

E.N.E.A. Biblioteca  
ARCHIVO PUBLICACIONES  
Nº 1  
AÑO 1956

02.56.05

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACIONES

DE LA

COMISION NACIONAL DE LA ENERGIA ATOMICA

SERIE FISICA

VOL. 1 -- Nº 9

DETECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 KeV DEL  $Tb^{140}$   
CON CONTADORES DE CENTELLEO EN TRIPLE COINCIDENCIA

POR

HORACIO E. BOSCH



BUENOS AIRES

1956

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACIONES  
DE LA  
COMISION NACIONAL DE LA ENERGIA ATOMICA  
SERIE FISICA  
VOL. 1 — N° 9

DETECCION DE LA LINEA  $\gamma$  DE 40 Kev DEL  $T^{232}Th$   
CON CONTADORES DE CENTELLEO EN TRIPLE COINCIDENCIA

POR

HORACIO E. BOSCH



BUENOS AIRES

1956

Imprenta y Casa Editora CONI, Perú 684, Buenos Aires

**1077**

# DETECCION DE LA LINEA $\gamma$ DE 40 Kev DEL $\text{ThC}''$ CON CONTADORES DE CENTELLEO EN TRIPLE COINCIDENCIA

Por HORACIO E. BOSCH

---

## SUMMARY

The nucleus of  $\text{ThC}''$  presents an important feature due to the fact that it is constituted by a double closed shell with a proton hole and a neutron in excess. At first, we attempt only the detection of the  $\gamma$  40 Kev radiation which corresponds to the first excited state. For this purpose we have mounted a double spectrometer using as detectors scintillation counters in coincidence. We investigate the detection with a fast coincidence circuit, an energy coincidence circuit and a triple coincidence circuit. A coincidence spectrum has been done. At the Appendix we introduce a description of the apparatus.

## INTRODUCCIÓN

Para la detección de la radiación  $\gamma$  de 40 Kev correspondiente al  $\text{ThC}''$  se ha debido instalar un circuito de coincidencia con discriminación de energías, utilizando como detectores fotomultiplicadores.

Se muestran los distintos espectros obtenidos para la calibración del aparato y finalmente el espectro de coincidencia  $\alpha_1 - \gamma$ , que pone en evidencia la línea  $\gamma$  de 40 Kev. Basándose en resultados conocidos, se asegura una naturaleza M1 a dicha radiación.

Este trabajo ha sido realizado en el Laboratorio Curie de París con el asesoramiento y contribución de los señores Louis Dick y Roger Foucher. Ha sido terminado en mayo de 1954. Debido al atraso de su publicación, aparece después del fallecimiento de Mme. Irène Joliot Curie. Como modesta contribución dedico esta publicación a su memoria.

En el apéndice se da un estudio detallado de los equipos electrónicos instalados al efecto.

El núcleo de  $\text{ThC}'$  presenta un interés particular debido a que como está constituido por 81 protones y 127 neutrones, de acuerdo con el modelo de capas, posee una doble capa cerrada por un protón de menos y un neutrón de más. Interesa, por consiguiente determinar los spins y paridades de los distintos niveles excitados, así como también la intensidad de las distintas radiaciones emitidas.

Hasta el presente se han realizado experiencias para detectar la radiación  $\gamma$  de 40 Kev del primer nivel excitado del  $\text{ThC}'$  por medio de una espectrometría simple en la que se utilizó como detector un contador Geiger llenado con Xenon (1, 2). El resultado encontrado no permite establecer una conclusión definitiva. Aprovechando el hecho que la radiación  $\gamma$  de 40 Kev está en cascada con la radiación  $\alpha$  de 6,04 Mev de su madre el  $\text{ThC}$ , se ha intentado también obtener dicha línea haciendo una coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente. El resultado no ha dado una clara evidencia de dicha línea (1).

Horton y Sherr (7) han realizado una experiencia de correlación angular  $\alpha - \gamma$  con los rayos  $\alpha$  de 6,04 Mev y  $\gamma$  de 40 Kev, pero no dan detalles sobre el equipo utilizado. El propósito del presente trabajo es continuar con estos estudios, pero utilizando como detectores, contadores de centelleo. Se trata de montar, por consiguiente, un equipo que pueda utilizarse como detector, como espectrómetro y que permita realizar experiencias de correlación angular.

En cuanto al tipo de detector a utilizar, debe cumplir los requisitos siguientes (siempre para las experiencias previstas) (3):

a) *Respuesta rápida.* — Existe un intervalo de tiempo entre el momento en que la partícula penetra en el contador y el momento en que éste responde con una señal impulsiva: este intervalo es definido como «atraso estadístico». Para los contadores Geiger, las fluctuaciones del atraso estadístico son del orden de  $10^{-6}$  segundos, mientras que para los contadores de centelleo son del orden de  $10^{-8}$  segundos.

Cuando interviene, como en nuestro caso, un circuito de coincidencias, el tiempo de resolución de éste se ve limitado por las fluctuaciones del atraso estadístico. Teniendo en cuenta los valores dados precedentemente, es conveniente utilizar como detector un contador de centelleo (c. c.), dado que se puede disminuir en un factor 100 el poder de resolución del circuito de coincidencias.

b) *Tiempo muerto corto.* — El tiempo muerto de un contador limita el número de impulsos que pueda contar el mismo. Para los contadores Geiger o proporcionales el tiempo muerto es del orden de  $10^{-4}$  segundos y para los c. c. de  $10^{-8}$  segundos, de acuerdo con el cristal o f. m. utilizado.

c) *Eficiencia en la detección, en especial de la radiación  $\gamma$ .* — Cuanto más pesado sea el núcleo de la sustancia que atraviesa la radiación, mayor interacción tendrá con ella y por lo tanto serán puestos en juego mayor número de fotoelectrones, electrones Compton o electrones de pares, de acuerdo con la energía incidente. En un gas la interacción entre la radiación  $\gamma$  y la materia es muy pequeña; en un cristal ya es mucho mayor y aún más en un cristal inorgánico. Por las causas predichas los contadores de centelleo presentan una gran ventaja para la detección de la radiación  $\gamma$ .

d) *Linealidad en la respuesta.* — Teniendo en cuenta que se desea hacer previamente un estudio espectroscópico y una calibración del instrumento, se debe exigir al detector dar respuestas proporcionales a la energía de las partículas incidentes. Los contadores proporcionales para radiación  $\beta$  de hasta 500 Kev y los c. c. son de este tipo.

