

COMUNICACIONES DIDACTICAS

FISICA

CENTRO
de
ORIENTACION
DIDACTICA

Un Polarimetro de proyección montado con el equipo de experiencias «Torres Quevedo»

Por el Seminario Didáctico de Física y Química y Ciencias
Naturales del Instituto «Príncipe de Viana» de Pamplona

ENTRE las experiencias de luz polarizada, realizables con el equipo «Torres Quevedo», cabe incluir la observación de las curiosas propiedades ópticas del papel celofán, que se comporta como una lámina de cristal uniaxial con el eje paralelo a las finas estrias que quedan impresas en las hojas, al ser fabricadas, y que se aprecian al mirarlas por reflexión. He aquí tres experiencias sencillas y demostrativas:

1.^a Si colocamos cruzados los polaroides del equipo e intercalamos una hoja de celofán—de un paquete de cigarrillos por ejemplo—observaremos, al variar su orientación, más o menos claridad, siendo ésta máxima cuando el eje óptico (la dirección de las estrias) forma ángulos de 45 grados con los planos de vibración de los polaroides. Para comprobar esto último hace falta marcar dichos planos en las monturas de cartulina, lo cual se consigue aproximadamente observando a través de cada polaroide la luz reflejada en un espejo negro; se puede utilizar como tal el panel del rectificador del equipo.

2.^a Doblando el celofán en dos o más pliegues, van apareciendo diversas tintas; y, arrugándolo para formar una bolita, se obtiene un verdadero cuadro cubista.

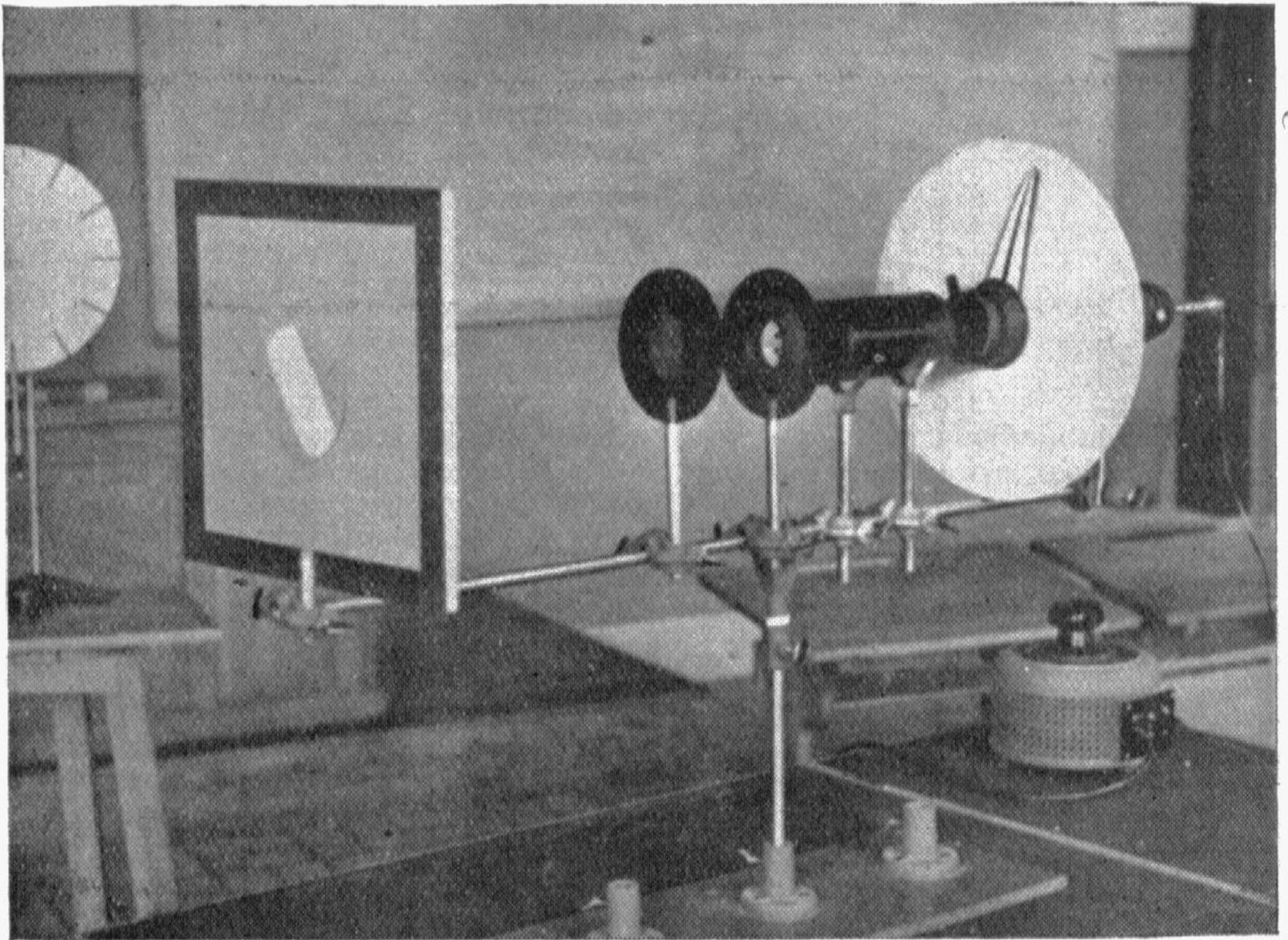
3.^a Una larga tira de celofán, cortada exactamente en la dirección de las estrias, se pliega para formar un pequeño bloque o librito de 10, 20 ó 30 hojas superpuestas y con sus ejes paralelos. Se orienta este bloque a 45 grados entre los polaroides (paralelos o cruzados) y recibiendo la luz emergente en un espectroscopio cualquiera se observará un espectro acanalado, con tantas más canales cuanto mayor sea el espesor del celofán y el número de hojas. Al girar el bloque se comprobarán las particularidades que presentan estos espectros y que se describen y razonan en libros como el de Óptica de Bruhat; las canales desaparecen, con o sin inversión, etc.

