

Estimativa de la Extinción Interestelar para dos Nebulosas Planetarias de la Pequeña Nube de Magallanes

Rafael E. Carlos Reyes

Instituto Astronómico y Geofísico, USP, 04301-904 São Paulo, Brasil.
Seminario de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Lima, Perú.

SUMILLA: *El polvo interestelar produce la extinción de la luz de las estrellas y de nebulosas distantes. En la región visible del espectro la extinción es debida principalmente a la dispersión y parcialmente a la absorción de la luz, mientras que en la región ultravioleta se debe principalmente a la absorción. Sin embargo, el proceso como un todo es referido como absorción interestelar. Esta es la razón por la que observamos algunos objetos brillantes como si fuesen muy tenues. Es debido a que la luz de estos objetos debe atravesar una región rica en polvo interestelar. Luego, usando líneas espectrales en la parte visible y ultravioleta del espectro podemos obtener una mejor estimativa de la cantidad de enrojecimiento interestelar.*

Con los resultados de un estudio reciente de extinción interestelar en la dirección de las Nubes de Magallanes, obtenemos un estimado de la cantidad de extinción interestelar para dos nebulosas planetarias (NPs), SMP14 y SMP19 de la Pequeña Nube de Magallanes. Para ello usamos líneas de recombinación de HeII observadas en la región ultravioleta del espectro por el satélite IUE y en la región visible por telescopios en tierra.

1. INTRODUCCION

La absorción interestelar es estudiada comparando lámparas idénticas, es decir, comparando pares de estrellas que por su espectro de líneas, parecen ser objetos idénticos, pero que tienen cantidades diferentes de enrojecimiento. Nebulosas planetarias, por otro lado, proveen lámparas estándar, donde las intensidades de las líneas de emisión de H I y He II pueden ser calculadas con bastante precisión para un amplio rango de longitudes de onda. Comparando las intensidades de emisión observadas con las intensidades de emisión

calculadas obtenemos la extinción de magnitudes, A_{λ} .

2. TEORIA DE RECOMBINACION

Para las líneas de recombinación de He II usamos la teoría de Hummer & Storey (1987).

En el cálculo de las intensidades de líneas de recombinación en SMP14 y SMP19 tomamos $T_e = 2,0 \times 10^4$ K y $\log N_e = 4,0$ con N_e en cm^{-3} . Los resultados obtenidos no son sensibles a los valores exactos adoptados para T_e y N_e .

Sean dos líneas con longitudes de onda λ_1 y λ_2 para las cuales la relación de flujos observados es $F(\lambda_1)/F(\lambda_2)$ y la relación de intensidades de la teoría de recombinación es $I(\lambda_1)/I(\lambda_2)$. La diferencia en extinción es:

$$A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2} = 2.5 \left[\log \left[\frac{I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)} \right] - \log \left[\frac{F(\lambda_1)}{F(\lambda_2)} \right] \right]$$

Tratándose de objetos como nebulosas planetarias, redefinimos la expresión anterior como:

$$c[f(\lambda_1) - f(\lambda_2)] = \log \left[\frac{I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)} \right] - \log \left[\frac{F(\lambda_1)}{F(\lambda_2)} \right]$$

$$\text{donde } c = 0,4 A_{\lambda_{H\beta}} \text{ y } f(\lambda) = \frac{A\lambda}{A_{\lambda_{H\beta}}} - 1$$

3. CURVA DE EXTINCION ESTANDAR ADOPTADA

Nosotros consideramos A_λ / E_{B-V} donde:

$E_{B-V} = (A_B - A_V)$; $A_B = A_{\lambda_B}$ y $A_V = A_{\lambda_V}$; $\lambda_B = 4340 \text{ \AA}$ y $\lambda_V = 5470 \text{ \AA}$ son las longitudes de onda para los filtros B y V . La relación de extinción total a selectiva es medida por $R = A_V / E_{B-V}$.

Como $f(\lambda)$ varía según la región del cielo que estemos observando, es decir de acuerdo a la línea de visión, esta función puede ser obtenida de las curvas de ajuste hechas por Pei, Y.C. (1992) (ver Fig.1). Se define $\xi(\lambda) = A_\lambda / A_B$, siendo A_λ la extinción en magnitudes en la longitud de onda λ y el subíndice B se refiere a la banda azul fotométrica. Pero como los resultados de las mediciones de la extinción interestelar han sido analizados mayormente usando el exceso de color $E_{\lambda-V} = A_\lambda - A_V$, dividido por E_{B-V} , formulamos:

$$\xi(\lambda) = \left[\frac{E_{\lambda-V}}{E_{B-V}} + R \right] / (1+R)$$

$$\frac{E_{\lambda-V}}{E_{B-V}} = a_0 \frac{1+R}{1 + (\lambda/\lambda_B)^2} - R$$

donde el subíndice V se refiere a la banda visual fotométrica y a_0 es una constante.

Los valores obtenidos por Pei, Y.C. (1992) son $R = 2,93$ y $a_0 = 1,91$, ambos para la Pequeña Nube de Magallanes. Luego $f(\lambda)$ puede ser escrita como:

$$f(\lambda) = \frac{\xi(\lambda)}{\xi(\lambda_{H\beta})} - 1$$

Con esta expresión calculamos los valores

λ	$f(\lambda)$
1640	2,3259
4686	0,0495

Con $\lambda_1 = 1640$ y $\lambda_2 = 4686$

4. DATOS

Las nebulosas de la Pequeña Nube de Magallanes son SMP14 y SMP19, de acuerdo a la compilación de Sanduleak, Mac Conell & Philip, (1978).

