

Resumen Tesis: Oscilaciones transversales en conjuntos de tubos magnéticos coronales

Oscilaciones transversales de bucles coronales han sido observadas tras una fulguración solar gracias a los telescopios espaciales TRACE, HINODE y STEREO. El movimiento es amortiguado y desaparece tras varios periodos de oscilación. Estas han sido interpretadas en términos del modo fundamental “kink” de un tubo magnético recto. La combinación de las observaciones con modelos teóricos da lugar a la sismología coronal magnetohidrodinámica, y da información sobre distintas magnitudes físicas de la corona.

La mayor parte de estudios previos sólo han considerado las oscilaciones individuales de los bucles. Sin embargo, tras una fulguración se suelen excitar varios bucles y su dinámica podría estar afectada por la interacción mutua. Por otra parte los bucles coronales podrían tener estructura interna y estar formados por hebras finas que los telescopios actuales no pueden resolver. Estas hebras podrían estar acopladas y afectar al movimiento global del bucle. Por estos motivos se hace necesario el estudio de oscilaciones de estructuras compuestas de bucles o hebras con el fin de averiguar como la colectividad afecta a la dinámica de las oscilaciones. El objetivo de esta Tesis es proveer modelos teóricos para los propósitos de la sismología coronal.

En primer lugar se ha estudiado un sistema de dos bucles idénticos (Luna et al. 2006, 2009). Hemos hallado modos normales de oscilación con unas frecuencias y autofunciones que dependen de la separación entre bucles. Este hecho indica un acoplamiento de los desplazamientos transversales. Numéricamente se ha estudiado el problema de valores iniciales, resolviendo las ecuaciones linealizadas de la magnetohidrodinámica y se ha encontrado que tras una perturbación inicial el sistema rápidamente oscila con una combinación de estos dos modos normales colectivos haciendo que la dinámica del sistema sea compleja. Bajo ciertas condiciones los bucles pueden intercambiar su energía por completo periódicamente en forma de batidos. También la dirección de oscilación de los bucles cambia con el tiempo.

A continuación se ha aplicado el formalismo matemático de la “T-matrix” (Luna et al. 2009). Esto nos ha permitido encontrar analíticamente los modos normales colectivos de conjuntos arbitrarios de tubos magnéticos. Uno de los resultados más interesantes que hemos encontrado es que los movimientos transversales de distintos tubos magnéticos con diferentes propiedades están fuertemente acoplados si sus frecuencias individuales de oscilación son parecidas, y sin embargo están desacoplados si son suficientemente distintas. Este resultado tiene implicaciones observacionales puesto que puede dar correcciones a las estimaciones de campo magnético de los tubos magnéticos ya que hasta ahora sólo se ha empleado el modelo de bucle aislado o individual.

Con esta misma herramienta han sido hallados los modos normales de oscilación de un bucle con estructura interna, formado por hebras (Luna et al. --). Hay una gran cantidad de modos normales de oscilación que depende del número de hebras considerado y cuyas frecuencias se encuentran en una banda ancha. Esto indica que la interacción entre las hebras afecta a la oscilación global del bucle. Un resultado interesante es que no se ha encontrado un modo global “kink” en el que todas las hebras se muevan en la misma dirección y en fase, como sucedería en el modelo de bucle individual. También se sugiere que la estructura interna puede contribuir al rápido amortiguamiento de la oscilación.

En esta tesis se ha procedido de forma gradual de casos simples a mucho más complejos, y se ha abierto un nuevo campo de investigación que es el de oscilaciones colectivas de estructuras magnéticas. Los modelos teóricos presentados en este trabajo pueden ayudar a entender las condiciones físicas de la corona. Este trabajo ha tratado de explicar observaciones de sistemas de bucles coronales aportando explicaciones teóricas. También ya hay estudios observacionales que sugieren movimientos colectivos estudiados aquí. Por otra parte, se ha dado un fuerte impulso al estudio matemático de estas oscilaciones. Finalmente, el último trabajo que será recientemente publicado y que parte está incluido en la tesis, muestra que un bucle coronal formado por hebras se amortigua rápidamente sin la intervención de ningún mecanismo disipativo. Este amortiguamiento es compatible con el observado. Existen muchas evidencias indirectas de la existencia de una estructura fina de los bucles coronales. Gracias al instrumento AIA del satélite “Solar Dynamics Observatory” (SDO) lanzado el 9 de Febrero de 2010, se dispondrá de imágenes de alta resolución espacio-temporal y tal vez evidencia directa de estas hebras.

Tras este estudio se hace necesario considerar modelos más complejos en los cuales se consideren bucles coronales con curvatura. También, la inclusión de estratificación del plasma a lo largo del bucle es una gran mejora. En la actualidad ya disponemos de las ecuaciones necesarias para resolver este último problema.

PUBICACIONES:

Luna, M., Terradas, J., Oliver, R., & Ballester, J.L., 2006, *Fast magnetohydrodynamic waves in a two-slab coronal structure: collective behaviour*. *Astronomy and Astrophysics*, 457, 1071

Arregui, I., Luna, M., Oliver, R., Terradas, J., & Ballester, J. L., 2007, *Transverse Oscillations in Coronal Loops*. *Flows, Boundaries, and Interactions*, 934, 54

Luna, M., Terradas, J., Oliver, R., & Ballester, J. L. 2008, *Transverse Oscillations of Two Coronal Loops*. *The Astrophysical Journal*, 676, 717

Luna, M., Terradas, J., Oliver, R., Ballester, J. L. 2009, *Transverse Oscillations of Systems of Coronal loops*. *The Astrophysical Journal*, 692, 1582

Luna, M., Terradas, J., Oliver, R., Ballester, J. L. 2009, *Transverse oscillations of a multi-stranded loop*. Enviado a *The Astrophysical Journal* ----