

VIII

LA ABSORCIÓN DEL CUARZO Y DEL AIRE Y SUS COMPONENTES

HASTA 1810 U. A. *

POR EL DOCTOR ADOLFO T. WILLIAMS
Profesor suplente de Físico-química

ABSTRACT

Absorption of quartz and air and its components up to 1810 Å. — Experimental results obtained by investigators who have studied the absorption of quartz and air differ; whereas some hold that spectrographs submerged in air only allow the passage up to 1854,67 Å. (Bloch), others claim that it is possible to reach 1841,25 (Fowler). This determined us to systematically study some spark spectra by means of a small Hilger quartz spectrograph (Model E/37) in normal atmosphere, and in one of Nitrogen using a convenient dispositive.

The following table is a summary of results obtained and includes the minimum λ that it has been possible to photo in either gas

	λ minimum	
	in Air	in Nitrogen
Hg (arc lamp)	1849,57	1849,57
Al (Spark)	1854,67	1854,67
Fe »	1838,30	1830,52
Zn »	1839,80	1808,40
Cd »	1838,50	1823,70
Sn »	1854,90	1811,10
Ca »	1840,20	1838,00

We have thus proved the possibility of constructing a Nitrogen spectrograph owing to the small absorption of this gas; it should be noticed that in Nitrogen we have not been able to reach smaller λ , as we did not wish to alter the adjustment of the apparatus.

In all cases the thickness of the air or nitrogen traversed reached 650 mm., and the thickness of quartz 43 mm. We used Schumann plates made by Hilger, which have shown a much higher sensibility than ordinary plates made sensitive by Nujol.

Lastly, we have studied the behaviour of Mercury line 1S-1P whose absorption depends upon the density of the vapor, which is directly proportionate to the heating of the lamp, not to the voltage (Tian) as it is only increased by the effects of heating.

Photographs of the different spectra are published.

LA ABSORCIÓN DEL CUARZO Y DEL AIRE Y SUS COMPONENTES

HASTA 1810 U. A.

§ 1. INTRODUCCIÓN

La circunstancia de habernos propuesto estudiar la emisión de algunas fuentes luminosas (fulguración eléctrica de soluciones, soplete oxiacetilénico, choques electrónicos) haciendo uso de un espectrógrafo sumergido en el aire y determinar también experimentalmente la validez de la regla de F. Croze, referente a las líneas últimas, en el caso del mercurio, nos llevó a examinar la absorción del aire, del nitrógeno y del cuarzo en el comienzo de la región de Schumann, dado que los resultados de los autores que se han ocupado de esta cuestión son contradictorios, sobre todo en lo que se refiere a la absorción del aire, como se verá en la breve reseña que sigue á continuación.

Las medidas de Pflüger y los resultados cualitativos de Schumann permiten establecer que el cuarzo tiene una transparencia menor que la real en la región $\lambda < 1850$ U. A. ⁽¹⁾. Según Lyman ⁽²⁾ una placa de cuarzo de 2 milímetros de espesor absorbe todas las radiaciones a partir de 1600 U. A. y debilita, en grado sumo, las que se encuentran situadas entre 1600 y 2000 U. A. Por su parte, L. y E. Bloch ⁽³⁾, dicen que la transparencia del cuarzo a partir de 1854 U. A., aunque disminuye mucho, es aún notable.

Los datos anteriores se refieren al cuarzo cristalino. El cuarzo fundido es más opaco; por ese motivo Lyman ⁽⁴⁾ sólo logró fotografiar en el

(1) TH. LYMAN, *The Spectroscopy of the extreme Ultraviolet*, página 13, Londres, 1914.

(2) TH. LYMAN, obra citada, página 56.

(3) L. y E. BLOCH, *Journ. Phys. Rad.* (6), **2**, página 230, 1921.

(4) TH. LYMAN, *Astrophysic. Journ.*, **38**, página 289, 1913.

espectro de la lámpara de mercurio en cuarzo, utilizando el espectrógrafo de red en el vacío, como longitud de onda más refrangible, la línea 1774,9 U. A.

El rol de la absorción del aire es mucho más importante y ha dado origen a una serie de investigaciones que se hallan relacionadas en la obra de Lyman ⁽¹⁾ hasta el año 1914. De los diversos datos experimentales se deduce que el nitrógeno tiene una absorción despreciable y que el oxígeno presenta en la región que nos interesa un espectro de absorción formado por doce bandas, situadas entre 1831,2 y 1980,1 U. A., que ha sido estudiado por Schumann, Tian, Steubing, L. y E. Bloch ⁽²⁾ y Duclaux y Jeantet ⁽³⁾.

Las bandas de absorción forman dos grupos, uno constituido por ocho bandas y por cuatro el restante, según Duclaux y Jeantet. Estos últimos autores han determinado la estructura de las bandas del segundo grupo y de la banda VIII del primero; habiéndolo hecho para las bandas III a VII del primer grupo L. y E. Bloch. Las bandas son representables por fórmulas del tipo Deslandres, como lo muestra la tabla I.

TABLA I

Grupo	Banda	λ	$\nu = A - Bm^2$	m
I	I	1831,2 a 1845,5		
	II	1848,0 a 1863,5		
	III	1864,9 a 1881,2	53670,0 — 3,02 m ²	4 a 10
	IV	1881,8 a 1899,8	53139,0 — 2,98	1 a 13
	V	1901,9 a 1922,8	52578,0 — 2,92	1 a 14
	VI	1923,9 a 1936,5	51987,0 — 2,88	1 a 11
	VII	1946,8 a 1957,4	51370,0 — 2,84	1 a 10
	VIII	1971,4 a 1980,1	50727,0 — 2,80	1 a 9
II	II	1900,6 a 1911,8	52616,0 — 3,10	1 a 10
	III	1918,9 a 1930,2	52116,0 — 3,10	1 a 10
	IV	1938,6 a 1949,8	51585,0 — 3,00	1 a 10
	V	1960,1 a 1971,1	51021,0 — 2,90	1 a 10

Steubing ⁽⁴⁾ ha determinado las intensidades de la banda II del primer grupo considerándola como una banda de fluorescencia; opinión que no

⁽¹⁾ TH. LYMAN, obra citada, página 61.

