

PUBLICACIONES
DEL
INSTITUTO DE FIOGRAFIA Y GEOLOGIA

DE LA
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales aplicadas
a la Industria de la Universidad Nacional del Litoral
Director: DR. ALFREDO CASTELLANOS

XVI

CONSTRUCCIÓN
DE UN
RADIÓMETRO DIFERENCIAL
PARA
ESPECTROSCOPIA EN EL INFRA-ROJO

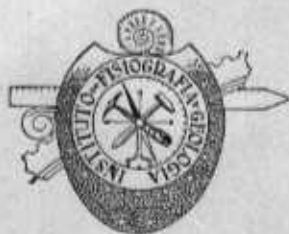
POR EL

Dr. ANDRES LEVIALDI

(Jefe de la Sección Petrografía y Óptica Mineral del Instituto)

Con la colaboración del

Ing. MARIO E. BANCORA y el Agr. RODOLFO DANOVARO



ROSARIO
REPUBLICA ARGENTINA
1943

CONSTRUCCIÓN DE UN RADIOMETRO DIFERENCIAL PARA ESPECTROSCOPIA EN EL INFRA - ROJO

Para efectuar medidas en el espectro infra-rojo los dispositivos empleados son principalmente: termocuplas acopladas a galvanómetros de alta sensibilidad, bolómetros en montaje de Wheastone, Radiómetro tipo Boys- D' Arsonval y Radiómetro tipo Crookes.

Por simplicidad de centraje y manejo parecía imponerse en un principio el sistema termocupla-galvanómetro, pero la necesidad de tener un galvanómetro de condiciones adecuadas para estos trabajos (alta sensibilidad superior a 10^{-7} voltios, unida a resistencia interior muy pequeña; algunas decenas de Ohmios) nos decidieron, después de ensayos previos con el instrumental de que disponíamos, a emprender el estudio y la construcción de un radiómetro tipo Boys- D' Arsonval.

La amplificación de corriente continua que pudo haber subsanado la deficiencia instrumental de medida, se dejó de lado por la mayor complicación que involucraba respecto al método adoptado.

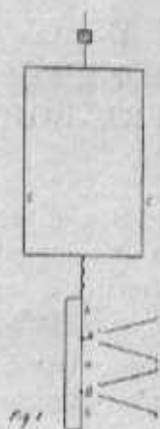
Con ésto no queremos afirmar la superioridad del método elegido frente a los demás, sino su superioridad relativa a las condiciones particulares en que efectuamos el trabajo.

En el extranjero las medidas en el espectro infra-rojo se hacen en laboratorios especiales, en lugares libres de vibraciones y alejados de cables eléctricos de alta tensión.

El radiómetro tipo Boys- D' Arsonval (como también el radiómetro Crookes) no son influenciados por los campos magnéticos vagabundos.

Ya en un trabajo precedente ⁽¹⁾ habíamos constatado la superioridad del método diferencial y su mayor elasticidad de empleo, ratificado recientemente por Sterne y Emberson ⁽²⁾ en un trabajo sobre mediciones radiométricas de magnitudes estelares.

La modificación introducida en nuestro radiómetro consiste en haber incluido en el circuito dos termocuplas en oposición según resulta del esquema (Fig. 1).



- a) Aleación
- b) Bismuto
- c) Cobre

Este dispositivo permite poner las desviaciones independientes de la temperatura ambiente si la fuente ilumina tan solo una soldadura, análogamente a cuanto hicieron Sterne y Emberson ⁽²⁾. Si la fuente, mediante un sistema óptico apropiado, análogo a lo adoptado por Bauer y Levialdi ⁽¹⁾ envía su radiación a la vez en A y en B, las medidas resultan independientes (con muy buena aproximación) de las variaciones de temperatura ambiente y de las variaciones de emisión de la fuente.

Adoptamos, por consiguiente, sobre el tipo fundamental de Boys- D' Arsonval, el montaje diferencial. Eliminamos de esta manera la necesidad de recurrir a los artificios necesarios para ponerse al cubierto de los inconvenientes e indeterminaciones utilizados por

otros experimentadores (recientemente por Parodi ⁽³⁾) al emplear un montaje común.

