XIX Jornadas de Ciencias, Tecnologías e Innovación

EXPANSIÓN EN PAQUETES DE ONDA CON ENERGÍA COMPLEJA PARA EL ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DE NÚCLEOS ATÓMICOS EXÓTICOS

HUCK, Santiago[1]; ID BETAN, Rodolfo[1,2,3].

[1]Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura. UNR/ santihe15@hotmail.com
[2] Instituto de Física de Rosario. UNR-CONICET/ idbetan@fceia.edu.ar
[3]Instituto de Estudios Nucleares y Radiaciones Ionizantes.

Palabras claves: estados de Gamow; espectro continuo; resonancias.

INTRODUCCIÓN

Los núcleos atómicos que poseen un desequilibrio en la cantidad de protones y neutrones son inestables, por lo que se desintegran espontáneamente emitiendo partículas. Una forma que permite describir la estructura y el decaimiento en estos núcleos inestables o débilmente ligados es utilizar el Modelo de Capas de Gamow, el cual considera estados ligados, resonancias y estados de dispersión en pie de igualdad. Para cálculos de sistemas de muchos cuerpos las dimensiones crecen exponencialmente con el número de partículas de valencia y con el número de estados de dispersión que describen el espectro continuo, como consecuencia se requiere de un gran costo computacional, al punto de ser un limitante en el tamaño del núcleo a explorar. Una alternativa para disminuir dicho costo es utilizar paquetes de onda para describir los estados del continuo. En cálculos de reacciones nucleares este es el método de preferencia. Este proyecto pretende extender el uso de paquetes de onda a estructura nuclear. Cuando el continuo tiene estructura resonante, podemos incluir las resonancias en forma explícita. Para conservar la completitud, un conjunto de estados de dispersión con energía compleja debe ser también incluido, volviendo otra vez inmanejables las dimensiones. En este trabajo el espectro continuo no resonante con energía compleja se va a representar por paquetes de onda. Dado que la información del continuo ya está incluida mayormente en la resonancia, las contribuciones del continuo no resonante podrán disminuirse en forma considerable.

FORMALISMO

Expansión con energía real

$$|\psi\rangle = \sum_n |\varphi_n\rangle\langle\varphi_n|\psi\rangle + \int_0^\infty |\varphi_\varepsilon\rangle\langle\varphi_\varepsilon|\psi\rangle d\varepsilon$$

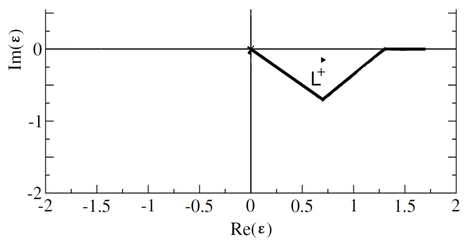
Expansión con energía compleja

$$|\psi\rangle = \sum_n |\varphi_n\rangle\langle\varphi_n|\psi\rangle + \sum_k |\varphi_k\rangle\langle\varphi_k|\psi\rangle + \int_{L^+} |\varphi_\varepsilon\rangle\langle\varphi_\varepsilon|\psi\rangle$$

Construcción de paquetes

$$\tilde{\varphi}_p(r) = \frac{1}{\sqrt{N_p}} \int_{\varepsilon_{p-1}}^{\varepsilon_p} g(\varepsilon)\ \varphi(r,\varepsilon)\ d\varepsilon \approx \frac{1}{\sqrt{N_p}} \sum_{i=1}^{N_g} h_i\ g(\varepsilon_i)\ \varphi(r,\varepsilon_i)$$

Contorno complejo de integración



RESULTADOS

Se muestran cálculos realizados para comparar los métodos de aproximar la integral por medio de la cuadratura trapezoidal y la de Gauss-Legendre. A su vez se calculó el estado $1h_{11/2}$ para el ^{208}Pb, en el mismo se utilizó una cantidad de paquetes de onda $npaq = 4$ y en el caso puntual el mismo número de puntos que de paquetes $n = 4$. Se analizó la integración puntual y de paquetes de onda tanto real como compleja. El contorno de integración complejo elegido incluía dentro a la resonancia asociada al estado $2h_{11/2}$.

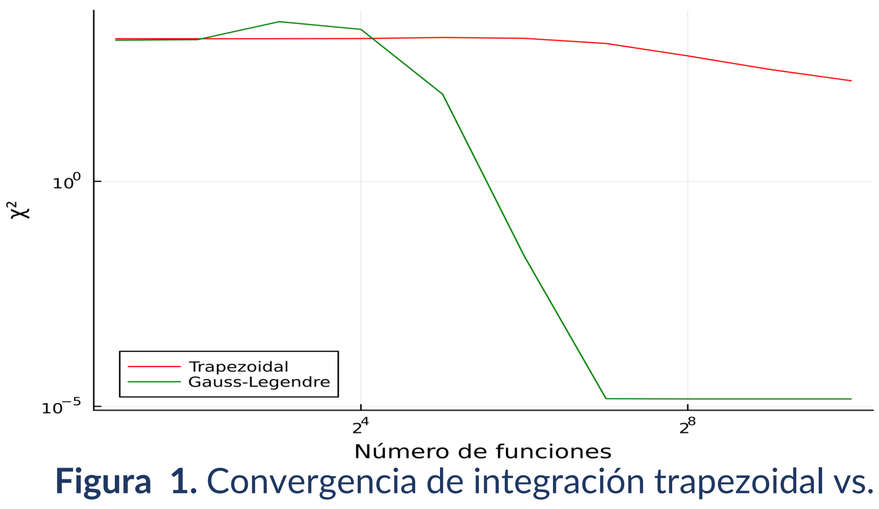


Figura 1. Convergencia de integración trapezoidal vs. Gauss-Legendre.

