

Tesis de Posgrado

Confirmación de la existencia o no existencia de los niveles de 10 horas y de 2,6 horas correspondientes a estados isoméricos del Au 196 y I 126 respectivamente

Isaurralde, Haydée Silvia

1964

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Isaurralde, Haydée Silvia. (1964). Confirmación de la existencia o no existencia de los niveles de 10 horas y de 2,6 horas correspondientes a estados isoméricos del Au 196 y I 126 respectivamente. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1317_Isaurralde.pdf

Cita tipo Chicago:

Isaurralde, Haydée Silvia. "Confirmación de la existencia o no existencia de los niveles de 10 horas y de 2,6 horas correspondientes a estados isoméricos del Au 196 y I 126 respectivamente". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1964. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1317_Isaurralde.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Doctorado en Ciencia Químicas
Orientación Química Nuclear

CONFIRMACION DE LA EXISTENCIA O NO EXISTENCIA DE
ALGUNOS NUCLEIDOS

Au¹⁹⁶ de 10 horas - I¹²⁶ de 2,6 horas

de la dña Silvia Issauralde

Resumen de la Tesis presentada para optar al
Título de Doctor en Química
AÑO 1964

1317
R
ef. 2.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y naturales
Doctorado en Ciencia químicas
Orientación química Nuclear

CONFIRMACION DE LA EXISTENCIA O NO EXISTENCIA DE
ALGUNOS NUCLEIDOS

Au¹⁹⁶ de 10 horas - I¹²⁶ de 2,6 horas

Ma de Silvia Isaurralde

Resumen de la Tesis presentada para optar al
Título de Doctor en química

AÑO 1964

1317
R
ef. 2.

El objeto del presente trabajo es asegurarse acerca de la existencia del I^{126m} que según un trabajo publicado por Rappas et al, tiene un período de (2,6 - 0,8) horas, dicho isótopo fué encontrado en fisión irradiando con protones de 170 MeV, y de la existencia del Au^{196m} al que se le asigna un período de (14,0 - 3) horas (G. Wilkinson) o de 13 horas (McClellan).-

Se efectuaron irradiaciones con deuterones y neutrones en el haz intermedio del sincrociclotrón de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Buenos Aires.

En todas las irradiaciones el tiempo de irradiación fué de 30 minutos.

Los targets se prepararon con láminas de oro metálico.

Se realizó el estudio de las reacciones químicas para la separación del oro de los elementos contaminantes que se producen en la reacción y para la separación del I^{126} .-

Se utilizaron los siguientes dispositivos de medición: tubo Geiger-Müller, espectrómetro de centelleo y amplificador multicanal.-

Se realizó el análisis de las curvas de desintegración de la fracción iodo obtenida irradiando $103 K$ con deuterones. Se realizaron espectros tomados a diferentes tiempos después de la irradiación de la muestra de iodo irradiado con deuterones.-

Se siguieron las curvas de desintegración de la fracción Iodo, sobre los rayos de 141, 386, 439, 480, 550, 665, 747, 755 y 860 keV.

Se irradió IK con neutrones y se analizó la curva de desintegración obtenida.

Se irradió oro con neutrones en el sincrociclotrón de la Comisión Nacional de Energía Atómica y se midió la curva de desintegración de la fracción oro purificada de acuerdo con la marca química correspondiente.

Se irradió oro con deuterones de 28 MeV y se hicieron gráficos de los espectros del Au¹⁹⁶ obtenidos a diferentes horas después de la irradiación, las mediciones fueron efectuadas con el espectrómetro de centelleo-

Se construyeron las curvas de desintegración integrando las partes significativas de los espectros.

De las mediciones efectuadas, llegamos a la conclusión de que el I¹²⁶ hallado por Lappas et al, irradiando Iodo con protones de 170 MeV, no aparece en las reacciones (d, p2 n), (n, 2 n) o (n,).-

De los estudios realizados, se ilustra que por reacciones (d, p2 n) y (n, 2 n) se obtiene, en la fracción oro puro, un período de la 0,5 horas.-

La asignación al número de masa es 196.-

Por el hecho de observarse un período de la 10 horas en

en las mediciones de radiaciones beta, utilizando como detector un tubo, Geiger-Müller, suponemos que el período corresponde a un nivel con emisión beta o con emisión de rayos gamma blandos y muy convertidos.-

El mismo período observado en los rayos gamma de 70 y 165 keV, parece confirmar que en realidad se trata de un nivel emisor, gamma que se encuentra por encima del nivel fundamental de 5,6 días del Au^{196} y que se desexcita a través de rayos gamma de 70 y 165 keV.-

También cabe la posibilidad de que el rayo de 70 keV sea el rayo X obtenido como consecuencia de una gran conversión en el rayo gamma de 165 keV o energías cercanas.-

La resolución de nuestro sistema de detección gamma no permite asegurar si el rayo de 165 keV no corresponde, en realidad, a una mezcla de rayos de energías muy próximas.-

Sammaldp

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Doctorado en Ciencias Químicas
Orientación Química Nuclear

CONFIRMACION DE LA EXISTENCIA O NO EXISTENCIA DE LOS NIVELES
DE 10 HORAS Y 2,6 HORAS CORRESPONDIENTES A ESTADOS ISOMERICOS
DEL Au¹⁹⁶ Y DEL I¹²⁶ RESPECTIVAMENTE

Haydée Silvia Isaurralde

Tesis presentada para optar al Título de Doctor en Química
AÑO 1964

1317
ej. 3

AGRADECIMIENTOS

- Mi especial agradecimiento a la Dra. Sonia J. Nassiff, quien en todo momento me brindó su dirección y asesoramiento.-
- A la Dra. María Cristina Palcos, por su generosa ayuda durante la dirección del presente trabajo.-
- Al Dr. Renato Radicella, por su desinteresada colaboración.
- A la Dra. Josefina Rodriguez, por su gentil ayuda.-
- Al Dr. Rustand Bonard, por su eficaz ayuda.-
- Al Dr. Gerardo Videla, quien con su alentador impulso, me / guía para realizar tareas dentro del campo de la investigación.-
- A las autoridades de la Comisión Nacional de Energía Atómica por haberme brindado desinteresadamente los laboratorios y equipos de que dispone la División Radioquímica de dicha // Institución.-
- A los integrantes del grupo de Radioquímica por su amable estímulo.-

INDICE

Parte 1a.- Objetivos del presente trabajo:

Confirmación de la existencia o no existencia del isómero nuclear Au ¹⁹⁶ de 10 horas y del isómero nuclear I ¹²⁶ de 2,6 horas.-

Parte 2a.- Introducción - Isomería nuclear.-

Parte 3a.- Etapas:

I) Irradiaciones. Tiempos de irradiación. Preparación de blancos (targets).-

II) Estudio de marchas químicas para la separación de los elementos oro e iodo.-

III) Descripción de los aparatos utilizados en las mediciones.-

IV) Técnicas de medición utilizadas:

1) Mediciones mediante un tubo de Geiger-Müller de radiaciones betas de diferentes muestras y análisis de las curvas de desintegración obtenidas a fin de diferenciar los componentes de las mismas.-

2) Medición de espectros gamma. Identificación de los rayos.-

V) Búsqueda del isómero Au ¹⁹⁶ de 10 horas.-

VI) Búsqueda del isómero I ¹²⁶ de 2,6 horas.-

VII) Resultados y discusión.-

Parta 4a. - Índices de figuras.

Parta 5a. - Bibliografía.

PARTE Ia.

OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO

Confirmación de la existencia o no existencia de los niveles de 10 horas y 2,6 horas correspondientes a estados isoméricos del Au^{196} y del I^{126} , respectivamente:

El objetivo del presente trabajo es:

I) Asegurarse acerca de la existencia del isómero metaestable del Au^{196} , que aparece publicado como de existencia dudosa, al que E. Mac Millan y M. Kamen (1) le asignan un período de 13 horas, habiéndolo obtenido irradiando Au con neutrones rápidos.

G. Wilkinson (2), bombardeando Pt y Au con neutrones (rápidos y térmicos), observa en la reacción $(n, 2n)$ las actividades de un isótopo de 5,5 días junto con un isótopo de 14 horas, el que dice que presumiblemente es un isómero del Au^{196} .

G. Wilkinson (3) encuentra la evidencia de un isótopo del Au, pariente del P^{193} de 4,3 días, en separaciones químicas de fracciones de Au obtenidas en el bombardeo de $Pt + d$ e $Ir + d$, y la curva de desintegración de la fracción Au muestra una actividad de 15,8 horas de vida media.

II) Asegurarse acerca de la existencia del isómero del I^{126} que según un trabajo publicado por Pappas et al (4) tiene un período de $(2,6 \pm 0,8)$ horas, encontrado en fisión U irradiando con protones de energía igual a 170 MeV.

PARTE 2a. - INTRODUCCION

Isomería nuclear

Los estados excitados de los núcleos atómicos tienen en general períodos del orden de 10^{-15} seg.

En la mayoría de los casos resulta, por lo tanto, imposible el control de las teorías de probabilidad de desintegración gamma por no poderse medir los períodos de desintegración de la mayoría de los niveles excitados.

Existen algunos niveles que ^{de}caen por emisión gamma, / que tienen períodos del mismo orden que aquellos que ^{de}caen por captura K o emisión beta. Estos niveles nucleares retardados se llaman niveles metaestables.

El estado fundamental y el estado metaestable de un / cierto isótopo constituyen un par isomérico. El caso se conoce con el nombre de isomería nuclear.

El estudio de los isómeros nucleares se ha incrementado durante los últimos años.

Los isómeros no sólo desempeñan un papel significativo en el extenso campo semiempírico de la radiactividad , sino / también una función importante en el conocimiento de la estrugtura nuclear.

Interesa conocer los períodos de los isómeros, así como el carácter multipolar y los elementos de matriz de transiciones gamma, y puesto que actualmente el campo electromagnético está bien estudiado, la interacción de las radiaciones

electromagnéticas con el núcleo provee un elemento interesante para el estudio de los más agudos problemas de la estructura nuclear.

Los isómeros nucleares son nucleidos con el mismo número de protones y neutrones capaces de existir durante un intervalo de tiempo medible, en diferentes estados o niveles energéticos.

La transición al estado fundamental de un estado excitado producido por una desintegración α o β se efectúa por la emisión de un rayo γ , cuyo quantum es igual a la diferencia de energía entre los dos niveles.

$$h\nu = E_2 - E_1$$

La vida media de las transiciones entre niveles que están asociados a una gran diferencia de energía y a un orden ^{multi}polar muy pequeño son prácticamente instantáneas, del orden de 10^{-12} segundos.

Dado que la vida media de la emisión γ es en general muy corta, sólo puede observarse en coincidencia con el proceso que le precede, ya sea una emisión α o β , o una reacción nuclear. Si la emisión gamma rápida sigue a una emisión beta, un detector capaz de detectar la radiación gamma medirá el período del proceso beta. En ciertos casos el período gamma es suficientemente largo para ser medido directamente, o puede afectar a otros períodos relacionados con él. En otros casos aunque el período es medible, el nivel excitado se considera como un estado metaestable, y junto con el nivel fundamental constituye los estados isoméricos del nucleido.

Los dos estados que intervienen en la transición gamma se llaman isómeros.

La definición no es muy precisa porque varía con el perfeccionamiento de los métodos de medición; es necesario determinar qué se entiende por período susceptible de medida.

En la actualidad pueden determinarse vidas medias muy bajas, del orden de 10^{-10} a $5 \cdot 10^{-10}$ segundos.

En el caso de que la vida media de la transición gamma sea demasiado grande, el sistema puede desintegrarse simultáneamente por emisión beta.

En este caso se nota la existencia de isomerismo por la identificación de este proceso beta "extra" y la ausencia de transición gamma directa.

Existen dos mecanismos diferentes para la transformación en A ($Z \pm 1$) de isómeros de un nucleido, AZ , emisor beta.

1º.- Existe una relación genética entre los isómeros; el estado metaestable pasa al estado fundamental por emisión γ y el estado fundamental decae por emisión beta.

2º.- Los isómeros son independientes, tanto el estado excitado como el estado fundamental se transforman por emisión beta.

Los estados isoméricos se distinguen de los estados ordinarios excitados del núcleo porque tienen períodos medibles con técnicas actuales.

El hecho de que un estado nuclear posea un período relativamente largo posibilita un estudio más amplio de muchas de sus propiedades intrínsecas, tales como spin, momento mag

nético, etc, y también de sus modos de producción y desintegración.

La propiedad "isomérica" de un estado no es absoluta, sino relativa con respecto a estados de más baja energía, y ocurre en general cuando el estado tiene un spin que difiere considerablemente de todos los estados de menor energía.

Consideraremos entonces a las transiciones isoméricas como transiciones de carácter multipolar, y más específicamente de elemento ^{de} matriz conocido e determinable.

Junto con la medición directa del período, para deducir los elementos de matriz de las transiciones gamma, existen otros métodos tales como excitación Coulomb, anchos parciales de neutrón, protón, etc.; competición de rayos gamma con otros procesos tales como emisión alfa, absorción de resonancia y dispersión de rayos gamma, efectos fotonucleares, etc.

El carácter multipolar y los elementos de matriz de / transiciones gamma pueden ser utilizados para verificar modos nucleares existentes y para obtener sugerencias para modificaciones necesarias.

