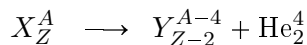


PRACTICA 5: ESPECTROMETRÍA DE PARTÍCULAS ALFA Y BETA. ABSORCIÓN DE PARTÍCULAS ALFA

5.1. INTRODUCCIÓN

Un núcleo de masa A puede en ciertos casos transformarse en un núcleo de menor masa ($A - 4$) emitiendo un núcleo de helio (partícula α)



Para que esta desintegración tenga lugar espontáneamente, es necesario que la diferencia de masas entre el núcleo inicial y los dos núcleos formados sea positiva. Es decir, que sea una desintegración exotérmica:

$$M(X) - (M(\alpha) + M(Y)) > 0$$

Esta diferencia de masas corresponde a una diferencia de energía que aparecerá en forma de energía cinética. La partícula α viajará con una determinada velocidad, en función de la energía cinética con la que es emitida, y el núcleo hijo Y tiene tendencia a retroceder, obedeciendo a las leyes de conservación de la energía y la cantidad de movimiento. Ambos comparten este exceso de energía siempre de la misma manera, de forma que las partículas α emitidas serán monoenergéticas.

Si el núcleo Y queda en el estado fundamental, sólo se emiten partículas α con la misma energía, y se dice que el núcleo X es un emisor α puro. Si en cambio el núcleo Y queda en un estado excitado, esta energía de excitación se liberará en forma de radiación gamma, que será una consecuencia de la emisión alfa.

Las partículas alfa son emitidas principalmente por los núcleos radiactivos de elevado número atómico ($A > 140$). Las que proceden de determinado isótopo poseen energías cinéticas discretas y determinadas, cuya medida puede servir para identificar dicho isótopo.

Las partículas β se emiten espontáneamente por núcleos que tienen neutrones o protones de más (recuerde la introducción de la práctica 3).

5.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DETECTOR

En esta práctica el detector no es un cristal de centelleo, sino un detector de barrera de superficie. Consiste en un cristal de silicio de tipo n . Por un procedimiento de grabado se forma una fina capa ($1\ \mu\text{m}$) de tipo p en el otro lado del cristal. Esta capa está cubierta de una delgada capa de oro la cual se usa como contacto eléctrico. Aplicando una tensión, con polaridad positiva en la capa n , el cristal se convierte en un diodo invertido. Si en un cristal se forma una unión entre 2 regiones tipo p y n , los electrones emigran de la región n a la región p hasta que se crea una barrera de potencial que impide el movimiento. De este modo, una zona poco profunda próxima a la unión, llamada *zona de carga espacial*, queda exenta de portadores. Esta capa puede operar como una cámara de ionización para una partícula cargada, que creará pares electrón-hueco en su interior.

Las ventajas de estos detectores son que tienen mucha mejor resolución que los de centelleo, y son muy lineales. Además ocupan muy poco espacio y tienen una respuesta muy rápida, lo que permite una alta velocidad de recuento.

El esquema del detector de barrera de superficie se muestra en la fig. 5.1.

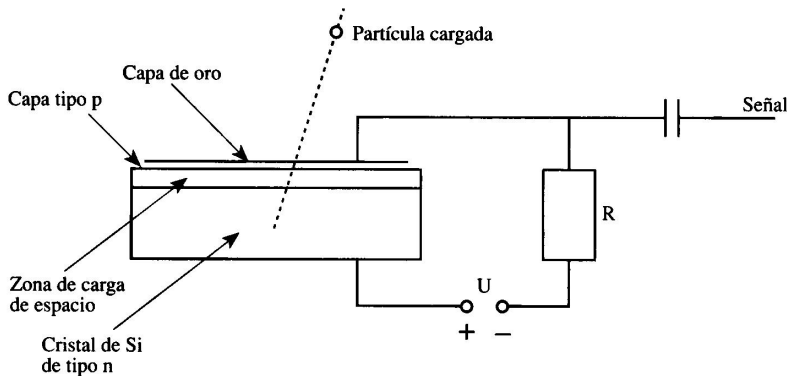


Figura 5.1. Esquema de un detector de barrera de superficie

Cuando una partícula cargada atraviesa la zona de carga espacial crea pares electrón-hueco, que son colectados por la tensión aplicada, produciendo un impulso. Si el espesor de esta zona es suficiente, toda la energía cinética de la partícula se perderá en el medio creando pares electrón-hueco. Por lo que el impulso resultante será proporcional a la energía de la partícula.

La información proporcionada por este impulso, generado en el detector, es recogida en un analizador multicanal, pasando previamente por un circuito de amplificación en un sistema analógico.

