

JUNTA PARA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS É INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS

TRABAJOS
DEL
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES FÍSICAS

N.º 35

NUEVOS DOBLETES ADICIONALES
Á LAS SERIES ESPECTRALES DE LA PLATA

POR

MIGUEL CATALÁN SAÑUDO

(Publicado en los «Anales de la Sociedad Española de Física y Química», tomo XV, pág. 222)

MADRID

IMPRENTA DE LA CASA EDITORIAL BAILLY-BAILLIÈRE

Calle de Núñez de Balboa, núm. 21.

1917

RÉSUMÉ

En employant comme électrodes deux lingots d'argent, nous avons trouvé certain nombre de nouvelles raies, susceptibles de se grouper en trois termes additionnels à chacune des deux séries secondaires constituées par des doublets que l'on reconnaît dans le spectre d'arc de l'argent.

Il est de même une nouvelle paire qui, située dans la région extrême ultraviolette, coïncide avec celle que Randall a calculée pour second terme de la série principale de doublets de l'argent, d'où il s'ensuit que l'existence de cette série se trouve expérimentalement démontrée.

JUNTA PARA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS É INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS

TRABAJOS
DEL
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES FÍSICAS

N.º 35

NUEVOS DOBLETES ADICIONALES
Á LAS SERIES ESPECTRALES DE LA PLATA

POR

MIGUEL CATALÁN SAÑUDO

Publicado en los «Anales de la Sociedad Española de Física y Química», tomo XV, pág. 222)

MADRID

IMPRENTA DE LA CASA EDITORIAL BAILLY-BAILLIÈRE

Calle de Núñez de Balboa, núm. 21.

1917

NUEVOS DOBLETES ADICIONALES Á LAS SERIES ESPECTRALES DE LA PLATA

Comprobación de la existencia de la serie principal.—Nuevas líneas

POR M. CATALÁN SAÑUDO

En un trabajo publicado anteriormente ¹, describíamos el empleo de *electrodos de plata* como medio de obtener sobre ellos espectros de arco de magnesio.

Determinamos hacer un detenido estudio del espectro de arco de dichos electrodos, al objeto de conocer bien sus impurezas, y sucedió que aparecieron un número relativamente considerable de líneas.

Recordaremos que los electrodos están formados por dos barras cilíndricas de plata, de diez milímetros de diámetro; el objeto de un grueso tan considerable es el evitar que, cuando la intensidad de corriente se hace muy grande, los electrodos lleguen a un calentamiento tal, que el electrodo superior funda. Aun con este grueso, si la corriente es de diez a doce amperios y se hacen exposiciones sucesivas de un minuto de duración, el electrodo superior funde parcialmente, dejando caer una gota sobre el inferior.

Hemos investigado el espectro de la plata desde λ 5.200 hasta 2.300 con placas ordinarias y desde λ 2.300 hasta 2.000 con placas Schumann, ya que la sensibilidad de éstas en esa última

¹ M. Catalán, AN. DE LA SOC. ESP. DE FÍS. Y QUÍM., XIV, pág. 587, 1916, y Trabajo de este laboratorio, n.º 29.

región, proporciona facilidad de encontrar nuevas líneas cuando las placas ordinarias ya no dan nada en nuestro aparato.

Se han hecho las fotografías con una intensidad de corriente de diez a doce amperios, y la exposición para las placas ordinarias era aproximadamente un minuto y para las placas Schumann próximamente igual o algo más.

La montura del espectrógrafo la hemos hecho con dos prismas para la región primera, es decir, desde λ 5.200 hasta λ 2.300, y con un solo prisma, por no permitir el aparato enfocarlos con dos, para la región λ 2.300 a λ 2.000.

En nuestros espectrogramas aparecen de un modo claro la totalidad de las líneas que componen el espectro de arco, tal como hoy es conocido, pero afectadas de una mayor intensidad.

Además, la gran mayoría de las líneas del espectro de chispa aparecen de un modo claro y seguro; también las de algunas impurezas, correspondiendo á rayas intensísimas de otros cuerpos, y, por último, un gran número de líneas que no ha sido posible atribuirles a ningún elemento.

