

PRESENTACION MURAL

Estado evolutivo de estrellas con fenómeno B[e]

Y.J. Aidelman^{1,2}, L. Cidale^{1,2}, M. Borges Fernandes³ & M. Kraus⁴

(1) *Departamento de Espectroscopía Estelar, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP, La Plata, Argentina*

(2) *Instituto de Astrofísica de La Plata, CONICET, La Plata, Argentina*

(3) *Observatório Nacional - MCTI, Rio de Janeiro, Brasil*

(4) *Astronomický ústav, Akademie věd České Republiky, Ondřejov, República Checa*

Abstract. The B[e] phenomenon is related to certain peculiar features observed in the spectrum of some B stars, which are mainly linked to the physical conditions of their circumstellar medium. As these stars are embedded in dense and optically thick circumstellar media, the determination of the spectral type and luminosity class of the central objects is quite difficult. As a consequence, their evolutionary stage and distances present huge uncertainties.

In this work we study 4 B[e] stars and discuss their stellar fundamental parameters and evolutionary stages using the BCD spectrophotometric system.

Resumen. La definición del fenómeno B[e] se basa en ciertas peculiaridades que se observan en los espectros de las estrellas tipo B y están relacionadas con las propiedades físicas del medio circunestelar. Estas estrellas están inmersas en un medio circunestelar denso y ópticamente grueso que dificulta la determinación del tipo espectral y clase de luminosidad del objeto central, como consecuencia el estado evolutivo de estas estrellas puede presentar incertezas apreciables.

En este trabajo discutimos el estado evolutivo de 4 estrellas B[e] a partir de la determinación de los parámetros fundamentales del objeto central utilizando el sistema espectrofotométrico BCD.

1. Introducción

Las estrellas con fenómeno B[e] presentan un espectro óptico de líneas de Balmer en emisión y líneas prohibidas y permitidas, también en emisión, de metales neutros y una vez ionizados. Además presentan un fuerte exceso IR, debido a la presencia de polvo circunestelar. Este grupo de objetos es muy heterogéneo (Lamers et al. 1998), ya que se han identificado estrellas con distintos estados evolutivos que presentan características espectrales similares: Herbig Ae/B[e], cPNB[e], sgB[e] y symB[e]. Sin embargo, más del 50% de los objetos galácticos que presentan este fenómeno se denominan B[e] sin clasificar (unclB[e]), ya que simultáneamente evidencian características espectrales propias de objetos

jóvenes y evolucionados. La principal dificultad en el estudio de estas estrellas es que sus peculiaridades espectrales corresponden al medio circunestelar y no al objeto central. Una solución posible para este problema es el sistema espectrofotométrico BCD (Barbier & Chalonge 1941; Chalonge & Divan 1952), basado en el análisis de la discontinuidad de Balmer (DB).

El objetivo del presente trabajo consiste en determinar el estado evolutivo de algunas de estas estrellas, pertenecientes a nuestra Galaxia y a las Nubes de Magallanes, a partir de los parámetros fundamentales del objeto central.

2. Observaciones

Se obtuvieron espectros de baja resolución en diferentes misiones realizadas en el Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA, Brazópolis, Brasil) y en el Complejo Astronómico El Leoncito (CASLEO, San Juan, Argentina) de 4 estrellas con fenómeno B[e] (AS 202, HD 62623, LHA 120–S 65, Hen 3–847). Los datos fueron obtenidos con el espectrógrafo Boller & Chivens adosado al telescopio Perkin-Elmer de 1,6 m en LNA y al telescopio Jorge Sahade de 2,15 m en CASLEO, empleando una red de 600 l/mm. Los rangos espectrales observados corresponden a los intervalos 3500 – 5000 Å y 3500 – 4600 Å, respectivamente. Además se adquirieron espectros de lámparas de comparación de He-Ar y He-Ne-Ar en la misma posición que los objetos de ciencia.

Los datos fueron reducidos utilizando tareas estándares de IRAF, tales como sustracción de bias, corrección por flat-field, y calibración en longitud de onda. La calibración en flujo fue hecha utilizando estrellas estándares de flujo observadas en las mismas noches que las estrellas de programa.

