

ELECTRONES EN LA CRESTA INTERNUCLEO Y SU DIFRACCION EN LAMINAS SOLIDAS

W. Meckbach

Centro Atómico Bariloche, 8400 S. C. de Bariloche

La comprensión de la producción de electrones secundarios en colisiones ion átomo se basa en la selección de regiones en el espacio de velocidades $\vec{v}_e$ de los electrones emitidos en loscuales se evita la complejidad del problema de tres cuerpos: del electrón moviendose en el estado final bajo la acción de dos centros de atracción coulombiana, el ion residual del blanco y el proyectil ionico. Según la región de dicho espacio en que se ubica el electrón emitido se usan aproximaciones: a) Electrones de baja velocidad, $\vec{v}_e \ll 1$, sometidos primordialmente a la atracción del blanco, se describen usando una onda de Coulomb alrededor del mismo. Estos electrones lentos no son accesibles a una medición directa en el laboratorio. b) Electrones cuya velocidad se acerca a la del proyectil, $\vec{v}_e \rightarrow \vec{v}_i$, se describen usando una onda de Coulomb centrada en el mismo. Las secciones eficaces $dG/d\vec{v}_e$ (1) respectivas a los casos a) y b) divergen en forma hiperbólica cuando $\vec{v}_e \rightarrow 0$, ó $\vec{v}_e \rightarrow \vec{v}_i$, respectivamente. En el caso b) se presentan los "electrones convoy" que acompañan al ion en estados del continuo. Rigurosamente el electrón siente la atracción por ambos centros de Coulomb, el blanco y el proyectil, (2) debiendose describir por un estado molecular del continuo correspondiente a dos centros que se alejan mutuamente con la velocidad $\vec{v}_i$. Esta doble atracción la sienten particularmente aquellos electrones que se ubican en el espacio real en el potencial de ensilladura entre estos centros; entonces su vector $\vec{v}_e$ se ubica entre $\vec{v}_e = 0$ y $\vec{v}_e = \vec{v}_i$.

Se presentan mediciones de distribuciones doblemente diferenciales de electrones emitidos al interactuar un haz

de protones, H^+ (Fig.1a) o un haz de átomos neutros de hidrógeno, H^0 (Fig.1b) con un blanco de He-gas. Estas distribuciones, representadas en función de las componentes

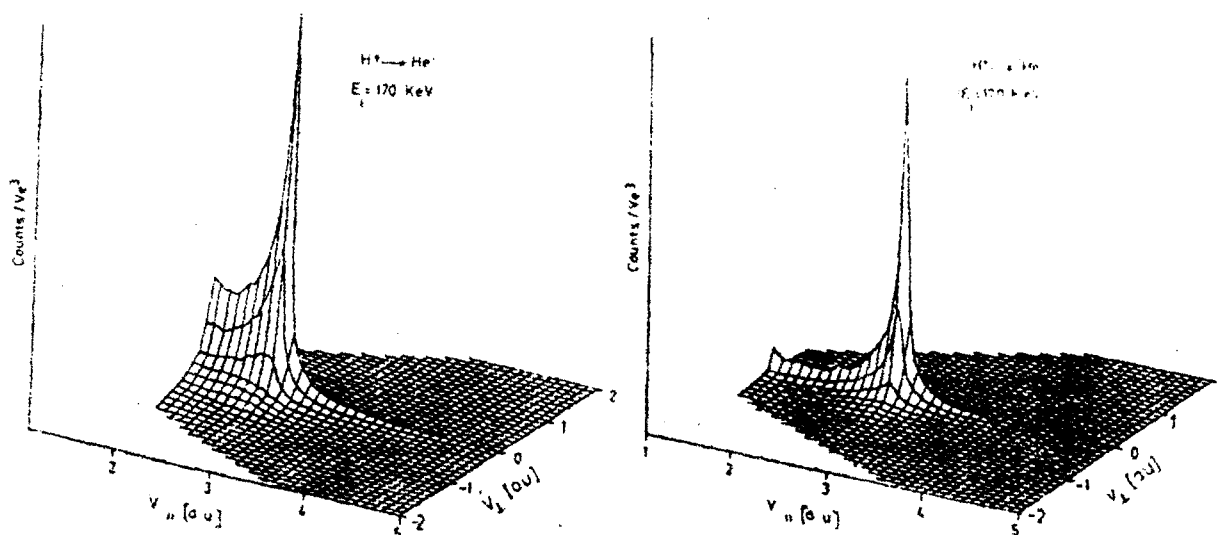


Fig.1 Distribuciones doblemente diferenciales de electrones obtenidas con proyectiles a) de H^+ , b) de H^0 de 170keV interactuando con He-gas.

longitudinal $v_{\parallel}$ y transversal $v_{\perp}$ del vector $\vec{v}_e$, demuestran una estructura de cresta que se extiende desde el pico agudo de electrones convoy ($\vec{v}_e = \vec{v}_i$) hacia el origen ($\vec{v}_e = 0$). Se presenta así una primera evidencia de una distribución electrónica típica para una interacción postcolisional con los dos centros de Coulomb, el ion residual del blanco y el proyectil iónico en movimiento: una cresta que une los dos picos, el de electrones lentos producidos por colisiones débiles de ionización directa y el de electrones convoy producidos por transferencia de electrones al continuo del ion. (3)

