

ASTROFİZİKA

УДК523.7

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОФИЛЕЙ «b» ЛИНИЙ ТРИПЛЕТА
MgI В СПЕКТРАХ ПРОЦИОНА И СОЛНЦА**

Д.М.КУЛИ-ЗАДЕ, М.М.ТАИРОВ
Бакинский Государственный Университет
skulizade@mail.ru

Изучаются профили линий триплета MgI в спектре Проциона. Используются цифровые спектры Проциона полученные с помощью двойного монохроматора с высоким спектральным разрешением. Впервые определены спектрофотометрические характеристики профилей «b» линий MgI в спектре Проциона с большой точностью. Результаты сравниваются со спектром Солнца. Рассмотрены спектры центра диска Солнца и полного потока от всего диска Солнца. При переходе от Солнца к Проциону спектрофотометрические характеристики (эквивалентные ширины, полуширины и четвертиширины) сильно ослабевают. Центральные глубины профилей при этом незначительно увеличатся. Резкое выделение доплеровского ядра от крыльев профилей в спектре Солнца в случае Проциона не наблюдается.

Ключевые слова: спектр проциона, «b» линий, профили линий, спектрофотометрические характеристики

Линии зеленого триплета MgI хорошо представлены в спектрах звезд спектрального класса F и G в том числе и в спектре Солнца. Линии b_1 ($\lambda 5183.619\text{\AA}$) и b_2 ($\lambda 5172.698\text{\AA}$) практически свободны от бленд и получение их достаточно точных наблюдаемых профилей не представляет трудность. Однако линия b_4 (5167.327\AA) блиндирована соседней линией почти такой же интенсивности. Это затрудняет определения точных параметров линии b_4 .

Триплетные линии MgI возникают при переходах между нечетного триплетного терма $4^3P_{012}^0$ и четного триплетного терма 4^3S_1 .

На рис.1 показаны энергетические уровни MgI и переходы соответствующие линиям зеленого триплета MgI.

Профили линий зеленого триплета MgI в спектрах звезд и Солнца

Таблица 1

$\Delta\lambda(\text{m}\text{\AA})$	$\lambda 5167.340$			$\lambda 5172.698$			$\lambda 5183.640$		
	R_v	R_r	$(R_v + R_r)/2$	R_v	R_r	$(R_v + R_r)/2$	R_v	R_r	$(R_v + R_r)/2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,241	0,241	0,241	0,198	0,198	0,198	0,179	0,179	0,179
20	0,238	0,25	0,244	0,209	0,203	0,206	0,189	0,173	0,181
40	0,259	0,271	0,265	0,230	0,217	0,224	0,212	0,196	0,204
60	0,277	0,323	0,300	0,267	0,244	0,256	0,240	0,213	0,227
80	0,310	0,371	0,340	0,297	0,28	0,289	0,273	0,231	0,252
100	0,359	0,428	0,394	0,343	0,328	0,336	0,309	0,276	0,293
120	0,421	0,476	0,449	0,400	0,380	0,390	0,351	0,321	0,336
140	0,486	0,525	0,506	0,455	0,436	0,446	0,403	0,372	0,388
160	0,551	0,571	0,561	0,502	0,492	0,497	0,443	0,417	0,430
180	0,619	0,615	0,617	0,551	0,550	0,551	0,483	0,467	0,475
200	0,674	0,657	0,666	0,593	0,584	0,589	0,516	0,505	0,511
220	0,718	0,700	0,709	0,632	0,636	0,634	0,556	0,557	0,557
240	0,750	0,737	0,744	0,668	0,674	0,671	0,580	0,592	0,586
260	0,797	0,769	0,783	0,699	0,710	0,705	0,613	0,629	0,621
280	0,820	0,795	0,808	0,717	0,733	0,725	0,635	0,652	0,644
300	0,846	0,818	0,832	0,746	0,751	0,749	0,659	0,671	0,665
320	0,865	0,838	0,852	0,764	0,782	0,773	0,683	0,698	0,691
340	0,880	0,856	0,868	0,786	0,803	0,795	0,698	0,724	0,711
360	0,891	0,871	0,881	0,808	0,821	0,815	0,718	0,735	0,727
380	0,903	0,886	0,895	0,825	0,836	0,831	0,746	0,758	0,752
400	0,912	0,898	0,905	0,839	0,85	0,845	0,767	0,773	0,770
420	0,920	0,910	0,915	0,852	0,863	0,858	0,782	0,787	0,785
440	0,927	0,920	0,924	0,863	0,875	0,869	0,795	0,798	0,796
460	0,934	0,930	0,932	0,874	0,885	0,880	0,807	0,807	0,807
480	0,940	0,939	0,940	0,884	0,894	0,889	0,818	0,814	0,816
500	0,945	0,946	0,946	0,894	0,903	0,899	0,829	0,822	0,826
520	0,950	0,953	0,952	0,902	0,911	0,907	0,839	0,829	0,834
540	0,955	0,958	0,957	0,911	0,919	0,915	0,848	0,836	0,842
560	0,959	0,964	0,962	0,919	0,925	0,922	0,858	0,843	0,851
580	0,963	0,969	0,966	0,926	0,932	0,929	0,866	0,849	0,858
600	0,967	0,973	0,970	0,933	0,937	0,935	0,873	0,855	0,864
620	0,971	0,976	0,9735	0,940	0,943	0,942	0,879	0,862	0,871
640	0,973	0,979	0,976	0,946	0,947	0,946	0,885	0,868	0,877
660	0,977	0,981	0,979	0,952	0,950	0,951	0,890	0,874	0,882
680	0,980	0,982	0,981	0,956	0,953	0,955	0,896	0,879	0,888
700	0,983	0,984	0,984	0,961	0,955	0,958	0,900	0,883	0,892
720	0,985	0,985	0,985	0,965	0,958	0,962	0,905	0,889	0,897
740	0,987	0,987	0,987	0,969	0,961	0,965	0,909	0,894	0,902
760	0,989	0,988	0,989	0,973	0,963	0,968	0,913	0,898	0,906
780	0,991	0,990	0,991	0,977	0,965	0,971	0,917	0,902	0,910
800	0,992	0,991	0,992	0,980	0,968	0,974	0,921	0,907	0,914
820	0,993	0,992	0,993	0,984	0,970	0,977	0,925	0,911	0,918
840	0,995	0,994	0,995	0,987	0,972	0,980	0,928	0,914	0,921
860	0,996	0,995	0,996	0,990	0,973	0,982	0,932	0,918	0,925
880	1.000	0,996	0,998	0,993	0,976	0,985	0,935	0,922	0,929
900		1.000	1.000	0,996	0,977	0,987	0,938	0,926	0,932
920				1.000	0,979	0,983	0,941	0,929	0,935
940					0,981	0,988	0,944	0,933	0,939
960					0,983	0,983	0,947	0,936	0,942
1100					0,987	1.000	0,987	0,953	0,943
1200						1.000	0,963	0,956	0,948
1300						0,975	0,967	0,991	0,960
1400						0,985	0,977		0,971
1500						0,994	0,984		0,981

