

MODELO DE COLISION UNIDIMENSIONAL DE TRES PARTICULAS CON POZOS CUADRADOS

V.D. Rodríguez , M.S. Gravielle y J.E. Miraglia
Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET)
C.C. 67, Suc. 28, 1428 Buenos Aires, Argentina

y

V.H. Ponce
Centro Atómico Bariloche
Comisión Nacional de Energía Atómica, 8400 Bariloche, Argentina

RESUMEN

En este trabajo se utiliza un modelo sencillo para estudiar procesos de captura y excitación. Se presentan resultados exactos y se comparan con resultados obtenidos por aplicación de métodos conocidos. El propósito es tener un punto de referencia para probar distintos métodos teóricos.

1- INTRODUCCION

Cuando se intenta aplicar un método teórico para describir un proceso real de colisiones atómicas, existen muchos factores que impiden verificar los rangos de validez del método. Uno de ellos es que a menudo las teorías exigen que los distintos parámetros que definen el problema, lleguen a valores extremos, no siendo fácil su reproducción experimental.

Es en este terreno que entran a jugar un papel los modelos sencillos, que conservando las características básicas del proceso, proveen resultados exactos simplificando además los razonamientos y los cálculos. Siguiendo esta línea en este trabajo hemos considerado un modelo de 'colisión atómica', caracterizado por:

- i) Proceso unidimensional.
- ii) Tres pseudopartículas, denominadas : un 'nucleo' proyectil (P), un blanco compuesto por un nucleo (T) y un 'electrón' (e).

iii) Los nucleos (P,T) son 'pesados', esto es : $M_{P,T} \gg M_e$, donde M_j es la masa de la partícula j.

iv) Las interacciones P-e y T-e, V_p y V_T respectivamente, son consideradas pozos cuadrados y no se considera interacción entre los nucleos.

Este sistema ha sido usado por varios autores para poner en práctica y probar diferentes aproximaciones [1,2].

El propósito de este trabajo es considerar el modelo como un banco de pruebas donde puedan ser estudiadas las distintas teorías. Debido a la simplicidad del modelo, el éxito de un método teórico en el modelo no implicará necesariamente el éxito para describir el problema real, pero si deberíamos considerar a este método como un buen candidato para hacerlo. De otro modo, si el método no explica bien esta simple colisión, su validez en sistemas reales se considerará dudosa, salvo que esta sea probada rigurosamente para el caso real en consideración.

Se presentan resultados exactos para excitación y captura, obtenidos de resolver la ecuación de Schrödinger con la técnica de elementos finitos, los cuales son comparados con aproximaciones teóricas conocidas, como son series perturbativas, principios variacionales y métodos de onda distorsionada.

2- RESULTADOS

2.1- EXCITACION

En el caso de excitación presentamos resultados para colisiones 'asimétricas', es decir cuando una interacción es dominante. Esto es simulado por aumentar la profundidad V_{p0} de V_p . En la figura 1 presentamos la probabilidad de excitación como función del parámetro V_{p0} , para una velocidad de proyectil incidente $v=5$, (se usan unidades atómicas), que hace que el problema en cuestión pueda considerarse de alta energía ($V_T \approx 2$). Se observa el fenómeno de saturación, esto es que la probabilidad de excitación se incrementa en función de V_{p0} , hasta un valor 'de saturación', alrededor del cual oscila. Las oscilaciones son características del problema de los pozos cuadrados, puesto que están relacionadas a la aparición de nuevos estados ligados

en el proyectil. Sin embargo la saturación es un fenómeno que parece presentarse en el caso real [3], por lo que cobran interés los métodos que muestran saturación.

En el caso considerado, es posible observar que la aproximación impulsiva en su versión 'post' y 'prior' [4] presentan saturación y están de acuerdo con los resultados exactos. Se muestran además resultados del método variacional de Schwinger basado en G_T , el cual da saturación la cual no coincide con los resultados exactos. Una posible explicación es que el método de Schwinger basado en G_T es válido cuando $U_T > U_P$. El método CDW proporciona resultados bastante satisfactorios. No ocurre lo mismo con las aproximaciones que se obtienen mediante una aproximación 'peaking' de la impulsiva. Esto último confirma su dudosa aplicabilidad, cuya validez está restringida al rango perturbativo $U_{pe}/v < 1$.