A las ramas de la ciencia nuclear que se refieren a / las propiedades de los estados fundamentales del núcleo (medidas de masa, spins, momentos magnético y eléctrico, etc.) se les agregan nuevas ramas que amplían el conocimiento a / través del estudio de los estados excitados y sus probabilidades de transición.

Las transiciones de rayos gamma de diferente carácter

multipolar pueden tomar lugar entre dos estados de un núcleo. Los estados inicial y final estarán caracterizados por spins I_i e I_f y por paridades Π_i y Π_f (impar $[-]$ o par $[+]$), / respectivamente.

La diferencia de spin ΔI , donde

$$|I_i - I_f| \leq \Delta I \leq |I_i + I_f|,$$

y la diferencia de paridad (sí o no) están "transportados" por el fotón. La diferencia más pequeña posible "transportada" por el fotón es 1, pues las ondas electromagnéticas, a / causa de su carácter "transverso", no pueden tener momento / angular cero con respecto al emisor. Por lo tanto, cuando

$$I_i = I_f = 0,$$

no puede haber emisión de fotones; en este caso sólo es posible la emisión de electrones de conversión interna o de pares de electrones internos.

El período de estos procesos es relativamente lento, por ello en algunos casos es directamente medible, como por ejemplo el ^{16}O (6.1 MeV par de electrones internos, $T_{1/2} \approx 5 \cdot 10^{-11}$ seg) y ^{72}Ge (0.7 MeV, electrones de conversión / interna, $T_{1/2} \approx 0.3 \mu\text{seg}$).

Además de las transiciones $0^+ \rightarrow 0^+$, el carácter / multipolar de las transiciones electromagnéticas puede sintetizarse del siguiente modo:

		ΔI min	1	2	3	4	5
Cambio de paridad	$\begin{cases} \text{Si} \\ \text{No} \end{cases}$		$E_1 - M_2$	$E_3 - M_4$	E_5		
			$M_1 - E_2$	$M_3 - E_4$			

Las mezclas de más alto carácter multipolar están indicadas por una línea que las conecta.

Cuando $I_i = I_f = 1/2$, o cuando sólo uno de los estados tiene spin 0 (Por ej. $I_i > 0$, $I_f = 0$), ΔI tiene un solo valor posible; esto significa que el carácter multipolar de la transición es necesariamente puro E_1 o M_1 para el primer caso, y E_{1i} o M_{1i} en el segundo caso, si $I_f = 0$)

No se ha encontrado aún ningún ejemplo ilustrativo de la transición teóricamente posible $0^+ \rightarrow 0^-$, que puede tomar lugar sólo por la emisión de dos fotones, dos electrones de conversión interna, o un fotón y un electrón de conversión interna.

Una transición gamma entre dos estados de energía E_i y E_f , de spines I_i e I_f , y paridad π_i y π_f , está completamente caracterizada sin junto con estos spines y paridades se conoce, por experimentación, lo siguiente: el período del rayo gamma (parcial) (o bien su inversa, la probabilidad de transición del rayo gamma) y la cantidad relativa de mezcla, si ésta no es despreciable, de más alto orden multipolar, / así como su fase relativa (0° ó 180°).

Existen diversos modos de determinar multipolaridades. Uno de los métodos más aplicables consiste en medir el coeficiente de conversión interna para una capa atómica particular, por ej. la capa K, compararla con los coeficientes computados por M.E.Rose et al (5).

El conocimiento del coeficiente de conversión interna es esencial para hacer un análisis correcto de las probabili-

dades de desintegración radiactiva.

Los métodos experimentales más eficaces para medir los coeficientes de conversión son:

1.- La determinación absoluta del número de electrones de conversión interna N_e , es decir, $(N_e)_{tot}$ o $(N_e)_K, N(e)_{L...}$ y del número de rayos gamma no convertidos, N_γ , que conduce a la siguiente fórmula:

$$\epsilon_{K, L \dots \text{ o tot}} = \frac{(N_e)_{K, L \dots \text{ o tot}}}{N_\gamma}$$

En general se realizan estas medidas comparando el número de electrones de conversión que emite una fuente en un ángulo sólido definido con el número de rayos gamma no convertidos que emite dicha fuente en el mismo ángulo sólido.

2.- Las medidas de la relación de N_e o N_γ relativas a una radiación precedente o siguiente (alfa, beta o gamma) / cuando se conoce perfectamente el esquema de desintegración.

3.- La determinación del número de rayos X provenientes de la capa K, N_K , que acompaña la conversión interna en la / capa K, relativa al número de rayos gamma no convertidos, N_γ .

En general, estas mediciones se realizan en espectrómetro de centelleo.

Para comprobaciones experimentales, en el caso de transiciones mixta, gamma y conversión, el período T se halla de acuerdo a la siguiente fórmula

$$T_{\frac{1}{2}} = T_{\frac{1}{2}}^{tot} (1 + \lambda_T)$$

Midiendo $T_{\frac{1}{2}}$ para distintas sustancias.

$T_{\frac{1}{2}}$ es el período medio medido y λ_T el coeficiente / de conversión.

En moléculas distintas, se puede observar que $T_{\frac{1}{2}}$ /
cambia debido a la influencia del coeficiente de conversión.

Este es un buen medio para conocer algo más sobre las
funciones de onda de los electrones de las capas internas.

El primer isómero conocido fue el Pa 234 , en 1921.

Actualmente se conocen cerca de 150 transiciones iso-
méricas con vidas medias que van de 10^{-10} segundos a 4 años.

Para algunos nucleídos se han identificado tres esta-
dos isoméricos (Xe 131 , Pb 208 , etc.) y aún 4 (Ta 181).

PARTE 3a

ETAPAS

- 1) Irradiaciones. Tiempos de irradiación. Preparación de // blancos (targets).
- 2) Estudio de marchas químicas para la separación de los elementos oro e iodo.
- 3) Descripción de los aparatos utilizados en las mediciones.
- 4) Técnicas de medición utilizadas:
 - a) Mediciones mediante un tubo de Geiger-Müller de radiaciones beta de diferentes muestras y análisis de las curvas de desintegración obtenidas a fin de diferenciar los componentes de la misma.
 - b) Medición de espectros gamma. Identificación de los rayos.
- 5) Búsqueda del isómero Au^{196} de 10 horas.
- 6) Búsqueda del isómero I^{126} de 2,6 horas.
- 7) Resultados y discusión.

I - IRRADIACIONES

Se efectuaron irradiaciones con deuterones y neutrones en el haz interno del sincrociclotrón de la Comisión / Nacional de Energía Atómica de Buenos Aires.-

La energía del haz de deuterones era la máxima // $(28,1 \pm 1,2)$ MeV.-

Para las irradiaciones con neutrones se utilizó blanco de berilio que por la reacción $\text{Be}^9 (d,n) \text{B}^{10}$ produce // neutrones con energías que llegan hasta una energía máxima de $(E - 4)$ MeV, siendo E la energía máxima de los deuterones bombardeantes, en este caso $(28,1 \pm 1,2 \text{ MeV})$ -y resultando por lo tanto la energía máxima de los neutrones obtenidos alrededor de 33 MeV.-

En todas las irradiaciones, el tiempo de irradiación // fué de 30 minutos.-

Preparación de blancos (targets):

Para las irradiaciones con deuterones se utilizaron láminas de Au metálico, sujetas por dos chapitas portablanco de cobre que se mantenían fijas por una mordaza. Una / de las dos chapas de cobre tenía un orificio de 31 mm de / largo y 3,5 mm de ancho, a través del cual pasaba el haz de deuterones.-

Para las irradiaciones con neutrones, la lámina de Au se colocaba en un tubo de vidrio, rodeada por una chapa de cadmio para detener los neutrones térmicos.-

II - ESTUDIO DE MARCHAS QUIMICAS PARA LA SEPARACION DE LOS ELEMENTOS ORO E IODO

Marcha química para la separación del Au¹⁹⁶:

Se utilizó la siguiente marcha química para separar el Au de los elementos contaminantes que se producen en la irradiación.-

Separación química:

A la chapita proveniente de la irradiación de Au en la que se han formado isótopos radiactivos de mercurio, platino oro e iridio se la disuelve en agua regia y se le incorporan portadores de las actividades formadas.-

Se calienta la solución en baño de vapor hasta total disolución.

Se evapora hasta casi sequedad, cuidando de no sobrecalentar el residuo.

Se añade luego agua destilada y se calienta a ebullición.

A la solución nítrica se le agrega una gota de ácido clorhídrico y se agita vigorosamente la solución en una ampolla de decantación a la que se le ha agregado acetato de etilo para realizar la separación.

En la capa orgánica se encuentran el mercurio y el // oro, y en la capa acuosa platino e iridio.

Se extrae la solución acuosa y se la agita con una porción fresca de acetato de etilo, en ampolla de decantación.

Al segundo extracto de acetato de etilo se le agrega,

en una ampolla de decantación, cloruro de amonio y se agita vigorosamente.

Luego se agita esta capa acuosa con el primer extracto de acetato de etilo y se separan las dos capas.

Se unen las dos soluciones de acetato de etilo, se lava la mezcla agitándola con una porción de ácido clorhídrico 3N y se desecha la capa acuosa.

En la capa amarilla de acetato de etilo está presente el oro al estado de $\text{Cl}_3 \text{Au}$ y en la capa acuosa queda el mercurio.

Se evapora a bañomaría la solución de acetato de etilo y luego se calienta a rojo bajo para eliminar mercurio y sales de amonio.

Se agrega al residuo ácido clorhídrico 12N y ácido nítrico 16N.

Se disuelve con agua destilada y se precipita el oro con una pequeña cantidad de clorhidrato de hidrazina.

Marcha química para la separación del I^{126} :

Se adaptó el método utilizado por A.C. Pappas (6), para extraer iodo de productos de fisión, en la separación de iodo de la muestra irradiada.

Separación química:

Se disuelve ^{en agua} el yoduro de ^{o el iodato de potasio} potasio irradiado. Se lleva a alcalinidad con hidróxido de sodio 2 M.

Se oxida el iodo a periodato calentando con un milíli-

tro de solución recientemente preparada de hipoclorito de sodio al cinco por ciento.

La solución se enfría y se transfiere a una ampolla de decantación que contiene 10 mililitros de tetracloruro de carbono, y es acidificada por un agregado de ácido nítrico concentrado; luego se reduce con 3 ml de solución de hidroxilamina 3M.

El iodo es extraído en la capa de tetracloruro de / carbono, y se descarta la capa acuosa.

Se agita el tetracloruro de carbono con diez mililitros de agua que contenga unas pocas gotas de bisulfito de sodio 1 M hasta decoloración de ambas fases (reducción de iodo a ioduro) y se descarta el tetracloruro de carbono.

Luego se realiza otro ciclo de extracción en el // cual el ioduro es oxidado a iodo por el agregado de un mililitro de ácido nítrico 6 M y unas pocas gotas de solución de nítrito de sodio 1 M.

El iodo se extrae con tetracloruro de carbono y se vuelve a extraer con agua, agitando con diez mililitros de agua destilada que contiene unas pocas gotas de solución 1 M de bisulfito de sodio.

Se acidifica la solución que contiene el ioduro / con un mililitro de ácido nítrico 6 M y se hierve para expulsar dióxido de azufre.

A la solución caliente (pero no hirviendo) se le / agrega gota a gota, con vigoroso agitación, dos mililitros de solución de nitrato de plata 0,1 M para obtener /

un precipitado bien coagulado.

El ciclo de óxido reducción se realiza a fin de extraer el I^{126} que se ha podido formar en la irradiación en distintos estados químicos.

El yoduro de plata se filtra, lava con agua, alcohol y éter y se seca a 110°C durante diez minutos. Se monta para realizar las mediciones necesarias.

El rendimiento químico de este método puede ser muy alto si se realiza la separación cuidadosamente.

El tiempo de separación es de aproximadamente 45 minutos.

DISPOSITIVOS PARA MEDICION

Tubo Geiger-Müller

Descripción:

Se empleó un tubo Geiger-Müller marca "Tracerlab", serie T.G.C. Nº 2 para efectuar las mediciones de velocidades de desintegración.

El espesor de la ventana de mica es de $1,9 \text{ mg/cm}^2$ y el diámetro efectivo de 28 mm.

Se utilizó un escalímetro de tipo convencional.

El tubo contador y la caja soporte tenían la disposición descrita por S. Abecasis (?).

"El tubo, con la ventana hacia abajo, fué centrado mediante dos agarraderas de bronce recubiertas exteriormente / con goma, respecto del orificio de una caseta de "lucite" / (resina acrílica), cuya parte superior de forma circular, está apoyada sobre tres patas de aluminio como muestra la fig. Nº 1.

Una corona circular de aluminio que está sostenida en la parte superior de la caseta mediante una prolongación del mismo material fué colocada para mantener el tubo en la posición prefijada".

Cuatro pares de ranuras horizontales que están separadas entre sí por $1,4 \text{ cm}$, se utilizaron para sostener el soporte de lucite.

Dentro de estos pares de ranuras van colocadas las chapas porta-preparados en las que se montaron las muestras para efectuar las mediciones.



