

Análisis parcial del espectro del Cr II

POR

MIGUEL A. CATALÁN



Publicado en *Anales de la Sociedad Española
de Física y Química*, t. XXVIII, p. 611.

1930

46. ANÁLISIS PARCIAL DEL ESPECTRO DEL Cr II, *por Miguel A. Catalán.*

ABSTRACT:

This incomplete analysis classifies 240 lines of the spectrum of Cr II in more than 33 multiplets formed by combination of 67 levels belonging to 15 terms, 9 deep and 6 medium, and 7 levels not yet arranged in terms. All the terms found are in agreement with Hund's theorie and belong to d^5 , d^4s and d^4p configurations.

The real values of the Zeeman factor g deduced from very good measurements of Babcock are always greater than those calculated with Landé's formula. It is then probable that Σg be not constant in this spectrum. This anomaly cannot be explained supposing that the magnetic field was not well determined in the measurements of Babcock because the lines of Cr I were measured at the same time than those of Cr II and give very good values of g .

Los espectros de los elementos de la fila del hierro están siendo actualmente objeto de muchos estudios, pues aunque todos esos espectros han sido recientemente analizados en su parte más importante, es de gran interés el completar cuanto antes esos análisis parciales, no sólo por lo que se refiere al mejor conocimiento de las leyes espectrales que así se obtendrá, sino porque son necesarios esos datos para la interpretación exacta de los espectros estelares.

El estudio simultáneo de todos esos espectros ha probado Russell que es muy fructífero (1), pues permite, por la posición de determinados grupos de líneas en un elemento, predecir la posición de los grupos análogos en los otros espectros. Nosotros emprendimos, en vista de ello, un estudio comparativo de los espectros de los elementos en cuestión. Este estudio ha ido avanzando rápidamente, no sólo por nuestro simple esfuerzo, sino merced a los detalles que referentes a estos espectros han ido publicándose, casi de un modo ininterrumpido, con unos u otros propósitos, pero siempre facilitando detalles parciales que ayudaban nuestra labor.

(1) *Astroph. J.*, **46**, 249 y 283, 1927.

La asimilación de esos datos para nuestro objeto no siempre ha sido fácil, en unas ocasiones, debido a las diferencias de notación que usan los distintos autores; en otras, porque los datos no se dan de un modo claro, como sucede, por ejemplo, en el caso de los que se dan en las tablas de Rowland, recientemente revisadas (1), que por venir los niveles de energía en voltios, en lugar de en cm^{-1} , son solamente aprovechables después de algunas operaciones numéricas. En otros casos, los datos se dan en números redondos porque son empleados para fines en que no es necesaria más precisión. Hemos tenido que calcularlos con exactitud porque resultaban inadecuados para nuestro objeto.

Convencidos de que los detalles de estructura de los espectros de estos elementos son de gran utilidad para los investigadores de muy variados sectores, hemos pensado que en este momento sería útil el presentar los detalles que se han alcanzado en la actualidad, en los elementos en que aún no se ha terminado su examen estructural, de un modo relativamente esquemático y ajustándose a la notación recientemente adoptada por los principales espectroscopistas del mundo.

Los espectros del K, Ca, Sc, Ti, Ni y Cu han sido ya analizados casi completamente por otros observadores; hemos, pues, de presentar solamente los restantes. Empezaremos primeramente con el cromo, y para la mejor comprensión estudiaremos antes el Cr II y luego el Cr I.

El espectro del Cr II fué analizado primeramente por Meggers, Kiess y Walters (2), los cuales dieron a conocer varios multipletes de sextetes y de cuartetos, así como uno de intercombinación entre ambos sistemas. Más tarde, Kiess y Laporte (3) presentaron un triplete situado en el extremo ultravioleta que les permitió calcular el término fundamental a^6S de ese espectro. En un trabajo de Russell (4) figuran algunos datos del Cr II que Russell da como obtenidos por Kiess, pero aún sin publicar. Dunham y Moore (5), por medio de datos también impublicados de Kiess, clasifican algunas líneas del sol que coinciden con líneas calculadas

(1) Rev. Rowland's Table, 1928.

(2) *J. Op. Soc. Am.*, **9**, 355, 1924.

(3) *Science*, **68**, 234, 1926.

(4) *Astroph. J.*, **46**, 249 y 283, 1927.

(5) *Astroph. J.*, **68**, 37, 1928.

en el espectro del Cr II. En la tabla de Rowland (1), revisada recientemente, se completan algunos otros detalles, en especial se da un término de dobletes; los valores de los términos que se dan se deben también a trabajos sin publicar de Kiess. Por último, Mitchell (2), en su espectro de la cromosfera, da el potencial de excitación de algunas pocas líneas del espectro del Cr II no citadas en los trabajos anteriores.

Nosotros hemos fotografiado el espectro del cromo enfrentando el de arco con el de chispa, lo que nos ha permitido la separación de las líneas que pertenecen al Cr I y al Cr II; en algunos casos, tratándose de líneas débiles comunes a ambos espectros, no es fácil esa separación. Las fotografías han sido obtenidas con una red cóncava de 10 pies, montada según Eagle, o con un prisma de cuarzo, de Hilger, modelo grande. Sobre las placas se han hecho medidas y sobre ampliaciones la comparación de intensidad de las líneas.

Una gran ayuda nos ha prestado la clasificación de temperatura de King (3) y medidas del efecto Zeeman hechas por Babcock y que no han sido publicadas todavía por su autor.

Por último, en este espectro, como en los demás estudiados, la constante guía ha sido la teoría de Hund (4), que permite prever con exactitud maravillosa todos los términos que deben aparecer, y los trabajos de Russell que, comparando unos espectros con otros, establecen relaciones que ayudan a determinar la posición aproximada de los grupos esperados y su fácil busca.

TÉRMINOS HASTA AHORA OBSERVADOS

En la tabla I damos una lista de todos los términos encontrados hasta ahora con la notación que ha sido acordada recientemente (5). En la segunda columna damos los valores contados desde el más profundo. En la tercera, las rayas sirven para guiar la vista en la tarea de agrupar los niveles que constituyen un tér-

(1) *Rev. Rowland Table*, 1928.

(2) *Astroph. J.*, **71**, 1, 1930.

(3) *Astroph. J.*, **41**, 167, 1915.

(4) *Linienpektren u. Periodisches System*, Berlín, 1927.

(5) *Report ou Notation For Atomic Spectra*, Russell, Sheustone y Turner, *Phys. Rev.*, **33**, 900, 1929.

mino. En las columnas cuarta y quinta damos los valores de los efectos Zeeman observados por Babcock y calculados según Landé.

Se han encontrado hasta ahora 67 niveles que se agrupan en 15 términos, nueve de ellos del grupo profundo y seis del grupo medio. Además, siete niveles, aún no agrupados con seguridad en términos, que pertenecen al grupo medio. No se ha encontrado hasta la fecha ningún término del grupo alto, por lo cual no se conocen series en este espectro. Los términos profundos se han designado, según las nuevas reglas internacionales, con a, b, \dots . Los términos medios con z, y, \dots . En el acuerdo internacional se distinguen los profundos de los medios, además, por una o ; nosotros la hemos suprimido, pues creemos que no puede haber confusión, ya que los unos se denotan con a, b, \dots y los otros con z, y, \dots . Esta supresión facilita la composición en la imprenta.

En la tabla II hacemos un resumen de las combinaciones que se han encontrado. Los números grandes indican el número de orden asignado al multiplete en cuestión y los valores que figuran debajo en tipo más pequeño son la intensidad de la línea más fuerte del multiplete tomada de King y la clase de temperatura; cuando no hay paréntesis la intensidad es de Exner y Haschek, y cuando se da la indicación (*sol*) es que la línea sólo ha sido medida en ese astro y atribuída al Cr II.

Algunos de los términos habían ya sido asignados a configuraciones por Hund, por Russell y por Laporte y Kiess en los trabajos ya citados.

En la tabla III damos: en la primera columna las configuraciones, en la segunda las designaciones de los términos, en la tercera el valor energético del nivel de mayor valor de j en el término de que se trate y en la columna cuarta las separaciones de esos términos.

