

ciones iniciales menos restrictivas que las anteriores, incluyendo diversas perturbaciones simétricas y antisimétricas. En la solución del problema lineal se destacó de la presencia de modos resonantes de longitudes de onda corta, y con ritmos de crecimiento mayores que los modos de longitudes de onda más largas. En algunas simulaciones, principalmente en los chorros con factores de Lorentz más altos, estos modos llegan a dominar el crecimiento de las perturbaciones. Su efecto es muy importante en el desarrollo de la fase no lineal, de manera que en aquellos sistemas en que no aparecen, los choques, la transferencia continua de momento y la carga de material destruyen el chorro inicial, mientras que si los modos resonantes dominan la evolución, éstos se mantienen colimados y rodeados por una transición de material caliente y más lento que protegen una parte central más rápida del medio externo.

Finalmente se estudiaron dos aplicaciones astrofísicas de nuestro trabajo. A partir de los resultados de un estudio lineal de observaciones del chorro de escala del parsec en el quásar 3C 273 (Lobanov & Zensus 2001, Sci, 294, 128), se realizaron dos simulaciones en tres dimensiones en las que se estudió el desarrollo de inestabilidades con el fin de ser comparado con los resultados teóricos ci-

tados. El objetivo era estudiar de qué forma este tipo de estudios nos pueden ayudar a entender la física que subyace en las estructuras observadas. En segundo lugar se realizó una simulación basada en las observaciones y modelización del chorro de la radiogalaxia FRI 3C 31 (Laing & Bridle 2002, MNRAS, 336, 1161) en la que se analizó la evolución del mismo, comparándola con el modelo y las observaciones citadas.

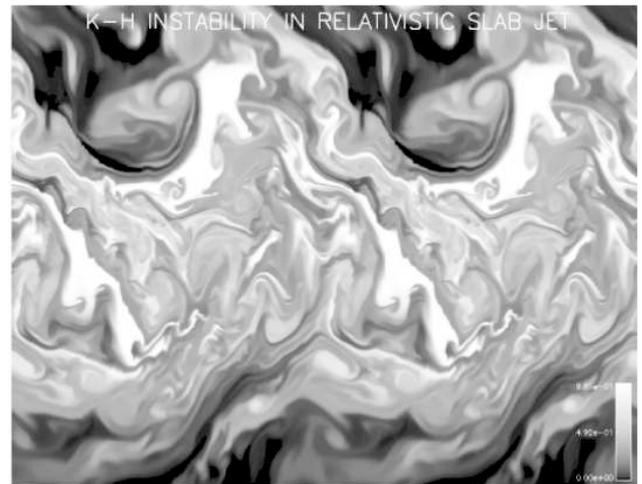


Figura 1 — Imágen de mezcla turbulenta en la fase no lineal.

INTERACCIÓN DEL MATERIAL EXPULSADO EN LAS EXPLOSIONES DE SUPERNOVA CON DIFERENTES TIPOS DE ESTRELLAS ACOMPAÑANTES

Nuria Serichol Augué

nuria.serichol@upc.edu

Tesis doctoral dirigida por Domingo García Senz
 Centro: Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
 Fecha de lectura: 21 de junio de 2005

A lo largo de toda la tesis se han presentado los resultados de una serie de simulaciones numéricas que trataban el problema de la interacción de la materia expulsada en la explosión de una supernova de tipo Ia (SNIa) con diversos tipos de estrellas acompañantes. Estas simulaciones se han realizado utilizando un método hidrodinámico, llamado *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH), el cual permite trabajar en tres dimensiones y puede seguir la evolución de sistemas autogravitantes con geometrías arbitrarias. Nuestros cálculos han sido comparados, en la mayoría de los casos, con los trabajos realizados por Marietta, Burrows & Fryxell

(2000) y también con los resultados analíticos de Wheeler, Lecar & McKee (1975).

Los modelos de explosión de supernova adoptados son: una deflagración, una detonación retardada, una explosión de enana blanca por debajo de la masa límite de Chandrasekhar (conocida como sub-Chandrasekhar), todas ellas son simulaciones realizadas suponiendo simetría esférica y por último, y más novedoso se ha utilizado un modelo de supernova calculado en tres dimensiones. De la misma manera los modelos de estrella acompañante que se han utilizado en los cálculos son estrellas de tipo solar o gigante roja. Estos modelos serían

posibles progenitores de SNIa en el marco conocido como *Single Degenerate Scenario* (SDS) donde el sistema progenitor consiste en una enana blanca orbitando junto a una estrella de la secuencia principal o una gigante roja en órbita compacta.

