

ESTUDIO DE ESPECTROS DE PROTUBERANCIAS

J.M. FONTENLA y M. ROVIRA de MICELI

En una selección de protuberancias activas y quiescentes, se estudia el comportamiento de diversas líneas espectrales obteniéndose a partir de H y K de Ca II y He los valores de temperatura y microturbulencia. Con estos valores se calculan los perfiles de H α y D $_3$ y se comparan con los observados.

RESUMEN:

Se midieron los anchos Doppler de las líneas H y K del Ca II, H ϵ , H α y en dos casos la D $_3$ de He I. A partir de ellos se estimó la temperatura y la turbulencia de las regiones que emitirían esas líneas, suponiendo que se formaron en regiones de la misma microturbulencia. Se obtuvieron valores diferentes para diversas líneas y se encontró una relación entre el tipo de protuberancia y las diferencias de temperatura.

INTRODUCCION:

En este trabajo hemos enfocado el tema de las diferencias entre las regiones dentro de las protuberancias, que producen las líneas de emisión H α , H ϵ , H y K y D $_3$.

De acuerdo a Jefferies 1958, "no es obvio que los diferentes elementos estén excitados en la misma región de la protuberancia, por lo cual una comparación directa de los anchos Doppler de diferentes elementos como H y He puede no llevar a resultados compatibles, aún cuando se invoque la microturbulencia".

Incluso para diversas líneas del mismo elemento, puede ocurrir que los perfiles no sean compatibles, este hecho fue observado por G.S. Ivanov-Holodny para las líneas de Balmer.

Para las densidades normales de las protuberancias, puede despreciarse el ensanchamiento por efecto Stark. (Ne $\times 10^{10}$).

Las líneas estudiadas, presentan características marcadamente diferentes, ya que mientras que la protuberancia es esencialmente difusa en las líneas H y K presenta un aspecto compacto en la línea H α , donde se notan más o menos claramente limitadas. En la línea H ϵ se aprecia tam-

bién compacta, pero más reducida, en la línea D₃ se nota también una emisión relativamente reducida pero menos definida. Por otra parte de acuerdo a Jefferies la línea H α está formada por scattering de luz fotosférica mientras que las H y K lo están principalmente por colisiones. La línea D₃, si bien no está muy claro ya que no se ha resuelto completamente el problema, se formaría en regiones de Te λ 10.000° K y de acuerdo a Athay, estaría controlada fundamentalmente por las recombinaciones.

Observaciones

Se seleccionaron cinco protuberancias de varios tipos, para los cuales se habían tomado espectros en la zona que contiene H ϵ , H y K y en H α . Además para 2 de ellas había espectros de la zona de D₃.

Los espectros correspondientes habían sido tomados, con un breve intervalo de tiempo. (1-10 min.) y con la ranura en la misma zona de la protuberancia. Hemos medido el ancho Doppler en todos ellos, de diferentes maneras según la línea considerada:

- para H, K el método de Goldberg
$$\Delta\lambda_D = \frac{\sqrt{\Delta\lambda_K^2 - \Delta\lambda_H^2}}{2\sqrt{\ln 2}}$$

ya que $\tau_K = 2 \tau_H$

- para H ϵ , D₃ a partir del ancho a mitad de altura

$$\Delta\lambda_D = \frac{\Delta\lambda_{1/2}}{\sqrt{2 \ln 2}}$$

pero se ha verificado adicionalmente, que τ_{D_3} no es muy grande y este resultado de $\Delta\lambda_D$ no resulta afectado prácticamente por la autoabsorción ni la presencia de la componente más débil.

- para H α se han ajustado las alas a un perfil teórico de ensanchamiento Doppler.

Todos estos cálculos son válidos suponiendo que la función fuente no depende explícitamente de la frecuencia y que es constante a lo largo de toda la protuberancia. También son válidos suponiendo que $\tau \ll 1$, en cuyo caso no es necesario suponer que S es constante en la protuberancia.

La suposición de que S es independiente de la frecuencia está basada en el trabajo de Thomas (1957) y es admitida en general por todos los autores.

En cambio es discutible la validez de suponer constante el valor de S.

Sin embargo con esta suposición para las protuberancias observadas que hemos considerado, los perfiles teóricos se ajustan bastante bien a los observados.

TABLA I

$$\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda}$$

	H K	H α	H ϵ	D ₃
1	3.02	4.11	4.28	-
2	3.53	5.03	6.55	-
3	2.27	3.81	5.04	3.40
4	2.01	6.86	4.28	3.06
5	3.53	8.84	5.54	-

ESTOS VALORES SON $\cdot 10^{-5}$

En la tabla I se resumen los valores obtenidos de $\frac{\Delta\lambda_D}{\lambda}$. En ella es notable el hecho de que los valores que se obtienen para H α y H ϵ , que debieran ser iguales si ambas líneas se formaran en la misma región de la protuberancia, lo son solamente para la protuberancia 1; en la 2 y 3, los valores de H α son menores que los de H ϵ en un factor 0,74 y en las 2 y 4, para H α se obtienen valores mayores que los de H ϵ en un factor 1,60.

