

PERDIDA DE ENERGIA DE IONES DE HIDROGENO Y DE HELIO
EN LAMINAS METALICAS DELGADAS

C. N. E. A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
1	AÑO 1976

J.C. Eckardt

Centro Atómico Bariloche (CAB)
Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

RESUMEN

Se realizaron mediciones de la pérdida de energía de iones de hidrógeno y de Helio a energías comprendidas entre 25 y 260 KeV en láminas metálicas delgadas autosoportadas de espesores conocidos. Se muestran los poderes de frenamiento de los distintos metales estudiados en función de la energía de los haces iónicos. Las secciones eficaces de frenamiento para iones de Hidrógeno se incluyen en una recopilación de datos de otros autores y se presentan en función de Z_2 , número atómico del blanco. Se muestra que esta dependencia es semejante a la correspondiente para un haz de Helio de igual velocidad.

Se presentan mediciones de poderes de frenamiento $\frac{dE}{dx} \approx \frac{\Delta E}{\Delta x}$ de Ge, Se, Pd, Sb y Bi para haces iónicos de Hidrógeno y de Helio de energías comprendidas entre 20 y 260 KeV.

Se empleó el método directo de la determinación de la pérdida de energía ΔE sufrida por el haz al atravesar una lámina metálica delgada de espesor conocido Δx obtenida por evaporación en alto vacío⁽¹⁾. Para cada metal se utilizaron entre 3 y 24 blancos de espesores comprendidos entre 17 y 44 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, realizándose las mediciones a 9 energías distintas. Los errores son $\leq 7\%$ debidos principalmente a los espesores Δx .

Fig.1 muestra los resultados de los distintos metales en función de la energía, con iones de Hidrógeno y de Helio. Además de las presentes mediciones están representados los datos de otros autores a mayores y menores energías^(2,11). Para el Pd se han corregido los resultados por el contenido de Hidrógeno absorbido⁽¹²⁾, correspondiendo los puntos a los valores sin corregir y las curvas a los valores corregidos.

Lindhard y Scharff⁽¹³⁾ presentaron una fórmula teórica de primera aproximación para secciones eficaces de frenamiento debido a procesos inelásticos, válida para velocidades $v < Z_1^{2/3} v_0$

$$S = \xi \cdot 8 \pi e^2 a_0 (Z_1 Z_2/Z) (v/v_0) \quad (1)$$

donde $S = \frac{1}{N} \frac{dE}{dx}$, N es el número de átomos del elemento frente por unidad de volumen, $Z = (Z_1^{2/3} + Z_2^{2/3})^{3/2}$, $\xi \approx Z_1^{1/6}$, Z_1 y Z_2 son los números atómi-

cos del proyectil y del blanco respectivamente, a_0 y v_0 son el radio y la velocidad de Bohr.

Los límites superiores de validez de la fórmula corresponden a 25 KeV para protones y a 635 KeV para iones de Helio, es decir, para ${}^4\text{He}^+$ cubre el rango de energías utilizado. Esta ecuación predice una dependencia lineal de S con la velocidad v del proyectil, o, lo que es equivalente, S es directamente proporcional a $E^{1/2}$. Los presentes resultados cumplen con buena aproximación esta relación. Por otra parte, para una misma energía ec. (1) predice aproximadamente el mismo valor S para ${}^4\text{He}^+$ como para protones. Si reemplazamos Z_1 por sus respectivos valores y teniendo en cuenta que

$$v_{\text{He}^+} = \frac{1}{2} v_{\text{H}^+}$$

sólo hay una pequeña diferencia en el denominador Z , que es despreciable dado que $Z_1 \ll Z_2$ para los metales estudiados, y otra diferencia despreciable en ξ . En Fig.1 se observa que los poderes de frenamiento para protones tienden aproximadamente a los correspondientes a ${}^4\text{He}$, para Es25, donde $\frac{dE}{dx}$ para protones entra en el rango de validez de ec.(1).

En Fig.2 están representadas las secciones eficaces de frenamiento para un haz de protones de 200 KeV, de las presentes mediciones, junto con datos de otros autores^(1,14,16) en función de Z_2 . Se observa que la dependencia no es monótonamente creciente según ec.(1), sino presenta una fuerte estructura oscilatoria. Se compara en Fig.2 esta dependencia con valores semiempíricos de Ziegler y Chu⁽³⁾ para iones de ${}^4\text{He}$ de 800 KeV multiplicados por un factor 0,3⁽¹⁴⁾ para normalizarlos respecto a los datos para protones. Se observa que la dependencia de S para iones de Hidrógeno en función de Z_2 es semejante a la curva correspondiente a iones de ${}^4\text{He}$ de igual velocidad. Esto es particularmente útil para determinar por interpolación las secciones eficaces de frenamiento de aquellos elementos de los cuales no existen datos experimentales.