Los términos profundos parecen provenir de dos configuraciones análogas a las de los demás espectros de chispa de los elementos del grupo del hierro. La configuración d^5 da lugar al término más profundo a^6S . Siguen en profundidad los dos términos a^6D y a^4D , que indudablemente pertenecen a la configuración d^4s . Los términos restantes del grupo profundo no es seguro el atribuirlos a una u otra configuración. La que damos es solamente a título de intento y la fundamos en las siguientes consideraciones:

El grupo de términos de d^5 debe esperarse, en general, más profundo que el de d^4s ; por eso elegimos a^4G y b^4D como pertenecientes a d^5 , y b^4G a d^4s . En el caso de los dos términos 4F hemos sin embargo atribuido el menos profundo b^4F a la configuración d^5 , porque sus separaciones muy pequeñas están de acuerdo con las separaciones también pequeñas de los otros términos de la d^5 , y en cambio las grandes separaciones del término a^4F nos hacen pensar que es análogo a los términos que presentan grandes separaciones, que son todos los de la configuración d^4s . El término a^4P es muy difícil clasificarlo; lo asignamos provisionalmente a la configuración d^4s por tener sus separaciones grandes y su valor próximo al de los otros términos de esta configuración. De los términos profundos previstos por Hund faltan aún algunos. Hemos dejado en la tabla el lugar correspondiente a los principales que se esperan. El sistema de dobletes está aún muy poco conocido; solamente tenemos, hasta ahora, un término profundo; lo hemos asignado provisionalmente a la d^5 por su valor energético y por lo pequeño de su separación.

Los términos medios son fácilmente clasificables en dos triadas, una de sextetes y otra de cuartetos, que son las que Hund ha previsto. Pero, sin embargo, esta clasificación no queda verdaderamente definitiva. En efecto, el término z^6D presenta grandes anomalías en la intensidad, en el efecto Zeeman y en la magnitud de sus separaciones, anomalías que contrastan con la regularidad bastante grande que presentan los demás términos. Si por la intensidad se agruparan los niveles, se podrían separar los de valor de $j=5$ y 4 a un lado como componentes de un 6D , y los de valor 3, 2 y 1 al otro. Estos tres niveles pueden constituir perfectamente un término 4P , que sería entonces de otra configuración. Ya veremos más adelante lo que dice el efecto Zeeman de estos niveles.

Todavía quedan algunos pocos niveles del grupo intermedio sin agrupar en términos; son los que designamos con los números 1 a 7 en la tabla I. Cuatro de ellos, es decir, los 4, 5, 6 y 7 no son seguros.

En la tabla IV se han reunido todas las líneas clasificadas hasta la fecha. En la primera columna se dan los autores de que se toman las longitudes de onda que figuran en la segunda columna.

En la tercera, el carácter de las líneas en intensidad y en clase de temperatura. En la cuarta, los números de onda. En la quinta las designaciones, según las reglas que antes hemos dicho. En la sexta el número del multiplete a que pertenece la línea, el cual ha sido asignado empezando a numerar por el ultravioleta. En las dos últimas columnas comparamos los efectos Zeeman observados por Babcock y calculados según la fórmula de Landé.

El espectro del Cromo II, análogamente a lo que sucede con los demás espectros de chispa de este período de elementos, tiene sus líneas principales entre el λ 2600 y el 3500. Hacen excepción tres líneas intensísimas en el extremo ultravioleta que forman el multiplete $a^6S - z^6P$. En las fotografías comparadas de arco y de chispa se ve que el grupo de líneas intensas de chispa que está situado entre λ 2600 y 2900, conserva una intensidad bastante grande también en arco, mientras que el otro grupo de líneas intensas de chispa, situado entre λ 3100 y 3500, disminuye bastante de intensidad al pasar de chispa a arco. Ello es debido a que el primer grupo de líneas está originado en el nivel a^6D , que es más profundo que el a^4D , que sirve de origen a las líneas del grupo entre λ 3100 y 3500. En la región visible aparece un grupo de líneas intensas cuya persistencia en arco es más pequeña que la de los grupos ultravioletas antes señalados. Esas líneas se engendran en términos del grupo bajo pero menos profundos que los a^6D y a^4D .

Quedan todavía por clasificar muchas líneas, algunas de ellas intensas, que por su aspecto y colocación en el espectro pertenecen, sin duda alguna, a los niveles de los términos profundos que aún no se han encontrado, o a los ya encontrados pero entrando en combinación con niveles medios desconocidos. La mayor parte de ellas se agrupan destacando cuatro líneas en cada conjunto. Se trata, seguramente, de las cuatro líneas de la diagonal más intensa de cada multiplete cuartete. Un ejemplo de ello nos lo da el grupo situado en λ 2970; las cuatro líneas que sobresalen son λ 2971, 2980, 2985 y 2989. Los efectos Zeeman que les corresponden son (0) 1.31, (0) 1.24, (0) 1.07 y (0) 0.76, respectivamente, y demuestran que se trata de cuatro líneas de una diagonal de un multiplete. Las intensidades también decrecen gradualmente desde λ 2971 a 2989, como había de esperarse.

Las líneas formadas entre los términos medios y los altos, que naturalmente serán difusas, deben ser las que se hallan repartidas profusamente por la zona en que se esperan, es decir, por el λ 3200. Su clasificación, no obstante, nos es desconocida todavía.

EFECTO ZEEMAN

En la tabla I, en las dos últimas columnas, damos los valores de g que se obtienen con los efectos Zeeman medidos por Babcock (véase tabla IV) y los esperados por nuestra clasificación calculados por la fórmula de Landé. Los valores que figuran sin paréntesis son los que corresponden a las líneas bien resueltas, y los entre paréntesis a las líneas *blendas*. Para calcular estos últimos hemos seguido el método recomendado por Shenstone y Blair (1), fundado en que el centro de gravedad de una línea no resuelta se encuentra del lado de la línea más intensa y separado de ella a una cuarta parte de la distancia que existe entre la línea más intensa y la más débil.

Obsérvese que todos los valores de g hasta ahora observados y que merecen confianza son mayores que los que la fórmula de Landé prevé. a^6D y a^4D presentan valores de g que se separan bastante de los valores de Landé; en cambio, a^4F y b^4F los dan prácticamente concordantes. Esto por lo que se refiere a los términos profundos. En los términos medios observamos que también los niveles de tipo F tienen valores de g próximos a los de Landé, pero en cambio los restantes términos se separan mucho, y siempre por exceso.

Los niveles que se han seleccionado para formar el término z^6D son verdaderamente difíciles de clasificar. Si nos atenemos a las intensidades, deberíamos dejar los tres niveles de menor valor cuántico j para formar un término 4P , y los otros dos a^6D_5 y a^6D_4 serán los dos primeros niveles de un término 6D . El efecto Zeeman tampoco acaba de decidir, pues los valores, tanto para formar un término P como uno D , son poco concordantes con los calculados según Landé. Como hasta la fecha no hemos logrado encontrar los tres niveles que faltan al término a^6D , hemos preferido suponer que son esos tres niveles en cuestión los que perte-

(1) *Phil. Mag.*, **8**, 765, 1929.

necen al término a^6D , pero que hay alguna causa de perturbación que altera simultáneamente la intensidad y el efecto Zeeman. No obstante, en la tabla I hemos conservado las dos notaciones D y P para dejar el caso indeciso.

En las dos columnas de la tabla de longitudes de onda comparamos los valores del efecto Zeeman medidos por Babcock y los calculados, no por la fórmula de Landé, sino con los valores reales de las g que figuran en la penúltima columna de la tabla I. Se ve que, en general, hay una gran concordancia, lo que asegura que las diferencias entre los valores g observados y calculados son reales.

En el estado actual de este análisis, aún muy incompleto, no se puede pretender el hallar con exactitud la suma de los valores de g para todos los niveles de un cierto valor de j de los términos pertenecientes a una misma configuración. Esa suma, debe ser igual a la suma de los valores de g obtenidos según la fórmula de Landé. Sin embargo, con los datos que tenemos al presente parece deducirse que esa suma no va a ser igual a la calculada, ya que todos los valores de las g hasta ahora obtenidos son mayores que los correspondientes valores calculados.