Para detalles acerca de la técnica del infra-rojo se puede recurrir al excelente trabajo de Lecompte ⁽⁴⁾.

A pesar de ser conocida por los especialistas, en ese campo, la técnica empleada en la construcción de este tipo de aparato, nos permitiremos insistir sobre ella en la esperanza de que la descripción y algunas dificultades que hemos tenido que superar puedan serle útiles a quienes se dediquen a estos estudios.

RADIÓMETRO

Este dispositivo, inventado contemporáneamente en Inglaterra por Boys y en Francia por D'Arsonval, consiste en un cuadro suspendido por un hilo de cuarzo y sometido a un campo magnético que tiene directamente acoplada la termocupla que queda, por consiguiente, conjuntamente suspendida; con lo cual se elimina la gran dificultad proveniente de aunar en una suspensión de cupla torcente muy débil, una resistencia baja. (Fig. 2)



Fig. 2

termocupla

Las propiedades del cuarzo que permiten lograr un hilo del orden del micron con elasticidad perfecta y alta resistencia mecánica dan a ese esquema su superioridad. Como método de lectura se emplea el conocido de desviación de un haz luminoso reflejado por un espejito solidario al cuadro.

Un primer perfeccionamiento del aparato original fué logrado por Coblenz ⁽⁵⁾ al colocarlo en el vacío, con lo cual aumentó la sensibilidad en un 70 %. Otro perfeccionamiento consistió en focalizar la radiación sobre la termocupla por medio de reflexiones sucesivas mediante un cono hueco.

En nuestro caso tuvimos que analizar y resolver los siguientes puntos:

1) *Hilo de suspensión.* La fabricación de hilos de cuarzo se basa en el estiramiento brusco de una masa puesta al estado pastoso por calefacción con un arco eléctrico.

La delgadez del hilo (íntimamente ligada a sus condiciones elásticas, debilidad de la cupla tordente, resistencia a la tracción por el peso del cuadro, etc.) depende de la brusquedad de estiramiento y de las condiciones de temperatura y masa fundida en que se efectúa.

Por consiguiente se puede lograr el hilo deseado estirando a gran velocidad, en temperatura ambiente, la masa pastosa o bien efectuando el estiramiento a una temperatura tal que conserve la pastosidad de la masa con desplazamiento lento.

A la primera modalidad corresponden los métodos de estiramiento por caída libre de una pesa, por disparo de una flecha, por tracción repentina de una rueda, etc..

En la segunda podemos incluir técnicas como la de Perrucca ⁽⁶⁾ consistente en el estiramiento posterior de un hilo de cuarzo grueso sometido a la acción de una llama oxhídrica que actúa por su propia presión.

Nos ha resultado más accesible proceder de la manera siguiente: obrenemos el hilo de un diámetro de 0,1, 0,2 milímetros estirando una barrita de cuarzo en un arco. Luego con un mechero común de Bunsen, colocando el hilo tangencialmente a la llama, lo estiramos

manualmente hasta la medida deseada, que se puede así obtener fácilmente.

2) *Termocuplas.* El material usado para la construcción de las mismas fué Bi- Aleación (Bi 95%, Sn 5%) por su elevado poder termoeléctrico (en nuestra aleación el poder termoeléctrico fué de $100 \cdot 10^{-6}$ voltios por C°).

Dos son los métodos empleados para obtener los delgados hilos necesarios para la confección de una termo-cupla con poca inercia térmica.

El de Taylor (⁷) que consiste en estirar el metal fundido dentro de un tubo de vidrio logrando un capilar que al ser atacado con ácido fluorhídrico deja un hilo metálico cilíndrico, el de Pfund que obtiene cintas muy delgadas arrojando tangencialmente el metal fundido sobre una superficie lisa.

Este último es el de más fácil ejecución y el primero da hilos más homogéneos.

En distintos ensayos hemos empleado uno y otro. La medición de las termocuplas es dada por las fórmulas de Johansen (⁸).

