

SÓBRE LA DETERMINACION DE LA RELACION DE INTENSIDADES
 K_{β} Y K_{α} EN EL ESPECTRO DE RAYOS X

Dr. Alberto G. Alvarez *
Electrotéc. Héctor Negri
Tco. Quím. Jorge F. Meda

* Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

INTRODUCCION

Las probabilidades de transición $L \rightarrow K$ y $M \rightarrow K$ del espectro de rayos X de un elemento se encuentran en una relación característica. Tal relación puede ser determinada a partir de la medición de las intensidades K_α y K_β .

Se define:

$$R\left(\frac{\beta}{\alpha}\right) = \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}$$

Los valores observados experimentalmente se encuentran afectados por una serie de factores que pueden componerse en:

- a) los efectos de la absorción de la radiación dentro del medio en que se halle el elemento en cuestión;
- b) los factores experimentales caracterizados por la función de transferencia del sistema de detección utilizado.

Por estas razones los métodos experimentales proveen

$$R\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)_m = \frac{K_1}{K_2} R\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$$

donde K_1 y K_2 son funciones dependientes de la profundidad de generación de la radiación, de la distribución del espectro de excitación y de los coeficientes de absorción de la muestra.

El presente trabajo proporciona un método de cálculo de la relación $R(\beta/\alpha)$ a partir de los valores experimentales medidos de esta relación.

TEORIA

La intensidad de la transición $2P_{3/2}, \frac{1}{2} \rightarrow S \frac{1}{2}$ denomina-

da $K_{\alpha 1,2}$ (en lo sucesivo denominada simplemente K_{α}), puede ser descripta por la expresión:

$$K_{\alpha} = K.S.I_0(\lambda) e^{-\mu' i.l}$$

donde S es la denominada función de Sherman:

$$S = W_i \left(1 - \frac{1}{\varphi_i}\right) C_i \cdot \mu' i$$

siendo W_i el rendimiento de fluorescencia;

φ_i el "salto K" (valor de la discontinuidad en el espectro de absorción);

C_i la concentración del elemento en la muestra
($C_i = 1$ para elementos puros);

$\mu' i = \frac{\mu_i}{\cos \theta_1}$ el coeficiente de absorción del elemento

$I_0(\lambda)$ espectro primario de excitación de longitud de onda;

K constante de proporcionalidad; i corriente del tubo generador de rayos X; Z número atómico del ánodo generador.

La variación de la profundidad de generación provocará la modificación de la intensidad:

$$\frac{dK_{\alpha}}{dl} = S.I_0(\lambda).e^{-\mu' i.l} \cdot \mu' i$$

llamando $\alpha_{\nu} = S I_0 e^{-\mu' i.l}$ el valor de la intensidad generada a la profundidad e.

$$\frac{d\alpha_{\nu}}{dl} = \alpha_{\nu} \cdot \mu' i$$

De la misma manera puede expresarse la variación de la intensidad de la línea K_{β} :

$$\frac{d\beta_{\nu}}{dl} = \beta_{\nu} \cdot \mu' i$$

Dividiendo miembro a miembro ambas expresiones, se obtiene el valor de la relación de intensidades K_{β}/K_{α} gene-

rado a cualquier profundidad.

Esta relación no puede ser medida debido a la presencia de los efectos de autoabsorción de la radiación generada.

MEDICION DE LA RELACION
VERDADERA K_{β}/K_{α}

Se entiende por intensidades verdaderas β_{ν} , α_{ν} , aquellas que emergen del átomo y que aún no han sufrido absorción en su camino emergente. Lo que se detecta fuera de la muestra β_m , α_m , son las intensidades verdaderas β_{ν} , α_{ν} , modificadas por absorción a lo largo de dicho camino.

La intensidad medida en la dirección que forma el ángulo θ_2 con la normal a la superficie será:

$$\beta_m = \beta_{\nu} \cdot e^{-\mu''(\lambda_{\beta})l}$$

$$\alpha_m = \alpha_{\nu} \cdot e^{-\mu''(\lambda_{\alpha})l}$$

donde $\mu''(\lambda_{\beta})$; $\mu''(\lambda_{\alpha})$ son los coeficientes de absorción lineales para las longitudes de onda K_{α} y K_{β} corregidas por la oblicuidad.

Debido a la diferencia en los coeficientes de absorción para las distintas longitudes de onda, la relación verdadera se va modificando continuamente hasta alcanzar la superficie de emergencia.

