

# ESPECTROSCOPIA

## COMUNICACIONES

### Algunas características espectrales de la región H/K del Ca II en "Solar Flares".

H. GROSSI GALLEGOS, H. MOLNAR Y J. SEIBOLD

*Observatorio de Física Cósmica, San Miguel, (Argentina)*

**Abstract:** This work shows the different spectral behavior in the H and K region of some characteristic active solar zones, in particular the spectrum of the limb event of 12 march 1969, which shows a great excitation of the continuum and the metallic lines.

A tentative classification of the excited lines is also made comparing their intensity with the near continuum.

El primer plan espectral iniciado por el grupo de San Miguel ha sido el estudio del comportamiento de la región espectral H y K del Ca II durante "Solar Flares".

Este trabajo está motivado por el hecho de que no existe ningún trabajo específico sobre esta banda espectral, aunque ya se conocían detalles gracias a estudios generales de la parte visible del espectro como los realizados, entre otros, por Svestka en Ondrejov<sup>(1)</sup>, Severny en Crimea<sup>(2)</sup> y Michard en Francia<sup>(3)</sup>. Dentro de estos estudios generales hay en la literatura un mayor hincapié en el estudio del comportamiento de la serie Balmer<sup>(4)</sup>. Ultimamente se han acrecentado los estudios en las líneas H y K del Ca II<sup>(5)</sup>. Sin embargo tales estudios se han concentrado sobre diversos aspectos de la atmósfera tranquila o activa como por ejemplo en manchas y fáculas. Casi no ha habido estudios detallados sobre el comportamiento de esas líneas en regiones sumamente excitadas como son las producidas por flares solares<sup>(6)</sup>. Tales estudios podrían ayudar a un mejor conocimiento de los diversos mecanismos de formación de estas líneas que son ya de por sí bastante complejas. A este aspecto se agrega finalmente el interés astrofísico despertado sobre todo después del descubrimiento en 1957 del llamado efecto Wilson-Bappu<sup>(7)</sup> que relaciona la emisión de estas líneas a la magnitud absoluta y que a su vez ha alentado el estudio de cromósferas estelares.

El material recogido de marzo a setiembre del corriente año consiste en más de un centenar de espectros que corresponden a unos 25 eventos. Este trabajo pretende solamente presentar los primeros resultados de algunos espectros más seleccionados. Se ha trabajado en el 4º orden sobre el ángulo de Blaze, con una dis-

persión de 0,8 A/mm y una exposición media de 3,2".

La lámina IV b muestra a través de sus cinco espectros la diversidad de comportamiento de la misma banda espectral. El primer espectro es el característico de una zona tranquila del sol. Los cuatro restantes corresponden a diversos flares en zonas diversas del Sol.

El primer espectro (a) correspondiente a la zona tranquila aparece encuadrado entre las líneas H (3968, 492 A) a la izquierda y K (3933, 682 A) a la derecha. Son muy visibles sus amplias alas, sobre todo la correspondiente a la línea K que es mayor. Entre ellas se sitúan casi simétricamente las fuertes líneas de resonancia del Al I (3944, 016A y 3961, 535A). Todas las líneas están en absorción.

El segundo espectro (b) es el de un flare más bien pequeño (clasificación sb) pero situado sobre una mancha. Es visible el espectro de la mancha a lo largo de toda la dispersión del espectro. Nótese de paso el efecto Zeeman en muchas líneas sobre el espectro de la mancha. Incluso se puede notar la diferencia de efectos producidos por el núcleo de la mancha y su penumbra. A ambos lados del espectro de la mancha y sobre las líneas H y K, se nota con claridad la estructura clásica de la doble inversión de dichas líneas debida a la presencia de una zona facular. Sobre el mismo espectro de la mancha y sobre las líneas H y K se encuentra un punto de emisión bastante intenso. Allí los picos de K<sub>2</sub> se han estrechado y el mismo K<sub>2</sub> ha pasado a emisión. Este efecto está de acuerdo con las determinaciones hechas por Svestka<sup>(8)</sup>, de que sobre las manchas, las emisiones de H y K son muy estrechas.

