UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Propuesta TFG. Curso 2026/2027

GRADO: Grado en Física

CÓDIGO DEL TFG: 267-100-2026/2027

1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Efecto del campo magnético en la dosimetría de campos pequeños

Descripción general (resumen y metodología):

El uso de la radioterapia guiada por resonancia magnética (RTgRM) se está extendiendo de forma progresiva en los últimos años, debido a la introducción de sistemas de aceleradores lineales con resonancia magnética, disponibles en el mercado. Los campos de tratamiento que utilizan estos equipos pueden ser muy pequeños y estar altamente modulados. Los estudios sobre la dosimetría de campos pequeños en los aceleradores lineales con resonancia magnética y el impacto del campo magnético en la dosis son escasos.

La integración de un acelerador lineal (linac) con un escáner de resonancia magnética supone un reto de ingeniería de gran envergadura, para el que se han adoptado diferentes enfoques. Los linacs ortogonales con resonancia magnética, incorporan un campo magnético externo uniforme, ortogonal al haz de radiación. El efecto de retorno de electrones (ERE), causado por la fuerza de Lorentz que influye en la trayectoria de las partículas cargadas secundarias, sesga la distribución de la dosis en presencia del campo magnético, especialmente en las interfases entre tejido y pulmón y entre tejido y aire. Por lo tanto, estos efectos deben tenerse en cuenta a la hora de planificar el tratamiento y el cálculo de la dosis. Por el contrario, los linacs paralelos con resonancia magnética, orientan el haz de radiación en paralelo al campo magnético, lo que elimina el efecto ERE, al tiempo que aumenta la dosis en la piel debido a la concentración de electrones contaminantes a lo largo de la dirección del haz de radiación. Ambas configuraciones de linac con resonancia magnética presentan retos dosimétricos únicos que deben tenerse en cuenta. El tratamiento de lesiones torácicas y abdominales de pequeño tamaño mediante radioterapia de intensidad modulada (IMRT) es habitual en la RTgRM, donde se suelen emplear campos reducidos en la planificación del tratamiento. Los campos pequeños se ven afectados por el efecto de oclusión de la fuente y las condiciones de equilibrio lateral de partículas cargadas (LCPE). La presencia de un campo magnético distorsiona aún más las condiciones de desequilibrio que se dan en la dosimetría de campos pequeños. El LCPE, para un tamaño de campo dado, depende de la energía del haz de fotones, así como de la intensidad y la dirección del campo magnético. La presencia de un campo magnético paralelo concentra las partículas cargadas secundarias y disminuye las condiciones de LCPE que se dan en la dosimetría de campos pequeños. Este efecto es más predominante en lesiones rodeadas de medios de baja densidad, como el pulmón.

En este trabajo estudiaremos las dos configuraciones de linac, y analizaremos el impacto de los campos magnéticos en la dosimetría de campos pequeños utilizando técnicas Monte Carlo.

Se hará uso del programa de simulación Monte Carlo PENELOPE. Se planteará una geometría sencilla para simular un maniquí, compuesto de diferentes tejidos (agua, tejido pulmonar y aire) y se obtendrán curvas de dosis en profundidad y perfiles de dosis para diferentes condiciones de funcionamiento del linac, así como de intensidad y dirección para el campo magnético. Se compararán los resultados con otros estudios, siempre que sea posible. Se usarán, a la hora de procesar la información, códigos propios realizados en Python, fortran o gnuplot, para poder presentar los resultados de la forma más conveniente.

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

Objetivos planteados:

1. Estudio de la interacción de fotones y electrones con la materia.
2. Estudio del esquema de funcionamiento de un linac: modo fotones y electrones.
3. Análisis del efecto del campo magnético en ambos modos de funcionamiento.
4. Estudio con una geometría sencilla: efecto de la intensidad y dirección del campo magnético, y características del haz de radiación.
5. Discusión de los resultados obtenidos.

Bibliografía básica:

[1] J.E. Turner, Atoms, radiation and radiation protection (John Wiley and Sons, 1995).
[2] 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).
[3] D. Jette, Magnetic fields with photon beams: dose calculations using electron multiple-scattering theory, Med. Phys. 27 (2000) 1705.
[4] A.J.E. Raaijmaker, B.V. Raaymakers and J.J.W. Lagendijk, Magnetic-field induced dose effects in MR-guided radiotherapy systems: dependence on the magnetic field strength. Phys. Med. Biol. 53 (2008) 909.
[5] H. Nettelbeck, G.J. Takacs and A.B. Rosenfeld, Effect of transverse magnetic fields on dose distribution and RBE of photon beams: comparing PENELOPE and EGS4 Monte Carlo codes, Phys. Med. Biol. 53 (2008) 5123.

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: JOSE DOMINGUEZ GONZALEZ

Correo electrónico: josedomi@correo.ugr.es