⁽²⁾ L. y E. BLOCH, *Le Radium*, **11**, página 97, 1914-1919.

⁽³⁾ J. DUCLAUX y P. JEANTET, *Comptes Rendus*, **173**, página 581, 1921.

⁽⁴⁾ W. STEUBING, *Ann. der Physik.*, **33**, página 573, 1910.

comparten Kayser ⁽¹⁾ ni Lyman ⁽²⁾. L. y E. Bloch ⁽³⁾ han demostrado que dichas bandas deben atribuirse a la absorción del oxígeno.

En un trabajo reciente E. Schmidt ⁽⁴⁾ ha confirmado que el espectro del oxígeno no es un espectro de absorción. También ha realizado experiencias sumergiendo un espectrógrafo en atmósferas de gases no absorbentes y ha llegado a la conclusión — análoga a la que hemos llegado nosotros — de que por este medio es posible fotografiar líneas de $\lambda < 1840$.

Hemos construido la curva de la figura 1 poniendo en ordenadas las intensidades encontradas por Steubing que, si las consideramos — lo que es legítimo — como las intensidades correspondientes a una banda de absorción, vemos que ésta pasa por un máximo para $\lambda = 1850$ U. A. Nos proponemos, próximamente, empleando el pequeño espectrógrafo en

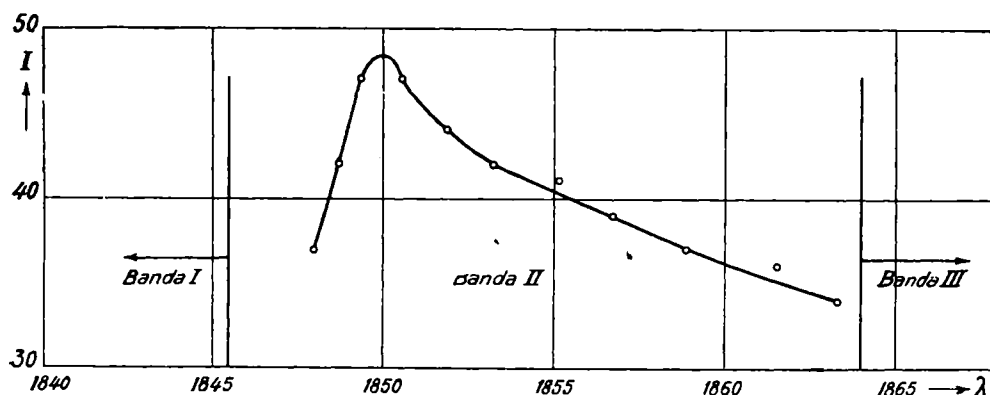


Fig. 1. — Intensidades de la banda II del primer grupo del Oxígeno, según Steubing

cuarzo de Hilger, utilizado en estas investigaciones, determinar por medio del sector espectrofotométrico, la curva de absorción del oxígeno hasta los límites que permita el dispositivo experimental.

En los espectrógrafos sumergidos en el aire se tiene, según Schumann ⁽⁵⁾, una absorción total a partir del triplete del aluminio (1852 U. A.); resultado que confirman ampliamente L. y E. Bloch ⁽⁶⁾ siendo la línea más refrangible que han fotografiado en las condiciones mencionadas una del Ni de $\lambda = 1853,41$ U. A. ⁽⁷⁾. Sin embargo, otros investiga-

(1) H. KAYSER, *Ann. der Physik*, **34**, página 458, y **35**, página 608, 1911.

(2) TH. LYMAN, *Astrophysic. Journ.*, **38**, página 284, 1913.

(3) L. y E. BLOCH, *Le Radium*, **11**, páginas 98 y 100, 1914-1919.

(4) E. SCHMIDT, *Zeit. für Physik*, **31**, página 475, 1925.

(5) TH. LYMAN, obra citada, página 63.

(6) L. y E. BLOCH, *Journ. Phys. Rad.* (6), **2**, página 230, 1921.

(7) L. y E. BLOCH, *Journ. de Physique* (5) **4**, página 622, 1914.

dores han llegado a resultados diferentes. Así Duclaux y Jeantet ⁽¹⁾, por medio de un espectrógrafo provisto de un prisma de agua y lentes de cuarzo, han llegado a fotografiar con 5 minutos de exposición las líneas del hierro hasta 1848,0 U. A., y terminan diciendo: « ... *contrairement à l'opinion courante que fixe la limite à la raie 1854 de l'aluminium* ». Estos mismos autores ⁽²⁾ han determinado la dispersión del agua hasta 1829 U. A. utilizando también el espectrógrafo a prisma de agua.

Otros investigadores han llegado a resultados que confirman, a lo menos en parte, los resultados de Duclaux y Jeantet.

Takamine y Nita ⁽³⁾ han fotografiado la línea 1843,7 U. A. del cadmio. Por su parte Fowler ⁽⁴⁾ ha publicado una lista de las líneas del espectro del arco del silicio que llega hasta 1841,25 U. A., utilizando un pequeño espectrógrafo de cuarzo a la presión normal. También Lord Rayleigh ⁽⁵⁾ ha logrado fotografiar netamente la línea 1S — 1P del mercurio. Estos dos autores han empleado placas sensibilizadas para los rayos de corta longitud de onda, por medio del procedimiento indirecto de las sustancias fluorescentes (Nujol o sus análogos).