Los alambres fueron soldados por radiación, empleando la soldadura de bajo punto de fusión hecha con una aleación (Bi 70%, Sn 30%) (⁹).

El bajo punto de fusión de los materiales empleados en la confección de la termocupla hacen necesaria, además de esta soldadura, una cuidadosa localización del calor irradiado.

Además, es muy importante que la cantidad de soldadura empleada sea pequeña para reducir la inercia térmica. Las soldaduras son luego cuidadosamente ennegrecidas.

Cuadro. En esta parte se finca la mayor dificultad del aparato y desde luego es la que nos llevó mas tiempo resolver. La sensibilidad del aparato es directamente proporcional a la intensidad del campo y la debilidad de la cupla restituyente, además de las condiciones eléctricas del conjunto.

Extremados los primeros factores, para obtener la mas alta sensibilidad posible, aparece un factor perturbador que anula toda

tentativa de superar ciertos límites, mientras no haya sido eliminado: el paramagnetismo del cobre trafilado y el ferromagnetismo de las impurezas que contiene.

El cuadro de hilo de cobre electrolítico comunmente usado, suspendido a un hilo de cuarzo de algunos micrones se orienta en el campo como una aguja magnética sin que intervenga para nada la cupla restituyente.

Se impone pues la neutralización del equipo por medio de sustancias diamagnéticas.

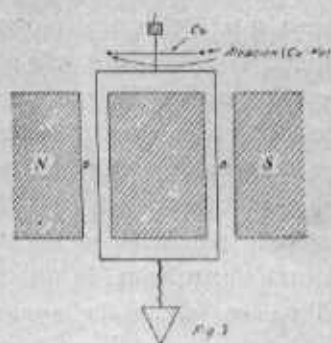
De lo crítico de la misma puede dar una idea el hecho de que basta apretar el conjunto neutro con una pinza de hierro para que quede ferromagnetizado e inutilizado, por consiguiente, para su empleo.

Se intentó primeramente un depósito electrolítico de Cu (diamagnético) sobre un hilo trafilado de delgadez extrema atacado previamente con ácido nítrico diluído (método de Witt ⁽¹⁰⁾). La imposibilidad de obtener sustancias absolutamente puras (basta 0,000004 de hierro en peso para enmascarar el diamagnetismo del cobre en un campo de 5000 gauss) hicieron inútiles ésta y otras tentativas basadas en la neutralización por Cu puro.

El hilo de Cu obtenido resultaba paramagnético o de diámetro exagerado.

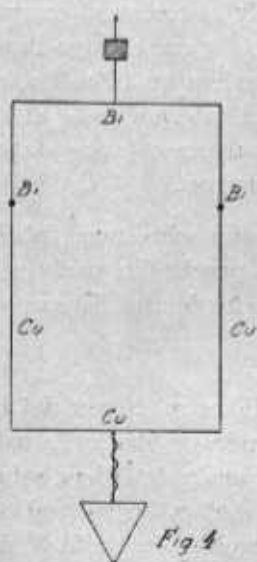
Recurrimos entonces a la neutralización por medio del Bi, cuyo coeficiente de magnetización negativa es el más elevado de las sustancias conocidas. Para evitar aproximaciones sucesivas y resolver el problema con la precisión deseada se intentó un sistema de neutralización por inmersión en el campo magnético, controlada micrométricamente. A tal efecto construimos un cuadro totalmente en Bi, fabricando hilos por el método de Taylor. Este cuadro resulta naturalmente diamagnético y a fin de lograr su compensación se le agregó en su parte superior una barrita de cobre terminada en dos esferitas de aleación ferromagnética.

Inmergiendo mas o menos estas esferitas en el campo por desplazamiento del tornillo que soporta el conjunto se llega a neutralizar el equipo (Fig. 3).



Pero para que la compensación sea válida para una posición del cuadro y lo sea también para cualquier otra, es necesario que para esta otra genérica los campos exterior e interior guarden la misma relación primitiva, lo que es sumamente difícil de lograr constructivamente.