La protuberancia 1 es quiescente y de forma similar a las que se consideran habitualmente bien representadas por el modelo de Kepenham-Shluter.

La 2, es un surge, o sea una eyección de materia des de capas inferiores provocadas por una fulguración.

La protuberancia 3 es un caso bastante raro de una protuberancia activa, ya que es una estructura compacta que presenta corrimiento Doppler que podría representar una rotación en el plano de visión, o bien un estiramiento de la protuberancia. De cualquier manera considerando que los corrimientos Doppler de los extremos representan velocidades del orden de los 100 km, se trata de un fenómeno bastante violento.

La 4 es un loop muy extenso cuya parte superior es difusa y presenta varias condensaciones, pero los espectros corresponden a uno de los pies.

La 5 es un loop recién formado, de acuerdo a la secuencia temporal de que se dispone, y que fue estudiado por Machado anteriormente. Este loop podría haber resultado de la condensación de materia emitida por una fulguración que fue registrada un tiempo antes en esa zona del sol.

Resultados

Como se mostró en la tabla anterior, hay notables diferencias entre los distintos tipos de protuberancias. Estas diferencias implicarían, que se trata de estructuras que no sólo presentan aspectos morfológicos completamente distintos, sino que también presentan condiciones de excitación notablemente diferenciadas.

Hemos calculado las velocidades de microturbulencia para las regiones que emiten H y K a partir de los anchos Doppler medidos en estas líneas. Para el del Ca, la contribución térmica al ensanchamiento es a lo sumo del 20% para las temperaturas imperantes (Conway y Ellison, 1952), lo cual está dentro del margen de error de la medición de ξ .

A partir de estas velocidades, suponiendo que fueran comunes a las regiones que dan lugar a la emisión en las diferentes líneas, se calcularon las temperaturas que corresponderían a los ensanchamientos observados. Estos resultados están sintetizados en la Tabla II.

T A B L A I I

		T (°K)		
	{ km/s	H α	H ϵ	D $_3$
1	9.1	4 260	5 040	—
2	10.6	7 050	16 700	—
3	6.8	5 140	8 290	14 070
4	6.0	23 570	7 830	11 720
5	10.6	36 050	10 000	—

En todos los casos los resultados de la tabla presentan, para H ϵ y D $_3$ temperaturas bastante coherentes con la emisión observada. En cambio para H α , en los casos 4 y 5, o sea en los loops, las temperaturas son demasiado altas, ésto podría indicar que para esos casos la microturbulencia en las regiones que emiten H α es mayor que en las regiones que emiten H y K.

Además, para los casos 2 y 3 las regiones que emiten H ϵ tendrían mayor temperatura que las que emiten H α si se admite que las velocidades de microturbulencia son iguales.

Respecto a D $_3$ se obtienen, en los dos casos en que se ha registrado esa línea, temperaturas perfectamente co

herentes con la emisión observada, de manera que si se suponen iguales las velocidades de microturbulencia, la región de la protuberancia que emite D_3 debería estar a mayor temperatura que la que emite $H\epsilon$.

En cuanto a la protuberancia 1, se obtiene aproximadamente la misma temperatura que la que emite $H\alpha$, para $H\epsilon$.

Por otra parte, si se consideran los corrimientos Doppler de los centros de las líneas, éstos corresponden a las mismas velocidades para todas las líneas de cada protuberancia observada. Además, las posiciones de las condensaciones que presentan las protuberancias coinciden también en todas las líneas.

Conclusiones

Estas observaciones se podrían explicar, suponiendo que las líneas consideradas se originan en distintas regiones de la protuberancia y que estas regiones se diferencian de distinta manera, según sea el tipo de protuberancia analizada. Por ej. en las protuberancias quiescentes $H\alpha$, $H\epsilon$, H y K se originarían en la misma región de baja temperatura. Para los loops, $H\epsilon$ y H y K se formarían en la misma región pero $H\alpha$ se formaría en una región de diferente microturbulencia, y probablemente menor temperatura. Para los surges o protuberancias de actividad muy violenta, $H\alpha$, $H\epsilon$ y H y K se formarían en regiones de la misma microturbulencia pero la temperatura de la región que emite $H\alpha$ sería mayor.

En cuanto a D_3 se formaría en los loops y surges, en regiones de la misma microturbulencia que $H\epsilon$ y H y K, pero de mayor temperatura.

Referencias

- Jefferies, J.T. and Orrall, F.Q., 1958, Ap. J. 127, 714.
Thomas, R.N., 1957, Ap. J. 125, 260.
Conway, M.T., 1952, M.N. 112, 55.