

PENETRACION DE HACES ELECTRONICOS
EN MEDIOS IONIZABLES

M. L. MARTIARENA, D. H. ZANETTE y C. R. GARIBOTTI

Centro Atómico Bariloche, 8400, Bariloche Argentina

Estudiamos la penetración de un haz de electrones en un medio ionizable por, medio de una ecuación cinética generalizada. Esta ecuación contempla, además de las colisiones elásticas, procesos de creación y destrucción de partículas, es decir, ionización y recombinación atómicas, permitiendo describir la evolución temporal de las distribuciones de electrones e iones. Integrando numéricamente la ecuación de transporte, evaluamos el efecto relativo de los procesos involucrados en la evolución del sistema.

La evolución de un sistema de partículas interactuando a través de colisiones binarias se describe mediante la ecuación de Boltzmann. Esta determina la función de distribución de las especies consideradas y se puede escribir

$$\partial_t f_i + v \cdot \nabla_x f_i = \sum_{j=1}^N J_{ij} [f_i, f_j] + \sum_{j=1}^N R_{ij} [f_j] f_i \quad (1)$$

donde N es el número de especies. Los operadores J_{ij} y R_{ij} dependen de la sección eficaz de colisión elástica y de intercambio electrónico, respectivamente.

Consideramos un gas homogéneo de átomos y electrones en reposo que ocupan el semiespacio $x > 0$, con densidades $n_a(x,t)$ y $n_i(x,t)$ respectivamente, siendo n_a una función conocida. Un haz de electrones con velocidad $u = u \hat{x}$ incide sobre dicho gas. El haz es un cilindro de radio r_0 con densidad $n_2(x,t)$. Debido a la introducción del haz, se producen iones, con densidad $n_i(x,t)$ y electrones provenientes de la ionización. Las densidades de electrones se ven también modificadas por procesos de interacción elástica y neutralización de iones. Suponemos que $r_0 \ll \lambda$, donde λ es el camino libre medio. Esto implica que, después

de una colisión, una partícula abandona la región ocupada por el haz.

Escribimos las funciones de distribución para electrones⁴, átomos e iones como

$$f_{\bullet}(x, v, t) = n_1(x, t) \delta(v) \theta(r-r_0) + n_2(x, t) \delta(v-w) \theta(r-r_0) + \mathcal{F}(x, v, t)$$

$$f_i(x, v, t) = n_i(x, t) \delta(v) \quad (2)$$

$$f_a(x, v, t) = n_a(x, t) \delta(v)$$

respectivamente. La función $\mathcal{F}(x, v, t)$ describe los electrones que abandonan el haz luego de una colisión.

A partir de la ecuación de Boltzmann (1) calculamos numéricamente, empleando el método de diferencias finitas, la evolución de las densidades n_1 , n_2 y n_i . Los resultados graficados en las figuras corresponden a los siguientes casos:

1) Existen procesos de colisión elástica solamente. El haz es seminfinito y el fondo de átomos es constante.

2) Como en 1), donde el haz es un pulso de longitud finita.

3) Se permiten todos los procesos, para el haz seminfinito.

En este último gráfico observamos que, al ingresar el haz, su densidad se ve inicialmente disminuida por las colisiones elásticas. Posteriormente, se produce un incremento en esta densidad debido a los electrones provenientes de la ionización. Los electrones en reposo son removidos por colisiones elásticas con el haz incidente. Por otra parte, la figura indica que la producción de iones depende de la cantidad de electrones remanentes en el haz. La discusión de los gráficos 1 y 2 se encuentra contenida en la anterior.