2.2- CAPTURA

En el caso de captura presentamos resultados para colisiones 'sistémicas', esto es cuando $U_{pe} = U_{to}$. En la figura 2 presentamos resultados para la probabilidad de captura en función de la velocidad del proyectil v , para una profundidad de proyectil y blanco fijas ($U_0 = U_{to} = \frac{1}{2}$). Se presentan los resultados exactos de la referencia [2]. Se observa que el límite asintótico de altas velocidades está cubierto por la segunda aproximación de Born, lo que confirma que el proceso de captura es un proceso de doble scattering. La aproximación CDW explica los resultados exactos en los regímenes de energías intermedia y alta, la aproximación impulsiva tiene el mismo comportamiento aunque menos satisfactorio.

Se presenta también la aproximación SSPB [5] la cual mejora la convergencia en el rango de energías altas, respecto a otras teorías perturbativas. Por otro lado mostramos resultados calculados con la forma fraccional del principio variacional de Schwinger basado en h_f [6], el cual no presenta el comportamiento asintótico correcto de altas energías aunque parecería mejorar los resultados a energías intermedias.

REFERENCIAS

- [1] Ponce V.H. 10mo Coloquio de Física de Colisiones atómicas y electrónicas, Aussois 1984 pag. 170
- [2] Mittelman M.H. and Quong J. 1968 Phys. Rev. 167 1 75
- [3] Brendle B., Gayet R., Rozet J.P. and Wührer K. 1985 Phys. Rev. Lett. 54 18 2007
- [4] McDowell M.R.C. and Coleman J.P. 1970 Introduction to the Theory of Ion-Atom Collisions (Amsterdam: North-Holland), chapter 5.
- [5] Briggs J. 1980 J. Phys. B. 13 L717
- [6] V.D. Rodríguez and J.E. Miraglia 1986. Para ser publicado en el J. Phys. B.