De éstas hay unas cuantas que, por su aspecto y posición, podrían hacer prever que pertenecen a las series espectrales conocidas en la plata, y por ello he hecho un estudio más detenido de ellas, que va a ser el objeto de esta Memoria, dejando las restantes líneas, que hoy no podemos atribuir, para un ulterior trabajo.

Hemos consultado la literatura que hay publicada después de la que Kaiser ¹ resume, y es la siguiente, hasta la fecha:

J. M. EDER y E. VALENTA: «Wellenlangenmessungen im sichtbaren, Bezirk der Funkenspectra». *Sitzungsberg, K. Akad. Wiss. Wien*, **118**, pág. 1077-1100 (1909).

—«Messungen im ultravioletten Funkenspectra von Metallen nach dem internationalen System». *Zts. Photg.*, **13**, págs. 20 a 40. (1913).

¹ H. Kaiser, *Spectroscopie*, tomo V, pág. 75 (1910).

J. M. EDER: «Messungen im ultravioletten Funkenspectrum von Ag... bis λ 1850 nach dem internationalen System». *Vgl. Sitzungsberg, K. Akad., Wiss. Wien*, **122**, II a, C (1913).

—«The ultraviolet spark spectra of silver... to λ 1850 in the international system». *Zts. Phot.*, **14**, pág. 137 (1914).

—«Measurements of the wave lengths on the international system in the red and infra-red arc spectra of the elements». *Sitzb. Akad. Wiss. Wien, Abt. II a.*, 124, 101 (1915).

L. JANICKI: «Die Beschaffenheit der Spektrallinien der Elementen». *Ann. der Physik. [4]*, **29**, pág. 833 (1909).

H. M. RANDALL: «Zur Kenntnis ultrarother Linienspektren». *Ann. der Physik (4)*, **33**, pág. 739 (1910).

—«Some infra-red spectra». *Astr. Phys.*, *J.* **34**, pág. 1 (1911).

A. DE GRAMONT: «Sobre la colocación de las líneas últimas en las series espectrales». *C. R.*, **151**, págs. 308 (1910).

L. R. INGERSOLL: «Dispersion of metals in infra-red». *Astr. Phys.*, *J.* **32**, pág. 265 (1910).

W. G. DUFFIELD: «Die Wirkung des Druckes auf Bogenspectra, Silber...» *Proc. Roy. Soc. A.*, **81**, pág. 378 (1910).

H. KÖNEMANN: «Die Verteilung der Emission in der Bogen zwischen Metallstäben für Wellenlängen unterhalb $\lambda = 40.000$ ». *Ztsch. Photg.*, **12**, págs. 65 á 76 y 123-43, Mayo (1913).

B. REISMMANN: «Die Unterschiede der Polspektren verschiedener Elemente im Geislerrohr». *Ztschr. Photg.*, **13**, pág. 269-300 y 301-12 (1913).

H. HÜPPERS: «Neue Messungen der Bogenspectra einigen Metalle unterhalb $\lambda = 3200$ ». *Ztsch. Photg.*, **13**, págs. 48-88 (1913).

JOSEPH FRINGS: «The arc and spark spectrum of silver referred to international normals». *Ztsch. Photg.*, **15**, págs. 165 a 82 (1915).

En ninguno de ellos figuran las líneas encontradas por nosotros, y por ello voy a dar sus longitudes de onda y frecuencias al vacío, así como su intensidad y aspecto.

Frecuencia al vacío.	Longitud de onda.	Intensidad.
27867,4	3587,40	3
28015,3	3568,46	2
28396,8	3520,5	5 <i>u</i> *
28502,4	3507,5	4 <i>u</i>
28664,2	3487,68	1
28924,9	3456,4	3 <i>u</i>
29107,4	3436,01	1
29284,4	3413,8	1 <i>u</i>
29317,7	3409,9	4 <i>u</i>
29844,4	3349,8	2 <i>u</i>

En la región de λ 2300 a λ 1980, Piña de Rubies ¹ ha encontrado en el arco una porción de líneas de chispa, y además las de arco que siguen:

ν	λ	I
44039,5	2270,0	1
48285,1	2070,4	4
48486,6	2061,8	2

cuya placa me ha cedido amablemente con el objeto de que pudiera estudiarlas.