Todos estos fenómenos demuestran que el celofán corriente produce el mismo

efecto que una lámina retardadora. La teoría de estas láminas se encuentra en cualquier *Optica*, pero, naturalmente, tratándose del celofán y operando con luz blanca la explicación es algo más compleja. (Véase Sears, «*Optica*», problema de la página 199.)

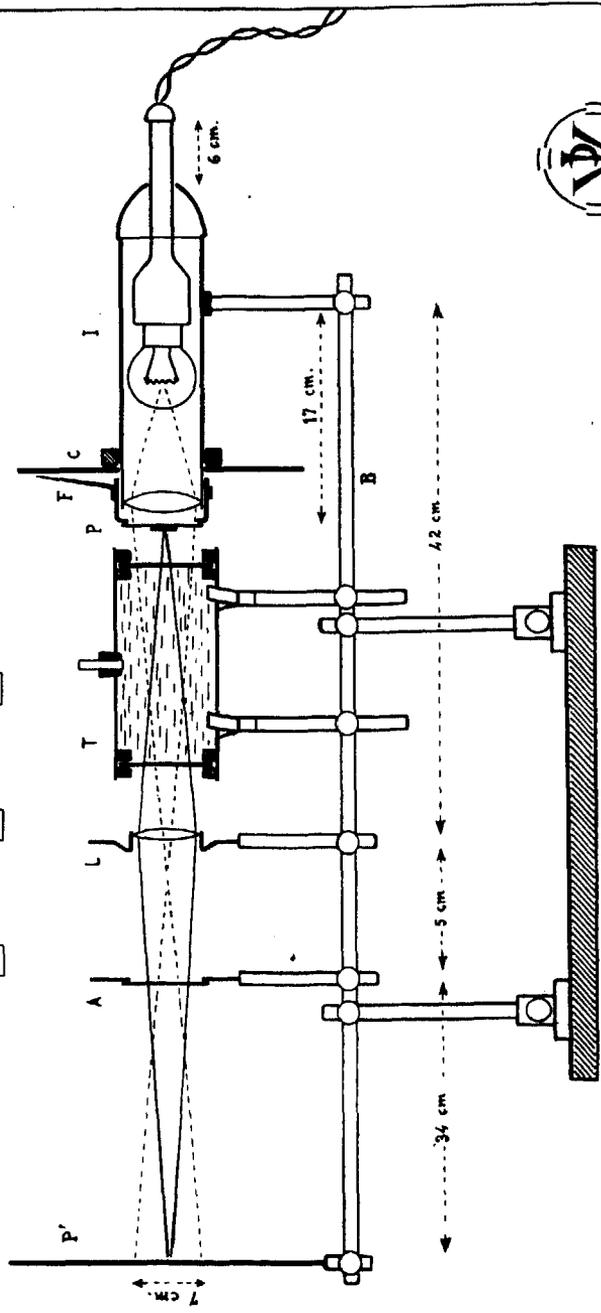
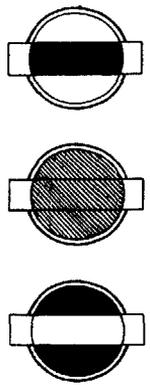
En nuestras clases sólo podemos mostrar estas experiencias sin pretender explicarlas; no tienen, por tanto, gran importancia didáctica, pero en ellas se basa una aplicación que puede ser de utilidad y que consiste en montar un polarímetro de observación colectiva y de suficiente precisión para las determinaciones cuantitativas del Bachillerato.