En cambio Weinberg ⁽⁶⁾ operando en forma idéntica en los espectros del Galio y del Indio, menciona como longitud de onda mínima 1855,4 U. A.

Estas divergencias entre los resultados de los distintos autores y el interés que teníamos de comprobar hasta dónde era posible llegar con un pequeño espectrógrafo, nos llevó a realizar una serie de experiencias que comprenden no sólo la comprobación de los resultados anteriormente expuestos, sino también el examen de la posibilidad de construcción de un espectrógrafo encerrado en una atmósfera de nitrógeno, dada la poca absorción de dicho gas para las cortas longitudes de onda. El párrafo siguiente contiene la relación de las investigaciones realizadas.

§ 2. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Describiremos, sucesivamente, el espectrógrafo utilizado, la técnica fotográfica adoptada y los resultados que hemos obtenido en la atmós-

⁽¹⁾ J. DUCLAUX y P. JEANTET, *Journ. Phys. Rad.* (6), **2**, página 157, 1921.

⁽²⁾ J. DUCLAUX y P. JEANTET, *Journ. Phys. Rad.* (6), **5**, página 92, 1924.

⁽³⁾ KAYSER y KONSEN, *Handbuch der Spectroscopie*, **7**, página 189.

⁽⁴⁾ A. FOWLER, *Phil. Trans. (A)*, **225**, páginas 6 y 45, 1925.

⁽⁵⁾ LORD RAYLEIGH, *Proc. Royal Soc. (A)*, **108**, página 262 y lámina IV, 1925.

⁽⁶⁾ M. WEINBERG, *Proc. Royal Soc. (A)*, **107**, página 138, 1925.

fera normal y en el nitrógeno, así como también el comportamiento de la línea 1S — 1P del mercurio.

1. *Espectrógrafo y técnica fotográfica.* — El espectrógrafo utilizado fué uno pequeño con óptica de cuarzo construido por Adam Hilger Ltd. de Londres y que dicha casa constructora designa con el nombre : E/37. Posee un prisma de cuarzo, modelo Cornu, de 16 milímetros de altura por 22 milímetros de base. El objetivo de la cámara fotográfica tiene una longitud focal de 210 milímetros para la línea D del sodio y es fijo. El objetivo del colimador sólo tiene movimiento por medio de un simple enchufe. También es fija, por construcción, la inclinación del chasis con respecto al eje óptico del objetivo de la cámara fotográfica.

El espectrógrafo está provisto, como otros modelos construidos por Hilger, del dispositivo que permite fotografiar una escala de largos de onda en exacta juxtaposición con cada espectro, lo que hace posible la determinación aproximada de las λ y sirve de guía cuando se hacen las medidas precisas por medio del comparador.

La dispersión lineal en la región comprendida entre la línea 4358,34 del Hg y la línea 1808,40 del Zn, alcanza a 81,91 milímetros; siendo la distancia que separa a las líneas 1849,57 del Hg y 1808,40 del Zinc, de 4,78 milímetros. La curva de dispersión entre estas dos últimas longitudes de onda es una recta.

Hemos utilizado como placas fotográficas las preparadas de acuerdo con la técnica de Schumann y puestas en el comercio por Adam Hilger Ltd. de Londres, las placas « Eclipse » (sensibilidad 650 Watkins) de la Imperial Dry Plate Co Ltd., las placas « Special Rapid Panchromatic » (sensibilidad 300 Watkins) y las « Rapid Process Panchromatic » (sensibilidad 110 Watkins) de la Ilford Co Ltd. Estas tres últimas clases de placas fueron sensibilizadas para las radiaciones del extremo ultravioleta, por el método indirecto, que consiste en extender sobre la superficie sensible una película delgada de una substancia fluorescente como el Nujol, sus similares o los aceites minerales utilizados como lubricantes.

A pesar de lo que manifiestan Duclaux y Jeantet ⁽¹⁾ de que las placas Lumière Σ o etiqueta violeta sensibilizadas por este procedimiento permiten la espectroscopía instantánea y son dos veces más sensibles que las de Schumann, no hemos podido llegar a ese resultado ni siquiera con las placas « Eclipse » que son de una rapidez extrema; en todos los casos las placas preparadas de acuerdo con la técnica de Schumann se

(1) J. DUCLAUX y P. JEANTET, *Journ. Phys. Rad.* (6), **2**, página 158, 1921.

han mostrado de una sensibilidad muchísimo mayor. Este resultado confirma el encontrado por L. y E. Bloch ⁽¹⁾ quienes afirman que las placas Lumière etiqueta violeta no dan casi nada a partir de 2100 U. A. y que, en cambio, las placas de grano muy fino (placas lentas al lactato de plata de Guilleminot) dan, aunque muy débilmente, la línea 1862 U. A. del aluminio; los datos anteriores se refieren a placas sin sensibilizador para los rayos de corta longitud de onda (Nujol u otros). Por nuestra parte, podemos afirmar que las líneas del Al 1862,89 y 1854,67 aparecen con una muy débil intensidad en las placas « Eclipse » e « Ilford » cuando no se utiliza sensibilizador.

Recientemente L. y E. Bloch ⁽²⁾ han logrado fotografiar con el espectrógrafo de red en el vacío, por medio de películas sensibilizadas con aceite mineral, hasta 700 U. A., pero empleando tiempos de exposición sumamente largos; en cambio, con placas Schumann han podido llegar hasta 595 U. A y con tiempos de exposición menores.

