

JUNTA PARA AMPLIACIÓN DE ESTUDIOS É INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS

TRABAJOS  
DEL  
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES FÍSICAS

N.º 46

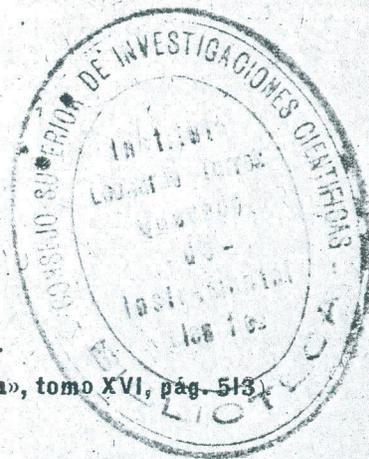
INVESTIGACIONES SOBRE LAS RAYAS ÚLTIMAS EN LOS ESPECTROS  
DE ARCO DE LOS ELEMENTOS

POR

M. A. CATALÁN

(Corresponde al tomo III de estos Trabajos).

(Publicado en los «Anales de la Sociedad Española de Física y Química», tomo XVI, pág. 513.)

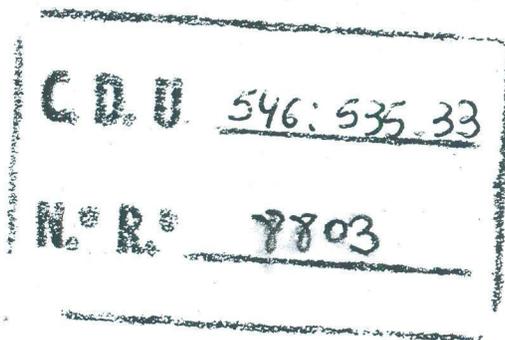


MADRID

IMPRENTA DE LA CASA EDITORIAL BAILLY-BAILLIÈRE

Calle de Núñez de Balboa, núm. 21.

1918

546  
8803

N.º 46

INVESTIGACIONES SOBRE LAS RAYAS ÚLTIMAS EN LOS ESPECTROS  
DE ARCO DE LOS ELEMENTOS

POR M. A. CATALÁN

RÉSUMÉ

L'auteur, en poursuivant les recherches qui ont fait le sujet d'une Note antérieure publiée dans les «Trabajos del Laboratorio de Investigaciones Físicas» n° 39, et dans les «ANALES DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA Y QUÍMICA», 15, pág. 487 (1917), s'est arrêté à étudier l'intensité des raies *ultimas* et *sensibles* que Gramont dit avoir obtenues dans des spectres d'étincelle. Pour le *Colombium*, toutes les raies sensibles sont de raies intenses dans le spectre d'étincelle et dans celui d'arc; et les raies ultimes sont *les plus intenses dans l'arc et dans l'étincelle*, tant dans la région ultraviolette que dans la région visible. On arrive à des *résultats identiques* avec le *Zirconium*. Pour le *Titane*, l'auteur fait remarquer le manque de concordance entre les valeurs des intensités relatives des mêmes raies indiquées par les divers investigateurs, ce qui fait très difficile son étude sous ce point de vue. On remarque aussi cependant, qu'on peut appliquer à ce dernier corp les mêmes conclusions qu'aux précédents.

De l'ensemble des résultats discutés, l'auteur croit pouvoir affirmer que, comme résultat général, les raies ultimes et les plus sensibles dans le spectre d'arc sont toujours les raies les plus intenses qui apparaissent dans les conditions normales, tout en tenant compte des facteurs: intensité de courant, sensibilité photographique, etc., qui peuvent influencer l'intensité.

Enfin, en admettant la dissociation des molécules dans la production des spectres, l'auteur suggère une explication simple de la conclusion précédente.

INVESTIGACIONES SOBRE LAS RAYAS ÚLTIMAS EN LOS ESPECTROS  
DE ARCO DE LOS ELEMENTOS

POR M. A. CATALÁN

Ultimamente A. de Gramont <sup>1</sup> ha proseguido sus estudios sobre las rayas últimas en los espectros de los elementos, y, según mi modo de ver, sus nuevas determinaciones vienen a apoyar las conclusiones que presenté en una nota anterior <sup>2</sup>.