На рис. 2 приведены наблюдаемые профили «b» линий MgI в спектре Солнца и Прорциона. Как видно, при переходе от Солнца к Прорциону наблюдается сильное изменение профилей, что связано с условиями возбуждения атомов MgI в атмосферах Солнца и Прорциона.

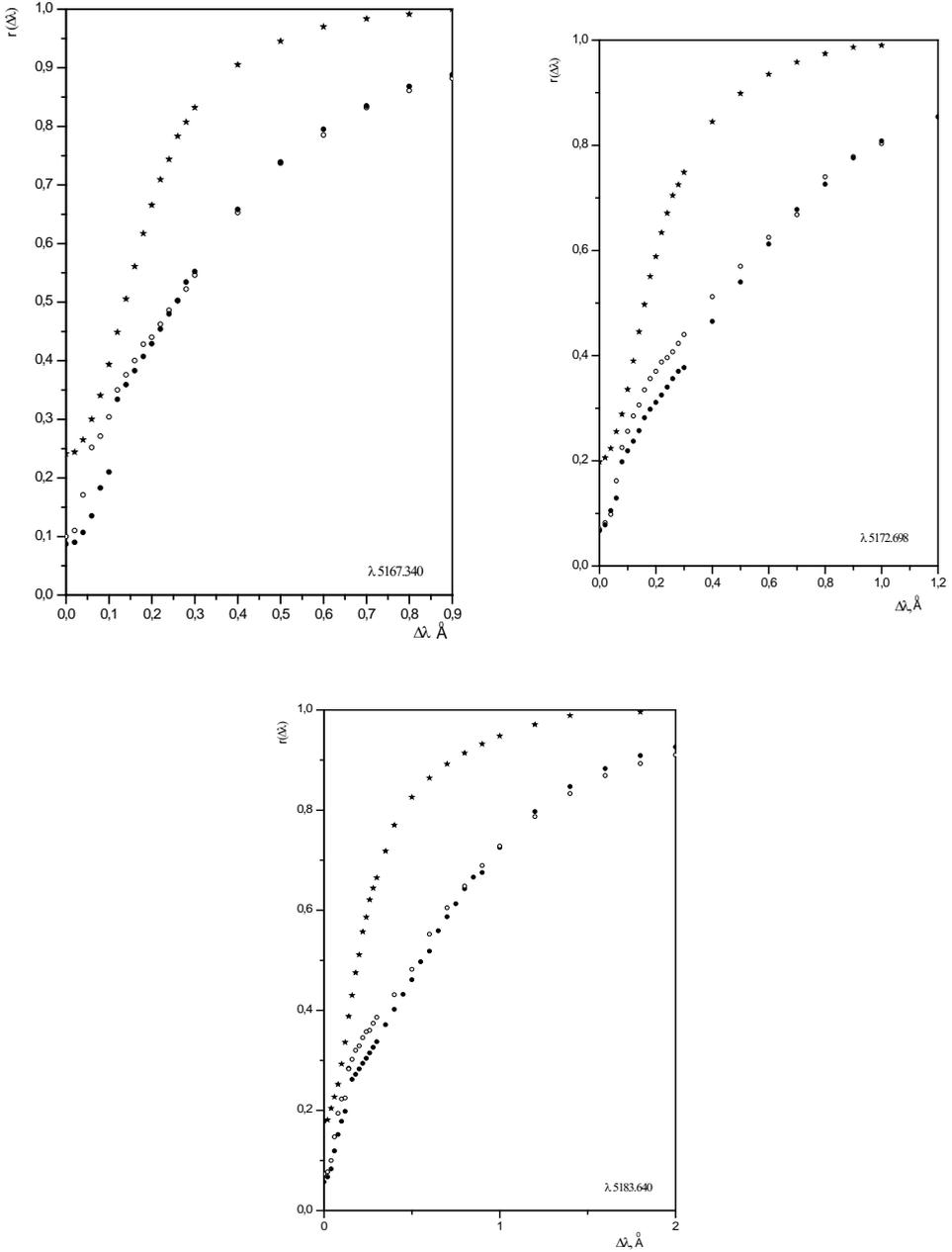


Рис. 2. Наблюдаемые профили «b» линий MgI .
 (..-центр \odot , \circ -поток от всего диска \odot , $*$ -Прорцион)

Спектрофотометрические характеристики профилей «b» линий *MgI* в спектре Проциона

По наблюдаемым профилям были определены наиболее точные спектрофотометрические характеристики «b» линий в спектре Проциона. Результаты приведены в таблице 2, где W - эквивалентная ширина в Å, и полуширина и четвертьширина профилей, соответственно, и центральная глубина профилей. Для сравнения в той же таблице приведены эти характеристики линий для полного потока от всего диска Солнца.

Таблица 2

Спектрофотометрические характеристики профилей «b» *MgI* в спектре Проциона и Солнца

λ , Å	Характеристики	Процион	Поток от всего диска Солнца	Δ
5183.619	W , Å	0.58	1.66	1.08
	$\lambda_{1/2}$, Å	0.48	1.20	0.72
	$\lambda_{1/4}$, Å	0.87	2.30	1.43
	R_0	0.829	0.928	0.099
5172.698	W , Å	0.42	1.31	0.89
	$\lambda_{1/2}$, Å	0.41	0.90	0.49
	$\lambda_{1/4}$, Å	0.69	1.74	1.05
	R_0	0.802	0.924	0.122
5167.328	W , Å	0.39	0.83	0.44
	$\lambda_{1/2}$, Å	0.36	0.62	0.26
	$\lambda_{1/4}$, Å	0.56	1.14	0.58
	R_0	0.764	0.900	0.136

Обсуждение

Как видно из рис. 1 в спектре Солнца доплеровское ядро профиля линии, «b» резко выделяется, переход от ядра к крыльям происходит резко, не плавно. При переходе от линии «b₁» к линии «b₂» эта картина ослабевает, а для линии «b₄» вообще не наблюдается. В случае спектра Проциона резкое отличие доплеровского ядра «b» линий *MgI* не наблюдается.

