

ESTUDIO DEL ESPECTRO DE ELECTRONES EN LA COLISION H^+-H DESCRIPCION DE LA CRESTA

M.L.MARTIARENA, V.H.PONCE y A.SALIN
Centro Atómico Bariloche, 8400 Bariloche

y

Lab. Coll. Atomiques, 33400 Talence, Francia

Analizamos el fenómeno de ionización de átomos livianos por el impacto de iones rápidos, en particular la colisión de protones sobre hidrógeno.

El hecho característico de las reacciones de ionización por partículas cargadas es la presencia de tres centros Coulombianos en el estado final. Debido al comportamiento de largo alcance de dichos potenciales la interacción entre las tres partículas debe ser tenida en cuenta para obtener las condiciones asintóticas de la correcta función de onda de las tres partículas no ligadas (Rudge y Seaton 1964). En este sentido es posible hablar de un efecto de tres cuerpos (Salin 1972).

Las formas asintóticas correctas deben ser tales que cuando el momento del electrón tiende a cero la sección eficaz tienda a la expresión usual de Born para ionización; mientras que cuando el momento del electrón se hace muy grande la sección eficaz sea la correspondiente a la de Born en un campo Coulombiano de carga +2.

Trabajos experimentales recientes (Meekbach et al 1985) hacen referencia a la evidencia experimental de un nuevo fenómeno descrito como "ridge" el cual está agudamente focalizado en ángulo a través de la línea de unión entre el proyectil y el blanco y que está distribuido en velocidad entre $\vec{V}_e \times \vec{V}_i$ y $\vec{V}_e \approx 0$. En los trabajos experimentales de Rudd et al (1966) ya existe evidencia experimental de este hecho aunque no haya sido reconocido como un fenómeno distinto.

Considerando la descripción dada por Wannier para el caso

de colisiones de iones y electrones puede interpretarse este nuevo proceso como debido a los electrones que se propagan en la region elevada, existente entre los dos pozos de potencial debidos al proyectil y al blanco.

Es nuestro objetivo demostrar que dicho proceso puede ser bien descripto empleando la teoria, desarrollada por Salin (1969) (1) en base a los principios mencionados al comienzo, que debido al uso de las "buenas" condiciones asintóticas y a que considera en todo momento la existencia de tres partículas interactuantes es capaz de describir el pico de "CTC", el pico de los electrones "blandos" y la "cresta" existente entre ambos.

Analizamos la ionización de hidrógeno atómico por protones en la formulación del parámetro de impacto.

Sea B el protón que incide sobre el átomo de hidrógeno A. R es el vector posición de B respecto de A.

Siguiendo la notación del trabajo antes referido (1) llamamos $\vec{r}$ y $\vec{s}$ al vector posición del electrón respecto a A y a B respectivamente.

La solución de la ecuación:

$$\left(-\frac{1}{2}\nabla_r^2 - \frac{1}{s} - \frac{1}{x}\right) \psi(\vec{r}, t) = i \frac{\partial}{\partial t} \psi(\vec{r}, t) \quad (1)$$

que verifica las correctas condiciones asintóticas es:

$$\psi(\vec{r}, t) \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{\substack{x \rightarrow \infty \\ s \rightarrow \infty}} \frac{C(\vec{k})}{t^{3/2}} \exp\left(\frac{i}{2} k_0^2 t + \frac{i}{k_0} \ln(2k_0 x) + \frac{i}{|\vec{k} - \vec{v}|} \ln(2Rv)\right) \quad (2)$$

Interesa conocer la probabilidad de eyectar un electrón con momento $\vec{k}$ $P(\vec{\xi}, \vec{k})$. Siendo:

$$P(\vec{\xi}, \vec{k}) = |C(\vec{k})|^2 \quad (3)$$

Es sabido que:

$$\sigma(\vec{k}) = \int d\vec{\eta} |R(\vec{\eta}, \vec{k})|^2 = \int d\vec{\xi} |C(\vec{k})|^2 \quad (4)$$

Calculamos $C(\vec{k})$ en la aproximación de Born, obteniéndose:

$$|R(\eta, \vec{k})|^2 = |N(\frac{\eta'}{2})|^2 |R^0(\vec{k})|^2 \quad (5)$$

$$|N(\frac{\eta'}{2})|^2 = \frac{2\pi z}{V'} \left(1 - \exp\left(-\frac{2\pi z}{V'}\right) \right)^{-1}; \quad z = 1 - \frac{V'}{V}; \quad \eta' = |\vec{k} - \vec{V}|$$

siendo $R^0(\vec{k})$ la expresión usual para ionización en la aproximación de Born.

Para obtener la sección eficaz diferencial integramos numéricamente en $\vec{\eta}$, recordando que $\vec{\eta} \cdot \vec{V} = 0$.

En la Fig.1 graficamos la sección eficaz diferencial, en función de la velocidad transversal y la velocidad longitudinal.

Se observa la existencia del pico de captura al continuo, CTC, en $\vec{V}_i = \vec{V}_e$; el pico correspondiente a los electrones blandos, mucho mas disperso que el anterior, para $\vec{V}_e = 0$ u.a.; un hombro en torno a dicho pico, el que se corre en función de la velocidad transversal y la cresta extendida entre $0 \text{ u.a.} < \vec{V}_e < \vec{V}_i + \Delta\vec{V}$.