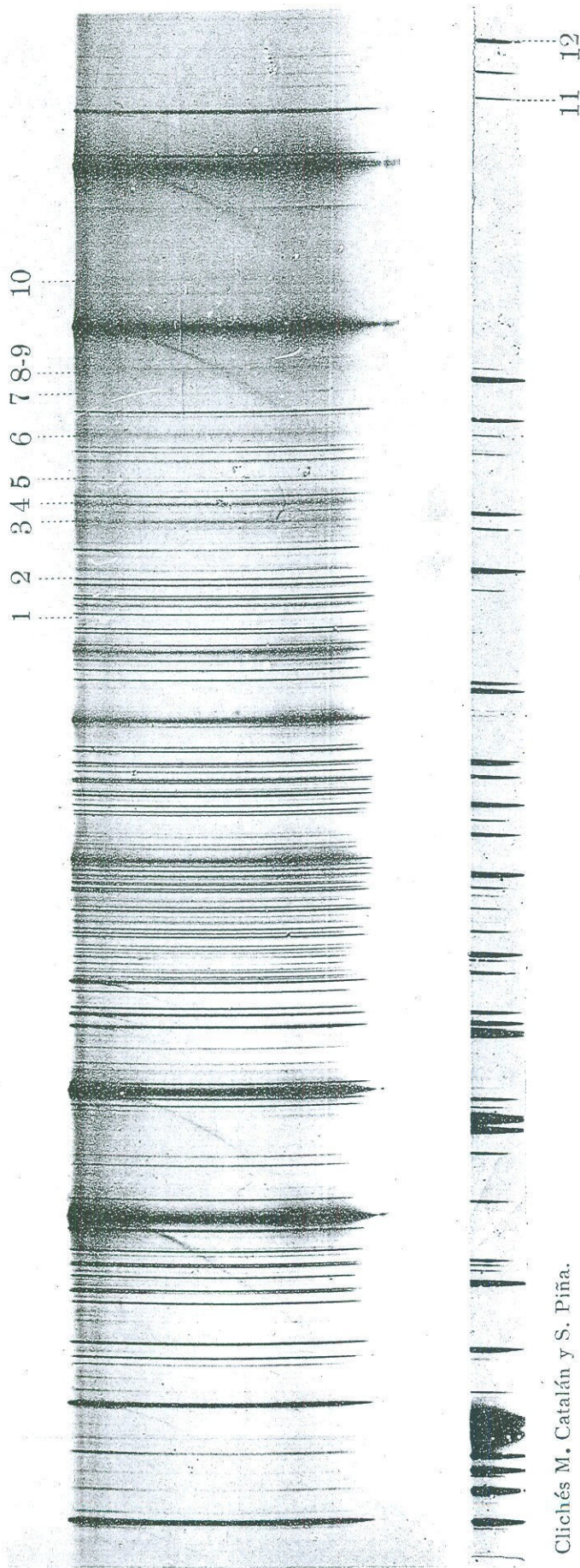
En una ampliación de un espectrograma referente a una plata nativa, obtenida por el Catedrático de esta Universidad D. Ignacio González Martí con un espectrógrafo de tres prismas de *Uviol*, y que ha puesto galantemente a mi disposición, aparecen, aunque muy débilmente, las líneas λ 3456 y 3507 y las 3568 y 3787, que son más fuertes y están enmascaradas por la banda de Swan, debido a haber hecho la fotografía empleando electrodos de carbón.

Todas esas líneas, excepto la 2270,0, han sido colocadas en las series ya conocidas en la plata.

* *u* significa difusa a ambos lados.

¹ S. Piña de Rúbies. AN. DE LA SOC. ESP. DE FÍS. Y QUÍM., Abril, 1917, y Trabajos de este laboratorio, n.º 34.

ESPECTRO DE ARCO ELÉCTRICO DE LA PLATA



Clichés M. Catalán y S. Piña.

Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

1.—3587,40
2.—3568,46
3.—3520,5
4.—3507,5

5.—3487,68
6.—3456,4
7.—3436,01
8.—3413,8

9.—3409,9
10.—3349,8
11.—2070,4
12.—2061,8

Sabemos que para cualquier elemento, Ritz ¹ dió una fórmula que permite el cálculo de los diversos términos de una serie, y que es

$$\nu = A - \frac{N}{[m + \alpha + \beta (A - \nu)]^2}$$

en la cual ν es la frecuencia referida al vacío; N , una constante universal; m , el número del término, y A , el límite de la serie; α y β son constantes que caracterizan la serie y que son idénticas para dos series de diferencias constantes.