Observaciones en la parte visible del espectro ($\lambda 4686$) son de Meatheringham & Dopita, (1991), y de Monk, Barlow & Clegg, (1988). Los datos en la región ultravioleta ($\lambda 1640$) son obtenidos del archivo del satélite Internacional Ultraviolet Explorer (IUE) en baja dispersión (6,0 \AA), Fig.2 y Fig.3.

A los datos del IUE fue necesario calcularle los flujos, esto se hizo ajustando una gaussiana al perfil de la línea y, luego, integrando entre el intervalo de longitudes de onda correspondientes a los puntos extremos del ajuste. Aquí se desprecia la contribución del continuo estelar porque, en

el caso de NPs, éste es casi despreciable. Los flujos en $\lambda 4686$ los obtenemos multiplicando la intensidad relativa de esta línea respecto a $H\beta$ por el flujo en $H\beta$, los flujos en $H\beta$ fueron obtenidos de Meatheringham, Dopita & Morgan, (1988).

La intensidad relativa de las líneas de recombinación de HeII obtenidas para la densidad N_e y temperatura electrónica T_e citadas anteriormente, son calculadas por Hummer & Storey, (1987) y es

$$\frac{I(\text{HeII}\lambda 1640)}{I(\text{HeII}\lambda 4686)} = 7.4$$

Los flujos usados para la estimativa de la cantidad de extinción c son

NP	$\lambda(\text{\AA})$	$F(\lambda)(\text{erg.cm}^{-2}.\text{s}^{-1})$
SMP14	1640	7.26×10^{-14}
SMP14	4686	3.72×10^{-14}
SMP19	1640	1.69×10^{-13}
SMP19	4686	5.85×10^{-14}

5. EXTINCION PARA LAS LINEAS DE HeII

La cantidad de extinción interestelar representada por c , la obtenemos usando las líneas de recombinación de HeII $\lambda 1640$ y $\lambda 4686$. Comparando las intensidades teóricas de estas líneas con los flujos observados, y usando las expresiones anteriores, obtenemos una estimativa de la extinción interestelar.

Los valores de c encontrados para las nebulosas planetarias son de 0,25 y 0,18, para SMP14 y SMP19 respectivamente. Mientras que el valor de c calculado para SMP14 por Meatheringham & Dopita, (1991) es de 0,25 y para SMP19 es 0,65, calculado por Monk, Barlow & Clegg, (1988).

Nuestro valor de c para SMP14 está de acuerdo con el encontrado por Meatheringham & Dopita, (1991), pero no así para SMP19, esto probablemente debido

a que los datos obtenidos por Monk, Barlow & Clegg, (1988) están fuertemente influenciados por dispersión atmosférica, porque el objeto fue observado a distancia zenital muy grande. También cabe mencionar que el valor de c fue estimado por ellos usando las líneas de recombinación de H de la serie de Balmer ($H_\alpha/H_\gamma/H_\beta$), comparando las intensidades de las líneas teóricas a los flujos observados.

6. DISCUSION

Observaciones de NPs, usadas en combinación con las emisividades calculadas para las líneas de recombinación, proveen una técnica poderosa para el estudio de la extinción sobre un amplio rango de longitudes de onda.

Para SMP14 y SMP19 el enrojecimiento estimado por c está en buen acuerdo con resultados de estudios anteriores. La mayoría del enrojecimiento se debe probablemente a los granos interestelares a lo largo de la línea de visión, y parte al producido por el polvo interno de la propia nebulosa.

La línea observada en 4861 \AA se debe a $H\beta$ y HeII Pickering δ . Las intensidades relativas de estas dos líneas pueden ser calculadas de observaciones de otras líneas de HI y HeII y la teoría de espectro de recombinación. Miller & Mathews, (1972), encontraron que el 2,5 por ciento de flujo en 4681 \AA es debida a la línea de HeII. Durante el trabajo los flujos en $H\beta$ no fueron corregidos para la combinación de HeII.

Debido a que las intensidades relativas de las líneas de HeII predichas por la teoría de recombinación asume el Caso B (nebulosa ópticamente espesa), así como también valores de N_e y T_e promedios, en el caso de nebulosas ópticamente delgadas y con valores de densidad y temperatura electrónicas muy diferentes del promedio de valores de c pueden verse afectados.

También la adopción de la curva de extinción estándar para la pequeña Nube de Magallanes, puede no ser representativa de la nube como un todo, porque fue derivada solamente de pocas estrellas.

Finalmente, el mismo procedimiento fue adoptado para otras NPs que fueron observadas por el IUE, completando así un conjunto de cuatro para la Pequeña Nube y once para la Gran Nube de Magallanes. Estos resultados están siendo utilizados en conjunto con otros datos en la faja visible del espectro para estos objetos, para producir modelos sintéticos que reproduzcan las líneas de emisión observadas y derivar así los parámetros físicos (luminosidad, temperatura) de la estrella central y químicos (abundancias) de las nebulosas.

REFERENCIAS

- Hummer, D.G., Storey, P.J.; *Mon. Not. R. astr. Soc.* **224**:801, 1987
 Meatheringham, S.J., Dopita, M.A.; *Ap. J. Supp. S.* **76**:1085-1098, 1991
 Meatheringham, S.J., Dopita, M.A., Morgan, D.H.; *Ap. J.* **329**:166-173, 1988
 Miller, J.S., Mathews, W.G.; *Ap. J.* **172**:591, 1972
 Monk, D.J., Barlow, M.J., Clegg, R.E.S.; *Mon. Not. R. astr. Soc.* **234**:583-624, 1988
 Pei, Y.C.; *Ap. J.* **395**:130-139, 1992
 Sanduleak, N., Mac Connell, D.J., Philip, A.G.D.; *PASP* **90**:621, 1978
 Seaton, M.J.; *Mon. Not. R. astr. Soc.* **187**:785-795, 1979