

# La estructura del espectro del cobalto neutro

POR

M. A. CATALÁN

V

K. BECHERT



Publicado en *Anales de la Sociedad Española  
de Física y Química*, t. XXIII, p. 304

1925

**L**A ESTRUCTURA DEL ESPECTRO DEL COBALTO NEUTRO, *por*  
**M. A. Catalán y K. Bechert.**

*Zusammenfassung.*

In Übereinstimmung mit F. M. Walters finden wir im Co-Bogenspektrum geradzahlige Struktur. Es werden Dublett-, Quartett-, Sextetterme nachgewiesen. Der Grundterm ist ein f-Term des Quartettsystems (bestätigt durch Absorptionsaufnahmen von v. Angerer und Joos). Alle Terme sind verkehrt; das magnetische Moment des Co-atoms beträgt im Grund-Zustand 6 Bohr'sche Magnetonen. Eine neue Form des Auswahlprinzips für die Azimutalquantenzahl wird angegeben. Das Niveauschema des Spektrums zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem des Fe; die Terme sind auffallend regelmässig gelagert. Zusammen sind bis jetzt 517 Linien eingeordnet.

Recientemente F. M. Walters (1) ha publicado una nota en la que da a conocer doce multipletes en el espectro del cobalto; esos multipletes están originados por la combinación de dos términos *p*, dos *d*, un *f* y un término *g*. Todos estos términos deduce Walters que pertenecen a sistemas de cuartetes por la forma y estructura de los multipletes a que dan origen y por el efecto Zeeman de algunas líneas, efecto que ha sido determinado por Rybár (2). Uno de los términos *f* dice Walters que debe ser probablemente el de mayor estabilidad del átomo.

Al mismo tiempo que Walters e independientemente de él, lle-

(1) Walters. *Journ. Wash. Acad.*, Octubre 1924.

(2) Rybár. *Phys. ZS.*, **12**, 889, 1911.

gamos nosotros a resultados análogos, aunque más extensos. La clave para resolver el espectro nos la dió el multiplete  $p'd'$  situado entre  $\lambda 6551$  y  $\lambda 7085$ ; en esta región hay unas cuantas líneas intensas de comportamiento térmico parecido, según las observaciones de King (1) en el horno eléctrico, las cuales constituyen un multiplete de tipo  $pd$ . Las separaciones de estos dos términos  $p$  y  $d$  nos sirvieron para determinar otros muchos multipletes y términos. Hasta la fecha, el número de multipletes analizados es noventa y tres, que comprenden 517 líneas.

Las longitudes de onda que han servido para el cálculo de las  $\nu$  del espectro del cobalto, las hemos tomado de las siguientes fuentes bibliográficas: En el rojo e infrarrojo de las tablas de Kiess y Meggers (2), en el visible y ultravioleta de las de Dhein (3) preferentemente; cuando la línea no ha sido vista por este autor usamos los valores de Krebs (4) o de Stüting (5); en muchos casos, especialmente cuando se trata de líneas muy débiles en el ultravioleta, las únicas medidas disponibles son las de Exuer y Haschek (6), que son las que hemos usado, aunque, naturalmente, corrigiéndolas previamente al sistema internacional.

Para el efecto Zeeman del espectro del cobalto hemos usado las determinaciones de Rybár (7). Debemos hacer constar que los trabajos de King (8), han sido para nosotros de un valor inestimable, tanto por lo que se refiere a la clase de temperatura, como a la intensidad, para la clasificación de las líneas en multipletes.

En la tabla 1 que a continuación sigue, hemos reunido todos los multipletes analizados hasta la fecha, para que sirva de orientación general; a cada multiplete le damos un número de orden para facilitar la comprensión. Las letras mayúsculas indican términos de dobletes, las minúsculas cuartetes, y las griegas sextetes. Los números colocados al lado de las letras sirven para diferenciar términos análogos, pero de diferente valor energético.

- 
- (1) King. *Contributions Mount. Wil. Obs.*, núms. 108 y 181.
  - (2) Kiess y Meggers. *Sc. Pap. Bur. Stand*, **14**, 637, 1918-1919.
  - (3) Dhein. *ZS. wiss. Phot.*, **19**, 289, 1920.
  - (4) Krebs. *ZS. wiss. Phot.*, **16**, 292, 1917
  - (5) Stüting. *Diss. Bonn.*, 1909.
  - (6) Exuer y Haschek. *Spektrem d. Elemente*, Leipzig un Wien, 1911.
  - (7) Rybár. 1. c.
  - (8) King. 1. c.

TABLA 1

## NUMERACIÓN DE LOS MULTIPLETES

Nr.	Designación.	Nr.	Designación.	Nr.	Designación.
1	$P^1 ? D^1$	29	$f^2 \bar{f}^2$	59	$f^2 G^2$
2	$P^1 ? D^2$	30	$f^2 \bar{f}^3$	60	$F^1 d^1$
3	$P^1 ? \bar{F}^1$	31*	$f^1 g^1$	61	$F^1 d^2$
3 a	$P^1 ? \bar{F}^2$	32	$f^1 g^2$	62	$F^1 d^3$
4	$F^1 D^1$	33	$f^1 g^3$	63	$F^1 \bar{f}^1$
5	$F^1 D^2$	34*	$f^2 g^1$	64	$F^1 \bar{f}^2$
6	$F^1 \bar{F}^1$	35	$f^2 g^2$	65	$F^1 \bar{f}^3$
7	$F^1 \bar{F}^2$	36	$f^2 g^3$	66	$F^1 g^1$
8	$F^1 G^1$	37	$p^1 D^2$	67	$F^1 G^2$
9	$F^1 G^2$	38	$p^2 D^1$	68	$F^1 \varphi^1 ?$
10*	$p^1 d^1$	39	$p^2 D^2$	69	$f^1 \delta^1$
11*	$p^1 d^2$	40	$p^1 \bar{F}^1$	70	$f^2 \delta^1$
12	$p^1 d^3$	41	$p^2 \bar{F}^1$	71	$f^1 \bar{\varphi}^1$
13*	$p^2 d^1$	42	$p^2 \bar{F}^2$	72	$f^2 \bar{\varphi}^1$
14*	$p^2 d^2$	43	$P^1 ? d^1$	73	$f^1 \gamma^1$
15	$p^2 d^3$	44	$P^1 ? d^2$	74	$f^2 \gamma^1$
16	$p^1 \bar{f}^1$	45	$P^1 ? d^3$	75	$d^1 f^3$
16 a	$p^1 \bar{f}^3$	46	$P^1 ? \bar{f}^1$	76	$\bar{f}^1 f^3$
17	$p^2 \bar{f}^1$	47	$P^1 ? \bar{f}^2$	77	$g^1 f^3$
18	$p^2 \bar{f}^2$	47 a	$P^1 ? \bar{f}^3$	78	$d^2 f^3$
18 a	$p^2 \bar{f}^3$	48	$f^1 D^1$	79	$\bar{f}^2 f^3$
19*	$f^1 d^1$	49	$f^1 D^2$	80	$g^2 f^3$
20*	$f^1 d^2$	50	$f^2 D^1$	81	$\delta^1 \varphi^1$
21	$f^2 d^3$	51	$f^2 D^2$	82	$\bar{\varphi}^1 \varphi^1$
22*	$f^2 d^1$	52	$f^1 \bar{F}^1$	83	$\gamma^1 \varphi^1$
23*	$f^2 d^2$	53	$f^1 \bar{F}^2$	84	$\bar{F}^1 f^3$
24	$f^2 d^3$	54	$f^2 \bar{F}^1$	85	$G^1 f^3$
25*	$f^1 \bar{f}^1$	55	$f^2 \bar{F}^2$	85 a	$G^2 f^3$
26	$f^1 \bar{f}^2$	56	$f^1 G^1$	86	$\delta^1 f^3$
27	$f^1 \bar{f}^3$	57	$f^1 G^2$	87	$\bar{\varphi}^1 f^3$
28*	$f^2 \bar{f}^1$	58	$f^2 G^1$	88	$\gamma^1 f^3$

Los multipletes que Walters publicó han sido marcados por \*.

El detallar todos los multipletes encontrados lo creemos innecesario, hemos preferido reunir en una tabla al final del trabajo

todas las líneas clasificadas con sus designaciones y dar solamente aquí algunos ejemplos de multipletes de las tres multiplicidades encontradas (dobletes, cuartetes y sextetes).

DOBLETES

Multipl. 9.	$F^1$		
	3	4	
$G^2$	5	60 - 60 R - 40 R - 30 R II 25997,25	
	4	60 - 50 R - 30 R - 20 R II 25672,71	25 - 30 R - 20 r - 20 I <b>1018,43</b> 26691,14
$D^2$	3	4 - 9 - 7 - 3 II A 27631,68	60 r - 40 R - 36 R - 20 II 28650,00
	2	782,60	
		50 R - 40 R - 20 R - 15 II 28414,28	

Multipl. 5	$F^1$		
	3	4	
$D^2$	3	4 - 9 - 7 - 3 II A 27631,68	60 r - 40 R - 36 R - 20 II 28650,00
	2	782,60	
		50 R - 40 R - 20 R - 15 II 28414,28	

INTERCOMBINACIÓN: DOBLETES-CUARTELÉS

Multipl 59	$f^2$				
	2	3	4	5	
$G^2$	5	80 R - 80 R - 50 R - 30 r II 29297,06	8 - 8 - 8 r - 10 I <b>659,82</b>	29956,88	
	4	693,83	693,86		
		40 r - 40 R - 30 R - 20 II 29443,38	10 - 8 r - 8 - 8 I <b>547,51</b>	29990,89	cal.

## CUARTETES

Multipl. 15	$p^2$		
	1	2.	3
4			15—15—12—6 II 24465,09
			<b>696,78</b>
	8—7—6—3 II 24571,85	10—10—10—3 II <b>590,02</b>	25161,87
		<b>481,82</b>	<b>481,80</b>
$d^2$	6—6—6—2 II 24632,09	6—5—4—2 II 25053,67	4—5—5—1 III 25643,67
	<b>421,58</b>	<b>590,00</b>	
	<b>274,01</b>	<b>274,04</b>	
1	7—6—5—2 II 24906,10	421,61 3—3—3—1 II 25327,71	

## INTERCOMBINACIÓN: CUARTETES-SEXTETES

Multipl. 74	$f^2$			
	2	3	4	5
7				(1) 22085,95
				<b>368,74</b>
			21794,98 659,71 (1) 22454,69	
			<b>294,37</b>	<b>294,46</b>
6				
			21541,93 547,42 (1) 22089,35 659,80 22749,15	
		<b>217,83</b>	<b>217,99</b>	
5				
			21374,13 385,63 (1) 21759,76 547,58 22307,34	
4			<b>147,73</b>	<b>147,67</b>
3				
2	(1) 21521,86 385,57 (1) 21907,43			

Estas líneas no han sido observadas por King. Las intensidades que figuran ahí son tomadas de Dhein y no tienen precisión para sacar ninguna consecuencia. Más adelante hablaremos de la intensidad de este multiplete y de la del que a continuación sigue.

Multipl. 73	$f^1$			
	2	3	4	5
7				
6				15—20R—20R—15rI 25568,62
5			10—15R—15R—12I 25121,55	calc.
4		10—10r—10r—10I 24825,12	calc.	calc.
3	8—10r—10—10I 24640,41	calc.	calc.	
2	calc.	calc.		

SEXTES

Multipl. 84	$\gamma^1$	$\varphi^1$
6	calc. 2-1 IV 20107,21 <b>430,74</b> 20537,95	
5	(1 u) 19990,96 <b>294,33</b> 20285,35 <b>368,92</b> 20654,27	547,06 2-3-2 III 25-12-5-1 III <b>483,77</b> 483,83
4	(1) 20256,93 <b>217,80</b> 20474,73 <b>294,45</b> 20769,18	2-1-tr III 20-10-5-1 III <b>383,72</b> 383,80
3	3-1-tr III 20640,65 <b>217,88</b> 20858,53	15-8-4-1 III <b>274,02</b>
2	2-1-tr III 20767,03 <b>147,64</b> 20914,67	10-6-3-tr III <b>163,72</b>
1	6-4-2 III 20930,75	

En la tabla 2 que a continuación sigue, hemos reunido, clasificados por su magnitud, todos los niveles que hemos encontrado hasta la fecha; para el cálculo de los valores que figuran en la tabla se ha dado el valor cero al nivel más profundo del término  $f^1$ , o sea a  $f_5^1$ , y a partir de él se han calculado todos los demás. Sobre los valores absolutos de los términos nada puede decirse por el momento, aunque es probable que el valor del término  $f^1$  sea alrededor de  $65000 \text{ cm}^{-1}$ .