Para explicar el hombro en el pico de los electrones blandos y su corrimiento transversal basta aplicar la conservación de impulso en una colisión elástica del proyectil con un electrón en reposo; en este caso electrones dispersados a 90° son necesariamente eyectados con velocidad despreciable. A medida que se incrementa la velocidad transversal del electrón emitido, debe incrementarse también la componente longitudinal para satisfacer la conservación de impulso. Es de esperar que estas características persistan cuando se convolucionan sobre la distribución de velocidades de electrones en el blanco.

Es interesante notar que la forma de la cresta no responde a la superposición de dos picos en $\vec{V}_e = 0$ a.u. y en $\vec{V}_e = \vec{V}_i$, y que es la causante de la forma asimétrica que presenta el pico de CTC. Su extensión hacia velocidades superiores a la $\vec{V}_i$ podría ser explicada debida a los electrones que teniendo velocidades mayores que el proyectil han sido polarizados por este, focalizando su movimiento en la dirección de incidencia.

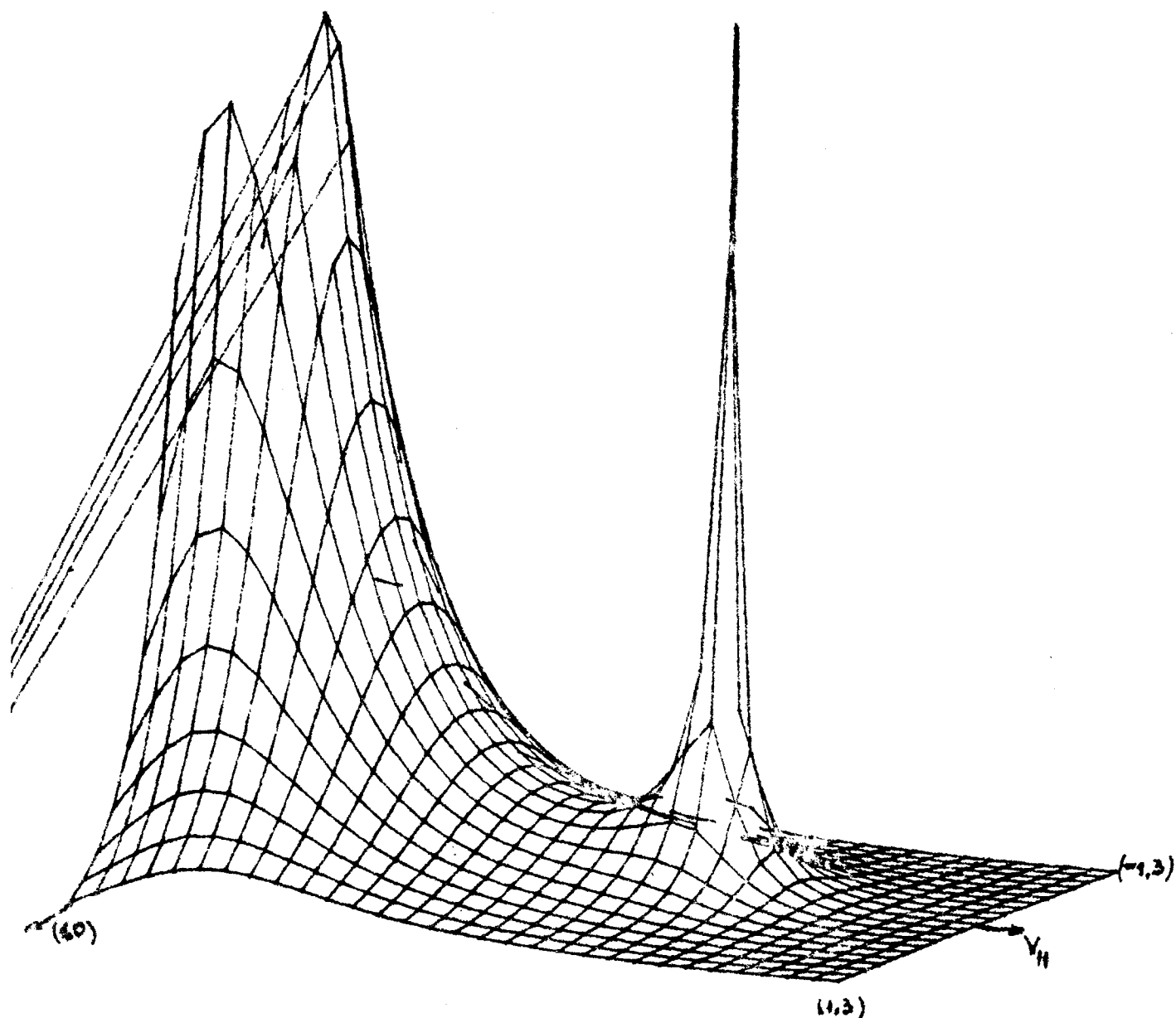


Fig.1. Sección eficaz doble diferencial [u.a.] en función de las velocidades transversal y longitudinal [u.a.] para la ionización de hidrogeno por protones con $v_i = 2$ [u.a.].

REFERENCIAS

- Meckbach W., Focke P., Goñi A., Suarez S., Macek J., y Menendez M.G. enviado para publicar en Phys.Rev.Lett.
 Salin A. J.Phys.B 2,631 (1969)
 --J.Phys.B 5,979 (1972)
 Rudd M.E., Sautter C.A. y Bailey C.L. Phys.Rev.A 3,1635 (1964)
 Rudge M.R. y Seaton M. Proc.R.Soc.A 151,20 (1966)
 Wannier G.H. Phys.Rev 90,871 (1953)