

DISPERSION DE NEUTRONES RAPIDOS POR PLOMO Y PLATA*

Thomas Bonner**, Fernando Alba ***, Alonso Fernández y Marcos Mazari

Instituto de Física de la Universidad Nacional de México

(Recibido: Enero 31, 1955)

RESUMEN

The total cross section for neutron scattering in lead and silver has been measured using monoenergetic neutrons with energies which were varied from 12.9 to 16.2 Mev. The total cross section in silver becomes smaller as the energy is increased, while the cross section in lead is greater at the higher neutron energies. In the case of lead there appears to be a broad maximum in the cross section curve at a neutron energy of 16 Mev.

Utilizando neutrones con energías de 0 a 2 Mev, el grupo de Wisconsin¹ determinó la sección total de la mayor parte de los elementos. Los resultados mostraron amplias resonancias cuyas posiciones y magnitudes cambian lentamente

* Un resumen de este trabajo fué publicado en el Physical Review, **97**, 985, (1955).

** Rice Institute, Houston, Texas.

*** Becario del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

con número de masa

Una explicación teórica de estas resonancias fué dada por Feshbach, Porter y Weisskopf² utilizando un potencial complejo para el núcleo de la forma:

$$V(r) = -V_0 (1 + i \xi).$$

Nereson y Darden³ encontraron también amplias resonancias utilizando neutrones con energías comprendidas entre 3 y 13 Mev obtenidos en el Reactor Nuclear Rápido de los Alamos, Nuevo México, U.S.A.

En un trabajo posterior, Feshbach, Porter y Weisskopf⁴ encontraron que los valores de V_0 y ξ que concordaban mejor con los datos experimentales para neutrones con energía menor de 1 Mev resultaron:

$$V_0 = 42 \text{ Mev}$$

$$\xi = 0.03$$

El grupo del Rice Institute⁵ al medir la sección inelástica de neutrones de diversos elementos, utilizando neutrones con energías de 4.5 y 14 Mev. encontró que ξ aumenta con la energía.

En el Laboratorio de Física Nuclear del Instituto de Física de la U.N.A.M., uno de los programas de investigación que se están desarrollando consiste en la determinación de la sección nuclear de los elementos para neutrones de diversas energías.

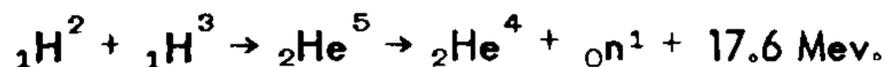
En este trabajo se dan las secciones totales para la plata y el plomo correspondientes a energías de los neutrones de 12.9 a 16.2 Mev.

Los experimentos de Nereson y Darden nos muestran que en el plomo, la sección total para neutrones tiene un mínimo a los 11 Mev, y aumenta a energías mayores. En el experimento que realizamos, tratamos de encontrar donde ocurre ese máximo y el valor de la sección de esta resonancia.

El experimento se llevó a cabo utilizando el acelerador de Van de Graaff

del Instituto de Física, que acelera protones, deuterones o electrones a energías de 2 Mev.

Los neutrones fueron obtenidos al lanzar un haz de deuterones contra un blanco de tritio (T Zr).



La sección para esta reacción presenta un máximo ($\sigma = 4.95$ barns) cuando la energía del deuterón es de 107 Kev, como se muestra en la Fig.1.

El máximo corresponde al nivel de excitación de He^5 de 16.7 Mev.

La reacción es exoenergética siendo $Q = 17.6$ Mev. La mayor parte de esta energía se va como energía cinética del neutrón producido.