Gramont ha determinado las líneas *últimas* y las más *sensibles* para el *titanio*, el *colombio (niobio)* y el *zirconio* en sus *espectros de chispa*, y da unos cuadros con el orden de sensibilidad de las rayas de esos tres elementos.

Usando el mismo procedimiento que empleé con los otros elementos en mi nota anterior, es decir, colocando al lado de cada línea su intensidad en arco y en chispa, obtengo los siguientes resultados:

En el *colombio*, en la región estudiada, las rayas más sensibles a simple vista son en número de 24, y todas, *sin excepción*, pertenecen a las clasificadas como de intensidad *grande* en esa región del espectro.

*Colombio (niobio)* (Sensibilidad fotográfica).

I N T E N S I D A D								
ARCO		CHISPA			I.A.	5 10.000	1 10.000	5 100.000
Hildebrand.	Exner y Haschek.	Exner y Haschek.	Demarçay.					
8	15	5	10	4164,66	+			
8	20	10	10	63,64	+			
10	20	5	11	52,63	+			

<sup>1</sup> C. R., 166, 94, 1918; C. R., 166, 365, 1918.

<sup>2</sup> AN. DE LA SOC. ESP. DE FÍS. Y QUÍM., 15, 487, 1917, y *Trabajos de este Laboratorio*, núm. 39.

I N T E N S I D A D								
ARCO		CHISPA			I.A.	$\frac{5}{10.000}$	$\frac{1}{10.000}$	$\frac{5}{100.000}$
Hildebrand	Exner y Haschek.	Exner y Haschek.	Demarçay.					
10	20	4	10	39,74	+			
10	15	4	9	37,13	+			
10	20	4	12	23,85	+	?		
10	30	6	13	00,97	+	+	?	
10	30	6	13	4079,73	+	+	+	
10	50	10 r	13	58,97	+	+	+	
7	5	3	»	3885,43	+			
8	20	3	9	3739,82	+			
6	8	10	11	17,05	?			
8	20	3	10	13,05	+	+		
8	10	3	9	3697,85	+			
8	8	2	9	64,69	+			
5	6	2	8	02,57	+			
5	6	2	8	3593,97	?			
10	15	3	11	80,27	+	+		
8	10	2	9	75,85	+			
10	15 d	2	8	63,53	+			
9	15 d	2	8	54,62	+			
7	10	2	9	37,50	+			
8	10	»	»	3358,38	+	+	?	
8	5	10	»	3225,47	+			

Examinando atentamente el cuadro se ve:

- 1.º Todas esas rayas, sin excepción, son intensas.
- 2.º Las últimas son las 4079,73 y 4058,97, seguidas de las 4100,97 y 3358,38, y todas ellas son *las más intensas en arco y en chispa*.
- 3.º Que en esa región *no hay otras rayas* más intensas que ellas.

Además, las tres más sensibles a simple vista, según Gramont, son 4101,0, 4079,7 y 4059,0, cuyas intensidades son:

Arco.	Chispa.	I.A.
10-30	6-13	4101,0
11-30	6-13	4079,7
10-50	10 r-13	4059,0

y, según él, desaparece 4059,0 la última. Estas tres rayas son las *más intensas en arco y en chispa* en su región, y la *más última*, como se ve, es la *más intensa*.

Veamos ahora el zirconio:

*Zirconio* (Sensibilidad fotográfica).

INTENSIDAD									
ARCO		CHISPA		I.A.	1	1	5	1	5
Bachen.	Exner y Haschek.	Exner y Haschek.			100	1.000	10.000	10.000	100.000
7	3	20	3698,16	+	?				
10	8	15	3572,47	+	+	?			
5	3	10	3505,66	+	+	?			
9u	10	20	3496,20	+	+	+	+		
10	8	20	3438,23	+	+	+	?		
9u	10	20	3391,98	+	+	+	+		+
6	5	10	3273,04	+	+				

(Sensibilidad a simple vista).