Dadas las condiciones expuestas por las experiencias a realizar, los detectores que satisfacen con más acierto los cuatro requisitos anteriores, son los contadores de centelleo.

Para la prosecución de los estudios se ha construido y montado un espectrómetro de centelleo.

## 1. DESCRIPCIÓN DE UN ESPECTRÓMETRO DE CENTELLEO

Como es sabido, un espectrómetro de centelleo está constituido por una sustancia centelladora, un f. m. (fotomultiplicador), un preamplificador, un amplificador, un selector de amplitudes y un escalímetro.

De acuerdo con las propiedades enunciadas anteriormente se ha elegido un cristal de INa de 1 cm de alto y 2 cm de diámetro, para la detección de la radiación  $\gamma$ .

En cuanto a la radiación  $\alpha$  hay que tener en cuenta que el cristal da una respuesta proporcional a la energía incidente (a partir de

5 Mev), siempre que se trate de radiación  $\alpha$  exclusivamente. Si se desea comparar el espectro  $\alpha$  con el  $\gamma$ , la respuesta no resulta lineal. Esto se debe a que la segunda radiación es absorbida en todo el espesor. Es decir, que en el primer caso, el rendimiento del cristal depende del estado de la superficie y en el segundo de la estructura cristalina. Para la radiación  $\alpha$  la resolución de la línea del espectro depende en casi su totalidad del estado de la superficie del cristal.

Por esta causa en el laboratorio se han ensayado diversos tratamientos de la superficie del cristal, llegando a la conclusión que la superficie más perfecta se obtiene clivando el cristal y no puliéndolo, como es habitual. Como la radiación  $\alpha$  es absorbida en la superficie del cristal, es suficiente que éste esté constituido por una lámina

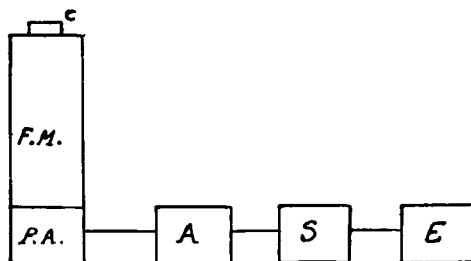


Fig. 1. — Espectrómetro de centelleo : C, cristal ; F. M., fotomultiplicador ; P. A., Preamplificador ; A, Amplificador ; S, selector ; E, escalímetro

fina. Por la misma causa no debe colocarse delante del cristal ningún absorbente. Como es necesario preservarlo contra la humedad, es conveniente trabajar en vacío.

La cámara de vacío ha sido construida teniendo en cuenta las experiencias de correlación angular. Está constituida por un cilindro de latón con dos ventanas, una de plexiglass (para la detección  $\alpha$ ) y otra de aluminio (para la detección  $\gamma$ ). El cristal está colocado sobre la ventana de plexiglass, a través de una fina lámina de vidrio. Se toma esta precaución porque el plexiglass ataca al cristal. La ventana de plexiglass está en contacto con el fotocátodo del f. m. por medio de una guía de luz.

Para preservar el cristal de la humedad cuando se hacen entradas de aire para cambiar la fuente, se ha instalado un dispositivo para secar el aire que va a la cámara.

Los aparatos electrónicos que constituyen un espectrómetro de centelleo son descriptos en el apéndice.

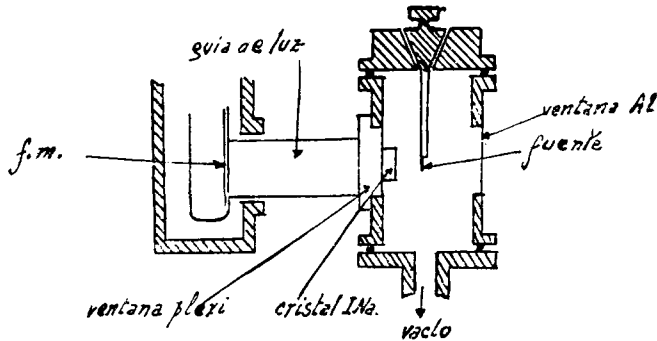


Fig. 2. — Cámara de vacío y dispositivo para la detección de la radiación  $\alpha$

## 2. ESPECTROS $\alpha$ Y $\gamma$ DEL DEPÓSITO ACTIVO DEL TH

Para detectar la línea  $\gamma$  de 40 Kev del Th C'' se ha utilizado como fuente el depósito activo del Th. Este se obtiene por simple deposición electrostática de los núcleos de Th A o Th B.

Para tener una idea más precisa de las radiaciones a detectar, se da a continuación el esquema de desintegración para diferentes transiciones (ver fig. 3).

El porcentaje relativo de los niveles ha sido tomado fundamentalmente del dado por Ritz (4). Las energías han sido asignadas parcialmente según Ellis (5).

Para calibrar el aparato se han utilizado como sustancias patrones el Hg<sup>203</sup>, el Cs<sup>137</sup> y el depósito activo del Th (este último para la radiación  $\alpha$ ).

### 1) Calibración en energía para la radiación $\gamma$

En la figura 4 se representa la distribución de la radiación  $\gamma$  del Hg<sup>203</sup> en función de la energía. Se observa primeramente un pico correspondiente a la radiación de conversión de 70 Kev. (En la base de este último se insinúa un pequeño ensanchamiento debido a «escape peak»). Luego se observa un pico correspondiente a la radiación de 279 Kev.

