

ASTROFİZİKA

UDK-523.9

**О МЕХАНИЗМЕ РАСШИРЕНИЯ БАЛЬМЕРОВСКИХ
ЛИНИЙ ВОДОРОДА В АТМОСФЕРЕ ПРОЦИОНА****Д.М.КУЛИ-ЗАДЕ*, З.Ф.ШАБАНОВА*, М.М.ТАИРОВ****** Бакинский Государственный Университет**** БАО Нахичеванского отделения АМЕА**skalizade@mail.ru*

Рассматривается изменение механизма расширения в крыльях бальмеровских линий водорода в атмосфере Прокциона. Используются наиболее точные профили линий, построенные самими авторами по цифровым высокодисперсионным материалам. Показано, что в крыльях водородных линий механизм уширения меняется. Основным механизмом уширения водородных линий является эффект Штарка с учетом быстрых электронов.

Ключевые слова: профили водородных линий, механизм уширения, эффект Штарка

Как известно, механизм уширения профилей водородных линий в звездных атмосферах значительно отличается от механизма уширения линий других химических элементов. Если в уширении металлических линий основную роль играет затухание излучения, в уширении водородных линий важную роль играет эффект Штарка. Вопрос о расширении водородных линий в спектре Солнца и звезд рассматривался в работах [1-8 и др.]. Эти работы отражены в монографии [9].

Некоторые авторы считают, что в уширении водородных линий наряду с эффектом Штарка немалую роль играют собственное давление и затухание излучения. В случае Солнца анализ различных механизмов уширения показывает, что протяженные крылья водородных линий лучше описываются теорией, учитывающей влияния быстрых электронов [9]. Статистический эффект Штарка не может объяснить протяженные крылья бальмеровских линий водорода.

Сильные бальмеровские линии водорода образуются по всей глубине атмосферы звезды. Если центральные части линий образуются на самых верхних частях атмосферы и частично в хромосфере звезды, то далекие крылья образуются в глубоких слоях атмосферы, где физические параметры сильно отличаются от таковых в верхних слоях. Поэтому различные участки профиля линии эффективно образуются в различных физических условиях. Следовательно, естественно ожидать, что различные участки сильных водородных линий эффективно расширяются различными механизмами.

Метод

Кули-Заде предложил простой метод для быстрого грубого анализа механизма уширения сильных фраунгоферовых линий в звездных атмосферах. Этот метод наглядно показывает изменения механизма уширения в крыльях данной линии. Метод заключается в следующем.

В крыльях сильных фраунгоферовых линий остаточная интенсивность может выражаться простой эмпирической формулой

$$r(\Delta\lambda) = 1 - \frac{c}{(\Delta\lambda)^n} [1 - R(\Delta\lambda)], \quad (1)$$

где $\Delta\lambda$ – расстояние данной точки профиля от центра линии, c – сила крыла, $R(\Delta\lambda)$ – глубина данной точки профиля и n – показатель закона изменения $r(\Delta\lambda)$ от $\Delta\lambda$.

В логарифмической форме (1) можно переписать в виде

$$\lg \left[\frac{R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})}{1 - R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})} \right] = \lg c - n \lg \left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}} \right), \quad (2)$$

где $\Delta\lambda_{1/2}$ – полуширина профиля линии.

Результаты определения силы крыла c и показателя механизма уширения n приведены в таблице 2. Ясно, что (2) есть уравнение прямой, выражающей $\lg \left[\frac{R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})}{1 - R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})} \right]$ от $\lg \left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}} \right)$.

В (2) n определяет наклон этой прямой к оси абсцисс, а $\lg c$ – отрезок вырезаемый прямой от оси ординат $\lg \left[\frac{R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})}{1 - R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})} \right]$.

Составляя систему уравнений типа (2) по наблюдаемым данным для разных $\Delta\lambda$ и решая графически или методом наименьших квадратов одновременно можно определить силу крыла c и показатель механизма уширения n .

