

RESONANCIA DEL  $F^{18}$  POR BOMBARDEO DE  $O^{16}$  CON  
DEUTERONES

G. López, F. Alba, M. Mazari\* y M. E. Ortiz

Laboratorio Van de Graaff  
Instituto de Física U.N.A.M.

(Recibido: 30 enero 1959)

RESUMEN

*Important differences from results predicted by the Butler theory have been observed in angular distributions of the  $O^{16}(d,p)O^{17}$  reaction, specially when the incident deuteron energy is near 1.7 Mev. In this neighborhood, the formation of the compound nucleus  $F^{18}$  from the fusion of  $O^{16}$  and  $H^2$  is possible.*

*To determine the position of this resonance, three series of exposures have been carried out at the Van de Graaff Laboratory of the U.N.A.M., measuring the intensity of proton groups with a known solid angle observed in a*

---

\* Subsidiario del Instituto Nacional de Investigación Científica.

*spectrograph as a function of the bombarding energy. The deflector and spectrograph magnetic fields were chosen so that the first excited state of  $O^{17}$  remained on the same plate position in the whole series of exposures and that the ground state of  $O^{17}$  and the elastic groups of  $C^{12}$  and  $O^{16}$  were registered simultaneously. A constant number of elastic deuterons of  $O^{16}$  was taken as reference, and the other intensities were corrected accordingly. A  $F^{18}$  resonance is established at a  $1.65 \pm 0.03$  Mev bombarding energy which corresponds to a level of  $F^{18}$  at 8.99 Mev. This also confirms with somewhat better approximation the result reported previously at 9.0 Mev.*

## INTRODUCCION

Estudios de distribuciones angulares de los estados base y primer excitado de la reacción  $O^{16}(d,p)O^{17}$ , han mostrado discrepancias notables al analizarse, empleando la teoría de Butler, especialmente para deuterones con energías próximas a 1.7 Mev. Los estudios experimentales mencionados sugieren la posibilidad de la formación de  $F^{18}$  como núcleo compuesto de  $O^{16}$  y  $H^2$ .

Para el presente estudio se eligió un ángulo de observación de  $90^\circ$  respecto a la dirección del haz incidente y energías de deuterones comprendidas entre 1.54 y 1.85 Mev, con el objeto de observar la variación de la intensidad de los estados base y primer excitado de  $O^{17}$  con la energía de bombardeo.

## I. METODO EXPERIMENTAL

Se ha empleado para estos estudios el acelerador electrostático Van de Graaff de 2 Mev del Instituto de Física de la U.N.A.M.<sup>2</sup> y el espectrógrafo magnético de gran alcance y alta resolución construido en el mismo Instituto<sup>3</sup>, de tipo semejante al desarrollado por W.W. Buechner y sus colaboradores en el Laboratorio de Alto Voltaje del Instituto Tecnológico de Massachusetts<sup>4</sup>.

Utilizando deuterones con energías comprendidas entre 1.54 y 1.85 Mev, se produjeron las reacciones  $O^{16}(d,p)O^{17}$  y colisiones elásticas en  $O^{16}$

y  $C^{12}$  contenidos en blancos delgados y giratorios de Formvar, soportados por anillos de cobre.

Debido a que el ángulo sólido varía a lo largo de la superficie focal en el espectrógrafo, se eligieron los campos magnéticos del deflector y el espectrógrafo de tal manera que simultáneamente fueran registrados en las placas, los estados base y primer excitado de  $O^{17}$  y los elásticos de  $O^{16}$  y  $C^{12}$ , y que al variar la energía incidente, la posición del primer estado excitado de  $O^{17}$  permaneciera en la misma posición sobre las placas. El corrimiento máximo del estado base y de los elásticos de  $O^{16}$  y  $C^{12}$  para las energías extremas de 1.54 y 1.85 Mev fueron, respectivamente, de 3.4, 5.2 y 4.3 cm, lo que hace variar al ángulo sólido de los grupos de partículas en no más de 15%; debido a la pequeña variación de ángulo sólido para el intervalo de energías estudiado no se han tomado en cuenta estas correcciones; así mismo, se considera que el cambio continuo de las intensidades en función de la energía de bombardeo afecta poco a la forma de las curvas.

