

# Sistemas integrables en Física Matemática y sus aplicaciones en materia condensada

## Objetivo del proyecto

*El proyecto consiste en dos partes complementarias. La primera (A) es de tipo más teórico y formalista, dedicada al estudio de las propiedades algebraicas y geométricas de los sistemas físicos (super)integrables. Entre los objetivos, se plantea un método innovador para calcular y caracterizar las simetrías de sistemas clásicos y cuánticos. Se desarrollan también aplicaciones muy variadas en estados coherentes, óptica paraxial y espacio de Hilbert equipados.*

*La segunda parte (B) está dedicada a problemas de materia condensada en donde la Física Matemática, la Mecánica Cuántica y la Teoría Cuántica de Campos son fundamentales. Nos centramos en el estudio de impurezas mediante potenciales singulares, vórtices locales y globales y aplicaciones a nanodispositivos. Mientras que el apartado (A) sigue la línea tradicional del grupo con gran experiencia, el apartado (B) supone una innovación arriesgada hacia aspectos con potenciales aplicaciones en tecnología y esperamos que con gran futuro.*

## Periodo de ejecución

Desde junio de 2018 a septiembre de 2020.

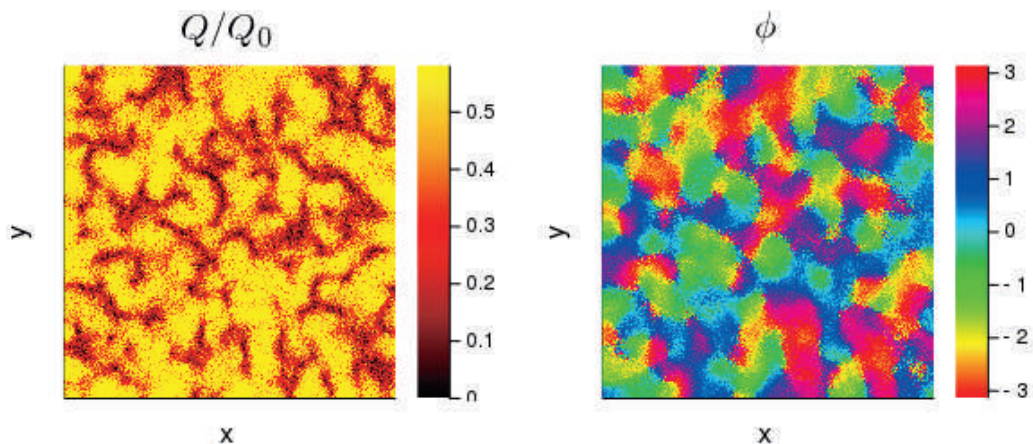
## Participantes del proyecto

GIR de Física Matemática de la Universidad de Valladolid, [www.uva.es](http://www.uva.es)

SCAYLE, Supercomputación Castilla y León, [www.scayle.es](http://www.scayle.es)

## Financiación del proyecto

Financiación de la Junta de Castilla y León, Consejería de Educación. ORDEN EDU/546/2018, de 25 de mayo, por la que se resuelve la convocatoria de subvenciones destinadas al apoyo de los grupos de investigación reconocidos de universidades públicas de Castilla y León a iniciar en el 2018.



Representación de un patrón de vórtices en formación después de atravesar una transición de fase de segundo orden en el seno de una teoría de campos escalar bidimensional. A la izquierda, se representa el módulo del campo normalizado; las regiones de menor módulo corresponden a los núcleos de los vórtices. A la derecha, se representa el patrón de fase para la misma configuración del campo, donde se puede apreciar la existencia de parches de fase constante (color uniforme).

## Justificación del proyecto

Apoyo a los GIR (Junta de Castilla y León).

## Funciones de SCAYLE

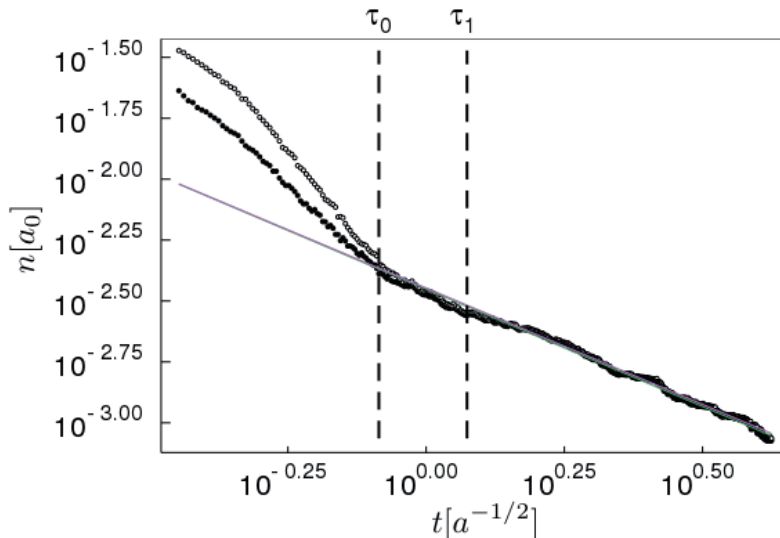
La física estadística es una disciplina que analiza la dinámica de los sistemas complejos, caracterizados por un elevado número de grados de libertad. Debido a esto, los desarrollos analíticos son costosos, y es habitual abordar el estudio de este tipo de sistemas, que aparecen naturalmente en el seno de la física de la materia condensada, a través de simulaciones numéricas. Debido al gran tamaño de los sistemas y a la necesidad de repetir cada proceso numerosas veces para poder extraer conclusiones estadísticas, no es factible realizar dichas simulaciones en ordenadores personales: se requiere el uso de un superordenador para poder llevarlas a cabo en tiempos razonables.



## Líder del proyecto

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, [www.uva.es](http://www.uva.es), financiándose el proyecto por la Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León, que desde su inicio en junio de 2018 tiene los siguientes objetivos:

- Investigar diversos aspectos y aplicaciones de los sistemas (super)integrables.
- Implementar un método propio y original para encontrar simetrías y constantes del movimiento de los sistemas, clásicos o cuánticos, basándose en las propiedades de simetría de los subsistemas que los componen.
- Estudiar las propiedades geométricas asociadas a los sistemas (super)integrables.
- Estudiar la formación de vórtices globales en ferroeléctricos así como vórtices locales en superconductores de tipo I y comparar los resultados con las predicciones del mecanismo de Kibble-Zurek.
- Ampliar la teoría de extensiones autoadjuntas del operador de Dirac a dimensiones mayor que uno para modelizar impurezas en sistemas planos del tipo grafeno.



Representación en escala log-log de la densidad de vórtices en función del tiempo según dos métodos diferentes. En este gráfico se puede apreciar la aniquilación de vórtices en el régimen dinámico posterior su formación. A partir de un determinado tiempo, ambos métodos de detección coinciden y el número de vórtices del sistema (o su densidad) puede ajustarse con una ley de potencia, cuyo coeficiente nos dará información sobre el potencial efectivo que media la interacción entre vórtices. En la gráfica aparecen además dos tiempos característicos señalados con sendas líneas verticales,  $\tau_0$  y  $\tau_1$ , que corresponden al tiempo de formación y el tiempo de consolidación de la estructura de los vórtices respectivamente.