Fig. 1.- Tubo contador colocado en la caja soporte y piezas que componen el castillo de plomo.-

Se empleó un armazón cilíndrico de plomo de 27 mm de espesor; 12,7 cm de diámetro interno y 22 cm de altura interna, recubierto en su interior por 5 mm de aluminio.

Este armazón tiene por objeto disminuir la entrada de radiaciones provenientes de otras muestras al contador y // disminuir la radiación cósmica.

Para poder seguir el período de desintegración a lo largo de varios días, se controló la constancia del equipo de medición con una fuente patrón de uranio, cuya actividad se considera constante.

ESPECTROMETRO DE CENTELLEO

(centelleo, escintilación)

Descripción:

El detector está formado por un cristal de ioduro de sodio activado con talio (I Na (Tl), al que se adjunta un tubo fotomultiplicador. El equipo electrónico anexo está formado por un preamplificador lineal, una fuente eléctrica estabilizada de baja tensión, para alimentar el amplificador, otra de alta tensión, también estabilizada, para el fotomultiplicador, un discriminador, o sea un analizador selector de altura de los pulsos, y un escalímetro.

El cristal detector es marca "Harshaw", modelo Integral Line, tipo 12512, N° de serie BB117. Es un cristal de I Na Tl, cilíndrico, de 76,2 mm de altura y 76,2 mm de diámetro, adosado a un tubo fotomultiplicador mediante un medio rígido de alto índice óptico.

El conjunto cristal fototubo está protegido por una cubierta de material de bajo número de masa, opaco a la luz, y tiene una "ventana" de entrada de aluminio, de 130 mg/cm² de masa por unidad de superficie, lo cual equivale a un espesor de 0,48 mm.

Esta unidad de detección, conjuntamente con el seguidor catódico conectado a ella, están recubiertos por un cilindro que posee un orificio circular en la parte superior, de tal modo que quede sin recubrir la "ventana" de entrada /

antes mencionada.-

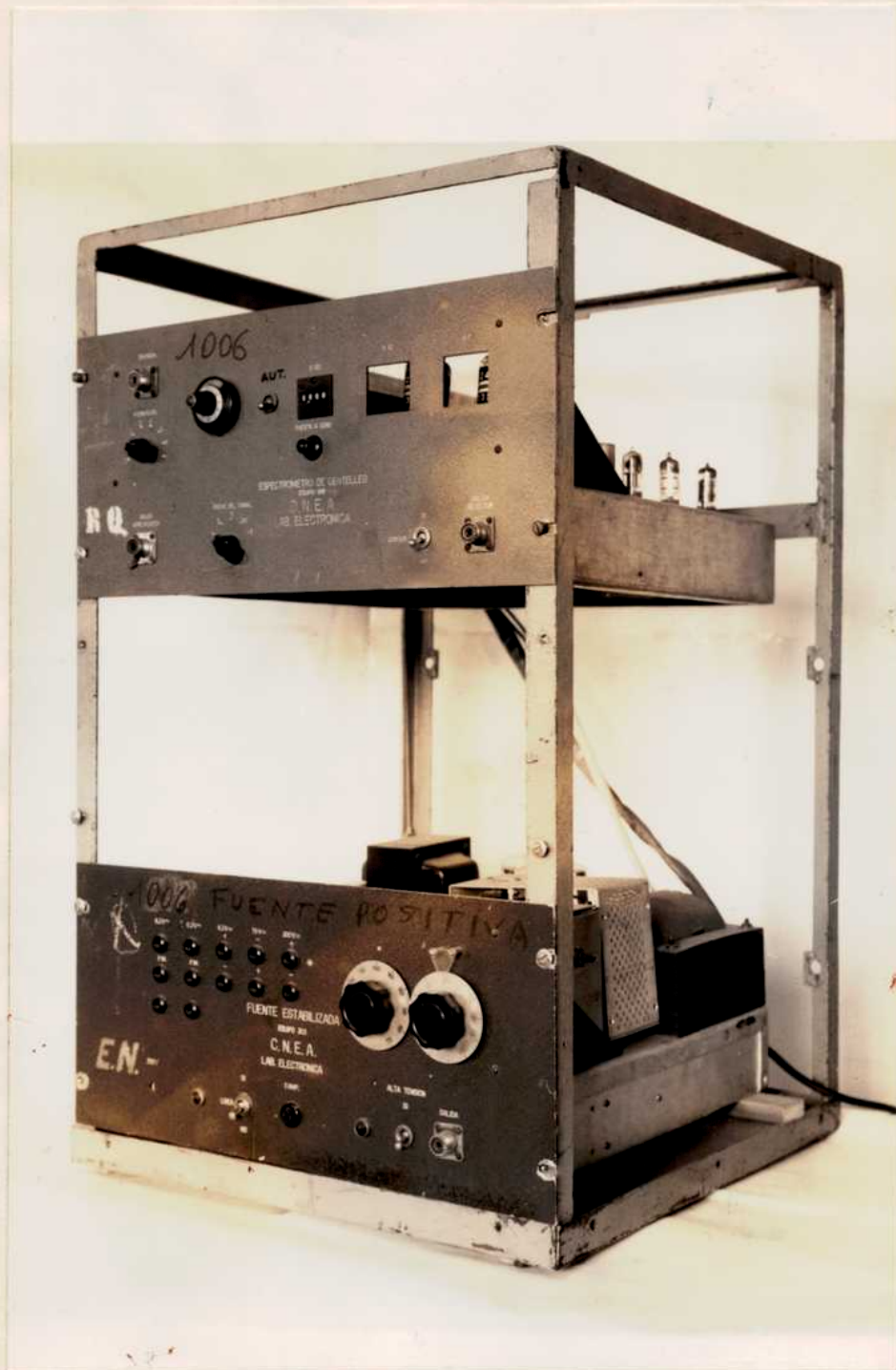


Fig. 2.- Espectómetro de centelleo.-

Las partes del equipo electrónico son las convencionales que se construyen en los laboratorios de Electrónica de la Comisión Nacional de Energía Atómica. El espectrómetro está provisto de un analizador monocanal, y el registro puede realizarse a mano o bien en forma automática mediante un barridor mecánico a engranajes y un registrador lineal.

Este es marca "Nuclear", con velocidad de corrida de la carta variable (20; 60; 120; 200; 600 y 1200 mm/hora). La constante de tiempo del equipo puede adoptar los valores 0,5; 1,5; 10; 50 seg. y un juego de atenuación fija el alcance total de la escala en 300; 1000; 3000; 10.000; 30.000 y 100.000 impulsos por minuto o la mitad de estos valores.

El barridor mecánico permite realizar en forma automática el recorrido de las energías, aumentando o disminuyendo la discriminación a elección.

La velocidad de barrido puede seleccionarse mediante diferentes combinaciones de engranajes, de tal modo que el registrador puede trazar el espectro en los lapsos totales / optativos.

La fig. Nº 2 muestra un espectrómetro de centelleo.

MEDICIONES CON ESPECTRÓMETRO DE CENTELLEO

ANALIZADOR MONOCANAL

Las mediciones se realizaron utilizando el espectrómetro de centelleo cuya descripción figura anteriormente.

Una vez realizadas las mediciones con dicho equipo, se representa gráficamente el espectro obtenido (distribución de altura de pulsos).

En abscisas se representa la velocidad de conteo obtenida en posición de cada discriminador (escala lineal o logarítmica) en función de la correspondiente posición del discriminador (escala lineal). Uniendo los puntos así obtenidos se halla la curva de distribución de altura de pulsos que corresponde a la muestra irradiada.

ANALIZADOR MULTICANAL

Se utilizó un analizador multicanal que tiene la ventaja de medir simultáneamente la actividad correspondiente a la radiación gamma dentro de un amplio espectro de energías.

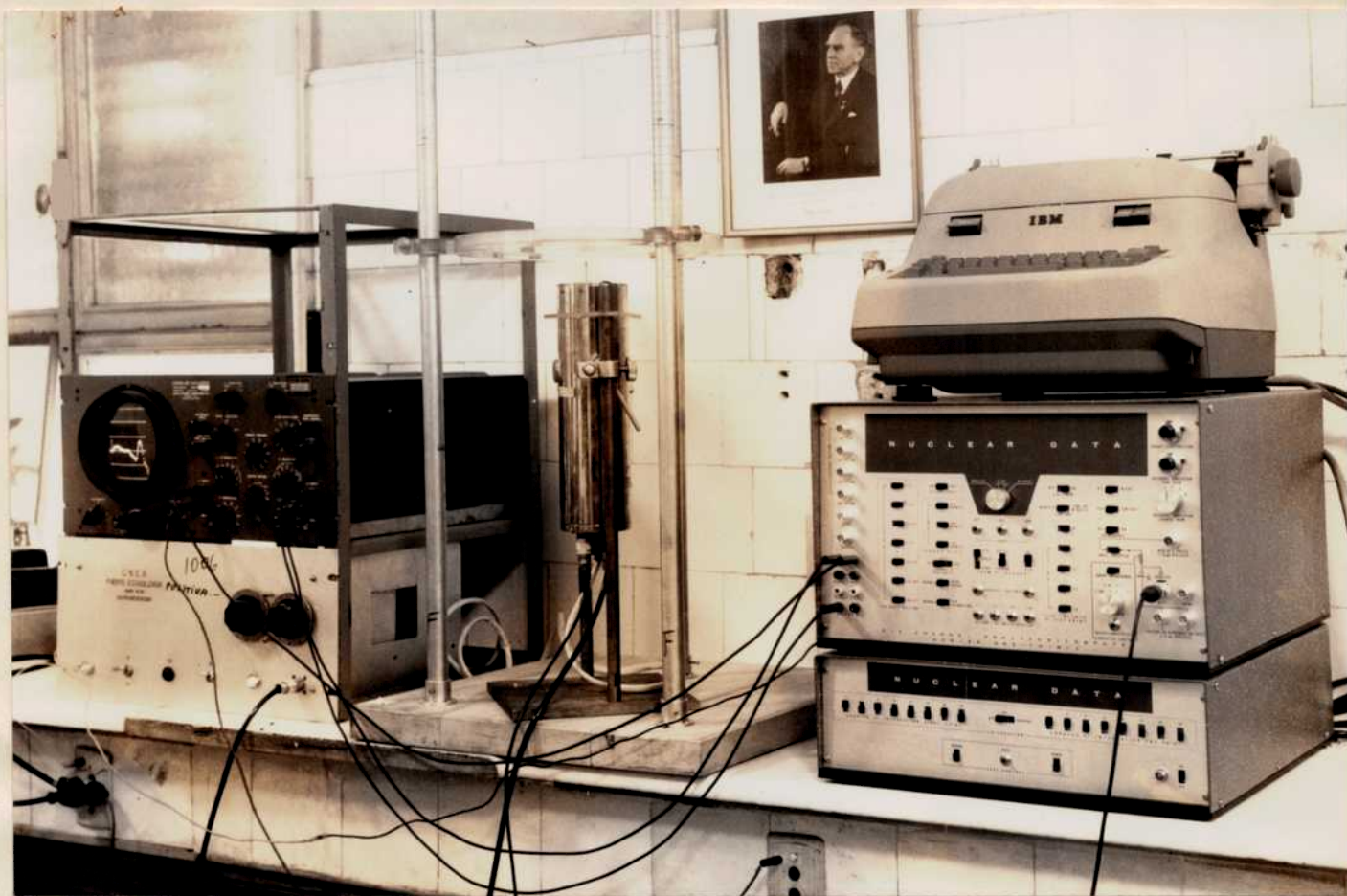


FIGURA 3.- Analizador multicanal de 512 canales "Nuclear Data", model ND 130 A T.-

Esto disminuye el tiempo necesario para determinar un espectro completo, además, en el caso de períodos cortos, permite mucha mayor exactitud en las mediciones, mejorando considerablemente la estadística.

Para efectuar las mediciones de la radiación gamma de los preparados se utilizó un analizador de 512 canales, marca "Nuclear Data", modelo ND 130 AT N° de serie 61-767 A; la descripción de sus características puede ser consultada en el manual de instrucción (8).

Se muestra su fotografía en la figura N° 3.

Medición de áreas - Analizador multicanal:

Cuando se ha analizado el espectro utilizando el multicanal, el área dentro de un cierto intervalo puede obtenerse en forma directa sumando las velocidades de conteo registradas en cada uno de los canales, las que se leen en el registro numérico correspondiente.

BUSQUEDA DEL ISOMERO I¹²⁶

Para asegurarse acerca de la existencia del I¹²⁶ de / 2,6 horas se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1ª) Se irradió iodato de potasio con deuterones según la reacción



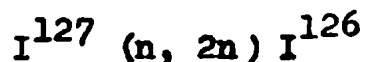
Se separó químicamente el yodo puro según la marcha / anteriormente descripta y se realizaron mediciones con conta dor Geiger-Müller de ventana, contador proporcional 4π y es pectrómetro gamma tipo multicanal para ver si aparece el // I¹²⁶ de 2,6 horas.

Se comenzaron las mediciones tres horas después del / fin de irradiación para asegurarse que hubiera decaído sufi cientemente el I¹²⁸ de 25 minutos.

2ª) Se irradió IK con neutrones rápidos (target con / cadmio para eliminar neutrones térmicos).

