

# SOBRE LA RELACIÓN DEL FRENAMIENTO DE PROTONES EN PLATA Y ORO

J. C. Eckardt, G. H. Lantschner

*Comisión Nacional de Energía Atómica, Centro Atómico Bariloche, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina.*

D. Semrad y R. Golser han realizado un estudio sobre la relación  $R = \epsilon_{Ag} / \epsilon_{Au}$  de los frenamientos de protones en plata y oro. Basándose en consideraciones sobre el número de electrones libres interactuantes con los proyectiles concluyen que este cociente es menor que 1, aún a bajas energías, contrariamente a lo que se desprende de las tabulaciones standard de poderes de frenamiento cuyos valores correspondientes a bajas energías dan un  $R > 1$ . El inconveniente de los cocientes deducidos de estas tabulaciones es que comparan mediciones realizadas con distintos equipos. Presentamos aquí valores de  $R$  determinados a partir de mediciones realizadas en este laboratorio con un mismo equipo experimental. Los valores no confirman las conclusiones de Semrad y Golser, sino que muestran una tendencia análoga a la de las tabulaciones.

En los procesos de la interacción ión-sólido un parámetro fundamental es la sección eficaz de frenamiento, definida como

$$\epsilon = - \frac{dE}{Ndx}$$

donde  $E$  es la energía del proyectil,  $N$  es la densidad atómica del blanco y  $x$  es el camino recorrido dentro del blanco. Dado el interés práctico de este tipo de procesos, diversos autores han confeccionado tablas de este parámetro para las más variadas combinaciones de proyectil-blanco y una amplia gama de energías de proyectil<sup>1-3</sup>. Estas tablas se basan en recopilaciones de datos experimentales, y donde éstos faltan son complementados con consideraciones teóricas y ajustes empíricos.

En este trabajo analizamos  $\epsilon$  para el caso de protones de bajas energías en oro y plata. Bajas energías en este caso significa velocidades de proyectil menores que las velocidades orbitales de los electrones del blanco. En particular estudiaremos la relación de las secciones eficaces de frenamiento

$$R = \frac{\epsilon_{Ag}}{\epsilon_{Au}}$$

Los datos experimentales y las teorías existentes predicen un  $R < 1$ , es decir, la sección eficaz de frenamiento del oro para protones es decididamente mayor que la de la plata. A bajas energías esto no es tan evidente dada la gran dispersión de los pocos datos experimentales existentes. Sin embargo, las tres tabulaciones arriba mencionadas dan valores de  $R$  mayores que la unidad, a bajas energías de los protones. El cruce de la región con  $R > 0$  a la de  $R < 0$  se produce alrededor de los 70 keV.

Recientemente Semrad y Golser<sup>4</sup>, basándose

en consideraciones teóricas sobre el número de electrones interactuantes con los proyectiles, concluyen que este cociente es menor que 1 aún a bajas energías, obteniendo un valor de  $R = 0.93$  como límite a bajas velocidades. Llamamos LVL (Low Velocity Limit) a este valor. Así mismo presentan mediciones de  $\epsilon$  a energías mayores que 70 keV que dan un cociente  $R < 1$ .

En este trabajo se presentan valores de  $R$  en el rango de muy bajas energías,  $E < 10$  keV, obtenidos de mediciones de secciones eficaces de frenamiento de Ag y de Au para protones<sup>5</sup> realizadas bajo las mismas condiciones experimentales.

En la Fig. 1 mostramos estos valores de  $R$  conjuntamente con valores extraídos de las tablas<sup>1-3</sup> y el

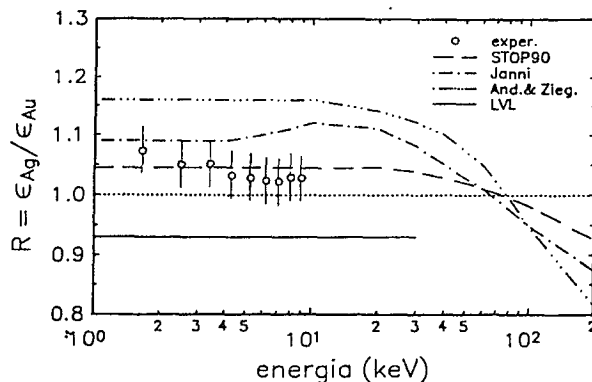


Fig. 1: Cociente de los frenamientos atómicos de protones en plata y oro en función de la velocidad de los proyectiles. Se muestran los valores deducidos de los datos experimentales medidos en el laboratorio, además el valor teórico límite LVL dado en Ref. 4 y los valores deducidos de las tabulaciones standard (1 - 3).

valor teórico límite propuesto por Semrad y Golser <sup>4</sup>. Se puede ver que los valores que surgen de nuestros datos experimentales son mayores que la unidad. Es decir, no confirman las conclusiones de Semrad y Golser <sup>4</sup>, sino que muestran una tendencia análoga a la que surge de las tabulaciones arriba citadas. El mejor acuerdo se da con la tabulación <sup>3</sup> que es la más actualizada.

## REFERENCIAS

1. H. H. Andersen and J. F. Ziegler, *The Stopping and Ranges of Ions in Matter*, Vol. 3, (Pergamon, New York, 1977).

2. J. F. Janni, *Atomic Data Nuclear Data Tables* **27**, 341 (1982).
3. J. F. Ziegler, J. P. Biersack and U. Littmark, *The Stopping and Ranges of Ions in Solids*, Vol. 1, (Pergamon, Oxford, 1985). (En este trabajo se usaron los valores correspondientes al programa STOP del TRIM-90).
4. D. Semrad and R. Golser, *Phys. Rev.* **A35**, 4836 (1987).
5. J. E. Valdés, G. Martínez Tamayo, G. H. Lantschner, J. C. Eckardt and N. R. Arista, *Nucl. Instr. and Meth.* **B73**, 313 (1993).