Como fuente luminosa hemos empleado la chispa condensada producida por la descarga de un condensador de 0,005 microfarads de capacidad cargado por una bobina provista de un interruptor a turbina, cuyo primario recibía una corriente de 20 volts provista por la red de baja tensión de las baterías del Instituto; la intensidad en el primario oscilaba entre 4,5 y 5,5 amperes.

2. *Experiencias realizadas en la atmósfera normal y en el nitrógeno.*

— El espesor de los medios absorbentes atravesados por las radiaciones luminosas puede calcularse, aproximadamente, en 43 milímetros de cuarzo (prisma = 22 mm + 3 lentes de 7 mm. de espesor cada uno = 21 mm) y en 650 milímetros de aire o de nitrógeno (camino recorrido dentro del espectrógrafo = 450 mm + distancia de la fuente luminosa a la rendija = 200 mm).

En todas nuestras experiencias hemos utilizado un condensador cilíndrico de cuarzo colocado a 100 milímetros de la rendija y a su vez la fuente luminosa a igual distancia del condensador.

El dispositivo empleado para realizar las experiencias en una atmósfera de nitrógeno es el que muestra la figura 2 y no necesita mayores explicaciones. La corriente de gas provenía de un tubo que contenía nitrógeno comprimido y se mantenía durante todo el tiempo de exposición de la placa fotográfica. Para desalojar el aire y reemplazarlo por

(1) L. y E. Bloch, *Journ. de Physique* (5) **4**, página 624, 1914.

(2) L. y E. Bloch, *Revue d'Optique*, **5**, página 70, 1926.

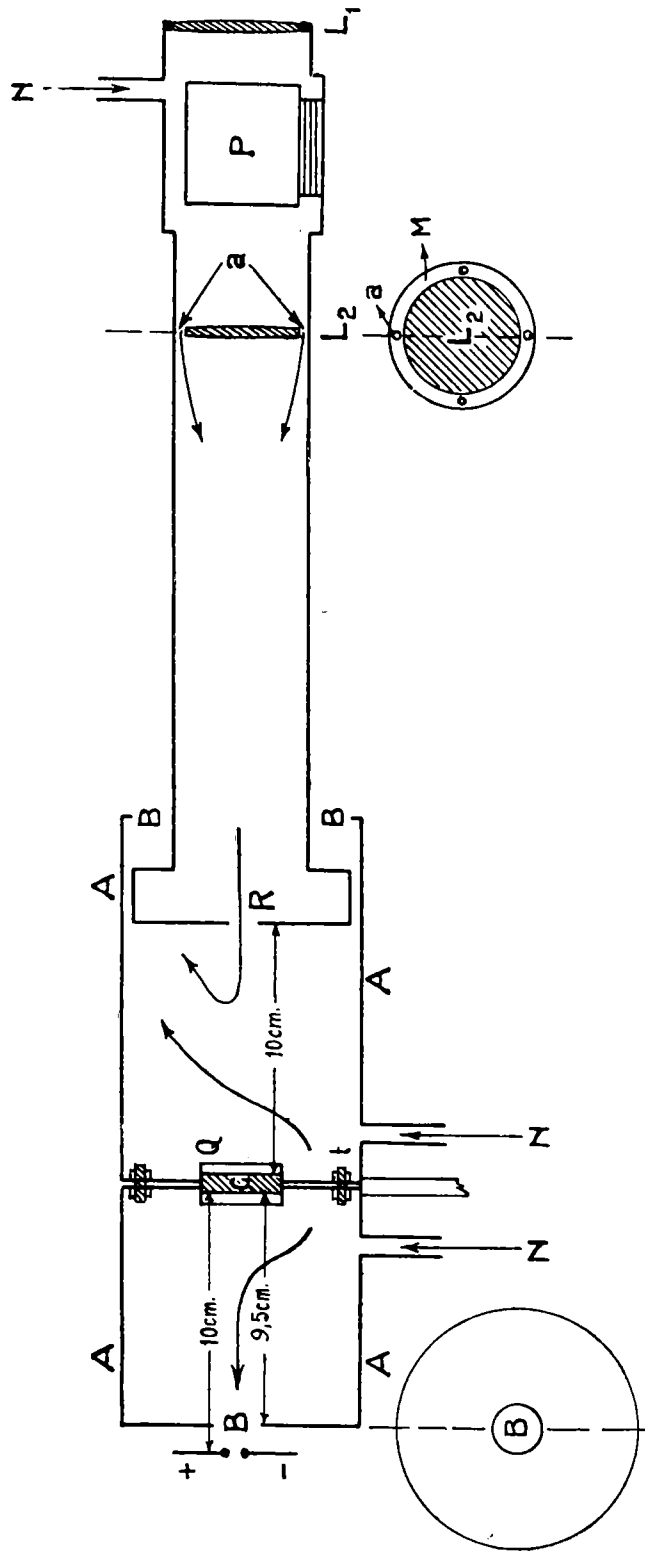


Fig. 2. — Dispositivo para operar en una atmósfera de Nitrógeno: L_1 , lente de la cámara fotográfica; N , entradas de la corriente de Nitrógeno; B , salidas; P , prisma; L_2 , lente del colimador; M , montura del mismo; a , orificio para el paso de la corriente gaseosa; R , rendija; A , cilindro de aluminio; C , condensador de cuarzo; Q , montura del mismo.

nitrógeno en la cámara fotográfica, introducíamos un tubo de goma por la abertura del portachasis y después de hacer pasar un cierto tiempo la corriente de N se cerraba la cámara fotográfica bajando el chasis.

