

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

MANUAL DEL CURSO DE METODOLOGÍA
Y APLICACIÓN DE RADIOISÓTOPOS

CAPÍTULO 9

PREPARACIÓN DE UN PATRÓN Y CALIBRADO
DEL TUBO CONTADOR

JOSEFINA RODRIGUEZ

BUENOS AIRES
Reimpresión 1978

PREPARACION DE UN PATRON Y CALIBRADO DEL TUBO CONTADOR

INTRODUCCION

En una fuente activa, el número de átomos que desintegran de la misma por unidad de tiempo a un tiempo t (transformándose en átomos diferentes a los anteriores) es proporcional al número de átomos presentes a ese tiempo t . Por lo tanto se tiene:

$$\frac{dN}{dt} = -N \lambda$$

λ es una constante de proporcionalidad, dependiente solamente del nucleído activo tratado, y recibe el nombre de "constante de desintegración radiactiva". La constante λ está conectada con otro valor muy utilizado llamado "período de semidesintegración" ($T_{\frac{1}{2}}$) en la siguiente forma:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}$$

Se llama período de semidesintegración de un nucleído activo, el tiempo necesario para que un número N de átomos de ese nucleído se reduzca a $\frac{N}{2}$ átomos.

Muchas veces, la medición en un detector de actividad tiende a determinar el valor $\frac{dN}{dt}$. El contador para radiación beta que se utilizará no indicará ese valor $\frac{dN}{dt}$, llamado también actividad absoluta (A), sino que será un valor relativo (A_m), tal que:

$$A_m = C.A = C. \frac{dN}{dt} = C.N \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}$$

El factor C , y por lo tanto la actividad relativa medida, depende de las características del tubo contador, de la geometría utilizada en la medición, del tipo y energía de las radiaciones de la fuente en estudio, soporte de la misma, del espesor del preparado (masa por cm^2 del mismo), de la cubierta del preparado y de la densidad del aire.

Si se determina el factor de proporcionalidad C se pueden dar valores de la actividad absoluta de la fuente. Para esto se calibra el dispositivo de medición con un patrón, cuya actividad absoluta (A) se conoce y cuya energía máxima y demás condiciones se acerquen estrechamente a las de la fuente en cuestión.

No sólo la necesidad de determinar una actividad absoluta obliga al empleo de un patrón. Efectivamente, dependiendo la actividad relativa medida de las condiciones en que ésta se realizó, y del tipo y energía de las radiaciones del emisor medido, este patrón nos permitirá comparar mediciones realizadas en distintas oportunidades y en diferentes condiciones.

Por otro lado, teniendo un valor promedio de distintas mediciones del patrón, la obtención de un valor anormalmente alto ó bajo respecto del valor promedio (valores que difieren en más de un 5%), cuando de la medición estadísticamente se esperaría un error porcentual menor del 1%, indicaría que es necesario controlar el equipo contador y la medición practicada.

Generalmente se usa como patrón una fuente radiactiva que no varíe en el transcurso del tiempo, es decir un nucleído con período de semidesintegración muy grande.

Patrones adecuados de emisión beta lo constituyen ^{238}U (UI) en equilibrio radiactivo secular con ^{234}Th (UX_1), $^{234\text{m}}\text{Pa}$ (UX_2), y ^{234}Pa (UZ), ^{210}Pb (RaD) en equilibrio radiactivo con ^{210}Bi (RaE) y ^{210}Po (RaF) y ^{226}Ra (Radio).

Se dice que un nucleído activo A , se encuentra en equilibrio radiactivo secular con sus hijas B y C , cuando A , B , C , producen el mismo número de desintegraciones por unidad de tiempo y la actividad total decrece con el período del nucleído madre.

Se utilizará como patrón de emisión beta el UI en equilibrio secular con sus hijas.

Para obtener un preparado de UI en equilibrio con sus hijas UX_1 , UX_2 y UZ se tendrá que emplear un Uranio relativamente viejo, un uranio en el que haya transcurrido un intervalo de tiempo de por lo menos ocho meses desde la última separación de sus hijas UX_1 , UX_2 , UZ .

Por el procedimiento químico que se empleará, precipitará UI, UX_1 , UZ y UX_2 en equilibrio radiactivo secular. La actividad total se mantendrá constante en el transcurso del tiempo, ya que el nucleído madre tiene un período de semidesintegración muy largo ($T_{\frac{1}{2}}$ del ^{238}U : 4.51×10^9 años).

Veamos qué nucleídos y en qué medida contribuyen a la actividad total, teniendo en cuenta que algunos tubos contadores presentan paredes de un espesor aproximado de 30 mgr/cm² de vidrio y otros, ventanas de mica de 2 a 4 mgr/cm².