El término  $f^1$  representa el de mayor estabilidad de todos los encontrados y debe ser también el de mayor estabilidad del átomo mismo, por las razones que a continuación siguen:

Angerer y Joos (1) han dado una lista de las líneas del espectro de absorción del cobalto, y nosotros hemos encontrado que estas líneas, salvo algunas pocas situadas en la zona ultravioleta extrema, en la que las medidas de las longitudes de onda son poco precisas para hacer la clasificación, pertenecen a multipletes que contienen los términos  $f^1$  y  $f^2$ , siendo más intensamente absorbidas las líneas del término  $f^1$  que las del  $f^2$ .

En el horno eléctrico de King aparecen como líneas de absorción o invertidas las que contienen alguno de los tres términos más profundos  $f^1$ ,  $f^2$  o  $F^1$ , pero no las que proceden de términos un poco más alejados, como  $p^1$ ,  $p^2$  y  $P^1$ ?, justamente lo que debe esperarse de nuestra clasificación.

Laporte (2) en su trabajo sobre el hierro se ha ocupado de la inversión de los términos de los elementos, desde el cromo al hierro; podemos completar ahora sus conclusiones observando la tabla 2, en la que se ve que *todos los términos del cobalto neutro son invertidos* (3). No hemos encontrado ningún término parcialmente invertido.

El nivel  $f_5^1$ , el más profundo del átomo, nos permite obtener el valor del momento magnético del átomo en su estado normal mediante la fórmula  $\mu = j.g$ , en la que  $g$  representa el factor de separación de Landé (4). El valor obtenido es  $\mu = \frac{9}{2} \cdot \frac{4}{3} = 6$  magnetones de Bohr, número que es igual al que se obtiene para el hierro. Debe hacerse notar que  $\mu = 6$  para el cobalto neutro conduce en dos saltos de un magnetón a  $\mu = 4$  para el  $\text{Co}^{++}$ , que es el valor hallado por la magnetoquímica (5).

(1) Angerer y Joos. *Ann. d. Phys.*, **74**, 743, 1924.

(2) Laporte. *ZS. f. Phys.*, **23**, 162, 1924.

(3) También el níquel tiene todos los términos invertidos, véase U. Bechart y L. A. Sommer. *Sitzungsber. Bayer. Akad.*, 1925.

(4) A. Landé. *ZS. f. Phys.*, **15**, 189, 1923.

(5) Para otras conclusiones respecto a los magnetones espectroscópicos, véase A. Sommerfeld, Alombau, etc., 4.<sup>a</sup> edición, pág. 646 y fig. 132, y respecto a otras relaciones entre los elementos de la fila del hierro, véase M. A. Catalán. *Sitzungsber. Bayer. Akad.*, 1925 y estos ANALES, 1925.

TABLA 2.—TÉRMINOS DEL CO NEUTRO.

Designación.	Valor.	Separaciones.	Términos con que se combinan.
$f_5^1$	0	815,98	
$f_4^1$	815,98	590,85	
$f_3^1$	1406,83	402,47	
$f_2^1$	1809,30		
$f_5^2$	3482,76	659,85	
$f_4^2$	4142,61	547,49	
$f_3^2$	4690,10	385,65	
$f_2^2$	5075,75		
$F_4^1$	7442,39	1018,38	
$F_3^1$	8460,77		
$p_3^1$	13795,44	240,76	
$p_2^1$	14036,20	362,95	
$p_1^1$	14399,15		
$p_3^2$	15183,98	589,96	
$p_2^2$	15773,94	421,60	
$p_1^2$	16195,54		
$P_2^1?$	16470,60		
$\varphi_6^1$	23611,72	243,89	
$\varphi_5^1$	23855,61	470,44	
$\varphi_4^1$	24326,05		
$\delta_5^1$	24627,78	407,18	
$\varphi_3^1$	24733,23	307,88	
$\varphi_2^1$	25041,11	191,61	
$\gamma_7^1$	25137,95		
$\varphi_1^1$	25232,72		
$\delta_4^1$	25269,33		
$\gamma_6^1$	25568,69	470,50	
$\delta_3^1$	25739,83		
$\gamma_5^1$	25937,52	323,30	
$\delta_2^1$	26063,13	187,20	
$\gamma_4^1$	26231,95		
$\delta_1^1$	26250,33		
$\gamma_3^1$	26449,90		
$\gamma_2^1$	26597,55		
$f_5^1$	28345,80	431,39	
$f_4^1$	28777,19		
$g_6^1$	28845,16	439,13	
$f_3^1$	29216,32	424,52	
$g_5^1$	29269,68		
$d_4^1$	29294,49	346,73	
$f_2^1$	29563,05	465,41	
			654,25

Designación	Valor.	Separaciones.			Términos con que se combinan.
$g_4^1$	29735,09				
$d_3^1$	29948,74		367,81		
$g_3^1$	30102,88			494,82	
$d_2^1$	30443,56				
$d_1^1$	30742,55			298,99	
$G_5^1$	31699,61				
$\bar{F}_4^1$	31871,09				
$d_4^2$	32027,42	1033,38			
$g_6^2$	32430,56		754,15		
$g_5^2$	32464,66			34,10	
$d_3^2$	32654,45				
$G_4^1$	32732,99				
$\bar{F}_3^1$	32781,64		708,64		
$f_5^2$	32841,91				
$d_2^2$	33150,60				
$g_4^2$	33173,30	315,17			
$G_5^2$	33439,64				
$d_1^2$	33449,04		501,02		
$D_3^1$	33462,80	693,86			
$\bar{f}_4^2$	33466,78				
$g_3^2$	33674,32	479,03			
$f_3^2$	33945,81			889,58	
$G_4^2$	34133,50	250,30			
$\bar{f}_2^2$	34196,11				
$D_2^1$	34352,38				
$\bar{F}_4^2$	25450,51				
$D_3^2$	36092,40	879,28			
$\bar{F}_3^2$	36329,79			782,66	
$D_2^2$	36875,06				
$d_4^3$	39649,04	696,79			
$d_3^3$	40345,83		481,80		
$d_2^3$	40827,63		274,01		
$d_1^3$	41101,64				
$\bar{f}_5^3$	41225,4				
$g_6^3$	41528,3				
$\bar{f}_4^3$	41918,2	692,8	740,7		
$g_5^3$	42269,0				
$\bar{f}_3^3$	42434,0		515,8		
$a_5$	42609,4				
$\bar{f}_2^3$	42796,7	362,7	541,6		
$g_4^3$	42810,6				
$g_3^3$	43199,4			388,8	
$b_5$	43294,9				
					$f^1, f^2$
					$f^1, f^2$

Designación.	Valor.	Separaciones.	Términos con que se combinan.
$c_4$	43847,5		$f^1, f^2$
$i_3$	44201,9		$f^1, f^2$
$n_1$	44453,0		$f^1, f^2$
$m$	44511,4		$f^1, f^2$
$l_3$	45055,2		$f^1, f^2$
$\varphi_6^1$	45675,88	547,00	$\delta^1, \varphi^1, \gamma^1$
$\varphi_5^1$	46222,88	483,82	
$\varphi_4^1$	46706,70	383,78	
$\varphi_3^1$	47090,48	274,06	
$\varphi_2^1$	47364,54		
$f_5^3$	47524,42	163,78	$\bar{F}^1, G^1, G^2, d^1, d^2, \bar{f}^1, \bar{f}^2, g^1, g^2,$
$\varphi_1^1$	47528,32	677,14	$\delta^1, \varphi^1, \gamma^1$
$f_4^3$	48201,56		
$f_3^3$	48718,46	516,90	
$f_2^3$	49078,33	359,87	

Por lo que respecta a las líneas últimas de Gramont (1), pocas conclusiones pueden sacarse en el espectro del cobalto, pues de las diez líneas que ese autor ha señalado, ocho pertenecen al espectro de chispa. Las dos restantes,  $\lambda$  3453,5 y 3405,1, han sido clasificadas en nuestro esquema como  $f_5^2 g_6^2$  y  $f_5^2 \bar{f}_5^2$ , siendo las más intensas del espectro, y no pertenecen al estado fundamental del átomo  $f^1$ , sino al siguiente,  $f^2$ , que dista unos  $3.000 \text{ cm}^{-1}$  del  $f^1$ .

Como se ve en la tabla 2, todos los términos del cobalto pertenecen a sistemas de *multiplicidad par*, dobletes, cuartetes y sextetes; ello es interesante, porque prueba que la ley de alternancia no termina en el Fe, sino que sigue siendo válida para el Co, a pesar de que ambos elementos están situados en la misma columna de la tabla periódica (2). El término de mayor estabilidad pertenece al sistema de *cuartetes*, y resulta que es un grado menor que en el Fe, que es de *quintetes*, el cual, a su vez, es también un grado menor que en el anterior elemento Mn, cuyo estado fundamental es de *sextetes*. Vemos, pues, que la multiplicidad del

(1) A. de Gramont, C. R., 171, 1106, 1920.

(2) El Ni contiene de nuevo términos impares. Véase para ello Bechert y Sommer, loc. cit.

término más estable va bajando de unidad desde el Mn en adelante (para el Ni es un término de tripletes el más estable (1)).

Al final de la tabla 2 van algunos niveles con las designaciones  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ..... y los valores de  $j$  por subíndices; estos términos no han podido, por ahora, ser totalmente clasificados.

Los términos del cobalto presentan separaciones que, en general, son un poco mayores que los correspondientes del hierro. Comparando en el espectro del cobalto las separaciones de los dobletes con las de los cuartetes y éstas con las de los sextetes, se observa que son mayores aquéllas que esas y esas que éstas. También en el hierro sucede que las separaciones de los tripletes son mayores que las de los quintetes, y las de éstos mayores que las de los sextetes. Parece que ello es un hecho algo general, pues en otros elementos también ocurre que las separaciones de los términos son tanto mayores cuanto menores son las multiplicidades.

A continuación damos una tabla comparativa de la relación entre las separaciones de cada término. En la columna primera figura la designación del término, en la segunda, la relación que debe corresponderle por la regla de Landé (2), y en la tercera, la relación obtenida:

$p^1$ teórico:	5:3	observado:	3,3:5
$p^2$	5:3		5 :3,6
$d^1$	7:5:3		6,6:5:3,0
$d^2$	7:5:3		6,3:5:3,0
$d^3$	7:5:3		7,2:5:2,8
$f^1$	9:7:5		9,7 :7 :4,8
$f^2$	9:7:5		8,4 :7 :4,9
$f^3$	9:7:5		9,2 :7 :4,9
$\tilde{f}^1$	9:7:5		6,9 :7 :5,5
$\tilde{f}^2$	9:7:5		4,6 :7 :3,7
$\tilde{f}^3$	9:7:5		9,5 :7 :4,9
$\delta^1$	9:7:5:3		9,5 :7 :4,8 :2,8
$\tilde{\delta}^1$	11:9:7:5:3		4,2 :8,1 :7 :5,3 :3,3
$\varphi^1$	11:9:7:5:3		10,0 :8,8 :7 :5,0 :3,0
$g^1$	11:9:7		8,2 :9 :7,1
$g^2$	11:9:7		0,4 :9 :6,4
$g^3$	11:9:7		12,2 :9 :6,5
$\gamma^1$	13:11:9:7:5		13,2 :11,3 :9 :6,7 :4,5

(3) Véase Bechert y Sommer, loc. cit.

(1) Landé, ZS. f. Phys., 15, 189, 1923.

Por la simple observación de esta tabla, se deduce que la regla de Landé se cumple en algunos con bastante aproximación, pero en otros, las diferencias entre los valores teóricos y los observados son de alguna importancia. Es indudable que el hierro se ajusta mucho más a la regla de Landé que el cobalto (1).

Debemos hacer notar aquí que el término que ha sido designado como  $P_2^1$  es un término cuya verdadera significación desconocemos. Tiene cuantos azimutales igual a dos y parece, por sus combinaciones, un nivel de tipo  $P$ , pero no nos ha sido posible hallar el nivel  $P_1^1$  que debe existir para completar el supuesto término  $P^1$ . Entra dentro de la posibilidad que ese nivel sea un término de tipo  $s_2$  de cuartetes.

También debemos señalar aquí el hecho de que no es probable que existan términos que no hayamos encontrado todavía, entre  $f^1, f^2, F^1$  y  $p^1, p^2, P^1?$ , pues las líneas a que dieran origen serían líneas de clase de temperatura baja y no quedan por clasificar ninguna línea de baja temperatura. Quizás sea posible encontrar algún nuevo nivel un poco inferior a los niveles  $p$ , porque quedan todavía por clasificar algunas líneas de clase II en la región amarilla y roja.