En las Fig.2a,b se observan distribuciones que corresponden al caso de la interacción ion-lámina sólida de C y Al, respectivamente. (3) También aquí se presenta la cresta centrada en $v_{\perp} = 0$, lo cual indica un mecanismo

colisional en el sólido, similar al observado previamente en colisiones únicas. Un efecto espectacular, típico del sólido, consiste en la aparición de dos lomos que simétricamente se ubican a velocidades laterales $v_{\perp} \neq 0$, acompañando la cresta central. El origen de los electrones

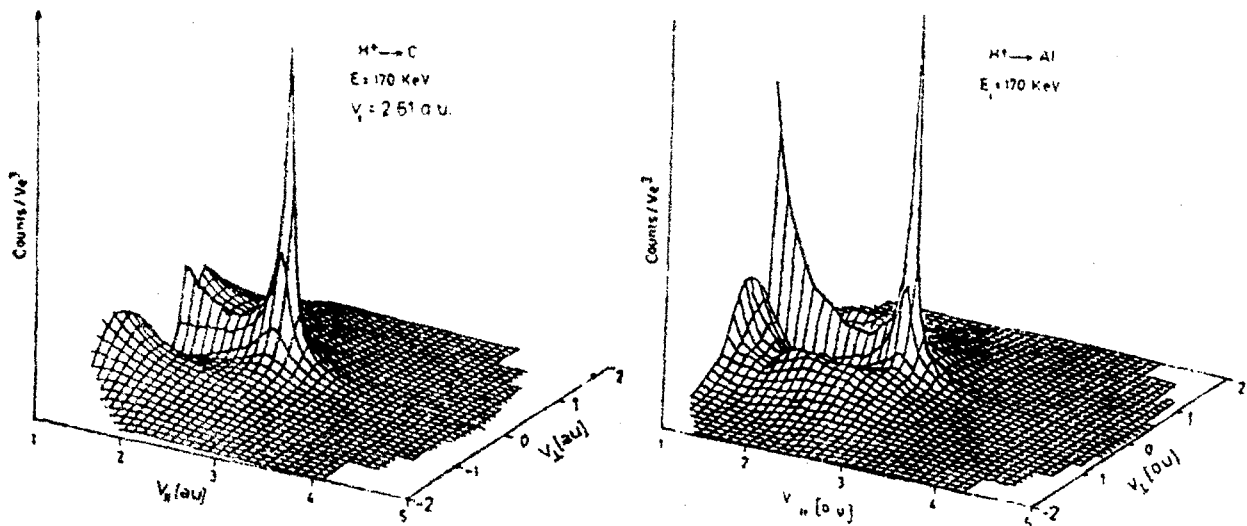


Fig.2 Distribuciones doblemente diferenciales de electrones emitidos "rio abajo" al incidir proyectiles de H de 170keV en láminas de a) carbono y b) aluminio.

contenidos en estos lomos pudo atribuirse a un efecto de difracción en la estructura policristalina del sólido, de los electrones de distintas velocidades, pero alineados en dirección del haz iónico, que forman la cresta central. Dentro de los errores experimentales su ubicación cumple la ecuación de Bragg, expresada en el espacio de los $\vec{v}_e$, y aplicada al primer y más intenso máximo de difracción tipo Debye Scherrer.

Se trata aquí de una primera observación de difracción en el retículo tridimensional, de electrones de baja energía (50 - 100 eV) nacidos en el sólido a raíz de una interacción colisional. (3)

De particular interés es el caso del blanco de Al, donde

se demuestra que la difracción se produce en una delgada capa de Al_2O_3 cristalina, de unos $20 \text{ \AA}$ de espesor. Esto da una pauta de la máxima profundidad de penetración de los electrones de cresta, emergentes del sólido que concuerda con la conocida para electrones libres.

Llama la atención que el pico de electrones convoy que aparentemente representa una excelente fuente de electrones de dirección y energía definidas no da lugar a máximos de difracción observables, hecho que se atribuye a que dichos electrones están sometidos en forma continua a un campo atractivo del ion que supera el efecto del campo periódico cristalino del sólido.

Las presentes mediciones se realizaron usando un espectrómetro de electrones coaxial cilíndrico (4) que tiene la particularidad de que se define el ángulo de medición por la imagen virtual de un diafragma colocado a la salida del haz de los electrones analizados. Esto posibilitó mediciones a ángulos distintos de zero sin interceptar el haz de proyectiles.

Referencias:

- (1) K.Dettmann, K.S.Harrison, M.W.Lucas, J.Phys.B7,269 (1974)
- (2) V.H.Ponce, W.Meckbach, Comm. At.Mol.Phys.10,231(1981)
- (3) A.R.Goñi, W.Meckbach, S.Suarez, P.R.Focke, G.C.Bernardi, Z.Phys, (1986)
- (4) W.Meckbach, I.B.Nemirovsky, C.R.Garibotti, Phys.Rev. A24,1793(1981)