

LA CÁMARA DE IONIZACIÓN GASEOSA: UN INSTRUMENTO PARA EL RECUENTO DE PARTÍCULAS

Aarón Ruiz Gómez

Si bien las cámaras de ionización se emplean hoy en día en sistemas tecnológicamente punteros para el desarrollo de actividades científicas sumamente precisas y avanzadas, la utilización de este tipo de dispositivos para el estudio de diversas propiedades de las partículas no es en absoluto nueva: ya en 1932 James Chadwick demostró la existencia del neutrón usando una cámara de ionización para detectar los protones de retroceso y en 1939 Otto R. Frisch mostró la gran cantidad de energía liberada en el proceso de fusión usando también una cámara de ionización. Estas son algunas de las más llamativas aplicaciones que se han conseguido a lo largo de la historia con este tipo de detectores, pero sin duda son sólo un par de ejemplos dentro de un nutrido grupo de trabajos.

El objetivo de este artículo es, en primer lugar, explicar las bases físicas de funcionamiento de este tipo de detectores, indicando las diferencias con otros de la misma familia como el *contador Geiger-Müller* o el *contador proporcional*. A continuación se expondrá un diseño característico de estos detectores y se explicará brevemente el procesamiento de la señal generada por la cámara de ionización hasta que es visualizada por el usuario.

En principio, las cámaras de ionización son las que tienen el funcionamiento más simple de todos los detectores gaseosos. Éste se basa en la ionización del gas de relleno a manos de una partícula entrante motivo del estudio, generándose pares ion-electrón que serán contabilizados en un cátodo y un ánodo respectivamente gracias a la acción de un campo eléctrico transversal a la dirección de movimiento de la partícula. En ocasiones se dispone de más de un ánodo, lo que permitirá monitorizar diversas propiedades físicas de las partículas y facilitará la discriminación de las mismas. Su fundamento puede entenderse mejor apoyándonos en la siguiente figura:

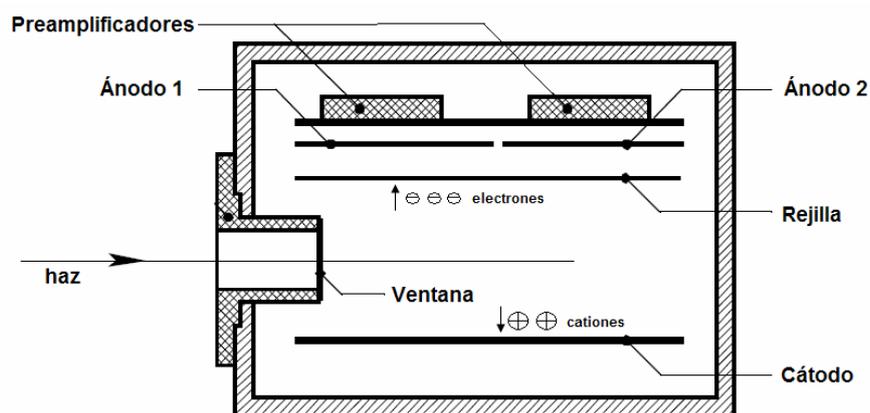


Fig.1

Conforme la partícula problema atraviesa el gas, va perdiendo energía que se invierte mayoritariamente en la generación de los pares anteriormente citados. La energía necesaria para producir uno de estos pares varía con el gas de relleno, siendo en la mayoría de los casos del orden de varias decenas de electronvoltios. Por lo tanto, conocer la carga recogida en los electrodos nos permite conocer la energía perdida por la partícula a lo largo del volumen activo del detector.

Esta consecuencia como tal puede ser de gran interés científico, pero las posibilidades de este tipo de dispositivos pueden ser mucho más atractivas si concluimos que las cámaras de ionización nos permiten identificar partículas y distinguirlas de otros interferentes. Esto es debido a que la energía perdida por los iones problema al interactuar con el gas de relleno viene determinada por el poder de frenado $\left(-\frac{dE}{dx}\right)$. Su expresión viene dada por la *Fórmula de Bethe-Bloch* (Bethe, 1930):

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{aZ^2c^2}{v^2} \ln \left[\frac{bv^2}{c^2 - v^2} \right]$$

Sin entrar en más detalles puede observarse una dependencia entre el poder de frenado y la carga nuclear Z de la partícula incidente, luego podemos concluir que la energía depositada está relacionada con el tipo de ión entrante.

