

Solar prominences line profiles

Perfiles de líneas de protuberancias solares

G. Stenborg, P. Mauas y M. Rovira
Instituto de Astronomía y Física del Espacio, IAFE-CONICET
CC.67, Suc.28, 1428 Buenos Aires, Argentina.

Abstract

A numerical code to calculate the line profiles for different elements present in the solar atmosphere was developed for the particular case of solar prominences. The objective is to compare the calculated with the observed profiles in order to limit the range of variation of the physical parameters, as temperature, pressure, electronic density, total density and turbulence velocity, which characterize these phenomena.

Resumen

Se implementó un código numérico que permite el cálculo de perfiles de líneas de elementos más pesados que el hidrógeno, presentes en la atmósfera solar, aplicándolo al caso particular de las protuberancias. El objetivo es comparar estos perfiles calculados con sus observaciones, y así limitar el rango en que varían los distintos parámetros físicos que caracterizan la estructura de una protuberancia, por ejemplo, la temperatura, presión, densidad electrónica, densidad total y velocidad de turbulencia.

Las protuberancias solares son estructuras en la corona baja del Sol, cuya densidad es unas cien veces mayor y cuya temperatura es unas cien veces menor que la atmósfera que las rodea. Estas condiciones generan un fuerte gradiente de temperatura que contribuye a que el plasma que las forma se encuentre muy lejos del equilibrio termodinámico local (ETL). Por ello, en el análisis teórico de su estructura es necesario resolver simultáneamente las ecuaciones de equilibrio estadístico y de transporte de radiación.

En este trabajo representamos a la protuberancia por una placa de espesor finito, y de extensión infinita en las otras dos dimensiones, ubicada verticalmente sobre la superficie solar. Está iluminada desde ambos lados por radiación fotosférica y cromosférica de valor conocido. Reemplazando la solución formal de la ecuación de transporte de radiación en la ecuación de equilibrio estadístico obtenemos un sistema de ecuaciones cuya solución nos permite conocer las poblaciones de los niveles del átomo o ión considerado en función de la distancia al plano central de la protuberancia. Además de los parámetros atómicos del elemento cuyos perfiles de línea queremos calcular, son datos de entrada de este cálculo la distribución espacial de la temperatura, densidad electrónica, densidad total y presión que es obtenida en forma independiente resolviendo el sistema para el átomo de hidrógeno por ser éste el elemento más abundante en la atmósfera solar.

El nuevo código numérico fue aplicado al cálculo de las líneas de CaI, MgI, CaII y MgII utilizando modelos de protuberancias con distintos valores de presión: 0.02, 0.05 y 0.2 *dina cm⁻²*. El ajuste de la intensidad de una línea requiere, en cada caso, considerarla como resultante de la superposición de un cierto número de placas similares que llamaremos "hebras". Para las líneas h y k del MgII la intensidad es independiente del número de hebras, mientras que para el CaII es proporcional a este número. Esto significa, por un lado, que las líneas h y k del MgII son ópticamente gruesas y las H y K del CaII son ópticamente finas.

Comparamos las intensidades integradas de dichas líneas con las observaciones del satélite OSO 8 encontrando que el mejor ajuste de las líneas

del MgII se consigue con con una presión de 0.2 dina cm^{-2} y alrededor de 50 hebras. Para las líneas del CaII, en cambio, con la misma presión, serían necesarias más de 100 hebras.

Para otra protuberancia, en un trabajo anterior, encontramos que para ajustar las intensidades de las líneas del hidrógeno también se necesitan más de 100 hebras, aunque en este caso para $p=0.1 \text{ dina cm}^{-2}$. Esto significa que debemos variar los parámetros de entrada al programa que calcula la atmósfera de la protuberancia a partir de la solución del átomo de hidrógeno hasta encontrar valores de presión, temperatura central, velocidad de turbulencia, etc que ajusten simultáneamente las líneas de los elementos (átomos e iones) que vamos incorporando al cálculo.