La variación de las intensidades puede obtenerse a partir de las dos expresiones anteriores:

$$\frac{d\beta_m}{d\alpha_m} = \frac{\frac{d\beta_m}{dl}}{\frac{d\alpha_m}{dl}} = \frac{\frac{d\beta_{\nu}}{dl} \cdot e^{-\mu''(\lambda_{\beta})l} + \beta_{\nu} e^{-\mu''(\lambda_{\beta})l} \left[-\mu''(\lambda_{\beta}) \right]}{\frac{d\alpha_{\nu}}{dl} \cdot e^{-\mu''(\lambda_{\alpha})l} + \alpha_{\nu} e^{-\mu''(\lambda_{\alpha})l} \left[-\mu''(\lambda_{\alpha}) \right]}$$

$$\frac{d\beta_m}{d\alpha_m} = \frac{\beta_\nu}{\alpha_\nu} \left[1 + \frac{\mu''(\lambda\beta)}{\mu''_i} + \frac{\mu''_i}{\mu''(\lambda\alpha)} + \frac{\mu''(\lambda\beta)}{\mu''(\lambda\alpha)} \right] e^{-(\mu''(\lambda\beta) - \mu''(\lambda\alpha)) \cdot l}$$

Agrupando los términos

$$\frac{d\beta_m}{d\alpha_m} = \frac{\beta_\nu}{\alpha_\nu} K_1 e^{-K_2 \cdot l} = \text{tg } \alpha$$

Por integración de $d\beta_m/d\alpha_m$ desde la profundidad 0 hasta la profundidad máxima de generación E_c (2) se obtiene la relación verdadera sin distorsión

$$\frac{\beta_\nu}{\alpha_\nu} = \frac{K_2}{K_1} \frac{E_c \text{ tg } \alpha}{(e^{-K_2 E_c} - 1)}$$

Como se puede observar en el gráfico 1, el valor de $\text{tg } \theta$ no es constante para todas las tensiones. Sus variaciones son pequeñas y únicamente detectables a bajas tensiones. Debido a que el valor de β_ν/α_ν es estrictamente constante, las variaciones de $\text{tg } \alpha$ son compensadas por pequeñas variaciones en los valores K_1 .

En el cálculo de K_1 se incluye μ''_i , el valor del coeficiente de absorción para la longitud de onda efectiva de excitación (3). Esta longitud de onda es función de la tensión aplicada al ánodo generador primario.

PARTE EXPERIMENTAL

Determinación de la relación K_β/K_α para el cobre

La expresión anterior ha sido aplicada en la determinación de la relación K_β/K_α en el cobre, empleando el generador de rayos X, Philips PW. 1410.

Los ángulos de incidencia de la radiación primaria $\theta_1 = 49^\circ$ y de emergencia de la radiación de fluorescencia