Sobre la selección de las combinaciones con relación a los cuantos azimutales  $k$ , creemos conveniente hacer las siguientes observaciones (2):

- 1) Para las combinaciones entre términos «isomorfos», son permitidas las transiciones  $\Delta k = \pm 1$ ; no hemos hallado los  $\Delta k = \pm 2$ ; por ejemplo, no hemos encontrado la combinación  $f^1 p^1$ , a pesar de que  $f^1$  es el término más estable del átomo.
- 2) Para las combinaciones entre términos «heteromorfos», son permitidas las transiciones  $\Delta k = 0$  (Regla de Laporte) (3), pero también las  $\Delta k = \pm 2$ ; combinaciones de este tipo han sido señaladas primeramente por Russel (4) en el Ti; también Laporte las ha hecho notar en el Fe (5).

(1) O. Laporte, l. c., y M. A. Catalán, estos ANALES, **22**, 497, 1924.

(2) Sobre la situación relativa de términos isomorfos y heteromorfos, véase M. A. Catalán, Bayer, Akad, l. c.

(3) Laporte. ZS. f. Phys, **23**, 166, 1924.

(4) Russel. Science, **59**, 512, 1924.

(5) Laporte. ZS. f. Phys., **23**, 135, 1924, y **26**, 1, 1924.

3) Las combinaciones  $\Delta k = \pm 1$  entre términos «heteromorfos», no han sido encontradas.

De las investigaciones de uno de nosotros en el Ni, ha resultado que las combinaciones  $\Delta k = \pm 3$  entre términos «isomorfos» son también permitidas; por consiguiente, en resumen, podemos presentar el *principio de selección* del siguiente modo:

$$\begin{aligned}\Delta k &= 0, \pm 2 \dots \text{ (en general pares) entre términos heteromorfos} \\ \Delta k &= \pm 1, \pm 3 \dots \text{ (en general impares) } " " \text{ isomorfos} \end{aligned}(1)$$

Al principio de selección de Landé (2) de los cuantos  $r$  (= Rumpfquantenzahl), que dice que solamente son permitidas las transiciones  $\Delta v = \pm 2$ , solamente hemos encontrado una excepción: La línea  $\lambda 6143,78, v 16272,4$ , que representa con gran exactitud la combinación  $F_3^1 - \bar{\varphi}_3^1$ . Esta línea va puesta en la tabla al final del trabajo, pero con una interrogación, porque no se puede decidir, por ahora, si es o no una simple coincidencia numérica.

En la figura 1, hemos hecho una representación esquemática de los diferentes términos hasta ahora encontrados. Los círculos con punto significan cuartetes; los círculos con aspa, dobletes, y los con cruz, sextetes. Siguiendo la tradicional costumbre, podríamos haber unido por líneas los círculos que producen combinaciones, pero la figura resultante sería de una complicación extraordinaria. Por ello, hemos preferido unir solamente con líneas llenas los que producen multipletes de absorción, y con líneas de trazos, los que dan origen a multipletes  $\Delta k = 2$ . Debe notarse en la figura que ninguno de los términos profundos es de sextetes, y que, en cambio, entre los términos de profundidad media, los tres que sobresalen son  $\delta^1$ ,  $\varphi^1$  y  $\gamma^1$  de sextetes, que están aproximadamente a la misma altura. Luego siguen también, próximamente a igual altura,  $d^1$ ,  $\bar{f}^1$  y  $g^1$  de cuartetes; después,  $D^1$ ,  $\bar{F}^1$  y  $\bar{G}^1$  de dobletes, y también  $g^2$ ,  $\bar{f}^2$  y  $d^2$  de sextetes. Muy poco más altos se encuentran  $G^2$ ,  $\bar{F}^2$  y  $D^2$ , pero después hay un espacio

(1) O. Laporte llega a los mismos resultados, según nos comunica en carta desde Washington.

(2) Landé. ZS. f. Phys., 15, 191, 1923.

relativamente grande, sin términos, hasta la altura en que se encuentran  $g^3$ ,  $\bar{f}^3$  y  $d^3$ . Para hacer resaltar más la situación de

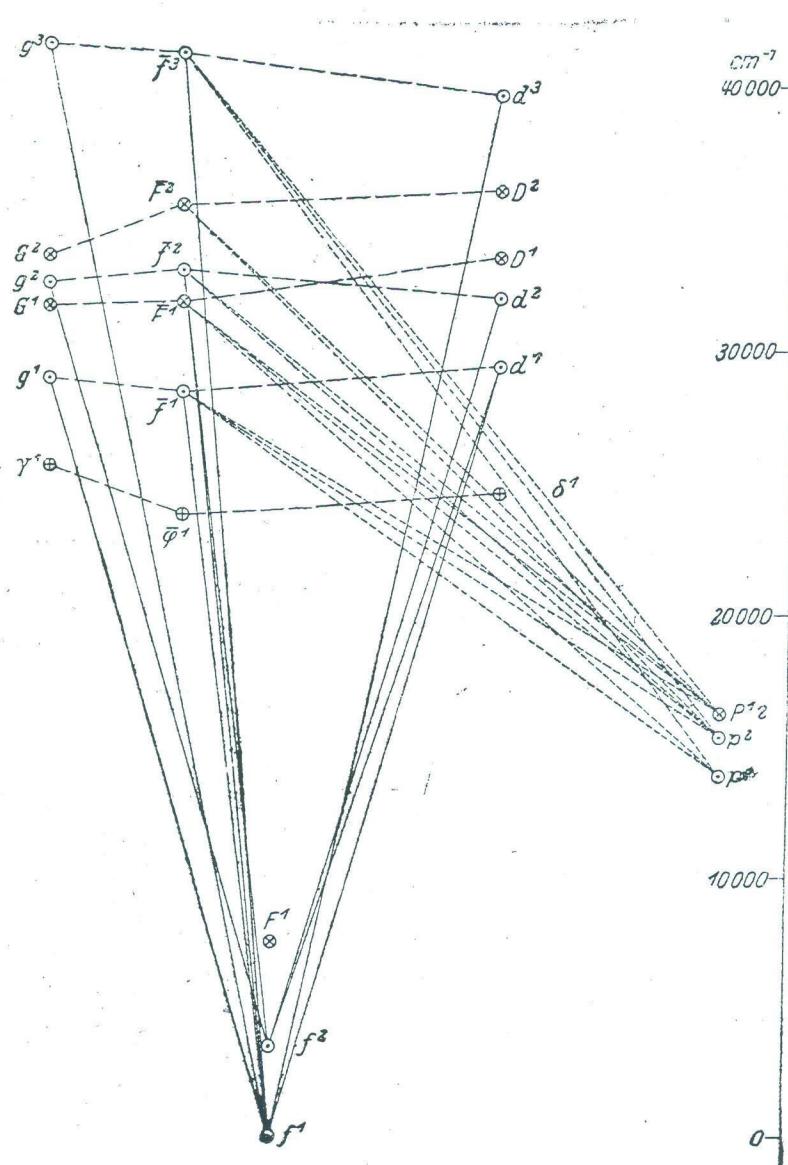


Fig. 1.

cada grupo de tres términos, hemos unido en la figura los términos en cuestión por líneas de trazo largo, que resultan casi horizontales; así, por ejemplo, hay una línea que une  $\gamma^1$ ,  $\bar{\varphi}^1$  y  $\delta^1$ , otra que une  $g^1$ ,  $\bar{f}^1$  y  $d^1$ , etc.

Esta distribución de los términos de magnitud media en el Co es muy semejante a la de los términos del espectro del hierro. En la representación gráfica de este espectro (véase la figura 144 del libro de Sommerfeld, *Atomplan*, 4.<sup>a</sup> edición, página 700), puede

también observarse que términos de la misma multiplicidad, tal como  $\pi^1$ ,  $\bar{\delta}^1$ ,  $\varphi^1$  de sextetes, o  $p^1$ ,  $\bar{d}^1$ ,  $f^1$  de quintetes, o  $P^1$ ,  $\bar{D}^1$ ,  $F^1$  de tripletes, se hallan colocados a alturas muy próximas.

También debe hacerse notar que después de la zona media aparecen términos  $\varphi^1$  y  $f^3$  en el cobalto y sus correspondientes  $D^1$ ,  $d^2$  y  $f^2$  en el hierro, que son isomorfos con los términos de mayor estabilidad del espectro. Estos términos no se combinan, de acuerdo con el principio de selección, con los términos más profundos del átomo, pero en cambio se combinan perfectamente con los términos de la zona media, con la que son heteromorfos, dando lugar a una porción de multipletes situados especialmente en la parte menos refrangible del espectro y formados por líneas de clases de temperatura III y IV y de clases de presión  $C$  y  $d$ . Russell y Sanuders han encontrado en el Ca términos análogos a éstos y los han designado con la notación  $d''$ ,  $f''$ , porque, aun siendo análogos por sus combinaciones a los  $d$  y  $f$ , parecen pertenecer a otro sistema de series diferente al que estos últimos pertenecen.

El espectro del Co ofrece algunas anomalías en cuanto a la intensidad de las líneas de sus multipletes, que es interesante hacer mención. Para que pueda hacerse la comparación más fácil, hemos representado en la tabla 3, esquemáticamente, los multipletes más completos que hemos analizado, pero en lugar de escribir, según costumbre, las  $\nu$ ,  $\Delta\nu$ , etc., damos solamente las intensidades tomadas de King, en arco eléctrico y en horno eléctrico a alta, media y baja temperatura, y, finalmente, en números romanos, la clase de temperatura según King. Cuando la línea clasificada en un multiplete no ha sido observada por King, damos solamente su intensidad en arco y la distinguimos por un paréntesis; si la línea no ha sido observada por ningún autor, solamente calculada, la representamos por calc. En algunos multipletes, tal como el 24 y el 21, en que sólo figura una intensidad para cada línea, los números son representativos de observaciones nuestras sobre placas del espectro de arco y de arco-llama; la letra  $l$ , en estas observaciones, quiere decir que la línea era «larga» en el espectro de arco-llama, o sea de que debe ser de clase de temperatura II, probablemente.

TABLA 3.—INTENSIDAD DE LOS MULTIPLETES DEL CO NEUTRO

I. DOBLETES		Combinación: FD.	
(4)	$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$
$D_3^1$	(1 d)	30—20 R—15 r - 10 II	$D_3^2$ $D_2^2$
$D_2^1$	20—20 R—15 r - 15 I		4—9—7—3 II A 50 R—40 R—20 R—15 II
		Combinación: FF.	
(6)	$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$
$F_4^1$	(1 u)	25—20 R—15 r - 15 I	$F_4^2$ $F_3^2$
$F_3^1$	25—20 R—15 r - 15 I	15—15 r - 12 r - 12 I	25—30 R—20—20 I 70 R—60 R—40 R—25 II
		Combinación: FG.	
(8)	$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$
$G_5^1$	50—50 R—30 R—15 r II	60—60 R—40 R—20 r II	$G_5^2$ $G_4^2$
$G_4^1$		25—25 R—15 r - 12 II	60—50 R—30 R—20 R II
		II. CUARTETES	
		$p_1^2$	$p_1^1$
$d_4^1$	(13)	100—80—80 I	(10)
$d_3^1$		50—50—40—40 I	
$d_2^1$	35—35—25—25 I	(3)	10—12—10—2? III?
$d_1^1$	40—40—30—20 I	5—5—4—2 II	10—12—10—8 I 8—10—8—7 I
		Combinación: pd.	
		$p_2^2$	$p_2^1$
$d_4^1$	(13)	100—80—80 I	(10)
$d_3^1$	60—60—40 - 50 I	50—50—40—40 I	40—30 - 20—20 I
$d_2^1$	40—40—30—25 I	(3)	10—12—10—8 I
$d_1^1$	5—5—4—2 II		3—2—2—? III?
		Combinación: pd.	
		$p_3^2$	$p_3^1$
$d_4^2$	(14)	6—6—6—1 III	(11)
$d_3^2$		calc.	20—15—15—12 I
$d_2^2$	calc.	calc.	25—15—12—8 II
$d_1^2$	calc.	calc.	4—3?—2?—1 II
		Combinación: pd.	
		$p_4^2$	$p_4^1$
$d_4^3$	(15)	15—15—12—6 II	(12)
$d_3^3$		10—10—10—3 II	calc.
$d_2^3$	8—7—6—3 II	4—5—5—1 II	calc.
$d_1^3$	6—6—6—2 II		calc.
	7—6—5—2 II	3—3—3—1 II	calc.

(2)

calc.

calc.

(2)

calc.

calc.