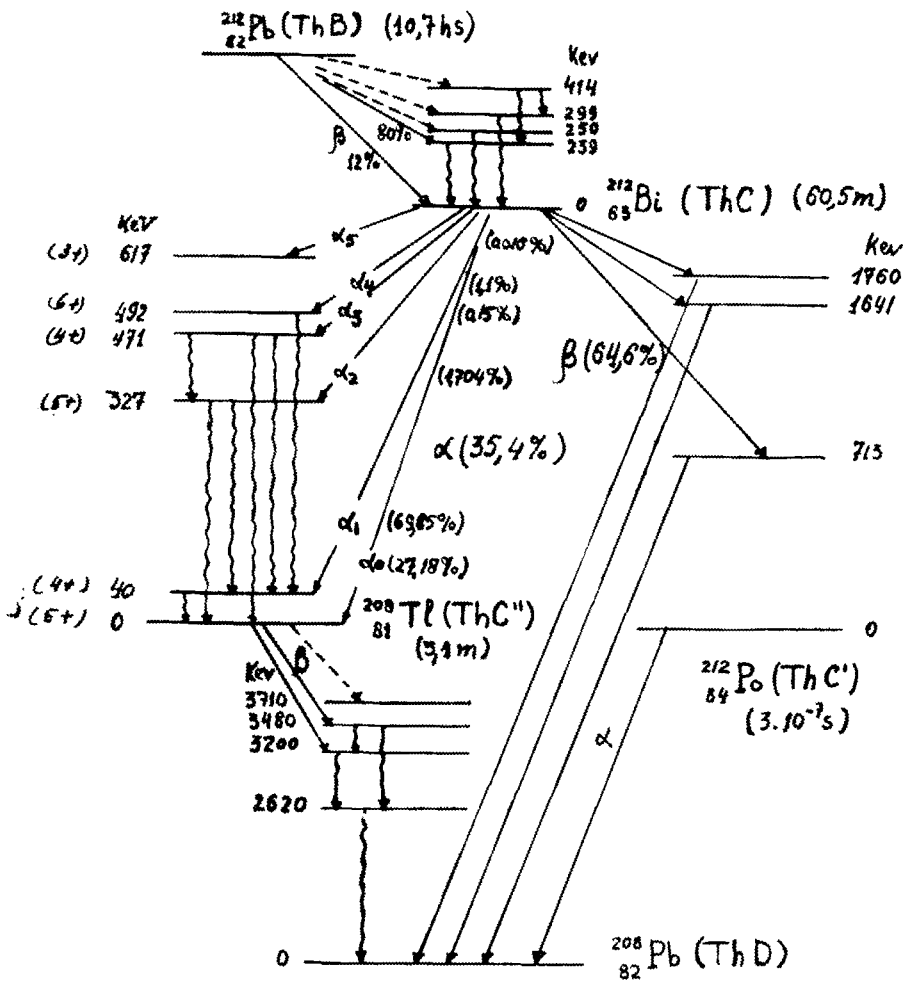


Fig. 3. - Esquema de desintegración del depósito activo del Th.

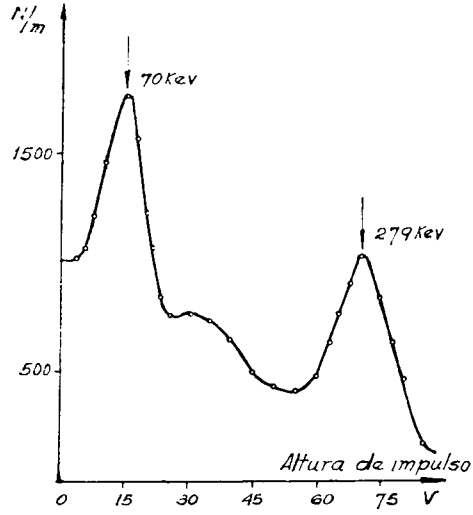


Fig. 4. — Espectro  $\gamma$  y X del  $\text{Hg}^{203}$

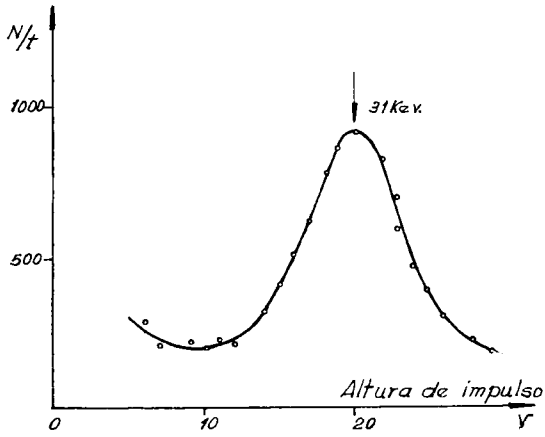


Fig 5. - Espectro X del  $\text{Cs}^{137}$

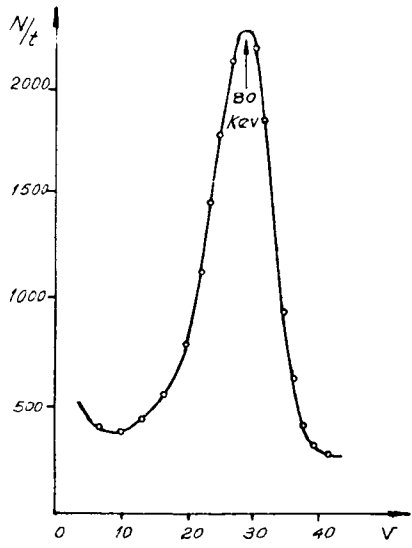


Fig. 6. — Espectro  $\gamma$  del d. a. del Th

En la figura 5 está representado el espectro del  $\text{Cs}^{137}$  para bajas energías. Únicamente aparece el pico de la radiación X de conversión de 31 Kev.

La presencia de las radiaciones X,  $\beta$ ,  $\gamma$ , emitidas por el Th B, C, C', y C'' dificulta la detección de la línea  $\gamma$  de 40 Kev del Th C''. En la figura 6 está representado el espectro  $\gamma$  del depósito activo del Th. Se observa un solo pico correspondiente a la radiación X de conversión K de 80 Kev. El espectro no presenta ningún pico en la región de 40 Kev.

Esta experiencia, que ha evidenciado ser insuficiente para detectar la línea  $\gamma$  de 40 Kev, conduce al estudio de la detección indirecta de la misma, es decir, a la detección en coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente.

## 2) Calibración en energía para la radiación $\alpha$

Dado que el espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th es perfectamente conocido, sus dos picos de 6 Mev y 8,8 Mev son utilizados, además del de 5 Mev del Po, para la calibración del instrumento.

