UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-094-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Cálculo analítico y mediante simulación Monte Carlo de la transferencia lineal de energía en protonterapia.

Descripción general (resumen y metodología):

En los últimos años se han desarrollado algoritmos rápidos y fiables para el cálculo de la dosis en la terapia de protones. Sin embargo, la dosis física no parece ser es el único parámetro que se debe tener en cuenta en la planificación de un tratamiento, ya que el efecto biológico —medido en relación con las dosis correspondiente en la terapia estándar con rayos X— no depende únicamente de la dosis física. Aunque en protonterapia está bastante extendido el uso de un valor constante e igual a 1.2 para la efectividad biológica relativa (RBE por sus siglas en inglés) se está investigando si los efectos de una RBE variable serían clínicamente significativos. Como mínimo, se debería tener en cuenta el aumento de este valor de RBE en la zona cercana ala alcance de los haces de protones.

Además de otros parámetros como la dosis y el tipo de tejido, el RBE depende del tipo de espectro energético que se considere, es decir de la calidad de la radiación, y puede caracterizarse mediante la transferencia lineal de energía (LET). Por lo tanto, sería de interés proporcionar distribuciones tridimensionales de LET además de las distribuciones de dosis que usualmente se consideran. Esto podría ayudar a localizar regiones de alto LET, donde se esperan las mayores variaciones en el RBE, o incluso a estimar distribuciones tridimensionales del RBE. Sin embargo, en este último caso hay que tener mucho cuidado, ya que el RBE no tiene por qué ser una función lineal de la LET.

Se usará el código de simulación Monte Carlo PENELOPE (en particular PENHAN, su extensión a protones y particular alpha) para realizar cálculos que permitan comparar con los resultados obtenidos con el método analítico desarrollado. Si fuera necesario, se realizarán códigos en Python o mediante MAXIMA o MATHEMATICA en relación con los métodos analíticos que se desarrollarán en el trabajo.

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
2. Obtención de una expresión analítica para el cálculo de la LET en el eje central de un haz de protones monoenergético (Bragg peak).
3. Extensión al caso de un SOBP (Spread-out Bragg peak).
1. Comparación con resultados basados en simulación Monte Carlo.

Bibliografía básica:

[1] E.B. Podgorsak, Radiation Physics for Medical Physicists, Springer 2016.

[2] J.J. Wilkens and U. Oelfke, Analytical linear energy transfer calculations for proton therapy, Med. Phys. 30 (2003) 806.

[3] D.R. Grimes et al., “An approximate analytical solution of the Bethe equation for charged particles in the radiotherapeutic energy range”, Sci. Rep. 7 (2017) 9781.

[2] D. Martínez et al., “A practical solution for the Bethe equation in the energy range applicable to radiotherapy and radionuclide production”, Sci. Rep.9 (2019) 17599.

[3] F. Salvat, “A generic algorithm for Monte Carlo simulation of proton transport”, Nucl. Inst. Meth. Phys. Res. B 316 (2013) 144.
[4] 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: LIDIA PALENCIANO CASTRO

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

Correo electrónico: lpalenciano@ugr.es

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: LAURA BRILHA GARCIA

Correo electrónico: laurabrilha@correo.ugr.es