6	10	3	4815,62	} La última, la más sensible a la placa fotográfica, y la tercera, a simple vista, la <i>última</i> .
6	10	4	4772,31	
9	10	5	4739,48	
9	10	5	4710,08	
10	15	8	4687,81	

De este cuadro podemos deducir lo siguiente:

1.° Todas esas rayas, sin excepción alguna, pertenecen a los grupos de líneas intensas.

2.° La última es la 3391,98, que es *la más intensa en arco y en chispa*. La que le sigue es la 3496,20, que también la sigue en intensidad. Después la 3438,23, que también es análoga en intensidad. Así, pues, se conserva aproximadamente el orden de intensidad igual al orden de sensibilidad.

3.° En esa región no hay otras líneas más intensas.

En el titanio el número de rayas que estudia Gramont es bastante grande.

En la región visible estudia 24 rayas, comprendidas desde  $\lambda$  6261,10 hasta  $\lambda$  4533,25. En todas ellas oscila su intensidad entre 5 y 11, en chispa y en arco. De ellas, respectivamente, son las últimas las que siguen:

I N T E N S I D A D		
Arco	Chispa.	$\lambda$
8	7	5014,26
8	8	5007,22
9	9	4999,51
9	10	4991,08
10	11	4981,75

cuya sensibilidad es del orden de  $\frac{5}{100.000}$ . En su región *son las más intensas en arco y en chispa.*

En la región ultravioleta, el número de rayas que estudia es bastante grande.

Pero cuando trato de ver qué intensidad tiene cada línea asignada en las tablas por los diferentes autores, me encuentro con que hay una falta de concordancia muy grande en los valores, tanto que no se puede ni siquiera obtener una media aceptable.

Así, por ejemplo: las líneas 3642,6 y 3535,2 tienen asignados por Exner y Haschek <sup>1</sup> el valor 3 a sus intensidades en chispa, mientras que Kilby <sup>2</sup> asigna los 9 y 7, respectivamente, y, en cambio, a las líneas 3510,8 y 3504,8 les asignan 30 Exner y Haschek y 15 Kilby.

Sin embargo, se puede anotar lo siguiente:

1.º Todas las rayas presentes en el espectro del titanio a la concentración  $\frac{1}{1.000}$  son líneas cuya intensidad es, por lo menos, 3; no hay presente ninguna línea cuya intensidad sea menor de ese valor, aunque existen una infinidad de ellas en el

<sup>1</sup> Kaiser, *Spectroscopie*, VI, 656.

<sup>2</sup> *Astroph. J.*, 30, 86 (1909).

espectro del titanio con intensidades 1 y 2. Así, pues, todas las rayas sensibles son intensas.

2.º La línea más última es la 3349,4, que en la tabla de Kaiser <sup>1</sup> tiene asignadas las siguientes intensidades:

AUTOR	Arco.	Chispa.
Kilby.....	10	8
Exner y Haschek.....	8	10 R

Estudiada su intensidad comparativamente con las restantes líneas, resulta que Kilby en arco no da líneas de intensidad superiores a 10. Así pues, según esa clasificación, resultaría perteneciente a las más intensas. Según Exner y Haschek, hay solamente tres líneas de intensidad 10 y ninguna de intensidad 9. Esas son 3377,7, 3371,6, 3361,4, en las cuales es de notar que la primera, que tiene la intensidad 3 en la chispa, no la ve Kilby ni tampoco aparece en el espectro de Gramont; que la 3371,6, que tiene en la chispa intensidades 5 (Kilby) y 2 (E. y H.), tampoco está presente en el espectro de Gramont, y que la 3361,4, que es la *más intensa en arco y en chispa*, es la línea que sigue en sensibilidad a la más última. La otra, de igual sensibilidad, es la 3372,9, que, según Kilby, tiene las intensidades 10 y 10 en el arco y en la chispa, y según Exner y Haschek, 4 y 20, respectivamente. Por tanto, es también *de las más intensas en arco y en chispa*.

3.º Estudiando las restantes líneas se ve que siempre las más sensibles son las que tienen más intensidad en la chispa, y que entre ellas tienen preferencia a conservarse las que en arco son intensas.

