

Variabilidad de AGNs

Cedric Prieels

Abril 2017

Resumen

Esta ejercicio consiste en analizar las variaciones del continuo del objeto NGC5548 en dos longitudes de onda observadas (sobre 5150 Å en la línea $H\beta$), para poder determinar de manera experimental su ritmo de acreción $\frac{dM}{dt}$ el tamaño de su BLR. Para determinar estos parámetros, se usan las diferentes escalas de tiempo de variaciones del continuo que vimos en clase (escalas de tiempo dinámica, térmica y viscosa) y las diferentes formulas asociadas a estas escalas. Se usan también dos programas que nos permiten determinar la función de estructura del flujo y la función de correlación cruzada entre dos espectros.

Ritmo de acreción

Lo primero que podemos hacer consiste en usar el programa *SF.exe* que nos permite calcular la función de estructura del flujo y guardarla en un fichero llamado *SF.dat*. Una vez que tenemos los datos en este fichero, podemos pintar los 13 primeros datos en escala log-log, para estimar la menor escala de variabilidad τ_0 , que corresponde al primer punto en el cual podemos observar una estabilización y una recta de pendiente casi nula.

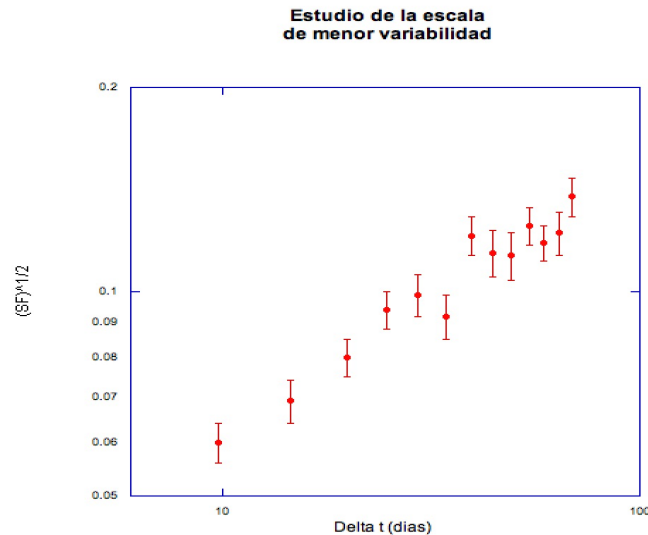


Figura 1: Determinación de la escala de menor variabilidad τ_0 con los 13 primeros datos del fichero.

Con este último plot, podemos determinar que el primer punto de inflexión de la curva aparece como siendo el octavo punto, que corresponde a un tiempo de 39,41 días. Ahora que conocemos el valor de la escala de tiempo dinámica, el valor de la longitud de onda observada y el redshift, podemos usar la ecuación (??) para determinar directamente el ritmo de acreción $\frac{dM}{dt}$.

$$\frac{dM}{dt} = \frac{\tau_{\text{din}}^2(s)}{518^2 \cdot \lambda^4(cm)} = \frac{3405024^2}{518^2 \cdot (5,15 \cdot 10^{-5})^4} = 6,14 \cdot 10^{24} \text{ gr/s} = 0,097 M_{\odot}/\text{año} \quad (1)$$

Ya que tenemos el valor de la escala de tiempo dinámica, es también muy fácil calcular el valor de la escala de tiempo térmica gracias a la ecuación siguiente, siendo α una constante, el parámetro de viscosidad estándar.

$$\tau_{\text{ter}} = \frac{\tau_{\text{din}}}{2\pi\alpha} \quad (2)$$

El objetivo siguiente del ejercicio consiste en comparar el valor de ritmo de acreción que acabamos de obtener con el valor de $0,03 M_{\odot}/\text{año}$ esperado con fluctuaciones térmicas, y no dinámicas. Vemos claramente que estos dos valores tienen el mismo orden de magnitud, pero no se parecen. Podemos por lo tanto calcular el valor de α que corresponde a este último ritmo de acreción. Primero, podemos calcular el valor de τ_{extter} que corresponde a este ritmo de acreción.

$$\tau_{\text{ter}} = 518 \cdot \lambda^2 \cdot \sqrt{\frac{dM}{dt}} = 518 \cdot (5,15 \cdot 10^{-5})^2 \cdot \sqrt{1,89 \cdot 10^{24}} = 1,88 \cdot 10^6 \text{ s} \quad (3)$$

Y después podemos usar la ecuación (??) para calcular el valor de α .