Используя наблюдаемые профили бальмеровских линий в спектре Прорциона, определяемые нами по высокодисперсионным цифровым спектральным материалам по Гриффину [10], мы определили c и n .

Зависимость $\lg\left[\frac{R(\Delta\lambda/\Delta\lambda_{1/2})}{1-R(\Delta\lambda/\Delta\lambda_{1/2})}\right]$ от $\lg\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

H_{β}		H_{γ}		H_{δ}	
$\lg\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$	$\lg\left[\frac{R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}{1-R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}\right]$	$\lg\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$	$\lg\left[\frac{R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}{1-R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}\right]$	$\lg\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)$	$\lg\left[\frac{R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}{1-R\left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}}\right)}\right]$
0.134	-0.447	0.049	-0.391	0.029	-0.447
0.201	-0.511	0.117	-0.448	0.152	-0.550
0.311	-0.602	0.173	-0.492	0.207	-0.602
0.398	-0.690	0.225	-0.550	0.292	-0.690
0.470	0.773	0.271	-0.600	0.330	-0.733
0.532	-0.865	0.350	-0.689	0.398	-0.807
0.587	-0.908	0.416	-0.750	0.507	-0.935
0.607	-0.954	0.474	-0.830	0.553	-0.953
0.736	-1.136	0.526	-0.917	0.631	-1.136
0.803	-1.211	0.571	-0.954	0.699	-1.211
0.861	-1.289	0.651	-1.027	0.757	-1.279
0.912	-1.380	0.717	-1.117	0.808	-1.380
0.958	-1.454	0.775	-1.211	0.854	-1.454
1.000	-1.557	0.827	-1.348	0.895	-1.557
1.037	-1.690	0.872	-1.481	0.933	-1.690
1.072	-1.817	0.914	-1.713	0.968	-1.817
1.104	-1.996	0.952	-1.848	1.000	-1.996
1.135	-2.396	0.986	-2.298	1.030	-2.396

Таблица 2

	$\Delta(\lambda)$	n	c
H_{β}	5.5 ÷ 9.3	1.6	3.9
	9.3 ÷ 23.4	1.8	19.9
	23.4 ÷ 31.6	2.9	-
H_{γ}	8.5 ÷ 14.8	1.5	3.71
	14.8 ÷ 21.4	2.5	56.23
	21.4 ÷ 26.9	3.0	23.44
H_{δ}	2.3 ÷ 6.9	1.5	3.9
	6.9 ÷ 12.8	1.9	17.7
	12.8 ÷ 18.6	2.8	-

Обсуждение

Как видно из таблицы 2, прямая зависимости $\lg \left[\frac{R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})}{1 - R(\Delta\lambda / \Delta\lambda_{1/2})} \right]$ от $\lg \left(\frac{\Delta\lambda}{\Delta\lambda_{1/2}} \right)$ несколько раз ломается и состоит из нескольких отрезков.

Поэтому разные участки прямой соответствуют разным c и n . Это говорит о том, что механизм уширения в крыльях профилей линий меняется.

Как известно для затухания излучения показатель $n \approx 2$, а для эффекта Штарка $n \approx 2.5$. Из таблицы 2, видно, что для линии H_β в интервале $\Delta\lambda = 5.5 \div 9,3 \text{ \AA}$ $n \approx 1.6$, в интервале $\Delta\lambda = 9.3 \div 23,4 \text{ \AA}$ $n \approx 1.8$ а в интервале $\Delta\lambda = 23.4 \div 3,16 \text{ \AA}$ $n \approx 2.9$. Таким образом для этой линии при $\delta\lambda > 23,4 \text{ \AA}$ основным механизмом уширения является эффект Штарка. Для линий H_γ эффект Штарка начинает играть основную роль при $\Delta\lambda > 21,4 \text{ \AA}$, а для линии H_δ - при $\Delta\lambda > 12,8 \text{ \AA}$.