Combinación: *fd.*

	<i>f</i> <sub>2</sub> <sup>2</sup>	<i>f</i> <sub>3</sub> <sup>2</sup>	<i>f</i> <sub>4</sub> <sup>2</sup>	<i>f</i> <sub>5</sub> <sup>2</sup>	<i>f</i> <sub>2</sub> <sup>1</sup>	<i>f</i> <sub>3</sub> <sup>1</sup>	<i>f</i> <sub>4</sub> <sup>1</sup>	<i>f</i> <sub>5</sub> <sup>1</sup>	<i>f</i> <sub>4</sub> <sup>4</sup>	<i>f</i> <sub>5</sub> <sup>4</sup>
<i>d</i> <sub>4</sub> <sup>4</sup>	(1)	10-15 R-15 R -12 I	60-60 R -40 R-30 R II		15-15 R-12 r -10 I	30 r-30 R-30 R -25 I	80 R-80 R-50 R -40 R II			
<i>d</i> <sub>3</sub> <sup>4</sup>	5-8-8-6 I **(1)	15-15 R-12 r-8 II	40-40 R-30 R -20 R II		8-10 r-10-10 I	20 r-20 R-20 R -20 I	50 r-50 R-40 R -25 II			
<i>d</i> <sub>2</sub> <sup>4</sup>	12-12 r-10 r -8 I	25-20 R-18 R -15 r II			15-25 R-20 R -15 I	40 r-40 R-30 R -20 II				
<i>d</i> <sub>1</sub> <sup>4</sup>	20-20 R-15 R -8 I				25 r-25 R-20 R (22)	-20 I				
<i>d</i> <sub>4</sub> <sup>2</sup>		7-8-8-10 I	25 R-25 R -20 R-15 I		100 R-100 R -60 R-40 R II		5-5-5-4 I	4-3-3-3 I	10-12 R-10 r-5 II	
<i>d</i> <sub>3</sub> <sup>2</sup>	8-12 r-9-8 I	25 r-25 R-20 R -15 II	80 R-80 R -50 R-30 r II				calc.	4-3-3-3 I	12-12 R-10 r-5 II	
<i>d</i> <sub>2</sub> <sup>2</sup>	20 r-20 R-20 R -15 I	60 R-50 R-40 R -25 II					5-5-5-4 I	10-8 R-6 r-4 II		
<i>d</i> <sub>1</sub> <sup>2</sup>	25 r-20 R-20 R -20 I						(23)	10-8 R-6-5 II**		
<i>d</i> <sub>4</sub> <sup>3</sup>		1	5	20				1 l	6 l	30 R l
<i>d</i> <sub>3</sub> <sup>3</sup>		6	15					8 l	20 r l	
<i>d</i> <sub>2</sub> <sup>3</sup>		5	10					6 l	15 r l	
<i>d</i> <sub>1</sub> <sup>3</sup>		8						10 r l		

(1) \*\* significa que la línea ha sido clasificada también en otro multiplete.

*Combinación:*  $\overline{f} \overline{f}$ .

$f_2^2$	$f_3^2$	$f_4^2$	$f_5^2$	$f_2^1$	$f_3^1$	$f_4^1$	$f_5^1$
$\bar{f}_5^1$				$1 u$	$20-20R-15R$	$20r-25R-25R$	$100R-100R$
$\bar{f}_4^1$					$-15 I$	$-18 I$	$-80R-50R II$
$\bar{f}_3^1$				$2-4-4-2 II A$	$8-10r-10-10 I$	$15-20R-20R$	$60r-60R-50R$
$\bar{f}_2^1$				calc.	$8-8r-8-7 I$	$-20 I$	$100R-100R$
					$12-15R-15r$	$-30R II$	$-60R-40r II^{**}$
					$6-8-8-8r I$	$50R-50R-40$	$15-20R-20R$
					$-15 I$	$-20 II$	$-10 II$
					$40R-40R-30R$	$20r-20R-20R$	
					$-20 II$	$-15 I$	

$\bar{f}_5^2$	$20r-20R-20R$	$150R-150R$	$10-12R-10R$	$30R-30R-20R$
	-15 I	-100 R-60 R II	-5 II	-10 r II
$\bar{f}_4^2$	$100R-100R$	$60r-60R-40R$	$5-8r-5-3$ II	$20R-20R-15R$
	-60 R-40 r II **	-20 r II	-8 r II	$15r-15R-10r$
$\bar{f}_3^2$	$60r-60R$	$50r-50R-35R$	5-4-4-3 I	$15r-15R-12r$
	-40 R-30 r II	-20 II	-6 r II	-6 r II
$\bar{f}_2^2$	$60R-60R$	$30r-30R-20R$	$15r-15R-12R$	$12r-12R-8r$
	-40 R-25 II	-15 II	6 r II	-3 II

$f_5^3$	5	20	1 l	30 r l
$f_4^3$	5	5	20 r l	6 l
$f_3^3$	5	3 l	15 r l	8 l
$f_3^3$	5	3 l	10 r l	12 R l
$f_2^3$	8			(30)

Combinación:  $f\ g.$ 

$f_2^2$	$f_3^2$	$f_4^2$	$f_5^2$	$f_2^1$	$f_3^1$	$f_4^1$	$f_5^1$
$g_6^1$				20-20R-15r -10 II			100R-100R -80R-60R II 5-6-6-6 I
$g_5^1$				20-20R-15r -15 I			50R-50R-40R -30r II 9-8r-8-8 I
$g_4^1$	6-8?6-6 I	10-12r-12r -10 I	10-10R-10r -12 I		30r-30R-25R -20 I		calc.
$g_3^1$	6-6-5-5 I	6-8-6-6 I	4-10r-8-8 I		25r-25R-25R -20I		cal.
				(34)		(31)	
$g_6^2$				200R-200R -125R-80R II			12-12R-12R -6 II
$g_5^2$				80R-80R-50R -30R II	60R-60R -50R-30r-II		5-5-4-2 II 5-5r II
$g_4^2$	50r-40R-30R -25 II	80R-80R-60R -30R II	30r-30R -20R-15 II		15r-15R-12r -5 II	10-10R-8r-4 II	8-10r-6r-2 II
$g_3^2$	50r-50R -40R-25 II	60R-50R-40R -30R II	25r-25R-20R -15 II		10-10R-8r -5 II	10-10R-8r-4 II	8-10r-10r-2 II
				(35)	(32)		
$g_6^3$				20			30R
$g_5^3$				15			5
$g_4^3$				3			calc.
$g_3^3$	8	10	3		20R	5	calc.
				(36)	$12R^*$		(33)

## III. INTERCOMBINACIONES ENTRE DOBLETES Y CUARTETOS

*Combinación: f  $\bar{F}$ .*

$\bar{F}_4^1$	$f_2^2$	$f_3^2$	$f_4^2$	$f_5^2$	$f_2^1$	$f_3^1$	$f_4^1$	$f_5^1$
	(1)	20 $r$ -20 $R$ -15 $r$	30 $r$ -30 $R$ -30 $R$			2-4-5-3 I A	5-8 $R$ -5-4 II	5-6 $r$ -6-2 II
$\bar{F}_3^1$	3-10-8-3 II A	12-12 $r$ -12-10 I	10-8 $r$ -8-8 I		(54)	2-4-4-2 II A	5-5-5-4 I	calc.

*Combinación: f G.*

$G_5^1$	$G_4^1$	$G_5^2$	$G_4^2$	$f_2^2$	$f_3^2$	$f_4^2$	$f_5^2$	$f_2^1$	$f_3^1$	$f_4^1$	$f_5^1$
	(58)	25 $r$ -25 $R$ -20 I	15-15- $R$ -12 $r$ -12 I	25-25 $R$ -20 $R$ -15 I	2-5-5-2 II A	(56)			8-10 $R$ -8 $r$ -4 II	(1)	
				6-6-6-6 I				4-6-5-3 II	4-6 $r$ -6-3 I	(2)	
$G_5^1$											
	(59)	40 $r$ -40 $R$ -30 $R$ -20 II		80 $R$ -80 $R$ -50 $R$	8-8 $r$ -8-10 I			5-5 $r$ -4-2 II	15 $r$ -15 $R$ -10 $r$		
				-30 $r$ II					-5 II		
					10-8 $r$ -8-8 I			(57)	4-5-3-2 II	7-5 $r$ -3-2 II	(3)

*Combinaciones: F d, F  $\bar{f}$ , F g.*

$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$	$F_4^1$	$F_3^1$	$F_4^1$
$d_4^2$	calc.	15-12 $r$ -10-10 I	$\bar{f}_5^2$	30-30 $R$ -15 $R$ -10 II	$g_6^2$	60-60 $R$ -40 $R$ -20 $R$ II	
$d_3^2$	4-6-6-4 I	2-4-4-2 II A	$\bar{f}_4^2$	40 $R$ -40 $R$ -20 $R$ -15 II	5-4-4-4 I		
$d_2^2$	calc.		$\bar{f}_3^2$	7-8-8-7 I	calc.	6-6-6-4 I	
$d_1^2$			$\bar{f}_2^2$	10 $r$ -8 $r$ -8-6 I		5-7-6-5 I	(67)

## IV. SEXTETES

 Combinaciones:  $\delta\varphi, \varphi\overline{\varphi}, \varphi\gamma$ .

$\delta_1^1$	$\delta_2^1$	$\delta_3^1$	$\delta_4^1$	$\delta_5^1$	$\delta_6^1$
$\varphi_1^1$	3-? -2-III 2-? -2-III	(1)	6-? -2-III 3-2-1-III	(2u) 9-? -2? -III?	
$\varphi_2^1$				5-3-1 III	(1) 12-8? -4? -1 III
$\varphi_3^1$				6-5-2-III	2-1-1-III 15-8-4-1 III
$\varphi_4^1$				10-8-4-1 III	
$\varphi_5^1$					
$\varphi_6^1$					
(81)					
$\varphi_1^1$	$\varphi_2^1$	$\varphi_3^1$	$\varphi_4^1$	$\varphi_5^1$	$\varphi_6^1$
3-2-1-III 4-3-1-III	4-2-1-III 7-5-2-tr-III	5-2-1-III 5-3-2-III	4-2-1-III 6-6-4-1-III	3-2-1-III 10-6-3-tr III	4-2-1-III 15-12-5-1 III
$\varphi_2^1$					20-15-4-1 III
$\varphi_3^1$					30-20-10-3 II
$\varphi_4^1$					
$\varphi_5^1$					
$\varphi_6^1$					
(82)					
$\gamma_1^1$	$\gamma_2^1$	$\gamma_3^1$	$\gamma_4^1$	$\gamma_5^1$	$\gamma_6^1$
6-4-2-III 2-1-tr-III	10-6-3-tr III 3-1-tr-III	15-8-4-1 III 2-1-tr-III	20-10-5-1 III (1 u)	25-12-5-1 III 2-3-2-III	25-12-8-3 III calc.
$\varphi_1^1$					
$\varphi_2^1$					
$\varphi_3^1$					
$\varphi_4^1$					
$\varphi_5^1$					
$\varphi_6^1$					
(83)					

Las combinaciones  $pd$  de cuartetes ofrecen una anomalía muy notable; cuatro de los seis multipletes que existen de este tipo son relativamente intensos, y en cambio, los dos restantes, números 14 y 12, son debilísimos. También ocurre lo mismo con los  $f^1 g^1$  y  $f^2 g^1$  (números 31 y 34). El primero, que debiera esperarse ligeramente más intenso, tiene las líneas de la primera diagonal relativamente intensas, pero, en cambio, los satélites de primero y segundo orden no son observables; en cambio, en el  $f^2 g^1$ , todas las líneas han sido observadas y con diferencias de intensidad relativamente pequeñas. Otras muchas anomalías en cuanto a la intensidad pueden citarse; por ejemplo: en los multipletes 6 y 7 debían ser de igual intensidad las líneas en las parejas  $F_3^1 \bar{F}_4^1 - F_4^1 \bar{F}_3^1$  y  $F_3^1 \bar{F}_4^2 - F_4^1 \bar{F}_3^2$ , y no lo son; también son excepción los multipletes 81 y 82; en el primero, las líneas de la primera diagonal son de menor intensidad que las de la segunda, al revés de lo que debiera esperarse, y, en cambio, las líneas de la primera diagonal del multiplete 82, son de mayor intensidad que las de la segunda diagonal, cosa contraria a lo que la teoría prevee.

Por el momento, nada puede decidirse acerca de si esas anomalías en la intensidad son debidas a imperfecciones en la teoría, en las observaciones o en la clasificación.

Es posible hacer una comprobación parcial de la clasificación de las líneas del cobalto, mediante el estudio del efecto zeeman, de este elemento hecho por Ribar (1); debe hacerse notar que los niveles  $g_3^2$  y  $\bar{f}_3^2$  no dan las separaciones ni las componentes calculadas, y que también esos niveles producen anomalías en las intensidades sin campo magnético. Quizás sea debido a que están muy próximos el uno al otro y tienen igual número de cuantos internos. A continuación van, en la tabla 4, las líneas clasificadas, cuyo efecto zeeman es conocido. En la primera columna damos las longitudes de onda; en la segunda, la designación de la línea en la clasificación, y a continuación, los efectos zeeman calculados, y debajo, los observados con las intensidades también observadas.