Una explicación de esta anomalía se podría hacer fundándola en una supuesta falsa apreciación del campo magnético por Babcock, pues si lo hubiera medido por defecto las separaciones de las componentes resultarían demasiado grandes, lo que haría que los valores de g estuvieran afectados de un error paralelo. Pero esto es insostenible, porque a la vez que ha medido Babcock estas líneas, ha medido otras muchas del espectro de arco y éstas dan valores de sus g perfectamente de acuerdo con los valores de Landé.

Así, por ejemplo, las líneas λ 4371 y 4391 tienen los siguientes efectos:

(0.24) (0.49) (0.74) 0.74 1.00 1.24 1.50 1.76 2.00 observado

(0.25) (0.50) (0.75) 0.75 1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 calculado

(0) (0.49) (0.99) 0.97 1.51 2.00 2.50 observado

(0) (0.50) (1.00) 0.50 1.00 1.50 2.00 2.50 calculado

perfectamente concordantes.

TABLA I. — Términos del Cr II.

| Designación. | Nivel. | ZEEMAN | | Co-nexión. | Designación. | Nivel. | ZEEMAN | |
|---------------------------------|---------|---------|-----------|------------|---------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|
| | | g. obs. | g. Landé. | | | | g. obs. | g. Landé. |
| a ⁶ S _{1/2} | 0.0 | | | | b ⁴ G ₅ | 33620.6 | (1.18) | 1.17 |
| a ⁶ D ₁ | 11963.6 | 3.61 | 2.00 | | b ⁴ G ₆ | 33696.0 | (1.28) | 1.27 |
| a ⁶ D ₂ | 12034.4 | 2.00 | 1.87 | | z ⁶ F ₁ | 46825.2 | — 0.5 ? | — 0.67 |
| a ⁶ D ₃ | 12149.6 | 1.77 | 1.66 | | z ⁶ F ₂ | 46906.9 | 1.11 | 1.07 |
| a ⁶ D ₄ | 12305.6 | (1.74) | 1.59 | | z ⁶ F ₃ | 47042.1 | 1.41 | 1.31 |
| a ⁶ D ₅ | 12498.3 | (1.70) | 1.56 | | z ⁶ F ₄ | 47228.9 | (1.53) | 1.40 |
| a ⁴ D ₁ | 19529.8 | 0.00 | 0.00 | | z ⁶ F ₅ | 47466.4 | (1.62) | 1.43 |
| a ⁴ D ₂ | 19632.8 | 1.30 | 1.20 | | z ⁶ F ₆ | 47753.4 | (1.62) | 1.46 |
| a ⁴ D ₃ | 19799.6 | 1.50 | 1.37 | | z ⁶ P ₂ | 48400.8 | 2.63 | 2.40 |
| a ⁴ D ₄ | 20025.7 | (1.54) | 1.43 | | z ⁶ P ₃ | 48493.0 | (2.00) | 1.89 |
| a ⁴ G ₃ | 20513.9 | (0.43?) | 0.57 | | z ⁶ P ₄ | 48634.0 | (1.83) | 1.71 |
| a ⁴ G ₆ | 20514.5 | (1.33) | 1.27 | | z ⁶ D ₁ o y ⁴ P ₁ | 47751.1 | 3.06 | 3.33 o 2.67 |
| a ⁴ G ₄ | 20519.4 | — | 0.98 | | z ⁶ D ₂ o y ⁴ P ₂ | 49007.8 | 2.01 | 1.87 o 1.73 |
| a ⁴ G ₅ | 20521.2 | — | 1.17 | | z ⁶ D ₃ o y ⁴ P ₃ | 49353.5 | 1.79 | 1.66 o 1.60 |
| a ² D ₃ | 21824.2 | — | 1.20 | | z ⁴ P ₁ | 49494.3 | 3.42 | 2.67 |
| a ² D ₂ | 21825.7 | — | 0.80 | | z ⁴ P ₂ | 49566.2 | 2.01 | 1.73 |
| b ⁴ D ₄ | 25035.7 | (1.43) | 1.43 | | z ⁶ D ₄ | 49647.6 | (1.71) | 1.59 |
| b ⁴ D ₁ | 25037.3 | 0.02 | 0.00 | | z ⁴ P ₃ | 49708.0 | 1.77 | 1.60 |
| b ⁴ D ₂ | 25044.7 | (1.24) | 1.20 | | z ⁶ P ₃ | 49840.3 | (1.68) | 1.56 |
| b ⁴ D ₃ | 25048.6 | (1.35) | 1.37 | | 7 | 50696.4 | | |
| a ⁴ P ₁ | 29953.9 | 2.74 | 2.67 | | 6 | 50704.4 | | |
| a ⁴ P ₂ | 30309.4 | 1.76 | 1.73 | | 5 | 50750.8 | | |
| a ⁴ P ₃ | 30866.2 | 1.67 | 1.60 | | 4 | 50850.5 | | |
| a ⁴ F ₂ | 31084.6 | 0.41 | 0.40 | | z ⁴ F ₂ | 51586.0 | 0.42 | 0.40 |
| a ⁴ F ₃ | 31119.2 | — | 1.03 | | z ⁴ F ₃ | 51671.0 | 1.04 | 1.03 |
| a ⁴ F ₄ | 31170.3 | 1.25 | 1.24 | | z ⁴ F ₄ | 51790.5 | 1.25 | 1.24 |
| a ⁴ F ₅ | 31221.2 | 1.34 | 1.33 | | z ⁵ F ₅ | 51944.6 | 1.36 | 1.33 |
| b ⁴ F ₄ | 32838.7 | (1.26) | 1.24 | | z ⁴ D ₁ | 54419.4 | — 0.06 | 0.00 |
| b ⁴ F ₂ | 32846.3 | 0.42 | 0.40 | | z ⁴ D ₂ | 54501.2 | 1.30 | 1.20 |
| b ⁴ F ₅ | 32855.9 | 1.36 | 1.33 | | z ⁴ D ₃ | 54627.4 | (1.46) | 1.37 |
| b ⁴ F ₃ | 32856.3 | 1.04 | 1.03 | | z ⁴ D ₄ | 54786.2 | 1.49 | 1.43 |
| b ⁴ G ₃ | 33419.8 | (0.62) | 0.57 | | 1 ₅ | 65385.6 | | |
| b ⁴ G ₄ | 33522.5 | (1.00) | 0.98 | | 2 ₄ | 65544.7 | | |
| | | | | | 3 ₅ | 65711.3 | | |

TABLA II. — Combinaciones y sus intensidades.

| Términos medios. | Términos profundos | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----------|----------|-------------|
| | a^2D | a^4P | a^4D | b^4D | a^4F | b^4F | a^4G | b^4G | a^6S | a^6D |
| z^4P 49708.0 | 21825.2 | 30866.2 | 20025.7 | 25035.7 | 31221.2 | 32855.9 | 20515.5 | 33696.0 | 0.0 | 14298.3 |
| z^4D 54786.2 | 15 (4) | 27 (1) | 11 20-VE | 19 (sol.) | 30 (sol.) | 33 (sol.) | | | ultrav. | 3 12-VE |
| z^4F 51944.6 | 8 2-VE | 20 (2) | 7 10-VE | 13 6-VE | 21 (5) | 24 (20) | | 31 (1) | | ultrav. |
| z^6P 48634.0 | | 25 (sol.) | 9 20-VE | 17 (2) | 26 (10) | 28 (2) | 10 10-VE | | | 2 4-V |
| z^6D 49840.3 | 16 (6) | 29 (1) | 13 6-VE | 22 (sol.) | 32 (sol.) | | 14 3-V? | | 1 5-R | 5 30-VE |
| z^6F 47753.4 | | | 12 25-VE | 18 (sol.) | | 34 (2) | | | | 4 25-VE |
| | | | 17 (1) | 23 (sol.) | | | | | | 6 40-VEr |

TABLA III.—Configuraciones.