En la Fig. 1 se muestra un espectro típico de las reacciones estudiadas en la que se empleó una energía de bombardeo de 1.54 Mev. Aparecen los grupos de protones correspondientes a los estados base y excitado de  $O^{17}$  y los deuterones elásticos de  $C^{12}$  y  $O^{16}$ .

El resultado de la lectura al microscopio de las intensidades de los cuatro grupos de partículas mencionados, en tres series de exposiciones, se muestran en la Fig. 2. Se ha corregido el recuento de trazas en estos grupos respecto al de una intensidad constante de deuterones elásticos en oxígeno, principalmente para compensar los efectos de alteración del blanco durante el tiempo de permanencia del mismo ante el bombardeo de partículas. En la primera serie, por calentamiento excesivo se presentaron roturas en la película de Formvar, de tal manera que hubo necesidad de emplear varios blancos; los resultados se presentan en la Fig. 2a mostrando a los 1.68 Mev una discontinuidad importante. En este caso el mayor número de determinaciones se hizo con energías próximas a los 1.7 Mev, y aunque son pocas las pruebas fuera de este valor, se define una resonancia cercana a los 1.65 Mev. Una discontinuidad

y diferencias de formas se registró en las curvas debido al cambio de blancos; además, la intensidad de los grupos correspondientes a  $O^{17}$  crecieron, mientras que la de  $C^{12}$  disminuyó inexplicablemente.

La resonancia en la segunda serie no fue muy evidente, en parte probablemente debido a que estas placas se leyeron por varios microscopistas y en distintos microscopios, sin embargo el grupo  $O^{17}(0)$  muestra un máximo cercano a los 1.66 Mev.

La tercera serie de exposiciones fue examinada en un microscopio por una sola persona. Aunque el grupo correspondiente a  $O^{17}(1)$  presenta una cresta ancha,  $O^{17}(0)$  evidencia algo mejor la resonancia buscada. Aparecen a varias energías puntos dobles que se deben a exposiciones repetidas en distintas etapas del estudio, principalmente con el objeto de comprobar la alteración del blanco con el tiempo de bombardeo. La zona cercana a los 1.65 Mev fue estudiada con un número mayor de pruebas.

En las dos últimas series se obtuvieron resultados de una sola muestra para cada caso, puesto que la primera mostró inconsistencias al emplear varios blancos.

De acuerdo con estas observaciones parece posible establecer una resonancia de  $F^{18}$  correspondiente a una energía de deuterón en el sistema de laboratorio de  $1.65 \pm 0.03$  Mev, una vez corregidas las energías de los deuterones incidentes usando las colisiones elásticas en  $O^{16}$ . El nivel de excitación correspondiente de  $F^{18}$  quedaría localizado 10 kev arriba del reportado en la recopilación ' 'Energy Levels of Light Nuclei''<sup>5</sup>, en el caso de aceptar la energía de liga de 7.527 Mev entre  $O^{16}$  y  $H^2$ . Se hace notar que esta energía de liga es un poco alta en comparación con el valor 7.510 Mev estimado a partir de las masas nucleares de  $F^{18}$ ,  $O^{16}$  y  $H^2$  publicadas por Li, Whaling, Fowler y Lauritsen<sup>6</sup>. Con este último valor, el nivel de excitación correspondiente a la resonancia registrada para  $F^{18}$  queda a los 8.99 Mev, confirmando con una aproximación mayor, el valor 9.0 encontrado antes<sup>5</sup>.

Dado que en el presente estudio fue necesario registrar simultáneamente los grupos de protones y deuterones elásticos, se han calculado los valores

Q de las reacciones observadas ( $\theta = 90^\circ$ ). En la tabla 1 se presenta un resumen de valores Q medios y totales para cada serie de pruebas, la desviación estándar de las mismas y el número de determinaciones. Se tabulan los resultados de otros autores para comparar con los obtenidos en este trabajo.

