

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

SOBRE LA MEDIDA ABSOLUTA DE ACTIVIDADES BETA

por

C. SANCHEZ DEL RIO

OSCAR JIMENEZ REYNALDO

y

E. RODRIGUEZ MAYQUEZ

J. E. N. - 17

MADRID, 1.956.

SOBRE LA MEDIDA ABSOLUTA DE ACTIVIDADES BETA

por

C. SANCHEZ DEL RIO

OSCAR JIMENEZ REYNALDO

y

E. RODRIGUEZ MAYQUEZ

S U M M A R Y

A new method for absolute beta counting of solid samples is given. The measurements are made with an inside Geiger-Müller tube of new construction. The backscattering correction when using an "infinite" thick mounting is discussed and results for different materials given.

La medida absoluta del número de desintegración por unidad de tiempo de una muestra activa que emite rayos beta es un problema que aparece con frecuencia, tanto en la investigación nuclear pura como en las aplicaciones de los isótopos radioactivos a la química o a la biología. Cuando se trata de trabajos de rutina con isótopos de vida media larga, se puede disponer de una muestra patrón y realizar las medidas relativas a ella. Pero, en muchos casos, esto no es posible, y entonces es necesario deducir la actividad absoluta de medidas realizadas con un contador Geiger-Müller en una disposición tal que el cálculo permita conocer la fracción de desintegraciones no observadas. La medida por este procedimiento con contadores de ventana se inicia con un trabajo de Zumwalt (1) donde se tienen en cuenta las correcciones de autoabsorción de la fuente, reflexión del soporte y de los materiales próximos, difusión en el aire, absorción por la ventana y geométricas. (Estas dos últimas correcciones han sido estudiadas recientemente por Heller, Stucken y Weber (2) y por Berne (3), respectivamente). Posteriormente, un artículo de Burt (4) ex

(1) L. R. ZUMWALT: MDDC-1346 (1947)

(2) R. B. HELLER, E. F. STURCKEN y A. H. WEBER: Rev. Scient. Inst., 21, 898 (1950).

(3) L. BERNE: Rev. Scient. Inst., 22, 509 (1951)

(4) B. P. BURT: Nucleonics, 5 n^o 2, 28 (1949)

puso detalladamente la influencia de las diferentes correcciones, y últimamente Gleason, Taylor y Tabern (5) han descrito una disposición con la que se reducen los cálculos necesarios.

Otros autores han orientado diferentemente el problema utilizando muestras gaseosas, que añaden a los gases de llenado de los contadores (6); pero también en este caso hay que realizar correcciones para compensar los efectos de la pared y de los extremos del tubo (7). Por otra parte, este método exige manipulaciones químicas minuciosas y no siempre practicables.

Para medidas absolutas de muestras sólidas cuya vida media no sea excesivamente corta (o aun cortas si las actividades son producidas por captura de neutrones) se propone en este trabajo otro método en el cual las correcciones necesarias se reducen a un mínimo. Se utiliza un contador interno, es decir, un contador que carece de ventana entre la muestra y la región sensible, y se coloca la muestra sobre un soporte de espesor mayor que el alcance de los rayos beta en él (llamaremos a este soporte "infinito"), de manera que se evita cualquier otra clase de correcciones, salvo las debidas al poder reflector del soporte y al propio espesor de la muestra.

En estas condiciones sea d el número de impulsos medidos por unidad de tiempo (restado el fondo y corregidas las pérdidas por el poder de resolución finito del contador si la actividad es grande). El número verdadero de desintegraciones por unidad de tiempo en la muestra es:

$$D = \frac{2d}{f_A f_B}$$

siendo:

f_B el factor de corrección debido a la reflexión de los electrones por el soporte (si este soporte es grande y está la muestra alejada de los bordes, los otros objetos próximos - paredes de la guía, etc - no tienen influencia); este factor es mayor que la unidad, ya que el reflector hace aumentar los electrones que salen por una cara, y

f_A el factor de reducción por absorción de la radiación dentro de la muestra.

El factor 2 proviene de que sólo se realiza la medida de las desintegraciones que conducen a emisión por una de las caras.

Sucesivamente se describe brevemente el contador y se discuten las correcciones necesarias.

(5) G. I. GLEASON, J. D. TAYLOR y D. L. TABERN: *Nucleonics*, 8 nº 5, 12 (1951).

(6) A. G. ENGELKEMER, W. H. HAMILL, M. G. INGRAM y W. LIBBY: *Phys. Rev.*, 75, 1825 (1949).

W. BERNSTEIN y R. BALLENTINE: *Rev. Scient. Inst.*, 21, 158 (1950)

(7) A. G. ENGELKEMEIR y W. F. LIBBY: *Rev. Scient. Inst.*, 21, 550 (1950)

I. EL CONTADOR INTERNO

Para la medida de las radiaciones β de débil energía se ha utilizado alguna vez (8) un tipo de contador interno que tiene el inconveniente para nuestro objeto de no alejar suficientemente la muestra cuando se halla en posición de "no medida", con lo cual si, como ocurre frecuentemente, se emiten rayos γ simultáneamente y la actividad es grande, no puede realizarse con garantía la medida del "fondo del contador".