(1) Ribar, I. c.

TABLA 4.—EFECTOS ZEEMAN DEL COBALTO.

$\lambda$	Transición	Calc:	(0,33)	(1,00)	(1,67)	...	1,57	2,24	2,90
		Obs:	(0,26)	(0,81)	(1,36)		2,00	2,50	
		I:	3	3	3		1	2	
$\lambda$ 3385,227	$f_4^2 - g_3^2$	Calc:	(0,31)	(0,94)	0,09	0,71	1,34	1,97	
		Obs:	(0,31)	(0,83)		0,75	1,33	1,92	
		I:	4	3		1	2	3	
$\lambda$ 3388,175	$f_3^2 - \bar{f}_2^2$	Calc:	(0,31)	(0,94)	0,09	0,71	1,34	1,97	
		Obs:	(0,31)	(0,83)		0,75	1,33	1,92	
		I:	4	3		1	2	3	
$\lambda$ 3409,176	$f_4^2 - \bar{f}_4^2$	Calc:	(0)	1,24					
		Obs:	(0,25)	1,16 <sup>(1)</sup>					
		I:	10	8					
$\lambda$ 3417,158	$f_3^2 - \bar{f}_3^2$	Calc:	(0)	1,03 <sup>(2)</sup>					
		Obs:	(0,29)	1,02					
		I:	5	3					
$\lambda$ 3455,236	$f_2^1 - d_1^1$	Calc:	(0,20)	0,20	0,60				
		Obs:	(0,20)		0,59				
		I:	3		2				
$\lambda$ 3462,807	$f_2^2 - \bar{f}_3^2$	Calc:	(0,31)	(0,94)	0,09	0,71	1,34	1,97	
		Obs:	(0,24)	(0,73)		0,72	1,15	1,63	
		I:	5	5		1	3	5	
$\lambda$ 3491,324	$f_2^1 - d_2^1$	Calc:	(0,40)	(1,20)	0,00	0,80	1,60		
		Obs:		(1,17)	0,02	0,79	1,58		
		I:		3	2	1	1		
$\lambda$ 3495,685	$f_2^2 - g_3^2$	Calc:	(0,09)	(0,26)	0,66	0,86			
		Obs:	(0,17)	(0,48)		0,91	1,16		
		I:	3	3		1	2 d		
$\lambda$ 3523,438	$f_2^2 - d_1^2$	Calc:	(0,20)	0,20	0,60				
		Obs:	(0,20)		0,59				
		I:	4		3				
$\lambda$ 3550,599	$f_3^1 - \bar{f}_2^1$	Calc:	(0,31)	(0,94)	0,09	0,71	1,34	1,97	
		Obs:	(0,30)	(0,91)			[1,28]	1,89	
		I:	3	2		1	3		
$\lambda$ 3560,896	$f_2^2 - d_2^2$	Calc:	(0,40)	(1,20)	0,00	0,80	1,60		
		Obs:		(1,21)	0,00	0,80	1,60		
		I:		5	3	2	2		

(1) Probablemente enmascarada por  $\lambda$  3409,645  $f_4^2 - D_3^1$ (2)  $\lambda$  3417,796  $f_5^2 - G_4^1$

$\lambda 3585,159 \quad f_4^2 - d_4^2$  Calc: ... (0,48) (0,67) ...  $\overline{1,34}$  ...  
 Obs: (0,51) 4  $\overline{1,36}$   
 I: 2

$\lambda 3605,367 \quad f_4^2 - \bar{F}_4^1$  Calc: (0,05) (0,14) (0,24) (0,33) ...  $\overline{1,19}$  ...  
 Obs: (0,15) 2  $\overline{1,15}$   
 I: 2

$\lambda 3704,061 \quad F_3^1 - \bar{F}_4^2$  Calc: (0,14) (6,43) (0,71) ...  $\overline{1,29}$   $\overline{1,57}$   $\overline{1,86}$   
 Obs: (0,20) (0,54) [1,43] 1  $\overline{1,73}$   
 I: 3 3 2  $d$

$\lambda 3876,840 \quad f_5^2 - g_5^1$  Calc: ... (0,40) (0,57) (0,73) ...  $\overline{1,09}$   $\overline{1,26}$  1,42  
 Obs: (0,52) 4  $\overline{1,17}$   
 I: 2

$\lambda 3894,981 \quad f_2^2 - d_1^1$  Calc: (0,20) 0,20  $\overline{0,60}$   
 Obs: (0,20) 0,60  
 I: 4 3

$\lambda 3940,895 \quad f_2^2 - d_2^1$  Calc: (0,40) (1,20) 0,00  $\overline{0,80}$  1,60  
 Obs: (1,17) 5 0,00 0,79 1,56  
 I: 3 2 2

$\lambda 3973,148 \quad p_3^2 - d_3^3$  Calc: (0,11) (0,34) (0,57) ...  $\overline{1,49}$   
 Obs: [(0,30)] 3 [1,42]  
 I: 3 3

$\lambda 3990,307 \quad p_2^2 - d_2^3$  Calc: (0,27) (0,80) 0,93 (1,46) 2,00  
 Obs: (0,25) 1 1,06 1  
 I: 1

$\lambda 4517,121 \quad \varphi_1^1 - \varphi_2^1$  Calc: (0,87) 0,20  $\overline{1,94}$   
 Obs: (0,82) 1,84 1  
 I: 1

$\lambda 4629,380 \quad \delta_4^1 - \varphi_4^1$  Calc: (0,06) (0,18) (0,30) (0,54) ...  $\overline{1,49}$  ...  
 Obs: (0,31) 4  $\overline{1,48}$   
 I: 3

$\lambda 4663,411 \quad \delta_5^1 - \varphi_5^1$  Calc: (0,10) (0,24) (0,48) (0,67) ...  $\overline{1,49}$  ...  
 Obs: (0,46) 3  $\overline{1,48}$   
 I: 2

TABLA 5.—LÍNEAS CLASIFICADAS EN EL ESPECTRO DEL CO NEUTRO

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
—	2287,86	43695,4	(1)	—	$f_4^1 - m$
—	90,35	647,9	(1)	—	$f_3^1 - l_3$
—	2304,22	384,9	(1 u)	—	$f_4^1 - i_3$
—	09,03	294,9	(1 u)	—	$f_5^1 - b_5$
—	11,65	245,9	(2)	abs.	$f_2^1 - l_3$
—	19,27	103,6	(2)	—	$f_3^1 - m (?)$
—	23,18	031,1	(1)	abs.	$f_4^1 - c_4$
—	35,98	42795,4	(1)	»	$f_3^1 - i_3$
—	44,29	643,7	(1)	»	$f_2^1 - n_1$
—	46,18	609,4	(1 u)	»	$f_5^1 - a_5$
—	53,43	478,2	(2)	»	$f_4^1 - b_5$
—	55,50	440,9	(1)	»	$f_3^1 - c_4$
—	58,21	392,1	(1)	»	$f_2^1 - i_3$
33	65,04	269,7	6	abs.	$f_5^1 - g_5^3$
33	80,52	41994,8	6	—	$f_4^1 - \underline{g}_4^3$
27	84,89	917,9	6	»	$f_5^1 - \underline{f}_4^3$
33	91,99	793,4	(1 u)	»	$f_4^1 - a_5, f_3^1 - g_3^3$
27	2402,12	617,2	8	»	$f_4^1 - \underline{f}_3^3$
33	07,27	528,2	30 R	»	$f_5^1 - g_6^3$
33	11,65	452,8	20 R	»	$f_4^1 - g_5^3$
33	14,47	404,4	12 R	»	$f_3^1 - g_4^3$
27,33	15,32	389,9	12 R	»	$f_3^1 - \underline{f}_2^3, f_2^1 - g_3^3$
27	24,98	224,9	30 R	»	$f_5^1 - \underline{f}_5^3$
27	32,20	102,5	20 R	»	$f_4^1 - \underline{f}_4^3$
—	36,58	028,7	(1)	—	$f_5^2 - m$
27	36,77	025,5	15 r	abs.	$f_3^1 - \underline{f}_3^3$
27	39,03	40987,5	10 r	»	$f_2^1 - \underline{f}_2^3$
—	43,55	911,7	(1)	—	$f_4^2 - l_3$
27	60,81	624,6	3	—	$f_2^1 - \underline{f}_3^3$
27	67,71	511,1	3	—	$f_3^1 - \underline{f}_4^3$
27	73,92	409,3	(1)	—	$f_4^1 - \underline{f}_5^3$
—	76,43	368,5	(1)	—	$f_4^2 - m$
—	76,64	365,1	(1)	—	$f_5^2 - c_4, f_5^2 - l_3$
—	95,56	059,2	(1)	—	$f_4^2 - i_3$
—	2500,51	39979,8	(1)	—	$f_2^2 - l_3$
—	11,03	812,3	(2 u)	—	$f_5^2 - b_5$
—	17,81	705,0	(2)	—	$f_4^2 - c_4$
21	21,40	648,6	30 R	abs.	$f_5^1 - d_4^3$
21	28,97	529,9	20 R	»	$f_4^1 - d_3^3$
—	30,13	511,8	(1)	—	$f_3^2 - i_3$
21	35,93	421,4	15 r	abs.	$f_3^1 - d_2^3$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
—	2538,78	39377,2	(1)	—	$f_2^2 - n_1$
21	44,25	292,5	10 <i>r</i>	abs.	$f_2^1 - d_1^3$
—	53,00	157,8	(2)	—	$f_3^2 - c_4$
—	53,35	152,4	(2)	—	$f_4^2 - b_5$
—	55,06	126,2	(2)	—	$f_5^2 - a_5, f_2^2 - i_8$
21	62,13	018,3	(2)	—	$f_2^1 - d_2^3$
21	67,33	38939,3	8	—	$f_3^1 - d_3^3$
21	74,36	833,0	6	—	$f_4^1 - d_4^3$
36	85,36	667,9	(2)	—	$f_4^2 - g_4^3$
21	94,176	536,37	2	—	$f_2^1 - d_3^3$
36	96,000	509,29	(1)	—	$f_3^2 - g_3^3$
30	2600,991	435,41	(1)	—	$f_5^2 - \bar{f}_4^3$
30	10,770	291,46	(1)	—	$f_4^2 - f_3^3$
21	14,132	242,20	(1)	—	$f_3^1 - d_4^3$
36	22,064	126,52	(1)	—	$f_4^2 - g_5^3$
36	22,252	123,70	(1)	—	$f_2^2 - g_3^3$
36	22,434	121,04	(1)	—	$f_3^2 - g_4^3$
30	23,45	106,5	(1)	—	$f_3^2 - \bar{f}_2^3$
36	27,641	045,61	(2)	—	$f_5^2 - g_6^3$
30	46,420	37775,75	(2)	—	$f_4^2 - \bar{f}_4^3$
30,30	48,648	743,87	(3)	—	$f_5^2 - \bar{f}_5^3, f_3^2 - \bar{f}_3$
30	50,271	720,87	(2)	—	$f_2^2 - \bar{f}_2^3$
30	75,987	358,31	(2)	—	$f_2^2 - \bar{f}_3^3$
30	85,340	228,21	(2)	—	$f_3^2 - \bar{f}_4^3$
30	95,853	083,04	(2)	—	$f_4^2 - \bar{f}_5^3$
24	2761,375	36203,17	(2)	—	$f_4^2 - d_3^3$
24	64,193	166,26	(2)	—	$f_5^2 - d_4^3$
24	66,37	138,8	(2)	—	$f_3^2 - d_2^3$
24	74,964	025,88	(1)	—	$f_2^2 - d_1^3$
24	96,236	35751,83	(2)	—	$f_2^2 - d_2^3$
24	2803,775	655,72	(2)	—	$f_3^2 - d_8^3$
53	14,979	513,81	(1 <i>u</i> )	—	$f_4^1 - \bar{F}_3^2$
24	15,557	506,52	(2)	—	$f_4^2 - d_4^3$
49	18,596	468,24	(1)	—	$f_3^1 - D_2^2$
53	20,003	450,55	(2)	—	$f_5^1 - \bar{F}_4^2$
49	33,928	276,36	(1)	—	$f_4^1 - D_3^2$
24	34,425	270,17	(1)	—	$f_2^2 - d_3^3$
49	50,956	065,67	(1)	—	$f_2^1 - D_2^2$
24	59,660	34958,95	(1)	—	$f_3^2 - d_4^3$
53	62,610	922,92	(2)	—	$f_3^1 - \bar{F}_3^2$
49	82,221	685,32	(1)	—	$f_3^1 - D_5^2$
53	86,448	634,53	(2)	—	$f_4^1 - \bar{F}_4^2$
65	99,801	475,01	(2)	—	$F_4^1 - \bar{f}_4^3 ?$

