

Difusión elástica resonante

Daniel Vázquez Lago^{1*}

Resumen

En este trabajo estudiaremos las difusiones elásticas resonantes y sus aplicaciones en el ámbito particular de la física nuclear, tratando de responder a las siguientes preguntas: ¿Qué es una difusión elástica resonante? ¿Cómo se comporta la sección eficaz en una difusión elástica resonante? ¿Cuál es el interés de las dispersiones elásticas resonantes? ¿Qué las diferencia de una difusión inelástica? Tratando de responder a estas preguntas estudiaremos entonces diferentes modelos matemáticos que nos permiten introducir las secciones eficaces y diferentes aplicaciones para ver cual es la potencia e interés de las difusiones elásticas resonantes.

Palabras clave

Difusión elástica resonante, Formalismo R-Matritial, Autoestados, Breit-Wigner

¹Facultad de Física, Universidad Santiago de Compostela, Galicia, España

*Correo del autor: danielvazquezlago@gmail.com, daniel.vazquez.lago@rai.usc.es

Índice

1	Introducción	1
2	Comportamiento de la difusión elástica resonante	2
	Referencias	2

1. Introducción

Para tratar de entender un poco el fenómeno de la difusión elástica resonante primero tenemos que tratar un poco la historia de las difusiones. Las difusiones o colisiones entre partículas se empezaron a estudiar a principios del siglo XX por Marsden, Geiger, Rutherford, estudiando como se comportaba un haz partículas α al colisionar con diferentes planchas de metal, observando que parte de las partículas interaccionaban fuertemente con el metal cuando incidía con ángulos más allá de los 90° . De este resultado Rutherford dedujo que los núcleos estaban formados por un núcleo cargado positivamente y un halo de partículas poco pesadas cargadas negativamente orbitando a su alrededor, que denominó electrones. Mas tarde Darwin derivó una fórmula (usando la mecánica clásica) que describía la sección eficaz de la difusión elástica de Rutherford, que es el nombre que se le da a las difusiones elásticas entre partículas cargadas. Esta viene dada por:

$$\left(\frac{d\sigma(\theta)}{d\Omega}\right)_{\text{Rutherford}} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 \frac{Z_1 Z_2 e^2}{(4E)^2 \sin^4(\theta/2)} \quad (1)$$

donde Z_2 es la carga el haz incidente y E su energía. Aunque esta sección eficaz se dedujo usando la mecánica clásica, también es posible deducirla a través de la mecánica cuántica (y se obtiene la misma fórmula, siempre que no se tenga en

cuenta el espín y correcciones relativistas). Sin embargo pocos años después en el estudio de otras difusiones se obtuvieron secciones eficaces con anomalías. Estas anomalías se manifestaron generalmente en forma de picos para energías muy particulares.

El descubrimiento del neutrón (1932) cambio por completo el paradigma de la física nuclear, ya que estas partículas con carga neutra no podían seguir la dispersión de Rutherford. El comportamiento de las reacciones en las que se usan haces de neutrones deberían venir dadas por el desarrollo de ondas parciales que se puede hacer a través de la ecuación de Schrödinger (que no habría sido publicada hasta 1926) por lo que dichas reacciones ahora son un fenómeno probabilístico, de tal modo que en los valores medios obtenidos dependen de las diferentes posibles reacciones (de todas las posibles reacciones y de las interacciones estadísticas entre estas. De esta forma el estudio de las difusiones pasa de ser un problema sencillo en la mecánica clásica a un problema colosal en el que intervienen varios procesos a la vez que además interfieren entre sí.

Por ejemplo, cuando un neutrón n incide en un núcleo atómico X ¿Que podría pasar? Una posibilidad sería la típica difusión elástica $n + X \rightarrow n + X$ en el que los momentos de cada partícula cambian pero no el momento global. Otra posibilidad es que el neutrón incidente entre en el núcleo formando un isótopo de X tal que $n + X \rightarrow Y$. A esto lo llamamos la difusión inelástica. En el caso de los neutrones incidiendo en una partícula solo hay una posible sección eficaz. Las secciones eficaces de ambos procesos son diferentes, y la sección eficaz global es la suma de ambas:

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_{\text{el}} + \sigma_{\text{inel}} \quad (2)$$

Ahora surge la pregunta. ¿Solo existe una forma de que ocurra la reacción $n + X \rightarrow n + X$? ¿O por el contrario hay alguna

otra forma de que ocurra? En realidad uno podría pensar

2. Comportamiento de la difusión elástica resonante

Referencias

- [1] R. G. Thomas A. M. Lane. R-matrix theory of nuclear reactions. *Reviews of Modern Physics*, 30:288,289, 1958.
- [2] J.J. He et al. Study of proton resonances in ^{18}Ne via resonant elastic scattering of $^{17}\text{F} + \text{p}$ and its astrophysical implication in the stellar reaction of $^{14}\text{O}(\alpha, \text{p})^{17}\text{F}$. *THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL*, 15:47: 67, 2011.
- [3] Subinit Roy V. M. Datar Suprita Chakraborty, Rajkumar Santra. R-matrix analysis of elastic scattering, phase shifts, and radiative capture reaction cross sections in the $\alpha + \alpha$ system. *PHYSICAL REVIEW C*, 106:0,10, 2022.
- [4] Frank Gunsing. Introduction to neutron-induced reactions and the r-matrix formalism. pages 1,29, 2014.