3. Metodología y Resultados

El sistema espectrofotométrico BCD se basa en el estudio del comportamiento de la discontinuidad o salto de Balmer. Para analizar esta discontinuidad se definen tres parámetros observacionales: la altura del salto, D ; la posición media, λ_1 , y el gradiente de color, Φ_b ¹.

Con los valores (D, λ_1) y las calibraciones dadas por Zorec (1986), Zorec & Briot (1991) y Zorec et al. (2009) derivamos los parámetros estelares (tipo espectral, clase de luminosidad, T_{eff} , $\log(g)$, M_V y M_{bol}) para las 4 estrellas del programa (ver Tabla 1). Además determinamos el exceso de color, $E(B - V) = 0,74 (\Phi_{bb} - \Phi_{bb}^0)$ (Aidelman et al. 2012) y el módulo de distancia.

Una de las ventajas más importantes de este método es que los parámetros D y λ_1 no están afectados por la extinción interestelar y circunestelar (Zorec & Briot 1991).

A fin de discutir el estado evolutivo de las estrellas con fenómeno B[e], en el diagrama HR (figura 1) se muestran las ubicaciones de las 4 estrellas estudiadas, junto a otros objetos B[e] publicados por Cidale et al. (2001). Además

¹Una descripción detallada de este método fue realizada por Zorec et al. (2009, Apéndice A) y su aplicación a estrellas Be y B[e] se puede encontrar en los trabajos de Cidale et al. (2001), Zorec et al. (2005) y Aidelman et al. (2012).

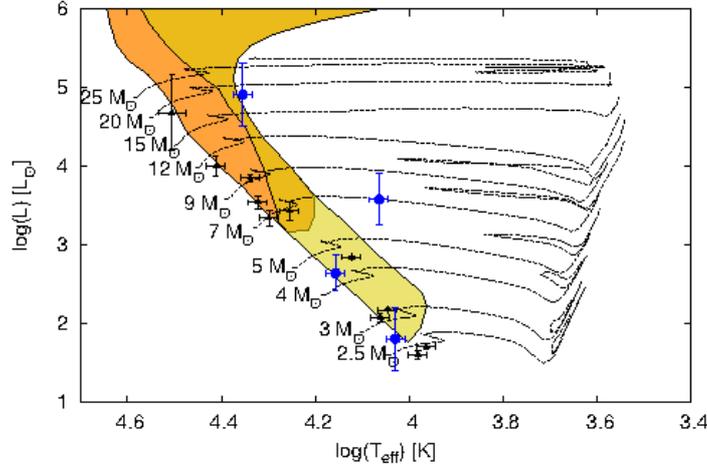


Figura 1. Diagrama HR. Se muestran las estrellas de programa (puntos azules) y las publicadas en Cidale et al. (2001) (triángulos negros) junto con caminos evolutivos (Ekström et al. 2012). Además se muestran las bandas de inestabilidad (adaptación de BRITE Constellation, Nano satellites for astrophysics) correspondientes a las estrellas SPB (en amarillo claro) y a las β Cep (en naranja), la región en amarillo corresponde a la intersección de ambas regiones.

se grafican los caminos evolutivos dados por Ekström et al. (2012) y las bandas de inestabilidad correspondientes a las estrellas SPB (“slowly pulsating B stars”) y a las β Cep. (Como la estrella LHA 120–S65 tiene una metalicidad distinta a la solar, la hemos incluido en la figura sólo por comparación)

Tabla 1. Parámetros estelares obtenidos con el sistema BCD.