La energía del neutrón depende de la energía del deuterón y del ángulo que forme la dirección del neutrón con el haz de deuterones, de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$E_n - \frac{2\sqrt{2}E_d}{5} \cos \theta + \bar{E}_n - \frac{2}{5} E_d - \frac{4}{5} Q = 0$$

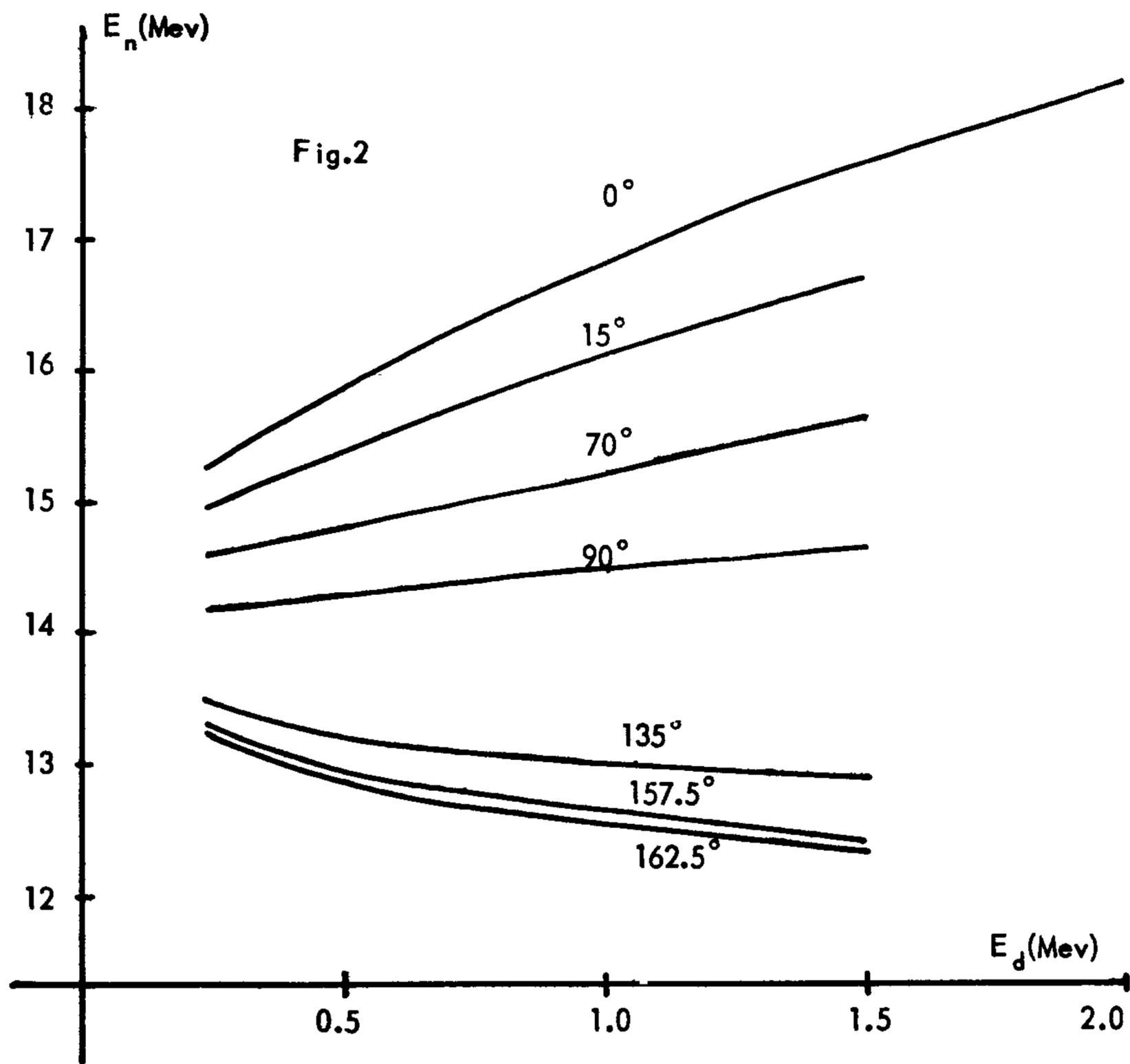
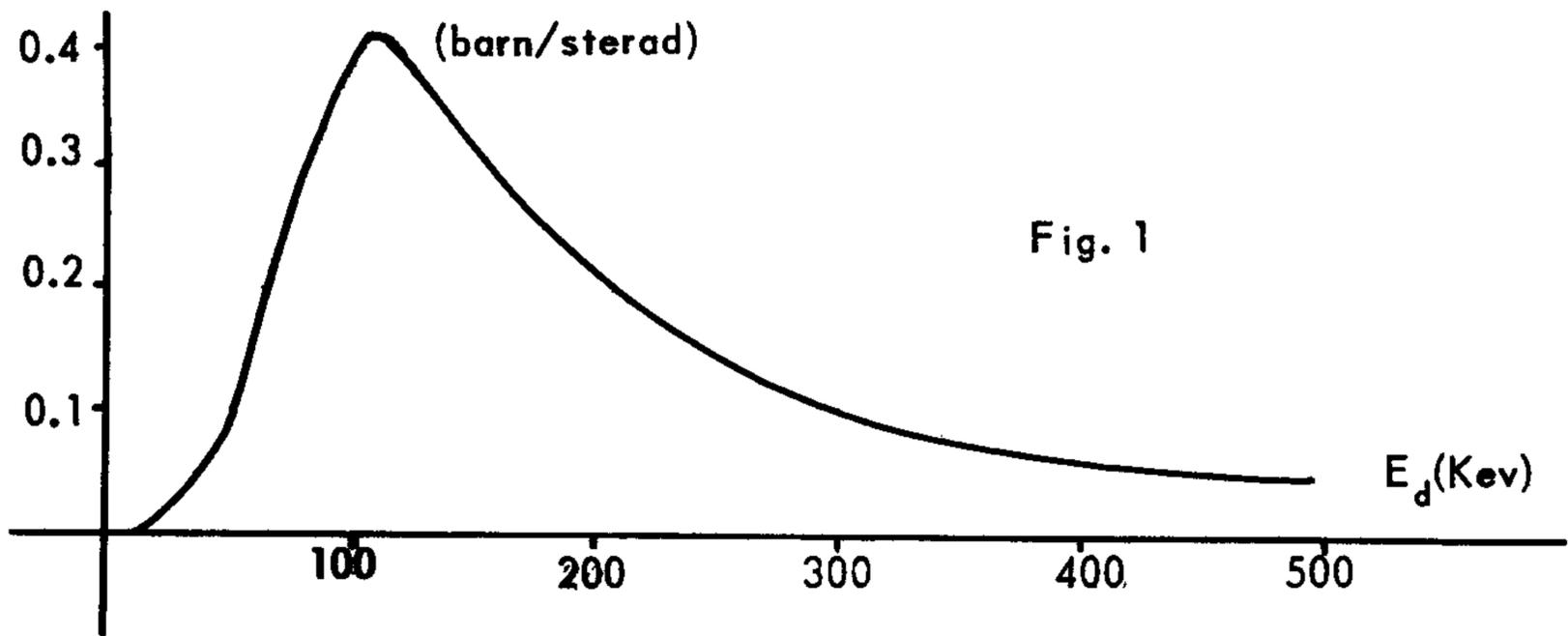
De la ecuación anterior puede encontrarse que la energía de los neutrones obtenidos va de $E_n = 12.3$ Mev para $\theta = 180^\circ$ y $E_d = 2$ Mev hasta $E_n = 18.2$ Mev. para $\theta = 0^\circ$ y la misma energía de deuterones.