Se separó yodo puro según la marcha química que figu ra anteriormente y se realizaron mediciones con contador / Geiger-Müller de ventana, contador proporcional 4π y es pectrómetro de centelleo.

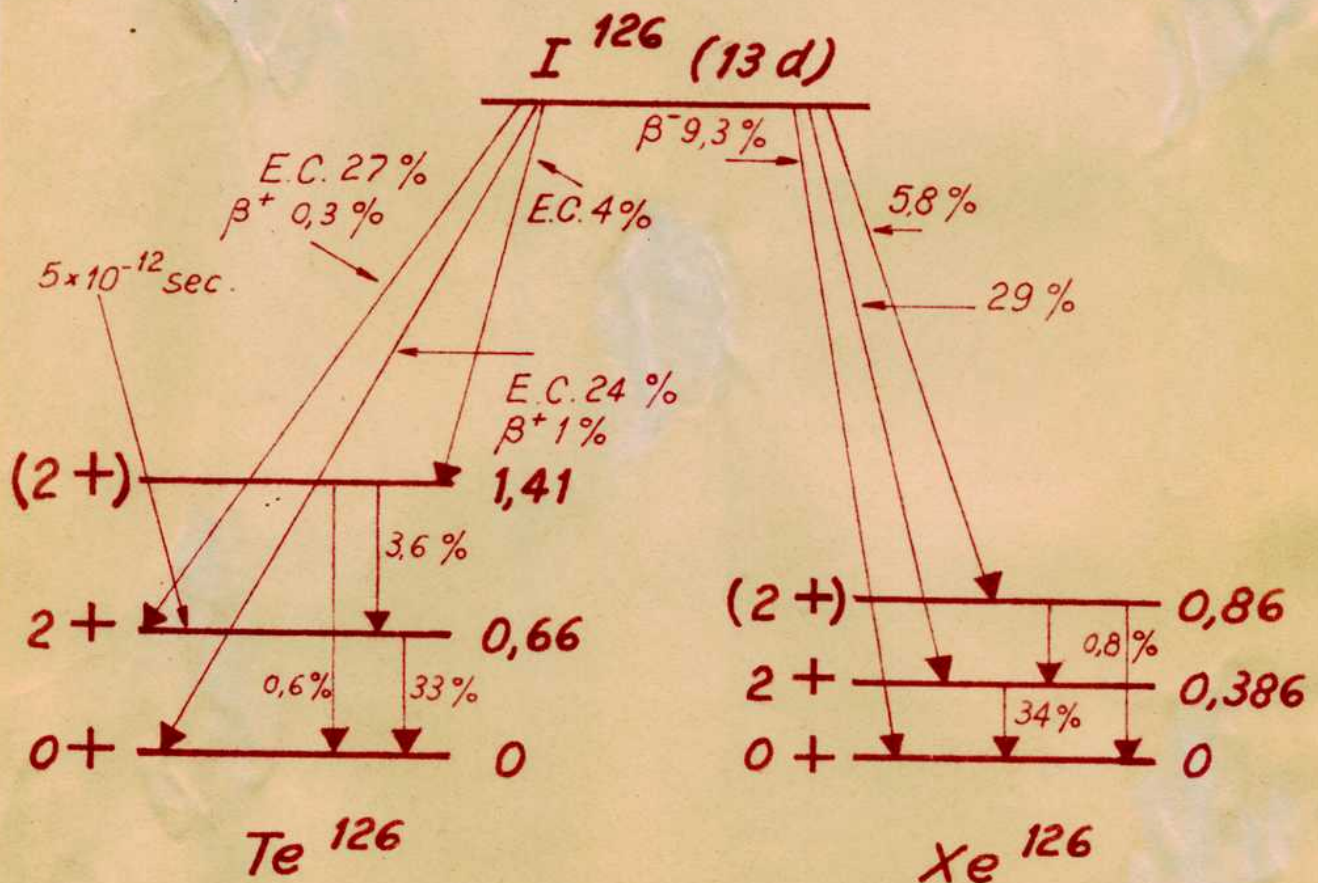
La reacción nuclear correspondiente es la siguiente:



Se efectuaron las mediciones con Geiger-Müller prime- ro sin absorbente y luego colocando una chapita de berilio / para detener radiaciones beta.

Se utilizó chapita de 5μ de berilio, o sea $///$
 $900 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$ que detiene radiaciones beta de aproximadamente /
 1,8

Esquema de desintegración del I^{126}



El espectro de la muestra de Iodo irradiado con deuterones, tomado tres horas después de la irradiación se observa en la figura 4.

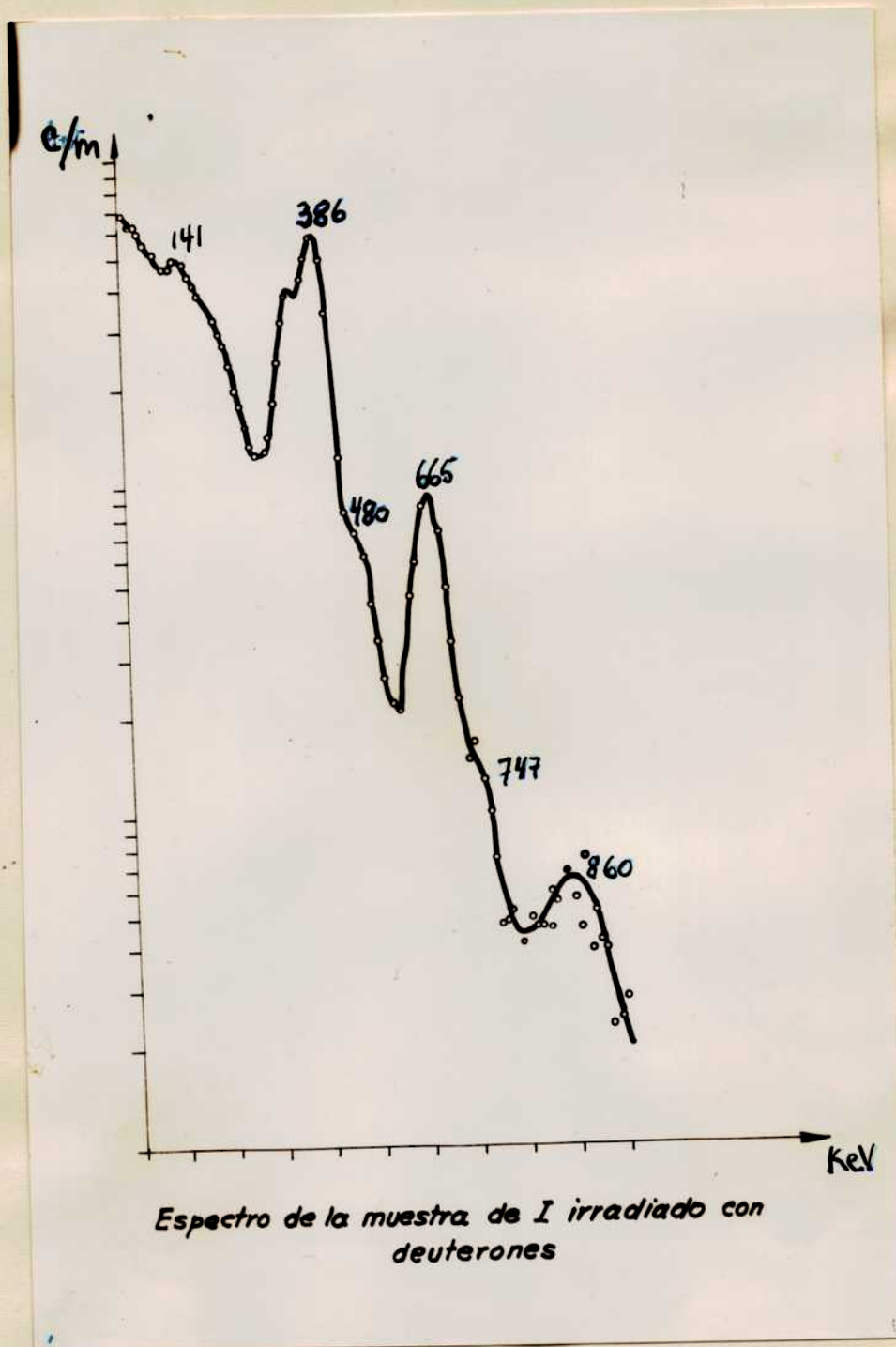


FIGURA 4

En dicho espectro se observan los picos correspondientes a las energías de 141, 386, 480, 665, 745 y 860 KeV.

El espectro de la muestra de iodo irradiado con // deuterones, tomado 8 horas 10 minutos después de la irradiación se representa en la figura 5.

En dicho espectro se observan los picos correspondientes a las energías de 386, 480, 665, 747 y 860 KeV.

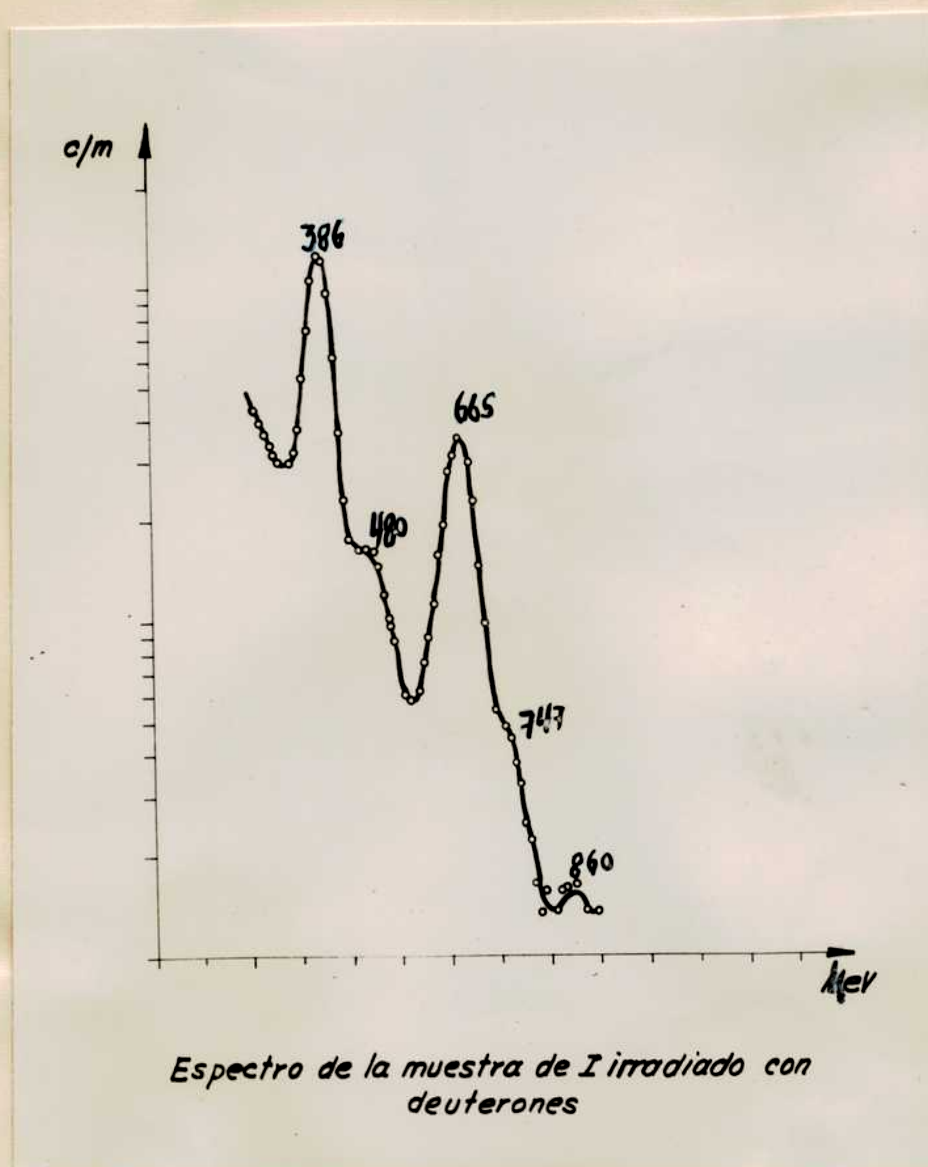


FIGURA 5

El espectro de la muestra de iodo irradiado con deuterones, tomado 8 horas 40 minutos después del fin de irradiación se representa en la figura 6.

En dicho espectro se observan los picos correspondientes a las energías de 386, 480, 665, 747 y 860 KeV.