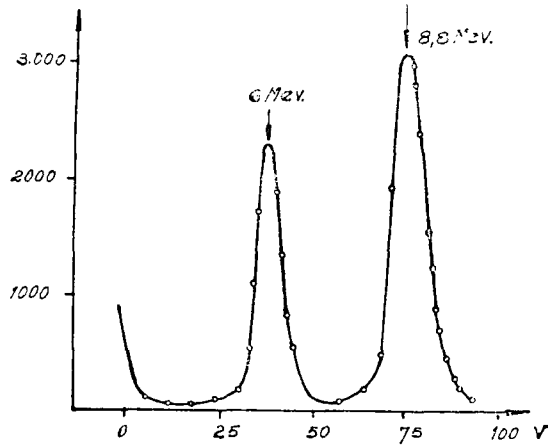


Fig. 7. — Espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th

La técnica en el clivaje de los cristales de INa y el mejoramiento en la conservación de un ambiente seco, ha permitido obtener un espectro  $\alpha$  con una resolución del 8% para línea de 8,8 Mev. La figura 7 ilustra el espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th.

### 3. MÉTODO DE DETECCIÓN DE RADIACIONES EN COINCIDENCIA

El hecho de detectar la cascada  $\alpha_1$  (6,04 Mev),  $\gamma_1$  (40 Kev) involucra dos problemas: primero, la detección de todas las cascadas reales y segundo, entre todas las cascadas posibles aislar la que se quiere poner en evidencia. El primer problema se resuelve haciendo una coincidencia entre los dos impulsos que salen de los amplificadores. Las coincidencias acusadas por el circuito indican la detección de las diferentes cascadas reales siempre que el número de coincidencias fortuitas sea despreciable. Si por otra parte se hace una discriminación de energías sobre la vía  $\alpha$  otra sobre la vía  $\gamma$  y finalmente una coincidencia sobre los dos impulsos así discriminados, se tiene la solución del segundo problema. Con la coincidencia temporal se han separado las cascadas verdaderas de las «accidentales» y con la coincidencia en energía, se ha separado la cascada  $\alpha_1, \gamma_1$  de todas las cascadas posibles (reales y accidentales). Se obtiene la cascada  $\alpha_1, \gamma_1$  aislada de todas las demás reales haciendo una nueva coincidencia entre la coincidencia temporal y la coincidencia en energía.

Para efectuar la detección de la cascada  $\alpha_1, \gamma_1$  se ha montado un sistema de coincidencias con discriminación de energías descrito en el apéndice.

### 4. EXPERIENCIAS QUE PERMITEN PONER EN EVIDENCIA LA LÍNEA $\gamma$ DE 40 KEV DEL Th C''

Para realizar la detección de la cascada  $\alpha_1, \gamma_1$  con el circuito precitado, se procedió de la siguiente manera:

Una vez efectuado el espectro  $\alpha$  del depósito activo del Th, se fijó el canal de discriminación en la posición correspondiente a la línea  $\alpha$  de 6 Mev con un ancho de canal tal, que todos los impulsos que forman la línea pasan a través del canal. El correspondiente a la vía  $\gamma$  se desplazó por todo el espectro. Se realizó una medida de coincidencia para cada posición del canal  $\gamma$ . La figura 8 indica que en la región correspondiente a 40 Kev se observa un franco aumento del número de coincidencias.

Se realizó otra experiencia similar colocando el canal correspon-

diente a la vía  $\alpha$  en la posición de la línea de 8,8 Mev, no observándose ningún efecto apreciable.

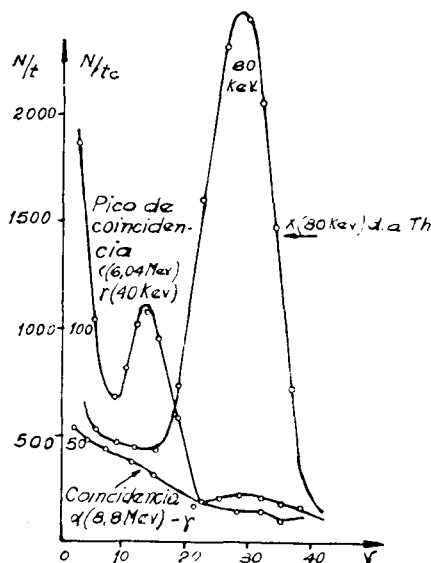


Fig. 8. — Espectro de Coincidencia  $\alpha$  (6,04 Mev) —  $\gamma$  del d. a. del Th

### 5. CONCLUSIONES

Se ha montado un espectrómetro de centelleo para espectroscopía simple destinado al estudio de radiaciones  $\alpha$  y  $\gamma$  intensas, así como también para estudios en coincidencia.

La coincidencia  $\alpha$  (8,8 Mev),  $\gamma$  da directamente el orden de coincidencias fortuitas en unidad de tiempo, el cual es considerablemente bajo.

El hecho de haberse reducido el número de coincidencias fortuitas y de existir una probabilidad mayor (69%) para la transición del Th C al primer nivel excitado del Th C' con respecto a las demás transiciones, el pico de coincidencia así obtenido en la región de 40 KeV, pone en evidencia con claridad la existencia de la radiación  $\gamma$  de 40 KeV.

Pryce (6) ha interpretado a los niveles de 40 KeV y 327 KeV como una separación de la configuración ( $s^{1/2}, g^{9/2}$ ), proponiendo un spin 4 paridad positiva al primer nivel excitado.

Horton y Sherr (7) realizaron experiencias de correlaciones angulares ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ), asegurando al primer nivel excitado un spin 4. (No dan detalles sobre el equipo de detección utilizado).

Nielsen (8) ha estimado que la vida media del primer nivel excitado no es mayor de  $10^{-7}$ s, lo que excluye órdenes de multipolos mayores que E1, E2, M1, M2. Además ha determinado nuevas relaciones de coeficiente de conversión K/L, que juntos con los datos dados por Graham y Bell (9), puede asignarse a la radiación  $\gamma$  de 40 Kev una naturaleza M1, con posible mezcla de un E2, dado que no hay una coincidencia exacta con los valores teóricos dados por Rose et al. (10).