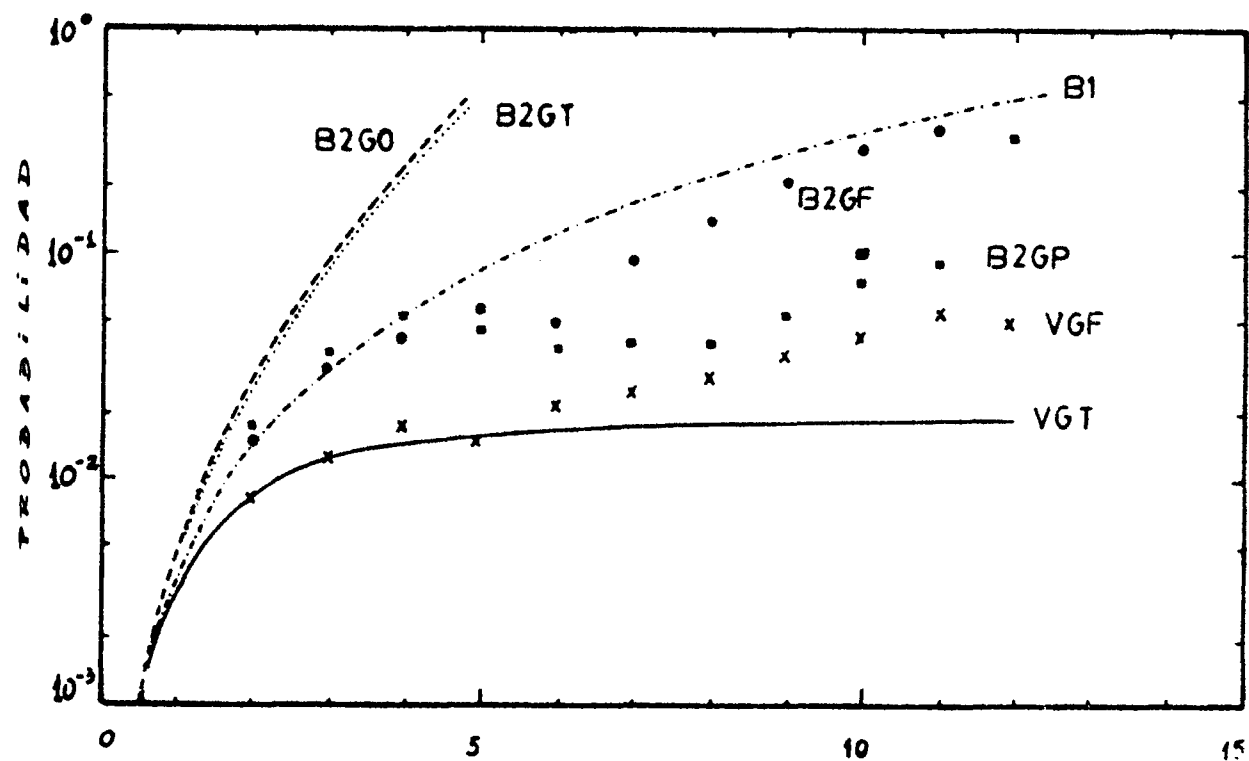
FIGURAS

Fig 1 : Probabilidad de excitación en función de la profundidad del pozo proyectil V_{p0} . La profundidad del pozo blanco es $V_T = 2$. Los anchos del pozo proyectil y del pozo blanco son iguales, $a_{p0} = a_{r0} = 2$; la velocidad de incidencia es $v = 5$. En todos los casos se usan unidades atómicas.

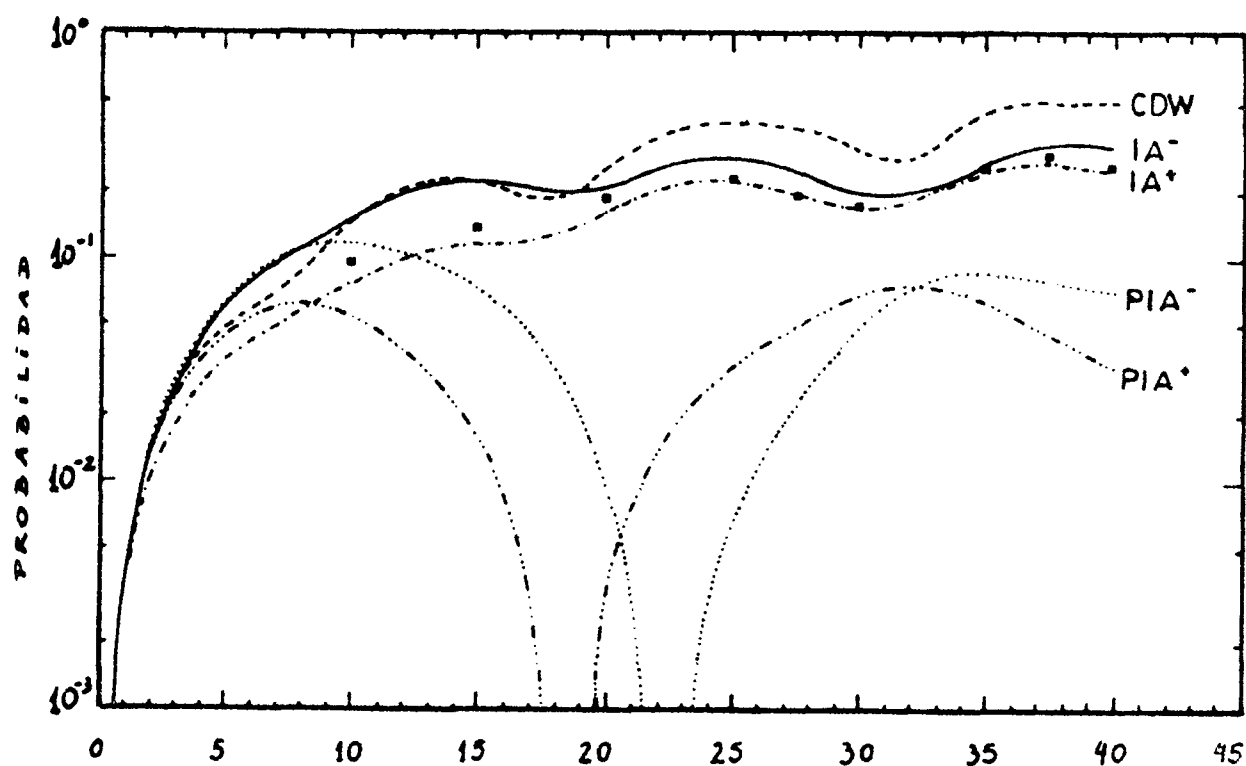
Fig 2 : Probabilidades de captura en función de la velocidad v del proyectil. Las profundidades de los pozos blanco y proyectil son $V_{p0} = V_{r0} = \frac{\pi^2}{8}$. Los anchos y las unidades son como en la Fig. 2.