Al emprender este montaje, se comienza por recortar una banda de celofán que cubra solamente la zona central de los polaroides; se coloca entre ellos, puestos previamente en extinción, y se orienta la banda sin mover los polaroides hasta conseguir claridad suficiente en la zona central. Sin perder esta orientación, se pega dicha banda, con dos tiritas de papel adhesivo, sobre la montura del polaroide que desempeñará la función de polarizador. Se logra de este modo un campo de tres zonas que imita perfectamente al del polarímetro de Lippich, porque, al girar el analizador, la claridad de la zona central varía en sentido inverso a la de las zonas laterales, y en una vuelta completa se encuentran cuatro posiciones en las que el campo queda uniformemente iluminado. En cualquiera



Polarímetro de proyección montado con el equipo «Torres Quevedo», por la Cátedra de Física y Química del Instituto «Príncipe de Viana»

Polarimetro



de estas cuatro posiciones (mejor en las de campo más oscuro) se puede fijar el azimut con precisión mucho mayor que con los polaroides solamente, ya que nuestros ojos aprecian la igualdad de los iluminaciones observadas al mismo tiempo mucho mejor que si las vemos sucesivamente.

Nuestras alumnas de un curso anterior construyeron un polarímetro «de artesanía» con un estuche de densímetro, un círculo graduado, polaroides y banda de celofán; y este sencillo aparato permitía determinar el poder rotatorio de la sacarosa con bastante exactitud. Los detalles para el montaje se publicaron en la sección de «Ciencia práctica» de la revista «Ibérica» (número 366, diciembre de 1957).

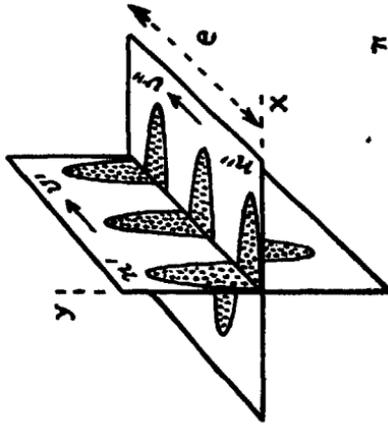
Con el equipo T. Q. es fácil preparar un polarímetro análogo, que sirve para observaciones y lecturas colectivas en una clase relativamente oscura (fig. 1). Solamente hacen falta dos elementos suplementarios: un círculo graduado (C) y la vasija conveniente para el líquido. El primero se puede improvisar con una de las hojas que usa el Servicio Meteorológico para las observaciones con globos sonda; se pega dicha hoja sobre cartón y se recorta un orificio central que ajuste exactamente en el iluminador del equipo. En la pieza giratoria del iluminador se adapta un índice de alambre o de cartón (F). También se podría montar el disco en la pieza giratoria y un pequeño índice en la barra horizontal (B). Para experiencias de escasa precisión no hace falta el círculo graduado, porque se puede usar como pantalla el disco de Harlt (que se ve a la izquierda en la fotografía) y entonces la imagen de la banda sirve de índice pues en este polarímetro el que gira es el polarizador (P) fijado en la pieza móvil con cinta adhesiva, juntamente con la tira de celofán, según indica el dibujo. Conviene poner también un diafragma de papel algo menor que el polaroide (unos tres centímetros) como diafragma de campo que evitará la penumbra en los bordes de la imagen proyectada; el campo no ha de quedar limitado por la lente (L), ni por el analizador (A), ni por el recipiente del líquido (T).