Nr.	$\lambda_{int}$	$\gamma_{vac}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
65	2911,560	34335,82	(1)	—	$F_3^1 - \bar{f}_3^3$
49	16,041	283,05	(1)	—	$f_2^1 - D_3^2$
57	28,819	133,48	(2)	—	$f_5^1 - G_4^2$
53	2936,551	043,62	(1)	—	$f_3^1 - \bar{F}_4^2$
65	42,630	33973,30	(1)	—	$F_3^1 - \bar{f}_2^3$
26	87,172	466,74	15 r	II	$f_5^1 - \bar{f}_4^2$
57	89,599	439,47	15 r	II	$f_5^1 - G_5^2$
57	3000,554	317,50	7	II	$f_4^1 - G_4^2$
32	13,598	173,30	8	II	$f_5^1 - g_4^2$
26	17,552	129,83	15 r	II	$f_4^1 - \bar{f}_3^2$
48	34,426	32945,59	6	II	$f_3^1 - D_2^1$
62	38,304	903,58	2	III	$F_4^1 - d_3^3$
32	42,482	858,37	8	II	$f_4^1 - g_3^2$
26	44,007	841,91	30 R R	II abs.	$f_5^1 - \bar{f}_5^2$
26	48,892	789,28	12 r	II	$f_3^1 - \bar{f}_2^2$
56	54,136	733,00	(2)	—	$f_5^1 - G_4^1$
57	54,724	726,69	4	II	$f_3^1 - G_4^2$
26	61,825	650,80	20 r	II	$f_4^1 - \bar{f}_4^2$
48	62,198	646,82	5	II	$f_4^1 - D_3^1$
57	64,375	623,63	5	II	$f_4^1 - G_5^2$
48	71,954	543,15	6	I	$f_2^1 - D_2^1$
26	72,346	538,99	15 r R	II	$f_3^1 - \bar{f}_3^2$
32	79,390	464,55	5	II	$f_5^1 - g_5^2$
32	82,614	430,60	12 r R	II	$f_5^1 - g_6^2$
26	86,778	386,86	15 r R	II	$f_2^1 - \bar{f}_2^2$
62	88,676	366,97	1	III A	$F_3^1 - d_2^3$
32	89,593	357,34	10	II	$f_4^1 - g_4^2$
32	98,195	267,50	10	II	$f_3^1 - g_3^2$
62	3103,990	207,28	5	III	$F_4^1 - d_4^3$
55	05,920	187,32	3	II	$f_4^2 - \bar{F}_3^2$
51	06,136	185,04	1	III A	$f_3^2 - D_3^2$
26	10,817	136,60	5	I	$f_2^1 - \bar{f}_3^2$
26	18,240	060,10	5	II	$f_3^1 - \bar{f}_4^2$
48	18,630	056,07	-1	II A	$f_3^1 - D_8^1$
20	21,414	027,51	10 R	II	$f_5^1 - d_4^2$
26	21,560	026,01	10 R	II	$f_4^1 - \bar{f}_5^2$
55	27,244	31967,81	7	I	$f_5^2 - \bar{F}_4^2$
51	28,997	949,89	3	II	$f_4^2 - D_3^2$
56	32,212	917,11	4	II	$f_4^1 - G_4^1$
52	36,721	871,22	5	II	$f_5^1 - \bar{F}_4^1$
32	37,325	865,08	10	II	$f_2^1 - g_3^2$
20	39,943	838,52	12	II	$f_4^1 - d_8^2$
51	43,812	799,34	(1 u)	—	$f_2^2 - D_8^2$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\gamma_{\text{vac}}$	Intensidad	Clase.	Combinación.
32	3147,060	31766,51	15 <i>r</i>	II	$f_3^1 - g_4^2$
20	49,304	743,89	10	II	$f_3^1 - d_2^2$
56	53,692	699,71	(1)	—	$f_5^1 - G_5^1$
48	58,293	653,54	(1)	—	$f_2^1 - D_5^1$
32	58,769	648,81	12 <i>R</i>	II	$f_4^1 - g_5^2$
55,20	59,660	639,78	10 <i>R</i>	II	$f_3^2 - \bar{F}_3^2, f_2^1 - d_1^2$
52	86,346	374,87	5	I	$f_3^1 - \bar{F}_3^1$
20	89,756	341,33	5	I	$f_2^1 - d_2^2$
56	91,300	326,16	4	II	$f_3^1 - G_4^1$
55	93,162	307,90	5	II	$f_4^2 - \bar{F}_4^2$
55	98,664	254,05	5	II	$f_2^2 - \bar{F}_3^2$
20	99,325	247,59	4	I	$f_3^1 - d_3^2$
20	3203,030	211,45	4	I	$f_4^1 - d_4^2$
52	19,155	055,11	5	II	$f_4^1 - \bar{F}_4^1$
51	23,147	016,65	1	III A	$f_2^2 - D_3^2$
52	27,80	30972,03	2	II A	$f_2^1 - \bar{F}_3^1$
56	37,028	883,65	8	II	$f_4^1 - G_5^1$
55	49,994	760,44	6	II	$f_3^2 - \bar{F}_4^2$
20	64,842	620,57	5	I	$f_3^1 - d_4^2$
52	81,581	464,36	2	I A	$f_3^1 - \bar{F}_4^1$
59	3333,390	29990,89	10	I	$f_4^2 - G_4^2$
29	34,151	984,06	30 <i>r</i>	II	$f_5^2 - \bar{f}_4^2$
59	37,175	956,88	8	I	$f_5^2 - G_5^2$
29	54,386	803,17	20	II	$f_4^2 - \bar{f}_3^2$
35	67,114	690,52	30 <i>r</i>	II	$f_5^2 - g_4^2$
50	70,330	662,20	10	I	$f_3^2 - D_2^1$
35	85,227	531,68	25 <i>r</i>	II	$f_4^2 - g_3^2$
29	88,175	505,97	30 <i>r</i>	II	$f_3^2 - \bar{f}_2^2$
59	95,378	443,38	40 <i>r</i>	II	$f_3^2 - G_4^2$
26	3405,120	359,15	150 <i>R</i>	II abs.	$f_5^2 - \bar{f}_5^2$
29	09,176	324,21	60 <i>r</i>	II	$f_4^2 - \bar{f}_4^2$
50	09,645	320,18	(2)	—	$f_4^2 - D_3^1$
59	12,335	297,06	80 <i>R</i>	II	$f_4^2 - G_5^2$
19	12,636	294,50	80 <i>R</i>	II abs.	$f_5^1 - d_4^1$
50	14,738	276,46	(5 <i>R</i> )	—	$f_2^2 - D_2^1$
31	15,527	269,70	5	I	$f_5^1 - g_5^1$
29	17,158	255,72	50 <i>r</i>	II	$f_3^2 - \bar{f}_3^2$
58	17,796	250,27	6	I	$f_5^2 - G_4^1$
19	31,579	132,80	50 <i>r</i>	II	$f_4^1 - d_3^1$
29	33,043	120,36	60 <i>R</i>	II	$f_2^2 - \bar{f}_2^2$
19	42,924	036,79	40 <i>r</i>	II	$f_3^1 - d_2^1$
35	43,646	030,70	80 <i>R</i>	II abs.	$f_4^2 - g_4^2$
35	49,171	28984,19	60 <i>R</i>	II	$f_8^2 - g_8^2$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
35	3449,443	28981,91	60 R	II	$f_5^2 - g_5^2$
35	53,513	947,76	200 R	II abs.	$f_5^2 - g_6^2$
19	55,236	933,32	25 r	I	$f_2^1 - d_1^1$
31	56,936	919,10	9	I	$f_4^1 - \underline{g}_4^1$
7	60,732	887,37	4	I	$F_4^1 - \overline{F}_3^2$
29	62,807	870,06	60 r	II	$f_2^2 - \overline{f}_3^2$
31	65,796	845,18	100 R	II abs.	$f_5^1 - \underline{g}_6^1$
29,25	74,019	776,89	100 R	II abs.	$f_3^2 - \overline{f}_4^2, f_5^1 - \overline{f}_4^1$
50	74,536	772,61	6	I	$f_3^2 - D_3^1$
16 a	76,002	760,47	(1)	—	$p_2^1 - \overline{f}_2^3$
29	83,415	699,28	20 r	I	$f_4^2 - \overline{f}_5^2$
5	89,406	650,00	60 r	II	$F_4^1 - D_3^2$
54,16 a	90,741	639,05	10	I	$f_4^2 - \overline{F}_3^1, p_3^1 - \overline{f}_3^3$
19	91,324	634,26	15	I	$f_2^1 - d_2^1$
35	95,685	598,53	50 r	II	$f_2^2 - g_3^2$
58	96,682	590,38	15	I	$f_4^2 - G_4^1$
23	3502,281	544,69	100 R	II abs.	$f_5^2 - d_4^2$
19	02,620	541,82	20 r	I	$f_3^1 - d_3^1$
23	06,315	511,85	80 R	II	$f_4^2 - d_3^2$
35	09,844	483,18	50 r	II	$f_3^2 - g_4^2$
19	10,419	478,52	30 r	I abs.	$f_4^1 - d_4^1$
23	12,643	460,48	60 R	II	$f_3^2 - d_2^2$
31	13,483	453,67	50 R	II	$f_4^1 - g_5^1$
5	18,353	414,28	50 R	II	$F_3^1 - D_2^2$
25	20,087	400,29	15	II	$f_4^1 - \overline{f}_3^1$
54	21,572	388,32	30 r	I	$f_5^2 - \overline{F}_4^1$
50	21,740	386,97	5	I	$f_2^2 - D_3^1$
23	23,438	373,28	25 r	I	$f_2^2 - d_1^2$
25	26,856	345,79	100 R	II abs.	$f_5^1 - \overline{f}_5^1$
31	29,037	328,27	30 r	I	$f_3^1 - g_4^1$
35	29,815	322,03	80 R	II abs.	$f_4^2 - g_5^2$
31	33,363	293,59	25 r	I	$f_2^1 - g_3^1$
58	42,976	216,82	2	II A	$f_5^2 - G_5^1$
25	50,599	156,24	20 r	I	$f_3^1 - \overline{f}_2^1$
19	52,719	139,45	8	I	$f_2^1 - d_3^1$
54	58,780	091,52	12	I	$f_3^2 - \overline{F}_3^1$
23	60,896	074,83	20 r	I	$f_2^2 - d_2^2$
58	64,955	042,86	25 r	I	$f_3^2 - G_4^1$
7	69,382	008,09	80 R	II	$F_4^1 - \overline{F}_4^2$
23	74,964	27964,37	25 r	I	$f_3^2 - d_3^2$
25	75,361	961,25	60 r	II	$f_4^1 - \overline{f}_4^1$
19	84,796	887,66	15	I	$f_3^1 - d_4^1$
23	85,159	884,85	25 R	I	$f_4^2 - d_4^2$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad	Clase.	Combinación.
7	3587,188	27869,07	70 R	II	$F_3^1 - \bar{F}_3^2$
25	94,869	809,53	50 R	II	$f_3^1 - \bar{f}_3^1$
25	3602,081	753,84	40 R	II	$f_2^1 - \bar{f}_2^1$
54	05,367	728,55	20 r	I	$f_4^2 - \bar{F}_4^1$
54	08,317	705,87	3	II A	$f_2^2 - \bar{F}_3^1$
5	18,006	631,68	4	II A	$F_3^1 - D_3^2$
23	24,955	578,71	8	I	$f_2^2 - d_3^2$
58	27,807	557,04	25 r	I	$f_4^2 - G_5^1$
25	31,340	529,86	20 r	I	$f_4^1 - \bar{f}_5^1$
25	47,663	407,04	12	I	$f_2^1 - \bar{f}_3^1$
25	52,544	370,41	15	I	$f_3^1 - f_4^1$
23	56,965	337,32	7	I	$f_3^2 - \bar{d}_4^2$
18 a	68,65	250,3	1	III	$p_3^2 - \bar{f}_3^3$
54	77,980	181,13	(1)	—	$f_3^2 - \bar{F}_4^1$
7	3704,061	26989,74	25	I	$F_3^1 - \bar{F}_4^2$
18 a	39,450	734,33	(1 u)	—	$p_3^2 - \bar{f}_4^3$
9	45,501	691,14	25	I	$F_4^1 - G_4^2$
47 a	97,465	325,91	(1)	—	$P_2^1? - \bar{f}_2^3$
34	3808,106	252,35	10	I	$f_5^2 - g_4^1$
67	11,070	231,94	5	I	$F_4^1 - g_3^2$
64	41,460	024,35	5	I	$F_4^1 - f_4^2$
4	42,056	020,37	30	II	$F_4^1 - D_3^1$
9	45,474	25997,25	60	II	$F_4^1 - G_5^2$
34	50,949	960,30	4	I A	$f_4^2 - g_3^1$
4	61,168	891,59	20	I	$F_3^1 - D_2^1$
12	66,839	853,61	(2)	—	$p_3^1 - d_4^3$
22	73,117	811,70	60	II	$f_5^2 - d_4^1$
22	73,957	806,10	40	II	$f_4^2 - d_3^1$
34	76,840	786,91	20	I	$f_5^2 - g_5^1$
22	81,877	753,47	25	I	$f_3^2 - d_2^1$
64	84,609	735,35	10	I	$F_3^1 - \bar{f}_2^2$
67	85,281	730,89	6	I	$F_4^1 - g_4^2$
9	94,086	672,71	60	II	$F_3^1 - G_4^2$
22	94,981	666,82	20	II	$f_2^2 - d_1^1$
15	98,499	643,67	4	III	$p_3^2 - d_2^3$
34	3906,296	592,48	10	I	$f_4^2 - g_4^1$
73	09,941	568,62	15	I	$f_5^1 - \gamma_6^1$
64	22,764	485,03	7	I	$F_3^1 - \bar{f}_3^2$
34	33,921	412,77	6	I	$f_3^2 - g_3^1$
64	35,974	399,52	30	II	$F_4^1 - \bar{f}_5^2$
22	40,895	367,79	12	I	$f_2^2 - d_2^1$
34	41,735	362,38	20	II	$f_5^2 - g_6^1$
6	45,323	339,32	15	I	$F_4^1 - \bar{F}_8^1$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
15	3947,132	25327,71	3	II	$p_2^2 - d_1^3$
28	52,329	294,40	8	I	$f_5^2 - \bar{f}_4^1$
8	52,923	290,60	25	II	$F_4^1 - G_4^1$
69	56,276	269,16	(2)	—	$f_5^1 - \delta_4^1$
22	57,935	258,67	15	II	$f_3^2 - d_3^1$
67	65,016	213,56	1	II A	$F_3^1 - g_3^2$
61	65,239	212,04	2	II A	$F_4^1 - d_3^2$
15	73,148	161,87	10	II	$p_3^2 - d_3^3$
22	74,732	151,83	10	I	$f_4^2 - d_4^1$
34	78,656	127,04	10	I	$f_4^2 - g_5^1$
73	79,525	121,55	10	I	$f_4^1 - \gamma_5^1$
28	87,121	073,69	6	I	$f_4^2 - \bar{f}_3^1$
15	90,307	053,67	6	II	$p_2^2 - d_2^3$
34	91,693	044,97	6	I	$f_3^2 - g_4^1$
34	94,541	027,12	6	I	$f_2^2 - g_3^1$
67	95,312	022,28	60	II	$F_4^1 - g_5^2$
64	97,909	006,03	40	II	$F_3^1 - f_4^2$
4	98,554	002,00	(1 d)	—	$F_3^1 - D_3^1$
69	4011,098	24923,81	2	I A	$f_4^1 - \delta_3^1$
15	13,950	906,10	7	II	$p_1^2 - d_1^3$
28,22	19,300	872,95	5	I	$f_3^2 - \bar{f}_2^1, f_2^2 - d_3^1$
28	20,904	863,02	20	I	$f_5^2 - f_5^1$
73	27,044	825,12	10	I	$f_3^1 - \gamma_4^1$
67	45,397	712,49	20	I	$F_3^1 - g_4^2$
69	54,627	656,24	(2)	—	$f_3^1 - \delta_2^1$
73	57,199	640,61	5	I	$f_2^1 - \gamma_3^1$
28	58,188	634,61	8	I	$f_4^2 - \bar{f}_4^1$
15	58,603	632,09	6	II	$p_1^2 - d_2^3$
45	58,762	631,13	(1)	—	$P_2^1? - d_1^3$
22	63,19	604,30	(1)	—	$f_3^2 - d_4^1$
61	66,378	585,00	15	I	$F_4^1 - d_4^2$
15	68,553	571,85	8	II	$p_2^2 - d_3^3$
28	76,134	526,15	3	I A	$f_3^2 - \bar{f}_3^1$
28	82,606	487,28	2	I A	$f_2^2 - \bar{f}_2^1$
15	86,307	465,09	15	II	$p_3^2 - d_4^3$
69	88,319	453,06	(2 d i)	I A	$f_4^1 - \delta_4^1$
69	90,351	440,91	(2)	—	$f_2^1 - \delta_1^1$
6	92,397	428,68	25	I	$F_4^1 - \bar{F}_4^1$
45	4104,430	357,08	2	III	$P_2^1? - d_2^3$
69	08,488	333,01	(1)	—	$f_3^1 - \delta_3^1$
82	09,69	325,90	(1)	—	$f_5^1 - \varphi_4^1$
6	10,544	320,84	25	I	$F_3^1 - \bar{F}_3^1$
8	18,784	272,18	50	II	$F_3^1 - G_4^1$

