

Fuidos en el medio interestelar con redes de química, transporte radiativo y enfriamiento (proyecto de investigación)

Responsable del proyecto:
José Alejandro Esquivel Salazar
Inv. Titular A de tiempo completo
Instituto de Ciencias Nucleares (UNAM)

Descripción General

Nuestro grupo de investigación en el Instituto de Ciencias Nucleares se ha destacado por estudiar diversos problemas de hidrodinámica y magnetohidrodinámica en el medio interestelar con apoyo de códigos numéricos propios.

Actualmente soy responsable de un proyecto de PAPIIT (IN109715, *Modelos numéricos de fluidos astrofísicos con transporte radiativo y enfriamiento*), el cual apunta a desarrollar nuevas herramientas para abordar nuevos problemas. En particular planeamos incluir un mejor tratamiento al transporte radiativo, así como incorporar un módulo nuevo de química para rastrear varias especies y hacer predicciones que se puedan comparar directamente con las observaciones.

Apoyados con la supercomputadora Miztli haremos corridas con alta resolución de la interacción de un exoplaneta con su estrella anfitriona y de jets HH embebidos en nubes moleculares. Las corridas de prueba y el desarrollo de los códigos los realizaremos en un pequeño cluster que el grupo de trabajo ha adquirido con apoyo de proyectos CONACyT y PAPIIT, utilizaremos Miztli para las corridas de producción, las cuales necesitan mayor resolución y por lo tanto mayor recursos de cómputo.

Experiencia en el área de supercómputo

Tengo experiencia desde 2005 en el desarrollo de códigos hidrodinámicos paralelos. La mayoría de mis artículos de investigación involucran el uso de los mismos para el estudio de fluidos en el medio interestelar.

Por mi experiencia con supercómputo soy miembro externo del Comité Académico para el Desarrollo, uso y Aprovechamiento del supercómputo (CADAC) del Instituto de Astronomía.

Contamos con una variedad de códigos Eulerianos (de malla) en 2 y 3 dimensiones, de malla fija y adaptiva. Estos códigos son paralelos (con MPI) tienen ya implementados los procesos físicos para el estudio de los problemas mencionados en el apartado anterior.

También tenemos un cluster propio, comprado y extendido con varios proyectos de CONACyT y PAPIIT. Este cluster tiene 428 núcleos, repartidos en 4 grupos de generaciones de procesadores distintas, por lo cual solemos restringir nuestras corridas a 128 cores, que son el máximo de procesadores idénticos.

Aunque de momento solo solicito una cuenta para correr trabajar en Miztli, cabe mencionar que el proyecto se desarrolla en buena parte en grupo, entre los principales colaboradores se encuentran Alejandro Raga, Fabio de Colle, Pablo Velázquez y Ary Rodríguez, todos investigadores del ICN-UNAM. También con colaboraciones externas, para este proyecto con Garrelt Mellema (Universidad de Estocolmo, Suecia), y Matías Schneiter (Universidad de Córdoba, Argentina).

También este proyecto forma parte del trabajo de dos alumnos del posgrado de astrofísica de la UNAM, David Hernández Padilla (maestría) y Antonio Castellanos Ramírez (doctorado).

Objetivos

Planeamos utilizar nuestros códigos hidrodinámicos para el estudio de los siguientes problemas:

1. Interacción de un exoplaneta de tipo gigante gaseoso y su estrella anfitriona. Este problema lo hemos abordado en el pasado considerando solo hidrodinámica y transporte radiativo. Ahora planeamos estudiar el efecto de incluir un campo magnético en el viento de la estrella y en el planeta que la órbita. Con los resultados se puede estimar la emisión en la línea de Lyman alfa y comparar con observaciones de los tránsitos del planeta HD 209458b.
2. Flujos moleculares en regiones de formación estelar. Estudiaremos la cinemática y la emisión de la molécula de CO en regiones de formación estelar, escogeremos parámetros consistentes con el flujo molecular LDN 1157. Para este trabajo utilizaremos una red química que resuelva la creación y destrucción de hidrógeno molecular así como atómico neutro y ionizado. Supondremos que el CO es proporcional a la cantidad de hidrógeno molecular y estimaremos la emisión y densidad columnas así como los perfiles de línea observados.

Justificación para el uso de la supercomputadora Miztli

Los modelos del exoplaneta a la resolución suficiente para discretizar el planeta con al menos cinco celdas computacionales requieren del orden de 10,000 horas CPU sin campo magnético, al incluir el campo magnético se requerirán de unas 20,000 horas CPU por modelo.

Las pruebas preliminares (comprometiendo la resolución) las podemos realizar en nuestro cluster, pero las corridas de producción requieren de mayor tiempo de cómputo, pensamos correr modelos variando la intensidad del campo magnético y la tasa de fotones ionizantes provenientes de la estrella, esto supone de al menos 9 modelos (3 valores del campo magnético y 3 distintas configuraciones de viento estelar). Los modelos de flujos moleculares requieren de mayor memoria y tiempo de cómputo, ya que la solución de la red química se vuelve un poco costosa. También correremos modelos a resoluciones menores a la necesaria para pruebas, se necesitan al menos un par de corridas a alta resolución, estimamos que se requieran del orden de 30,000 horas CPU por cada una.

Es necesario también correr en la supercomputadora Miztli el análisis de los resultados. Para el caso del exoplaneta hace falta hacer un post-procesamiento de los mismos para obtener la emisión de la línea de Lyman alfa y calcular la absorción de la emisión de la estrella. Para el caso de los flujos moleculares hay que hacer mapas de densidad de columna y calcular los perfiles sintéticos de CO.

Recursos solicitados

Se solicitan 250,000 horas CPU, que serán divididas como sigue:

- 180,000 horas para correr los modelos del exoplaneta,
- 60,000 horas para los modelos de LDN 1157,
- 10,000 horas para pruebas y post-procesamiento de los resultados de ambos proyectos.

Entregables

Con los resultados pensamos escribir 2 artículos de investigación en revistas indizadas con arbitraje.

Cronograma

- Marzo-Abril:
Instalación y pruebas de los códigos GUACHO (MHD-3D-transporte radiativo en red fija) y WALICXE-3D (HD malla adaptiva).
Se depurará la implementación del módulo de magnetohidrodinámica en el código GUACHO y se

harán pruebas de baja resolución en nuestro cluster local.
Inclusión y pruebas de la red química en el WALICXE-3D.
Modelos de flujos moleculares, corridas de producción en Miztli, en el WALICXE-3D.

- Mayo-Julio
Análisis de resultados de los modelos de flujos moleculares.
Modelos de exoplaneta MHD.
Escritura de artículo de flujos moleculares.
- Agosto-October
Continuación de modelos de exoplaneta MHD.
Análisis de resultados de modelos del exoplaneta HD 209458b.
- Noviembre-Enero
Escritura de artículo de exoplaneta.