

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛИНЕЙЧАТОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ХРОМОСФЕРЫ НА ПРИМЕРЕ ВОДОРОДА, ГЕЛИЯ И ИОНА САII

Малютин В.А., Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б.

ГАИШ МГУ

malyutin@list.ru

Мы провели расчёты с учётом условий в солнечной хромосфере.

1. Хромосферный газ прозрачен в непрерывном спектре, но возможно рассеяние в частотах спектральных линий. Характер рассеяния зависит от профиля линии, определяемого полем скоростей атомов и влиянием окружающих частиц. Резонансное излучение и субординатные переходы между уровнями невысокого возбуждения атома гелия и иона кальция в первом приближении могут быть описаны профилем Фойгта, а для переходов между их высоковозбуждёнными состояниями и для атома водорода применяется свёртка доплеровского и хольцмарковского контуров.
2. Относительная разреженность хромосферного газа (логарифм концентрации не превышает 15) приводит к тому, что реализуется большое число дискретных уровней N , более тридцати по критерию Инглиса-Теллера. Скорость ударной ионизации быстро увеличивается при переходе к более возбуждённым состояниям, поэтому для корректной оценки степени ионизации необходимо учесть достаточное число дискретных состояний.
3. Для составления кинетических уравнений для населённостей уровней требуется значительный массив атомных данных.

Учёт рассеяния излучения выполняем в рамках приближения Соболева-Бибермана-Холстейна, в котором вычисляется вероятность выхода кванта P . Поток излучения в линии, соответствующей переходу $i \rightarrow j$, некоторого иона или атома определяется формулой $F_{ij} = A_{ij} \cdot P_{ji} \cdot (1 + n_{ji} \cdot P_{ji}) \cdot E_{ji} \cdot N_i \cdot L$, где A_{ij} – вероятность спонтанного перехода, E_{ji} – энергетическая щель между уровнями, n_{ji} – числа заполнения, P_{ji} – вероятность выхода кванта, N_i – населённость верхнего уровня, L – толщина излучающего слоя. Населённости уровней и состояние ионизации определяются системой уравнений баланса, в которой учитываются радиационные и ударные свободно-связанные, связанно-свободные и связанно-связанные переходы. Применение такого подхода позволяет восстановить параметры газа по его излучению в спектральных линиях.

Расчёты показали, что теоретические потоки очень чувствительны ко входным параметрам, поэтому по наблюдаемым потокам в линиях плотность и температура газа определяются с достаточно высокой точностью. Для примера приводятся наблюдения солнечных вспышек 27.04.2012 и 11.05.2012, в которых наблюдались 3 линии бальмеровской серии водорода $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, 2 линии иона кальция $CaII H$, $CaII \lambda 8542$ и линия $HeI D3$. Свечение в линиях удается объяснить в приближении двух газовых слоев: горячего и холодного. Установленные величины лежат в следующих диапазонах: горячий слой имеет температуру 14000-18000 К и концентрацию $0.5-2.5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$; холодный слой – 7000-9000К и $3.0-8.0 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-3}$ соответственно; скорость турбулентного движения не превышает 6 км/с; полная толщина излучающего газа не превышает 300 км.