ID	TE	T_{eff} [K]	$\log(g)$	M_v [mag]	$\log(L)$ [L_{\odot}]	$E(B-V)$ [mag]	m_v [mag]	$(m_v - M_v)_0$ [mag]
Hen 3–847	B6 IV	14400 ± 500	$3,8 \pm 0,5$	$-1,1 \pm 0,5$	$2,64 \pm 0,23$	0,10	10,58	$11,4 \pm 0,5$
AS 202	A0 V	10700 ± 500	$4,4 \pm 0,5$	$0,8 \pm 1,0$	$1,81 \pm 0,40$	0,00	9,72	$9,0 \pm 1,0$
HD 62623	B9 Ib	11600 ± 500	$< 2,8$	$-4,3 \pm 0,5^a$	$3,58 \pm 0,33$	0,36	3,93	$7,1 \pm 0,5$
LHA 120–S 65	B1 Ib	22600 ± 1000	$2,6 \pm 0,3$	$-6,5 \pm 1,0^a$	$4,91 \pm 0,40$	0,19	11,54	$17,4 \pm 1,0$

^a Valores de M_v extrapolados en la calibración de Chalonge & Divan (1973).

4. Discusión y Conclusiones

El sistema espectrofotométrico BCD es una poderosa herramienta para determinar los parámetros estelares de las estrellas que presentan la DB. En particular es un método aplicable a aquellas estrellas cuyos espectros están dominados por líneas en emisión y, especialmente, las que presentan el fenómeno B[e]. En este sentido estamos realizando un trabajo extenso que incluye también el estudio de estrellas LBV (Borges Fernandes et al. en preparación).

Basados en el análisis del salto de Balmer hemos obtenido una determinación más precisa de parámetros estelares para HD 62623 y Hen 3–847. En particular, para los objetos AS 202 y LHA 120–S 65, es la primera vez que estos parámetros se determinan.

En la literatura la estrella Hen 3–847 fue clasificada como un objeto de pre-secuencia principal (c.f Verhoeff et al. 2012), mientras otros autores la clasificaron como una candidata a post-AGB (c.f Gauba & Parthasarathy 2003). Nuestros resultados indican que se trata de un objeto joven, no pudiendo precisar aún si es un objeto de secuencia o pre-secuencia principal. Por otro lado, de acuerdo a la posición en el diagrama HR de la estrella AS 202 (clasificada como binaria eclipsante de tipo β Lyr) podría tratarse de un objeto de secuencia principal o un poco más evolucionado, teniendo en cuenta una incerteza en M_{bol} de 1 mag. En cambio, la ubicación en el diagrama HR de los otros dos objetos, HD 62623 y LHA 120–S 65, coincide en que son objetos evolucionados. En el caso particular de LHA 120–S 65, la discrepancia en el modulo de distancia obtenido con el esperado para la Nube Mayor de Magallanes podría deberse a que las calibraciones BCD en magnitudes absolutas son menos precisas para las estrellas B supergigantes tempranas.

Considerando una muestra más amplia de objetos que presentan el fenómeno B[e], encontramos que la mayoría de ellos se ubican en las bandas de inestabilidad. Este resultado sugiere que las pulsaciones podrían favorecer al mecanismo de eyección de materia.

Agradecimientos. M.B.F. acknowledges Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brazil) and Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) for a PCI-D grant. M.K. acknowledges financial support from GAČR under grant number P209/ 11/1198. The Astronomical Institute Ondřejov is supported by the project RVO: 67985815. Financial support for International Cooperation of the Czech Republic (MŠMT, 7AMB12AR021) and Argentina (Mincyt-Meys, ARC/11/10) is acknowledged.

Referencias

- Aidelman Y., et al., 2012, A&A, 544, A64
 Barbier D., Chalonge D., 1941, Annales d’Astrophysique, 4, 30
 Chalonge D., Divan L., 1952, Annales d’Astrophysique, 15, 201
 Chalonge D., Divan L., 1973, A&A, 23, 69
 Cidale L., Zorec J., Tringaniello L., 2001, A&A, 368, 160
 Ekström S., et al., 2012, A&A, 537, A146
 Gauba G., Parthasarathy M., 2003, A&A, 407, 1007
 Lamers H. J. G. L. M., et al., 1998, A&A, 340, 117
 Verhoeff A. P., et al., 2012, A&A, 538, A101
 Zorec J., 1986, Structure et rotation differentielle dans le etoiles B avec et sans emission
 Zorec J., Briot D., 1991, A&A, 245, 150
 Zorec J., et al., 2009, A&A, 501, 297
 Zorec J., Frémat Y., Cidale L., 2005, A&A, 441, 235