Existen otros dispositivos detectores basados en el mismo fundamento de la ionización del gas pero que están orientados a detectar otro tipo de partículas, presentando por tanto otras características. Tal es el caso del *contador proporcional* y el *contador Geiger-Müller*. Si bien las cámaras de ionización se caracterizan por una completa colección de los electrones inicialmente liberados sin amplificación del gas, en los *contadores proporcionales* se produce esta amplificación independientemente del número de electrones iniciales liberados, siendo el pulso siempre proporcional a la ionización inicial. Esto se debe a que en estos dispositivos la diferencia de potencial al que se encuentran sometidos ánodo y cátodo es mayor que en las cámaras de ionización, lo que posibilita que los pares inicialmente creados originen otros nuevos en su camino hacia los polos eléctricos. Este tipo de detectores son empleados en el recuento y determinación energética de partículas que no generan suficientes pares en la región de trabajo de la cámara de ionización.

Los *contadores Geiger-Müller* trabajan a una diferencia de potencial aún mayor, dándose una mayor amplificación del gas por las sucesivas avalanchas provocadas por los electrones primarios originados por las partículas entrantes al detector. Además, la llegada al ánodo de fotones originados en fenómenos de reestructuración electrónica puede provocar, por efecto fotoeléctrico, la liberación de nuevos electrones. Entre sus peculiaridades habría que destacar que su tensión de trabajo se da dentro de la denominada *zona de plateau*, causada por el apantallamiento provocado por las cargas positivas en su camino hacia el cátodo. Se caracterizan por una

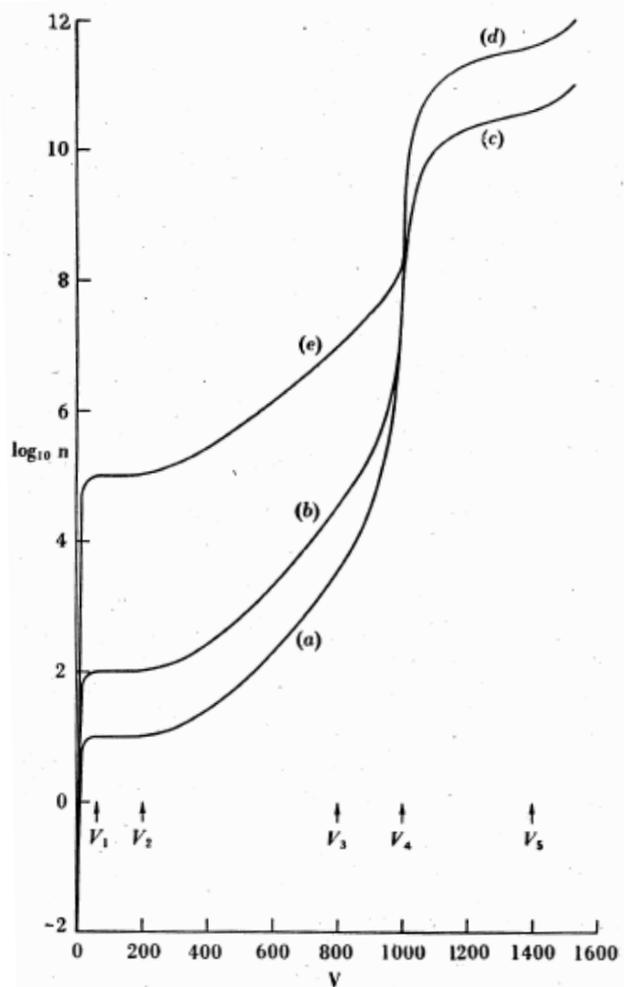


Fig.2 (Wilkinson, 1949)

propagación de la descarga a lo largo de la longitud del contador, resultando un tamaño de pulso independiente de la ionización inicial. Se emplean en el recuento de partículas débilmente ionizantes como las partículas β , careciendo de cualquier respuesta espectrométrica por lo que son usados como meros contadores. En la anterior figura 2 puede verse el número de eventos contabilizados en función de la tensión aplicada. El régimen de funcionamiento de la *cámara de ionización* se localiza entre V_1 y V_2 , mientras que los del *contador proporcional* y *contador Geiger-Müller* se encuentran entre V_2 y V_3 y V_4 y V_5 respectivamente.

Un diseño típico de una cámara de ionización puede verse en la anterior figura 1. De entre la multitud de detalles a los que habría que hacer referencia para una completa comprensión del funcionamiento de estos sistemas, vamos a hacer referencia a dos elementos: la ventana del detector y la rejilla situada entre ánodo y cátodo. Como el volumen del detector está relleno de un gas, resulta necesario que esté completamente cerrado para que no se produzcan pérdidas del mismo. En la zona en la que el haz de partículas accede al volumen del detector se coloca una ventana compuesta por un material que minimice las pérdidas energéticas y la dispersión angular debido al tránsito del haz a través de la misma. Si bien en un principio se utilizaban ventanas de mylar o polipropileno, en la actualidad se han producido importantes avances en la síntesis de nuevos materiales, como es el caso del nitruro de silicio, ampliamente usado en la actualidad. Otro aspecto técnico importante a destacar en las cámaras de ionización es la existencia de una rejilla generalmente denominada *Frisch grid*. Como ya se ha indicado con anterioridad de manera subyacente, las partículas no tienen porqué entrar al volumen del detector con una trayectoria paralela a los polos eléctricos situados en los extremos y la posición donde se produzca la ionización puede ser determinante. La misión de la *Frisch grid* consiste en que no importe donde se ha producido la ionización.