Nr.	$\lambda_{int}$	$\nu_{vac}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
8	4121,329	24257,19	60	II	$F_4^1 - G_5^1$
28	30,538	203,12	(1 u)	—	$f_4^2 - \bar{f}_5^1$
61	32,15	193,7	4	I	$F_3^1 - d_3^2$
28	50,442	087,05	2	II A	$f_3^2 - \bar{f}_4^1$
69	77,59	23930,55	(1)	—	$f_2^1 - \delta_3^1$
87	80,71	912,67	(1)	—	$\varphi_6^1 - f_5^3$
45	87,248	875,34	4	II	$P_2^1? - d_3^3, \varphi_4^1 - f_4^3$
87	89,50	862,47	(1)	—	$f_3^1 - \delta_4^1$
72	90,709	855,61	20	I	$f_5^1 - \varphi_5^1$
69	98,424	811,77	(2)	—	$f_4^1 - \delta_5^1$
87	4223,78	668,83	(1)	—	$\varphi_5^1 - f_5^3$
72	29,990	634,09	(2 di)	—	$f_3^1 - \varphi_2^1$
71	33,996	611,72	2	IA	$f_5^1 - \varphi_6^1$
86	40,79	573,84	(1)	—	$\delta_5^1 - f_4^3$
72	52,303	510,00	12	I	$f_4^1 - \varphi_4^1$
87	59,880	468,25	(1 u)	—	$\varphi_3^1 - f_4^3$
71	68,031	423,44	(1 u)	—	$f_2^1 - \varphi_1^1$
6	70,423	410,31	(1 u)	—	$F_3^1 - \bar{F}_4^1$
72	85,787	326,40	6	I	$f_3^1 - \varphi_3^1$
72	4303,236	231,81	3	IA	$f_2^1 - \varphi_2^1$
87	09,418	198,49	(3)	—	$\varphi_4^1 - f_5^3$
37	31,63	079,55	(1)	—	$p_3^1 - D_2^2$
87	50,65	978,68	(1)	—	$\delta_3^1 - f_3^3$
87	59,447	932,86	(1 u)	—	$\delta_4^1 - f_4^3$
72	61,040	923,88	(1 u)	—	$f_2^1 - \varphi_3^1$
82	61,918	22919,27	(1 u)	—	$f_3^1 - \varphi_4^1$
87	66,236	896,60	(2 u)	—	$\delta_5^1 - f_5^3$
82	74,940	851,06	3	III	$\varphi_5^1 - \varphi_4^1$
82	91,59 (*)	764,43	5	III	$\varphi_4^1 - \varphi_3^1$
74	94,53	749,15	(1)	—	$f_5^2 - \gamma_4^1$
66	4411,786	660,21	(1)	—	$F_4^1 - g_3^1$
87	12,74	655,28	1	—	$\delta_2^1 - f_3^3$
82	17,425	631,28	5	III	$\varphi_3^1 - \varphi_2^1$
82	21,359	611,15	4	III	$\varphi_6^1 - \varphi_5^1$
60	41,950	560,33	(1)	—	$F_4^1 - d_3^1$
82	45,730	487,20	4	III	$\varphi_2^1 - \varphi_1^1$
87	50,79	461,61	(1)	—	$\delta_3^1 - f_4^3$
74	52,166	454,69	(1)	—	$f_5^2 - \gamma_5^1$
82	66,888	380,69	10	III	$\varphi_4^1 - \varphi_4^1$
82	69,569	367,26	15	III	$\varphi_5^1 - \varphi_5^1$
82	71,578	357,22	5	III	$\varphi_3^1 - \varphi_2^1$

(\*) Media de los valores de Krebs, Dhein y Exner-Hasebeck.

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
82	4478,345	22323,43	4	III	$\varphi_2^1 - \varphi_2^1$
74	81,577	307,34	(1 u)	—	$f_4^2 - \gamma_3^1$
37	83,582	297,36	(3 u)	—	$p_3^1 - D_3^2$ ?
82	83,946	295,55	3	III	$\varphi_1^1 - \varphi_1^1$
66	84,516	292,72	(2)	—	$F_4^1 - g_4^1$
88	89,40	268,40	(1)	—	$\gamma_3^1 - f_3^3$
88	90,306	263,93	(2)	—	$\gamma_5^1 - f_4^3$
87	92,070	255,23	(4)	—	$\delta_4^1 - f_5^3$
82	4517,121	131,81	4	III	$\varphi_1^1 - \varphi_2^1$
74	25,802	089,35	(1)	—	$f_4^2 - \gamma_4^1$
74	26,501	085,95	(1)	—	$f_5^2 - \gamma_6^1$
81	27,936	078,90	2	III	$\delta_5^1 - \varphi_4^1$
82	30,985	064,08	30	II	$\varphi_6^1 - \varphi_6^1$
37	32,605	056,20	(1)	—	$p_2^1 - D_3^2$
82	33,998	049,42	7	III	$\varphi_2^1 - \varphi_3^1$
82	43,836	21973,50	6	III	$\varphi_3^1 - \varphi_4^1$
88	53,331	955,81	(2)	—	$\gamma_6^1 - f_5^3$
74	63,56	907,43	(1)	—	$f_3^2 - \gamma_2^1$
82	65,600	896,81	15	III	$\varphi_4^1 - \varphi_5^1$
60	74,938	852,11	(1)	—	$F_4^1 - d_4^1$
66	80,133	827,33	4	I A	$F_4^1 - g_5^1$
81	80,964	821,38	(1)	—	$\delta_4^1 - \varphi_3^1$
82	81,618	820,25	20	III	$\varphi_5^1 - \varphi_6^1$
74	86,932	794,98	(2)	—	$f_4^2 - \gamma_5^1$
70	88,700	786,58	1	I A	$f_5^2 - \delta_4^1$
63	91,375	773,89	(1)	I	$F_4^1 - \bar{f}_3^1$
74	94,356	759,76	(1)	—	$f_3^2 - \gamma_3^1$
39	4608,903	691,08	(2)	—	$p_3^2 - D_2^2$
81	23,024	624,82	(2)	—	$\delta_3^1 - \gamma_2^1$
70	28,938	597,67	(2)	—	$f_4^2 - \delta_3^1$
81	29,380	595,13	15	III	$\delta_5^1 - \varphi_5^1$
88	31,10	587,12	(1)	—	$\gamma_5^1 - f_5^3$
74	40,813	541,93	(3)	—	$f_3^2 - \gamma_4^1$
74	45,143	521,86	(1)	—	$f_2^2 - \gamma_2^1$
60	52,470	487,97	(1)	—	$F_3^1 - d_3^1$
81	57,399	465,23	(2)	—	$\delta_2^1 - \varphi_1^1$
81	63,411	437,55	12	III	$\delta_4^1 - \varphi_4^1$
74	77,246	374,13	(1)	—	$f_2^2 - \gamma_3^1$
81	82,363	350,79	9	III ?	$\delta_3^1 - \varphi_3^1$
63	85,851	334,88	(1 u)	—	$F_4^1 - \bar{f}_4^1$
81	93,193	301,51	6	IV ?	$\delta_2^1 - \varphi_2^1$
81	98,370	278,05	3	IV ?	$\delta_1^1 - \varphi_1^1$
66	99,171	274,42	(2)	—	$F_3^1 - g_4^1$