⁴ V. V. Aristov and E. M. Shakhov in *Rarefied Gas Dynamics*; V. Boffi and C. Cercignani, eds. (B.G. Teubner, Stuttgart, 1986)

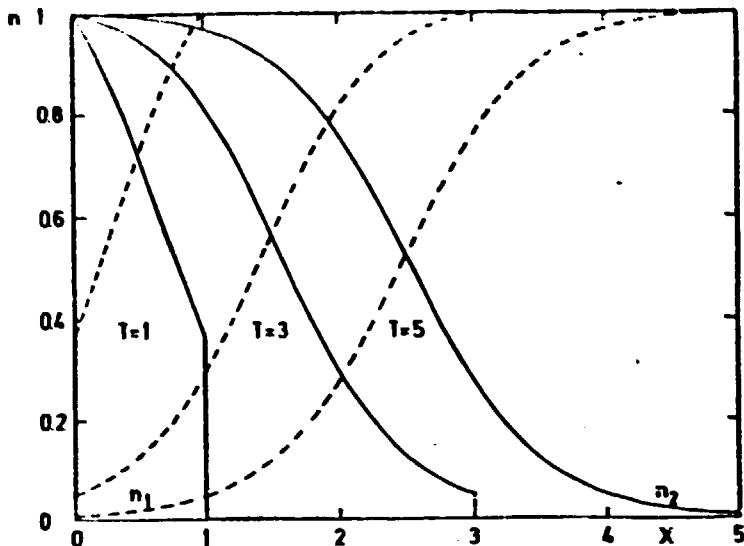


FIGURA 1

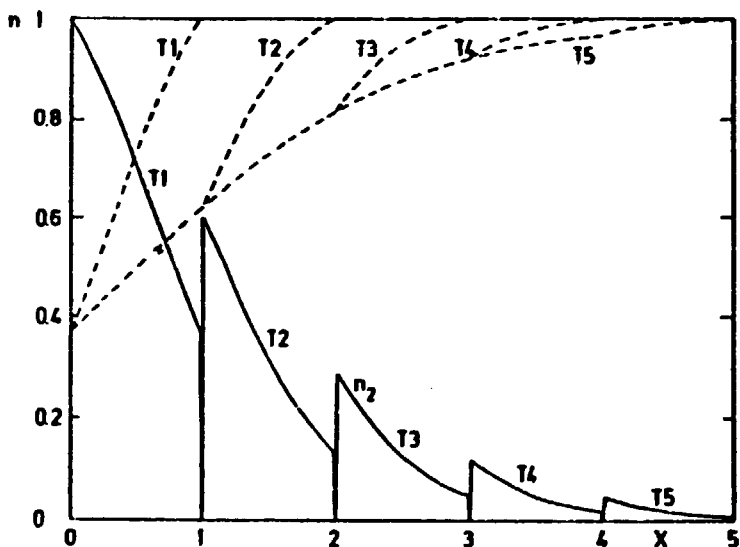


FIGURA 2

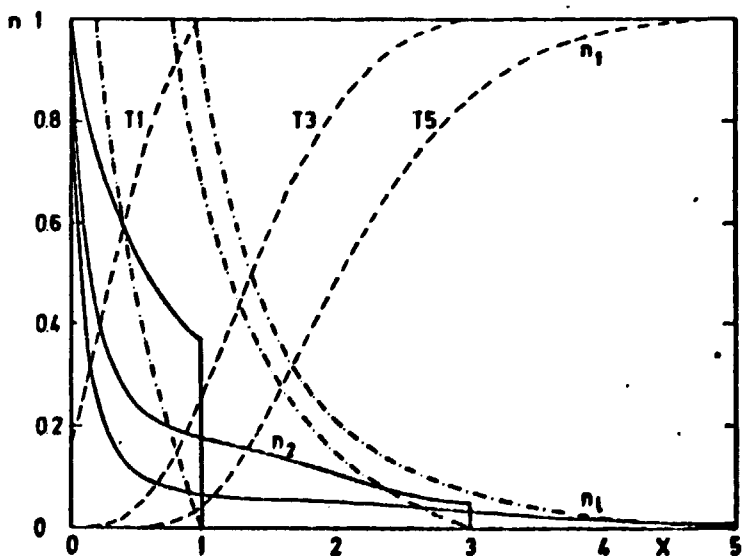


FIGURA 3