

CONOCE LAS ESTRELLAS

Martha Margarita López Gutiérrez (1), Dennis Jack (2)

1 [Licenciatura en Física, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [lopezgm2012@licifug.ugto.mx]

2 [Departamento de Astronomía, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [dennis@astro.ugto.mx]

Resumen

La clasificación de las estrellas tiene miles de años, ya sea por su brillo, color e incluso estimación de tamaño. La técnica que mayor información nos ha dado sobre las estrellas es el análisis del espectro estelar. En este trabajo presentamos el análisis de los espectros estelares de tres estrellas HD 116608, HD 70178 y HD 260655, así como su comparación con un modelo teórico atmosférico PHOENIX. En la introducción se habla brevemente de las formas en que se clasifican las estrellas, en la que el diagrama Hertzsprung-Russell ha sido de los más completos para exponer algunas de las principales características físicas de las estrellas. En materiales y métodos se mencionan parte de los instrumentos utilizados para el desarrollo del trabajo y que nos darán la información para determinar algunas de las líneas espectrales que se obtienen de los espectros estelares. Con ello podremos identificar la presencia de distintos elementos y así clasificar la estrella, esta última parte se encuentra en resultados así como en conclusiones y donde se expone que la clasificación puede resultar subjetiva ya que nos topamos con que las estrellas HD 116608, HD 70178 y HD 260655 deberían clasificarse como A7V, G5V y K5V, respectivamente.

Abstract

Stellar classification has been done for thousands of years, either by their brightness, color and even size estimate. The technique that has given us more information about stars is the analysis of stellar spectra. In this work we present the analysis of stellar spectra of three star HD 116608, HD 70178 and HD 260655, as well as its comparison with theoretical model of PHOENIX. In the introduction we talk briefly about the ways in which the stars in the Hertzsprung-Russell diagram have been arranged to determine some of the main physical characteristics of the classified stars. Materials and methods of the instruments used for development work are mentioned and that will give us the information to determine some of the spectral lines obtained from stellar spectra. With this we can identify the presence of different elements and thus classify the star, the last part is about the results as well as conclusions and where it is stated that the classification can be subjective as we found for that the stars HD 116608, HD 70178 and HD 260 655 should be classified as A7V, G5V and K5V respectively.

Palabras Clave

Espectro; Diagrama Hertzsprung-Russell; Líneas espectrales; Clasificación espectral; Clases; Temperatura efectiva.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Desde nuestros antepasados la observación de los cuerpos celestes ha causado fascinación y misterio, determinar porque algunos cuerpos brillaban más que otros, ¿es acaso que los más brillantes de encuentran más cercanos a nosotros? Esta fue alguna de las preguntas que intento responder el astrónomo Hiparco al proponer una clasificación de las estrellas según su magnitud aparente, donde la 1 era la más brillante y decrecía el brillo hasta llegar a magnitud 6. Más tarde en la historia se darían cuenta que el brillo de las estrellas depende de su tamaño y temperatura. Así es como Hertzsprung y Russell paralelamente y por separado se dedicaron a hacer una clasificación estelar, que plasmaron en un diagrama que se conoce como Diagrama Hertzsprung-Russell (HDR), hay diferentes versiones de éste, pero en general suelen tener los parámetros de: luminosidad en orden creciente de abajo hacia arriba en un eje vertical, paralelamente la magnitud absoluta, que es la magnitud que tendría la estrella si estuviera a 10 parsec de distancia, en el eje horizontal la clase espectral y la temperatura estelar de la temperatura mayor a menor de izquierda a derecha [1]. Estos dos últimos parámetros están relacionados para definir la clasificación espectral, desarrollada por un grupo de Harvard en el que asignaron una clase a un rango de temperaturas, llenando de las temperaturas más altas a las más bajas con las clases O, B, A, F, G, K y M respectivamente, además para diferenciar a las más calientes de una misma clase se enumera del 0 al 9, donde el 0 es la más caliente y la 9 es la más fría de la clase [2]. Para dar una mejor clasificación estelar se agrega la clasificación Morgan-Keenan que se basa en la luminosidad, es decir que cuanto mayor sea el radio de la estrella mayor será su luminosidad, y se clasifican en clase O, I, II, III, IV, V, VI y VII, para O son las hipergigantes, en V las enanas en la secuencia principal y VII están las enanas blancas [3]. Sin embargo para poder obtener esta información necesitamos de un recurso muy importante, el espectro de la estrella. El estudio espectroscópico