Nr.	$\lambda_{\text{int}}$	$\nu_{\text{vac}}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
42	4727,646	21145,83	(1)	—	$p_3^2 - \bar{F}_3^2$
70	27,924	145,04	3	I A	$f_5^1 - \bar{\delta}_5^1$
70	32,010	126,78	(2)	—	$f_4^2 - \bar{\delta}_4^1$
81	34,834	114,18	2	III?	$\bar{\delta}_1^1 - \varphi_2^1$
39	37,776	101,18	2	II A	$p_3^2 - D_2^2$
81	49,684	048,15	10	III	$\bar{\delta}_5^1 - \varphi_6^1$
81	54,372	027,41	3	III	$\bar{\delta}_2^1 - \varphi_3^1$
81	68,096	20966,89	5	III	$\bar{\delta}_3^1 - \varphi_4^1$
81	71,105	953,67	6	III	$\bar{\delta}_4^1 - \varphi_5^1$
83	76,328	930,75	6	III	$\gamma_2^1 - \varphi_1^1$
83	80,001	914,67	10	III	$\gamma_3^1 - \varphi_3^1$
39	81,426	908,43	3	II A	$p_3^2 - D_3^2$
63	82,561	903,47	(1)	—	$F_4^1 - \bar{f}_5^1$
83	92,867	858,53	15	III	$\gamma_4^1 - \varphi_3^1$
72	96,376	843,28	1	II A	$f_5^2 - \varphi_4^1$
83	4813,482	769,18	20	III	$\gamma_5^1 - \varphi_2^1$
83	14,984	767,03	2	III	$\gamma_2^1 - \varphi_2^1$
70	37,852	664,57	(2)	—	$f_2^2 - \bar{\delta}_3^1$
83	40,267	654,27	25	III	$\gamma_6^1 - \varphi_5^1$
83	43,462	640,26	3	III	$\gamma_3^1 - \varphi_3^1$
72	55,233	590,60	(1)	—	$f_4^2 - \varphi_3^1$
42	63,457	555,37	(1)	—	$p_2^2 - \bar{F}_3^2$
83	67,680	537,95	25	II	$\gamma_5^1 - \varphi_6^1$
70	80,22	485,18	(1)	—	$f_4^2 - \bar{\delta}_5^1$
83	82,712	474,73	2	III	$\gamma_4^1 - \varphi_4^1$
2	99,519	404,50	2	III A	$P_2^1? - D_2^2$
72	4907,12	372,86	(1)	—	$f_5^2 - \varphi_5^1$
72	12,404	350,97	1	I A	$f_3^2 - \varphi_2^1$
39	20,264	318,47	1	III A	$p_2^2 - D_3^2$
83	28,292	285,35	2	III	$\gamma_5^1 - \varphi_5^1$
42	32,876	266,51	(3 d i)	—	$p_3^2 - \bar{F}_4^2$
83	35,21	256,93	(1)	—	$\gamma_3^1 - \varphi_4^1$
72	53,180	183,43	2	I A	$f_4^2 - \varphi_4^1$
72	59,685	156,96	(1)	—	$f_2^2 - \varphi_1^1$
72	66,580	128,98	2	I A	$f_5^2 - \varphi_6^1$
83	71,956	107,21	2	IV	$\gamma_6^1 - \varphi_6^1$
72	88,02	042,5	2	I A	$f_3^2 - \varphi_3^1$
83	5000,87	19990,96	(1)	—	$\gamma_4^1 - \varphi_5^1$
72	07,288	965,35	(2)	—	$f_2^2 - \varphi_2^1$
76	13,358	941,16	(1)	—	$\bar{f}_4^1 - f_3^3$
76	33,36	861,93	(1)	—	$\bar{f}_3^1 - f_2^3$
3 a	34,02	859,32	(1)	—	$P_2^1? - \bar{F}_3^2$
2	94,943	621,86	8	III	$P_2^1? - D_3^2$

Nr.	$\lambda_{int}$	$\nu_{vac}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
76	5122,744	19515,27	8	IV ?	$\underline{f}_2^1 - f_2^3$
76	26,200	502,20	10	IV ?	$\underline{f}_3^1 - f_3^3$
76	46,775	424,24	15	IV ?	$\underline{f}_4^1 - f_4^3$
11	49,800	412,84	4	II	$p_2^1 - d_1^2$
11	65,148	355,15	3	IV ?	$p_3^1 - d_2^2$
76	5212,702	178,59	25	III	$\underline{f}_5^1 - f_5^3$
76	19,015	155,38	2	V	$\underline{f}_2^1 - f_3^3$
11	30,204	114,40	25	II	$p_2^1 - d_2^2$
11	47,912	049,91	15	II	$p_1^1 - d_1^2$
76	65,780	18985,28	4	V	$\underline{f}_3^1 - f_4^3$
77	66,484	982,43	25	II	$g_3^1 - f_3^3$
77	68,490	975,50	10	III	$g_3^1 - f_2^3$
77	80,632	931,87	20	III	$g_5^1 - f_4^3$
11	5301,036	859,00	15	II	$p_3^1 - d_3^2$
75	26,239	769,77	3	IV	$d_3^1 - f_3^3$
11	31,450	751,42	15	II	$p_1^1 - d_2^2$
76	32,650	747,21	5	III	$\underline{f}_4^1 - f_5^3$
77	52,046	679,26	20	III	$g_6^1 - f_5^3$
75	64,84	634,74	(2)	—	$d_2^1 - f_2^3$
11	69,580	618,27	20	I	$p_2^1 - d_3$
77	70,350	615,59	(1)	—	$g_3^1 - f_3^3$
38	81,120	578,34	5	III	$p_2^2 - D_2^1$
77	5413,734	466,42	(1 u)	—	$g_4^1 - \underline{f}_4^3$
18	26,74	422,16	(1)	—	$p_2^2 - f_2^2$
75	52,299	335,81	3	V	$d_1^1 - f_2^3$
38	69,302	278,80	4	III A	$p_3^2 - D_3^1$
75	70,463	274,93	4	V	$d_2^1 - f_3^3$
75	77,081	252,84	5	V	$d_3^1 - f_4^3$
11	83,336	232,02	40	I	$p_3^1 - d_4^2$
75	83,950	229,99	10	V	$d_4^1 - \underline{f}_5^2$
18	5501,511	171,79	(1)	—	$p_2^2 - \underline{f}_3^2$
40	30,76	075,69	10	II	$p_3^1 - \overline{F}_4^1$
1	90,728	17881,80	10	II	$P_2^1 ? - D_2^1$
47	5639,997	725,59	1	II A	$P_2^1 ? - \underline{f}_2^2$
38	51,70	688,89	(4)	—	$p_2^2 - D_3^1$
41	5878,03	007,79	(2)	—	$p_2^2 - \overline{F}_3^1$
1	83,404	16992,26	(3)	—	$P_2^1 ? - D_3^1$
14	5922,350	880,53	(1)	—	$p_2^2 - d_3^2$
14	35,372	843,48	6	III	$p_3^2 - d_4^2$
10	84,182	706,10	3	III ?	$p_2^1 - d_1^1$
78	89,531	691,04	(1)	—	$d_4^2 - f_3^3$
44	93,49	680,18	(1)	—	$P_2^1 ? - d_2^2$
10	6005,008	648,16	(3)	—	$p_3^1 - d_2^1$

Nr.	$\lambda_{int}$	$\nu_{vac}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
85	6058,27	16501,80	(4)	—	$G_5^1 - f_4^3$
10	93,138	407,38	10	I	$p_2^1 - d_2^1$
10	6116,982	343,42	8	I	$p_1^1 - d_1^1$
3	29,15	310,98	(3)	—	$P_2^1? - \bar{F}_3^1$
68	43,78	272,4	(4)	—	$F_3^1 - \varphi_3^1?$
78	81,00	174,13	(5)	—	$d_4^2 - f_4^3$
10	88,980	153,29	10	II A	$p_3^1 - d_3^1$
78	6223,37	064,03	(6)	—	$d_3^2 - f_3^3$
10	31,050	044,23	10	III	$p_1^1 - d_2^1$
85	53,99	15985,37	(3)	—	$G_4^1 - f_3^3$
78	76,62	927,75	(5)	—	$d_2^2 - f_2^3$
10	82,640	912,48	40	I	$p_2^1 - d_3^1$
80	6352,80	736,75	(2)	—	$g_5^2 - f_4^3$
84	86,68	653,27	(6)	—	$F_4^1 - f_5^3$
78	96,52	629,18	2	V	$d_1^2 - f_2^3$
78	6421,71	567,89	2	V	$d_2^2 - f_3^3$
78	30,30	547,08	2	V	$d_3^2 - f_4^3$
80	31,08	545,21	(5)	—	$g_4^2 - f_3^3$
10	50,231	499,05	80	I	$p_3^1 - d_4^1$
78	51,14	496,86	3 n	V	$d_4^2 - f_5^3$
13	6551,45	259,58	3	III	$p_3^2 - d_2^1$
79	54,84	251,69	(2)	—	$f_4^2 - f_3^3$
80	6638,40	059,72	(1)	—	$g_5^2 - f_5^3$
80	45,33	044,01	(2)	—	$g_3^2 - f_3^3$
80	52,32	028,21	(3)	—	$g_4^2 - f_4^3$
16	72,96	14981,72	(2)	—	$p_3^1 - f_4^1$
13	78,812	968,60	4 [5] (*)	II	$p_2^2 - d_1^1$
79	6717,61	882,15	(3)	—	$f_2^2 - f_2^3$
79	67,393	772,68	(1)	—	$f_3^2 - f_3^3$
13	71,05	764,68	20 [50]	I	$p_3^2 - d_3^1$
79	84,89	734,60	(4)	—	$f_4^2 - f_4^3$
79	6809,01	682,36	(5)	—	$f_5^2 - f_5^3$
13	14,954	669,37	15 [40]	I	$p_2^2 - d_2^1$
13	72,42	547,00	10 [40]	I	$p_1^2 - d_1^1$
43	7004,82	271,95	[3]	III	$P_2^1? - d_1^1$
13	16,596	248,01	3 [35]	I	$p_1^2 - d_2^1$
13	52,854	174,76	8 [60]	I	$p_2^2 - d_3^1$
13	84,970	110,50	15 [100]	I	$p_3^2 - d_4^1$
85 a	97,84	084,91	(1)	—	$G_5^2 - f_5^3$
17	7124,45	032,31	[1]	III	$p_3^2 - f_3^1$
43	54,71	13972,98	[8]	II	$P_2^1? - d_2^1$

(\*) Los números que figuran entre [ ] son tomados del 2.º trabajo de King, 1. c.

Nr.	$\lambda_{int}$	$\nu_{vac}$	Intensidad.	Clase.	Combinación.
17	7250,09	13789,15	[1]	III A	$p_2^2 - f_2^1$
17	7354,61	593,18	[3]	III	$p_3^2 - f_4^1$
43	7417,40	478,11	[10]	II	$P_2^1? - d_3^1$
17	37,15	442,31	[1]	III A	$p_2^2 - f_3^1$
17	78,78	367,48	(1)	—	$p_1^2 - f_2^1$
46	7843,61	12745,73	(1)	—	$P_2^1? - f_3^1$

Según nuestra clasificación, deben expresarse como líneas de resonancia del espectro del cobalto las del multiplete  $f^1 \bar{\varphi}^1$ . En éste, como en muchos espectros, las líneas de resonancia son de intercombinación. Comparando de nuevo con el esquema del hierro, vemos que en el espectro de este elemento también las líneas de resonancia son de intercombinación (1), y según los trabajos de uno de nosotros en el Ni (2), también en este último elemento son de intercombinación las líneas de resonancia. En el hierro son producidas entre quintetes-sextetes, en el cobalto entre cuartetes-sextetes y en el níquel entre tripletes-quintetes (3). Debe hacerse notar que ni en la clasificación periódica de Bohr ni en la de Stoner, debe esperarse un término de tipo  $f$  para el de mayor estabilidad del átomo del cobalto, sino un término de tipo  $d$ .

Todas las líneas clasificadas han sido reunidas en la Tabla 5. La columna primera de esta Tabla indica los números de los multipletes a que las líneas pertenecen; en la segunda van las longitudes de onda, en la tercera los números de onda, en la cuarta las intensidades, con la siguiente notación: entre  $\lambda 2987,172$  y  $\lambda 7843,61$  los números sin paréntesis han sido tomados de King, los entre paréntesis son tomados de otros autores; entre  $\lambda 2287,86$  y  $\lambda 2986,172$  los números sin paréntesis indican determinaciones hechas por nosotros sobre placas de arco y de arco-llama, y los sin paréntesis son valores de otros autores.  $R$  indica completa-

(1) M. A. Catalán, *Nature*, 1924.

(2) K. Bechert, *Tesis Doctoral*, Munich, 1925.

(3) Para una discusión más extensa sobre este punto, véase M. A. Catalán; estos ANALES, 1925.