Agradezco a los señores Louis Dick y Roger Foucher de haberme orientado y prestado su valiosa colaboración.

Agradezco al Attaché Cultural de la Embajada de Francia de haber auspiciado mis estudios en el Laboratorio Curie de París.

Agradezco finalmente a los doctores Kurt Franz y Carlos A. Mallmann sus observaciones sobre algunos detalles del trabajo.

#### REFERENCIAS

- (1) KINSEY, B. B., *Phys. Rev.* 72, 526 (1947).
- (2) SURUGUE, J., *Journal de Phys. et Rad.*, 7, 145 (1946).
- (3) JORDÁN, H. W., *Ann. Rev. Nuclear Science*, 1, 240 (1952).
- (4) RYTZ, A., *Comptes Rendus*, 233, 790 (1951).
- (5) ELLIS, C. D., *Proc. Roy. Soc. A* 138, 318 (1952).
- (6) PRYCE, M. H. L., *Proc. Phys. Soc.* 65 A, 773 (1952); 65 A, 962 (1952).
- (7) HORTON, J. y SHERR, R., *Phys. Rev.* 90, 388 (1953).
- (8) NIELSEN (en prensa).
- (9) GRAHAM, R. L. y BELL, R. E., *Can. Jour. of Phys.* 31, 377 (1953).
- (10) ROSE, M. E., GOERTZEL, G. H., PERRY, C. L. ORNL-1023 (1953).

## APENDICE

### CONSTRUCCION Y MONTAJE DE UN EQUIPO ELECTRONICO PARA CONTADORES DE CENTELLEO <sup>1</sup>

Para efectuar la detección de diferentes radiaciones nucleares se ha construido y montado, por una parte, un espectrómetro de centelleo simple y por otra, un espectrómetro para detección en coincidencias.

#### I) *Construcción y montaje de un espectrómetro de centelleo simple*

Se menciona a continuación las distintas partes constitutivas de un espectrómetro de centelleo y se da algunos detalles de las mismas.

a) *Fotomultiplicador* : Se han utilizado diversos tipos de f. m., de acuerdo con las diversas aplicaciones. Para la detección de la radiación  $\gamma$  se ha montado un f. m. EMI 6260. Para la detección de la radiación  $\alpha$  se ha montado un f. m. de tipo « Lallemand », de uso frecuente en astronomía. Para el caso que se deseen hacer coincidencias de un tiempo de resolución del orden de  $10^{-9}$  segundos, es aconsejable utilizar un f. m. RCA 5819.

b) *Preamplificador* : El preamplificador tiene como función primordial desacoplar la capacidad del cable del circuito anódico del f. m. Consiste fundamentalmente en una válvula que funciona como « cathode follower » cuya impedancia de salida es de 150 Ohms.

c) *Amplificador* : Cuando se desean amplificar impulsos que son proporcionales a la energía incidente, se deben utilizar amplificadores lineales. La estabilidad de los impulsos de salida puede ser perturbada por variaciones en el calentamiento de las válvulas, de los potenciales de grilla, etc. La estabilidad del amplificador se obtiene utilizando un sistema de contrarreacción, es decir, que las variaciones acusadas a la salida son contrarrestadas por un efecto de sentido contrario a la entrada. De esta manera la estabilidad del amplifica-

<sup>1</sup> La concepción y el montaje de los circuitos electrónicos han sido realizados en su casi totalidad por los señores Louis Dick y Roger Foueher, del Laboratoire Curie.

dor depende en gran parte de la relación de contrarreacción, la cual es regida por el cociente  $\tau$  de resistencias de salida y entrada de la célula.

Todo amplificador lineal estable, debe estar concebido, por tanto, bajo este aspecto.

Otro problema a considerar en un amplificador es la resolución para la saturación. Cuando impulsos de gran amplitud provenientes de un f. m. entran a un amplificador, causan corrientes de grilla que inestabilizan el funcionamiento del equipo. Como consecuencia, el nivel de base del amplificador no permanece fijo y aumenta el ruido de fondo. De esta manera los impulsos de 10 a 20 Kev que entran al amplificador saturado, son enmascarados parcialmente por el ruido de fondo.

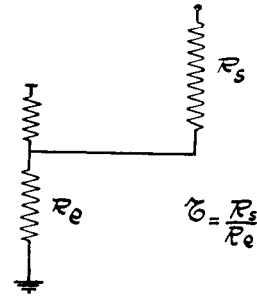


Fig. A.

Para la elección del amplificador es necesario también tener en cuenta la banda pasante del mismo. Esta está relacionada con el « rise time » del impulso de entrada por

$$\Delta B = \frac{1}{3 t_m}$$

( $\Delta B$ : banda pasante;  $t_m$ : « rise time »).

En muchos casos no interesa que el amplificador deforme los impulsos, pero en otros (cuando se desea hacer coincidencias, por ejemplo), hay interés en conservar el « rise time » del impulso de entrada. Para ello es necesario tener en cuenta la relación anterior. A continuación se dan las bandas pasantes correspondientes que deben tener los amplificadores para que los impulsos dados por diferentes cristales no sean deformados.

Cristal	« Rise time »	$B_{m\acute{a}x.}$
Ioduro de Sodio.....	$2,5 \cdot 10^{-7}$ s.	$1,5 \frac{Mc}{s}$
Stilbene.....	$2,5 \cdot 10^{-8}$ s.	$20 \frac{Mc}{s}$
Trans stilbene.....	$10^{-9}$ s.	$300 \frac{Mc}{s}$

Finalmente otro parámetro a considerar para el diseño de un amplificador, es la ganancia, la cual está supeditada a la magnitud de los impulsos de entrada y al tipo de experiencias a realizar.

El caso planteado por las radiaciones particulares a detectar, impone al amplificador ciertas condiciones. Primeramente hay que considerar que la fuente radioactiva es de depósito activo de Th, en el cual se encuentran los tres tipos de partículas entre una gran gama de energías. El problema consiste por lo tanto, en detectar partículas de bajas energías en presencia de radiaciones más energéticas. Este caso fué resuelto precedentemente cuando se trató la saturación del amplificador.