Сила крыла тоже значительно меняется в пределах крыла линий. Надо отметить, что для крыльев, соответствующих штарковскому расширению определить c невозможно.

Резюмируя вышеизложенное можно сказать, что основным механизмом расширения далеких крыльев водородных линий в атмосфере Проиона является эффект Штарка учитывающий влияния быстрых электронов. Эффект Штарка учитывающий только влияния ионов не может объяснить далекие крылья водородных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Унзольд А. О теории расширения и сдвига спектральных линий вследствие давления, Сб. «Современные проблемы Астрофизики и физики солнца», 1951, 260 с.
2. Joger de C. The Hydrogen spectrum of the Sun, Rech. Astr. Obs. Utrecht, part I, 1952, p. 1-93.
3. Северный А.Б. Причины расширения водородных линий в спектре Солнца. Изв. Кр. АО, т. 16, 1956, с. 54-66.
4. David K.H. Die Mittle – Rand Variation der Balmerlinien $H_\alpha - H_\delta$ auf der Sonnsxheibe, Z. fur. Astrophys., 1961, v. 53, p. 37-67.
5. Войханская Н.Ф. О механизме уширения водородных фраунгоферовых линий, Астрон. журн., 42, 1965, № 5, с. 1122-1123.
6. Курочка Л.Н. Контуры линий водорода обусловленные суммарным действием уширяющих факторов. Изв. Кр. АО, 38, 1967, с. 96-119.
7. Zelenka A. Synthesis of several solar hydrogen lines, Astron. and Astrophys., 104, 1981, p.264-275.

8. Vernazza J.E., Avrette E.H., Loesser R. Structure of the Solar Chromosphere. III Models of the EUV. Brightness components of the quiet Sun., *Astrophys. J., Suppl. ser.*, 1981, v.45, p. 635-725.
9. Кули-Заде Д.М. Фраунгоферов спектр Солнца. Баку, 2006, 346 с.
10. Профили бальмеровских линий водорода в спектре проциона по высокодисперсионным спектрам, *Вестник БГУ*, 2010, №4, 155-160.

PROSION ATMOSFERİNDƏ HİDROGENİN BALMER XƏTLƏRİNİN GENİŞLƏNMƏ MEXANİZMLƏRİ HAQQINDA

C.M.QULUZADƏ, Z.F.ŞABANOVA, M.M.TAHİROV

XÜLASƏ

Proşion atmosferində hidrogenin Balmer xətlərinin qanadlarında genişlənmə mexanizmlərinin dəyişməsinə baxılır. Yüksək dispersiyalı spektral materiallar əsasında müəlliflərin özləri tərəfindən qurulmuş dəqiq profillərdən istifadə olunur. Göstərilir ki, hidrogen xətlərinin qanadlarında genişlənmə mexanizmi dəyişir. Hidrogen xətlərinin əsas genişlənmə mexanizmi sürətli elektronlar nəzərə alınmaqla Ştark effektidir.

Açar sözlər: atmosferin profil xətti, mexanizmin genişlənməsi, Ştark effekti

THE BROADENING MECHANISM OF BALMER LINES IN THE PROCYON ATMOSPHERE

D.M.KULIZADE, Z.F.SHABANOVA, M.M.TAHIROV

SUMMARY

The change of the broadening mechanism in wings of Balmer lines of hydrogen in the atmosphere of Procyon is considered. Most exact profiles of lines constructed by authors on digital high dispersion spectral materials are used. It is shown that the broadening mechanism changes in wings of hydrogen lines. The basic broadening mechanism of the hydrogen lines is Shtarka effect with the account of fast electrons.

Keywords: profiles of hydrogen lines, the broadening mechanism, effect of Shtarka.

Поступила в редакцию: 29.09.2011 г.

Подписано к печати: 03.10.2011 г.