

## Estudio óptico del cinabrio

por A. LÓPEZ-SOLER,\* J. BESTEIRO\* y J. M. BOSCH-FIGUEROA\*

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudian las propiedades ópticas del cinabrio empleando el método microfotométrico con incidencia normal. Las mediciones se han efectuado en las secciones orientadas (0001), (1010) y (1120) en aire y aceite de inmersión, desde 400 nm a 850 nm a intervalos de 10 nm. A partir de 550 nm se ha utilizado un prisma de Nicol como polarizador. La luz monocromática se ha obtenido con un monocromador de prisma de vidrio. Se dan las curvas de dispersión de la reflectancia (en aire y aceite) y las de los índices de refracción y coeficiente de absorción.

### SUMMARY

By means of a microphotometer the principal reflectances at normal incidence have been measured, in air and in oil, on oriented sections (0001), (1010) and (1120) of cinnabar. Measurements were made at intervals of 10 nm from 400 nm to 850 nm. From 550 nm a Nicol prism was used as the polariser; as monochromator a glass prism was used.

Dispersion curves are given for the reflectances (in air and in oil) and also for the values of the refractive index and the absorption coefficient.

El cinabrio (S Hg) es un mineral ópticamente uniaxial positivo, con gran birrefringencia y alta dispersión. Cristalizado o en masas es opaco pero puede llegar a ser translúcido cuando se observa en secciones delgadas. En sección pulida el cinabrio se presenta de color blanco ligeramente rosado, que a causa de su débil pleocroísmo pasa a rosa más intenso. Al observarlo con los nicoles cruzados presenta una coloración pardo oscura con gran cantidad de reflexiones internas, lo que se traduce en la presencia de unas zonas de color rojo intenso que se extinguen irregularmente al girar la platina.

Las determinaciones ópticas del presente trabajo se han efectuado en sección pulida con incidencia normal y utilizando un microscopio polarizante de reflexión provisto de un fotomultiplicador. Al haberse efectuado las determinaciones en dos medios de índice de refracción conocidos, aire y aceite de inmersión, se han podido calcular las dos constantes ópticas principales, índice de refracción ( $n$ ) y coeficiente de absorción ( $k$ ).

El cinabrio ha sido estudiado ópticamente por ROSE (1), en sección delgada, VYALSOV (2) y HABER (3).

### DATOS EXPERIMENTALES

Las mediciones se han efectuado en ejemplares procedentes de las minas de Tarna en la localidad de Riaño (León) y se presentan en masas bien cristalizadas de color rojo intenso y en tamaños que oscilan entre los 2 y 15 cm.

Al ser el mineral ópticamente uniaxial y positivo las reflexiones correspondientes al rayo ordinario se han determinado en las secciones (0001), (1010) y (1120). Sobre las caras (1010 y (1120) se han medido las reflexiones correspondientes al rayo extraordinario.

La identificación del cinabrio se ha efectuado mediante diagrama de polvo de difracción de rayos X y el diagrama obtenido corresponde exactamente con el standard 6-0256 del A.S.T.M. Powder Diffraction File.

Mediante la espectrografía de fluorescencia de rayos X se han encontrado trazas de Fe, Ni y Cu en cantidades despreciables.

La figura 1 muestra las curvas de dispersión de los rayos ordinario y extraordinario del cinabrio en aire y en aceite de inmersión. Las curvas del rayo ordinario tienen la misma forma descendiendo en valor absoluto hacia el rojo.

Las curvas de dispersión del rayo extraordinario en aire y en aceite de inmersión, presentan una forma totalmente idéntica, con un mínimo relativo a los 480 nm y un máximo relativo a los 490 nm a partir del cual decrecen de una forma continua hasta los 850 nm.

A partir de estos datos se han calculado los índices de refracción y coeficiente de absorción del cinabrio.

La figura 2 muestra las curvas de dispersión de estas dos constantes correspondientes a los dos rayos. El índice de refracción del ordinario varía de 3,27 a 400 nm a 2,74 en 850 nm; los valores del coeficiente de absorción descendien paulatinamente

\* Sección de Cristalografía, Instituto Jaime Almera, C.S.I.C.

desde 0,84 a 400 nm; a 850 nm el valor del coeficiente de absorción es 0,04.