Por abreviar se suele escribir:

$$m\alpha\beta = \frac{N}{[m + \alpha + \beta (A - \nu)]^2}$$

Para las tres series de Rydberg corresponden las siguientes fórmulas abreviadas:

Serie principal.

$$\pm \nu = 1,5s\sigma - m\beta_i\pi_i; \quad i = 1, 3, 2 \dots m = 2, 3, 4 \dots$$

$$\beta_1 > \beta_2$$

Segunda serie secundaria.

$$\pm \nu = 2\beta_i\pi_i - m s\sigma; \quad i = 1, 2 \dots m = 1, 5, 2, 5, 3, 5 \dots$$

Primera serie secundaria.

$$\pm \nu \begin{cases} 2\beta_1\pi_1 - m d\delta \\ 2\beta_2\pi_2 - m d\delta' \end{cases} \quad \begin{array}{l} \dots m = 3, 4, 5 \dots \\ (1.^a \text{ línea principal y satélite}). \\ m = 3, 4, 5 \dots \\ (2.^a \text{ línea principal}). \end{array}$$

y la separación constante de los dobletes

$$\nu_1 = 2\beta_1\pi_1 - 2\beta_2\pi_2$$

¹ W. Ritz. *Ann. de Phys.*, **12**, pág. 301 (1903).

Randall ¹ dice que la serie principal está en el ultravioleta, y calcula el término $m = 3$ del siguiente modo:

Viendo las fórmulas de la serie principal y la segunda serie secundaria, se ve la posibilidad de obtener de ésta aquella. En la segunda serie obtiene los siguientes valores:

$m \dots$	1,5	2,5	3,5	} $2p_1 = 30620,7$
$\lambda \dots$	3280,80	8274,1	4668,70	
$\nu \dots$	30471,7	12082,6	21413,3	
$m s \dots$	61092,4	18538,1	9207,4	
$\lambda \dots$	3383,00	7688,2	4476,29	} $2p_1 = 31541,1$
$\nu \dots$	29551,3	13003,4	22333,8	
$m s \dots$	61092,4	18537,7	9207,3	

de ésta calcula la principal, que es

$$\begin{aligned} \pm \nu &= 1,5 s - m p_1 \\ \pm \nu &= 1,5 s - m p_2, \end{aligned}$$

y obtiene

	$m = 2$	$m = 3$
$\lambda \dots$	3280,8 observado.	2061,3 calculado.
$\nu \dots$	30471,7 »	48498,3 »
$m p_2 \dots$	30620,7 »	12594,1 »
$\lambda \dots$	3383,0 observado.	2070,0 calculado.
$\nu \dots$	29551,3 »	48295,4 »
$m p_2 \dots$	31541,1 »	12797,0 »

Es decir, que Randall ha previsto la existencia del doblete $\left. \begin{matrix} 2061,3 \\ 2070,0 \end{matrix} \right\}$ como perteneciente a la serie principal y cuyo otro doblete sería el tan conocido $\left. \begin{matrix} 3280,8 \\ 3383,0 \end{matrix} \right\}$, que es el más intenso en la plata.

Basta fijarse que el doblete que nosotros tenemos en la re-

¹ H. M. Randall, *Ann. d. Physik* (4), **33**, pág. 739 (1910).

gión fotografiada con placa Schumann es $\left. \begin{matrix} 2061,8 \\ 2070,4 \end{matrix} \right\}$; la concordancia no puede ser más notable.

Por tanto, se ve que, con un error que se comete en el cálculo y en la medida de las líneas, la concordancia es grande:

Calculado	2061,3 λ	2070,8 λ
Observado.	2061,8	2070,4
	$\Delta = -0,5 \lambda$	$-0,4 \lambda$

que es más que suficiente para dejar sentado de un modo firme la *existencia de la serie principal* en el *espectro de arco en la plata*.