tiene desde mitad del siglo XIX, en el que se pudieron definir el espectro de emisión, la radiación que emite un cuerpo caliente y el espectro de absorción, cuando la radiación atraviesa una zona fría. Los espectros son como las huellas dactilares, únicas para cada elemento por lo que con ellos se puede determinar de que esta compuesta una estrella [4].

Justificación

Es así como del estudio de las líneas espectrales de una estrella se pueden determinar propiedades de éstas. Clasificar las estrellas nos permite conocer más de su evolución y darnos cuenta que a lo largo de ésta, la estrella se moverá durante su vida por el HDR o ya sea que tenga otro final, como supernova, agujero negro, etc.

En este trabajo se desarrollo el análisis de las líneas espectrales de algunas estrellas, para poder determinar algunas propiedades de las estrellas y clasificarlas de acuerdo a la información encontrada en la literatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio de este trabajo, se utilizaron diferentes herramientas tanto computacionales como humanas que ya el análisis de las líneas espectrales puede contener mucho error, ya sea por el instrumento con el que se obtuvieron los espectros, por fenómenos físicos que ensanchan las líneas [5], como por el mismo humano que determina cuales líneas espectrales han sido identificadas en el espectro de la estrella. Para la recolección de datos de las estrellas se tomo de la base de datos astronómicos de SIMBAD [6] la clasificación espectral y velocidad radial de 11 estrellas y los datos se pueden ver en la tabla 1. Para tener otra fuente con la cual comparar la clasificación espectral se tomaron datos de la base de datos Harsarc con Xamin Query Interface [7], esto último nos permitirá tomar un rango de temperatura en el que se encuentra la estrella. Así analizando los espectros observados y comparándolos con un modelo de espectros teóricos poder determinar la temperatura efectiva, masa estelar, radio efectivo y estimar su tipo espectral.

Estrellas	Clasificación espectral	Velocidad radial km/s
1. HD 9547	A5V	-34.00
2. HD 10032	F0V	-34.00
3. HD 12993	O5V	-101.00
4. HD 23338	B6IV	7.80
5. HD 28099	G2V	38.69
6. HD 46150	O5	31.83
7. HD 70178	G5IV	40.00
8. HD 116608	A1V	-58.60
9. HD 158659	B0V	48.00
10. HD 185144	G9V	26.78
11. HD 260655	K7	-58.18
12. BD+61 367	A5III	-

TABLA 1: Tipos espectrales y velocidad radial de las estrellas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los espectros observados de las estrellas se utilizaron datos recolectados por el telescopio TIGRE en 2013 y se analizaron con el software Python 2.7 [8], el telescopio tiene un diámetro de 1.2 m, una resolución de 20000 y está equipado con un espectrógrafo tipo Echelle de dos canales, un canal azul con un rango de 350 a 560 nm y el canal rojo con un rango de 580 a 880 nm [9]. Para el análisis de los espectros primero se buscó en la literatura las series espectrales de los principales elementos presentes en las estrellas como las líneas del hidrógeno [10], las líneas de las especies de helio, calcio, sodio, oxígeno, hierro y demás metales [11][12]. Aunque muchas veces en la literatura no se dispone de todas las líneas espectrales de las especies, lo que nos suele interesar son las líneas principales del espectro, ya que conforme la estrella tiene una temperatura más baja las composiciones químicas son más complejas ya que comienzan a presentarse metales neutros más pesados. En las estrellas