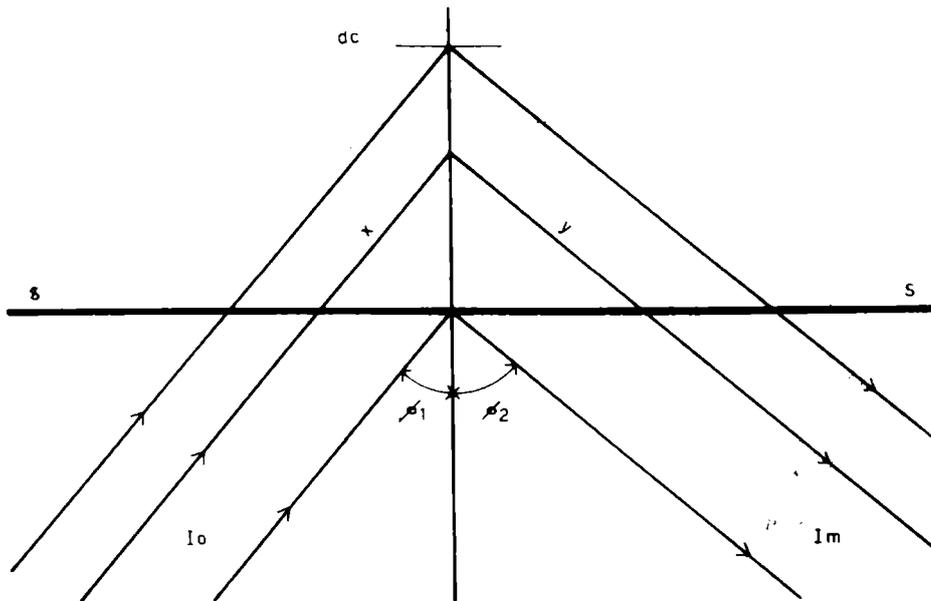


FIGURA 1

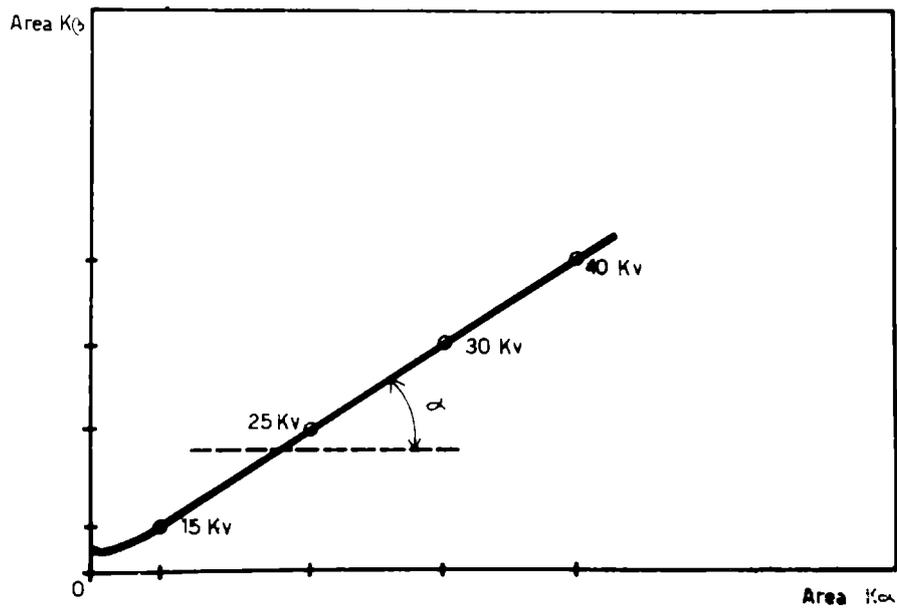


GRAFICO 1

$\theta_2 = 41^\circ$ han sido empleados en los cálculos.

El valor de $\text{tg } \alpha = 0,655$ se obtuvo de la figura 1. El valor de la profundidad crítica de generación fue calculado con la expresión de Chuns, Lentz y Scott (2) y la longitud de onda efectiva de acuerdo al método de Alvarez y de Vries (4).

Se realizaron mediciones de superficie de K_α y K_β para cobre de una pureza 99,99 de 10 a 100kV, a intervalos de 1 kV, utilizando una discriminación que incluye a ambas con sus picos de escape. Estos valores no fueron corregidos por efectos de absorción de cristal ni eficiencia de detector ya que se juzgaron despreciables a los fines requeridos; con estos datos fue realizado el gráfico 1 de donde se obtuvo la $\text{tg } \alpha$.

La profundidad crítica de generación está dada por:

$$E_c = \frac{K}{\mu \cdot \rho}$$

donde K es una constante cuyo valor es 4,62, y

μ es el coeficiente de absorción de la muestra corregido por oblicuidad, siendo:

$$\mu = \frac{\mu_1}{\text{Sen } \theta_1} + \frac{\mu_2}{\text{Sen } \theta_2}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 8,65$$

donde μ_1 es el coeficiente de absorción para la radiación incidente y fue calculado para una longitud de onda efectiva producida con una tensión de 40 kV siendo $\lambda = 1,16 \text{ \AA}$ y $\mu_1 = 196,64$.

μ_2 es el coeficiente de absorción para las longitudes de onda emergentes, donde:

$$\lambda_{K_\beta \text{ Cu}} = 1,392 \text{ \AA} \quad \text{y} \quad \mu_{\lambda_{K_\beta}} = 41,544$$

$$\lambda_{K_\alpha \text{ Cu}} = 1,540 \text{ \AA} \quad \text{y} \quad \mu_{\lambda_{K_\alpha}} = 54,370$$

θ_1 es el ángulo de incidencia = 49°

θ_2 es el ángulo de emergencia = 41°

Con estos valores se obtuvo el valor: $\frac{K_\beta}{K_\alpha} = 0,1079$ para

BIBLIOGRAFIA

- (1) Leroux J. - Advances in X Ray Analysis, 2, 1961.
- (2) Chung F. M., Lentz A. y Scott R. W. - X Ray Spectrometry, 3 (4), 1974.
- (3) Jenkins R. - Introduction to X Ray Spectrometry. 1975
- (4) Alvarez A. G. y de Vries J. L. - Swansea Symposium, (9), 1966.