En la figura 6 se observa que han desaparecido las contribuciones a los rayos de 439, 530 y 755 KeV del I^{128} de 25 minutos

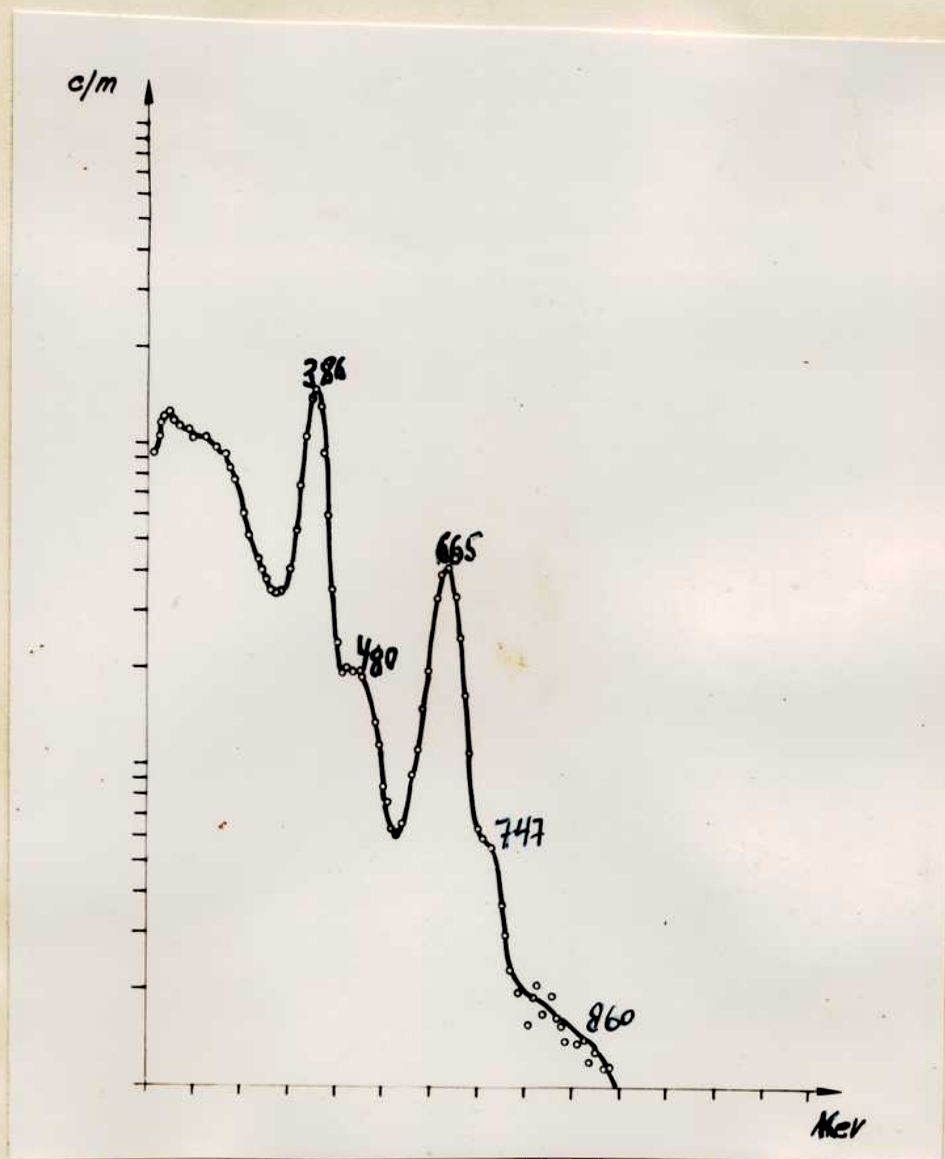


FIGURA 6

ANALISIS DE LAS CURVAS DE DESINTEGRACION

Se siguieron los períodos de desintegración de los / rayos de 141, 386, 439, 480, 530, 665, 747, 755 y 860 KeV, para lo cual se consideraron las actividades correspondientes a los canales elegidos que abarcan los picos convenientes en el espectro, y se realizaron las curvas de desintegración de cada uno de ellos.

En la figura 7 se representaron las actividades de la fracción iodo obtenida irradiando iodato de potasio con deuterones, en función del tiempo transcurrido después del fin de irradiación.

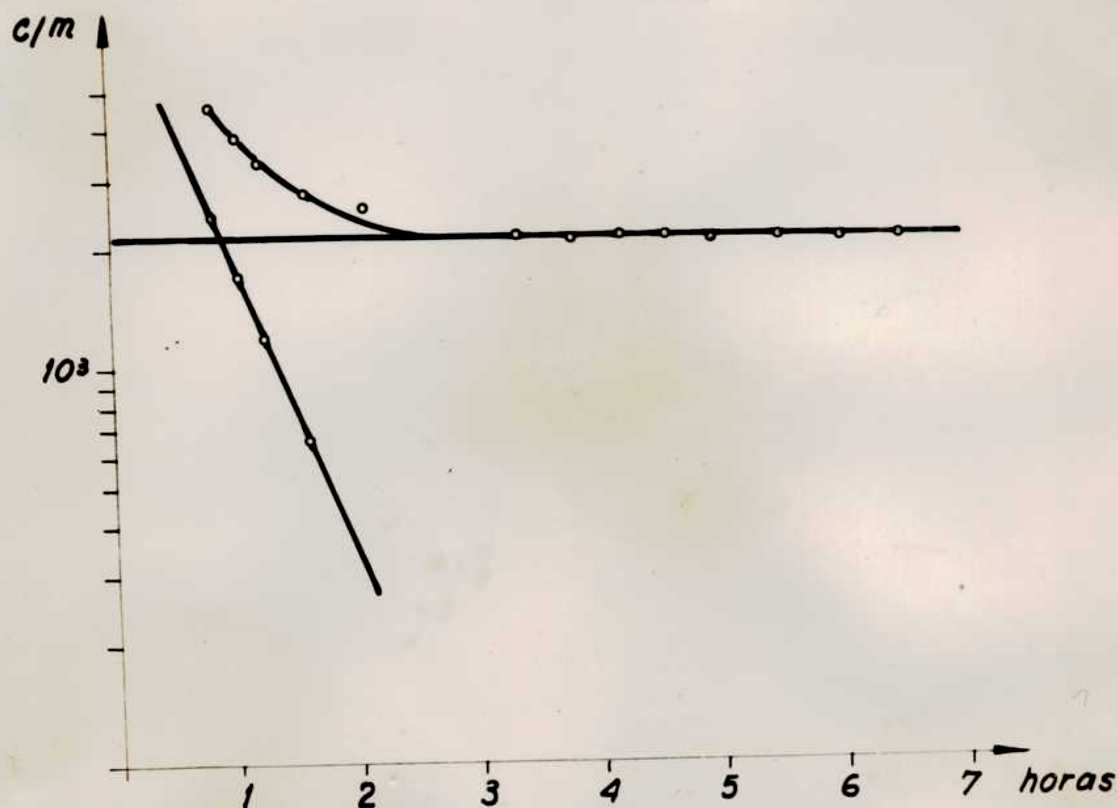
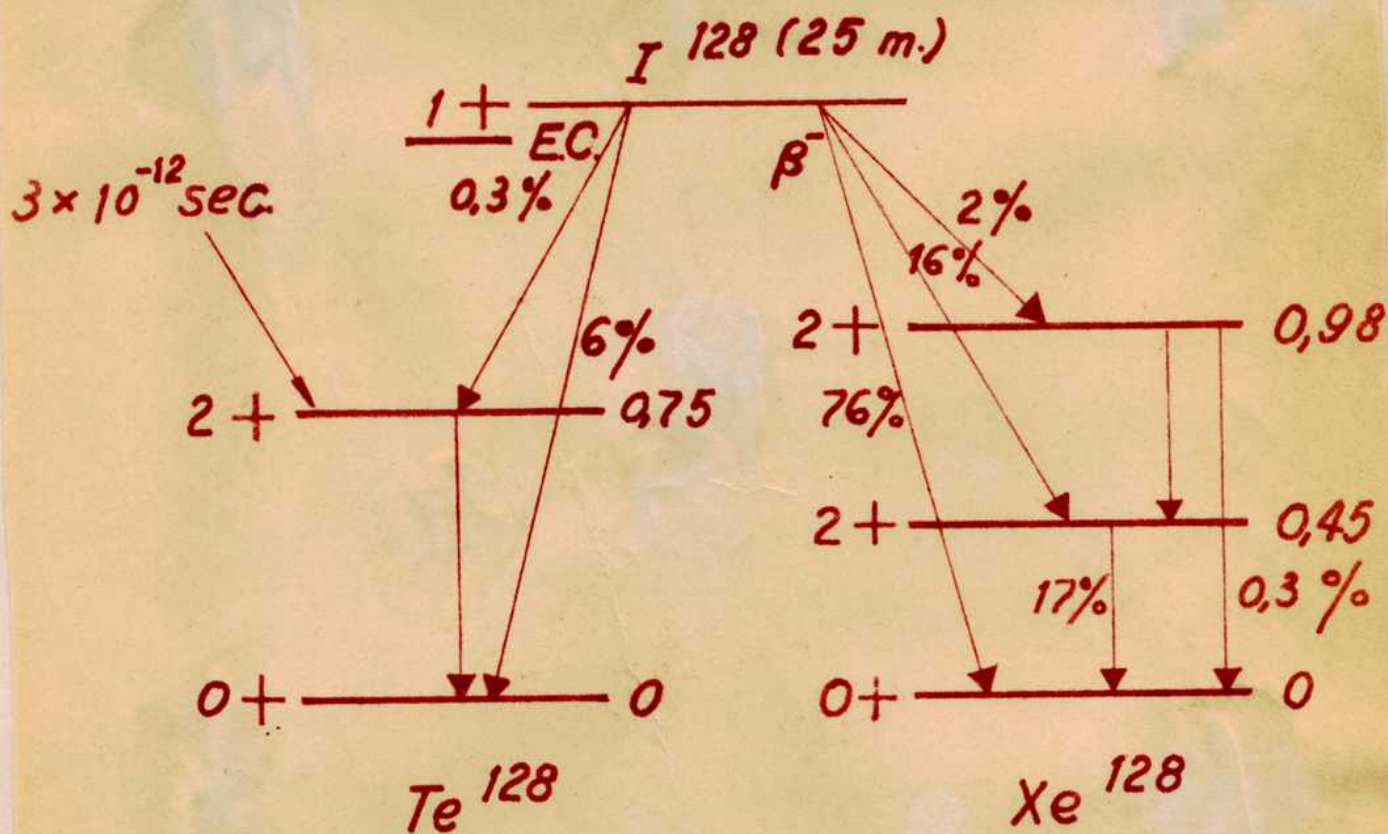


FIGURA 7

Esquema de desintegración del I^{128}



Los esquemas completos fueron tomados de Phys. Rev. (9)

Se irradió iodato de potasio con neutrones de 28 MeV. Se separó yodo según la marcha química anteriormente descrita y se midió la radiación gamma en el multicanal cuya descripción figure previamente.

Las mediciones se iniciaron tres horas después del fin de irradiación para permitir que decayera el I^{128} de 25 minutos.

Las curvas de desintegración se efectuaron considerando las partes significativas de los espectros, es decir, los valores máximos de los fotopicos correspondientes.

Las curvas de distribución de alturas de pulsos se obtuvieron graficando en ordenadas las velocidades de conteo registradas en cada uno de los canales del multicanal y en abscisas se indicaron las energías correspondientes a esas velocidades de conteo, expresadas en KeV.

Se representaron gráficamente los espectros correspondientes a la muestra de yodo irradiado con neutrones.

Se hicieron 14 gráficos de los espectros de la muestra de yodo irradiado con neutrones, que fueron tomados 3 hs., 3 hs. 13 min., 3 hs. 25 min., 3 hs. 47 min., 4 hs. 17 min., 5 hs. 30 min., 5 hs. 58 min., 6 hs. 21 min., / 6 hs. 44 min., 7 hs. 7 min., 7 hs. 40 min., 8 hs. 12 min., 8 hs. 42 min. y 9 hs. 5 min. respectivamente, después del fin de irradiación.

Se seleccionaron tres de dichos espectros.

La actividad fue seguida sobre el rayo de 141 KeV.

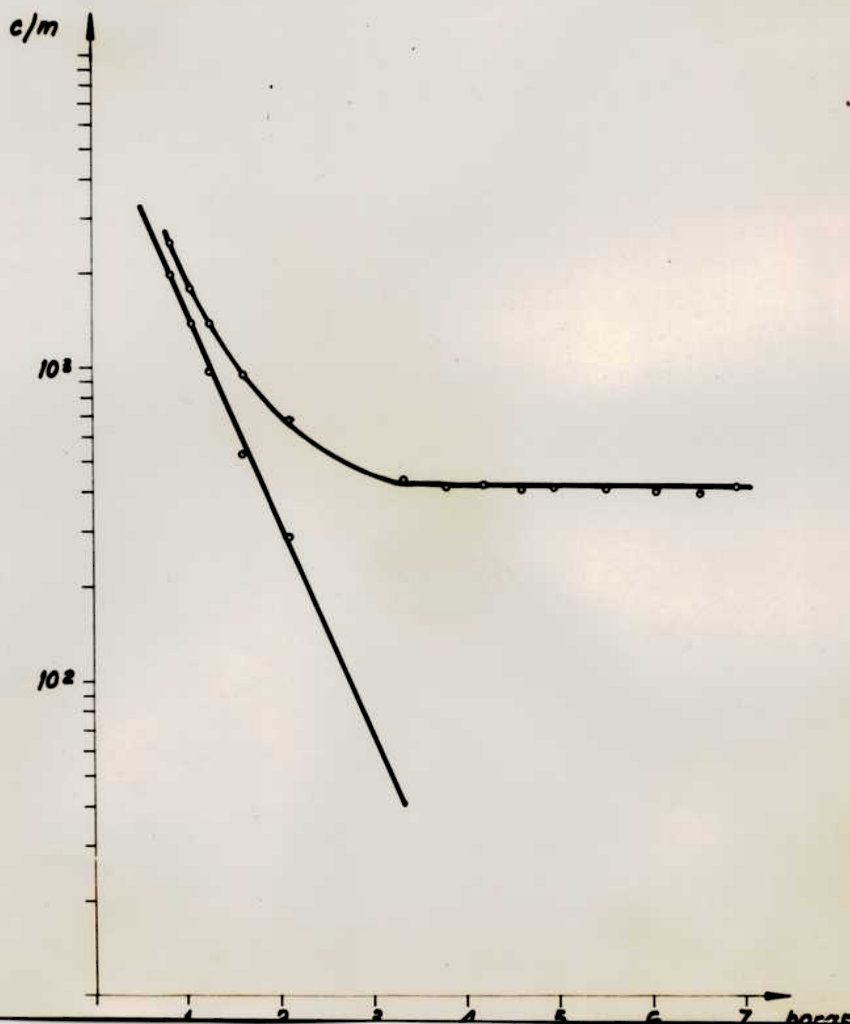
En dicha figura se observan dos períodos, uno largo, que corresponde al I^{126} de 13 días y otro corto que / corresponde al I^{128} de aproximadamente 25 minutos.

