

ANÁLISIS DE ALGUNOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL CÁLCULO DE MODELOS DE ATMÓSFERAS ESTELARES

ANALYSIS OF SOME ELEMENTS INVOLVED IN THE CALCULATION OF MODEL STELLAR ATMOSPHERES

David C. Merlo¹ y Luis A. Milone^{1,2}

¹ Observatorio Astronómico, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba;
² CONICET, Buenos Aires;
Argentina

ABSTRACT: As continuous absorption by hydrogen-like atoms and ions and the solution of the relation $f(Pg,Pe,T,Q)=0$ are important topics in the calculation of model stellar atmospheres, we here devoted some effort to the analysis of elements involved in their numerical evaluation. So, we have studied the differences between several approximations employed in the calculation of Gaunt's factors (bound-free [bf] and free-free [ff]), the number of spectroscopic series to be included in the evaluation of the continuous absorption coefficient (so that the error in the result is smaller than a prefixed value), the possibility of developing a routine for evaluating the relation $f(Pg,Pe,T,Q)=0$, and the calculation of partition functions for atoms and ions.

RESUMEN : Se analizaron distintos elementos involucrados en el cálculo de modelos de atmósferas estelares (relación Pg-Pe-T y la opacidad continua de átomos hidrogenoides), dada la importancia de los mismos en la evaluación numérica. De este modo, hemos estudiado las diferencias en el uso de distintas aproximaciones en el cálculo de los factores de Gaunt (bf y ff), la cantidad de series a considerar en la opacidad continua (de tal forma que los errores en los resultados sean menores que un dado valor prefijado), el desarrollo de una rutina para evaluar la relación $f(Pg,Pe,T,Q)=0$ y el cálculo de funciones de partición para iones y átomos.

I. FACTORES DE GAUNT

Factores de Gaunt bf y ff fueron calculados por procedimientos cuánticos, para una extensa gama de energías y para electrones mo-

viéndose en un campo Coulombiano (Karzas & Latter, 1961). Estos valores pueden ser aproximados tomándolos directamente iguales a 1 (Ünsold, 1938), o por fórmulas asintóticas (Menzel & Pekeris, 1935 ; ver también Gray, 1976), o por otras polinómicas (Gingerich, 1964; Mihalas, 1967). Recientemente Hummer ha extendido, para las transiciones ff, los cálculos de Karzas & Latter , representando ajustadamente los valores calculados por polinomios de Chebyshev (Hummer, 1988). De nuestro análisis se desprende que para longitudes de onda menores que 500 Å , es necesario utilizar los valores de Karzas & Latter para los factores bf ; para longitudes de onda mayores que 500 Å , la representación de Gingerich es satisfactoria, con apartamientos menores que el 1% con respecto a los valores correctos. Para longitudes de onda mayores que 1000 Å , la fórmula simple y analítica de Menzel & Pekeris resulta enteramente satisfactoria. En relación a los factores de Gaunt ff , para temperaturas menores que 20000 K , encontramos que el acuerdo entre los resultados de las expresiones de M-P, G y H es excelente para longitudes de onda mayores que 1000 Å, pero para longitudes de onda menores, la fórmula de M-P no es buena. Para $T > 20000$ K, es aconsejable utilizar las expresiones de Hummer para todas las λ .

II. ABSORCIÓN CONTINUA

Encontramos que el nivel n (n-límite), a partir del cual la sumatoria puede ser reemplazada por una integral (Ünsold, 1938; Gray, 1976), es creciente con la longitud de onda y la temperatura, hasta un valor máximo de esta última desde donde aquél decrece (nuestro análisis se extendió hasta 9000 Å y 32000 K). Evidentemente esto es debido a que cuando crece T, se van poblando los niveles superiores del átomo tornándose importante su contribución a la opacidad, hasta llegar al límite de la ionización en donde tal consideración pierde importancia.

Respecto al coeficiente medio de Rosseland , encontramos que para valores $-1 \leq \log(Pe) \leq 3$ y $T \leq 16000$ K es suficiente considerar a lo máximo cuatro series para obtener la opacidad con una precisión relativa mejor que $1E-5$.

III. FUNCIONES DE PARTICIÓN

En relación a las funciones de partición , como prueba, comenzamos calculando las de átomos sencillos (H, HeII y HeI), extendiendo luego nuestros cálculos a átomos más complejos (FeIII, FeII y FeI).

Para el HeI utilizamos la aproximación hidrogenoide, tomando en consideración el efecto perturbador de las partículas vecinas (Ünsold, 1948 ; Lotche-Holtgreven, 1958). Para el Fe utilizamos tablas con los términos observados (Moore, 1952), haciendo una representación poli-

nómica de las funciones de partición para los estados I, II y III, que extiende otras existentes (Bolton, 1970); en todos los casos, los errores relativos de las representaciones son inferiores al 1%.

IV. ESTADO DE IONIZACIÓN

Se elaboró un procedimiento que, con un mínimo de iteraciones, calcula P_e a partir de una P_g dada. Se lo utilizó para obtener el porcentaje de electrones liberados por distintos elementos, en muestras que corresponden a composiciones típicas de poblaciones I y II, para rangos de $0 \leq \log(P_e) \leq 1$ y $5040 \leq T \leq 10080$ K.

Para las temperaturas más bajas, el principal aporte de electrones proviene de elementos con más bajo potencial de ionización (Na, Mg, Ca) y en tanto para las más altas el principal contribuyente es el H. Al analizar el aporte de electrones por unidad de masa para composición química de población I y II, se encontró en esta última --en las mismas condiciones de P_e y T -- una notable deficiencia de electrones, resultando la absorción correspondiente al H- proporcionalmente menor. De esta forma, estas atmósferas son más transparentes que las correspondientes a estrellas de población I, conduciendo este hecho a una mimetización en la apariencia de sus líneas metálicas (Wilson, 1961).

Este trabajo será publicado in extenso en otra parte.

V. REFERENCIAS

- Bolton, C.T. : 1970, Ap. J., 161: 1187.
Gingerich, O.: 1964, Proc. 1st. Harvard-Smithsonian Conf. Stellar Atmospheres, S.A.O. Spec. Rep. N° 167.
Gray, D.F. : 1976, The Observation and Analysis of Stellar Photospheres John Wiley & Sons. Inc.
Hummer, D.G. : 1988, Ap. J., 327: 477.
Karzas, W.J. & R. Latter : 1961, Ap. J. Suppl., 6: 167.
Lotche-Holtgreven, W. : 1958, Rep. Prog. Phys., 21: 312.
Menzel, D.H. & Ch.L. Pekeris: 1935, M.N.R.A.S. 96: 77.
Mihalas, D. : 1967, The Calculation of Model Stellar Atmospheres. Methods in Computational Physics, 7: 1-52. Academic Press.
Moore, C.E. : 1952, Atomic Energy Level Vol.II. Circular of the the National Bureau of Standards N° 467. United States Department of Commerce.
Unsöld, A. : 1938, Physik der Sternatmosphären, J.Springer, Berlin.
Unsöld, A. : 1948, Zs. für Ap., 24: 355.
Wilson, O.C.: 1961, Ap. J., 133: 457.