

Una aproximación numérica de la formación de estrellas masivas

Autor: Raphaël Mignon-Risse

(raphael.mignon-risse@apc.in2p3.fr)

Tesis doctoral dirigida por: Matthias González

Centro: Laboratorio AIM (Astrofísica, Instrumentación, Modelización) Universidad de París

Fecha de lectura: 21 de septiembre de 2020

Entender la formación de estrellas de baja y gran masa es un reto fundamental de la astronomía moderna. Se forman a partir del colapso de núcleos gravitacionalmente inestables, en el medio interestelar, cuya modelización no resulta sencilla: las energías gravitacionales, turbulencias, campos magnéticos, radiación y rayos cósmicos están cerca de la equipartición. Por lo tanto, las simulaciones numéricas son de gran ayuda para el estudio de la formación de estrellas. En este trabajo nos hemos centrado en la formación de estrellas masivas, de gran luminosidad, que emiten una elevada fuerza de radiación lo que, a simple vista unidimensional, puede impedir la acreción de material. Las simulaciones multidimensionales y el tratamiento particular de la radiación estelar son dos ingredientes clave. En este sentido, la principal labor de esta tesis ha sido el acoplamiento numérico entre dos métodos de transporte radiativo. Con esta nueva herramienta nos hemos centrado en tres ejes: los mecanismos de acreción, de eyección y la formación de múltiples sistemas estelares.

El núcleo de esta tesis ha sido el acoplamiento numérico entre dos métodos de transporte radiativo en el código RAMSES (Teyssier, 2002) y su validación a través de pruebas referentes de transporte. Seguidamente, hemos aplicado este método en un contexto de hidrodinámica radiativa de un colapso de núcleo preestelar masivo. Hemos demostrado que la fuerza de radiación mejora, con respecto a los métodos empleados previamente, terminando con la formación de cavidades radiativas mayores y de acreción menor. Lo más importante es que hemos probado la presencia y acreción a través de inestabilidades radiativas Rayleigh-Taylor en el borde de estas cavidades, cuya existencia era un debate activo en la comunidad. Hemos demostrado que su ausencia en nuestras simulaciones tiene un origen físico, no numérico.

En un proyecto en curso efectuado con la colaboración de A. Oliva y R. Kuiper (Universidad de Tubinga, Alemania) hemos realizado un estudio comparativo de nuestros respectivos códigos en lo que concierne a la modelización de la fragmentación de discos de acreción y la subsiguiente formación de sistemas estelares múltiples. Mediante el uso de un plano cartesiano (en lugar de su plano esférico), nuestros resultados muestran la formación de un sistema binario o triple, mientras que ellos obtenían una única estrella. Cuando un sistema múltiple está suficientemente dominado en masa por un único objeto, nuestros códigos muestran una concordancia correcta en el perfil del disco de rotación y la estructura de temperatura.

Por último, hemos dirigido simulaciones originales de núcleos turbulentos magnéticos con difusión ambipolar y el recientemente implementado método híbrido de transporte radiativo. Hemos identificado la torre magnética como mecanismo de

flujo molecular dominante, salvo cuando se encuentra muy próximo a la protoestrella masiva, donde domina la fuerza de radiación. Hemos comparado las propiedades de estos flujos moleculares con los obtenidos de las muestras de observaciones estadísticas. Nuestros resultados tienden a mostrar una buena concordancia, dado que nuestras condiciones iniciales son representativas de los progenitores menos masivos de las estrellas de gran masa, y que la colimación no es intrínseca al flujo molecular, sino que también depende de factores ambientales. Por consiguiente, debe proseguirse la investigación de estas cuestiones. Hemos identificado a los discos de acreción como el único mecanismo de acreción, con tamaños de disco significativamente inferiores a lo predicho por las simulaciones de radiación hidrodinámica, lo que concuerda con los recientes resultados de formaciones de estrellas de baja masa. Asimismo, nos hemos preguntado acerca del área de alineación de los discos con los flujos y los campos magnéticos. Nuestros resultados son coherentes con un área de alineación de discos magnéticos arbitraria y un área de alineación de flujos ligeramente mejorada, siempre que el medio no sea demasiado turbulento.

Tesis (en inglés) próximamente disponible en: <http://theses.fr>

Fuerza de Lorentz vs. fuerza de radiación en un flujo protoestelar masivo. Su origen es fundamentalmente impulsado magnéticamente.