3. *Tablas numéricas.* — Las tablas siguientes resumen los resultados experimentales alcanzados en los espectros siguientes: Hg (lámpara de arco en cuarzo), Al, Fe, Zn, Cd y Sn (chispa condensada entre electrodos metálicos) y Ca (chispa condensada entre carbones con Cl_2Ca).

Figuran en las tablas: 1° las series, las longitudes de onda y las intensidades dadas por los autores que nos han servido para establecer las tablas, y 2° los resultados de nuestras experiencias en la atmósfera normal y en el nitrógeno; hemos indicado en tipo grueso las intensidades de las líneas que limitan cada uno de los espectros estudiados del lado de las cortas longitudes de onda.

TABLA II
Mercurio ⁽¹⁾

(Lámpara de arco en cuarzo con 1,75 amperes. Tiempo de exposición: 5" en el aire y el mismo tiempo en el nitrógeno)

Serie	λ	I	I	
			Aire	Nitrógeno
	2002.90	2 (Wolff)	3	3
	1988.07	1 "	—	—
	1973.98	5 "	5	5
	1973.20	4 "		
	1942.52	10 "	10	10
1S — 1P	1849.57	>100 (Lyman)	10	10
	1832.60	4 "		

No hemos podido fotografiar, ni aun a través del nitrógeno, ninguna línea de λ menor que la 1S — 1P, salvo el espectro de bandas que aparece netamente en el espectro III de la lámina I.

Según Lyman ⁽²⁾ la línea 1S — 1P se modifica enormemente cuando se utiliza un espectrógrafo en el cual la luz tiene que atravesar un trayecto considerable en el aire antes de llegar a la placa fotográfica; la línea en

⁽¹⁾ TH. LYMAN, *The Spectroscopy of the extreme Ultra-violet*, tabla X, páginas 119 y 120. (Resultados de Wolff y Lyman.)

⁽²⁾ TH. LYMAN, Obra citada, página 98.

cuestión es reemplazada, operando en esas condiciones, por un grupo de líneas muy débiles que han sido observadas por Steubing ⁽¹⁾ y por Tian ⁽²⁾. No estamos de acuerdo con la opinión de Lyman porque hemos logrado fotografiar netamente la línea 1S — 1P (véase espectro I, lám. I) siempre que hemos utilizado la lámpara fría. A medida que la lámpara de mercurio se calienta, aumenta la diferencia de potencial en los bornes de la misma y el aumento de la densidad de vapor produce la absorción de la línea, fenómeno ya señalado por Tian ⁽³⁾. Este autor sostiene que la zona de absorción aumenta a razón de 0,2 V por volt. Opinamos que la absorción no depende del voltaje, sino que ambas magnitudes dependen del aumento de la densidad de vapor producido por el calentamiento de la lámpara.

La lámpara utilizada por nosotros, construída por Heraus de Hannau, para funcionar con un régimen normal de 2,5 amperes, presentaba las características eléctricas siguientes :

TABLA III a

Lámpara fría		Lámpara caliente después de funcionar 30 ^m a 2,5 amperes	
Amperes	Volts	Amperes	Volts
1,0	26	1,0	74
1,5	26	1,5	70
1,7	26	1,7	68
2,0	26	2,0	68
2,5	26	2,5	66
3,0	26	3,0	66

Los valores para la lámpara fría coinciden con los mencionados por Tian. La variación del voltaje en función del tiempo, vale decir del calentamiento, es la siguiente, para las intensidades iniciales de 1,75 y 2,3 amperes :

⁽¹⁾ W. STEUBING, Memoria citada, página 572.

⁽²⁾ A. TIAN, *Comptes Rendus*, **152**, página 1483, 1911.

⁽³⁾ A. TIAN, *Comptes Rendus*, **155**, página 141, 1912.

TABLA III b

t	Amperes	Volts	Amperes	Volts
0"	1,75	26	2,3	26
5	1,70	27	2,3	40
10	1,70	32	2,3	53
20	1,70	40	2,3	70
30	1,70	60	2,3	69

Resumiendo : si se desea obtener la emisión de la línea 1S — 1P debe operarse con la lámpara fría; hecho que debe tenerse muy en cuenta en las experiencias de fotoquímica, pues es bien sabido que las radiaciones entre 2000 y 1850 producen reacciones que elevan el potencial químico de los sistemas.

TABLA IV

Aluminio ⁽¹⁾

(Chispa condensada. Tiempo de exposición : 40' en el aire y 60' en el nitrógeno)

Serie	λ	I	I	
			Aire	Nitrógeno
Al ⁺ ?	1990,50	20 (Paschen)	10	10
Al ⁺ 3d ₁ — 4f ₁	1935,83	10 "	10	10
Al ⁺ ?	1930,20	2 "	7	7
Al ⁺ 3s — 3p ₂	1862,89	10 "	10	10
Al ⁺ 3p ₁ — 4s	1862,48	10 "	2 ⁽²⁾	2 ⁽²⁾
Al ⁺ 3p ₂ — 4s	1858,13	7 "	5	5
Al ⁺ 3p ₃ — 4s	1856,00	3 "	—	—
Al ⁺ 3s — 3p ₁	1854,67	10 "	10	10
	1836,80	(Handke)		
	1833,20	"		
	1820,60	"		
	1819,60	"		
	1818,50	3 (Lyman)		

⁽¹⁾ TH. LYMAN, Obra citada, página 115, tabla V (resultados de Lyman y Handke) y F. PASCHEN, *Ann. der Physik*, **71**, páginas 142 y 537, 1923.

⁽²⁾ Dada la poca dispersión del espectrógrafo utilizado no podemos asegurar que dicha línea esté presente, aunque presumimos que lo está, dadas las reglas de intensidad de los múltipletes.