Como se ha considerado hacer posteriormente una coincidencia, es ventajoso conservar el « rise time » del impulso de entrada. Como por otra parte se detectan las radiaciones con cristales de INa, la banda pasante del amplificador no debe ser menor que  $\sim 2 \frac{\text{Mc}}{\text{s}}$

Finalmente, para determinar la ganancia hay que tener en cuenta que los impulsos correspondientes a algunos Kev de energía incidente, tienen una amplitud del orden de  $\frac{1}{100}$  volt. Para poder discriminar energías, los impulsos deben tener alrededor de 10 volts a la entrada del selector de amplitudes ; por lo tanto la ganancia debe ser del orden de 1000.

El amplificador construido para tal efecto presenta las características adecuadas para el tipo de experiencias a realizar : ganancia : 1000 ; banda pasante :  $5 \frac{\text{Mc}}{\text{g}}$  . En cuanto a la saturación, la resolución es del orden de 1  $\mu$  s. De esta manera se ha podido detectar la radiación X de conversión de 32 Kv a 30 volts, en presencia de la radiación  $\gamma$  de 061 Kev del  $^{137\text{m}}$  Ba.

El esquema electrónico del amplificador está constituido por un conjunto de tres células : la primera es una célula de base, de amplificación 100, de acuerdo con el circuito propuesto por el doctor Baldinger (Universidad de Basilea). La impedancia de salida es de 1000 Ohms y el  $\tau$  de contrarreacción es igual a 100. La segunda célula amplifica 20 veces. La tercer célula está compuesta por tres 6J6 que funcionan como « cathode follower ». La segunda y tercer células fueron diseñadas sobre la base del esquema propuesto por Deutsch y al. (1), para el amplificador de corriente continua para el cyclotróon del M. I. T.

d) *Selector de amplitudes* : Para las diferentes experiencias se ha utilizado un discriminador diferencial con dos canales. Un canal funciona solamente cuando se introducen al sistema impulsos compren-

dados entre  $V$  y  $V + v$ , siendo  $v$  el ancho del canal. Ambos niveles que fijan el canal son determinados por los niveles de disparo de sendos triggers monoestables. Los impulsos inferiores a  $V$  volts no hacen disparar los triggers y por tanto no son acusados por el discriminador. Los impulsos que sobrepasan el nivel  $V + v$  hacen disparar los dos triggers dando sendos impulsos standard. Estos son sus-

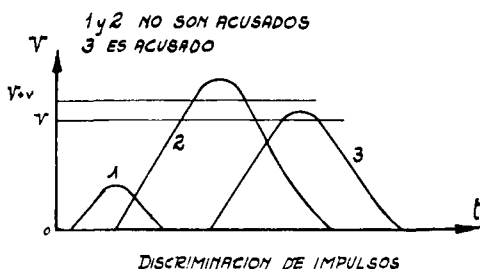


Figura 1

traídos en un circuito de anticoincidencia, no obteniéndose ningún impulso a la salida. Una forma conveniente de sustracción es enviar sobre un mismo cable los impulsos dados por los triggers, uno invertido respecto del otro, el primero diferenciado y el segundo integrado. Únicamente los impulsos que sobrepasan  $V$  y no  $V + v$ , hacen disparar el nivel inferior, dando lugar a un impulso standard a la salida (fig. 1).

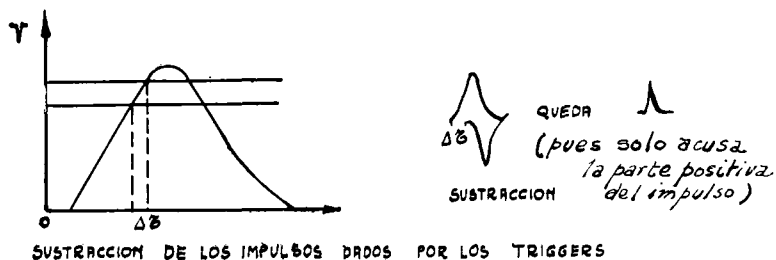


Figura 2

En el caso de la sustracción de impulsos en el circuito de anticoincidencia, hay que tener en cuenta que el impulso a discriminar tarda un cierto tiempo en formarse; por tanto los dos triggers no son disparados al mismo tiempo. Este hecho trae como consecuencia que la sustracción no se hace perfectamente, obteniéndose un pequeño

impulso a la salida (fig. 2). Para evitar este inconveniente se introduce un retardo en la línea del trigger que corresponde al nivel inferior.

Otro factor importante a determinar, es la estabilidad de los potenciales que fijan los niveles y la definición del disparo de los triggers, factores que contribuyen en el poder de resolución del discriminador. El ancho del canal puede variar por diferentes razones :

- a) Envejecimiento de las válvulas.
- b) Pequeños impulsos que pasan por capacidad.
- c) Fluctuaciones en el potencial de grilla que define los niveles.

Los pequeños impulsos que pasan por capacidad pueden ser eliminados introduciendo una válvula auxiliar que da un impulso de la

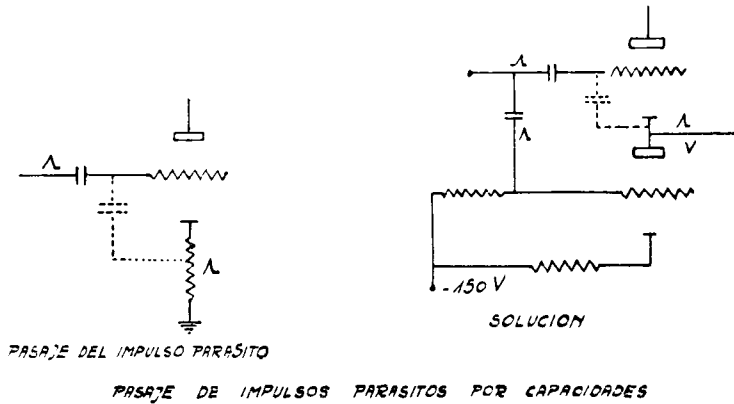


Figura 3

misma amplitud y de sentido contrario (fig. 3). De esta forma se hace una sustracción de impulsos a la salida del sistema.