En la Fig.2 pueden verse gráficamente las relaciones entre E_n , E_d y θ .

Para obtener las diversas energías del neutrón en el intervalo empleado 12.9-16.2 Mev, se utilizaron diversos ángulos y diversos haces que bajan por el tubo acelerador, masa 2 o sea el haz de deuterones, masa 4 o sea el formado por moléculas ordinarias de deuterio ionizado y el masa 6 o sea la molécula formada por 3 átomos de deuterio ligados por 2 electrones.

Un esquema de los aparatos empleados en el experimento está dado en la Fig.3.

Los neutrones producidos en el blanco (C) pasan a través del dispersor de Pb o Ag y los que no son dispersados van a un detector de centelleo de plástico.



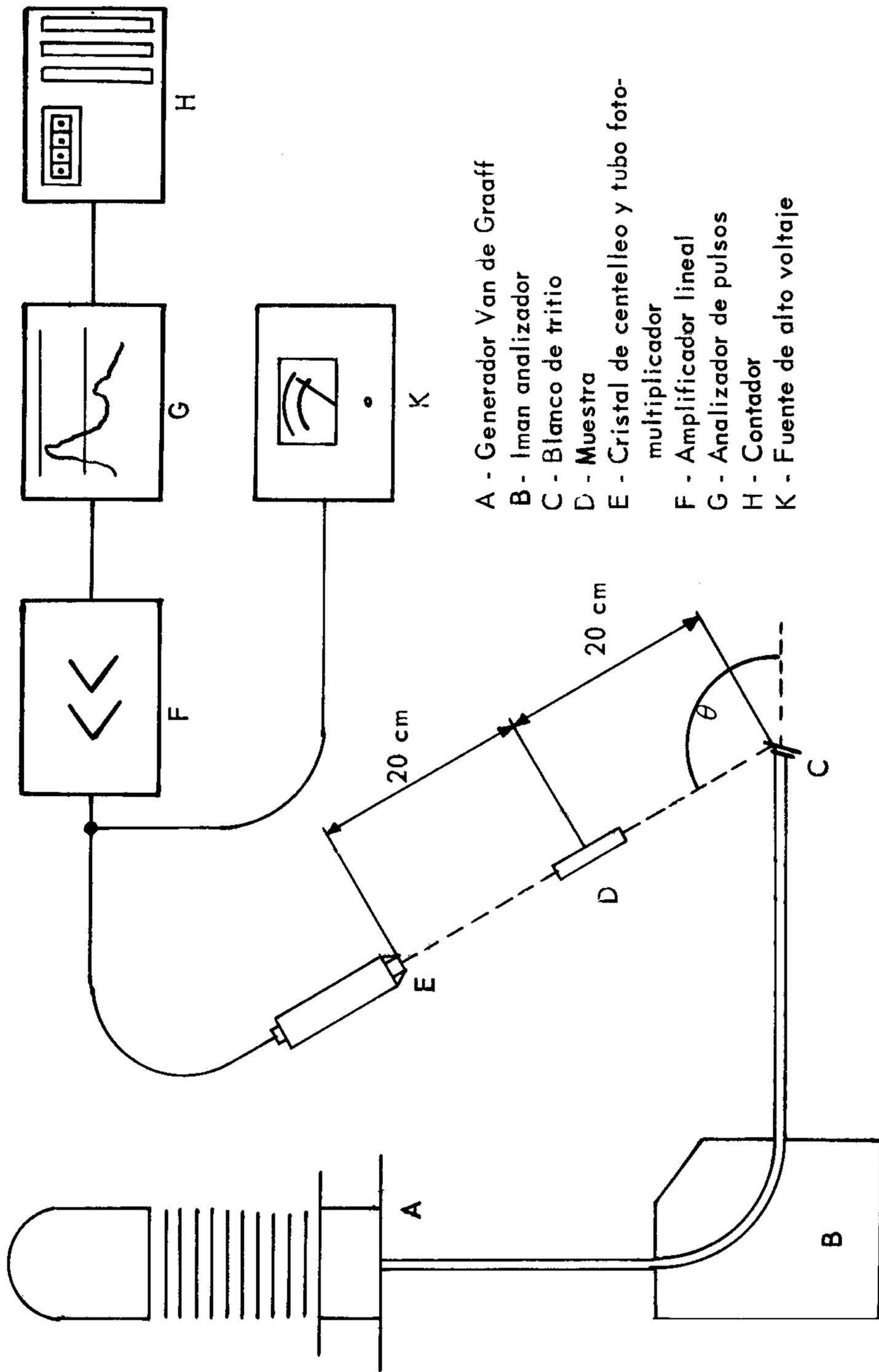
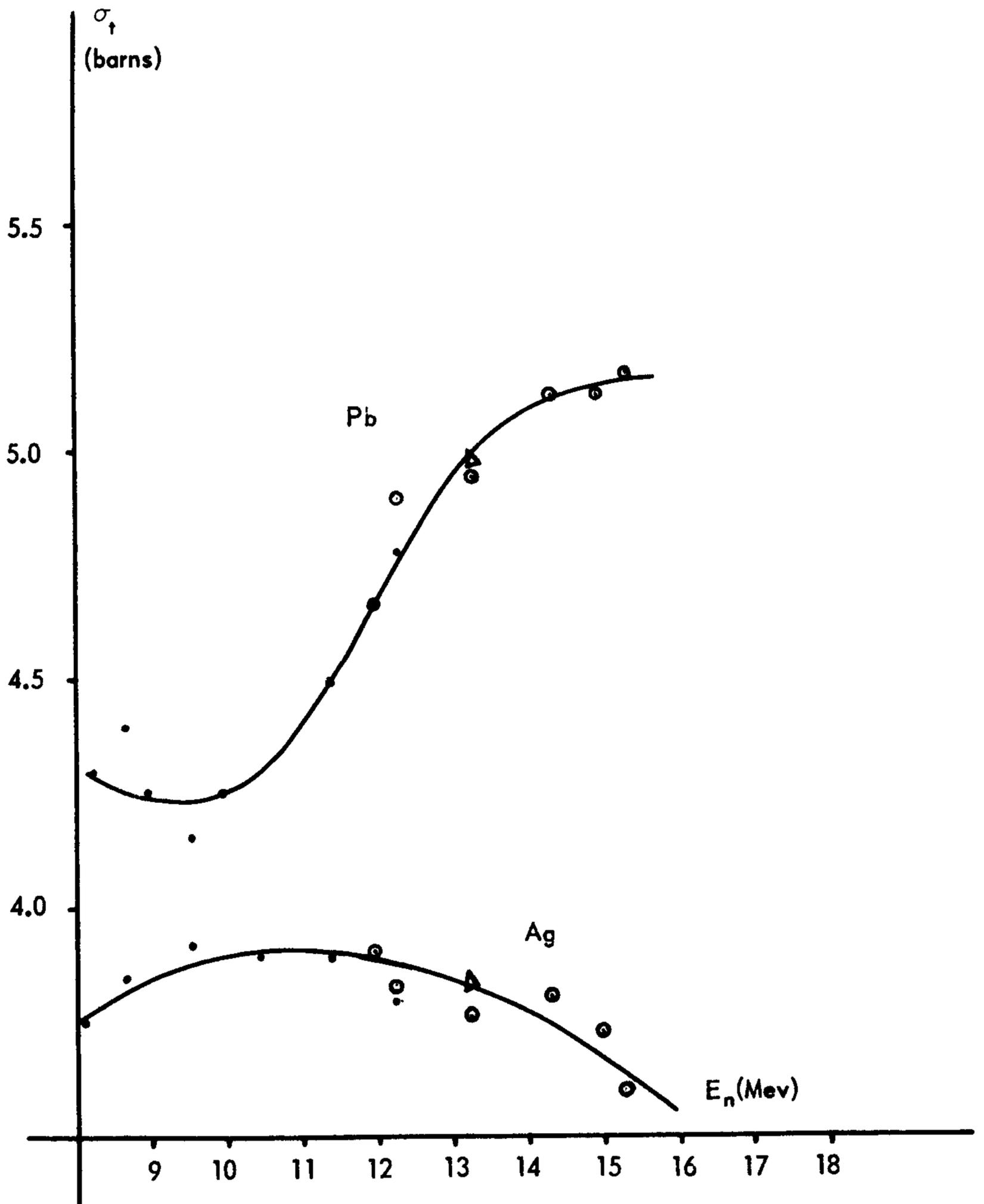


Fig. 3

Fig.4. Sección total de plomo y plata. Puntos: datos obtenidos por Nereson y Darden³; triángulos: datos de Coon, Graves y Barschall⁶; círculos: experimentos aquí presentados.