Otra disposición destinada a obviar en parte este inconveniente fué la de construir un cuadro mixto de Cu y Bi que además de introducir dos termocuplas en el circuito, condujo también a una neutralización por puntos (Fig. 4).



Descartada esta compensación por variación de posición, se recurrió a la compensación total del equipo mediante la adición simétrica de pequeñas porciones de bismuto, adheridos con goma laca, hasta lograr que el cuadro suspendido por un hilo de cuarzo muy delgado y con el circuito eléctrico abierto, fuera indiferente al campo. El control se hizo observando la fidelidad con que el cuadro en estas condiciones seguía la torsión del hilo. Este método tiene la ventaja, frente al empleado por Witt, que controla cada pieza por separado con un poderoso electroimán, de poder aprovechar el para o diamagnetismo residual en la cantidad que se desea, para compensar en parte la cupla de torsión, llegando en ese caso a obtener mayor sensibilidad, pues el diámetro del hilo de cuarzo está limitado por el peso del equipo no pudiéndose pasar de cierto límite sin obtener un aparato inmanejable.

Montaje general. El cuadro preparado de esta manera, de dimensiones 27.65 milímetros, fué suspendido por un hilo de 10 centímetros de longitud en el campo proporcionado por un fuerte imán permanente, dejando un entrehierro de 4 milímetros por lado. Estas dimensiones, en todo exageradas, se tomaron para facilitar la compensación que es parte fundamental en la sensibilidad de estos aparatos.

Se protegió el aparato con una campana de hierro con sus correspondientes ventanas para el rayo luminoso que es reflejado sobre la escala (que atraviesa un filtro de agua para evitar perturbar la temperatura en el interior de la campana) y la energía radiante, esta última de sal gema protegida contra la humedad por una capa delgada de colodion.

Esta campana descansa sobre una plataforma con tres tornillos niveladores, colocada a prueba de vacío mediante una mezcla de cera y resina aplicada a sus bordes. El vacío efectuado es del orden de 10^{-3} mm. de Hg.

Conclusión. El radiómetro diferencial realizado tiene la sensibilidad siguiente: Una vela de blanco de ballena a 1 metro de distancia produce una desviación de 36 cm. sobre una escala a 1 metro de distancia. Su estabilidad es buena pudiéndose efectuar medidas al 1 %. Su período completo es de 50''. Pensamos mejorar sus

características disminuyendo un poco las dimensiones del cuadro y el entrehierro.

La facilidad de manejo, sin precauciones extremadas, que requieren aparatos de esta naturaleza, es su característica principal.

No podemos terminar esta nota sin expresar nuestro agradecimiento al señor Decano Ing. Cortés Plá y en particular al Doctor Alfredo Castellanos, Director del Instituto de Fisiografía y Geología cuyo apoyo y consejos nos fué de gran ayuda en la realización del trabajo.

Instituto de Fisiografía y Geología
25 de septiembre 1943 - Rosario

BIBLIOGRAFIA

- (1) BAUER-LEVIARDI. *Rev. Mat. y Física Teor.* v. 3. Junio 1942. Tucumán (Argentina).
 - (2) TH. E. STERNÉ, R. M. EMBERSON, *Astroph. J.* v. 94, N. 3, 1941.
 - (3) M. PARODI. *Recherches dans l'infrarouge lointain.* Actualités scientif. Hermann. Paris 1938.
 - (4) J. LECOMPTE. *Le spectre infrarouge.* Les presses Universitaires de France. Paris 1928.
 - (5) COBLENTZ. *A vacuum Radiometer.* Bull. of Stand. t. 2, p. 479-483. 1908.
 - (6) E. PERRUCCA. *Fisica sperimentale.* Editrice Torinese, 1940. Vol. I, p. 11.
 - (7) TAYLOR. *Phys. Rev.* 23, 655 - 1924.
 - (8) JOHANSEN. *Ann. d. Phys.* 33 517, 1910.
 - (9) International Critical Tables 2, 416.
 - (10) H. WITT. Lecompte, obra citada, pág. 41 - 42.
-