El índice de refracción y coeficiente de absorción correspondientes al rayo extraordinario van de 3,65

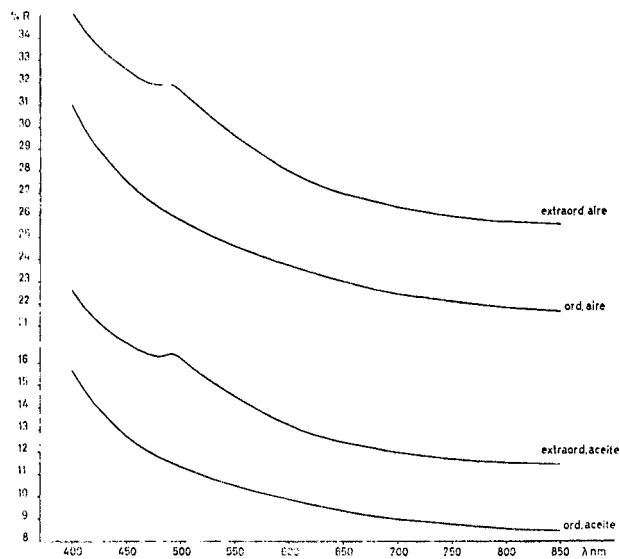


TABLA I

$\lambda_{nm}$	R aire	R aceite	n	k	N
400	30,93	15,68	3,27	.84	1.5320
410	30,05	14,86	3,25	.73	1.5318
420	29,27	14,19	3,22	.63	1.5297
430	28,67	13,63	3,19	.56	1.5286
440	28,07	13,17	3,17	.49	1.5275
450	27,55	12,74	3,14	.44	1.5265
460	27,07	12,35	3,12	.38	1.5254
470	26,68	12,04	3,10	.34	1.5244
480	26,34	11,77	3,07	.30	1.5235
490	26,04	11,54	3,06	.27	1.5226
500	25,79	11,36	3,04	.26	1.5217
510	25,51	11,15	3,02	.25	1.5208
520	25,24	10,95	3,00	.24	1.5199
530	25,03	10,80	2,98	.23	1.5190
540	24,81	10,65	2,97	.22	1.5181
550	24,60	10,50	2,95	.22	1.5173
560	24,41	10,36	2,94	.21	1.5166
570	24,24	10,24	2,92	.21	1.5159
580	24,06	10,12	2,91	.20	1.5153
590	23,88	9,99	2,90	.20	1.5146
600	23,73	9,89	2,88	.19	1.5141
610	23,57	9,77	2,87	.19	1.5136
620	23,41	9,66	2,86	.19	1.5131
630	23,27	9,56	2,85	.18	1.5126
640	23,12	9,46	2,84	.18	1.5121
650	22,99	9,37	2,83	.17	1.5116
660	22,86	9,28	2,82	.17	1.5112
670	22,76	9,21	2,81	.17	1.5108
680	22,62	9,11	2,80	.16	1.5104
690	22,51	9,04	2,79	.16	1.5100
700	22,45	9,00	2,79	.16	1.5096
710	22,36	8,94	2,78	.16	1.5092
720	22,30	8,90	2,78	.15	1.5089
730	22,25	8,86	2,77	.15	1.5086
740	22,16	8,81	2,77	.15	1.5083
750	22,09	8,76	2,76	.14	1.5080
760	22,03	8,72	2,76	.14	1.5077
770	21,98	8,68	2,76	.13	1.5074
780	21,92	8,64	2,75	.12	1.5071
790	21,87	8,60	2,75	.11	1.5069
800	21,81	8,57	2,75	.09	1.5067
810	21,78	8,54	2,75	.08	1.5065
820	21,74	8,52	2,74	.07	1.5063
830	21,70	8,49	2,74	.06	1.5061
840	21,68	8,48	2,74	.05	1.5059
850	21,67	8,47	2,74	.04	1.5057

a 400 nm; disminuyendo lentamente hasta 600 nm, cuyo valor es 3,24, a partir de este momento lo hace más lentamente 3,05 a 850 nm. La curva de los valores del coeficiente de absorción varía desde 0,93 a

