

ESTUDIO TEÓRICO Y
EXPERIMENTAL
DE LAS EMISIONES
ALFA DE UNA MUESTRA
DE ^{226}Ra

GUIÓN DEL LABORATORIO

0. - ESTUDIO TEÓRICO DE LA CADENA DE DESINTEGRACIONES DEL ^{226}Ra

Antes de iniciar el estudio experimental del espectro de emisión alfa de una muestra que contiene ^{226}Ra , conviene conocer de antemano cómo serán ese espectros y a qué es debido. Este punto servirá como punto de partida para la práctica.

Por lo tanto, como tarea inicial hay que realizar el estudio teórico de la cadena de desintegraciones originada a partir del ^{226}Ra . [Una muestra que inicialmente sólo contenga ^{226}Ra acabará teniendo no sólo ^{226}Ra , sino una serie de núcleos que se van generando a partir de él y de los nuevos núcleos-hijo formados a lo largo de las desintegraciones. La cadena finaliza cuando se alcanza un núcleo estable]. Este estudio comprenderá no sólo las energías de las partículas emitidas, sino también su intensidad relativa, su probabilidad de emisión...

Para ello se pueden consultar diversas fuentes:

- Tabla de Isótopos – Disponible en la biblioteca de la facultad y en el laboratorio
- <http://nucleardata.nuclear.lu.se/database/nudat> - Base de datos sobre desintegraciones nucleares
- Programa “Isotope Explorer” – Descargable desde Internet (Ver sección de links)

[1] -En el cuestionario final de la práctica se pedirán una serie de datos básicos sobre la desintegración del ^{226}Ra .

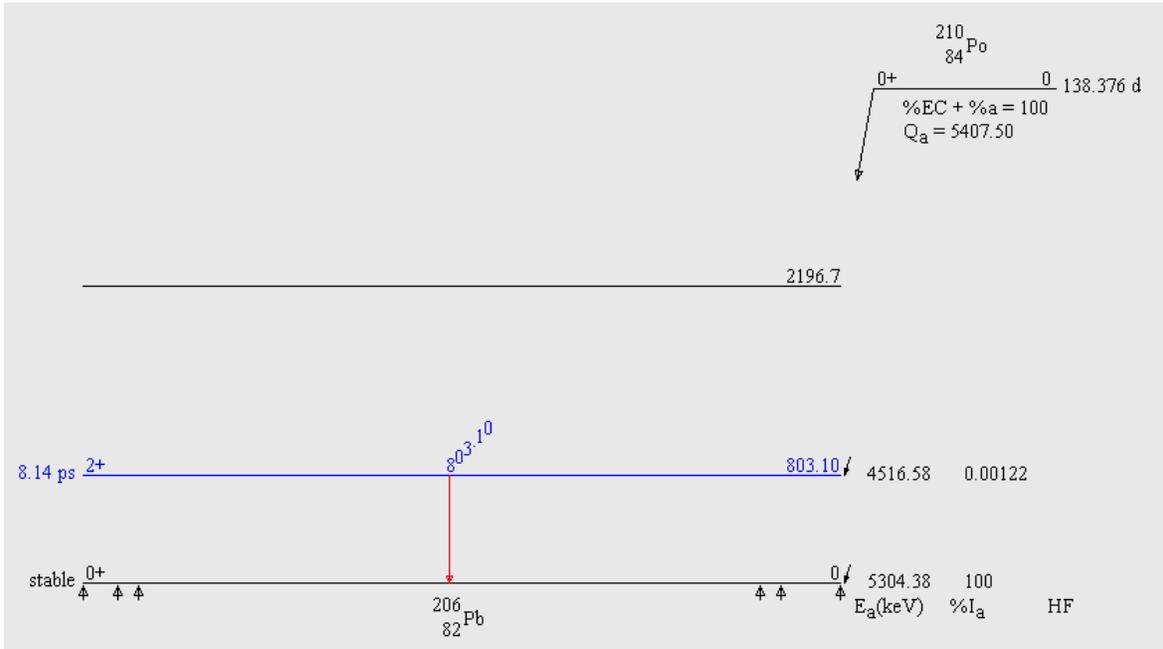
- Núcleos presentes en una muestra antigua como la del laboratorio que originalmente sólo contenía ^{226}Ra . Estos núcleos se habrán ido generando a lo largo del tiempo fruto de las distintas desintegraciones que se dan en la cadena.
- Esquema de la cadena de desintegraciones que se origina a partir del ^{226}Ra .
- Semivida (Half-Life = $T_{1/2}$) y Tiempo de Vida Medio (Mean Life) de cada especie
- Energía disponible para la emisión de cada partícula radiactiva (Q).
- En el caso de las desintegraciones alfa, por conservación del momento, la Energía Cinética T con la que son emitidas las partículas no es igual a la energía Q, sino que: $T = Q / (1 + m_{\alpha}/m_{N^*})$.
- En el caso de que un núcleo pueda desintegrarse de más de un modo (por ejemplo, que pueda desintegrarse alfa o beta, ver en qué proporción (Branching Ratio) lo hace en cada uno de ellos.

