

RELAJACION AL EQUILIBRIO EN DISTRIBUCIONES ANISOTROPICAS DE PARTICULAS

C.R.Garibotti, R.O.Barrachina y D.H.Zanette
Centro Atómico Bariloche, Argentina

Los análisis teóricos de procesos de colisión simple ión-átomo describen adecuadamente la colisión contra blancos gaseosos, pero no la colisión contra blancos densos. En este último caso debería considerarse el problema de la penetración del haz de partículas dentro del material como un fenómeno colectivo. Estos procesos pueden esquematizarse partiendo del estudio de la relajación al equilibrio de un sistema de partículas interactuantes. Básicamente, el problema se centra en el análisis de ecuaciones de transporte no lineales. En efecto, las partículas que atraviesan el medio son las de mayor energía, para las cuales los términos no lineales son importantes.

Recientemente, el estudio de la ecuación de Boltzmann no lineal ha adquirido especial auge, debido tanto a sus aplicaciones como a su interés matemático intrínseco [1]. Estos estudios se han desarrollado básicamente para el caso de distribuciones isotrópicas en impulso y espacialmente homogéneas. El caso inhomogéneo y/o anisotrópico se ha visto relegado por su dificultad. El problema de la inyección de un haz de partículas monoenergético en un gas diluido, que puede considerarse como una primera aproximación a la penetración de un haz de partículas en la materia, lleva a encarar la resolución exacta de la ecuación de Boltzmann para situaciones anisotrópicas e inhomogéneas.

En este trabajo estudiamos la relajación al equilibrio de distribuciones inicialmente anisotrópicas. Hemos considerado que la interacción de las partículas está dada por un modelo de Maxwell, cuya sección eficaz depende

solamente del ángulo de dispersión [2]. Nos restringiremos a sistemas bidimensionales dado que es de esperar que presenten casi todas las características peculiares del caso tridimensional general. En el caso isotrópico, la ecuación de Boltzmann para modelos de Maxwell ha sido resuelta formalmente desarrollando la función de distribución en una serie de polinomios generalizados de Laguerre. Sus coeficientes (momentos de Laguerre), dependientes del tiempo, satisfacen un sistema de ecuaciones que permite calcularlos recursivamente. Este desarrollo puede ser extendido al caso anisotrópico bidimensional, agregando a cada término un factor dependiente del ángulo polar. Esta función angular se elige exponencial compleja [3]. Nuevamente, los momentos pueden ser obtenidos en forma secuencial.

A fin de analizar numéricamente las características de la relajación al equilibrio en el caso anisotrópico, resulta adecuado considerar la evolución de condiciones iniciales simples, con unos pocos momentos no nulos [4]. Así se ha comprobado que la función de distribución puede presentar un acercamiento no monótono hacia el equilibrio para determinadas energías y ángulos. Para una dada condición inicial, pueden presentarse simultáneamente relajación monótona y transitorios de superpoblación y subpoblación de partículas. Este hecho se muestra en la figura 1: Para una condición inicial con tres momentos no

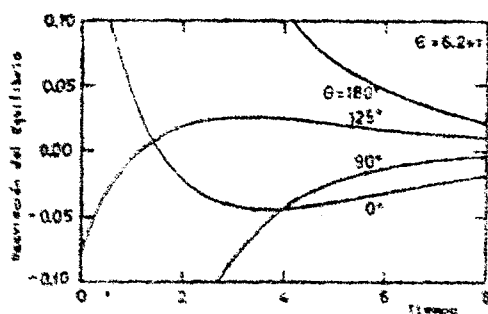


Fig. 1: Evolución de la desviación del equilibrio para una energía de 6.2 kT a diferentes ángulos. Para el modelo de Tjon-Wu, la unidad de tiempo corresponde a la frecuencia de colisión. La condición inicial presenta tres momentos no nulos en el desarrollo de Laguerre.

nulos se observa que, a una energía de 6.2 kT, la función de distribución evoluciona monótonamente a 90° y a 180°; en tanto, para 0° y 125°, aparecen en forma transitoria, una subpoblación y una superpoblación, respectivamente. Estos resultados corresponden al modelo de Tjon-Wu; para otros modelos de Maxwell las

características cualitativas de los procesos de relajación permanecen inalteradas, cambiando eventualmente las escalas de tiempo.

Generalizando el método de desarrollo en funciones ortogonales [4] es posible considerar una condición inicial con dos momentos no nulos, que representa una primera aproximación al problema de penetración de un haz de partículas en la materia. Esta condición inicial, graficada en la figura 2-a, presenta dos picos sobrepoblados para energía kT a ángulos de 90° y 270° ; a altas energías se encuentra subpoblada. Corresponde a dos haces homogéneos de igual densidad, con sentidos opuestos. Las figuras 2-b a 2-d representan etapas posteriores de la evolución. Se observa claramente un interesante fenómeno de relajación: los picos sobrepoblados presentan una expansión preferencial en la dirección angular dando lugar a un anillo de máxima población para la energía térmica. Este anillo desaparece lentamente para generar la distribución de equilibrio, que presenta un máximo en energía nula.

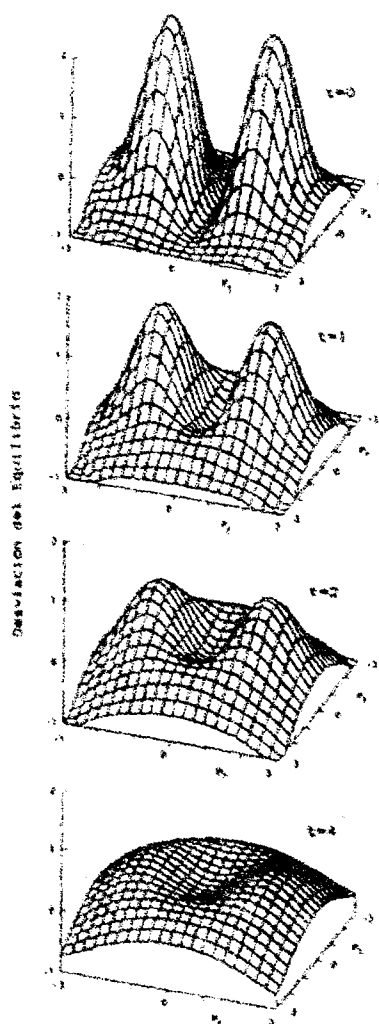


Fig.2: Evolución de la desviación del equilibrio para una condición inicial que representa a dos haces de partículas viajando en sentidos opuestos, en el modelo de Fjor-Nu. La unidad en el plano de los ejes es $(kT)^2$.

Referencias:

- [1] Ernst M., Phys.Rep.78, 1, 1981; Barrachina R.O., Fujii D.H. and Garibotti C.R., Phys.Lett.109A, 390, 1985
- [2] Cercignani C., 'Mathematical Methods in Kinetic Theory', Plenum Press, New York, 1969
- [3] Hendriks E. and Niewenhuizen T., J.Stat.Phys.29, 591, 1982
- [4] Barrachina R. and Garibotti C., a aparecer en J.Stat.Phys., Nov. 1986