TABLA II

$\lambda_{nm}$	R aire	R aceite	n	k	N
400	35,09	19,32	3,65	.93	1.5320
410	43,32	18,56	3,64	.80	1.5318
420	33,79	18,09	3,63	.69	1.5297
430	33,31	17,63	3,63	.59	1.5286
440	32,89	17,26	3,62	.49	1.5275
450	32,58	16,98	3,61	.42	1.5265
460	32,20	16,65	3,59	.33	1.5254
470	31,95	16,43	3,58	.27	1.5244
480	31,76	16,31	3,56	.28	1.5235
490	31,88	16,45	3,54	.41	1.5226
500	31,66	16,28	3,52	.41	1.5217
510	31,15	15,82	3,49	.31	1.5208
520	30,72	15,46	3,46	.26	1.5199
530	30,33	15,14	3,44	.22	1.5190
540	29,95	14,83	3,41	.19	1.5181
550	29,57	14,52	3,38	.16	1.5173
560	29,22	14,23	3,35	.14	1.5166
570	28,88	13,95	3,32	.12	1.5159
580	28,54	13,69	3,29	.11	1.5153
590	28,21	13,42	3,26	.10	1.5146
600	27,95	13,22	3,24	.10	1.5141
610	27,69	13,01	3,22	.10	1.5136
620	27,45	12,83	3,20	.10	1.5131
630	27,29	12,70	3,18	.10	1.5126
640	27,08	12,55	3,17	.10	1.5121
650	26,93	12,43	3,15	.10	1.5116
660	26,81	12,34	3,14	.10	1.5112
670	26,68	12,24	3,13	.10	1.5108
680	26,56	12,15	3,12	.10	1.5104
690	26,44	12,06	3,11	.10	1.5100
700	26,33	11,98	3,10	.10	1.5096
710	26,23	11,91	3,09	.10	1.5092
720	26,14	11,85	3,09	.09	1.5089
730	26,05	11,78	3,08	.09	1.5086
740	25,98	11,73	3,08	.09	1.5083
750	25,91	11,68	3,07	.09	1.5080
760	25,86	11,64	3,07	.08	1.5077
770	25,81	11,61	3,06	.07	1.5074
780	25,76	11,58	3,06	.06	1.5071
790	25,71	11,54	3,06	.05	1.5069
800	25,67	11,51	3,05	.05	1.5067
810	25,63	11,48	3,05	.03	1.5065
820	25,61	11,47	3,05	.03	1.5063
830	25,60	11,46	3,05	.02	1.5061
840	25,58	11,46	3,05	.01	1.5059
850	25,57	11,45	3,05	.01	1.5057

400 nm a 0,01 en 850 nm; presenta un mínimo relativo, 0,27, a 470 nm.

Los valores con los que se han construido estas gráficas están relacionados en las tablas I y II.

La Tabla III da los valores de la birreflectancia, en aire y en aceite de inmersión, de las birrefringsias y de las biabsorbancias. El mineral presenta una birreflectancia positiva tanto en aire como en aceite con valores máximos entre 490 y 520 nm. El signo óptico es positivo y la birrefringencia máxima, 0,49 se alcanza a los 480 nm.

TABLA III

$\lambda$ nm	Aire		Aceite		ne - no	ke - ko
	Re - Ro	Ré - Ro	Ré - Ro	ne - no		
400	4,16	3,64	0,38	0,03		
410	4,27	3,70	0,39	0,07		
420	4,52	3,90	0,41	0,06		
430	4,64	3,95	0,44	0,03		
440	4,82	4,09	0,45	0,00		
450	5,03	4,24	0,47	-0,02		
460	5,13	4,30	0,47	-0,05		
470	5,27	4,39	0,48	-0,07		
480	5,44	4,54	0,49	-0,02		
490	5,84	4,91	0,48	0,14		
500	5,87	4,92	0,48	0,15		
510	5,64	4,67	0,47	0,06		
520	5,48	4,51	0,46	0,02		
530	5,30	4,34	0,46	-0,01		
540	5,14	4,18	0,44	-0,03		
550	4,97	4,02	0,43	-0,06		
560	4,81	3,87	0,41	-0,07		
570	4,64	3,71	0,40	-0,09		
580	4,48	3,57	0,38	-0,09		
590	4,33	3,43	0,36	-0,10		
600	4,19	3,33	0,36	-0,09		
610	4,12	3,24	0,35	-0,09		
620	4,04	3,17	0,34	-0,08		
630	4,02	3,14	0,33	-0,08		
640	3,96	3,09	0,33	-0,07		
650	3,94	3,06	0,32	-0,07		
660	3,95	3,06	0,32	-0,07		
670	3,92	3,03	0,32	-0,06		
680	3,94	3,04	0,32	-0,06		
690	3,93	3,02	0,32	-0,06		
700	3,88	2,98	0,31	-0,06		
710	3,87	2,97	0,31	-0,06		
720	3,84	2,95	0,31	-0,06		
730	3,80	2,92	0,31	-0,06		
740	3,82	2,92	0,31	-0,05		
750	3,82	2,92	0,31	-0,05		
760	3,83	2,92	0,31	-0,05		
770	3,83	2,93	0,30	-0,05		
780	3,84	2,94	0,31	-0,05		
790	3,84	2,94	0,31	-0,04		
800	3,86	2,94	0,30	-0,05		
810	3,85	2,94	0,30	-0,04		
820	3,87	2,95	0,31	-0,04		
830	3,90	2,97	0,31	-0,04		
840	3,90	2,98	0,31	-0,03		
850	3,90	2,98	0,31	-0,03		

### TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para la obtención de las secciones pulidas se ha partido de masas de cinabrio previamente seleccionadas en las que se provocó por percusión su exfoliación escogiéndose los fragmentos en los que por mediciones goniométricas se comprobó que la fractura se había efectuado según los planos de exfoliación. Estos ejemplares fueron incluidos en resina plástica CEEMAR y se procedió a su pulido.

Los cuatro ejemplares de pulido más perfecto fueron destinados al estudio de la sección (10 $\bar{1}0$ ) y con los restantes, mediante el empleo de una sierra de diamante, provista de dos cabezas goniométricas que permite efectuar cortes en cualquier dirección del espacio, se cortaron secciones paralelas a las caras

(0001), (10 $\bar{1}0$ ) y (11 $\bar{2}0$ ), obteniéndose cuatro ejemplares de cada una de las caras.

El desbaste se ha efectuado utilizando polvo de carborundum sobre disco de hierro y en el pulido se utilizaron discos de plomo empleando como abrasivos, fast-cutting, slow-cutting y gamma polishing alumina. Al ser el cinabrio un mineral blando y con características especiales, después del pulido final los ejemplares presentaban ciertas imperfecciones consistentes en estar surcadas las superficies por infinidad de pequeñas rayas que las inutilizaban para un posterior estudio. Para subsanar esta dificultad y conseguir una extensión de campo suficiente, exento de rayas en el que poder efectuar las mediciones, el pulido final se consiguió mediante el empleo de Fine-Grande Polishing Medium sobre un disco de aluminio cubierto con gamuza durante un tiempo de uno o dos minutos.

Las mediciones se han efectuado utilizando un microscopio fotométrico M.P.M. Zeiss con las condiciones siguientes:

Objetivos:

Epiplan, 8/0,2 Pol, D = 0.

Epiplan, 8/0,2 Pol oil, D = 0.

Ocular 10 $\times$ .

Diámetro del diafragma de apertura 2 mm.

Diámetro del campo fotometrado 1,6 mm.

Se ha utilizado la platina de Lanham para conseguir una perfecta nivelación del standard y problema así como el intercambio de ambos en cada longitud de onda.

Como standard se ha empleado el carburo de silicio (sika) calibrado por el National Physical Laboratory de Londres, que es el standard oficial para España.

La selección de las áreas de medición se efectuó mediante el prisma de interferencia de Nomarsky. Las mediciones se han efectuado a intervalos de 10 nm desde 400 a 850 nm y se han realizado 10 lecturas en cada longitud de onda tomándose la media de ellas como resultado válido.

### BIBLIOGRAFÍA

1. ROSE, M. (1912): *Cbl. Min.*, 528.
- 2 y 3. COMMISSION ON ORE MICROSCOPY (IMA) (1970) International tables for the microscopic determination of crystalline substances absorbing in visible light (1970.) P. UNI-13 C.O.M. Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Barcelona, 1970.
4. A. LÓPEZ-SOLER y J. M. BOSCH-FIGUEROA (1971): *Acta Geológica Hispana*, t. VI, núm. 3, pp. 67-70, 74-77.