UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-091-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Aproximaciones analíticas para el cálculo de la distribución de dosis de un haz de protones de uso clínico: comparación con simulaciones Monte Carlo

Descripción general (resumen y metodología):

Los protones depositan energía en la materia de tal forma que la mayor parte de su cinética se libera casi al final de su trayectoria, donde se forma el llamado pico de Bragg. La profundidad de este pico aumenta
casi cuadráticamente con la energía inicial de los protones. Este hecho es muy útil en la radioterapia con protones, ya que mediante un diseño cuidadoso de los parámetros de irradiación, se puede obtener una superposición adecuada de picos de Bragg en el lugar del tumor, limitando al mismo tiempo la cantidad de radiación absorbida por el tejido sano circundante. Esta superposición de picos consiste en contribuciones adecuadamente ponderadas de haces de protones de diferentes energías, garantizando que toda la masa tumoral quede cubierta por el denominado pico de Bragg extendido (SOBP, por sus siglas en inglés). De hecho, la anchura típica de un único pico de Bragg por sí sola sería demasiado estrecha para cubrir completamente el tumor, en la mayoría de los casos. Dado que la masa tumoral suele extenderse también transversalmente a la dirección del haz de protones, éste también debe extenderse lateralmente para que la superposición de picos de Bragg cubra todo su volumen. Por lo tanto, el SOPB debe diseñarse en tres dimensiones, teniendo en cuenta que los haces de protones durante la propagación en la materia gradualmente se van ensanchando, debido a la dispersión múltiple de Coulomb.
En este trabajo se estudiará un modelo analítico aproximado que permite determinar las curvas de distribución de dosis en el eje y fuera del eje para un haz de protones con perfil gaussiano. Se estudiarán también los perfiles de fluencia, y se compararán con otros modelos analíticos existentes en la literatura, así como con simulaciones Monte Carlo realizadas con el código PENHAN.
Se comenzará estudiando el mecanismo de interacción de haces de protones con la materia. Seguidamente, se estudiará el modelo analítico a implementar para poder determinar las distribuciones de dosis 3D. Se desarrollarán las ecuaciones y se construirá un programa en FORTRAN o PYTHON que permita obtener las expresiones correspondientes. Una vez hecho esto, se obtendrán los resultados para haces de protones de diferentes características. Por otro lado, para esas mismas configuraciones, se realizarán simulaciones Monte Carlo con el código PENHAN, y se compararán los resultados obtenidos mediante las dos técnicas. Ello permitirá ver las deficiencias del modelo analítico, y teniendo en cuenta los problemas encontrados, se plantearán correcciones al mismo para poder mejorar los resultados.

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

Objetivos planteados:

1. Estudio de la interacción de protones con la materia: poder de frenado y dispersión múltiple de Coulomb.
2. Fórmula de Bragg-Kleeman para la determinación del alcance de protones. Corrección polinómica.
3. Implementación de un modelo analítico para la determinación de distribuciones de dosis en 3D y la fluencia.
4. Comparación con otros modelos analíticos y con simulaciones Monte Carlo.

5. • Estudio de posibles correcciones que se puedan introducir para mejorar el modelo analítico.

Bibliografía básica:

[1] B. Gottschalk, Radiotherapy proton interactions in matter. https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.00022
[2] E. Nichelatti and C. Ronsivalle, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., B562 (2025) 165653.
[3] J. Zhang, Y. Liang and C. Yang, Radiat. Phys. Chem. 201 (2022) 110283.
[4] F. Salvat, A generic algorithm for Monte Carlo simulation of proton transport. Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. B 316 (2013) 144.
[5] F. Salvat, J.M. Fernández-Varea and J. Sempau, PENELOPE- A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport. Nuclear Energy Agency, Paris (2014).

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: JUAN DE LA CASA PEREZ

Correo electrónico: juandelacasa05@correo.ugr.es