Este recipiente es el que ofrece alguna dificultad. Lo mejor es una cubeta de paredes planas si se dispone de ella; no sirve un vaso de acumulador, porque deforma mucho la imagen, ni el tubo del equipo por ser muy estrecho. Hemos usado un tubo ancho de latón obturado con discos de vidrio cortados de placas fotográficas. Es fácil encontrar en los talleres un trozo de barra de cortina o de mostrador, pero en último caso puede servir cualquier envase metálico apropiado cortándole los fondos. En cualquiera de estos tubos se introducen dos arandelas de corcho parafinado sobre las cuales se adaptan los vidrios; se funde la parafina en los bordes con un alambre caliente y se superponen otras dos arandelas para mayor seguridad y protección.

El aparato en conjunto se puede montar sobre una o dos barras verticales. Moviendo el disco y su índice se puede ajustar el cero. Se enfoca la imagen del filamento sobre la lente (conviene la de 15 centímetros) o algo más adelante buscando la iluminación intensa y uniformes, y desplazando ahora la pantalla se enfocará la imagen del celofán. Al colocar el recipiente portallíquido habrá que corregir la posición de la lente. El uso de los filtros no presenta ventajas, sino más bien inconvenientes, porque restan claridad.

No cabe confundir una posición de campo uniforme con las otras tres, ya que las rotaciones que producen los líquidos son siempre pequeñas; pero hay que tener en cuenta el sentido en que se debe girar el índice cuando se ha puesto el líquido; con una sustancia dextrógira, como la sacarosa, hay que girar contra reloj si el limbo está dispuesto como en el dibujo.

El aparato permite apreciar medio grado. Se comprobó con disoluciones de azú-



$$\varphi = 2\pi \frac{(n' - n'')e}{\lambda}$$

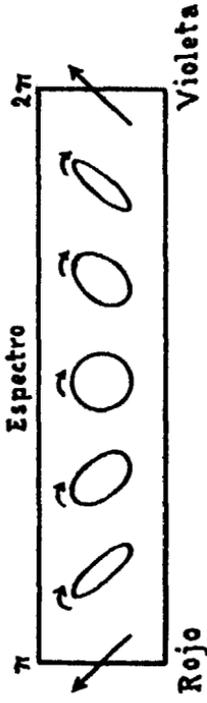
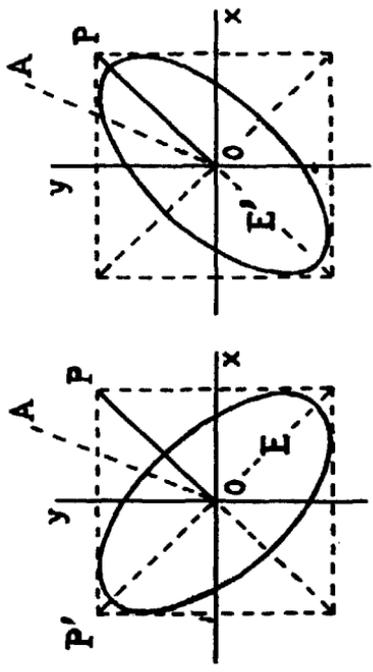


Figura 2

car preparadas por pesada y valoradas además con el polarímetro Zeiss, del modelo pequeño, que aprecia la décima de grado. Los valores obtenidos, como promedio de varias lecturas, fueron los siguientes:

Concentraciones (gramos en 100 centímetros cúbicos)

Por pesada	Polarímetro Zeiss	Polarímetro T. Q.
10	10,1	10,3
20	20,0	21,0
30	29,7	30,8

Se obtiene siempre un error por exceso, pero no exagerado. La utilidad de este montaje en la enseñanza parece, pues, indudable.

