego de pocas iteraciones se obtuvieron los espectros separados de ambas componentes.



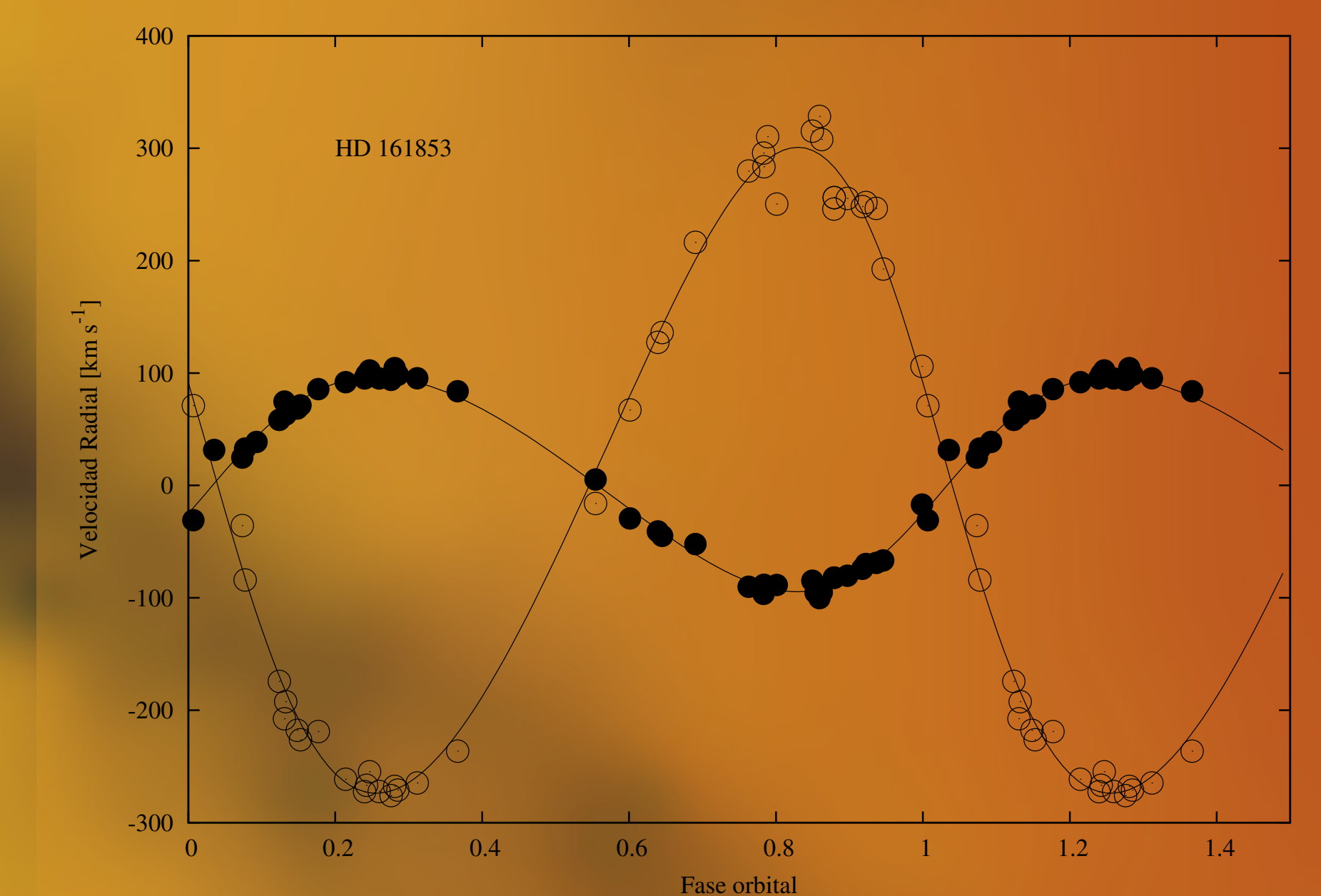
Los mismos fueron clasificados según los criterios de clasificación de Sota et al. (2011) y Walborn & Fitzpatrick (1990). La componente primaria, llamada A, fue clasificada como O8 Vz. Donde el parámetro “z” significa que la absorción de He II $\lambda 4686$ es más intensa que He I $\lambda 4471$ y He II $\lambda 4542$. La componente secundaria, B, fue preliminarmente clasificada como B3 V, aunque el espectro es muy ruidoso y algunas líneas importantes para la clasificación, como Si IV $\lambda 4089$ y Si II $\lambda 4128-4130$ están afectadas por los residuos de las líneas de Balmer, producto del método de GL06.

Resultados: Solución orbital

Las VRs medidas en los 46 espectros presentan variaciones de una noche a otra. Se determinó un período preliminar, $P=2.66$ d, a esas variaciones mediante un algoritmo provisto por NASA (<http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu>).

La solución orbital SB2 fue determinada mediante el código GBART (basado en Bertiau & Grobber, 1969). Se obtuvo:

P [días]	2.66765 ± 0.00001
T_0 [DJ]	2456634.04 ± 0.02
$T.V_{max}$ [DJ]	2456634.73 ± 0.02
V [km/s]	4.0 ± 1.0
e	0.121 ± 0.007
ω [$^{\circ}$]	254 ± 4
$q(m_2/m_1)$	0.332 ± 0.007
K_1 [km/s]	96 ± 1.5
K_2 [km/s]	287 ± 1.9
$m_1 \sin^3 i$ (M_{\odot})	11.4 ± 0.4
$m_2 \sin^3 i$ (M_{\odot})	3.8 ± 0.3
$a_1 \sin i$ (R_{\odot})	5.0 ± 0.08
$a_2 \sin i$ (R_{\odot})	14.95 ± 0.09



HD 161853 tiene fotometría publicada en el “All Sky Automated Survey” (ASAS; Pojmanski 2002). Los datos parecen ser constantes, es decir no se aprecian efectos debidos a eclipses ni variaciones elipsoidales. Entonces, se puede estimar una inclinación máxima posible, y limitar aún más las masas mínimas obtenidas. Mediante el ajuste de modelos de Wilson-Devinney (PHOEBE; Prša & Zwitter 2005) se pudo estimar una inclinación límite de 53° . Lo que implica nuevas masas “mínimas” de $22 M_{\odot}$ y $7.2 M_{\odot}$.

Conclusiones: ¡Estatus resuelto!

Mediante el análisis espectral presentado:

- Se confirmó que HD 161853 es un sistema binario de doble espectro, como había sido notado por Mello et al. (2012).
- Se clasificaron individualmente ambas componentes: la primaria como una O8 Vz y la secundaria como una posible B3 V.
- Se determinó por primera vez la solución orbital del sistema. La órbita calculada tiene una excentricidad de 0.121 y un período de 2.66765 días.

Las masas mínimas estimadas son lo suficientemente altas como para confirmar definitivamente que HD 161853 es un objeto masivo.