



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: Simulación numérica de la propagación de ondas electromagnéticas en plasmas

Descripción general (resumen y metodología):

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo el estudio de la propagación de ondas electromagnéticas en plasmas tratado como medio dispersivo. Para ello, se empleará el método del electromagnetismo numérico de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD), implementando un modelo de plasma frío sin campo magnético, descrito mediante una permitividad compleja. Este enfoque permitirá reproducir fenómenos clave como la dispersión, el corte a la frecuencia de plasma y la reflexión de ondas. Se analizará la interacción de una onda plana incidente sobre plasmas uniformes y con gradientes de densidad, evaluando cómo varían los coeficientes de transmisión y reflexión en función de la frecuencia. Los resultados obtenidos permitirán validar numéricamente las predicciones teóricas de la permitividad plasmática. Además, se explorarán modelos más avanzados basados en las ecuaciones de la magnetohidrodinámica (MHD) para abordar escenarios complejos en los que la dinámica fluida del plasma y los campos electromagnéticos están acoplados.

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

Objetivos planteados:

- (1) Estudiar los principios teóricos y numéricos que rigen el comportamiento de materiales dispersivos en frecuencia, en el contexto del electromagnetismo.
- (2) Analizar los modelos físicos del plasma y su representación numérica, en el marco del electromagnetismo.
- (3) Investigar y aplicar métodos numéricos en diferencias finitas para la simulación de las ecuaciones de Maxwell en el dominio del tiempo (método FDTD).
- (4) Desarrollar e implementar simulaciones electromagnéticas basadas en FDTD para cuantificar y estudiar detalladamente los coeficientes de reflexión y transmisión de ondas planas incidentes en plasmas.
- (5) Adaptar y aplicar los conceptos y herramientas previos a modelos basados en las ecuaciones de la magnetohidrodinámica (MHD), para describir de forma integrada la interacción entre la dinámica fluida del plasma y los campos electromagnéticos. Este objetivo permitirá explorar, de manera general, fenómenos acoplados propios de la MHD —como la influencia de un campo magnético sobre la propagación de ondas.

Bibliografía básica:

- [1] **Sullivan, D. M.** "Electromagnetic Simulation Using the FDTD Method." IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 45, no. 3, 1997.
- [2] **Pozar, D. M.** Microwave Engineering. Wiley.
- [3] "ADE-FDTD Scattered-Field Formulation for Dispersive Materials." IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 17, no. 12, 2007.
- [4] **Schneidj, W.** "Drude Materials." WSU - U-FDTD Lecture Notes, Cap. 10, sec. 10.2.1, 2025.
- [5] **Han, M., Dutton, R. W., & Fan, S.** (2006). Model dispersive media in finite-difference time-domain method with complex-conjugate pole-residue pairs. IEEE microwave and wireless

components letters, 16(3), 119-121.

[6] **Taflove, A., & Hagness, S. C. (2005).** Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method. Artech House.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

La metodología seguirá el orden establecido en los objetivos planteados. Además, el estudiante deberá realizar una breve revisión bibliográfica y adquirir conocimientos básicos de programación visualización de resultados.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: MIGUEL DAVID RUIZ-CABELLO NÚÑEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: ELECTROMAGNETISMO

Correo electrónico: mcabello@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: Gonzalo Vargas Tendero

Correo electrónico: gonzavt15@gmail.com

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: SANTIAGO MURIEL FIGUEROA

Correo electrónico: santiagomf2004@correo.ugr.es