El tercer espectro (c) muestra a un flare de intensidad 1b sobre el disco. La emisión llena K<sub>2</sub> y K<sub>3</sub> sin estrechamiento (lo mismo para H). Incluso hay un corrimiento hacia el rojo. En el costado izquierdo de H aparece netamente en emisión la línea H<sub>1</sub> de la serie Balmer. Además, varias líneas metálicas como los Al y varios Fe (multiplete 4 a la derecha de K), tienen rastros de emisión con la misma asimetría que las anteriores. Este aspecto de las asimetrías es un tema muy discutido en la literatura<sup>(9)</sup>.

El cuarto espectro (d), corresponde al de un sub-flare junto al limbo solar. Sus emisiones son menores, en particular H, aparece debilitada. Sin embargo es

visible en emisión la línea del Fe H (3938, 298A) que no aparecía en emisión en el anterior. Nótese también, cómo la emisión sobrepasa en H y K el nivel del limbo solar internándose en la cromósfera.

El quinto espectro (e) es uno de los más notables obtenidos hasta la fecha en nuestro observatorio. Corresponde a un flare del 12-3-69 situado muy cerca del limbo solar. Su magnitud es máxima y está clasificado como 3b. Abarca 2'33" en el Sol lo que hace unos 100.000 Kms. sobre el mismo. Esto da una muestra de la magnitud del evento. Es evidente una conformación muy compleja de la emisión de las líneas H<sub>ε</sub>, K y H con diversas asimetrías. También aparece en emisión He I (3964, 7 A) que no aparece normalmente en absorción. También se encuentran en emisión o notablemente afectados los perfiles de muchas líneas metálicas. Incluso hemos hallado modificadas las líneas de la molécula CH. Y lo que hace todavía más peculiar a este flare es la notable emisión del continuo que cubre toda la zona espectral. Para mostrar con más evidencia las diferencias de este espectro con uno correspondiente a la atmósfera normal, presentamos en la fig. 1 dos densitogramas, uno de los cuales es de la zona más activa del flare (emisión del continuo) y el otro el de una zona no perturbada. En la tabla I presentamos una lista provisoria de las principales líneas afectadas. Ya que no tenemos un registro de intensidades, haremos una apreciación de la excitación de las líneas según el criterio siguiente:

- 1 Levemente excitada
- 2 Muy excitada (sin llegar al nivel del continuo local)
- 3 Extremadamente excitada (sobrepasando el continuo local)

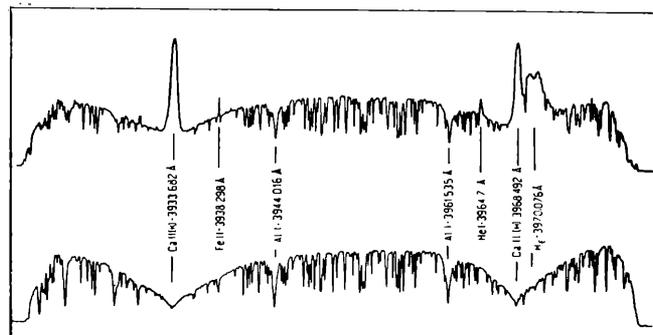


Figura 1

Para terminar haremos algunas apreciaciones sobre este espectro:

1. Llama la atención el gran número de líneas afectadas. En una apreciación provisoria, el número de las mismas llega a 52. Se han eliminado muchas de carácter dudoso. Este número es muy superior a las proporcionadas por los catálogos de Severny (2), Svestka (1) y Stepanyan (10) en la zona de H y K.
2. En particular está de acuerdo con las conclusiones de Blaha (11) de que los flares cercanos al limbo, como es el de este caso, presentan la más alta intensidad de líneas metálicas en emisión. Michard es de la misma opinión.
3. La emisión de los metales ocurre en regiones de la atmósfera solar más limitada que la del Hidrógeno, como lo hace notar Bruzec (13). Sin embargo al observar el espectro e de la lámina vemos —dejando de lado las líneas H y K que son excepcionales—