LABORATORIO DE NUCLEAR – GUIÓN DE PRÁCTICA ALFA

Como ayuda mostraremos la desintegración de la otra fuente que vamos a usar en ésta práctica: el ^{210}Po .

En una tabla se isótopos se puede encontrar el siguiente esquema correspondiente a la desintegración del ^{210}Po :

En una tabla se isótopos se puede encontrar el siguiente esquema correspondiente a la desintegración del ^{210}Po : <http://nucldata.nuclear.lu.se/nucldata/toi/nucSearch.asp>)



Se puede ver que el ^{210}Po se desintegra α (con una probabilidad del %a= 100.00%) convirtiéndose en el estado excitado (2⁺) del ^{206}Pb en un %I_a=0.00122% de los casos y en el fundamental, que en este caso es estable, en el resto. Desde este estado excitado (2⁺) pasa a su estado fundamental (0⁺) liberando un rayo gamma de 803.1 keV

El dato Q (en MeV) que aparece en la tabla, corresponde a la energía total disponible en el proceso de emisión de la partícula α. Para obtener la energía cinética con la que son emitidas realmente las partículas α hay que tener en cuenta el retroceso del núcleo hijo que se crea:

$$T = \frac{Q}{1 + \frac{m_{\alpha} \cdot c^2}{m_{206\text{Pb}} \cdot c^2}} = \frac{5.4075}{1 + \frac{4.0026}{205.974}} = \frac{5.4075}{1.0194} = 5.3044 \text{ MeV}$$

Este dato aparece ya calculado en la gráfica (E_a en keV). En el caso de que la desintegración no vaya al estado fundamental (en nuestro ejemplo, al estado excitado 2⁺) la energía de la partícula sería 5304keV – 803.1keV (Energía del estado excitado) = 4516.6 keV. En la tabla del cuestionario basta con reflejar el caso más probable de desintegración alfa.

LABORATORIO DE NUCLEAR – GUIÓN DE PRÁCTICA ALFA

La semi-vida ($T_{1/2}$) del ^{210}Po aparece en las tablas, por lo que deberemos calcular a partir de ella, la vida media (τ) y la constante de desintegración.

(<http://nucldata.nuclear.lu.se/nucldata/toi/nucSearch.asp>)

WWW Table of Radioactive Isotopes

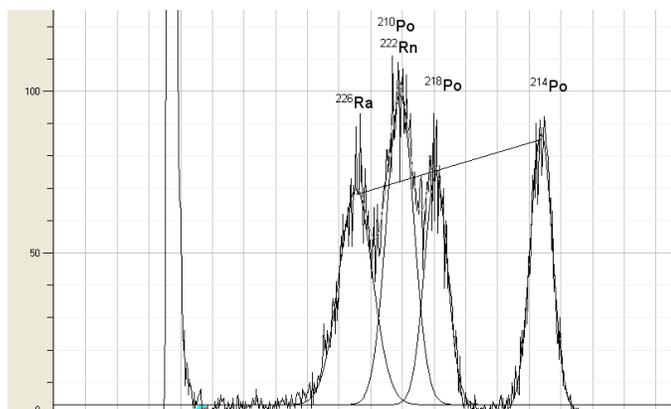
Nuclide search A=210; Z=84;

Nuclide	Z	N	Decay mode	Half life	E_x (keV)	$J\pi$	Abundance (%)
<u>^{210}Po</u>	84	126	α	138.376 d	0	0+	

$$T_{1/2} = 138.4 \text{ días} \rightarrow \text{Vida Media } (\tau) = T_{1/2} / \ln 2 = 199.7 \text{ días} \rightarrow \lambda = 1/\tau = 0.005 \text{ días}^{-1}$$

En el caso de que el núcleo hijo (En este caso, el ^{206}Pb) fuese inestable, continuaríamos viendo su desintegración hasta alcanzar un núcleo estable.