$$\alpha = \frac{\tau_{\text{din}}}{2\pi\tau_{\text{ter}}} = \frac{1,88 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 3,40 \cdot 10^6} = 0,088 \quad (4)$$

Tamaño de la BLR

La segunda parte del ejercicio consiste en estudiar la reverberación del continuo óptico en la BLR, para poder estimar el tamaño de esta BLR. Para esto, se estudia ahora la curva de luz del objeto NGC5548 para su línea $H\beta$, para compararla con el espectro obtenido antes a 5150 \AA . Si pintamos estos dos espectros en función del tiempo de observación, observamos algo como la figura 7 del PDF del ejercicio : uno de los espectros parece estar un poco desplazado con respecto al otro espectro. Este pequeño desfase nos va a permitir calcular el tiempo necesario para que los fotones viajen del AGN hasta nosotros, y el tiempo de viaje entre la BLR y nosotros, porque estas dos emisiones provienen de zonas diferentes del AGN. Conociendo el valor de la velocidad de los fotones, es entonces sencillo determinar la diferencia de distancia entre el AGN y su BLR.

Para poder calcular con precisión el desfase (el retardo) entre las dos curvas, es necesario usar el programa *CL.exe* que nos calcula directamente la función de correlación cruzada que existe entre estas dos líneas. Consideramos un valor de semianchura de bin α de 15 días para este cálculo, y vamos a considerar solamente los puntos que tengan un valor de correlación mayor que 0,8. Queremos ajustar a los puntos que cumplen esta condición una ley de tipo gaussiana (??) para poder determinar el retardo T entre las dos curvas.

$$y = a + b \cdot e^{-\left(\frac{(\Delta t_{\text{obs}} - T)^2}{2\sigma_T^2}\right)} \quad (5)$$

Los resultados obtenidos se enseñan en la figura siguiente. Vemos que el valor de retardo obtenido para esta valor de α es igual a $T = 12,5 \pm 0,2$ días. Por supuesto, hay que cambiar este valor de tiempo para tener en cuenta el redshift y por lo tanto, obtenemos que $\tau = 12,3 \pm 0,2$ días (porque $z = 0,01638$).

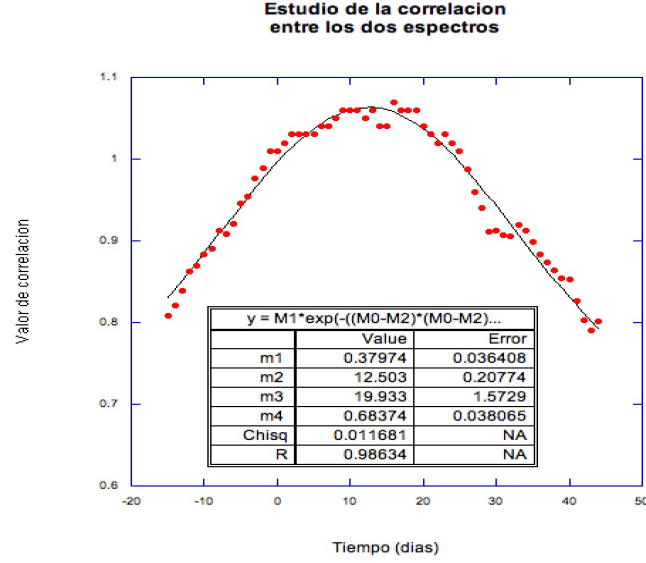


Figura 2: Ajuste de tipo gaussiano para calcular el retardo entre las dos emisiones del AGN estudiado.

Ya que tenemos el valor del retardo, es trivial calcular el valor del tamaño de la BLR con la ecuación siguiente (??). Obtenemos un valor de tamaño del orden de magnitud del esperado, porque ya hemos visto que la BLR tiene un tamaño típico de 0,01pc.

$$R_{\text{BLR}} = \tau \cdot c = 3,19 \cdot 10^{14} m \simeq 0,01 pc \quad (6)$$

Conclusiones

Esta práctica nos permitió estudiar las variaciones del continuo del objeto NGC5548 en dos longitudes de onda distintas (estudiamos en particular la línea a 5150 Å y la línea $H\beta$). El objetivo principal de este estudio consistía en determinar el ritmo de acreción de materia de este AGN (la variación de la masa absorbida en función del tiempo), y en determinar el tamaño de la BLR alrededor de este AGN, gracias a la determinación de la función de estructura del flujo y de la función de correlación cruzada de las dos curvas. Los dos valores obtenidos ($0,097 M_{\odot}/\text{año}$ y 0,01 pc) parecen razonables y corresponden con los valores esperados y vistos en clase.