Conviene indicar también, a grandes rasgos, qué ocurre con la señal electrónica recogida en los ánodos y cuál es el camino que sigue hasta su visualización por el usuario. Como ya hemos indicado, la partícula incidente deposita su energía en el detector al interactuar con los átomos del gas y esta energía se traduce en número de electrones que llegan a los ánodos, induciendo una corriente que el preamplificador se encarga de transformar en un pico de voltaje, a la salida de éste vuelve a darse un nuevo proceso de amplificación y un perfilado o *shaping* cuyo objetivo es convertir la señal en un pico, en último lugar entra en juego un dispositivo denominado ADC (*Analogical to Digital Converter*), que transforma los pulsos de voltaje en canales de tal modo que permite una correcta visualización por el usuario. Una imagen más esquemática puede verse en la figura 2:

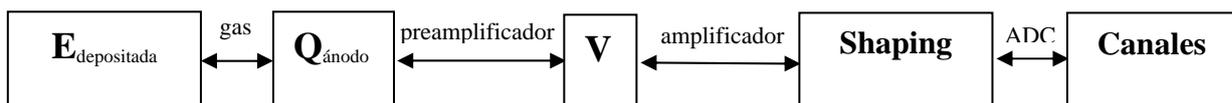


Fig.2

Para concluir, se debe apuntar que el empleo de una cámara de ionización final es fundamental en diversas técnicas de análisis de haces de iones, como por ejemplo la espectrometría de masas con aceleradores (AMS, véase el artículo en el número 3 de *Isagogé* dedicado a alguna de las aplicaciones de este procedimiento), en la que este tipo de detectores juega un papel crucial en la cuantificación del radioisótopo de interés y la separación de sus interferentes. Así pues, como colofón del presente trabajo, se expondrá a continuación como ejemplo un diagrama bidimensional en el que se identifican y cuantifican iones del radioisótopo ^{10}Be y se separan de su principal interferente, el ^{10}B :

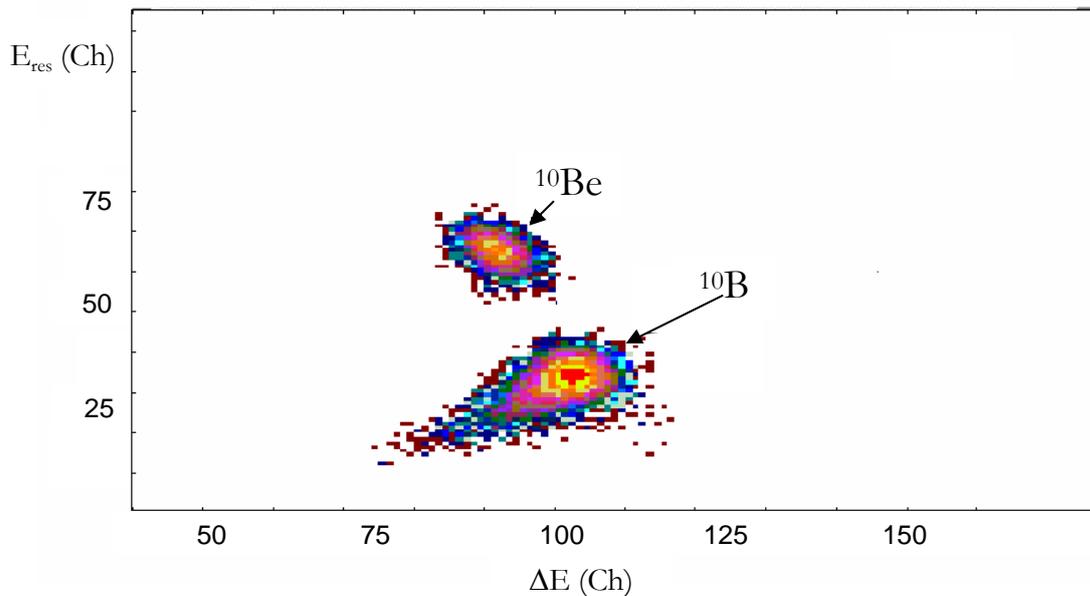


Fig.3

BIBLIOGRAFÍA

BETHE, H. (1930): «Theory of the Passage of Fast Corpuscular Rays Through Matter», *Ann. Phys.*, 5, pp.325-400.

KNOLL, G. F. (1989): *Radiation Detection and Measurement*, John Wiley and Sons.

WILKINSON, H. D. (1950): *Ionization Chambers and Counters*, Cambridge University Press.