TABLA I.  
LINEAS EXCITADAS EN LA REGION H/K DEL Ca II  
— FLARE SOLAR DIA 12-3-1969 —

Nº	λ	Elem.	Multipl.	Int.	Nº	λ	Elem.	Multipl.	Int.
1	3920.629	FeI	4	2	27	3952.616	FeI	278	1
2	3921.556	CH		1	28	3952.704	FeI	362	1
3	3922.923	FeI	4	2	29	3952.905	CoI	28	1
4	3925.949	FeI	364	2	30	3952.982	CH		1
5	3927.933	FeI (CH)	4	2	31	3953.158	FeI, CrI	430	1
6	3928.091	FeI	565	2	32	3955.343	FeI	562	2
7	3928.217	CH		1	33	3955.963	FeI	488	1
8	3928.345	CH		1	34	3956.463	FeI	604	1
9	3929.122	FeI	280	1	35	3956.686	FeI	278	2
10	3930.308	FeI (FeII)	4(3)	3	36	3957.041	FeI	562	1
11	3931.129	FeI	565	1	37	3958.216	TiI - ZrII	13,16	2
12	3932.018	TiII	34	3	38	3958.740	FeI	8	1
13	3933.682	CaII (K)	1	3	39	3960.284	FeI	913	1
14	3934.80	ZrII		3	40	3961.149	FeI	361	1
15	3937.336	FeI	278	2	41	3961.535	AlI	1	2
16	3938.298	FeII	3	3	42	3962.861	TiI	12	1
17	3940.890	CoI/FeI	18/20	2	43	3963.115	FeI (CH)	562	2
18	3942.448	FeI	364	2	44	3964.526	FeI	361	2
19	3944.016	AlI	1	2	45	3964.7	HeI	5	3
20	3944.744	FeI	361	2	46	3968.492	CaII (H)	1	3
21	3945.127	FeI	280	1	47	3970.076	H <sub>γ</sub>	1	3
22	3945.218	FeII p	3	2	48	3972.440	CH (CoI)		1
23	3949.141	FeI	730	2	49	3973.564	NiI	31	1
24	3949.959	FeI	72	2	50	3974.170	FeII	29	2
25	3951.171	FeI	661	2	51	3970.763	FeI, CoI	72,18	2
26	3951.964	VII	10	1	52	3976.632	FeI	729	2

que las líneas de He I (3964 Å), Fe II (3938 Å) e incluso el multiplete 4 del Fe I, abarcan una zona casi tan amplia como la zona más excitada de H. Las demás líneas metálicas están excitadas en dos regiones mucho más circunscriptas. Respecto del multiplete 4 del Fe I es necesario recordar que su potencial superior de excitación es uno de los más bajos 3,25 eV de los diversos Fe I encontrados en esta banda espectral.

4. A pesar de la gran cantidad de líneas metálicas excitadas que acompañan la intensa emisión de H, H y K, esto no significa que siempre que aparezcan estas últimas líneas de emisión aparecerán las líneas metálicas perturbadas, como lo corrobora Blaha (14). Nosotros mismos tenemos otros espectros con apreciable excitación de H, K y H y sin una apreciable cantidad de líneas metálicas excitadas. Incluso tenemos espectros donde aparecen otras líneas metálicas diferentes a las presentadas en la tabla I sin ser el flare de aquella importancia.
5. Una característica peculiar de este espectro es la excitación de la molécula CH. No tenemos referencia en la literatura de tal excitación en esta banda. Sin embargo, no sería de extrañar tal efecto, pues de darse en los flares un crecimiento de la temperatura de excitación, se daría un crecimiento en la disociación molecular y por lo tanto, un decrecimiento de la absorción de dichas moléculas. Stepanyan (15) encontró 3 líneas de CH blendadas en la banda de 4300 Å y un número apreciable CN en la banda de 3700 - 3800 Å. Del mismo modo, deberían quizás interpretarse las variaciones del Ti I (3958, 216 y 3962, 861 Å), cuyos perfiles hemos comparado en el espectro de una mancha, en la atmósfera normal y en un flare. El Ti I se muestra más profundo en absorción en la mancha (menor temperatura) menos profundo en la atmósfera normal (donde la temperatura es mayor) y todavía menos profundo en los flares donde la temperatura se ha incrementado sensiblemente. Se supone que con el aumento de la temperatura, Ti I comienza a ionizarse con la consiguiente disminución de su absorción al estado neutro. Esperamos en futuros trabajos llegar a determinaciones cuantitativas de tales variaciones de temperatura.
6. Otro punto importante que exigirá trabajo cuantitativo, es la determinación de la intensidad del continuo excitado. Medidas preliminares hechas por Michard (16), indicaban un aumento del continuo excitado del 18 % respecto del continuo normal. Otros autores (17) indican valores no mayores del 10 %. Un problema serio es también la interpretación de este continuo. Para Prat (18), este continuo excitado no sería una emisión debida a aumento de temperatura, sino producto de efectos térmicos. Aquí también el problema queda abierto a subsiguientes trabajos.

