

ESTUDIO NUMÉRICO DE LA DINÁMICA DEL PROCESO DE FILAMENTACIÓN AMBIPOLAR EN UN PLASMA MAGNETIZADO

Mercedes Franqueira Pérez

merche.fr@terra.es

Tesis doctoral dirigida por Ana I. Gómez de Castro (UCM) y Michel Tagger (CEA Saclay)

Centro: Facultad de Ciencias Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid

Fecha de lectura: 18 de noviembre de 2003

El proceso de *filamentación ambipolar* del campo magnético es el proceso por el cual la disipación de turbulencia hidromagnética en plasmas magnetizados con distribuciones espaciales no homogéneas de la fracción de ionización conduce a:

- la compresión de las líneas de campo y la formación de filamentos en las zonas más ionizadas inicialmente,
- la separación eficiente de las partículas neutras e ionizadas.

El propósito principal de esta tesis consiste en realizar un estudio de la dinámica del proceso de filamentación ambipolar mediante simulaciones numéricas. Hasta la fecha tan sólo se había realizado un estudio analítico unidimensional del proceso. Sin embargo, de forma simultánea a la filamentación ambipolar, se produce también una transmisión de cantidad de movimiento en la dirección de propagación de la perturbación hidromagnética al gas a través del cual se propaga, con lo que ambos procesos entran en competición en lo que a transporte de material se refiere. Por tanto, la característica que nos interesa cuantificar, principalmente, es la *eficiencia real* del proceso de filamentación, así como los parámetros físicos de los que ella depende. De este modo podremos evaluar el impacto que este fenómeno tiene en los diferentes medios en los que podría estar produciéndose.

En primer lugar hemos revisado los resultados teóricos existentes hasta el momento con objeto de cuantificar la relación entre la fuerza que genera la filamentación ambipolar y la fuerza que impulsa al material en la dirección de propagación de la perturbación. Dicha relación prevé que el mecanismo de filamentación ambipolar será más eficaz en medios relativamente fríos y fuertemente magnetizados, que presenten inhomogeneidades en la fracción de ionización de un tamaño que sea de

unas pocas veces la longitud ambipolar del medio (longitud del recorrido libre medio de las partículas neutras).

Para determinar la eficiencia real del proceso de filamentación ambipolar hemos resuelto numéricamente el sistema de ecuaciones en derivadas parciales no lineales que gobierna la dinámica de un plasma magnetizado que consta de dos fluidos (iones y partículas neutras). El código numérico construido a tal fin resuelve el problema bidimensional cartesiano utilizando el método de diferencias finitas explícito en el tiempo para todos los términos salvo el correspondiente a la interacción entre iones y partículas neutras, en una malla de las denominadas escalonadas o alternadas. Resuelve el sistema de ecuaciones en diferencias utilizando el método de separación de operadores e introduciendo los correspondientes términos de viscosidad artificial. Los algoritmos que hemos utilizado están basados en los empleados por Stone y Norman (1992) en su código hidrodinámico ZEUS-2D, para todos los casos salvo el tratamiento de los términos magnéticos y el transporte de los momentos lineales. El código y la convergencia de las soluciones calculadas fueron probados mediante la resolución de problemas con solución conocida.

Seguidamente, el código numérico fue adaptado al problema de la filamentación ambipolar mediante el estudio de las condiciones numéricas que limitan el espacio de parámetros y de las características físicas del proceso, que es necesario introducir en las condiciones iniciales y de contorno. El efecto de la filamentación se aisló de cualquier otro que pudiera enmascararlo prohibiendo la entrada de material en el dominio de integración. Con estas *restricciones*, el mecanismo resulta ser eficiente, apreciándose una amplificación (un factor 2.5) de la inhomogeneidad inicial en la fracción de ionización, localizada en la zona en que la onda hidromagnética comienza a amortiguarse. Sin embargo,

dichos resultados no reproducen la esperada intensificación del campo magnético salvo de un modo meramente residual. Esto es debido a la *difusión del campo magnético* causada por la resistividad numérica que el método numérico utilizado introduce en el sistema.