| Config. | Desig. | Nivel. | Separaciones. | | | | |
|------------------|------------------|---------|---------------|--------|--------|-------|------|
| d ⁵ | a ⁶ S | 0.0 | | | | | |
| | a ⁴ G | 20514.5 | - 6.7 | + 1.8 | + 5.5 | | |
| | b ⁴ F | 32855.9 | + 17.2 | - 17.6 | + 10.0 | | |
| | b ⁴ D | 25035.7 | - 12.9 | + 3.9 | + 7.4 | | |
| | ⁴ P | | | | | | |
| | a ² D | 21824.2 | - 1.5 | | | | |
| d ⁴ s | a ⁶ D | 12498.3 | 192.7 | 156.0 | 115.2 | 70.8 | |
| | a ⁴ D | 20025.7 | 226.1 | 166.8 | 103.0 | | |
| | ⁴ H | | | | | | |
| | b ⁴ G | 33696.0 | 75.4 | 98.1 | 102.7 | | |
| | a ⁴ F | 31221.2 | 50.9 | 51.1 | 34.6 | | |
| | ⁴ D | | | | | | |
| | a ⁴ P | 30866.2 | 556.8 | 355.5 | | | |
| | | | | | | | |
| d ⁴ P | z ⁶ F | 47753.4 | 287.0 | 237.5 | 186.8 | 135.2 | 81.7 |
| | z ⁶ D | 49840.3 | 192.7 | 685.9 | 345.7 | 256.7 | |
| | z ⁶ P | 48634.0 | 141.0 | 92.0 | | | |
| | z ⁴ F | 51944.6 | 154.0 | 119.5 | 85.0 | | |
| | z ⁴ D | 54786.2 | 158.8 | 123.2 | 81.8 | | |
| | z ⁴ P | 49708.0 | 141.8 | 71.9 | | | |
| | | | | | | | |

TABLA IV

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multi-pleto. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|
| | 2055.51 | 5 R | — | 48634.0 | a ⁶ S — z ⁶ P ₄ | 1 | | |
| | 2061.49 | 4 R | — | 493.0 | a ⁶ S — z ⁶ P ₃ | 1 | | |
| | 2065.42 | 3 R | — | 400.8 | a ⁶ S — z ⁶ P ₂ | 1 | | |
| 1 | 2211.83 | (1) | — | 45197.3 | a ⁴ G ₆ — 3 ₅ | 2 | | |
| 1 | 2531.85 | (1) | — | 39485.0 | a ⁶ D ₄ — z ⁴ F ₄ | 2 | | |
| 1 | 34.33 | 4 | V | 446.3 | a ⁶ D ₅ — z ⁴ F ₅ | 2 | | |
| 1 | 44.32 | (1) | — | 291.4 | a ⁶ D ₅ — z ⁴ F ₄ ? | 2 | | |
| 2 | 2653.594 | 15 | VE | 37673.54 | a ⁶ D ₂ — z ⁴ P ₃ | 3 | (0) 1.59 | |
| 2 | 58.603 | 15 | VE | 602.56 | a ⁶ D ₁ — z ⁴ P ₂ | 3 | (0.89) 1.17 2.52 | (0 ω ?) 1.40 ω |
| 2 | 61.735 | 5 | VE | 558.33 | a ⁶ D ₃ — z ⁴ P ₃ | 3 | (0) 1.77 | (0.80) 0.93 2.53 |
| 2 | 63.430 | 15 | VE | 534.42 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ D ₅ | 4 | (0) 1.62 | (0 ω) 1.63 |
| 2 | 63.683 | 6 | VE | 531.86 | a ⁶ D ₂ — z ⁴ P ₂ | 3 | (0) 3.50 | (0 ω) 1.50 ω |
| 1 | 66.02 | 15 | VE | 498.0 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ D ₄ | 4 | (0) 1.63 | (0.17 ω) 1.67 1.80 1.93 |
| 2 | 68.722 | 15 | VE | 460.00 | a ⁶ D ₂ — z ⁴ P ₁ | 3 | (0.66) 1.35 2.68 | (0.40) 1.47 2.27 |
| 2 | 71.818 | 15 | VE | 416.59 | a ⁶ D ₃ — z ⁴ P ₂ | 3 | (0?) 1.66 | (0 ω) 1.60 ω |
| 2 | 72.838 | 12 | VE | 402.31 | a ⁶ D ₄ — z ⁴ P ₃ | 3 | (0) 1.67 | (0 ω) 1.58 ω |
| 2 | 77.171 | 25 | VE | 341.80 | { a ⁶ D ₅ — z ⁶ D ₅ | 4 | { (0) 1.55 | { (0) 1.55 |
| 2 | 78.802 | 15 | VE | 319.05 | { a ⁶ D ₄ — z ⁶ D ₄ | 4 | { (0?) 1.69 | { (0) 1.59 |
| 2 | 87.098 | 10 | VE | 203.84 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ D ₃ | 4 | (?) 1.61 | (0 ω) 1.47 ω |
| 2 | 91.050 | 12 | VE | 149.20 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ D ₃ | 4 | (0) 1.78 | (0.12 ω) 1.66 |
| 2 | 98.417 | 10 | VE | 047.79 | a ⁶ D ₅ — z ⁶ D ₄ | 4 | (0) 1.62 | (0 ω) 1.50 ω |
| 2 | 98.695 | 10 | VE | 043.98 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ D ₃ | 4 | (0) 1.64 | (0) 1.50 ω |
| 2 | 2703.862 | 3 | VE | 36973.20 | a ⁶ D ₁ — z ⁶ D ₂ | 4 | (0.87) 1.22 | (0.73) 1.14 2.60 |
| 2 | 12.314 | 12 | VE | 857.98 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ D ₂ | 4 | (0) 1.92 | (0 ω) 1.87 |
| 2 | 17.520 | 4 | VE | 787.38 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ D ₂ | 4 | (0) 1.65 | (0 ω) 1.47 ω |
| 2 | 22.758 | 10 | VE | 716.61 | a ⁶ D ₁ — z ⁶ D ₁ | 4 | (0.51) 1.48 2.56 | (0.73) 1.14 2.60 |
| 2 | 40.101 | 7 | VE | 484.23 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ D ₁ | 5 | (0) 1.90 | (0 ω) 1.79 ω |
| 2 | 42.040 | 12 | VE | 458.42 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ P ₃ | 5 | (0) 1.97 | (0) 1.90 ω |