No queremos terminar sin agradecer al personal técnico del Observatorio de Física Cósmica su constante ayuda en la obtención de los espectros, como así también agradecer al Dr. y Dra. Jaschek del Observatorio de La Plata, y al Dr. Michard del Observatorio de Meudon (Francia) por sus orientaciones en este pequeño trabajo.

- (1) Z. Svestka y otros, BAC, vol. XII (1961) 229 ss.
- (2) A. B. Severny y otros, Sov. Astr., vol. 4 (1960) 19 ss.
- (3) R. Michard, Ann. d'Astr. 22 (1959) 1 ss.
- (4) J. Jefferies y F. Orral, Ap. J. (1961) 946; Z. Svestka, Advances in Astronomy and Astrophysics, vol. III.
- (5) O. Engvold, Solar Phy. 2 (1967) 234-236; J. L. Linsky, Smiths. Astr. Obs., Spec. Rep. 274; etc.
- (6) Ultimamente J. Mc Kim Malville y otros, Solar Physics 7 (1969) 253-259.
- (7) O. Wilson y V. Bappu, Ap. J. 125 (1967) 661-683.
- (8) Z. Svestka, BAC, (1961) 235.
- (9) L. Fritsová, BAC, (1960) 177 ss.
- (10) N. Stepanyan, IZM. KRIM. Ast. Obs. 29 (1963) 68 ss.
- (11) M. Blaha y otros, BAC (1962) 85 ss.
- (12) R. Michard, art. cit., pág. 8.
- (13) A. Bruzek en "Solar Physics", Interscience Pub., 1967, pág. 400.
- (14) M. Blaha y otros, art. cit. pág. 91.
- (15) N. Stepanyan, art. cit., pág. 70-74.
- (16) R. Michard, art. cit. pág. 10.
- (17) A. Bruzek, op. cit. pág. 401.
- (18) V. Krat en "Physics of the Solar System" Ed. A. Mikhailov, Jerusalem, 1966, pág. 143.

### El Efecto Blanketing en estrellas Am.

JASCHEK, M., JASCHEK, C. AND FERRER, O. \*

*Observatorio Astronómico, La Plata*

*Abstract:* The problem of blanketing effect in Am stars is re-discussed using a multicolor approach. Spectral types corresponding to metal and hydrogen lines are given for 22 stars. Using 32 Am stars (10 given by A. Slettebak - 1949) it can be stated that approximately:  $l$  (in  $0^m01$ ) =  $4 \times \text{met}$ .

$l$ : length of blanketing vector in the U-B/B-V diagram.  
 $\text{met}$ : metallicity (metal spectra minus hydrogen spectra) in tenths of spectral type.

Se estudia el blanketing en estrellas Am mediante una aproximación, utilizando fotometría multicolor y clasificaciones espectrales en 110 Å/mm.

El presente trabajo se basa en datos sobre 32 estrellas Am. 22 fueron clasificadas por nosotros (15 sobre placas tomadas en La Plata y 7 sobre placas prestadas por Anne y Charles Cowley del Observatorio de Michigan). Las diez restantes fueron tomadas de un trabajo de A. Slettebak. Se supone que los colores R-I de las estrellas metálicas son independientes del blanketing. En base a ello se comparan los colores observados de cada metálica con los de una enana normal de igual índice R-I. La diferencia entre sus colores proporciona el blanketing.

Los colores para estrellas normales se obtuvieron usando todas las enanas contenidas en el catálogo de

(\*) Becario de la Comisión de Investigación Científica de la Universidad Nacional de La Plata.