5.1.2. EL ANALIZADOR MULTICANAL

El funcionamiento de los analizadores multicanales se basa en el principio de conversión amplitud-tiempo cuyo fundamento es el siguiente: Los impulsos procedentes del amplificador cargan a su tensión de pico un condensador, que se descarga seguidamente a corriente constante siguiendo una rampa lineal. Al comenzar la descarga, un circuito auxiliar genera una onda cuadrada de amplitud constante, y que finaliza al llegar a cero la tensión del condensador. De esta manera, la duración de la onda cuadrada es proporcional en cada caso a la amplitud del impulso analizado: de aquí el nombre de *conversión amplitud-tiempo* con que se conoce el principio de funcionamiento.

Por otra parte, al comenzar la onda cuadrada se pone en funcionamiento un oscilador de frecuencia bien estabilizada: una escala llamada de número de canal o de direcciones (fig. 5.2) cuenta el número de oscilaciones hasta el momento en que finaliza la onda cuadrada. En este instante queda bloqueado el oscilador. De esta manera la amplitud del impulso se convierte en un número proporcional de impulsos, o sea, se transforma una magnitud analógica en otra digital, y de ahí el nombre de *convertidor analógico-digital* con que se conoce esta parte del analizador. La información analizada se acumula en una memoria análoga a la de los ordenadores. La escala de direcciones hace que la información contenida en el canal de número igual a la oscilaciones registradas, pase temporalmente a una escala de adición donde se suma una unidad, y el número de sucesos así incrementados se reintroduce en la memoria, quedando de nuevo el aparato en condiciones de analizar un nuevo impulso.

El número de canales de un analizador depende del tipo de memoria. En la mayor parte de los casos, sobre todo cuando se maneja información suministrada por detectores de centelleo, se recomienda una memoria de 400 a 512 canales con una capacidad de 10^6 impulsos por canal.

Generalmente existe la posibilidad de transferir canal por canal el contenido de un subgrupo de memoria sobre otro, lo cual permite interesantes operaciones tales como la resta automática de fondo.

La bondad del analizador depende en gran medida del comportamiento del convertidor analógico-digital, es decir, de su linealidad. Esta puede ser linealidad integral y linealidad diferencial. Idealmente, la relación entre la amplitud del impulso y el canal de almacenamiento debería ser lineal, pero en la práctica presenta cierta alinealidad.

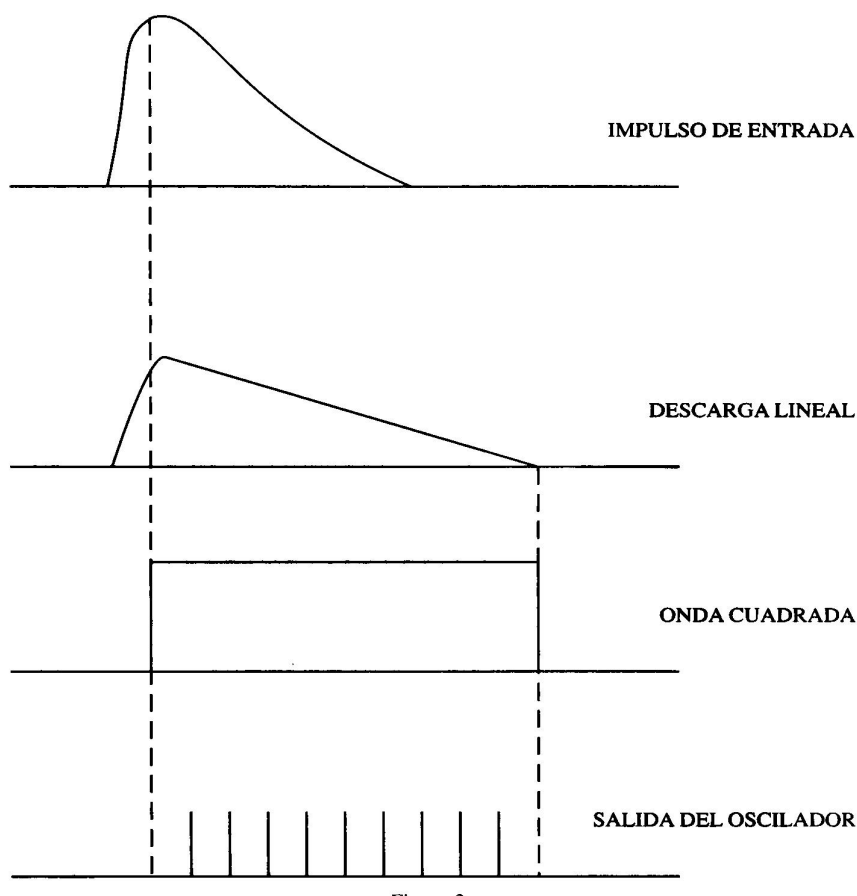


Figura 5.2. Conversión analógica-digital

La linealidad diferencial expresa la desviación máxima de la anchura de canal respecto a la anchura media del conjunto de canales. El valor normal suele estar alrededor del 1%. La importancia de la linealidad integral queda reflejada en la precisión que se obtiene en la calibración en energías del analizador. Esta operación se realiza mediante la medida del espectro de un radionúclido, cuyas líneas