| Autor. | Ir. A. | Int. | Clase Temp. | λ (vac.) | Designación. | Multi- píete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 2 | 2743.647 | 12 | VE | 3643.107 | a ⁶ D ₁ — z ⁴ P ₂ | 5 | (0.56) 2.01 3.11 | (0.47) 1.93 2.87 |
| 2 | 48.993 | 15 | VE | 366.23 | a ⁶ D ₂ — z ⁴ P ₂ | 5 | (0.90) 1.73 2.42 3.08 | (0.27) (0.80) 1.60 2.13 2.67 |
| 2 | 50.731 | 15 | VE | 343.25 | a ⁶ D ₃ — z ⁴ P ₃ | 5 | (0.57) 1.97 | (0.46 ω) 1.77 ω |
| 2 | 51.873 | 12 | VE | 328.17 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ P ₄ | 5 | (0.51) 1.81 comp? | (0.38 ω) 1.65 ω |
| 2 | 57.728 | 12 | VE | 251.04 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ P ₂ | 5 | (0.43) (1.30) 0.47 1.34 2.20 3.04 | (0.37) (1.12) 0.54 1.29 2.03 2.77 |
| 2 | 62.596 | 25 | VE | 187.17 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ P ₃ | 5 | (?) 1.56 comp. | (?) 1.21 ω |
| 2 | 66.542 | 30 | VE | 135.56 | a ⁶ D ₅ — z ⁶ P ₄ | 5 | (?) 1.59 | (?) 1.28 ω |
| 2 | 2835.640 | 40 | VER | 35255.06 | a ⁶ D ₅ — z ⁶ F ₆ | 6 | (?) 1.45 | (0 ω) 1.23 ω |
| 2 | 43.254 | 35 | VER | 160.66 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ F ₅ | 6 | (?) 1.45 | (0 ω) 1.17 ω |
| 2 | 49.842 | 30 | VER | 079.38 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ F ₄ | 6 | | |
| 2 | 55.682 | 25 | VER | 007.64 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ F ₃ | 6 | | |
| 2 | 56.768 | (3) | — | 34994.34 | a ⁴ D ₂ — z ⁴ D ₃ | 7 | (0.33) (1.08) 0.44 1.22 1.85 2.49 | (0.28) (0.83) 0.49 1.04 1.59 2.14 |
| 2 | 57.405 | (3) | — | 986.54 | a ⁴ D ₃ — z ⁴ D ₄ | 7 | (0) 1.65 | (0 ω) — — — 1.63 |
| 2 | 58.659 | (2) | — | 971.20 | a ⁴ D ₁ — z ⁴ D ₂ | 7 | (0) 1.61 | (0 ω) — — — — 1.57 |
| 1 | 58.91 | 20 | VE | 963.1 | a ⁶ D ₅ — z ⁶ F ₆ | 6 | (0.51) 1.71 G? | (0.60) 0.60 1.80 |
| 2 | 60.940 | 15 | VE | 943.3 | a ⁶ D ₁ — z ⁶ F ₂ | 6 | (1.21) 0 2.34 | (0.43 ω) ... 1.49 ... |
| 2 | 62.575 | 20 | VE | 923.36 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ F ₄ | 6 | (0.72) ? C | (1.13) 0.07 2.20 |
| 2 | 65.112 | 20 | VE | 892.43 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ F ₃ | 6 | (0.90) 1.70 C | (0.53 ω) ... 1.49 ... |
| 2 | 66.748 | 15 | VE | 872.52 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ F ₂ | 6 | (0.41) (1.35) 0.62 1.54 2.50 | (0.17) (0.51) (0.86) ... 1.49 ... |
| 2 | 67.655 | 15 | VE | 861.48 | a ⁶ D ₁ — z ⁶ F ₁ | 6 | (?) (?) (2.21) ? ? 1.40 | (0.40) (1.20) 0.67 1.47 2.27 |
| 2 | 70.442 | 6 | VE | 827.64 | a ⁴ D ₃ — z ⁴ D ₆ | 7 | (0) 1.48 | (2.00) 1.33 |
| 2 | 73.493 | 12 | VE | 790.67 | a ⁶ D ₂ — z ⁶ F ₁ | 6 | (1.41) 3.28 comp. | (0) 1.37 |
| 2 | 73.822 | 4 | VE | 786.69 | a ⁴ D ₂ — z ⁴ D ₁ | 7 | (0.67) ? ? 1.81 | (1.27) 0.60 3.13 |
| 2 | 75.998 | 10 | VE | 760.35 | a ⁴ D ₄ — z ⁴ D ₄ | 7 | (0) 1.59 | (0.73) 1.14 2.60 |
| 2 | 76.250 | 10 | VE | 757.32 | a ⁶ D ₃ — z ⁶ F ₂ | 6 | (0) 1.32 | (0) 1.59 |
| | | | | | | | (0.29) (0.88) 0.77 1.36 1.95 2.54 | |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multi- plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|-------|-------------|--------------|---------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 2 | 2877.983 | 7 | VE | 34736.40 | a ⁶ D ₄ — z ⁶ F ₃ | 6 | (?) 2.29 C? | (0.14) (0.41) (0.68) 2.00 ω |
| 2 | 80.876 | 5 | VE | 701.51 | a ⁴ D ₃ — z ⁴ D ₂ | 7 | (0) 1.61 | (0.09) (0.26) 1.12 1.28 1.46 1.63 |
| 1 | 94.27 | (2) | — | 540.9 | a ⁴ F ₄ — 3 ₅ | | | |
| 2 | 98.539 | (5) | — | 490.05 | a ⁴ F ₅ — 3 ₅ | | (0) 1.24 | |
| 2 | 2903.973 | (2) | — | 425.52 | a ⁴ F ₃ — 2 ₄ | | (0?) 0.80 | |
| 1 | 08.31 | (1) | — | 374.2 | a ⁴ F ₄ — 2 ₄ | | (1.12) 1.13 | |
| 2 | 21.816 | 3 | VE | 215.31 | a ⁴ F ₄ — 1 ₅ | | (0) 0.98 | |
| 2 | 26.156 | (2) | — | 164.56 | a ⁴ F ₅ — 1 ₅ | | (0.85) 1.24 | |
| 2 | 3032.927 | 2 | VE | 32961.88 | a ² D ₃ — z ⁴ D ₄ | 8 | (0.34) — — 1.13 | (0.22 ω) 1.71 ω |
| 1 | 42.78 | (1) | — | 855.2 | a ² D ₃ — z ⁴ D ₈ | 8 | (0) 1.24 | (0.35 ω) ... 1.29 ... |
| 1 | 47.62 | (1) | — | 803.0 | a ² D ₃ — z ⁴ D ₃ | 8 | | |
| 1 | 47.74 | (1) | — | 801.7 | a ² D ₂ — z ⁴ D ₃ | 8 | | |
| 1 | 56.7 | (1 u) | — | 706 | b ⁴ F ₄ — 2 ₄ | | (0?) 1.17 | |
| 1 | 58.35 | (1) | — | 687.9 | b ⁴ F ₃ — 2 ₄ | | (0) 0.79 | |
| 3 | 59.377 | | — | 676.93 | b ⁴ F ₅ — 2 ₄ | | | |
| 2 | 59.523 | 2 | — | 675.37 | a ² D ₈ — z ⁴ D ₂ | 8 | | |
| 1 | 67.16 | (2) | — | 594.0 | a ² D ₂ — z ⁴ D ₂ | 8 | (0.89)? Comp. | (0.20) (0.60) 0.60 1.00 1.40 |
| 1 | 71.58 | (1) | — | 547.1 | a ² D ₂ — z ⁴ D ₁ | 8 | Asimétrica | |
| 1 | 73.25 | (1) | — | 529.4 | b ⁴ F ₄ — 1 ₅ | | (0) 0.99 | |
| (1) | 3111.95 | (1) | arco? | 124.9 | b ⁴ F ₅ — 1 ₅ | | (0.92) 1.31 | |
| 1 | 15.28 | (2) | — | 090.6 | b ⁴ G ₃ — 2 ₄ | | (0?) 0? 1.72 | |
| 2 | 18.645 | 15 | VE | 055.94 | b ⁴ G ₅ — 3 ₅ | | (0) 1.72 | |
| 2 | 20.363 | 15 | VE | 038.29 | a ⁴ D ₁ — z ⁴ F ₂ | 9 | (?) 0.72 | (0.20) 0.20 0.60 |
| 2 | 22.596 | (3) | — | 015.38 | a ⁴ D ₂ — z ⁴ F ₃ | 9 | (0?) 1.08 | (0 ω) 0.90 |
| 2 | 24.971 | 20 | V | 31991.04 | b ⁴ G ₆ — 5 ₅ | 9 | (0) 1.39 | |
| 2 | 28.695 | 8 | VE | 952.98 | a ⁴ D ₃ — z ⁴ F ₄ | 9 | (0?) 1.29 | (0 ω) 1.08 ω |
| | | | | | a ⁴ D ₂ — z ⁴ F ₂ | 9 | (0.42) (1.35) 0 0.88 1.77 | (0.40) (1.20) 0 0.80 1.60 |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multi- píete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|--------------|-------------------|------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 2 | 3132.050 | 20 | VE | 31918.8 | $a^4D_4 - z^4F_5$ | 9 | (0?) 1.38 | (0 ω) 1.17 ω |
| 2 | 36.682 | 8 | VE | 871.61 | $a^4D_3 - z^4F_3$ | 9 | (0.89) 0.48 0.89 1.32 1.75 2.12 | (-)(-)(0.86) 0.51 0.86 1.20 1.54 1.89 |
| 1 | 37.47 | (1) | — | 863.6 | | | | |
| 1 | 45.07 | (2) | — | 786.6 | $a^4D_3 - z^4F_2$ | 9 | (0.50) (1.56) 0 1.00 2.04 3.05 | (0.49) (1.46) — 0.09 + 0.88 1.86 2.83 |
| 2 | 47.224 | 12 | VE | 764.9 | $a^4D_4 - z^4F_4$ | 9 | (0.63) 1.46 | (-)(-)(-)(-)(0.67) 1.33 ω |
| 1 | 59.10 | (1) | — | 645.5 | $a^4D_4 - z^4F_3$ | 9 | (?) ? ? 2.64 | (?) 0.43 ... 2.03 2.43 |
| 1 | 80.75 | (10) | — | 430.1 | $a^4G_6 - z^4F_5$ | 10 | (0?) 1.26 | (0 ω) 1.14 ω |
| 2 | 81.427 | 4 | VE | 423.37 | $a^4G_5 - z^4F_5$ | 10 | | compleja |
| 2 | 97.081 | 10 | VE | 269.51 | $a^4G_4 - z^4F_4$ | 10 | violeta compleja | (0 ω) 1.05 ω |
| 2 | 3208.589 | 3 | VE | 157.37 | $a^4G_5 - z^4F_4$ | 10 | roja (?) 1.07 | |
| 2 | 09.183 | 12 | VE | 151.62 | $a^4G_3 - z^4F_3$ | 10 | asimetría peculiar | |
| 3 | 17.39 | 8 | VE | 072.1 | $a^4G_4 - z^4F_3$ | 10 | \gg | |
| 1 | 95.47 | 2 | VE | 30336.0 | $a^4G_3 - z^4F_2$ | 10 | (?) — — 0.88 | (?) — — — 0.83 |
| 1 | 3307.07 | (8) | — | 229.6 | $a^4G_6 - 4$ | | (0) 1.23 | |
| | | | | | $a^4G_5 - 5$ | | violeta (0) 1.54 | |
| | | | | | | | roja (0) 1.12 | |
| 1 | 11.96 | (3) | — | 185.0 | $a^4G_4 - 6$ | | (0) 1.00 | |
| 1 | 12.23 | (3) | — | 182.5 | $a^4G_3 - 7$ | | (0) 0.88 | |
| 1 | 24.08 | 3 | V | 074.9 | $a^4D_2 - z^4P_3$ | 11 | (?) 1.51 2.00 2.49 | (0.20) (0.60) 1.00 1.40 1.80 2.20 |
| 1 | 28.36 | 2 | VE | 036.2 | $a^4D_1 - z^4P_2$ | 11 | (0.99) 0.99 3.02 | (0.87) 0.87 2.60 |
| 1 | 36.35 | 4 | VE | 29904.3 | $a^4D_1 - z^4P_1$ | 11 | (1.73) 1.73 | (1.33) 1.33 |
| 1 | 39.86 | 7 | VE | 932.8 | $a^4D_2 - z^4P_2$ | 11 | (0.42) (1.02) 1.00 1.66 2.33 | (0.27) (0.80) 0.93 1.47 2.00 |
| 1 | 42.64 | 3 | VE | 907.9 | $a^4D_3 - z^4P_3$ | 11 | (0.60) | (0.11) (0.34) (0.57) ... |
| 1 | 47.85 | 6 | VE | 861.4 | $a^4D_2 - z^4P_1$ | 11 | (1.08) 0.29 2.38 | (0.73) 0.47 1.93 |
| 3 | 49.653 | | — | 845.32 | $a^4D_2 - z^4F_3$ | 11 | | (0 ω) 1.11 ... 1.87 2.00 |
| 3 | 53.130 | | — | 814.34 | $a^4D_4 - z^6D_5$ | 12 | (?) 2.03 | (0.18) (0.54) 0.83 1.19 1.55 1.92 |
| 1 | 58.49 | 8 | VE | 766.8 | $a^4D_3 - z^4P_2$ | 11 | (0.25) (0.78) 0.74 1.28 1.78 2.29 | |