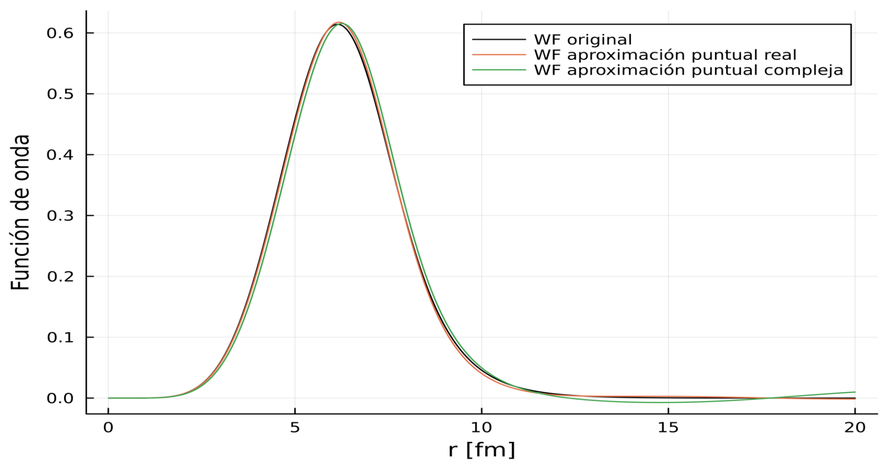


Figura 2. Integración puntual real vs. compleja.

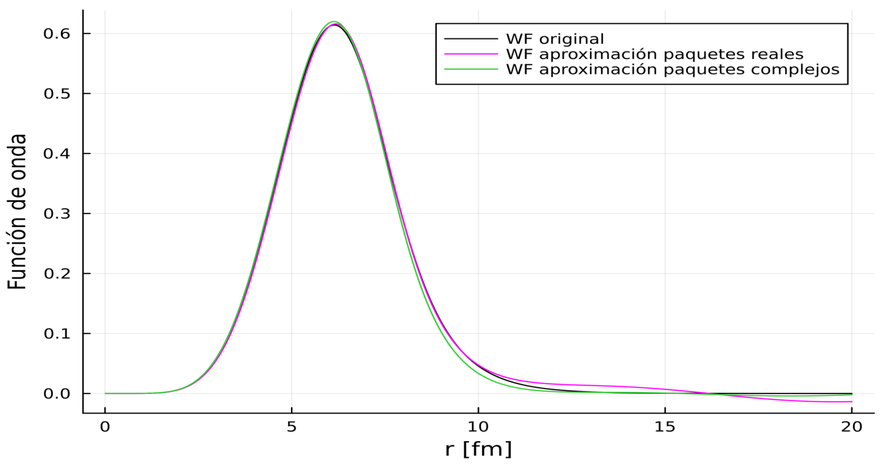


Figura 3. Utilización de paquetes reales vs. complejos.

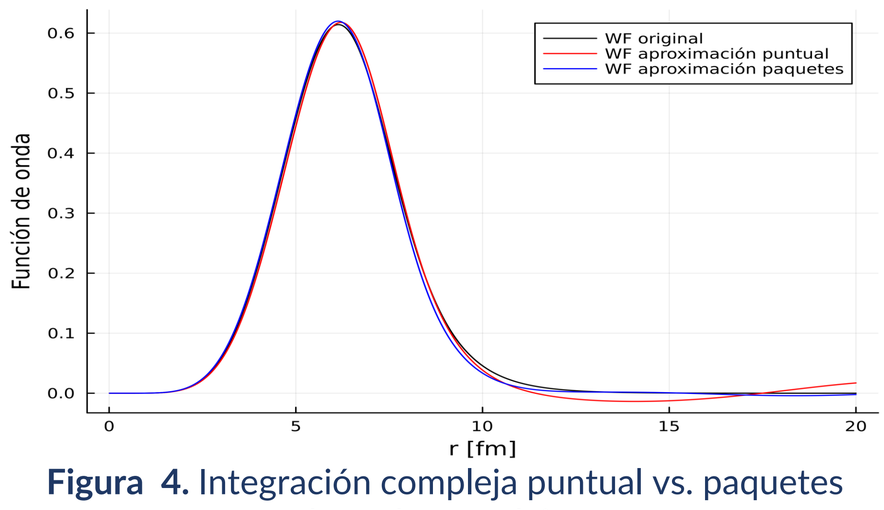


Figura 4. Integración compleja puntual vs. paquetes de onda complejos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se observó que el método de cuadratura más óptimo es el de Gauss-Legendre debido a su rápida convergencia. También se demostró que los paquetes de onda complejos ofrecen una mejor aproximación respecto de los paquetes reales y, finalmente, que al comparar la integración compleja puntual contra el uso de paquetes de onda complejos, estos últimos ofrecen un mejor ajuste. Dicha mejoría se interpretó ya que al utilizar un contorno complejo donde la resonancia se encuentra incluida, la misma aporta información valiosa del estado, lo que permite reducir el número de cálculos necesarios para obtener una buena aproximación.

REFERENCIAS

[1] Berggren, T. (1968). On the use of resonant states in eigenfunction expansions of scattering and reaction amplitudes. Nuclear Physics A, 109(2), 265-287.

[2] Liotta, R. J., Maglione, E., Sandulescu, N., Vertse, T. (1996). A representation to describe nuclear processes in the continuum. Physics Letters B, 367, 1-4.

[3] Moro, A. M. (2018). Models for nuclear reactions with weakly-bound systems. arXiv. https://arxiv.org/abs/1807.04349

FINANCIAMIENTO

Subsidio UNR 2022-2025 Estudio semi-microscópico de la desintegración radiactiva de la partícula alfa de núcleos atómicos pesados. N°80020210200068UR