Práctica 5: Espectrometría de partículas alfa y beta. Absorción de partículas alfa

tengan energías bien medidas, determinando los canales a que corresponden los centroides de los respectivos picos de absorción total. Si la linealidad integral es lo suficientemente pequeña, con al menos 2 puntos se puede determinar la recta de calibración.

Para impedir que durante el análisis se produzcan perturbaciones por la llegada de nuevos impulsos, el analizador va provisto de una puerta electrónica que bloquea el acceso de nuevos impulsos y se mantiene en tal estado mientras dura el proceso de conversión (tiempo de conversión) y de acumulación (ciclo de memoria) de un impulso anterior.

Esta característica determina que el análisis de cada impulso vaya asociado a un tiempo muerto τ que vale:

$$\tau = A + BN$$

donde A y B son constantes de cada analizador y N es el número de canal en que se clasifica el impulso.

La mayor parte de los analizadores van provistos de un instrumento de medida en donde se puede leer el porcentaje de tiempo muerto, o activo, según los casos. La indicación durante las medidas no puede rebasar un valor crítico, indicado por el fabricante, pues de ser así, el espectro analizado presenta una mayor o menor distorsión debido al apilamiento de los impulsos.

CARACTERÍSTICAS ANALÓGICAS DEL DETECTOR.

Los detectores que componen las prácticas no llevan en sí un analizador multicanal propiamente dicho. El método utilizado consiste en adaptar al detector a través de un sistema analógico-digital y una interface apropiada, a un ordenador PC compatible, que se comporta como un analizador. Presenta la ventaja de que además permite realizar todas las operaciones de cálculo que se desee. El software de control de la tarjeta está grabado en el disco duro con el nombre de **WINDAS**.

5.1.3. CÁLCULO DEL ALCANCE

Las partículas alfa tienen un poder de penetración muy pequeño. Se puede verificar colocando un papel o una lámina entre la muestra y el detector. Sin

embargo tienen un gran poder de ionización.

Para medir el alcance de las partículas α se representa la variación del número de cuentas en función de la distancia de la muestra al detector. Extrapolando el punto de menor conteo se obtiene el alcance. El poder de frenado de una sustancia al ser atravesada por una radiación α se define como la energía media perdida por cada partícula al atravesar la unidad de longitud.

5.1.4. CONVERSIÓN INTERNA

Hay casos en que el núcleo excitado puede perder su energía no solamente en forma de radiación gamma, sino cediendo directamente dicha energía a uno de los electrones atómicos. Este electrón sale expulsado con una energía cinética igual a la comunicada menos la energía de enlace del electrón en ese nivel. Los electrones obtenidos de esta manera se llaman **electrones de conversión** y al proceso **conversión interna**.

Se dice que estos procesos son competitivos, es decir que un núcleo se puede desexcitar por uno o por el otro, aunque (en general) el de conversión interna es mucho menos probable.

Si un núcleo excitado cede su energía E_γ a un electrón de la capa K , éste saldrá con una energía $E_c = E_\gamma - E_K$ siendo E_K la energía de enlace del electrón en la capa K , L ,...

La emisión de un electrón de conversión puede verse sobre un espectro beta. Aparecerán uno ó más picos bien definidos (espectro discreto), porque tiene una energía bien definida.

Como consecuencia de quedar un hueco en la capa K , L ,... pasará otro electrón de una capa superior a ocupar su lugar. La diferencia de energía se traduce en la emisión de rayos X.

5.1.5. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

1. Estudio del espectro α del Am^{241} ó del Pu^{238} .
2. Determinación del alcance de las partículas α en aire. Curva del alcance.
3. Estudio del espectro β del Sr^{90} .

4. Calibración en energías del espectro β .
5. Estudio de la conversión interna del Cs^{137} .

MODO DE OPERAR

Una vez encendidos los aparatos (la alta tensión y el discriminador ya están fijados, por lo que no debe tocarlos) y el ordenador, se pincha en ESPECTROS y después en WINDAS para acudir al programa de adquisición de datos y análisis, que está grabado en el disco duro.

Existe una lista de comandos del WINDAS para poder manejar el programa de adquisición de datos y análisis.

Cada equipo de trabajo dispondrá de un pen-drive para grabar los correspondientes espectros.

a) Determinación del ruido de fondo.

Para ello se medirá durante un rato el fondo sin muestra en el detector.