| Autor. | L. A. | Int. | Clase Temp | ν (vac.) | Designación. | Multi-plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|---------|------|--------------|--------------|-------------------|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 3360.36 | 6 | VE | 29750.2 | $b^4D_4 - z^4D_4$ | 13 | (0) 1.58 | (0) 1.43 |
| 1 | 61.82 | 1 | V | 737.3 | $b^4D_3 - z^4D_4$ | 13 | (0) 1.66 | (0 ω) 1.28 ... 1.51 1.57 |
| 1 | 63.73 | (2) | — | 720.4 | $a^4D_2 - z^6D_3$ | 12 | (0.23) (0.76) ? ? 2.04 2.54 | (0.23) (0.69) 0.97 1.43 1.88 2.34 |
| 1 | 68.05 | 20 | VE | 682.3 | $a^4D_4 - z^4P_3$ | 11 | (?) 1.24 | (0 ω) 1.22 ω |
| 1 | 78.37 | 2 | VE | 591.6 | $b^4D_4 - z^4D_3$ | 13 | (0) 1.63 | (0 ω) 1.22 ... 1.46 1.63 |
| 1 | 79.40 | 2 | VE | 582.6 | $b^4D_2 - z^4D_3$ | 13 | (0) 1.52 | (0) 1.37 |
| 1 | 79.88 | 5 r | además arco. | 578.4 | $b^4D_3 - z^4D_3$ | 13 | (?) (0.66) 1.67 2 comp. además | (0.14) (0.43) (0.71) — — 1.57 — — |
| 1 | 82.68 | 8 | VE | 553.9 | $a^4D_3 - z^6D_3$ | 12 | (0.99) 0.98 2.98 | (0.93) 0.93 2.80 |
| 1 | 91.47 | 6 | además arco. | 477.3 | $a^4D_1 - z^6D_2$ | 12 | (0.64) 0.66 1.97 | (0.60) 0.60 1.80 |
| 1 | 93.06 | 3 | VE | 463.5 | $b^4D_1 - z^4D_2$ | 13 | (0) 1.32 | (0) 1.20 |
| 1 | 93.88 | 4 | VE | 456.4 | $b^4D_2 - z^4D_2$ | 13 | asimétrica | (0) 0 |
| 1 | 94.37 | 4 | VE | 452.1 | $b^4D_3 - z^4D_2$ | 13 | (0.27 (0.98) 0.97 1.66 2.40 | (0.33) (1.00) 0.87 1.53 2.20 |
| 1 | 3402.46 | 3 | VE | 382.1 | $b^4D_1 - z^4D_1$ | 13 | compleja | compleja |
| 1 | 03.35 | 15 | VE | 374.4 | $a^4D_2 - z^6D_2$ | 12 | (1.56) 1.56 | (1.67) 1.67 |
| 1 | 08.76 | 15 | VE | 327.8 | $b^4D_2 - z^4D_1$ | 13 | (0.24) (0.78) 0.72 1.27 1.78 2.27 | (0.25) (0.74) 0.63 1.12 1.62 2.11 |
| 1 | 21.19 | 10 | VE | 221.2 | $a^4D_4 - z^6D_3$ | 12 | (0.97) 0.38 2.20 | (1.07) 0.13 2,27 |
| 1 | 22.75 | 15 | VE | 207.9 | $a^4D_1 - z^6D_1$ | 12 | | |
| 1 | 22.75 | 15 | VE | 207.9 | $a^4D_3 - z^6D_2$ | 12 | | |
| 1 | 33.31 | 7 | VE | 118.1 | $a^4D_2 - z^6D_1$ | 12 | | |
| 1 | 62.73 | (1) | — | 28870.7 | $a^4D_1 - z^6P_2$ | 13 | | |
| 1 | 64.01 | (1) | — | 860.0 | $a^4D_2 - z^6P_3$ | 13 | | |
| 3 | 67.136 | (1) | — | 833.99 | $a^4D_3 - z^6P_4$ | 13 | | |
| 1 | 75.13 | 2 | arco además. | 767.7 | $a^4D_2 - z^6P_2$ | 13 | (1.95) 0.64 1.95 3.22 | (0.60) (1.80) 0.60 1.80 3.00 |
| 1 | 84.14 | 3 | VE | 693.3 | $a^4D_3 - z^6P_3$ | 13 | (?) (?) (1.41) 0.65 1.22 1.72 1.72 | (0.26) (0.77) (1.28) 0.60 1.11 1.63 |