El valor  $1.917 \pm 0.004$  obtenido por el grupo de la U.N.A.M. para el estado base de  $O^{17}$  queda 2 Kev abajo del obtenido como promedio de varios autores<sup>7</sup>, y 2 Kev arriba del medido por Sperduto, Buechner, Bockelman y Browne en el M.I.T.<sup>8</sup>

Es satisfactoria la correspondencia entre la energía de excitación del primer nivel de  $O^{17}$  con un valor  $0.870 \pm 0.005$  determinada en este trabajo, con los valores de  $0.872 \pm 0.005$  y  $0.875 \pm 0.012$  Mev que aparecen en las referencias (7) y (8), respectivamente. Conviene hacer notar que los valores Q tuvieron diferencias máximas de  $\pm 3$  Kev respecto a la media de cada serie, a pesar de que en el transcurso de las mediciones se hicieron notables cambios en el equipo<sup>2</sup>. El estándar usado para la calibración del espectrógrafo ha sido el de las partículas alfa monoenergéticas del  $Po^{210}$ <sup>9</sup>

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración entusiasta de los Sres. Luis y Francisco Velázquez durante el desarrollo de estos estudios, que fueron quienes se encargaron de las exposiciones de las placas y a las Sritas. Sylvia Yolanda Castillo y Beatriz Casillas, por su ayuda durante el recuento de trazas al microscopio de las placas nucleares.

Este trabajo fue presentado en el Congreso de Física que tuvo lugar en Culiacán y Mazatlán, Sinaloa, en enero de 1959.

## REFERENCIAS

- 1.- Berthelot, Cohen, Cotton, Faraggi, Grjebine, Levêque, Naggiar, Roelawsky y Szteinszneider C.R. 238, 1312, (1954).

- Alba, Fernández, Mazari, Serment, y Vázquez B. *Rev.Mex.Fís.* 4, 207, (1955).  
J.G. Grosskreutz. *Phys.Rev.* 101, 706, (1956).
- 2.- M. Mazari y F. Alba. *Rev. Mex. Fís.* 8, 1, (1959).
  - 3.- Mazari, Castro, Alba y Vázquez. *Rev.Mex.Fís.* 6, 9, (1957).
  - 4.- Buechner, Mazari y Sperduto, *Phys.Rev.* 101, 188, (1956).
  - 5.- F. Ajzenberg y T. Lauritsen. *Rev.Mod.Phys.* 27, 143, (1955).
  - 6.- Li, Whaling, Fowler y Lauritsen. *Phys.Rev.* 83, 512, (1951).
  - 7.- D.M. Van Patter y W. Whaling. *Rev.Mod.Phys.* 26, 402, (1954).
  - 8.- Sperduto, Buechner, Bockelman y Browne. *Phys.Rev.* 96, 1316, (1954).
  - 9.- White, Rourke, Sheffield, Schuman y Huizenga. *Phys.Rev.* 109, 437, (1958).

TABLA 1  
RESUMEN DE VALORES Q DE LA REACCION  $O^{16}(d,p)O^{17}$

	$Q_0$	$Q_1$	$Ex_1$	No. de Ensayos
	Mev	Mev	Mev	
1a. Serie	$1.918 \pm 0.005$	$1.048 \pm 0.005$	$0.870 \pm 0.006$	16
2a. Serie	$1.918 \pm 0.005$	$1.047 \pm 0.005$	$0.871 \pm 0.006$	12
3a. Serie	$1.916 \pm 0.005$	$1.046 \pm 0.005$	$0.870 \pm 0.006$	14
Totales	$1.917 \pm 0.004$	$1.047 \pm 0.004$	$0.870 \pm 0.006$	42
Van Patter <sup>6</sup> and Whaling	$1.919 \pm 0.004$	$1.047 \pm 0.004$	$0.872 \pm 0.005$	
Sperduto <sup>7</sup> M.I.T.	$1.915 \pm 0.010$	$1.040 \pm 0.010$	$0.875 \pm 0.012$	

