

Resumen

La Naturaleza es no lineal. La descripción lineal de los fenómenos físicos es de gran utilidad para explicar nuestras observaciones con modelos matemáticos simples, pero éstos sólo son precisos en un limitado rango de validez. En el caso de onda acústica de alta intensidad, los modelos lineales obvian un amplio rango de fenómenos físicos que son necesarios para describir con precisión las ondas de gran amplitud, pero además son necesarios para explicar otros procesos más exóticos e indispensables para desarrollar nuevas aplicaciones basadas en propagación no lineal. En esta Tesis, estudiamos las interacciones entre no linealidad y otros procesos complejos como atenuación no-clásica, dispersión anisotrópica y periodicidad, y difracción en configuraciones específicas.

En primer lugar, presentamos ondas de deformación en una cadena de cationes acoplados por potenciales realísticas. Aquí, las interacciones no lineales entre iones, producen la conformación de kinks supersónicos. Estas dislocaciones localizadas intrínsecamente no lineales viajan por la red largas distancias sin variar sus propiedades, y pueden explicar la formación de trazas en minerales como la mica. Aumentando la escala del problema, estudiamos los procesos acústicos no lineales en medios multicapa. La rica dinámica de estos medios está caracterizada por la fuerte dispersión debido a la periodicidad del sistema. Aquí, estudiamos los procesos de generación de armónicos, mostrando como modificando la estructura podemos potenciar, minimizar, o simplemente modificar artificialmente la transferencia de energía entre las componentes espectrales, y de esta manera controlar la dinámica de las ondas y solitones en el interior de la estructura.

En la segunda parte, incluimos difracción y analizamos cuatro tipos de haces singulares. En primer lugar, analizamos haces ultrasónicos no lineales en cristales de sonido bidimensionales. En este sistema, las propiedades de anisotropía del medio son ajustadas para obtener la auto-colimación simultánea del primer y segundo armónico. Así, se obtiene la propagación no difractiva para las dos componentes. En segundo lugar, presentamos haces de difracción limitada empleando rejillas de difracción axisimétricas. Por último, demostramos la generación de haces de Bessel de orden superior mediante estructuras en espiral.

En la última parte, estudiamos la competición entre no linealidad y la atenuación y dispersión observable en medios biológicos en el contexto de las aplicaciones de biomédicas de los ultrasonidos. En primer lugar desarrollamos un nuevo método computacional para la dependencia frecuencial en forma de ley de potencia de la absorción característica de los tejidos. Este método en dominio temporal es usado posteriormente para revisar los procesos básicos no lineales prestando especial interés en el papel de la dispersión del tejido. Por último, la resolución de las ecuaciones constitutivas nos permite abordar la descripción no lineal de la fuerza de radiación acústica producida en tejidos biológicos, y las implicaciones existentes con la deposición de energía y transferencia de momento para ondas ultrasónicas de alta intensidad.

El amplio abanico de procesos no lineales analizados en esta tesis contribuye a una mejor comprensión de la dinámica de las ondas acústicas de alta intensidad en medios complejos, donde las implicaciones existentes en cuanto a la mejora de sus aplicaciones prácticas son puestas de manifiesto.