NOTAS ACLARATORIAS.

1.^a Es preferible orientar la banda a 45 grados, es decir, para máxima claridad central cuando los polaroides están cruzados. Se ganaría sensibilidad operando con menor «ángulo de penumbra» pero había de ser muy pequeño y la imagen sería muy oscura.

2.^a Se fabrican hojas de celofán de diversos espesores. Se han ensayado muestras de 30, 40, 50 y 60 gramos por metro cuadrado y, operando con luz blanca, todas ellas hacen variar la claridad de la zona cubierta en sentido inverso a la de las zonas libres.

Naturalmente, una sola hoja de determinado espesor, que siempre es pequeño, se comporta como lámina de semionda sólo para determinada radiación visible; y, si la hoja fuese muy fina, quizá para ninguna. Suponiendo que una hoja sea justamente semionda para el rojo extremo, la vibración roja OP del polarizador (fig. 2), que entra en la lámina a 45 grados (caso sencillo), origina, como es bien sabido, las dos ondas componentes entre las cuales existe a la salida un desfase de 180° , dando lugar a la vibración rectilínea simétrica OP' . Al girar el analizador OA desde la posición paralela OP hasta la posición cruzada OP' , la claridad central (que depende de la proyección de OP' sobre OA) va aumentando; y en cambio, la claridad de las zonas no cubiertas por la lámina va disminuyendo, porque depende de la proyección de OP .

Este mismo celofán—de semionda para el rojo—será de onda completa para el violeta extremo, si suponemos, por sencillez, que el espectro visible abarca una octava justa. La figura indica la clase de polarización de los demás colores en tal caso.

El color que queda polarizado circularmente no hace variar la claridad central y no influye eficazmente en los contrastes de las zonas y otro tanto (o casi lo mismo) ocurre con los colores que correspondan a elipses del tipo E' con el eje mayor según OP , porque la proyección de una elipse de este tipo sobre el plano del analizador OA varía, al girar éste, en el mismo sentido que la proyección de OP .

Por el contrario, la proyección de las elipses del tipo E varía de su eje menor al mayor—y, por tanto, en sentido contrario a la proyección de OP —cuando el analizador gira de OP a OP' . Los colores a que corresponden estas elipses son los que contribuyen eficazmente al contraste de las zonas.