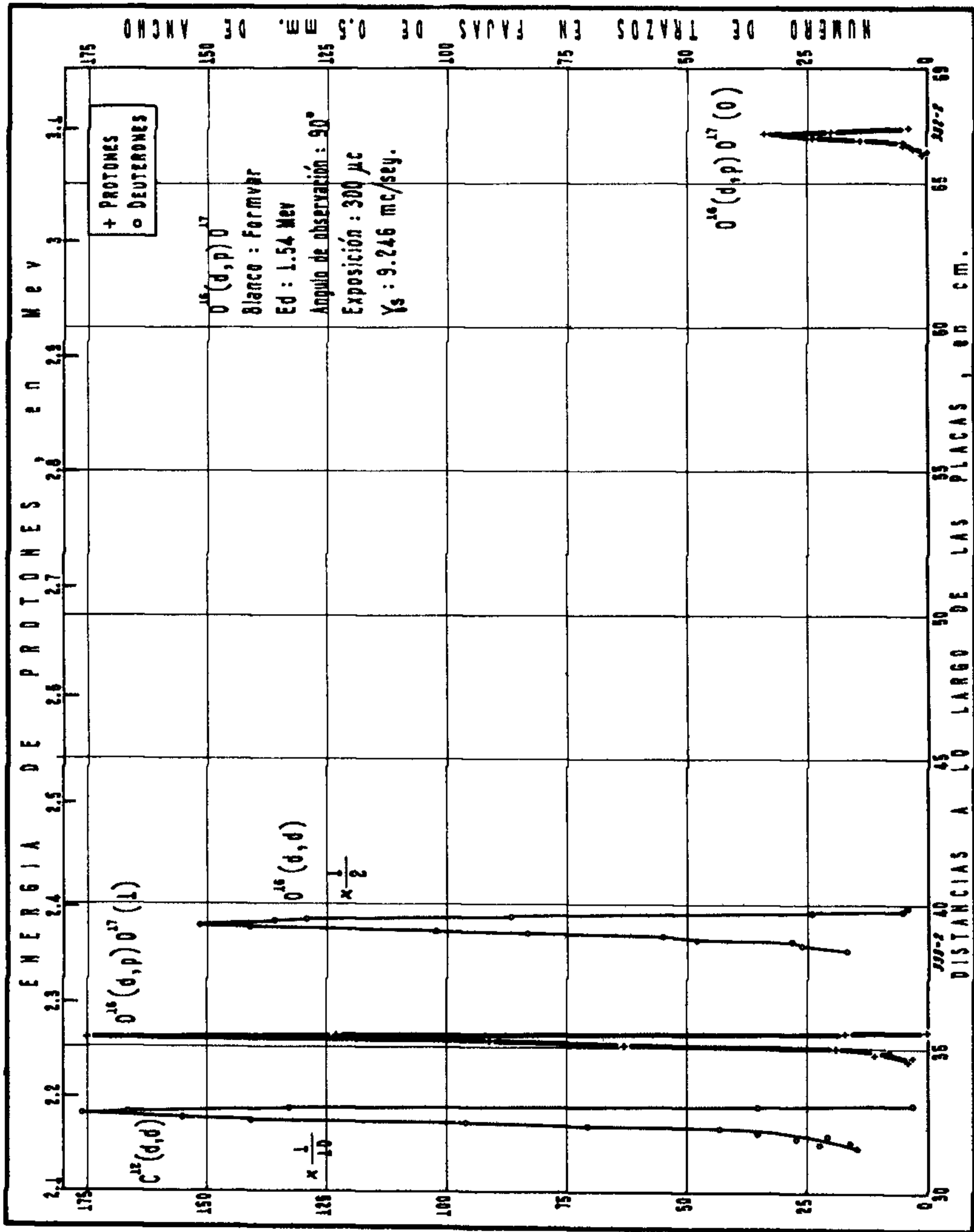


Fig. 1