En la figura 8 se representaron las actividades de la fracción iodo obtenida irradiando iodato de potasio / con deuterones en función del tiempo.

La actividad fue seguida sobre el rayo de 386 KeV.

En dicha figura se observa un período largo que / corresponde al I^{126} y otro período corto, de aproximada- mente 25 minutos, que corresponde al I^{128} .

FIG. 8



En la figura 9 se indica la curva de desintegración de la fracción iodo obtenida de la irradiación de / iodato de potasio con deuterones.

La actividad fue seguida sobre las energías de / 439 KeV.

En dicha figura se observan dos períodos, uno largo que corresponde al I^{126} y otro corto que corresponde al I^{128} , de 25 minutos

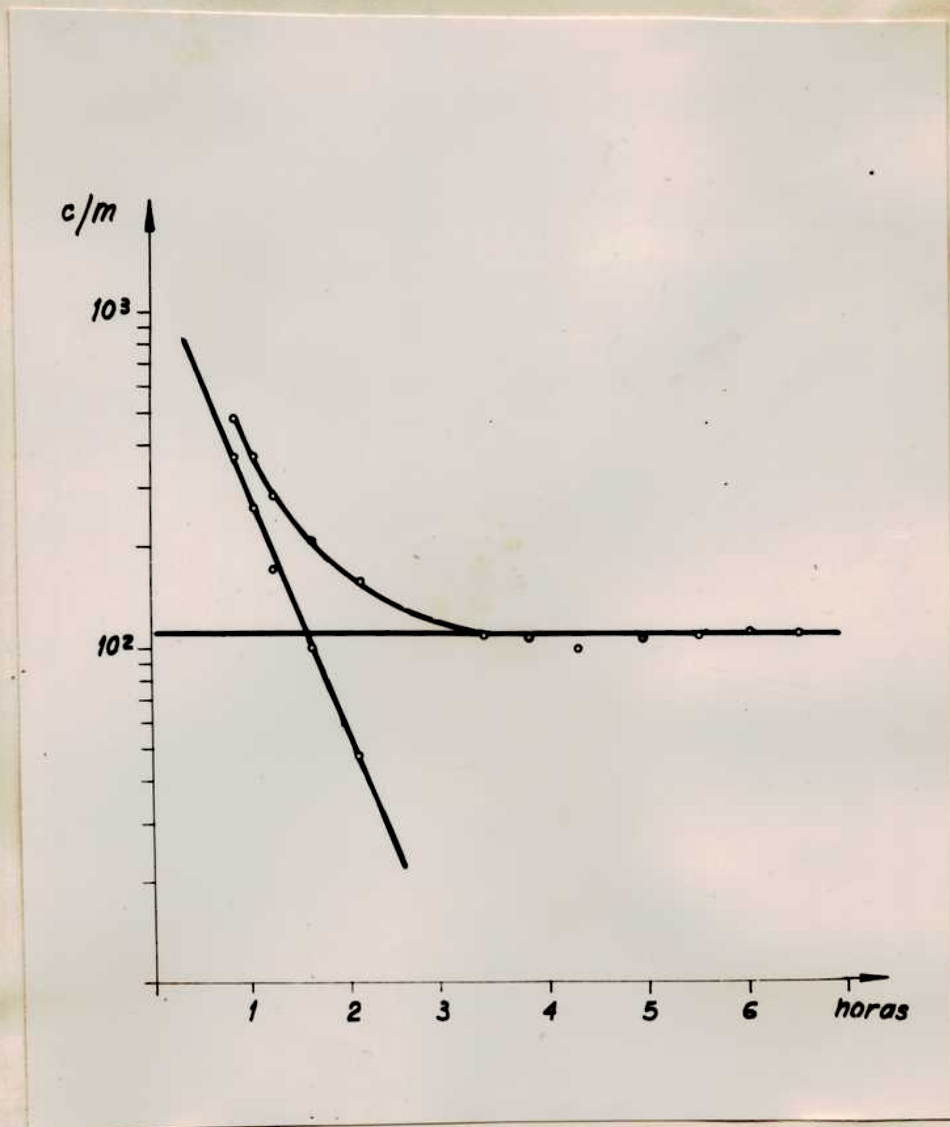


FIGURA 9

En la figura 11 se representaron las actividades de la fracción iodo obtenida irradiando iodato de potasio con deuterones.

Las actividades fueron seguidas sobre el rayo de / 665 KeV.

En dicha figura se observa sólo un período largo / que corresponde al I^{126} .

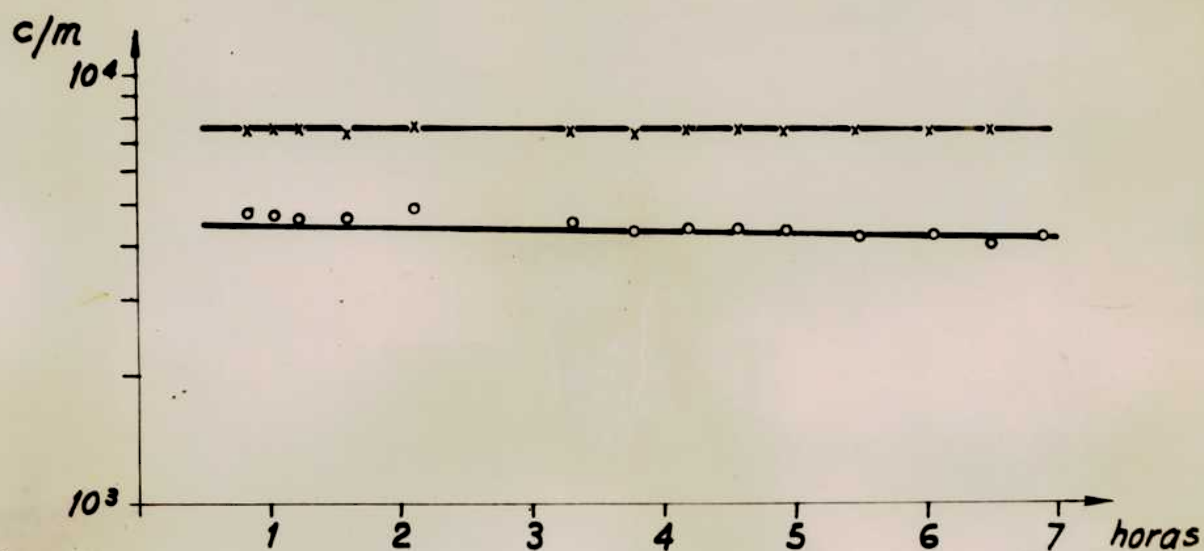


FIGURA 11

En la figura 12 se representaron las actividades correspondientes a la fracción iodo obtenida irradiando iodo de potasio con deuterones.

Las actividades fueron seguidas sobre el rayo de / 860 KeV.

En dicha figura se observa el período largo correspondiente al I^{126} y el período corto, correspondiente al I^{128} , de 25 minutos.

En ninguna de las curvas se ve un período de 2,6 horas correspondiente al isómero del I^{126}

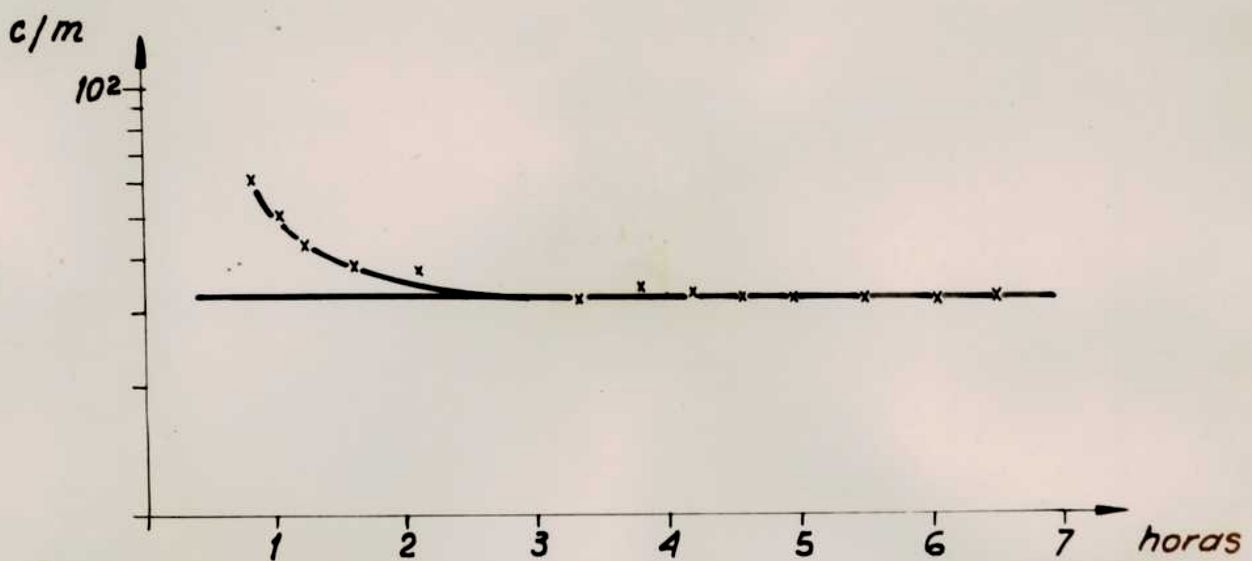
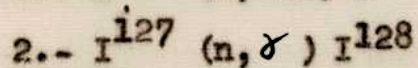
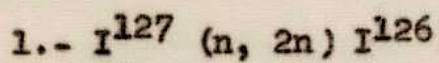


FIGURA 12

IRRADIACION DE MUESTRAS DE IODO CON NEUTRONES

Se irradió yoduro de potasio con neutrones.

Las reacciones nucleares involucradas son las siguientes:



Se extrajo iodo de acuerdo a la marcha indicada anteriormente.

Las mediciones de la actividad beta fueron hechas con el equipo antes descrito, que posee un tubo de Geiger-Müller como elemento de detección.

En la figura 13 se representan las actividades de la fracción iodo obtenida irradiando I^{127} con neutrones.

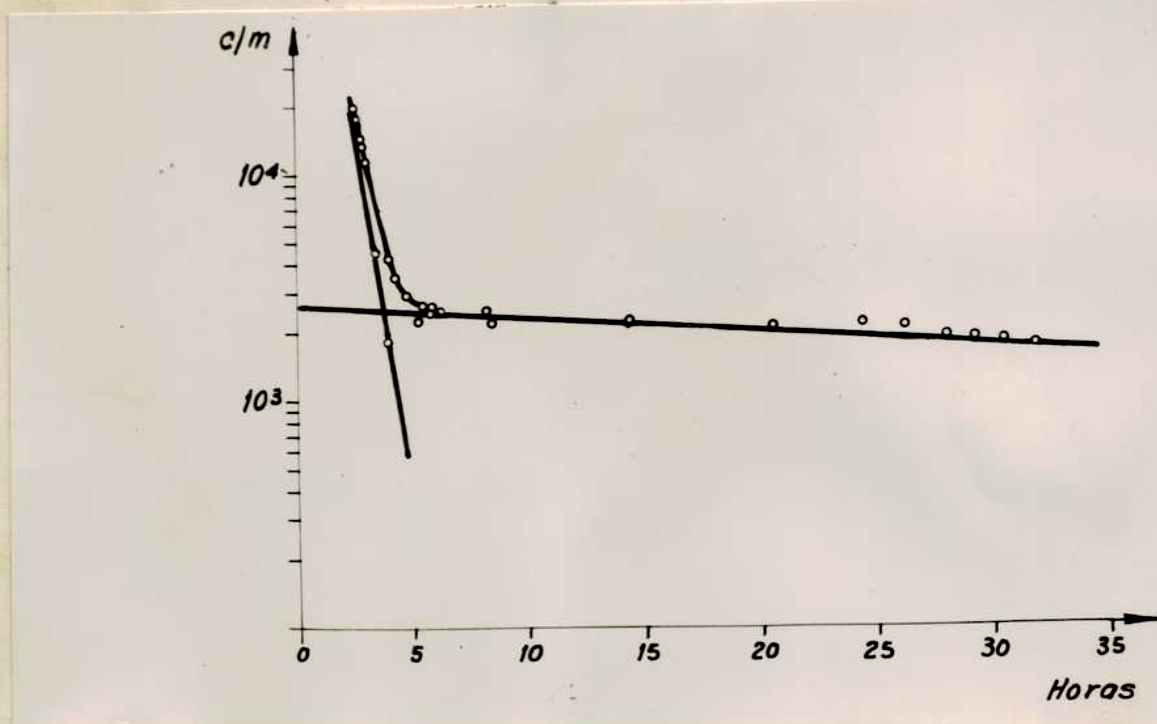
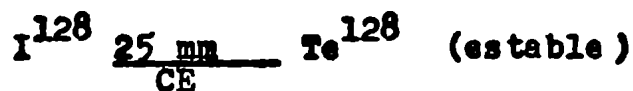
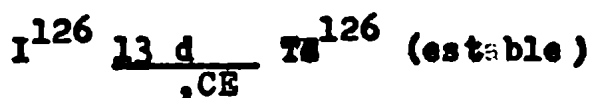
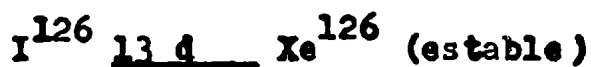


FIGURA 13

El análisis de la curva de desintegración obtenida permite diferenciar dos componentes:

Uno que decae con un período de 25 minutos y otro muy largo que corresponde al I^{126} . En ninguna porción de la curva hay indicios de la existencia del isómero del I^{126} de 2,6 horas.