Por último, se realizaron simulaciones *sin restricciones* y con parámetros realistas, que describen la evolución del proceso de filamentación en dos medios de características similares, en los que se dan las condiciones necesarias para que el proceso tenga lugar: la cromosfera solar, donde podría dar lugar a estructuras tales como las espículas, y en la componente templada e ionizada del medio interestelar difuso, donde se han observado filamentos cuyo origen parece estar relacionado con la disipación de turbulencia hidromagnética. En ambos

casos (con ciertas limitaciones numéricas provocadas por la débil amortiguación de las ondas de alta frecuencia en estos medios) hemos obtenido que el contraste en la fracción de ionización aumenta entre un 25% y un 70%, aunque dicho incremento no se produce únicamente en la zona en que la onda comienza a amortiguarse. Este comportamiento es debido a la aceleración y transporte del material en la dirección de propagación de la onda. El proceso de filamentación ambipolar provoca además una separación espacial entre partículas neutras e ionizadas, por lo que el material es transportado de forma desigual en la dirección de propagación. Esto es debido al régimen de velocidades que se crea en esa dirección: las velocidades son mayores en las zonas más ionizadas, por lo que se favorece el transporte de iones frente al de partículas neutras.

EMISIÓN DE RAYOS X DE NOVAS CLÁSICAS

Glòria Sala Cladellas

sala@ieec.uab.es

Tesis doctoral dirigida por Margarita Hernanz Carbó

Centro: Institut d'Estudis Espacials de Catalunya e Instituto de Ciencias del Espacio (CSIC)

Fecha de lectura: 22 de septiembre de 2004 (Universitat de Barcelona)

La detección de emisión de rayos X procedente de las novae clásicas después de su explosión proporciona información crucial sobre el fenómeno de nova. Las propiedades y la duración de la emisión de rayos X blandos son indicadores directos de la capa de combustión termonuclear de hidrógeno remanente en la superficie de la enana blanca, mientras que la emisión de rayos X duros representa un diagnóstico de las condiciones en el material eyectado por la nova y puede indicar el restablecimiento del acrecimiento en el sistema binario. *ROSAT* detectó muy pocas novae con emisión de rayos X blandos, contrariamente a lo esperado en base a cálculos de orden de magnitud del tiempo nuclear de combustión del hidrógeno remanente.

En esta tesis, se ha desarrollado un modelo numérico para simular las condiciones en la envoltura de la enana blanca, que permanece con combustión estacionaria de hidrógeno después de la explosión de nova. Se han considerado cinco composiciones químicas, correspondientes a abundancias realistas de novae de CO y de ONe basadas en los modelos de José & Hernanz (1998, ApJ, 494, 680). La evolución se aproxima como una secuencia de es-

tados estacionarios con masas decrecientes. Los resultados muestran que una envoltura de enana blanca con combustión estacionaria de hidrógeno evoluciona a lo largo de un *plateau* de luminosidad casi constante y próxima a la luminosidad de Eddington para la enana blanca, reduciendo su radio fotosférico e incrementando la temperatura efectiva a medida que la masa de la envoltura rica en hidrógeno se ve reducida por la combustión termonuclear. La luminosidad y la masa de la envoltura durante esta fase dependen de la masa de la estrella y la abundancia de hidrógeno en la envoltura como

$$L(L_{\odot}) \simeq 5.95 \times 10^4 \left(\frac{M_c}{M_{\odot}} - 0.536X_H - 0.14 \right),$$

$$\log M_{\text{env}}(M_{\odot}) \simeq 0.42X_H - \left(\frac{M_c}{M_{\odot}} - 0.13 \right)^3 - 5.26.$$

Las reacciones termonucleares continúan hasta que la masa de la envoltura se ve reducida a un valor mínimo crítico,

$$\log M_{\text{env}}^{\text{min}}(M_{\odot}) \simeq 0.13X_H - \left(\frac{M_c}{M_{\odot}} - 0.13 \right)^3 - 5.26,$$