

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO
División de Ciencias Naturales y Exactas



Revisiting the Wilson-Bappu Effect

Por

Cecilia Maria Guerra Olvera

Una tesis sometida al
Departamento de Astronomía
como requisito para la obtención del grado de
MAESTRÍA EN CIENCIAS
(Astrofísica)

Dennis Jack, Asesor

Klaus-Peter Schröder, Co-asesor

Guanajuato, Gto.
Julio, 2014.

A mi madre.

*"Il faut que je supporte deux
ou trois chenilles si je veux
connaître les papillons."*

- Antoine de Saint-Exupéry

Acknowledgements

Foremost, I thank and express my gratitude to my thesis advisors, the Drs. Dennis Jack and Klaus-Peter Schröder for their patience, guidance and because without them this work could not have been possible.

I also thank Dr. Juan Pablo Torres Papaqui for his support in all academic matters and for making the *Departamento de Astronomía* a better place to work and easy to get along with.

In addition, I would like to acknowledge the *Hamburg Sternwarte* where I wrote this thesis, and its members, specially to the stellar and phoenix groups, for all the given support and kindness to receive me.

But most important of all, I give a special thanks to my parents, who had been there always for me providing encouragement and unconditional support and love. Words cannot express how grateful I am for have them both as my parents.

Abstract

I use the versatile PHOENIX atmosphere modeling code, which includes a gravity scaled chromosphere above the temperature minimum to model the Ca II K emission line profile for solar type stars, all with $T_{eff} = 5,780$ K and same turbulence broadening, only with different surface gravities. Models, which show the modest emission observed in relatively inactive stars, reproduce the Wilson-Bappu effect (WBE) in absolute terms, i.e. the emission line-widths grow with lower gravity consistent with $W_0 \propto g^{-0.17}$ in the range of $\log(g) = 5.0$ to 3.5 .

In the solar case, which was used as a first test, I find the temperature minimum (over height, single component) for a relatively inactive Sun to reach down to $3,930$ K. The respective PHOENIX model ($\log(g) = 4.4$) matches width and typical flux of the chromospheric Ca II emission of a nearly inactive Sun, as observed with the Hamburg Robotic Telescope, and also matches the solar W_0 of 0.44 \AA . For comparison, the quiet Sun model (figure 1.3) of Vernazza et al. (1973) had a temperature minimum of $4,170$ K.

Using the solar effective temperature, I then computed models with different gravity in order to see if these would reproduce the WBE. A practical problem occurs in that the shallow basal flux emission is too smeared out at already $\log(g) = 3.5$. Consequently, I needed to make the bottom of the chromosphere (just above the temperature minimum) a little warmer to mimic the emission of modestly active stars, which in fact represent the stars observed for the WBE. But the equilibrium conditions allow only for a small margin on this.

I do not adjust any other parameter than surface gravity to obtain the emission line profiles. Hence, these are produced from first principles and so represent a good test of the WBE explanation given by Ayres et al. (1975), 40 years ago. As a result, the line widths reproduce the observed WBE gravity dependence with an exponent of -0.17 (rather than -0.25) very well and in absolute terms.

Resumen

En este trabajo utilizo el versátil código de atmósferas estelares PHOENIX, el cual incluye cromósferas escaladas con gravedad a partir del mínimo de temperatura, para modelar la línea de emisión Ca II K de estrellas tipo solar con $T_{eff} = 5,780$ K e igual ensanchamiento por turbulencia, sólo con diferente gravedad superficial. Los modelos, que producen una modesta emisión como la observada en estrellas inactivas, reproducen el efecto Wilson-Bappu (WBE por sus siglas en inglés) en términos absolutos, i.e., los anchos de las líneas de emisión crecen como $W_0 \propto g^{-0.17}$ en el rango de $\log(g) = 5.0$ a 3.5 .

En el caso solar, que fue usado como primera prueba, encuentro que el mínimo de temperatura para el Sol relativamente inactivo baja hasta $3,930$ K. El respectivo modelo de PHOENIX concuerda en ancho y flujo típico de la línea de emisión Ca II K del Sol casi inactivo, como observado por el Telescopio Robótico de Hamburgo, y aún más también concuerda con el ancho equivalente W_0 de 0.44 Å. Como comparación, el modelo del Sol quieto de Vernazza et al. (1973) tiene un mínimo de temperatura de $4,170$ K.

Usando la temperatura efectiva del Sol, realicé modelos con diferentes valores de gravedad con la finalidad de observar si éstos reproducían el WBE. Un problema ocurre para valores más bajos que $\log(g) = 3.5$: la emisión del flujo basal ya se encuentra muy esparcida hacia afuera de la línea Ca II K. Como consecuencia, surge la necesidad de hacer la parte más baja de la cromósfera más caliente para simular emisión de estrellas con un poco de actividad, las cuales representan aquellas en las que se ha observado el WBE. Si embargo, las condiciones de equilibrio no permiten grandes cambios de temperatura en las cromósferas.

No ajusto ningún otro parámetro además de la gravedad para la obtención de los perfiles de las líneas de emisión. Por lo tanto, éstos son producidos por principios básicos y representan una buena prueba para la explicación del WBE. Como resultado, los anchos de línea reproducen la dependencia con gravedad observada en el WBE con un exponente de -0.17 (en lugar de -0.25) en buenos y absolutos términos.