Vistas estas dificultades, nosotros hemos construido otro tipo que, aparte de no adolecer de tales inconvenientes, es mucho más sólido y fácil de construir; un esquema del mismo aparece en la figura 1. En ella, C es el cátodo y H el hilo del contador Geiger-Müller; D, una guía (aislada del aire y en comunicación con el contador) por la que se desplaza, resbalando, el soporte B de la muestra (soporte construido con los rebordes necesarios para evitar que accidentalmente pueda destruirse la muestra por roce con las paredes de la guía); A es un cierre hermético, V una ventana de vidrio para observación

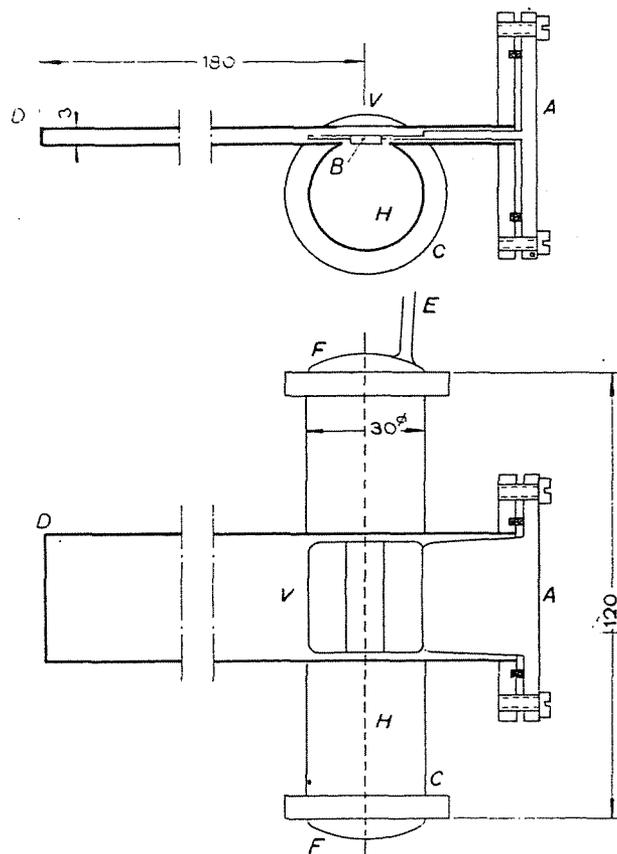


Figura 1

y E el tubo de llenado del contador a través de uno de los tapones de vidrio F.
(8) L. W. LABAW: Rev. Scient. Inst., 19, 390 (1948)

Las juntas vidrio-metal han sido soldadas con plástico Araldit, de Ciba (Basililea) polimerizado al horno. El llenado es la mezcla habitual alcohol-argón; en caso de que el soporte fuese de un material que por emitir gases impidiese el funcionamiento normal del contador autoextinguido, podría llenarse con solo argón, empleando un circuito de extinción externa.

Para una medida de la actividad absoluta de una muestra colocada sobre el soporte B (y de forma que sólo cubra una pequeña parte de la superficie de ésta que "ve" el contador) la primera operación, una vez encerrado éste en la guía D, es el llenado del contador, que se realiza uniendo el tubo E a una instalación normal de llenado; esta operación requiere de 10 a 15 minutos, dado el tiempo necesario para que se homogeneice la mezcla, siendo ésta la razón de que no puedan medirse muestras con períodos muy cortos, a menos que sean activadas por neutrones, ya que en este caso la activación puede realizarse con el contador ya preparado. Una vez el contador en marcha puede medirse el fondo del mismo dejando caer la muestra al extremo de D y blindando este extremo convenientemente con plomo. La radiación β se medirá colocando la muestra en la posición en que aparece en la figura 1, lo cual se consigue girando el contador en torno del hilo hasta que la muestra se asome a la región sensible del contador (una prolongación de la tapa A por la guía obliga a la muestra a colocarse debidamente, lo cual puede, por otra parte, comprobarse por medio de la ventana V). Puede realizarse alternativamente una serie de medidas fondo-radiación, ya que el cambio de posición de la muestra es cuestión de pocos segundos.

II. LA CORRECCION DE REFLEXION

Si es N_1 el número de electrones emitidos por cada cara de la muestra y por unidad de tiempo, suponiendo la muestra aislada y se le pone en una de las caras un soporte, el número de electrones N_2 que aparecerán en la otra por unidad de tiempo será

$$N_2 = N_1 + N_1 AT$$

siendo A el poder reflector del soporte (propiedad que podrá depender del material y de la energía máxima de los rayos β) y T la transparencia de la muestra para su propia radiación (si la fuente es suficientemente fina $T=1$). El factor de corrección f_B es, según esto,

$$f_B = \frac{N_2}{N_1} = 1 + AT$$

Para poderlo calcular bastará con conocer A, ya que T, la transparencia puede o medirse o calcularse según la fórmula (5).

$$T = e^{-\mu t}$$

siendo

t el espesor de la muestra en mg/cm^2

$\mu = 0,017 E_{\text{max}}^{-1,43}$

E_{max} = energía máxima de los rayos β emitidos en MeV.