TABLA V

Hierro (1)

(Chispa condensada. Tiempo de exposición : 10^m en el aire y 10^m en el nitrógeno)

λ	I	I	
		Aire	Nitrógeno
1854,93	4 (Bloch)	6	6
1852,73	3 "	6	6
1851,23	2 "	2	2
1850,14	2 "	3	3
1849,37	1 "	1	1
1848,84	1 "	—	—
1848,20	1 "	—	—
1846,52	2 "	1	1
1845,48	2 "	5	5
1844,40	1 "	—	—
1843,21	3 "	5	5
1841,56	3 "	1	2
1839,88	1 "	—	—
1838,30	2 "	0	1
1835,92	1 "		—
1834,99	1 "		—
1833,67	2 "		0
1832,00	1 "		—
1830,52	2 "		2
1829,32	0 "		

(1) L. y E. Bloch, *Journ. Phys. Rad.* (6), **6**, página 111, 1925.

TABLA VI

Zinc ⁽¹⁾(Chispa condensada. Tiempo de exposición : 8^m en el aire y 8^m en el nitrógeno)

λ	I	I	
		Aire	Nitrógeno
1864,6	5 (Handke)	3	3
1856,7	1 (Hutchinson)	1	1
1844,7	1 " "	2	2
1839,8	6 (Handke)	1	3
1836,6	2 " "		—
1834,0	7 " "		—
1832,0	2 " "		3
1829,9	2 " "		—
1825,4	1 (Hutchinson)		2
1825,3	1 " "		2
1816,5	0 " "		0
1814,2	0 " "		0
1811,3	1 " "		2
1808,4	0 " "		0

TABLA VII

Cadmio ⁽²⁾(Chispa condensada. Tiempo de exposición : 5^m en el aire y 5^m en el nitrógeno)

λ	I	I	
		Aire	Nitrógeno
1873,70	5 (Eder y Valenta)	10	10
1856,10	6 (Bloch)	10	10
1855,32	6 " "		
1850,60	2 (Mc Lennan)	3	5
1844,58	1 (Saunders)	3	5
1843,90	10 (Lang)		
1838,50	1 (Bloch)	0	3
1828,30	2 (Lang)		—
1823,70	1 " "		0
1808,40	1 (Mc Lennan)		
1804,00	1 (Lang)		

⁽¹⁾ TH. LYMAN, Obra citada, tabla XVI, página 123 (resultados de Handke) y R. O. HUTCHINSON, *Astrophysic. Journ.*, **58**, página 260, 1923.

⁽²⁾ H. KAYSER y H. KONEN, *Handbuch der Spectroscopie*, **7**, página 189; L. y E. BLOCH, *Journ. Phys. Rad.* (6), **2**, página 229, 1921, y J. R. LANG, *Phil. Trans. (A)*, **224**, página 371, 1924.

TABLA VIII

Estiño (1)

(Chispa condensada. Tiempo de exposición : 8^m en el aire y 6^m en el nitrógeno)

λ	I	I	
		Aire	Nitrógeno
1901,4	10 (Lang)	20	20
1892,3	1 "	—	—
1888,7	2 "	—	—
1885,0	1 "	5	5
1879,2	3 (Handke)	4	4
1871,0	3 (Lang)	—	—
1867,9	1 "	1	1
1863,1	1 (Handke)	—	—
1854,9	1 "	2	2
1833,5	3 (Lang)		4
1830,8	3 "		—
1826,2	2 "		—
1822,0	8 "		—
1819,6	1 (Handke)		—
1811,1	10 (Lang)		15
1801,6	2 "		

El examen de los cuadros anteriores prueba que se puede fotografiar a través del aire hasta la línea 1838,30 del Fe. Una comprobación de que éste es el límite extremo, la tenemos en el doblete del calcio : 1840,20 y 1838,00 (tabla IX). Solamente se puede fotografiar la primera línea operando en el aire, pero si se fotografía a través del nitrógeno, la línea restante aparece con gran intensidad (véase lám. II, espectros XII y XIII).

(1) TH. LYMAN, Obra citada, tabla XV, página 123 (resultados de Handke) y J. R. LANG, Memoria citada.

TABLA IX

Calcio ⁽¹⁾(Chispa condensada entre carbones con CaCl_2 . Tiempo de exposición : 8^m en el aire y 6^m en el nitrógeno)

Serie	λ	I	I	
			Aire	Nitrógeno
$1\pi_1 - 4\tau$	1851,30	7 (Lyman)	—	—
$1\pi_2 - 4\tau$	1843,80	6 »	—	—
$1\delta - 3\tau$	1840,20	10 »	0	10
$1\delta' - 3\tau$	1838,00	9 »		8
	1836,10	1 (Lang)		
	1830,50	1 »		
	1822,00	1 »		
	1819,70	1 »		
$1\pi_1 - 4\delta'$	1815,00	8 (Lyman)		
$1\pi_2 - 4\delta'$	1807,80	7 »		
	1805,70	1 (Lang)		

La figura 3 muestra, en forma esquemática, las bandas del espectro de absorción del oxígeno y algunas de las principales líneas fotografiadas, siendo proporcional la altura de las flechas a las intensidades respectivas. La línea 1S — 1P del mercurio, a pesar de hallarse situada en el máximo de la banda II del primer grupo (véase fig. 1), puede ser fácilmente fotografiada con gran intensidad. Esta circunstancia, unida a la transparencia relativamente grande del oxígeno para las longitudes de onda mayores de 1850, hace presumir que la banda I es aun más intensa, y que las otras sucesivas, cuyas estructuras y posición aun no se conocen, tienen máximos más intensos que hacen al oxígeno completamente opaco.