2 – En el cuestionario final, representar para cada desintegración alfa de la cadena del ^{226}Ra la probabilidad de esa desintegración frente al valor de Q. ¿Puedes explicar la relación observada a partir del modelo de desintegración alfa visto en teoría? [Puedes consultar más información en la sección de links].



Espectro alfa de la muestra en estudio.

DESINTEGRACIÓN α

OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

El objetivo de esta parte de la práctica es la determinación del espectro α del ^{226}Ra mediante el uso de un detector semiconductor (Silicio) de barrera de superficie.

Para realizar este estudio se deberán realizar los siguiente pasos:

- 1) – Calibración del detector con una fuente de ^{210}Po .

LABORATORIO DE NUCLEAR – GUIÓN DE PRÁCTICA ALFA

- 2) – Determinación del espectro del ^{226}Ra
- 3) – Comparación del espectro obtenido experimentalmente con el teórico.

MÉTODO EXPERIMENTAL - Descripción de los componentes

La práctica consta del montaje descrito en las notas de laboratorio que permite determinar espectros α mediante el uso de detectores de Silicio de barrera de superficie. El detector se encuentra conectado a un *analizador multicanal* (MCA) y a una tarjeta digitalizadora conectada a un PC.

El dispositivo experimental consta de un detector alimentado por una tensión de -12 V procedente de un preamplificador enchufado a la conexión BIAS. Las señales del detector se extraen a través de la conexión DETECTOR del preamplificador, y a la salida del este último se conecta un analizador de amplitud de impulsos CASSY conectado a una tarjeta digitalizadora en un PC con la que se extraen las señales de voltaje y número de impulsos, lo que permite automatizar la toma de datos (programa *CassyLab*).

Sobre el manejo del programa informático, ver **APÉNDICE A**.

Se dispone también de una salida de amplitud (OUT OSCILOSCOPE) que puede utilizarse para visualizar las señales en un osciloscopio.

Las medidas se realizan en un recipiente cilíndrico de vidrio, en el que se encuentra el detector de Si de barrera de superficie, y en el que se introducen las fuentes α . Se hace vacío mediante una bomba de aceite; el vacío se mide con una sonda de presión de tipo Piranni cuya salida de voltaje se lee con la tarjeta digitalizadora (programa *Pico*). El programa de toma de datos del ordenador realiza directamente la conversión entre el voltaje medido (V) y la presión (mbar).



Imagen del montaje experimental para la determinación del espectro de emisión alfa de una muestra radioactiva.

MEDIDA DEL ESPECTRO DEL ^{210}Po . CALIBRACIÓN.

Calibrar nuestro espectrómetro alfa consiste en determinar la relación canal-energía que tenemos para nuestro montaje experimental.

La fuente de ^{210}Po es una fuente abierta (no encapsulada) que tiene un pico conocido cuya energía es de 5.30 MeV [E. Lehderer y C. Shirley, *Table of Isotopes*. WWW: *nucleardata.nuclear.lu.se*]. Suponiendo que la ordenada en el origen es nula (energía 0 corresponde a voltaje 0) se puede obtener una calibración lineal ($E = A \cdot \text{N}^\circ \text{ de canal}$) del sistema experimental de medida.

LABORATORIO DE NUCLEAR – GUIÓN DE PRÁCTICA ALFA

La fuente de ^{210}Po está contenida en el recipiente del montaje experimental. Se coloca la fuente frente al detector (**¡ATENCIÓN! – No tocar la superficie del detector de Silicio**) y se pone en marcha la bomba de vacío. Se hace vacío hasta alcanzar un valor de la presión inferior a 3.0 mbar. Se desconecta la bomba manteniendo la válvula cerrada y se espera hasta que el valor de presión se estabilice. El procedimiento lleva entre 5 y 10 minutos. [W. Leo, *Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments*, Springer Verlag (1987)].

Una vez colocada la fuente y habiendo hecho el vacío, se inicia la adquisición del espectro mediante el programa CassyLab (**VER APÉNDICE A**).