| Antor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multiplete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|----------|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 3494.53 | (1) | | 28608.0 | a ⁴ D ₄ — z ⁶ P ₄ | 13 | | |
| 1 | 95.38 | 6 | VE | 601.0 | a ⁴ D ₃ — z ⁶ P ₂ | 13 | (0.57) (1.67) 0? 0.92 | (0.51) (1.54) — 0.17 + 0.86 — — |
| 1 | 3511.85 | 6 | VE | 466.9 | a ⁴ D ₄ — z ⁶ P ₃ | 13 | { (0.26) (0.76) (1.31) 0.29 0.81 | { (0.23) (0.69) (1.14) 0.29 0.74 1.20 |
| 1 | 56.10 | 3 | VE | 112.7 | a ⁴ G ₅ — z ⁶ P ₄ | 14 | 1.32 1.81 2.29 | 1.66 2.11 2.57 |
| 1 | 85.39 | (4) | V | 27883.8 | a ² D ₃ — z ⁴ P ₃ | 15 | | |
| 2 | 85.504 | (3) | | 882.15 | a ² D ₂ — z ⁴ P ₃ | 15 | | |
| 3 | 3603.622 | | | 741.99 | a ² D ₃ — z ⁴ P ₂ | 15 | no afectada? | compleja |
| 3 | 03.782 | | | 740.75 | a ² D ₂ — z ⁴ P ₂ | 15 | | |
| 3 | 13.781 | | | 668.59 | a ² D ₂ — z ⁴ P ₁ | 15 | | |
| 1 | 31.61 | (10 dp?) | | 528.2 | { a ² D ₂ — z ⁶ D ₃ | 16 | | |
| 1 | 43.20 | (1) | | 440.6 | { a ² D ₃ — z ⁶ D ₃ | 16 | (0) 1.60 | (0 ω) 1.45 ω |
| 1 | 44.69 | (1) | | 429.4 | a ⁴ D ₄ — z ⁶ F ₅ | 17 | (0) 1.57 | (0 ω) 1.43 ω |
| 1 | 47.37 | (1) | | 409.2 | a ⁴ D ₃ — z ⁶ F ₄ | 17 | | |
| 1 | 51.69 | (1) | | 376.8 | a ⁴ D ₂ — z ⁶ F ₃ | 17 | | |
| 1 | 77.70 | (2) | | 183.2 | a ⁴ D ₁ — z ⁶ F ₂ | 17 | | |
| 1 | 77.89 | (4r) | | 181.8 | a ² D ₃ — z ⁶ D ₂ | 16 | (?) 1.43 2.04 | |
| 1 | 3712.97 | (6) | | 26925.0 | a ² D ₂ — z ⁶ D ₂ | 16 | (0.61) 1.18 2.30 | |
| 1 | 15.18 | (2) | | 908.9 | a ² D ₂ — z ⁶ D ₁ | 16 | compleja | |
| 3 | 36.53 | | | 754.59 | b ⁴ D ₄ — z ⁴ F ₅ | 17 | (0) 1.24 | (0 ω) 1.17 ω |
| 1 | 38.38 | (2) | | 742.0 | b ⁴ D ₃ — z ⁴ F ₄ | 17 | | |
| 1 | 54.60 | (2) | | 626.5 | b ⁴ D ₂ — z ⁴ F ₃ | 17 | (0) 0.89 | (0 ω) 0.90 ω |
| 3 | 55.136 | | | 622.36 | b ⁴ D ₃ — z ⁴ F ₃ | 17 | | |
| 1 | 65.60 | (1) | | 548.7 | b ⁴ D ₁ — z ⁴ F ₈ | 17 | (?) 0.59 | (0.20) 0.20 0.60 |
| 3 | 66.668 | | | 541.26 | b ⁴ D ₁ — z ⁴ F ₂ | 17 | | |
| 3 | 67.206 | | | 537.22 | b ⁴ D ₂ — z ⁴ F ₂ | 17 | | |
| 3 | 4030.850 | | | 24804.61 | b ⁴ D ₃ — z ⁴ F ₂ | 17 | | |
| 3 | 53.434 | | | 663.52 | b ⁴ D ₄ — z ⁶ D ₅ | 18 | | |
| | | | | | b ⁴ D ₂ — z ⁴ P ₃ | 19 | | |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multi- plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|--------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|
| 1 | 4054.12 | | — | 24659.3 | $b^4D_3 - z^4P_3$ | 19 | | |
| 3 | 64.054 | | — | 599.08 | $b^4D_8 - z^6D_4$ | 18 | | |
| 3 | 72.514 | | — | 547.27 | $a^4P_1 - z^4D_1$ | 20 | | |
| 3 | 75.708 | | (| 529.01 | $b^4D_1 - z^4P_2$ | 19 | | |
| 3 | 76.884 | | — | 521.66 | $b^4D_2 - z^4P_2$ | 19 | | |
| 3 | 77.582 | | — | 517.45 | $b^4D_8 - z^4P_2$ | 19 | | |
| 1 | 86.19 | (1) | — | 465.8 | $a^4P_1 - z^4D_1$ | 20 | (1.33) | 1.33 |
| 3 | 87.607 | | — | 457.29 | $b^4D_1 - z^4P_1$ | 19 | (1.43) | 1.31 |
| 3 | 88.852 | | — | 449.87 | $b^4D_2 - z^4P_1$ | 19 | | |
| 3 | 4112.570 | | — | 308.86 | $b^4D_2 - z^6D_3$ | 18 | | |
| 1 | 32.45 | (1) | — | 191.9 | $a^4P_2 - z^4D_2$ | 20 | (0.81) | 1.48 |
| 3 | 46.500 | | — | 109.95 | $a^4P_2 - z^4D_1$ | 20 | (0.27) | (0.80) 0,93 1,47 2.00 |
| 3 | 70.639 | | — | 23970.40 | $b^4D_1 - z^6D_2$ | 18 | | |
| 3 | 71.909 | | (| 963.07 | $b^4D_2 - z^6D_2$ | 18 | | |
| 3 | 72.590 | | — | 959.20 | $b^4D_3 - z^6D_2$ | 18 | | |
| 3 | 4207.409 | | (| 761.34 | $a^4P_3 - z^4D_3$ | 20 | | |
| 3 | 15.813 | | (| 713.75 | $b^4D_1 - z^6D_1$ | 18 | | |
| 3 | 17.062 | | — | 706.54 | $b^4D_2 - z^6D_1$ | 18 | | |
| 3 | 29.776 | | (| 635.02 | $a^4P_3 - z^4D_2$ | 20 | | |
| 1 | 83.24 | (1) | — | 615.9 | $a^4F_4 - z^4D_4$ | 21 | (?) | 1.37 |
| 1 | 42.35 | (5) | — | 565.2 | $a^4F_5 - z^4D_4$ | 21 | (0) | 1.15 |
| 1 | 52.65 | (1) | — | 508.2 | $a^4F_3 - z^4D_3$ | 21 | (0.53 ω) | ... 1.33 (0 ω) 1.17 ω |
| 1 | 61.99 | (1) | — | 456.6 | $a^4F_4 - z^4D_3$ | 21 | (0 ω) | 1.08 ω |
| 1 | 62.29 | (1) | — | 416.5 | $a^4F_2 - z^4D_2$ | 21 | (0 ω) | 0.90 ω |
| 1 | 75.52 | (1) | — | 382.4 | $a^4F_3 - z^4D_2$ | 21 | (?) | 0.96 |
| 3 | 79.00 | | (| 363.41 | $b^4D_1 - z^6P_2$ | 22 | | |
| 3 | 80.343 | | (| 356.10 | $b^4D_2 - z^6P_2$ | 22 | | |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación, | Multi- plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|-------|----------------|--------------|---------------------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------------------------------|
| 3 | 4281.108 | | — | (23352.06) | b ⁴ D ₈ — z ⁶ P ₃ | 22 | | |
| 1 | 84.23 | | — | 334.9 | a ⁴ F ₂ — z ⁴ D ₁ | 21 | | |
| 3 | 4504.544 | | — | 22193.62 | b ⁴ D ₄ — z ⁶ F ₄ | 23 | (0.20) 0.19 0.64 | (0.20) 0.20 0.60 |