Notación (Figs. 1 y 2) :

- IA Aproximación impulsiva (post = +, prior = -)
- PIA Aproximación 'peakings' (post = +, prior = -)
- B1 Primera aproximación de Born
- B2Bk Segunda aproximación de Born con G_k ($k=0, T, P, F$)
- VSk Principio variacional de Schwinger con G_k ($k=T, F$)
- * Resultados exactos (Fig. 1)
- O Resultados exactos Ref. [2] (Fig. 2)



PROFUNDIDAD POZO PROYECTIL



PROFUNDIDAD POZO PROYECTIL

FIGURA 1

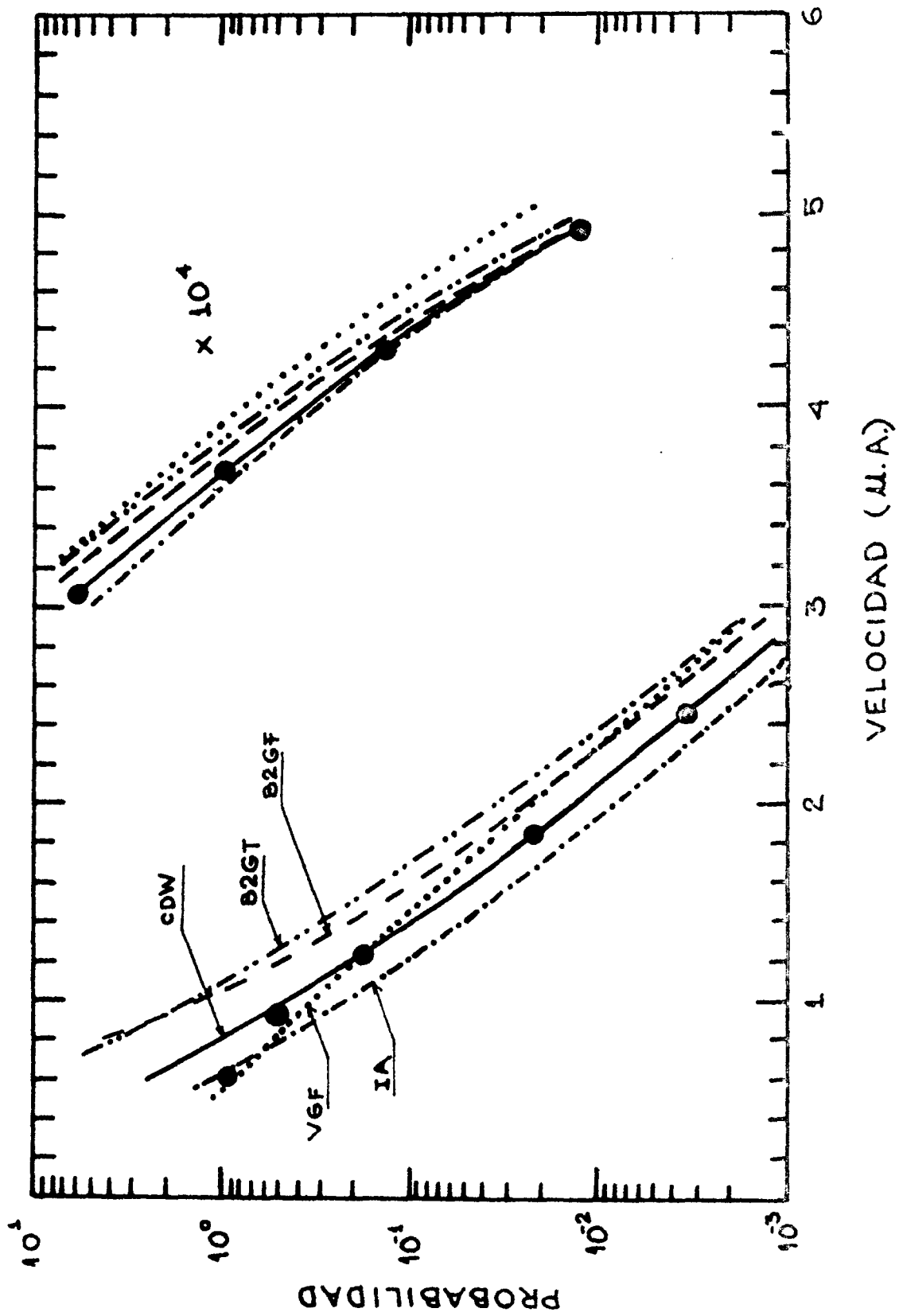


FIGURA 2