La distancia del blanco al detector fué de 40 cm. Los cilindros dispersores fueron colocados equidistantes del blanco y detector y tienen las siguientes características.

Cilindro de Plomo

Diámetro = 2.50 cm.

Longitud = 449 cm.

$$\frac{\text{Núcleos}}{\text{cm}^3} \times \text{longitud} = 0.1479 \times 10^{24} \frac{\text{núcleos}}{\text{cm}^2}$$

Cilindro de Plata

Diámetro = 2.50 cm.

Longitud = 3.08 cm.

$$\frac{\text{Núcleos}}{\text{cm}^3} \times \text{longitud} = 0.1730 \times 10^{24} \frac{\text{núcleos}}{\text{cm}^2}$$

La señal producida en el plástico es recogida en un bulbo fotomultiplicador Dumont (6292) de ahí va a un preamplificador, a un amplificador lineal, a un analizador de altura de pulsos y finalmente a un registrador.

El analizador de altura de pulsos se utilizó de manera que ningún rayo γ de energía inferior a 3.5 Mev fuera detectado. En esta forma se eliminaron, los rayos γ de 3.1 Mev de la reacción $C^{12}(d,p)^*C^{13}$, los rayos X producidos en el aparato y se redujo el fondo de radiación cósmica.

La sección total para neutrones (σ) está dada por la ecuación:

$$N = N_0 e^{-n\sigma l}$$

en donde n es el número de núcleos en cada centímetro cúbico,

l es la longitud del cilindro,

N_0 es el conteo por cada 100μ Coulombs de haz de deuterones cuando se remueve el cilindro.

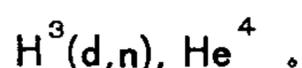
N es el conteo para 100μ Coulombs del haz de deuterones con el cilindro en el haz de neutrones.

Se realizaron como mínimo 12 determinaciones en cada punto.

Con la geometría empleada es necesario hacer una corrección a las sec-

ciones obtenidas (debido a la dispersión inelástica) para obtener una buena sección absoluta.

La corrección fué hecha de manera que nuestra sección coincida con el valor obtenido por Coon, Graves y Barschall⁶ para la energía de 14.15 Mev, ya que, para ese valor determinaron la sección nuclear total con buena geometría, utilizando la reacción:



La corrección empleada fué de 18% para Pb y 8% para Ag.

Los resultados obtenidos se muestran en la Fig.4, junto con los obtenidos por Nereson y Darden³ así como los de Coon, Graves y Barschall⁶.

La amplia resonancia en plomo parece tener un máximo cerca de los 16 Mev y una sección total de 5.66 barns.

La resonancia en la plata parece tener un máximo en 11.5 Mev y el valor de la sección total en ese punto es de 4.43 barns.

REFERENCIAS.

1. Miller, Adair, Bockelman, and Darden, Phys.Rev. **88**, 83 (1952); Barschall, Phys. Rev. **86**, 431 (1952); Wall, Becker, Okazaki and Fields, Phys.Rev. **89**, 1271 (1953); Okazaki, Darden and Walton, Phys.Rev. **93**, 461 (1954); Walt and Barschall, Phys.Rev. **93**, 1062 (1954).
2. Feshbach, Porter and Weisskopf, Phys.Rev. **90**, 166 (1953).
3. Nereson and Darden, Phys.Rev. **89**, 775 (1953); **94**, 1678 (1954).
4. Feshbach, Porter and Weisskopf, Phys.Rev. **96**, 448 (1954).
5. Phillips, Davis and Graves, Phys.Rev. **88**, 600 (1952); Taylor, Lönsjö and Bonner, Phys.Rev. **94**, 807 (1954).
6. Coon, Graves and Barschall, Phys.Rev. **88**, 562 (1952).