Tener en cuenta que el detector puede trabajar como detector α o como detector β , siendo esto posible variando el interruptor que tiene en la parte posterior, por lo que habrá que medir el fondo α y el fondo β antes de trabajar con muestras α o β , respectivamente.

b) Espectro α del Am^{241} ó del Pu^{238} .

1. Se colocará la muestra lo más cerca posible al detector. Se mide el área del espectro acumulada durante un cierto tiempo, 300 segundos.
2. Se va moviendo la muestra alejándola del detector aproximadamente 0,5 cm cada vez y se vuelve a medir el área del espectro hasta que se llegue al nivel de discriminación (se salga por la izq).
3. Se trazará después la gráfica que exprese la relación entre la distancia (cm) y la actividad (Bq) en escala lineal.

4. Con la muestra introducida hasta el fondo se colocará un filtro de celofán delante del detector y se sacará un nuevo espectro. Observe cómo varía.

El detector de alfas utilizado no tiene buena resolución, por lo tanto el espectro de alfas se verá como un espectro muy ancho, sin distinguirse los picos de estructura fina.

Tenga en cuenta que cuando la muestra está totalmente introducida, la distancia de ésta al detector es de $x = 1$ cm.

c) Determinación de la eficiencia del detector para las alfas.

Para determinar la eficiencia del detector, se mide el área del espectro con la muestra metida a fondo. La eficiencia será : $\varepsilon = A'/A$, siendo $A' =$ cuentas/s obtenidas midiendo el área del espectro y A la actividad de la muestra, en becquerelios y corregida de la desintegración.

d) Estudio del espectro β del Sr^{90} .

1. Introduzca la muestra del Sr^{90} en el castillete y acumule un buen rato hasta observar que hay buena estadística.
2. Estudie el espectro obtenido. Con la ayuda del esquema de desintegración, analice la forma del espectro, y explique por qué tiene esa distribución espectral.

e) Calibración en energías, para betas.

1. Para calibrar se utiliza el espectro del Sr^{90} . Se toma el límite izquierdo como energía cero y donde acaba el espectro como la energía máxima del β del $Y-90$, que aparece en el esquema de desintegración.
2. Compruebe la calibración, para ello mire dónde estaría la energía máxima del β del Sr^{90} . Dibújelo en el espectro.
3. Determine la eficiencia del detector para las betas.

[illegible]

CÁLCULOS:*ALCANCE:*

Después de extrapolar en la gráfica:

$$X =$$

EFICIENCIA DE LAS α :

$$\text{Área}/t = A'(\text{Bq}) =$$

$$\text{Actividad inicial de la muestra: } A_o =$$

Fecha:

$$\text{Periodo } T_{1/2} =$$

$$\text{Actividad corregida: } A =$$

$$\text{Eficiencia } \varepsilon = A'/A =$$

$$\varepsilon (\%) =$$

EFICIENCIA DE LAS β :

$$\text{Área}/t = A'(\text{Bq}) =$$

$$\text{Actividad inicial de la muestra: } A_o =$$

Fecha:

$$\text{Periodo } T_{1/2} =$$

$$\text{Actividad corregida: } A =$$

$$\text{Eficiencia } \varepsilon = A'/A =$$

$$\varepsilon (\%) =$$

CONCLUSIONES de la PRÁCTICA 5:

1. ¿Cómo debería verse el espectro de las alfas con su estructura fina, si la resolución del detector fuera mejor? Dibújelo con la ayuda del esquema de desintegración.
2. ¿Qué puede decirse del alcance de las partículas α en aire?.
3. ¿Cómo afecta el filtro de celofán al espectro α ? ¿Por qué? ¿Qué conclusión,

*Práctica 5: Espectrometría de partículas alfa y beta. Absorción de partículas alfa*11

para protección de radiación α se saca de este hecho y del anterior?

4. ¿Qué forma tiene el espectro de las partículas β ? ¿Por qué?
5. ¿Cuántas componentes tiene el espectro β del Sr^{90} ? ¿Por qué?
6. ¿Cómo afecta el filtro de Pb al espectro β ?
7. Comparando la eficiencia de este detector y del contador Geiger, para partículas β ¿cuál es mejor? ¿por qué?
8. ¿Porqué tiene esa forma el espectro β del Cs^{137} ?
9. ¿Cómo es el pico de Conversión Interna?
10. ¿Porqué, cuándo y dónde podremos ver el pico de rayos X producido por la conversión interna?

ADVERTENCIAS

Adjunte con la memoria de las prácticas los espectros obtenidos en la impresora, **señalando los comentarios oportunos.**

Especifique en la gráficas las unidades de medida de las coordenadas correspondientes, así como el tipo de medida realizado.