

TASAS DE REACCION PARA COLISIONES DE INTERCAMBIO DE CARGA ENTRE IONES E HIDROGENO EXCITADO

C. Falcón, L. Opradolce (IAFE) y R. Piacentini (IFIR) (OAMR)

Abstract

We are presenting theoretical reaction rates for charge exchange low energy collisions between $HIII$ and $HeIII$ projectiles colliding with metastable ($2s$) HI targets. The calculations have been performed for temperatures ranging from 10^3 to 10^7 K. A Maxwell function has been assumed to describe the energy distribution of the relative movement. The results are of interest for the determination of the ionization equilibrium of the involved atomic species under astrophysical conditions.

1. Introducción

Las reacciones de intercambio de carga entre iones multicargados y las especies neutras más abundantes -hidrógeno y helio- juegan un rol importante en numerosos plasmas astrofísicos en condiciones coronales [1 a 3]. Se trata de un proceso selectivo que en casos favorables llega a tasas de reacción superiores a $10^{-9} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ aun a temperaturas muy bajas con lo cual resulta ser competitivo de la recombinación radiativa y debe ser tenido en cuenta en el cálculo del equilibrio de ionización del plasma en consideración. El estudio de estos procesos colisionales permite además la identificación de líneas ya que en general el ion que se recombina queda en un estado particular de excitación produciendo luego emisiones características.

En este trabajo se presentan los cálculos de la tasa de reacción de los procesos de intercambio de carga entre $HIII$ o $HeIII$ con hidrógeno neutro inicialmente en el estado metaestable $2s$ cuyas secciones eficaces han sido recientemente estudiadas [4-6]. Los resultados se comparan con los correspondientes al hidrógeno neutro inicialmente en el estado fundamental.

2. Teoría

La tasa de reacción se define como

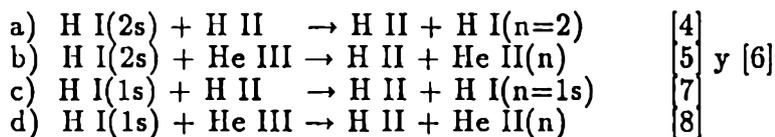
$$k = \langle \sigma v \rangle = \int_0^{\infty} \sigma v F(v) dv \quad (1)$$

siendo σ la sección eficaz de la reacción considerada, v la velocidad relativa de las partículas en colisión y $F(v)$ la función de distribución de velocidades. En este trabajo se adoptó la distribución de velocidades de Maxwell y luego de explicitarla en (1) en función de la energía E de las partículas en el sistema centro de masa tenemos

$$k = \left(\frac{8}{\pi\mu}\right)^{1/2} \left(\frac{1}{KT}\right)^{3/2} \int_0^\infty \sigma \exp\left(-\frac{E}{KT}\right) E dE \quad (2)$$

siendo K la constante de Boltzman, T la temperatura electrónica del medio y μ la masa reducida de las partículas que reaccionan.

Las reacciones de intercambio de carga consideradas se presentan en la siguiente tabla con la bibliografía correspondiente de la cual se han obtenido los valores de las secciones eficaces utilizadas en el cálculo de k



3. Resultados y Discusión

Las tasas de reacción de los procesos a) y c) calculados mediante la fórmula 2 son mostrados en la figura 1. En la figura 2 se presentan los correspondientes a las reacciones b) y d). El rango de temperatura, en ambos casos se extiende entre 10^3 hasta 10^7 K. Se puede observar que la tasa de la reacción de intercambio de carga entre protones y $HI(2s)$ resulta en promedio 5 veces mayor que la correspondiente con hidrógeno en el nivel fundamental. En el caso de considerar proyectiles de $HeIII$ (fig 2) las tasas de reacción resultan más bajas que en el caso anterior excepto en la parte superior del rango de temperaturas aquí considerado. La relación entre las tasas de reacción correspondientes respectivamente a captura desde $HI(2s)$ y $HI(1s)$ es significativamente mayor que para proyectiles de HII . Las secciones eficaces de intercambio de carga desde $HI(2s)$ disponibles no nos permiten extender inferiormente el rango de temperaturas. Esta región, importante desde el punto de vista astrofísico requeriría un cálculo completamente cuántico de la colisión, el cual resulta complicado dado la cantidad de canales moleculares acoplados.

Referencias

- [1] G B Field *Atomic and Molecular Physics and the Interstellar Matter* ed R Balian, P Encrenaz and J Lequeux (Amsterdam) (1975) 467
- [2] D Pequinet *Astron. Astrophys.*, 81 (1980) 356
- [3] S L Baliunas and S E Butler *Astrophys. J. Lett.*, 235 (1980) L45

- [4] S Blanco, C Falcon and R D Piacentini *J. Phys. B*, 19 (1986) 3945
 [5] S Blanco, C Falcon, C Reinhold, J Casaubon and R D Piacentini
J. Phys. B, 20 (1987) 6295
 [6] H Jouin and C Harel *J. Phys. B*, 24 (1991) 3219
 [7] Dalgarno and Yadav *Proc. Roc. Soc. A*, 66 (1953) 173
 [8] Hiroshi Fukuda and Takeshi Ishihara
Abstr. of Contributed Papers-ICPEAC (1989) 567