La estabilidad de los potenciales que fijan los niveles y la resolución del disparo pueden ser notablemente mejoradas con la introducción de un amplificador de base llamado lupa (2), cuyo funcionamiento esencial es el siguiente: Se corta la parte superior del impulso, amplificándola 10 veces. El borde determinado por el amplificador (línea de base) se toma como borde inferior del canal, y como superior, el nivel de disparo de una 6BN6, que está definido a algunas décimas de volt. De esta manera una imprecisión de algunos décimos de volt en la lupa, equivale a una indeterminación de algunos centésimos de volt en el canal verdadero. Los potenciales que fijan los

canales se mantienen fijos; se discrimina variando el cut-off de la válvula de entrada. Se ha construido un discriminador basado en este principio, siguiendo las líneas generales del modelo presentado por Johnstone (3) de Los Alamos.

El discriminador posee las performances deseadas para un estudio de espectroscopía fino: el ancho del canal puede variar de 0,5 volt a 10 volt y es estable al 2 %. Cuando se fija el canal sobre una posición, ésta es estable al 1 % durante varios días.

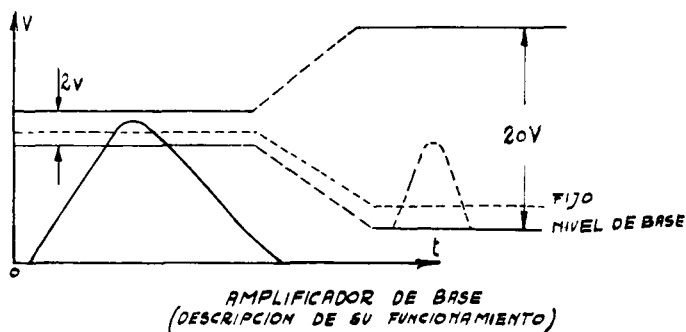


Figura 4

En muchos casos un sistema así construido es insuficiente para la detección de ciertas radiaciones, debiéndose, por lo tanto, recurrir a una detección en coincidencias. En nuestro caso particular, el hecho que la radiación  $\gamma$  de 40 Kev esté en cascada con el  $\alpha$  de 6,04 Mev, favorece la detección del primero, haciendo una coincidencia con el  $\alpha$  correspondiente. Para tal efecto, se ha construido y montado un sistema de detección en coincidencia con discriminación de energías.

#### II) Montaje de un espectrómetro de centelleo en coincidencias, con discriminación de energías.

La figura 5 ilustra el conjunto de los sistemas utilizados para realizar la coincidencia con discriminación de energías.

Los amplificadores y discriminadores son los mismos que los descritos precedentemente.

Para la vía rápida se ha utilizado un sistema de coincidencias de un poder de resolución variable de  $3 \cdot 10^{-7}$  a  $3 \cdot 10^{-8}$  segundos. El circuito está constituido por una formación (self y diodo en paralelo), un trigger de Schmidt (que da un impulso standard formado, de un rise time de  $10^{-7}$  segundos), una válvula 6BN6, una válvula amplificadora (6AK5) y un trigger de salida.

La coincidencia se realiza en la válvula 6BN6, que tiene dos grillas de comando. La variación del tiempo de resolución se realiza variando el potencial de cátodo de la 6BN6. Para que ésta funcione en condiciones óptimas, es necesario que :

- a) los impulsos de entrada a la válvula no sobrepasen 7 volts y sean standard.
- b) el ancho de los impulsos de entrada sea 5 veces el tiempo de resolución deseado.

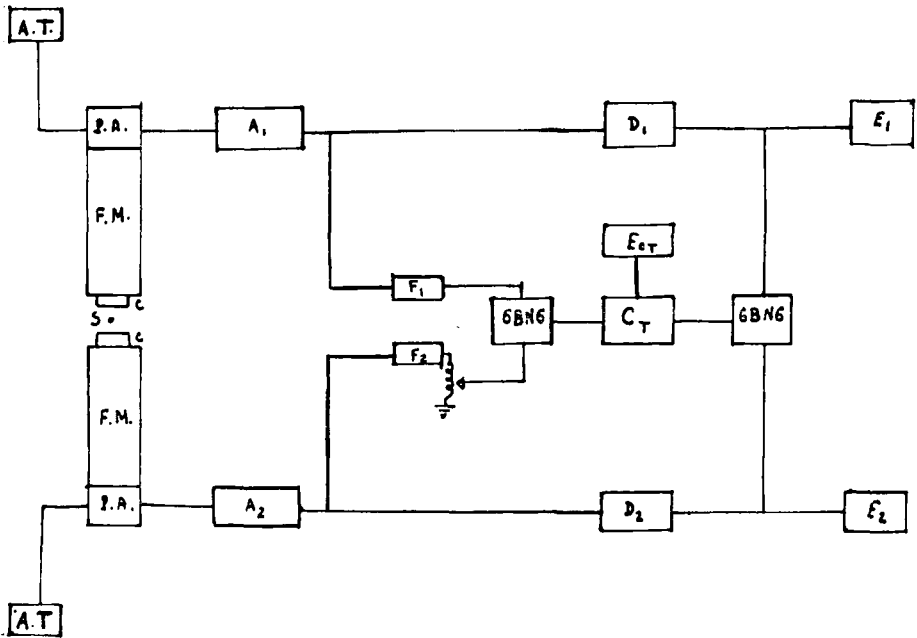


Figura 5

La figura 6 representa el esquema correspondiente a este circuito.

Para la vía lenta se construyó un circuito de coincidencias basado también principalmente en una 6BN6. En este caso no se hace una formación preliminar porque los impulsos que salen de los triggers de los discriminadores son ya suficientemente formados y standard. El ancho de estos impulsos es de  $5 \mu$  s. El poder de resolución del circuito es de 5 microsegundos.

El circuito de triple coincidencia (energía-tiempo) ha sido construido bajo otro principio: mediante diodos. En la figura 7 se encuentra el detalle de dicho circuito. Para su mejor comprensión es conveniente considerarlo de la manera siguiente (ver figura adjunta y distribución aproximada de potenciales).