Operando en una atmósfera de nitrógeno hemos logrado fotografiar, con toda facilidad, la línea 1811,10 del estaño (véase lám. II, espectros VIII y IX) y también la línea del zinc 1808,40 que es la más refrangible que nos ha sido posible registrar debido al reglaje del espectrógrafo. No hemos intentado establecer el límite del alcance máximo del espectrógrafo en el nitrógeno, porque hubiera sido necesario alterar su reglaje, cosa que no hemos hecho porque dicho aparato se empleaba también para otras investigaciones en curso de ejecución.

⁽¹⁾ TH. LYMAN, Obra citada, tabla VI, página 116 (resultados de Lyman) y J. R. LANG, Memoria citada.

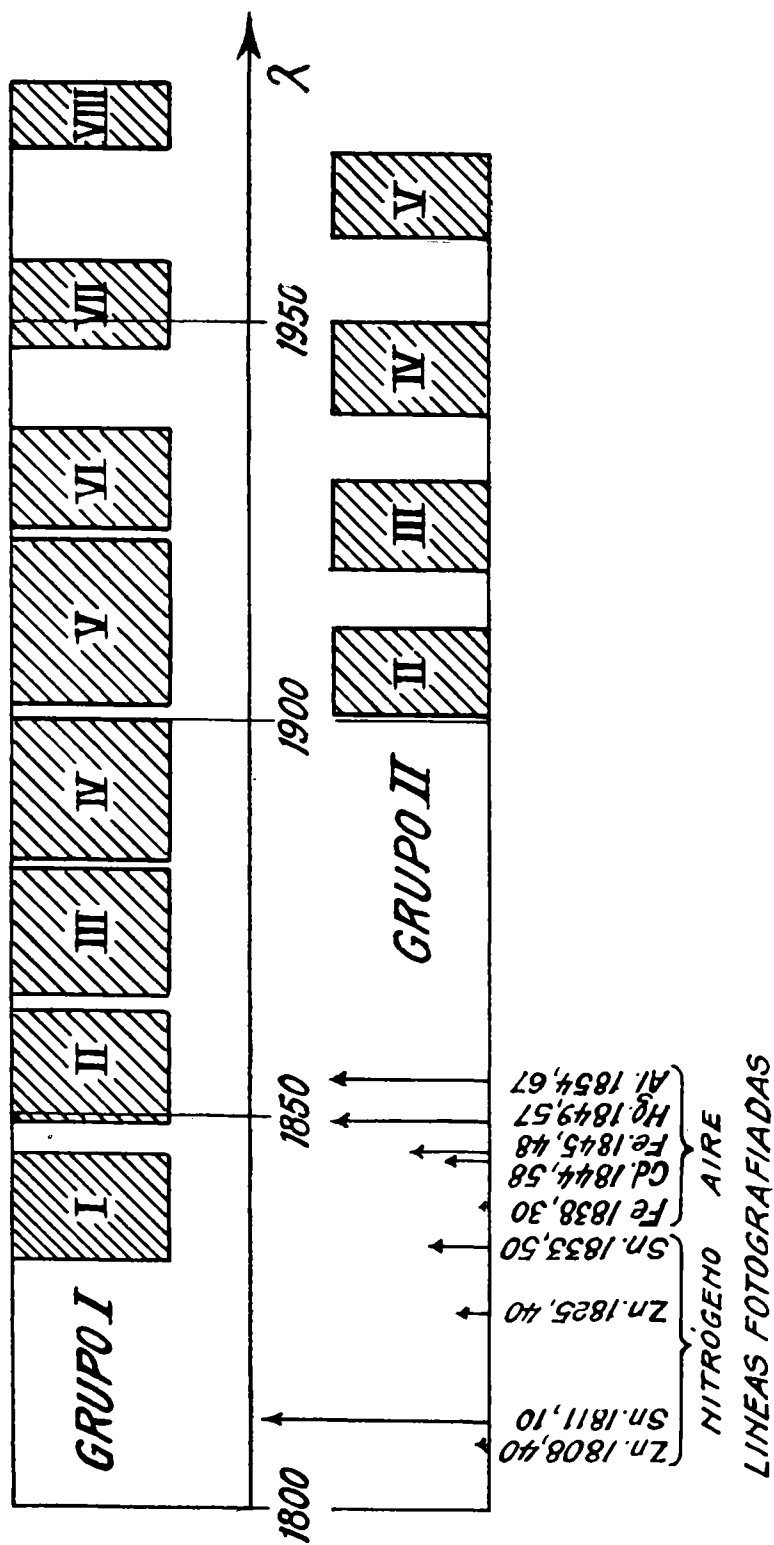


Fig. 3. — Esquema del espectro de absorción del Oxígeno

Nuestras experiencias nos permiten establecer que es posible y convenientemente la construcción de un espectrógrafo destinado a funcionar en una atmósfera de nitrógeno, que permitirá llegar, muy probablemente, hasta 1760 U. A. utilizando una óptica de cuarzo, y aun más allá utilizando prismas y lentes de fluorita. Este resultado ya había sido previsto por Schmidt, aunque sobre el particular no realizó el estudio sistemático que nosotros hemos llevado a cabo.