Los procesos de desintegración son los siguientes:



BUSQUEDA DEL ISOMERO Au¹⁹⁶ DE 10 HORAS

Para asegurarse acerca de la existencia del isómero del Au¹⁹⁶ de 10 horas se realizaron los siguientes pasos:

1ª) Se irradió oro con deuterones. Se hizo la separación química según la marcha antes descrita para purificar el oro y se midió la muestra con contador proporcional 4π y contador Geiger-Müller de ventana.

En otra porción de la muestra se midieron simultáneamente los rayos gamma en un multicanal, para seguir los períodos de semidesintegración, especialmente sobre los rayos de 67 KeV (rayo X) y los de 354 y 426 KeV, pertenecientes al Au¹⁹⁶ de 5,6 días para comprobar si éste se forma a partir del Au¹⁹⁶ de 10 horas.

2ª) Se irradió oro con neutrones rápidos y se realizó la separación química del oro ya mencionada.

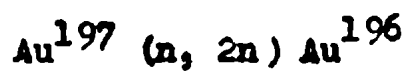
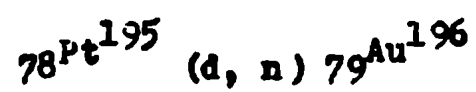
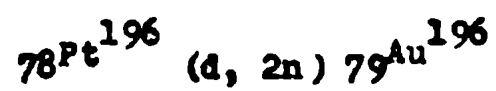
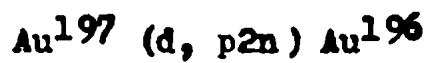
Se realizaron las mediciones de las actividades con contador proporcional 4π contador Geiger-Müller de ventana y analizador multicanal.

Las conclusiones de esta medición son interesantes / debido a que no se forma el Au¹⁹⁶ de 2,6 días, ya que la / irradiación se realizó con chapa de cadmio para evitar neutrones térmicos.

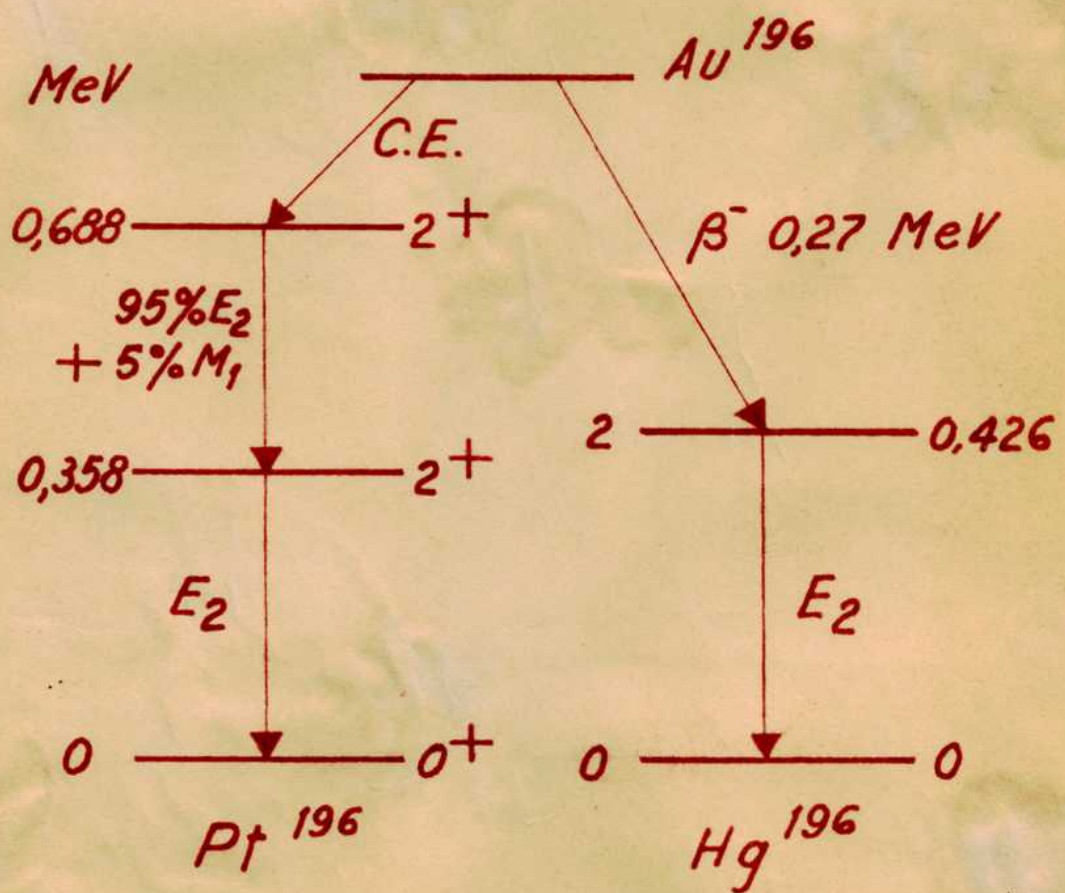
También se trató de observar la presencia de radiación gamma de energía del orden de 100 KeV o menor, que se-

ría la transición electromagnética entre 10 horas y 5,6 / días (si no está muy convertida la transición isomérica).

REACCIONES NUCLEARES



Esquema de desintegración del Au¹⁹⁶



Mediciones mediante un tubo de Geiger-Müller de radiaciones beta de diferentes muestras de oro:

Cuando se hace una reacción (d,p 2 n) sobre Au¹⁹⁷, simultáneamente se produce mucho Au¹⁹⁸ de 2,7 días por reacción (d,p) sobre Au¹⁹⁷.

Ese Au¹⁹⁸ interfiere en la medición. Por eso es preferible usar la reacción (n, 2 n) irradiando con blanco de berilio y rodeando la muestra a irradiar con un espesor de cadmio a fin de eliminar neutrones térmicos.

Eso evita la posibilidad de formación de Au¹⁹⁸ por reacción (n, γ).

Se irradió Au con neutrones en el sincrociclotrón de la Comisión Nacional de Energía Atómica y se efectuaron las curvas de desintegración de la fracción Au purificada de acuerdo con la marcha química ya expuesta.

En la figura 14 se observa la curva de desintegración de la fracción Au obtenida irradiando Au con neutrones

El período de 10 horas observado en la medición con tubo Geiger-Müller puede provenir ya sea de la desintegración beta de un nivel del período indicado que se encuentre por encima del nivel de 5,6 días o de la conversión de algún rayo gamma de baja energía proveniente de la desexcitación del nivel de 10 horas.

Análisis de la curva de desintegración de la fracción Au obtenida irradiando Au con neutrones

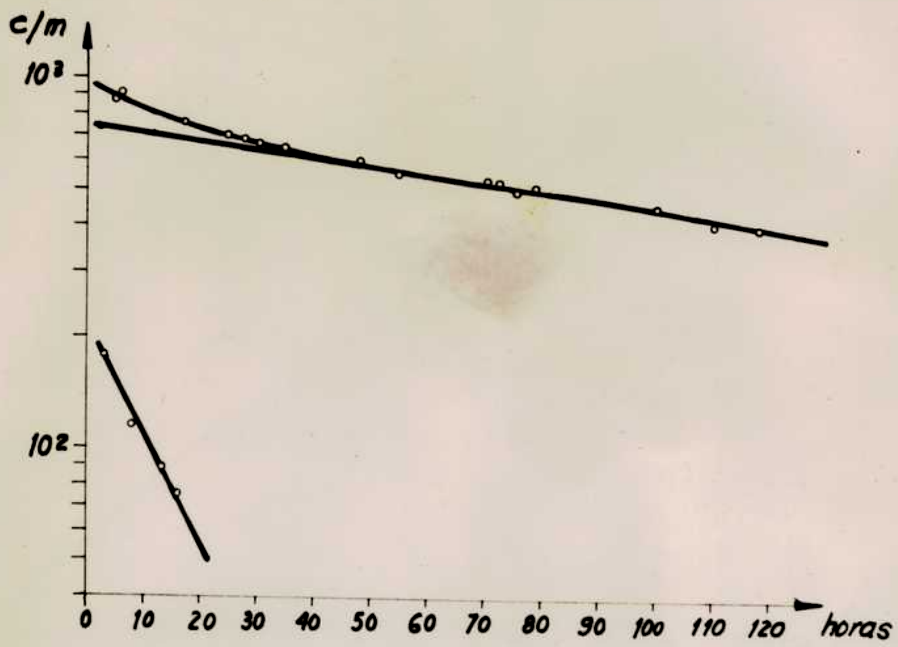
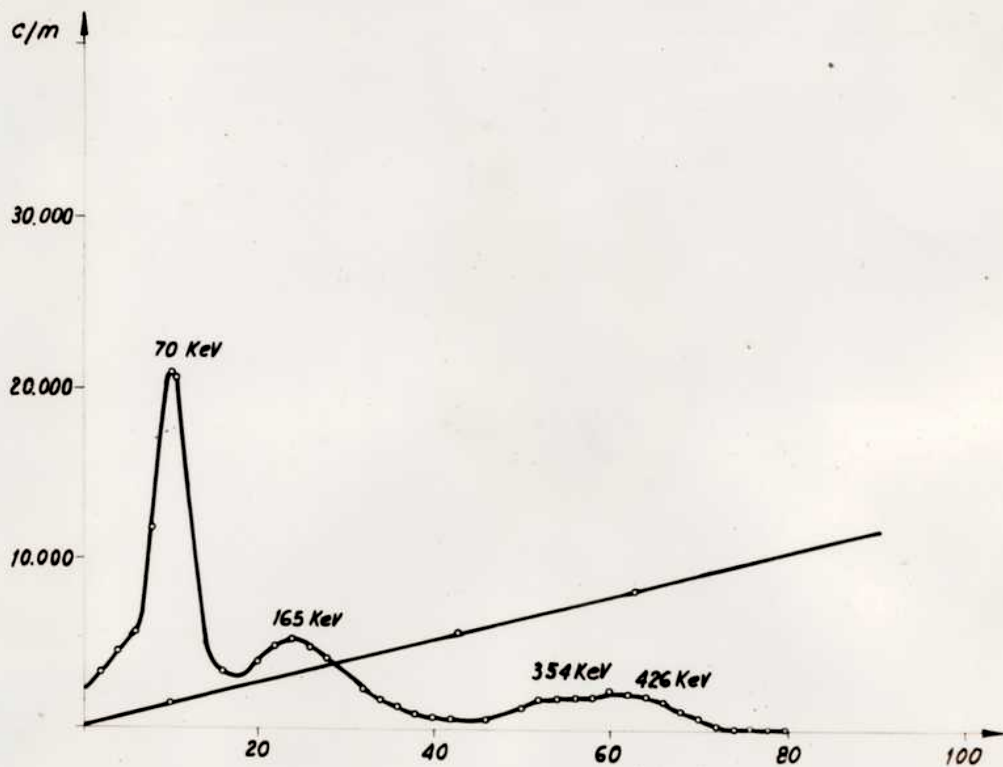


FIGURA 14

MEDICIONES EFECTUADAS CON EL ESPECTRÓMETRO DE CENTELLEO

Análisis de las curvas de desintegración de la fracción Au
obtenida irradiando Au con deuterones:

Se irradió Au con deuterones y se midieron el rayo X y los rayos gamma de 354 y 426 KeV, desde dos horas después del fin de irradiación. Se realizaron varias experiencias para determinar el período de desintegración del Au¹⁹⁶. En la fig. 15 se observa el espectro del Au¹⁹⁶, obtenido irradiando Au¹⁹⁷ con deuterones.



Espectro del Au¹⁹⁶ obtenido según la reacción Au¹⁹⁷(d,p_{2n})Au¹⁹⁶

FIGURA 15

En dicho espectro se observan los picos correspondientes a 70, 165, 354 y 426 KeV.