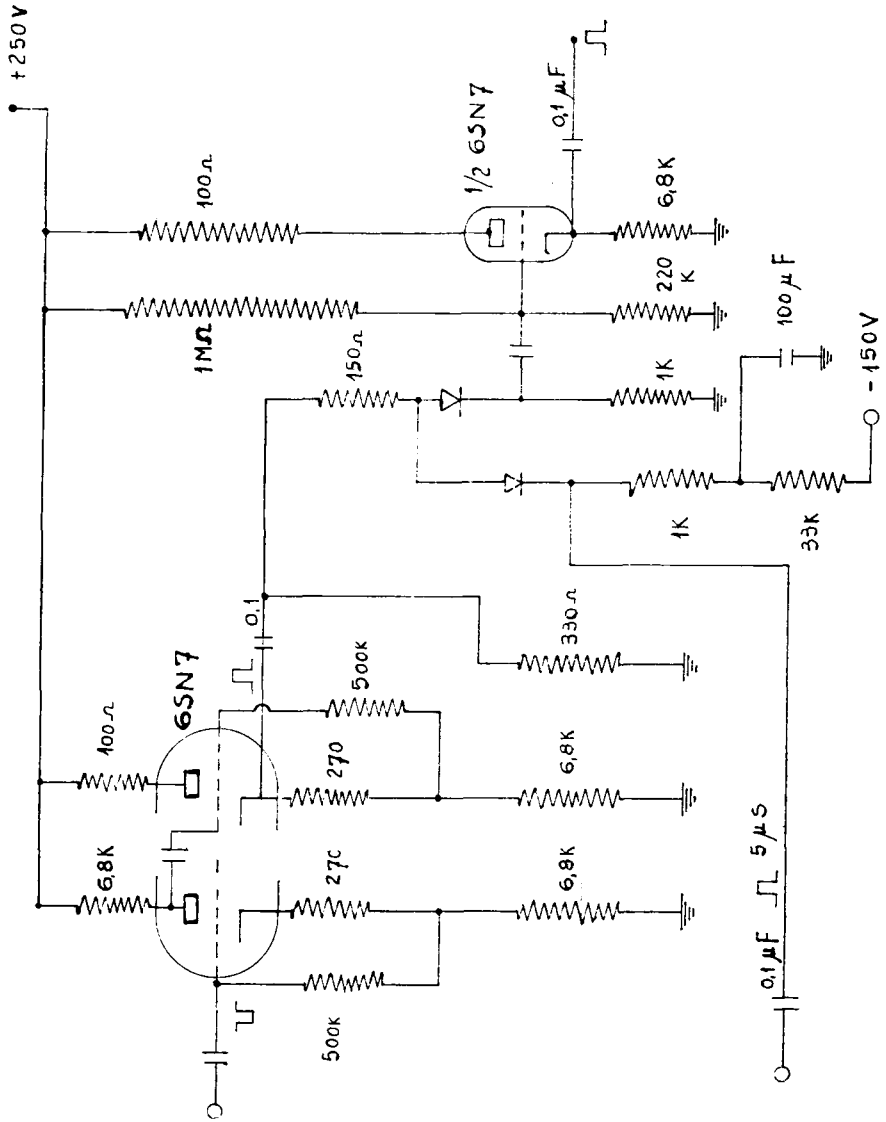
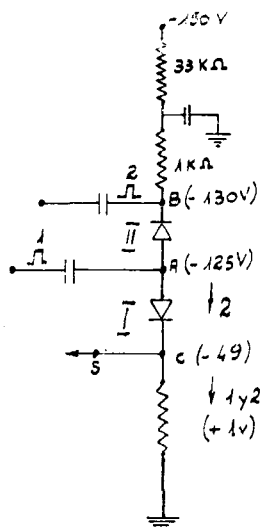


Figura 7

De esta manera se ve que el diodo I no conduce y el II sí. Cuando llega un impulso al punto A, no acontece nada, pues la distribución de los potenciales es tal que, aunque se sume un impulso de 50 volts al punto A, los diodos no sufren ningún cambio en su funcionamiento. Cuando llega un impulso al punto B, el diodo II no conduce más, produciéndose un aumento de su resistencia y como consecuencia, un aumento de potencial en el punto A. Cuando llegan simultáneamente dos impulsos a los puntos B y A, el primero produce el hecho anterior, es decir, aumento de potencial en el punto A, pero ahora en éste se agrega otro impulso que hace variar su potencial de tal manera que llegue al orden del volt y por lo tanto el diodo I ahora conduce, produciéndose en C un aumento de potencial, dando lugar a un impulso a la salida.



ESQUEMA DEL CIRCUITO Y DISTRIBUCION APROXIMADA DE LOS POTENCIALES

Figura 8

### CONCLUSIONES

Se ha realizado la construcción de un amplificador lineal, de un selector de amplitudes, de un circuito de coincidencias rápidas y de otro para coincidencias lentas y de un tercero para coincidencias energía tiempo. Todo este equipo ha sido construido teniendo en cuenta un tipo particular de experiencias a realizar: detección de radiaciones de baja energías en presencia de radiaciones energéticas, con discriminación de energías.

El amplificador construido llena todas las exigencias para este tipo de experiencias, siendo muy importante el hecho de haber evitado la inestabilidad del aparato después de  $1 \mu s$  del momento de la saturación.

El discriminador construido ha demostrado tener grandes ventajas con respecto a los ya existentes. La principal es de haber podido

mejorar notablemente la resolución. Se ha obtenido con este aparato una resolución del 9 % para la línea  $\gamma$  de 661 Kv del  $^{137m}\text{Ba}$  con un f. m. EMI de  $28 \mu\text{A}/1$ .

Los circuitos de coincidencia son de tipo standard. El número de coincidencias fortuitas, teniendo en cuenta la intensidad de la fuente usada, es prácticamente despreciable respecto de las coincidencias verdaderas.

#### REFERENCIAS

- (1) BOYER, DEUTSCH ET AL., R. S. I. 22, 310 (1951). — BELL JORDAN, R. S. I. 23, 30 (1952).
- (2) KELLEY, G. G., Nucl. 10, 34 (1952); ORNL 714 (1950).
- (3) JOHNSTOME, Nucl. 10, 36 (1952).
- (4) SMALLER AND AVERY, R. S. I. 22, 341 (1951). — LUNDBY, R. S. I. 22 342 (1951).