Espectros acanalados

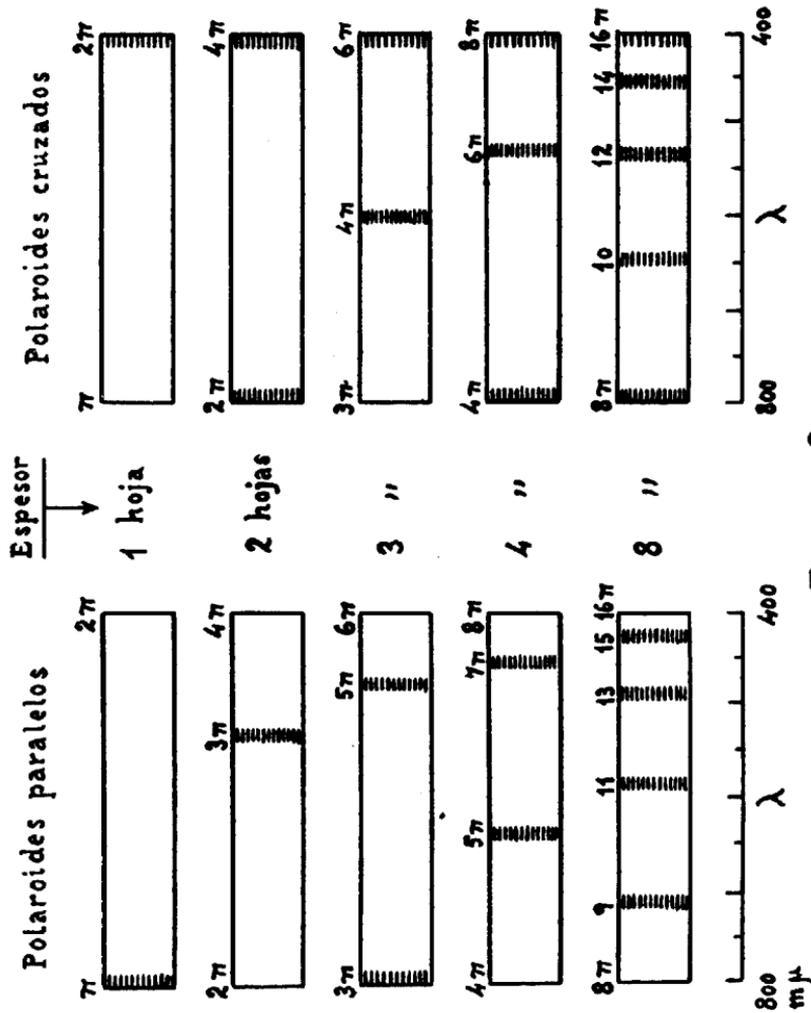


Figura 3

En todas las muestras de celofán que se han ensayado se produce luz elíptica del tipo *E* para alguna región del espectro y todas producen el contraste, pero el celofán más apropiado para el polarímetro parece ser el de 50 gramos, que da las tintas amarilla pálida y rojo-violeta.

3.^a Con el celofán tomado como ejemplo (semionda para el rojo) se debería observar al espectroscopio una canal oscura en el extremo rojo con polaroides paralelos y en el violeta con polaroides cruzados; pero es difícil apreciar con medios modestos estas canales en los extremos del espectro, sobre todo las del violeta. En cambio, al superponer hojas de celofán en número creciente los desfases se multiplican y aparecen otras canales bien visibles y cada vez más numerosas, según se puede ver en la figura 3.

Se ha comprobado todo esto con el equipo T. Q. y un espectroscopio Bunsen, aunque sólo cualitativamente, porque el espesor del celofán no es absolutamente constante en distintos lugares de una misma hoja.

4.^a Las cuatro posiciones de campo uniforme no forman ángulos de 45 grados exactos, lo cual no es de extrañar, ya que la luz elíptica llega a producir, una claridad mínima pero que no es nula, puesto que depende del eje menor de la elipse. Esta particularidad no influye en la exactitud del polarímetro, porque solamente se utiliza una de estas cuatro posiciones.

5.^a El polarímetro ensayado sería más parecido a un polarímetro ordinario, si se colocase el celofán en el analizador y la lente entre él y la pantalla; la imagen no giraría y esto simplificaría la explicación elemental. En cambio la teoría de la lámina retardadora usada en esta forma resulta más complicada porque las ondas componentes son de amplitudes distintas y variables con el azimut, y los ejes de las elipses no permanecen fijos. Hemos creído preferible la disposición del dibujo.

6.^a En el libro «La Photoélasticité» de Pirard, capítulo X, se hace notar que, para todos los efectos corrientes, el celofán se puede considerar como cristal uniaxial (las estrías indican el eje lento); pero que propiamente es biaxial, siendo la bisectriz obtusa perpendicular al plano de la hoja.

NOTA BIBLIOGRAFICA

Puede consultarse el artículo de Perruche, de la Revista «La Nature», 1 de diciembre 1945. Además, la obra citada de Pirard: «La Photoélasticité». Ed. Dunod. París, 1947. (Cf. cap. X: «Propriétés de la cellophane».)

Sobre láminas cuarto de onda artificiales, artículo del japonés Tuzi, en la Revista «Sci. Paper Int. Phys. Chem. Research», Tokio, 1937.

ENRIQUE SANZ JARAUTA