La recta que se ve en la figura corresponde a la calibración del espectrómetro en energías.

Se construyeron las curvas de desintegración considerando las partes significativas de los espectros.

La fig. 16 muestra la curva de desintegración del ^{196}Au obtenida irradiando oro con deuterones, seguida sobre el rayo de 70 KeV. En dicha curva se observan dos períodos, correspondientes a ambos isómeros del Au^{196} . Uno corto, de 9,8 horas y otro más largo, correspondiente al Au^{196} de 5,6 d.

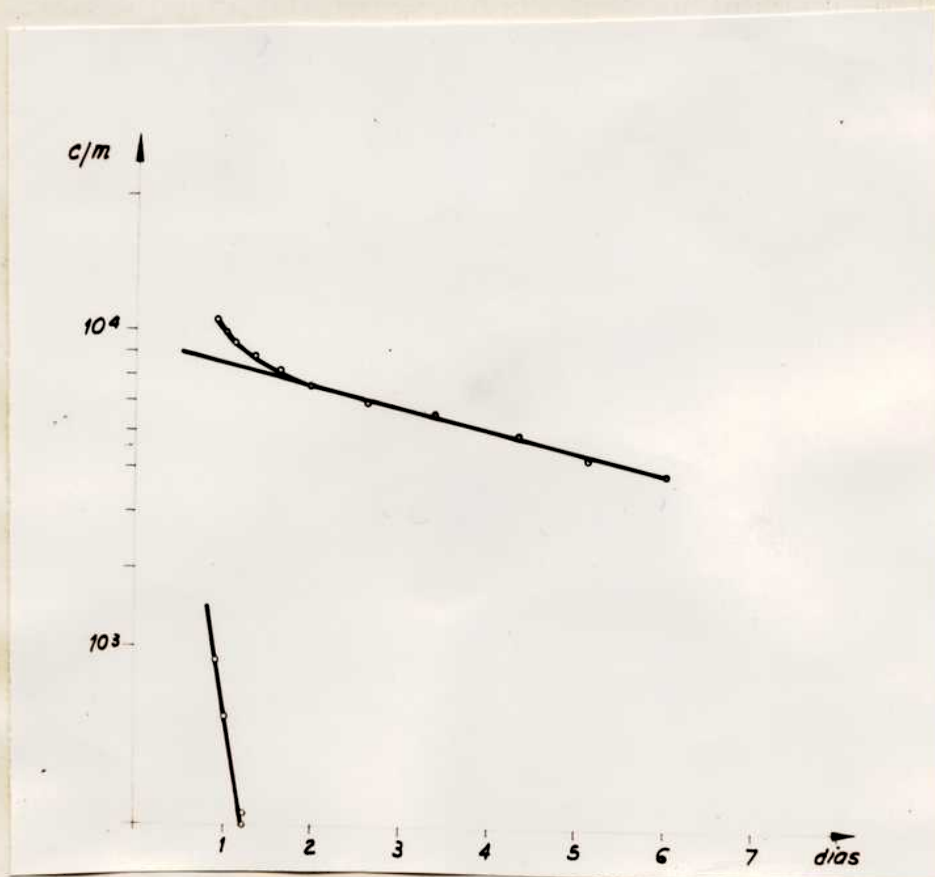


FIGURA 16

La figura 17 muestra la curva de desintegración del Au^{196} , seguida sobre el rayo de 165 KeV.

En dicha curva se observan dos periodos, uno de 10,2 horas y otro que corresponde al Au^{196} de 5,6 días.

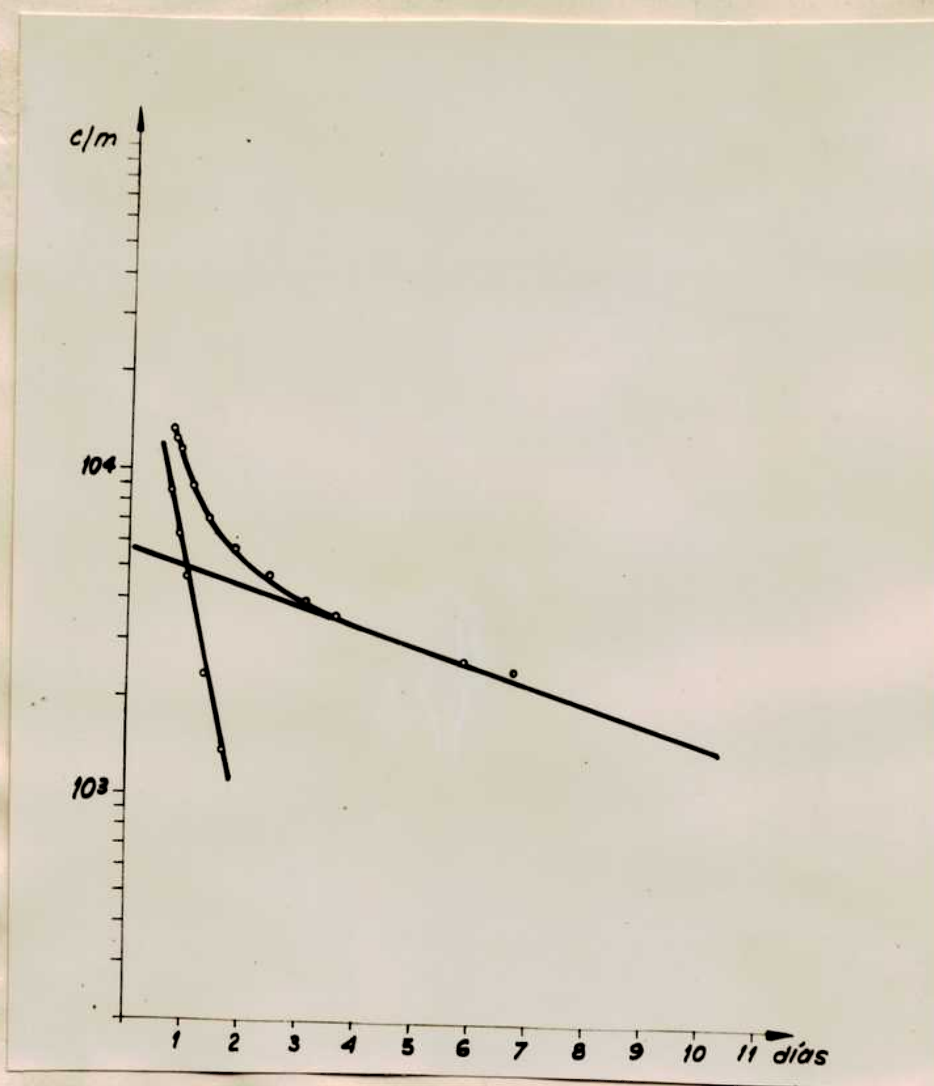


FIGURA 17

El rayo de 425 KeV muestra una mezcla de períodos de 2,7 y 5,6 días correspondientes al Au^{198} y Au^{196} , respectivamente.

El rayo de 354 KeV desintegra con un período de 5,6 días correspondientes al Au^{196} . Si suponemos que el nivel de 10 horas del Au^{196} se encuentra por encima del nivel de 5,6 días del mismo nucleído, la medición del rayo gamma de 354 KeV nos parece confirmar que en la reacción (d,p 2 n) con deuterones de 28 MeV, el nivel fundamental del Au^{196} se produce en mucha mayor proporción que el excitado de 10 horas.

Curvas de desintegración de la fracción Au obtenida irradiando Au con neutrones rápidos:

Las curvas de desintegración de los rayos del γ del $Au^{196m/196}$ obtenido por reacción $(n, 2n)$ sobre Au^{197} muestran períodos semejantes a los obtenidos por reacción $(d, p2n)$ con exclusión del rayo de 425 KeV que corresponde al Au^{198} y que no obtiene irradiando con neutrones.

La actividad obtenida irradiando con neutrones rápidos fué siempre inferior a la obtenida bombardeando con deuterones.

Para las mediciones se utilizó el espectrómetro de centelleo cuya descripción figura anteriormente.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

I^{126} de 2,6 horas:

De las mediciones efectuadas puede concluirse que el I^{126} encontrado por Pappas et al, irradiando iodo con protones de 170 MeV no aparece en las reacciones (d,p 2 n), (n, 2 n) o (n, γ) en las energías en las que se trabajó.

Au^{196} de $10 \pm 0,5$ horas:

Del estudio indicado en páginas anteriores parece // concluirse que por reacciones (d, p2 n) y (n,2 n) se obtiene, en la fracción oro, un período de $10 \pm 0,5$ horas. El error indicado es la desviación máxima con respecto al valor medio, de un promedio de diez determinaciones.

La asignación al número de masa 196, hecha por Wilkinson (2) y Mae Millan (3), parece confirmarse con nuestras determinaciones.

El hecho de observarse un período de 10 horas en las mediciones beta, utilizando como detector un tubo Geiger-Müller, permite suponer que el período corresponde a un nivel con emisión beta e con emisión de rayos gamma blandos y muy convertidos.

El mismo período observado en los rayos gamma de 70 y 165 KeV, parece confirmar que en realidad se trata de un ni-

vel emisor gamma que se encuentra por encima del nivel fundamental de 5,6 días del Au¹⁹⁶ y que se desexcita a través de rayos gamma de 70 y 165 KeV.-

También cabe la posibilidad de que el rayo de 70 KeV sea el rayo X obtenido como consecuencia de una gran conversión en el rayo gamma de 165 KeV o energías cercanas. La resolución de nuestro sistema de detección gamma no permite asegurar si el rayo de 165 KeV no corresponde, en realidad, a una mezcla de rayos de energías muy próximas.-

Isamu Aida

Louisa Dressler

INDICE DE FIGURAS

- Fig. 1.-** (Foto) Tubo contador colocado en la caja soporte y piezas que componen el castillo de plomo.-
- Fig. 2.-** Espectrómetro de centelleo.-
- Fig. 3.-** Analizador multicanal de 512 canales "Nuclear Data", Model ND 130 AT.-
- Fig. 4.-** Espectro de la muestra de I, irradiado con deuterones, tomado tres horas después de la irradiación.-
- Fig. 5.-** Espectro de la muestra de I, irradiado con deuterones, tomado 8 horas 10 minutos después de la irradiación.-
- Fig. 6.-** Espectro de la muestra de I, irradiado con deuterones tomado 8 horas 40 minutos después de la irradiación.-
- Figs. 7, 8, 9, 10, 11 y 12.-** Análisis de las curvas de desintegración de la fracción I, obtenida irradiando 103K con deuterones.-
- Fig.13.-** Análisis de la curva de desintegración de la fracción I, obtenida irradiando 103 K con Neutrones.-
- Fig.14.-** Análisis de la curva de desintegración de la fracción Au, obtenida irradiando Au con neutrones.-
- Fig.15.-** Espectro del Au^{196} obtenido según la reacción $Au^{197}(d,p 2n) Au^{196}$.-
- Fig.16.-** Análisis de la curva de desintegración del Au^{196} obtenida irradiando Au con deuterones, seguida sobre el rayo de 70 KeV.-
- Fig.17.-** Análisis de la curva de desintegración del Au^{196} obtenida irradiando Au con deuterones, seguida sobre el rayo de 70 KeV.-

BIBLIOGRAFIA

Referencias

- 1) Mac Millan, E.; Kamen, M.- Phys. Rev. 52, 375.-
- 2) Wilkinson, G.- Phys. Rev., 75, 1019.-
- 3) Wilkinson, G.- Phys. Rev., 73, 252 (1948).-
- 4) Aagaard, P.; Andersson, G.; Burgman, J.O. and Pappas, A.C.
J.Inerg.Chem., 5, 105 (1957.-
- 5) Rose, M.E.; Goertzel, G.H.; Spinrad, B.I.; Harr, J.; Strong,
P.- Phys. Rev., 83, 79 (1951)
- 6) Pappas, A.C. Technical Report N° 63 Mass. Inst. of Techn.
Labor. for Nuclear Science, Am.Report, A E C V
2806 (1953).-
- 7) Abecasis, S.M.- Contaje beta absoluto con tubo Geiger //
Miller -Tesis (1958).-
- 8) Nuclear Data, 512 Chanel Analyzer, Model ND 130 AT. Ins-
truction Manual, Nuclear Data Inc., Madison,
Wisconsin.-
- 9) Phys Rev. - 89, 665 (1953).-

Libros de interés general sobre isomería nuclear

Koepfermayer - Nuclear Shell Model / Kai Siegbahn - Beta and Gamma
Ray Spectroscopy.-

Artículos de interés en el presente trabajo

- WAFFLER.- Helv.Phys.Acta, 21, 200, (1948)
- STEFFEN.- Helv.Phys.Acta, 22, 167 (1949)
- STEFFEN.- Phys. Rev., 89, 665 (1953)
- STAHELING.- Phys.Rev., 87, 394 (1952)
- THIEME.- Phys.Rev., 101, 1031 (1956)
- KANE.- Bul. An.Phys.Soc., Ser. II, 2, 25 (1957)
- ALBURGER.- Phys.Rev., 108, 812 (1957)
- LAMBON, J.L. & CORK.- Phys. Rev., 58, 580 (1940)
- POTNIS.- Indian J.Phys., 30, 375 (1956)
- YTHIER, C.- Thesis, Paris (1959)