UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-097-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Densidad de carga y radios de núcleos par-par

Descripción general (resumen y metodología):

E. Rutherford fue el primero en dar un valor aproximado el tamaño nuclear, a principios del siglo pasado.. Mediante experimentos de dispersión de partículas a contra núcleos, determinó que el radio nuclear debía ser del orden de 10^{-14} m.

El problema de extraer información sobre el núcleo con sondas hadrónicas está en el hecho de que la interacción fuerte entre proyectil y blanco es compleja, y no puede ser tratada mediante aproximaciones simples, como técnicas perturbativas. Además, el proceso de dispersión reflejará, no solo la estructura del blanco, sino también la del proyectil, haciendo más difícil extraer la información que interesa, que es la del núcleo que se quiere estudiar.

Es por ello que las sondas electrodébiles, como pueden ser electrones, pueden dar una información mucho más interesante sobre la estructura interna del núcleo. En este caso, la interacción entre el proyectil y el blanco está muy bien definida, por ser solo de carácter electromagnética. La ventaja, pues, de utilizar electrones en vez de sondas hadrónicas, es clara, ya que todo el formalismo correspondiente a este proceso de dispersión puede ser tratado de forma sencilla con métodos aproximados en Mecánica Cuántica.

Por otro lado, una de las dificultades a la hora de utilizar electrones como sonda para estudiar el núcleo viene del hecho de que la sección eficaz correspondiente es alrededor de 100 veces más pequeña que la hadrónica (para una energía similar del proyectil).

Otra dificultad es el hecho de que se necesitan sondas con una energía suficiente para poder tener la resolución necesaria que permita discernir las dimensiones características del núcleo; simplemente teniendo en cuenta el principio de incertidumbre de Heisenberg, se puede estimar que para tener una resolución del orden de 10^{-15} en el tamaño nuclear, necesitaríamos una partícula incidente con una energía de unos 200 MeV.

En este trabajo se pretende analizar el proceso de dispersión elástica de electrones contra núcleos. En particular, se prestará especial atención al modo en que se obtiene la distribución de carga nuclear y la sección eficaz experimental, a partir de la parametrización propuesta por De Vries. Se estudiarán tanto núcleos mágicos de capa cerrada, con Z=N, como otros de capa abierta, al menos en el número de protones o de neutrones, pero que aún así pueden seguir considerándose esféricos. sección eficaz experimental, a partir de la parametrización propuesta por De Vries. Se estudiarán tanto núcleos mágicos de capa cerrada, con Z=N, como otros de capa abierta, al menos en el número de protones o de neutrones, pero que aún así pueden seguir considerándose esféricos.

También se compararán los resultados obtenidos con un cálculo Hartree-Fock para una interacción efectiva de alcance finito. Siempre que el tiempo lo permita, se extenderá este estudio a núcleos deformados, y se comparará con los resultados obtenidos experimentalmente para dichos núcleos.

Por último, teniendo en cuenta que en instalaciones como GSI y RIKEN podrían plantearse experimentos de dispersion elástica de electrones con núcleos exóticos, se obtendrán con el modelo Hartree Fock considerado, la densidades de carga para algunos núcleos exóticos, así como las secciones eficaces correspondientes a partir de ellas.

Una vez estudiado el problema de la dispersión elástica de electrones por núcleos, se procederá a analizar el proceso de obtención de la densidad de carga, y se analizarán mediante un programa realizado en FORTRAN o PYTHON diferentes parametrizaciones para poder obtener experimentalmente los valores de dicha densidad. Por otro lado, se obtendrán de forma teórica

usando un código FORTRAN de tipo Hartree-Fock con interacciones efectivas, valores para la densidad de carga para los mismos núcleos analizados, y partiendo tanto de estos valores teóricos como de los obtenidos experimentalmente, se obtendrá la sección eficaz del proceso, comparando ambos resultados. Para esta última parte también se desarrollará un código en FORTRAN o PYTHON que lea las densidades de carga y proporcione las secciones eficaces.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

1. • Descripción del proceso de dispersión elástica de electrones por núcleos.
2. • Sección eficaz de Rutherford y Mott: consideración del factor de forma para describir la dimensión finita del núcleo.
3. • Uso de diversas parametrizaciones para obtener la distribución de carga experimental para algunos núcleos mágicos y de capa abierta: comparación entre las diferentes opciones, así como entre los resultados experimentales y teóricos
4. • Obtención de la sección eficaz diferencial a partir de las distribuciones de carga, experimentales y teóricas: comparación entre los resultados.
5. • Estudio teórico de la densidad de carga y sección eficaz del proceso de dispersión elástica para algunos núcleos exóticos, con exceso de neutrones.

Bibliografía básica:

[1] R. Anni. G. Co' and P. Pellegrino, "Nuclear charge density distributions from elastic electron scattering data". Nucl. Phys. A 584 (1995) 35.
[2] H. De Vries, C.W. De Jager and C. De Vries, "Nuclear charge-density distribution parameters from elastic electron scattering". At. Data Nucl. Data Tables 36 (1987) 495.
[3] K.S. Krane, "Introductory Nuclear Physics", J. Wiley and Sons (1991).
[4] J.D. Walecka, "Electron scattering for nuclear and nucleon structure", Cambridge University Press, 2002.
[5] X. Roca-Maza et al., "Theoretical study of elastic electron scattering off stable and exotic nuclei ", Phys. Rev. C78 (2008) 044332.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MARTA ANGUIANO MILLÁN

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

Correo electrónico: mangui@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: LUCIA MONTORO GONZALEZ

Correo electrónico: luciamontoro@correo.ugr.es