REFERENCIAS

1. J.C.Eckardt, Comunicaciones AFA, Vol.1 N° 2 (1974); A.Valenzuela, W.Meckbach, A.J.Kestelman and J.C.Eckardt, Phys.Rev.B.6, 95 (1972); A.Valenzuela and J.C.Eckardt, Rev.Sci.Instr.42, 127 (1971)
2. D.W.Green, J.N.Cooper and J.C.Harris, Phys.Rev.98, 466 (1955)
3. S.Gorodetzky, A.Pape, E.L.Cooperman, A.Chevalier, J.C.Sens et R.Armbruster, Nuc.Ins.Meth.70, 11 (1969)
4. W.K.Chu and D.Powers, Phys.Rev.187, 478 (1969)
5. W.K.Lin, H.G.Olson y D.Powers, J.Appl.Phys,44, 3631 (1973)

6. D.Ward, R.L.Graham y J.S.Geiger, *Can.J.Phys.* 50, 2302 (1972)
7. E.P.Arkipov y Yu V.Gott, *Sov.Phys.JETP* 29, 615 (1969)
8. E.Leminen y A.Anttila, *Am.Ac.Sc.Fenn.VI Physica*.370 (1971)
9. J.F.Ziegler y W.K.Chu, *Atomic and Nucl.Data Tables* 13, 463 (1974)
10. S.Rosenblum, *Annales de Physique* 10, 408 (1928)
11. J.A.Borders, *Rad.Eff.* 21, 165 (1974)
12. N.V.Sidgwick, *Chemical Elements and Their Compounds* Vd, II, 1554 (1950)
13. J.Lindhard y M.Scharff, *Phys.Rev.* 124, 128 (1961)
14. W.Whaling, *Handbuch der Physik*, vol.XXXIV (springer-Verlag, Berlin, p.193 (1958)
15. C.A.Sautter y E.S.Zimmerman, *Phys.Rev.* 140, 490 (1965)
16. R.L.Wolke, W.N.Bishop, E.Eichler, N.R.Jonson y G.D.O'Kelley, *Phys. Rev.*129, 2591 (1963)

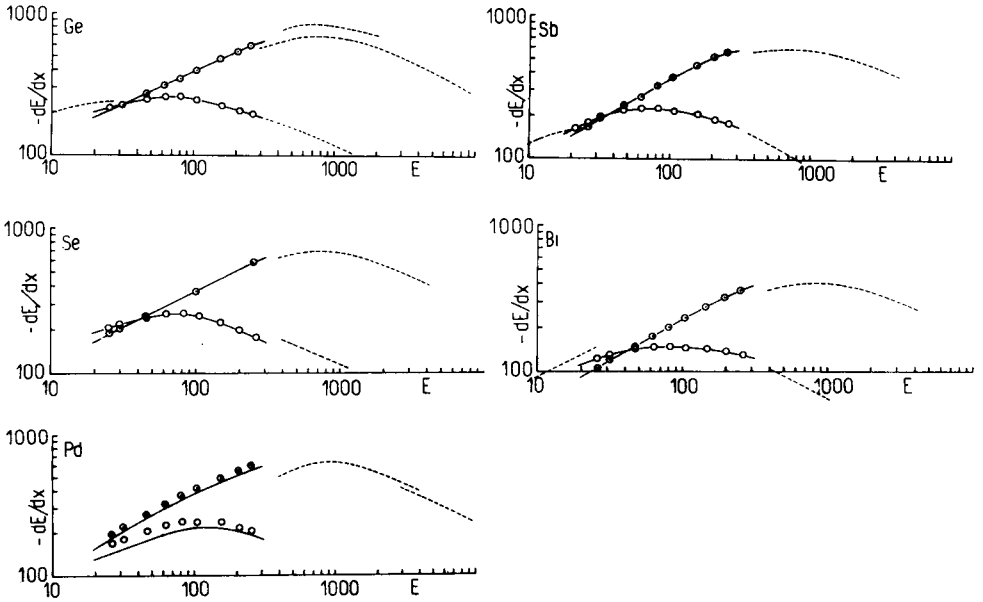


Figura 1. Poderes de frenamiento para H^+ (círculos) y para $^4He^+$ (Círculo con puntos) en función de la energía. Líneas punteadas: datos de otros autores^(2,11)
 Ordenada: $keV(mg/cm^2)^{-1}$ Abscisa: KeV

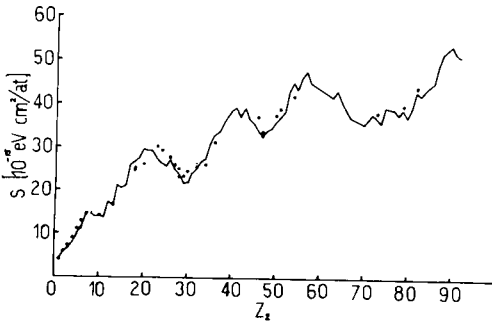


Figura 2. Secciones eficaces de frenamiento en función de Z_1 , para protones de 200 KeV (puntos). La línea llena representa a datos semiempíricos de Ziegler y Chu⁽⁹⁾ para $^4He^+$ de 800 KeV multiplicados por un factor de normalización 0,3.