Con los primeros se logra medir solamente radiaciones beta de energías superiores a 0.25 MeV y radiaciones gamma. Con los segundos se miden, en condiciones adecuadas con baja eficiencia, radiaciones alfa, radiaciones beta con energías superiores a 0.050 MeV y radiaciones gamma.

Cuando se emplean tubos de ventana de mica, en la calibración del tubo contador con patrón de Uranio, será necesario cubrir la fuente con aluminio y cinta transparente engomada de manera de totalizar un espesor no menor de 30 mgr/cm².

El UI es un nucleído alfa emisor que se transforma, con un período de semidesintegración de $4,51 \times 10^9$ años, en su hija UX₁, emisor beta de baja energía (0,100 MeV: 35%, 0,191 MeV: 65%), ésta con un período de semidesintegración de 24,1 días se transforma en ^{234m}Pa (UX₂). Este nucleído que tiene un período de semidesintegración de 1,175 minutos, se transforma en su mayor parte (más del 99%) por emisiones beta penetrantes (energía máxima 2,3 MeV) en UII (²³⁴U) emisor alfa de período de semidesintegración de $2,48 \times 10^5$ años, el 0,63% restante del ^{234m}Pa (UX₂) se transforma por emisión gamma en su isómero ²³⁴Pa (UZ). Este con un período de 6,66 horas y emisión beta (0,16 MeV: 28%, 0,32 MeV: 32%, 0,93 MeV: 27%, 1,3 MeV: 13%), se transforma también en UII.

De estos nucleídos prácticamente se mide todo el ^{234m}Pa (UX₂) y casi todo el UZ.

Por otro lado también se separará el ²³⁵U(AcU) y su hija ²³¹Th (UY), que siempre se encuentran presentes en el uranio proveniente de minerales, en la proporción de:

$$\frac{U^{238}}{U^{235}} = \frac{140}{1}$$

De estos tampoco se mide todo el UY, ya que su energía beta es la siguiente: 0.090 MeV (8%), 0,134 MeV (20%), 0,218 MeV (33%), 0,299 MeV (39%). El AcU no se mide por ser emisor alfa.

Resumiendo, sólo se miden las radiaciones energéticas del UX_2 , algo de UZ y UY. Como se conoce la cantidad de uranio que contiene el patrón, mediante la fórmula:

$$A = \frac{dN}{dt} = N \lambda = N \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}} = N \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$$

se puede calcular el número de desintegraciones por unidad de tiempo (A, actividad absoluta) de UX_2 , UZ y UY que se están produciendo. Por otro lado se mide el patrón (A_m), obteniéndose el coeficiente C mediante la siguiente relación:

$$A_m = C \cdot \frac{dN}{dt} = C \cdot A$$

$$C = \frac{A_m}{A} \quad (1)$$

PARTE EXPERIMENTAL

a) Preparación de un patrón de Uranio.

Se pesan alrededor de 40 mgr de U_3O_8 y se atacan con 2cc de NO_3H concentrado a ebullición. Se diluye con agua destilada, se calienta a ebullición y se trata con NH_3 libre de CO_2 , con lo que se consigue precipitar el Uranio al estado de diuranato de amonio, se deja hervir pocos minutos y se procede a su filtración.

La filtración con vacío se realiza utilizando papel de filtro S y S 589¹ y filtro coloidal. Al filtrar hay que tratar de repartir homogéneamente el precipitado, se usa solución amoniacal caliente para arrastrar y lavar el precipitado.

El precipitado se monta sobre una chapa de aluminio, y se cubre con aluminio y cinta engomada de manera de lograr un espesor total de 30 mgr/cm². La medición en días sucesivos nos dará un índice de que el UI ha sido precipitado en equilibrio con sus hijas. Efectivamente, con el transcurso del tiempo se deben obtener mediciones que no varíen más que en un 5%.

b) Calibración del tubo contador (determinación del coeficiente C)

Una vez determinado el "efecto cero", se comienza por determinar la actividad relativa del patrón (A_m) en distintas posiciones, calculando de acuerdo a (1) el coeficiente C, que vale solamente para una fuente en las mismas condiciones (soporte, espesor de la fuente, distancia de la fuente al tubo, castillete de plomo, tubo, etc.) y cuya energía máxima no se diferencie mucho de la energía máxima del UX_2 .

DATOS EXPERIMENTALES

FECHA

T.E.

ESCALIMETRO

T G M

T.T.

E F E C T O C E R O

POSICION	LECTURA	ΔT	$^{\circ}/\text{min.}$	$^{\circ}/\text{min.} - \text{Ef. O}$	FACTOR C