más calientes están presentes elementos ionizados varias veces y estos disminuyen así como su número de ionización conforme disminuye la temperatura. Por ello luego de identificar algunas líneas espectrales, en los espectros de las estrellas HD 116608, HD 70178 y HD 260655 se hizo una comparación del espectro observado con un modelo de espectro teórico llamado PHOENIX desarrollado principalmente por Peter H. Hauschildt de la Universidad de Hamburgo, pero quien generó esta base de espectros fue un grupo en la Universidad de Göttingen. El código PHOENIX calcula un modelo atmosférico con 4 parámetros modificables: temperatura efectiva, gravedad superficial en escala logarítmica ($\log(g)$), metalicidad $[Fe/H]$ y la abundancia de otros metales $[\alpha/H]$; tiene una resolución en el óptico de 50000 [14]. Se descargaron los archivos de los espectros de PHOENIX [15] a diferentes temperaturas y metalicidades dependiendo de la estrella, manteniendo $[\alpha/H]$ y $\log(g)$ en 0.0 y 4.5 respectivamente. Comparando el espectro teórico la línea verde, con el espectro observado la línea azul y roja, se observan las temperaturas con las que mejor se ajustan las estrellas HD 116608, HD 70178 y HD 260655, en la imagen 1, 2 y 3 respectivamente.

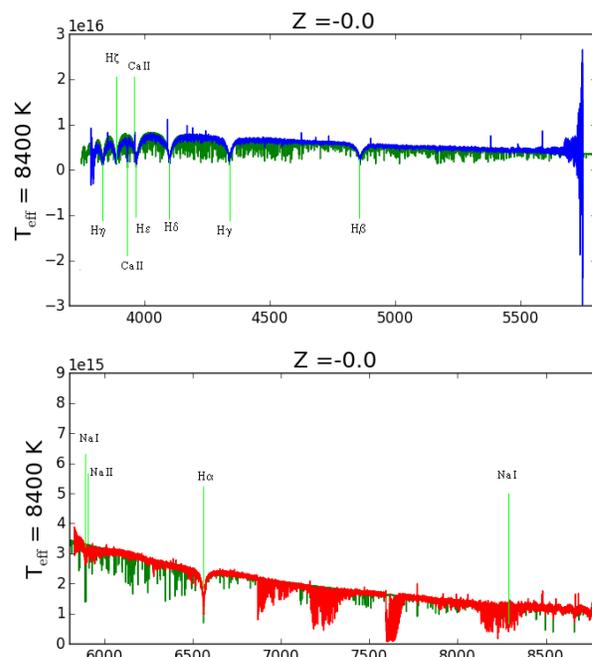


IMAGEN 1: Comparación de espectros de HD 116608 canal azul (arriba) y canal rojo (abajo).

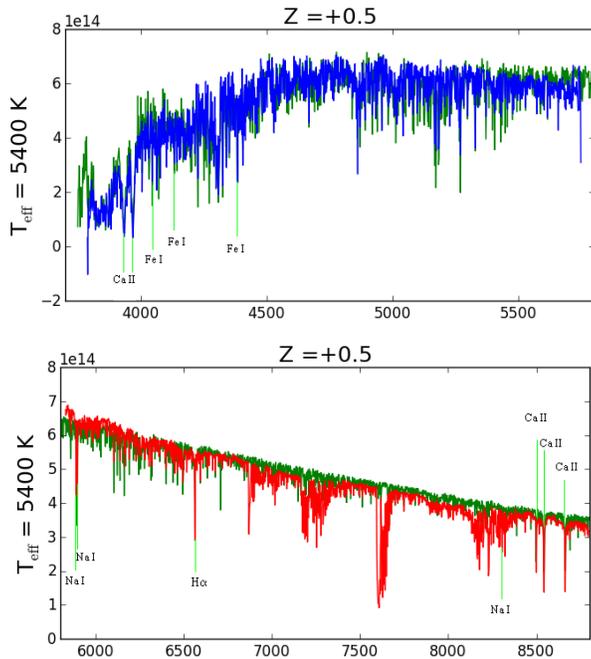


IMAGEN 2: Comparación de espectros de HD 70178 canal azul (arriba) y canal rojo (abajo).