*Como resumen* de los tres elementos, parece que en el niobio y en el zirconio las líneas últimas *son de las más intensas* en arco y en chispa, y que en el titanio, siendo algo difícil su estudio por la poca concordancia que hay entre los valores de las intensidades dadas por diferentes autores, sin embargo, parece

<sup>1</sup> *Loc. cit.*, pág 696.

también que las líneas últimas pertenecen a los grupos *de líneas intensas* en el arco y en la chispa. Por tanto, los dos primeros pertenecen al grupo primero, que comprendía 27 elementos de 36 estudiados en mi clasificación <sup>1</sup>, y el titanio se le puede agregar a este grupo, aunque sin gran seguridad.

Así, pues, según mi modo de ver, en los espectros de arco las rayas últimas pertenecen a los grupos de las rayas más intensas. Conviene notar que para la *sensibilidad* de una raya no sólo influye su intensidad, sino la región del espectro en que esté colocada, por no ser la placa fotográfica igualmente sensible a todas las longitudes de onda.

Por otra parte, la intensidad de una línea, con relación a las otras de su mismo espectro, no es una razón fija, sino que depende de un gran número de factores: en los espectros de arco depende especialmente de la intensidad de la corriente, según hacen notar Vegas <sup>2</sup> y otros autores.

Por eso, las intensidades dadas por los diversos investigadores a las diferentes líneas de un mismo espectro de arco, no son muy concordantes para algunos elementos.

Vamos a intentar una explicación del por qué las líneas últimas pertenecen a los grupos de líneas más intensas.

Supongamos un arco entre electrodos de carbón o de metal, y que el inferior lleva la substancia problema en pequeña cantidad. Supongamos fijos el potencial, la intensidad y demás factores que influyen en la variación relativa de las intensidades de las líneas.

Ya sabemos que los átomos de los elementos son los que emiten sus espectros de líneas. Si yo he puesto en el electrodo inferior un compuesto de ese elemento, ya por la temperatura, ya por el campo eléctrico, ya por el factor que sea, las moléculas se disocian en átomos y estos átomos emiten sus espectros de líneas. Cada vez que una molécula es disociada, el átomo o átomos resultantes emitirán su espectro completo, pero solamente

---

<sup>1</sup> AN. DE LA SOC. ESP. DE FÍS. Y QUÍM., 15, 493, 1917, y *Trabajos de este Laboratorio*, núm. 39, pág. II.

<sup>2</sup> Tesis Doctoral; AN. DE LA SOC. ESP. DE FÍS. Y QUÍM., Mayo 1918, y *Trabajos de este Laboratorio*, núm. 45.

durante un tiempo muy pequeño; así, que si pudiéramos encontrar placas fotográficas suficientemente sensibles, en ella se reproduciría el espectro del átomo con todas sus rayas; pero en las placas hoy disponibles, de sensibilidad muy reducida para este objeto, solamente saldrán las líneas *más intensas*.

Si en lugar de una molécula disociada hubiese dos, el espectro sería más intenso e irían apareciendo más rayas, y así sucesivamente. Por ello, si en un segundo de exposición se han disociado  $n$  moléculas, la intensidad absoluta de cualquier línea del espectro será la correspondiente a esas  $n$  moléculas. Y, en general, para un tiempo cualquiera de exposición, dependerá del número de moléculas disociadas en la unidad de tiempo y de la duración de la exposición, y a su vez el número de moléculas disociadas en la unidad de tiempo es función de la concentración. Ha de advertirse también que no existe proporcionalidad entre la intensidad de la impresión que produce un rayo de luz sobre una placa fotográfica y la duración de la exposición, pues el aumentar ésta el ennegrecimiento de la placa tiende a un valor límite.

De aquí resulta que para exposiciones pequeñas, será un espectro tanto más intenso cuanto más concentrada esté la sustancia problema, y al disminuir la cantidad de sustancia presente, las rayas desaparecerán con arreglo a su intensidad, de modo que *quedarán últimamente las más intensas*.

Naturalmente, salvando, como ya advertí, la diferente sensibilidad de la placa fotográfica para las distintas radiaciones, lo que hará que el orden de desaparición de las rayas *no sea exactamente* el de su intensidad.

Madrid, Mayo 1918.

---