

Astrofísica de estrellas de neutrones en la era multimensajero

Objetivo del proyecto

El objetivo es el cálculo de las propiedades termodinámicas de sistemas de iones en materia ultradensa a través de la simulación computacional. Usando grandes números de partículas se calculan las fases gas-líquido-sólido a medida que se enfría la corteza de las estrellas de neutrones.

Participantes del proyecto

Universidad de Salamanca (España), www.usal.es

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

Ejecución: 2023 a 2026.

Financiación del proyecto

Concesión de ayudas públicas del Programa Estatal de Generación de Conocimiento y Fortalecimiento Científico y Tecnológico del Sistema de I+D+i y del Programa Estatal de I+D+i Orientada a los Retos de la Sociedad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020.

Justificación del proyecto

SCAYLE se ha utilizado en la investigación para lanzar ejecuciones de código de dinámica molecular. Utilizando estos códigos se simula el comportamiento de la corteza de estrellas de neutrones, así como el material caliente de proto-estrellas de neutrones y supernovas. Las partículas cuya dinámica simulan son iones que están inmersos en un mar electrónico neutralizante, con carga negativa. Siguen las posiciones y velocidades de los iones resolviendo las ecuaciones del movimiento de estos usando para ello potenciales avanzados y novedosos, incluyendo apantallamiento y tamaño finito de los iones. Para ello se debe calcular la fuerza que siente cada uno de los iones, provocada por el resto.

En los códigos de dinámica molecular, son necesarios números N de partículas muy grandes para poder estar seguros de llegar al límite termodinámico, en el que las cantidades físicas de

interés (presión, energía, temperatura) ya no dependen de N . Ello implica tiempos de ejecución grandes ya que este problema escala con el número de partículas al cuadrado. Por ello, el código está paralelizado en los cálculos de las fuerzas, lo que es posible ya que todas ellas son a dos cuerpos.

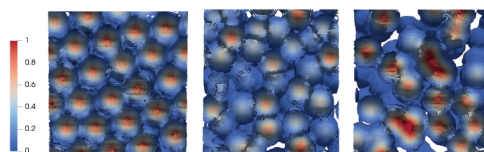
Funciones de SCAYLE

Tener máquinas con un número de hilos de computación medio-alto es muy útil para reducir el tiempo de ejecución. Es ahí donde SCAYLE ha sido útil para la investigación.

Los recursos de SCAYLE se han utilizado para dos estudios publicados en revistas científicas, sobre corteza cristalizada de estrellas de neutrones y sobre propiedades termodinámicas y cambios de fase de corteza de proto-estrellas de neutrones y material caliente de supernovas.

Líder del proyecto

El grupo de Astrofísica nuclear de la Universidad de Salamanca lidera este estudio, pionero a nivel europeo a través de técnicas de computación eficiente en sistemas de muchas partículas. Esta investigación está financiada por el plan nacional, proyecto JCYL y redes de investigación nacionales. La UIC 232 de Castilla y León lidera este proyecto.



Isosuperficies de densidad para un plasma con un solo componente que interactúa con una interacción Coulombiana apantallada, para densidades e ión característicos de la frontera entre corteza interior y exterior de una estrella de neutrones. De izquierda a derecha, se muestran la fase cristalizada, en estado sólido y ordenado correspondiente a una temperatura $T = 0.122$ MeV; la fase líquida en la que el orden previo se ha perdido, con temperatura $T = 0.25$ MeV y, por último; la fase gaseosa en la que el desorden es claro, y regiones más grandes de alta y baja densidad están presentes en la muestra debido a superposición de los iones.