(La fórmula empírica para μ es válida para $0,15 \text{ MeV} \ll E_{\text{max}} \ll 3,5 \text{ MeV}$).

El poder reflector A (albedo) (exceso sobre la unidad del factor de corrección cuando se usan muestras finísimas) ha sido extensivamente estudiado por Burtt (4); dado su sistema de medida, A dependía del material, de la energía máxima de los rayos beta, del espesor del soporte y de la geometría. En nuestro caso (geometría fija y espesor del soporte infinito), sólo dependerá del material y de la energía; ahora bien según ha sido comprobado por diferentes autores (citados por Burtt (4)), el poder reflector de un soporte infinito es independiente de la energía máxima de la radiación siempre que ésta sobrepase los 0,6 MeV. Estos hechos justifican el que aquí demos los valores de A para diferentes materiales y para energías superiores a 0,6 MeV. Si la energía que se trata de medir es menor, habrá que determinar A para el caso concreto.

Para la determinación de A nosotros hemos empleado, el siguiente procedimiento (fig. 2):

Sobre la ventana de mica de un contador β de campana de 30 mm. de diámetro se ha colocado una lámina fina de Indio (*) activada con neutrones lentos en su parte central (para lo cual fué cortado con un sacabocados un pequeño disco de 8 mm. de diámetro) y encima otra lámina de mica idéntica a la primera (en la figura aparecen las tres láminas distanciadas para mayor claridad); de esta forma disponemos de un contador β cuya ventana es una "fuente" de actividad β constituida por el conjunto mica-indio-mica, simétrica en ambas caras. Realizando una medida con esta ventana simplemente (sea N_1 el número de impulsos por unidad de tiempo que se observen) y otra con el material reflector superpuesto (con el resultado N_2 impulsos por unidad de tiempo) y habiendo medido la transparencia T del conjunto mica-indio-mica antes de construir el contador β con una geometría análoga a la actual, según la fórmula anterior, se tendrá:

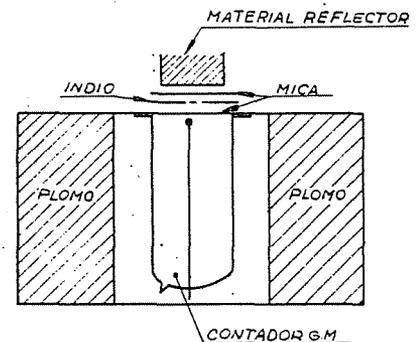


Figura 2.

$$A = \frac{N_2/N_1 - 1}{T}$$

Por este procedimiento se han realizado medidas cuidadosas usando como materiales reflectores: plexiglás, aluminio, cobre, plata, una aleación cadmio-plomo y plomo. De este modo se tiene una variación del factor A en función del número atómico del material reflector; el resultado aparece en la

(*) La energía máxima de los rayos β del In^{116} es 0,85 MeV (MATTAUCH-FLAMMERSFELD, "Isotopenbericht", Tübingen, 1949), superior por tanto, a 0,6 MeV.

figura 3. Como se ve, las variaciones de un material a otro son menores que las publicadas por otros autores.

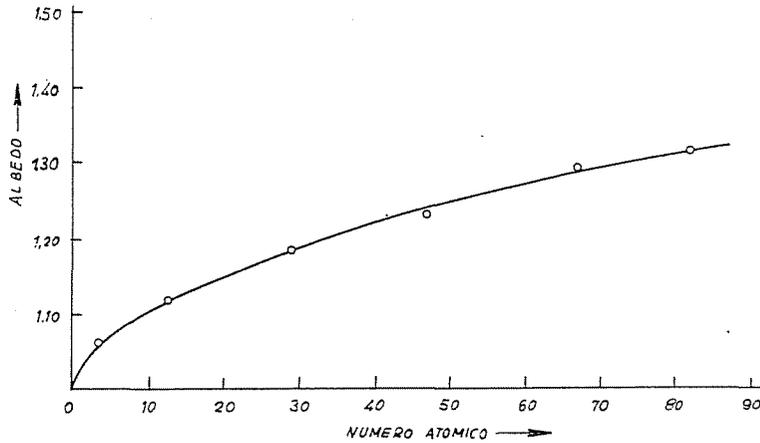


Figura 3

Ello está, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos por Burt (4), estudiando la variación de f_B en función de las distancias del contador; nuestra curva representa el paso al límite de la distancia cero.

III. LA CORRECCION DE AUTOABSORCION

Esta corrección sólo es necesaria si la densidad superficial de la muestra no es extraordinariamente pequeña. En el presente trabajo no se ha establecido método especial de corrección, sino que nos hemos limitado a usar los métodos propuestos en el cuidadoso estudio de Schweitzer y Stein (9). Por eso, aún sin desconocer su importancia, no se insiste más aquí sobre esta importante corrección.

(9) G.K. SCHWEITZER y B.R. STEIN; Nucleonics, 7, nº 3, 65 (1950).