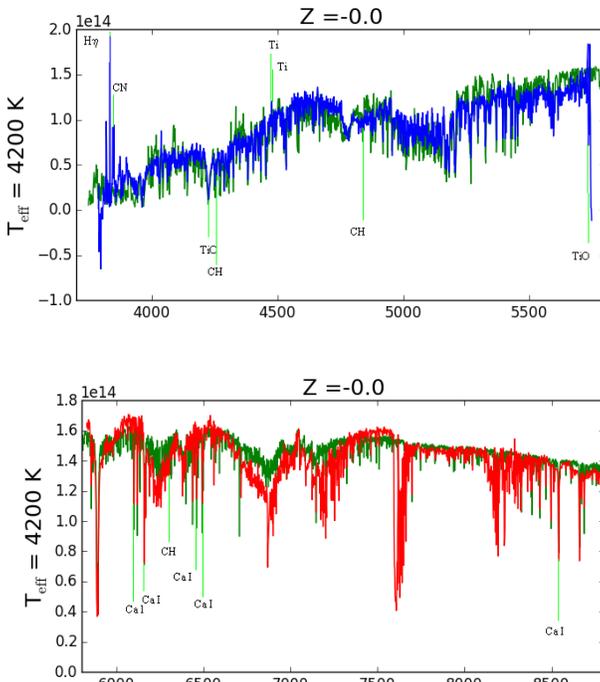


IMAGEN 3: Comparación de espectros de HD 260655 canal azul (arriba) y canal rojo (abajo).

En los graficos se observa en el eje vertical el flujo relativo y en el horizontal la longitud de onda en Angstrom, Z que representa la metalicidad y a un costado la temperatura efectiva.

En la tabla 2 se resumen los resultados obtenidos, la metalicidad esta referida respecto al sol 0.0 y esta suele ser un indicador de la edad de la estrella, el parametro 3 corresponde al enrojecimiento del espectro debido al polvo estelar lo que indica que las estrellas detrás de grandes cantidades de polvo se vean más rojas de lo que en realidad son [16], los parametros 4, 5, y 6 es una fracción de masa, radio y luminosidad solar [17] que tendrían las estrellas y por último la clasificación espectral que se estima. Haciendo una comparación con SIMBAD y Harsarc la HD 116608 y HD 260655 no tienen una clasificación adecuada a la temperatura que se estimo con la comparación de PHOENIX. Además de tomar como indicio para la clasificación espectral, la temperatura, se consideraron las líneas espectrales presentes ya que para las diferentes clases se ha registrado en la literatura que líneas predominan.

Parámetros	Estrellas		
	HD 116608	HD 70178	HD 260655
1. T_{eff} (K)	8400	5400	4200
2. $[\text{Fe}/\text{H}]$	0.0	0.5	0.0
3. $E(B-V)$	0.05	0.12	0.4
4. Masa estelar (M_s)	2.11	0.8758	0.5298
5. Radio efectivo (R_s)	1.35	0.8715	0.6775
6. Luminosidad estelar (L_s)	8.24	0.5819	0.1288
7. Clasificación espectral	A7V	G5V	K5V

TABLA 2: Características de HD 116608, HD 70178 y HD 260655, determinadas con el ajuste.