El objetivo de este estudio es intentar delimitar con más precisión las características del sistema progenitor de las SNIa (caracterizadas por la ausencia de líneas de hidrógeno en su espectro), con la esperanza de que pronto alguno de los observables predichos teóricamente sea detectado en la naturaleza. Lo que se pretende es tener idea de la cantidad de hidrógeno expulsada en la colisión, ya que su posible detección podría discriminar el escenario progenitor de las SNIa. Debemos señalar que hasta la fecha no ha habido detecciones observacionales de hidrógeno o helio a excepción de alguna puntual. A través de la simulación numérica se podría delimitar la masa de hidrógeno arrancada a la estrella acompañante como consecuencia del impacto de la envoltura de la supernova, que resulta ser de aproximadamente una décima de M_{\odot} . También poder estudiar la posible contaminación de la envoltura de la secundaria por los elementos químicos de menor velocidad de la eyecta. A su vez, permitiría encontrar valores de la velocidad del remanente de la secundaria. Según nuestro estudio éstas resultan ser mayores que las velocidades de las estrellas de campo, lo que sugiere que un análisis detallado de la distribución de velocidad de estrellas próximas a remanentes de supernova conocidas podría ayudar a la identificación de la naturaleza de la secundaria.

Como resultados notorios obtenidos podemos decir que la masa arrancada cuando el material eyectado ha atravesado la estrella de $1,0 M_{\odot}$ es del orden de un 10 % de su masa cuando no se considera la órbita en la simulación y cuando ésta se incluye los valores obtenidos resultan ser de aproximadamente un 20 % más pequeños. No varía mucho el resultado cuando se trata de estrellas algo más masivas ($1,7 M_{\odot}$ en nuestro cálculo) situadas en la secuencia principal, pero sí que cambia mucho cuando la colisión es con una gigante roja, ya que se pierde casi el 90 % de la envoltura. Una vez el material expulsado atraviesa la secundaria, vemos que se forma un agujero, en la eyecta, en la zona donde tiene lugar la colisión. La existencia de este agujero hace que haya una pérdida de simetría en el material eyectado, lo cual podría afectar ligeramente a la curva de luz. En particular, un estudio reciente de Kasen, Nugent, Thomas & Wang (2004) sugiere

que una asimetría puede implicar una ligera polarización en la curva de luz de la supernova. Para que tal asimetría sea medible estiman que el valor mínimo del agujero sea de unos 25° . En nuestros cálculos, la medida del agujero que se forma en el material eyectado oscila entre los 29° cuando la secundaria es una gigante roja y los 50° cuando es una estrella de $1,7 M_{\odot}$, pasando por los 43° a 47° cuando se trata de una estrella de tipo solar, estos valores son algo mayores que el valor mínimo (25°) sugerido por Kasen et al. (2004). Por otro lado, las densidades y temperaturas centrales justo después del paso de la onda de choque también se ven incrementadas considerablemente ($\rho_m/\rho_0 \approx 1,8$ y $T_m/T_0 \approx 1,5$) respecto de sus valores iniciales.

En la mayoría de modelos de explosión la distribución de los elementos sintetizados está muy estratificada ya que se trata de modelos con simetría esférica. En la mayor parte de nuestras simulaciones la masa arrancada de hidrógeno-helio de la secundaria se mezclará con los elementos pesados, por lo cual su detección sería posible en épocas tardías. Esto sería una prueba importante a favor de los SDS. Ahora bien, por lo que se refiere al modelo de supernova calculado en tres dimensiones, los elementos sintetizados no están estratificados y además, se mueven a gran velocidad, cosa que hace que el hidrógeno arrancado no se mezcle con estos elementos. Estos resultados son muy interesantes ya que contradicen todos los resultados obtenidos hasta la fecha y, al menos, proyectan algunas dudas sobre la posibilidad de discernir entre el SDS y otros escenarios mediante el análisis espectral.

En una segunda parte se estudia el proceso de colisión dentro del escenario conocido como colapso inducido por acreción (AIC). El sistema binario consiste ahora en una enana blanca que colapsa directamente a estrella de neutrones más una estrella acompañante de masa pequeña ($0,3 M_{\odot}$). El interés de este escenario radica en que podría explicar la existencia de los llamados púlsares del milisegundo aislados para los cuales no existe una teoría plenamente satisfactoria. En este caso la inclusión de la órbita en la simulación es fundamental. Nuestros cálculos indican que la destrucción total o parcial de la estrella acompañante depende fuertemente de su grado de compacidad. Estrellas con $0,3 M_{\odot}$ y densidades centrales por debajo de 50 g/cm^3 podría quedar prácticamente destruidas sin dejar residuo. En cambio, configuraciones más compactas podrían sobrevivir a la colisión y dejar un remanente.