| 3 | 07.232 | | — | 180.37 | b ⁴ D ₃ — z ⁶ F ₄ | 23 | | |
| 3 | 42.847 | | — | 006.45 | b ⁴ D ₄ — z ⁶ F ₃ | 23 | | |
| 3 | 44.699 | | — | (21997.56) | b ⁴ D ₂ — z ⁶ F ₈ | 23 | | |
| 1 | 55.02 | (10) | arco además | 947.7 | b ⁴ F ₄ — z ⁴ D ₄ | 24 | (0.60) 1.28 | |
| 1 | 58.71 | (20) | — | 929.9 | b ⁴ F ₅ — z ⁴ D ₄ | 24 | (?) 1.13 | (0.53 ω) ... 1.33 ... |
| 3 | 58.779 | | — | 929.57 | b ⁴ F ₃ — z ⁴ D ₄ | 24 | | (0 ω) 1.17 ω |
| 1 | 88.25 | (20) | — | 788.7 | b ⁴ F ₄ — z ⁴ D ₈ | 24 | (?) 1.02 | (?) 1.08 ω |
| 1 | 89.93 | (1) | — | 780.7 | b ⁴ F ₂ — z ⁴ D ₃ | 24 | (?) 1.06 | (0.49) (1.46) — 0.09 + 0.88 1.86 2.83 |
| 1 | 92.07 | (4) | — | 770.6 | b ⁴ F ₃ — z ⁴ D ₃ | 24 | | |
| 1 | 4616.67 | (3 r) | — | 654.6 | b ⁴ F ₂ — z ⁴ D ₂ | 24 | | |
| 1 | 18.84 | (10) | — | 644.4 | b ⁴ F ₃ — z ⁴ D ₂ | 24 | (?) 0.82 | (0 ω) 0.90 ω |
| 3 | 21.481 | | — | 632.05 | a ⁴ P ₁ — z ⁴ F ₂ | 25 | | |
| 1 | 34.12 | (10) | — | 573.6 | b ⁴ F ₂ — z ⁴ D ₁ | 24 | | |
| 3 | 98.773 | | — | (276.35) | a ⁴ P ₂ — z ⁴ F ₂ | 25 | | |
| 3 | 4777.731 | | — | (20924.55) | a ⁴ P ₃ — z ⁴ F ₄ | 25 | | |
| 3 | 4805.102 | | — | (805.08) | a ⁴ P ₃ — z ⁴ F ₃ | 25 | | |
| 1 | 12.37 | (2) | — | 774.0 | a ⁴ F ₄ — z ⁴ F ₃ | 26 | (?) 1.57 | (0 ω) 1.50 ω |
| 1 | 24.12 | (10) | — | 723.4 | a ⁴ F ₅ — z ⁴ F ₅ | 26 | (0) 1.36 | (0) 1.33 |
| 1 | 36.23 | (2) | — | 671.5 | a ⁴ F ₃ — z ⁴ F ₄ | 26 | | |
| 1 | 48.25 | (8) | — | 620.3 | a ⁴ F ₄ — z ⁴ F ₄ | 26 | (0) 1.25 | (0) 1.24 |
| 1 | 60.24 | (1) | — | 569.4 | a ⁴ F ₄ — z ⁴ F ₄ | 26 | (?) 1.48 | (0 ω) 1.50 |
| 1 | 64.33 | (2) | — | 552.1 | a ⁴ F ₃ — z ⁴ F ₃ | 26 | (0) 1.37 | (0) 1.03 |
| 1 | 76.42 | (2) | — | 501.1 | a ⁴ F ₂ — z ⁴ F ₂ | 26 | (0) 0.41 difusa | (0) 0.40 |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac). | Designación. | Multi- plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|--------------|--------------------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|
| 3 | 4876.486 | | — | 20500.84 | a 4F_4 — z 4F_3 | 26 | | |
| 3 | 5116.192 | | — | 19540.37 | a 4P_1 — z 4P_1 | 27 | | |
| 3 | 5210.943 | | — | 185.07 | a 4P_2 — z 4P_1 | 27 | | |
| 3 | 32.517 | | — | 105.94 | b 4F_4 — z 4F_5 | 28 | | |
| 1 | 37.33 | (2) | — | 088.4 | b 4F_5 — z 4F_5 | 28 | (0) 1.36 | (0) 1.33 |
| 3 | 46.783 | | — | 054.02 | a 4P_1 — z 6D_2 | 29 | | |
| 3 | 49.587 | | — | (043.93) | a 4P_2 — z 6D_3 | 29 | | |
| 3 | 74.980 | | — | 18952.16 | b 4F_4 — z 4F_4 | 28 | | |
| 3 | 79.880 | | — | 934.57 | { b 4F_3 — z 4F_4 b 4F_5 — z 4F_4 | 28 28 | | |
| 1 | 5305.85 | (1) | — | 841.9 | a 4P_3 — z 4P_3 | 27 | (0) 1.64 | (0) 1.60 |
| 1 | 08.42 | (1) | — | 832.7 | b 4F_4 — z 4F_8 | 28 | (0) 1.60 | (0 ω) 1.60 ω |
| 1 | 10.74 | (1) | — | 824.5 | b 4F_2 — z 4F_3 | 28 | (0.10) (0.89) 1.01 | (0.31) (0.94) 0.09 0.71 1.34 1.97 |
| 1 | 13.62 | (1) | — | 814.3 | b 4F_3 — z 4F_8 | 28 | (0) 1.04 | (0) 1.03 |
| 1 | 34.90 | (1) | — | 739.3 | b 4F_2 — z 4F_2 | 28 | (0) 0.42 | (0) 0.40 |
| 1 | 37.81 | (1) | — | 729.1 | b 4F_3 — z 4F_2 | 28 | | |
| 3 | 46.092 | | — | 700.08 | a 4P_2 — z 4P_3 | 27 | | |
| 3 | 68.122 | | — | 623.33 | a 4F_2 — z 4P_3 | 30 | | |
| 1 | 5407.59 | (1) | — | 487.4 | a 4P_3 — z 6D_3 | 29 | (0) 1.70 | (0 ω) ... 1.63 ... |
| 3 | 19.425 | | — | 447.01 | a 4F_3 — z 4F_2 | 30 | | |
| 1 | 20.94 | (1) | — | 441.9 | a 4P_2 — z 6D_1 | 29 | (0.56) 1.29 2.30 | (0.80) 0.93 2.53 |
| 1 | 30.368 | | — | 409.85 | a 4F_2 — z 4P_1 | 30 | | |
| 1 | 78.37 | (1) | — | 248.6 | b 4G_6 — z 4F_5 | 31 | (0) 1.14 | (0 ω) 1.14 ω |
| 1 | 5502.08 | (1) | — | 169.9 | b 4G_5 — z 4F_4 | 31 | (0) 1.06 | (0 ω) 1.05 ω |
| 1 | 03.18 | (1) | — | 166.2 | b 4G_3 — z 4F_2 | 31 | (0) 0.77 | (0 ω) 0.70 ω |
| 1 | 08.61 | (1) | — | 148.4 | b 4G_4 — z 4F_3 | 31 | (0) 0.96 | (0 ω) 0.93 ω |
| 1 | 10.71 | (1) | — | 141.5 | a 4P_3 — z 6D_2 | 29 | (0) 1.46 | (0.20 ω) 1.40 ω |

| Autor. | I. A. | Int. | Clase Temp. | ν (vac.) | Designación. | Multi-plete. | Zeeman obs. | Zeeman calc. |
|--------|----------|------|-------------|--------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|
| 3 | 5707.922 | | — | 17514.67 | a 4F_3 — z 6P_4 | 32 | | |
| 3 | 5742.815 | | — | 408.23 | a 4F_2 — z 6P_3 | 32 | | |
| 3 | 5926.205 | | — | 16869.53 | b 4F_4 — z 4P_3 | 33 | | |
| 3 | 5979.311 | | — | 719.73 | b 4F_2 — z 4P_2 | 33 | | |
| | 6053.53 | (2) | — | 514.7 | b 4F_4 — z 6D_3 | 34 | | |

OBSERVACIONES A LA TABLA IV.—En la columna de autores, los números indican: 1, Exner y Haschek; 2, Hall Dis. Bonn., 1925, medidas hechas en arco; 3, líneas medidas en el Sol que figuran en el *Rev. Rowland's Table*; 4, Piña, AN. SOC. ESP., 15, 110, 1917, corregidas.