Los restantes dobletes los he comparado con los calculados por las fórmulas de Kaiser y Runge ¹. Estos dicen que en el espectro de la plata se han encontrado dos series de pares, una de las cuales es la *primera serie secundaria, o serie difusa*, y la otra la *segunda serie secundaria, o serie neta*. En la primera han sido observados los términos cuatro, cinco, seis y el siete incompleto; en la segunda serie han sido encontrados los términos cuatro, cinco y del sexto solamente una línea.

Pues bien; las líneas por nosotros encontradas se agrupan a continuación de esos otros pares, formando: segunda línea del siete, término ocho, término nueve y primera línea del término diez para la primera serie, y para la segunda serie: segunda línea del incompletamente conocido término seis; primera línea del siete, cuya segunda está enmascarada; primera línea del término ocho, cuya segunda también está enmascarada, y, por último, la línea primera del par número nueve.

La fórmula de Kaiser y Runge es:

$$10^8 \lambda^{-1} = A - Bn^{-2} - Cn^{-4}$$

en que λ es la longitud de onda, A, B y C son constantes y n el número del término en la serie. Con las líneas señaladas con asterisco en el cuadro que a continuación sigue han efectuado

¹ H. Kaiser, *Spectroscopie*, tomo II, pág. 531 (1908).

el cálculo de las constantes, habiendo hallado los siguientes valores:

$$10^8 \lambda^{-1} = 30712,1 - 130621 n^{-2} - 1093823 n^{-4}$$

$$10^8 \lambda^{-1} = 31633,2 - 130621 n^{-2} - 1093823 n^{-4}$$

$$10^8 \lambda^{-1} = 30696,2 - 123788 n^{-2} - 394303 n^{-4}$$

$$10^8 \lambda^{-1} = 31633,2 - 123788 n^{-2} - 394303 n^{-4}$$

Nosotros hemos calculado los términos que siguen, y el resultado es:

	λ	Intensidad.	$\frac{1}{\lambda}$	1.ª Serie secundaria.		2.ª Serie secundaria.				
				n	Diferencia.	O-C	n	Diferencia.	O-C	
Kaiser y Runger.	5471,72	5	18275,8	4	920,8	0,00	4	920,7	0,00*	
	5465,66	8r	18296,0							0,00
	5209,25	8r	19196,6	4		0,00				
	4668,70	6uR	21419,6							
	4476,29	5uR	22339,9				4			
	4212,1	6ur	23741,1	5	917,1	— 0,6	5	919,1	0,00*	
	4055,44	5ur	24658,2	5		0,00			0,00	
	3981,87	5uR	25113,8							
	3841,3	5uR	26032,9				5		0,00	
	3810,6	3u	26242,6	6	918,0	— 0,3	6	922,0	0,00*	
	3710,11	3u	26953,3			0,00*			0,00*	
	3681,77	3u	27160,5	6						
	3624,00	1u	27593,8	7	916,7	— 0,37				
	3587,40	3	27875,3				6		— 0,24	
3568,46	2	28023,3				7		+ 0,41		
Catalán.	3520,5	5uR	28404,8	8	921,2	+ 0,17	8		+ 0,69	
	3507,5	4uR	28510,5	7		+ 0,17				
	3487,68	1u	28672,3							
	3456,4	3uR	28933,1	9	919,8	+ 0,20	9		+ 1,43	
	3436,01	1u	29115,6							
	3413,8	1uR	29292,7	10		+ 0,48				
	3409,9	4uR	29326,0	8	+ 0,11					
	3349,8	2uR	29852,9	9	+ 0,11					

uR significa muy difusa hacia el rojo y regularmente difusa hacia el violeta.

u significa muy difusa hacia ambos lados.

r significa muy difusa hacia el rojo.

O-C significa diferencia observada — calculada en longitudes de onda.

Como se ve, la concordancia es lo bastante notable para hacer la atribución de esas líneas á las series secundarias.

Resumiendo, podremos dar las siguientes conclusiones:

1.^a Se ha encontrado e identificado de una manera concordante con los cálculos el segundo término de la serie principal en el espectro de la plata, quedando así ya de un modo cierto comprobada experimentalmente la existencia de una serie principal.

Y 2.^a Se ha encontrado tres nuevos términos adicionales a cada una de las dos series de pares que forman las llamadas series secundarias.

Madrid, Abril de 1917