§ 3. CONCLUSIONES

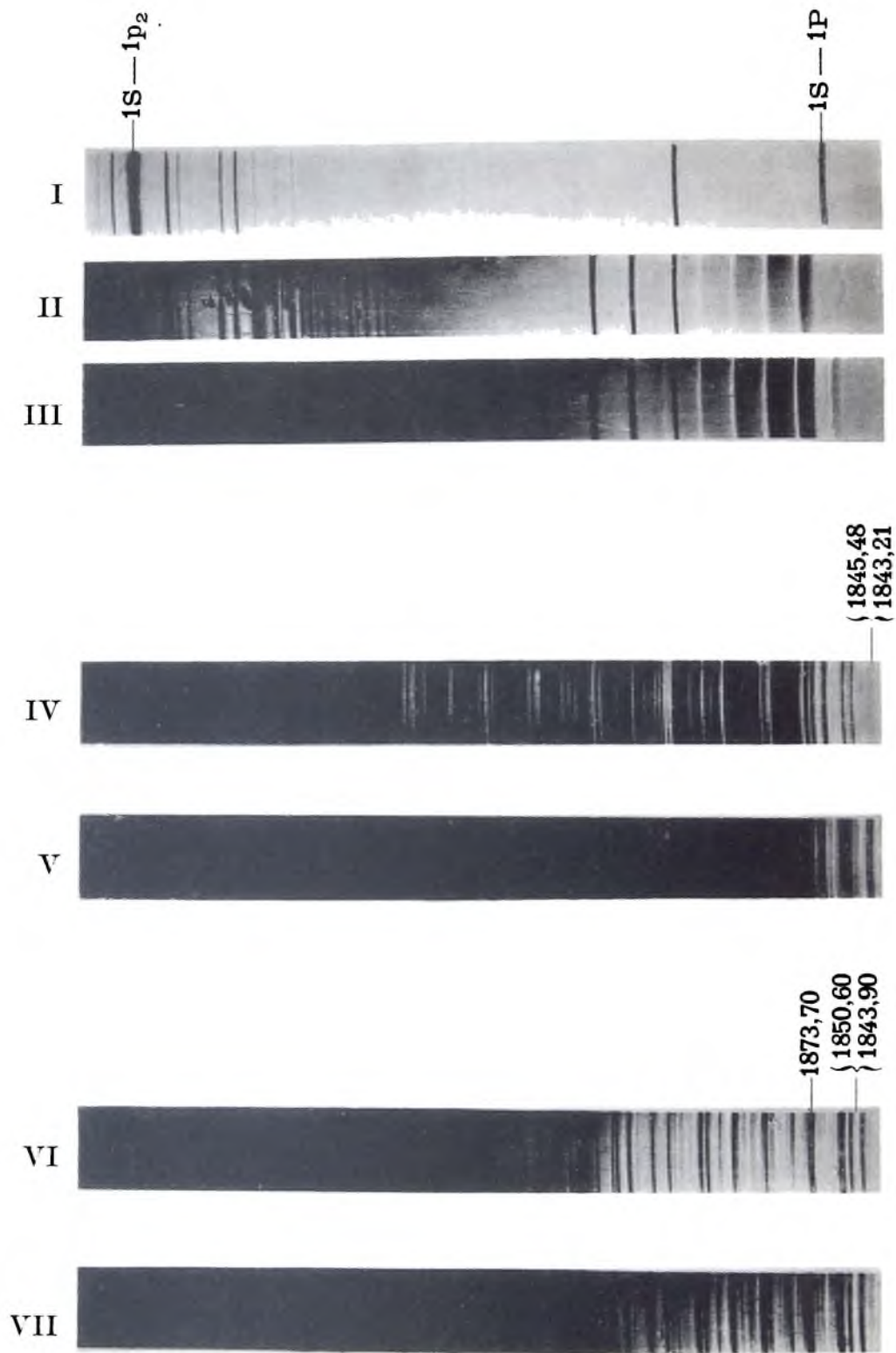
1ª Hemos comprobado que el límite extremo del alcance de un espectrógrafo con óptica de cuarzo en la atmósfera normal, es 1838,30 U. A.:

2ª En una atmósfera de nitrógeno hemos llegado a fotografiar hasta la línea 1808,40 U. A.;

3ª Es posible, con un espectrógrafo construido especialmente para operar en una atmósfera de nitrógeno, llegar hasta 1760 U. A., aproximadamente, empleando lentes y prismas de cuarzo, y correr aun más el límite empleando una óptica de fluorita.

ADOLFO T. WILLIAMS.

(Entregado a la secretaria de la Facultad el 18 de octubre de 1926; impreso en febrero de 1927.)



EXPLICACIÓN DE LA LÁMINA I

- I. Espectro del arco del Mercurio. Lámpara fría con 1.75 amperes y 26 voltios. Exposición : 2^m30^s.
- II. Espectro del arco del Mercurio. Lámpara caliente con 1.00 amperes y 74 voltios. Exposición : 2^m30^s.
- III. Espectro del arco del Mercurio. Lámpara caliente con 1.50 amperes y 70 voltios. Exposición : 2^m30^s.
- IV. Espectro del Hierro. Chispa condensada. Exposición : 4^m.
- V. Espectro del Hierro. Chispa condensada. Exposición : 8^m.
- VI. Espectro del Cadmio. Chispa condensada. Exposición : 2^m30^s.
- VII. Espectro del Cadmio. Chispa condensada. Exposición : 5^m.

EXPLICACIÓN DE LA LÁMINA II

- VIII. Espectro del Estaño. Chispa condensada a través del Nitrógeno. Exposición : 6^m.
- IX. Espectro del Estaño. Chispa condensada a través del Aire. Exposición : 8^m.
- X. Espectro del Aluminio. Chispa condensada a través del Nitrógeno. Exposición : 1^m.
- XI. Espectro del Aluminio. Chispa condensada a través del Aire. Exposición : 1^m.
- XII. Espectro del Calcio. Chispa condensada a través del Nitrógeno. Exposición : 10^m.
- XIII. Espectro del Calcio. Chispa condensada a través del Aire. Exposición : 10^m.

