

Solitones topológicos excitados: estudio de su estructura interna y emisión de radiación

Objetivo del proyecto

Entre los objetivos de este proyecto se encuentran el estudio de la dinámica asociada a solitones topológicos que surgen de la resolución de ecuaciones en derivadas parciales no lineales. En concreto, el estudio llevado a cabo consiste en un análisis tanto teórico como numérico de la fenomenología asociada a la excitación de estos solitones mediante uno o más de sus modos internos, los cuales pueden hallarse al analizar el operador de pequeñas perturbaciones correspondiente. La dinámica asociada a este tipo de fenómenos es de gran complejidad debido a la no linealidad que el sistema posee, lo cual usualmente dificulta la obtención de resultados analíticos.

El objetivo principal se centra en el estudio de teorías de campos de dos componentes y en dos dimensiones espaciales. Dichos modelos usualmente poseen un parámetro que, al variarse, modifican la estructura interna del solitón bajo estudio. Estas excitaciones conllevan emisión de radiación, cuya amplitud, frecuencia, y número de onda dependen del parámetro anteriormente mencionado. Entre los posibles fenómenos que pueden darse existe también la posibilidad de que la radiación emitida por el sistema sea prácticamente despreciable, lo cual abre la puerta a que la excitación localizada cerca del centro del solitón pueda vivir por tiempos indefinidamente largos. Todos los resultados analíticos que se obtengan se respaldarán mediante el uso de los datos extraídos de las simulaciones numéricas.

Participantes del proyecto

Universidades de Valladolid, www.uva.es

Universidades de Salamanca, www.usal.es

Instituto Universitario de Física Fundamental y Matemáticas de la Universidad de Salamanca,
<https://iuffym.usal.es/>

SCAYLE, Supercomputación Castilla y León
(España), www.scayle.es

Ejecución: 2023 a 2024.

Financiación del proyecto

Proyecto Q-CAYLE

Proyecto PID2020-113406GB-I001

Proyecto RED2022-134301-T

Proyecto PRTRC17.11

Líder del proyecto

GRUPOS DE FÍSICA MATEMÁTICA de la Universidad de Valladolid y Salamanca: A su vez, están integrados desde 2015 dentro de la Unidad de Investigación Consolidada de Física Matemática (UIC 011) de Castilla y León.

La unidad está conformada por investigadores de las universidades de Valladolid, Salamanca y Burgos y las líneas de investigación de la unidad comprenden el estudio de los defectos topológicos, de las teorías de campos clásicas y cuánticas, mecánica cuántica supersimétrica, etc.



Financiado por la
Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

NOS
IMPULSA



Junta de
Castilla y León

Funciones de SCAYLE

El estudio de la dinámica de solitones involucra la resolución numérica de ecuaciones en derivadas parciales no lineales. Para llevar a cabo esta tarea es necesario diseñar algoritmos que requieren un alto coste computacional, dado que se requiere también de una resolución muy alta para reducir en la medida de lo posible los errores asociados al propio algoritmo. Como se ha mencionado anteriormente, los modelos de teorías de campos que se estudian usualmente dependen de un parámetro lo cual implica que, para llevar a cabo un estudio completo de la emisión de radiación por parte de un solitón excitado es necesario lanzar miles de simulaciones, para así poder obtener un barrido en función de los posibles valores que puede tener dicho parámetro.

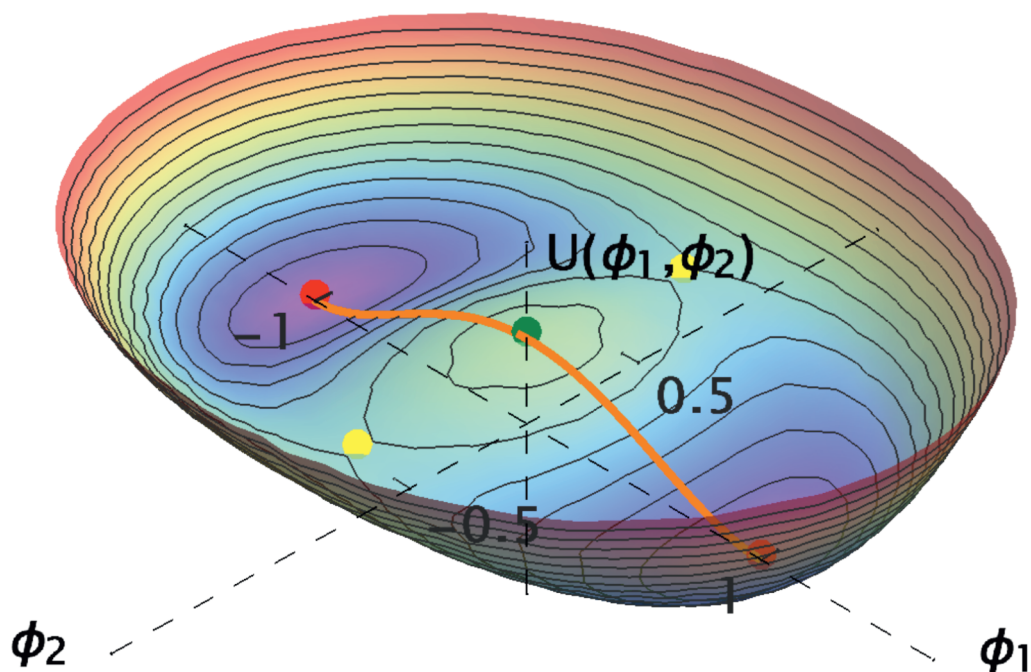
Como consecuencia de todo esto, el superordenador de SCAYLE juega un papel fundamental, dado que, gracias a la potencia que éste posee, todas estas simulaciones pueden ejecutarse en un tiempo de cómputo mucho más reducido. Todo este proceso sería imposible de realizar usando un ordenador común.

Dichas simulaciones han permitido conocer en detalle el comportamiento de kinks en teorías de campos de dos componentes.

Justificación del proyecto

El estudio de soluciones de los solitones topológicos ha cobrado importancia en las últimas décadas debido a que estos permiten comprender multitud de fenómenos físicos que involucran la resolución de ecuaciones diferenciales no lineales. Por ejemplo, podemos encontrar este tipo de soluciones cuando se estudian modelos de superconductividad o superfluidez. Otra área en la que cobran especial importancia es la cosmología, en la cual su uso se extiende para el estudio de cuerdas cósmicas locales y globales así como para analizar la formación de paredes de dominio. Incluso podemos encontrar defectos topológicos en el estudio de sistemas moleculares como el polietileno cristalino o en el ámbito de las comunicaciones cuánticas.

Es por todo ello que resulta de interés conocer en detalle la estructura tanto la estructura interna de los defectos topológicos tanto como la fenomenología asociada a excitarlos. Entre los fenómenos más importantes que se han logrado comprender gracias a este tipo de análisis se encuentran la emisión de radiación y el almacenamiento en forma de energía cinética a través de los modos internos.



Órbita correspondiente a uno de los solitones tipo kink sobre el potencial correspondiente al modelo MSTB