CONCLUSIONES

El desarrollo de este trabajo nos permite dejar algo muy claro, que a pesar que se dispone de los espectros de las especies en el laboratorio, identificarlos en los espectros observados es un poco subjetivo así como la clasificación de la estrella. Esto es debido a que la precisión de los instrumentos no suele ser suficiente para el análisis espectral e incluso determinar la región de la que proviene el espectro estelar, ya sea la fotosfera o regiones más profundas, nos da discrepancias que se ven reflejadas en diferentes clasificaciones espectrales. El modelo que se utilizó, PHOENIX, es un paso para poder ampliar los catálogos de modelos atmosféricos y determinar con mayor precisión las temperaturas efectivas así como la estimación de otros parámetros. Podemos añadir que si se tuviera que ordenar a las estrellas estudiadas; HD 116608, HD 70178 y HD 260655, en el HRD la primera estaría ubicada a la izquierda del Sol, en la secuencia principal y un poco por encima de éste debido a su luminosidad y radio de la estrella, mientras que las dos últimas se encontrarían a la derecha del Sol en el HRD en la misma secuencia principal. Otro parámetro de suma importancia es la metalicidad ya que si esta aumenta es un indicador que hay formación de metales más pesados por lo que evolutivamente sería una estrella más vieja, sin embargo debe considerarse también el ambiente en que se formó la estrella ya que puede ser que éste era rico en metales pesados, por lo que la metalicidad puede ser intrínseca de la estrella.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor por el apoyo en la obtención y análisis de los datos.

REFERENCIAS

- [1] <http://media4.obspm.fr/public/VAU/temperatura/radiacion/index.html> consultada el 08/06/15.
 [2] http://www.das.uchile.cl/~jose/eh1j2_2010/2.06.secchi_2010.pdf consultada el 09/06/15.
 [3] <http://www.astrosurf.com/astronosur/estrellas.htm> consultada el 15/06/15.

- [4] Serway, R. A., Moses C. J., & Moyer C. A (2006). *Naturaleza Corpuscular de la Luz. Física Moderna*. Editorial Thomson (3er ed.), 126-134.
 [5] www.cida.gob.ve/~hernandj/Espectros_estelares_2014.pdf consultada el 11/06/15.
 [6] Base de datos de estrellas SIMBAD. Recuperado de <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic> consultada el 16/06/15.
 [7] Base de datos de estrellas de Heasarc-Xamin. Recuperado de <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/xamin/xamin.jsp> consultada el 16/06/15.
 [8] <https://www.python.org/downloads/release/python-2710/> consultada el 17/06/15.
 [9] Información del telescopio TIGRE. Recuperado de http://www.hs.uni-hamburg.de/EN/Ins/HRT/hrt_main.html consultada el 03/07/15.
 [10] https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADneas_de_Balmer consultada el 09/06/15.
 [11] <http://www.inaoep.mx/~toa/tabla.htm> consultada el 09/06/15.
 [12] Flores, T., Vidal Ponce, L., Rodríguez, E. De Posada, E. & Arronte, M. A. (2010). Análisis de plasmas inducidos por láser con excitación multipulso para el proceso de ablación de areolas de Tuna. *Nova scientia*, 2(4), 16-32. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052010000200002&lng=es&tlng=es consultada el 15/06/15.
 [13] http://astro.ft.uam.es/old/Docencia/Licenciatura/Astrofisica_Estelar/Documentos/cap6.pdf consultada el 15/06/15.
 [14] Espectros teóricos de librería espectral Göttingen por PHOENIX. Recuperado de http://phoenix.astro.physik.uni-goettingen.de/?page_id=15 consultada el 01/07/15.
 [15] Husser, T. O., Wende - von Berg, S., Dreizler, S., Homeier, D., Reiners, A., Barman, T. & Hauschildt, P. H. (2013). A new extensive library of PHOENIX stellar atmospheres and synthetic spectra. *Astronomy & Astrophysics manuscript no. Paper*, 1-3.
 [16] <http://burro.astr.cwru.edu/Academics/Astr221/StarProp/dust.html> consultada el 01/07/15.
 [17] <https://es.wikipedia.org/wiki/Sol> consultada el 03/07/15.