A la hora de configurar las opciones de la adquisición del programa CassyLab debemos tener en cuenta las siguientes sugerencias:

1. La semivida del ^{210}Po es de tan sólo 128 días y la muestra con la que trabajaremos tiene varios años. Esto hace que la actividad que se registre sea pequeña y por tanto, que el tiempo de adquisición de este espectro tenga que ser relativamente largo. Un tiempo de 1000 s debe ser suficiente para adquirir un espectro con un pico suficientemente bien definido. Aunque por supuesto, esto es algo que cada pareja debe decidir.
2. Se recomienda elegir 1024 canales (en vez de 512) para asegurar la suficiente precisión en las medidas.
3. Los pulsos que llegan al PC son en este caso negativos (debido a la configuración de la electrónica del montaje).
4. La amplificación que permite el programa, deberá tener un valor en torno a -3 . Este valor puede variarse, pero no deberá variarse a lo largo del estudio de las partículas alfa.

El espectro obtenido en el ordenador ha de caracterizarse determinando el centroide del pico de ^{210}Po que aparece, para posteriormente poder calibrar.

Con estos datos, se puede calibrar el espectrómetro, empleando la función del programa CassyLab (**Alt+E**).

DETERMINACIÓN DEL ESPECTRO DEL ^{226}Ra

Con el mismo montaje anterior, sustituimos la fuente de ^{210}Po por la de ^{226}Ra . Para ello, previamente debemos abrir la válvula para que entre aire en la cámara. Se introduce la fuente de ^{226}Ra en el recipiente y se aproxima al detector cuidando que en ningún caso lo toque. Tras cerrar el recipiente se pone en marcha la bomba y se hace vacío hasta alcanzar una presión inferior a 3.0 mbar. Se puede cerrar entonces la válvula de salida del recipiente y desconectar la bomba.

Una vez hecho esto, iniciamos el registro de un nuevo espectro con el programa. (¡Atención! Conviene esperarse a que el vacío esté bien hecho antes de empezar a medir).

La configuración del programa de adquisición es similar a la del caso anterior.

LABORATORIO DE NUCLEAR – GUIÓN DE PRÁCTICA ALFA

Una vez registrado el espectro, tendremos una serie de picos (4) [Ver imagen al comienzo de esta práctica] en la correspondientes a las 5 partículas alfa que se originan en la cadena del ^{226}Ra . En realidad, uno de los picos consiste en la superposición de dos de ellos que no logramos resolver.

Esto es debido a que la resolución de nuestro montaje, que puede tomarse como la anchura de los picos (en canales o en energías) [FWHM – Anchura a media altura], no es suficiente para distinguir dos picos tan juntos.

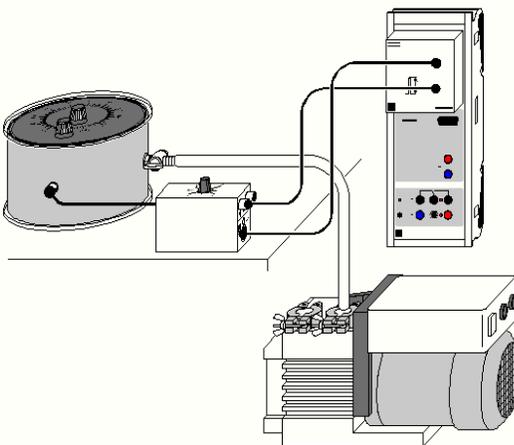
4 - Compara el FWHM con la distancia entre los picos teóricos que no logramos resolver.

De nuevo, registramos el centroide de esos picos, que será la energía cinética experimental de cada partícula alfa. También registraremos el número de partículas alfa que hay en cada pico. En el caso de los picos superpuestos, será necesario hacer alguna estimación

Resultados:

5 - Comparar los valores de las energías cinéticas experimentales con los teóricos (obtenidos en el apartado 0), y comprobar que las energías experimentales son inferiores a las esperadas. Esto se debe a que en este caso, el ^{226}Ra está encapsulado, existiendo una pequeña resina a la salida de la fuente que frena a las partículas alfa emitidas.

6 – El número de cuentas de cada pico es proporcional a la actividad alfa de cada uno de los cinco núcleos que tienen este tipo de desintegración. Ver las actividades relativas de los distintos núcleos. Estudiar si existe equilibrio secular (Las actividades de los diversos núcleos son iguales) y la relación entre el número de núcleos existentes de cada especie.



Esquema del montaje experimental