Отмеченное явление видимо связано резким отличием глубин образования ядра и крыла «b» линий *MgI* в спектре Солнца. В случае атмосферы Проциона давление и плотность значительно меньше, чем в атмосфере Солнца. Кроме того в случае Проциона картина осредняется более широкому пространству, чем в случае Солнца.

Надо отметить, что вышеуказанное явление для других сильных линий, таких как *D* линий *NaI*, линий *H* и *K CaII* и др. не наблюдается. Поэтому оно требует детальное исследование на уровне атомных энергетических уровней. Объяснение этого явления скорее надо искать

не в атмосфере Солнца, а в атомном мире.

Из анализа таблицы 2 видно, что эквивалентные ширины, полуширины и четвертширины уменьшаются от линии b_1 ($\lambda 5183.619\text{\AA}$) к b_4 ($\lambda 5167.328\text{\AA}$). Это естественно ожидать, потому что вероятность перехода для линии b_1 намного больше чем для линии b_2 и тем более для b_4 . В случае оптически тонкого слоя, когда нет самопоглощение относительные интенсивности этих должны относиться как

$$I(b_4):I(b_2):I(b_1) \approx 1:9:5$$

При переходе от Прокциона к Солнцу, согласно таблицы 2, эквивалентные ширины, полуширины и четвертширины значительно (3-4) раза растут. Центральные глубины при этом несколько увеличиваются. Это связано различием физических условий в фотосфере Прокциона и Солнца.

На рис. 3а и 3б показана зависимость разности остаточных интенсивностей «b» линий MgI в спектре Прокциона и Солнца как звезды

$$\Delta r = r_{pr}(\Delta\lambda_i) - r_{(\odot)potok}(\Delta\lambda_i)$$

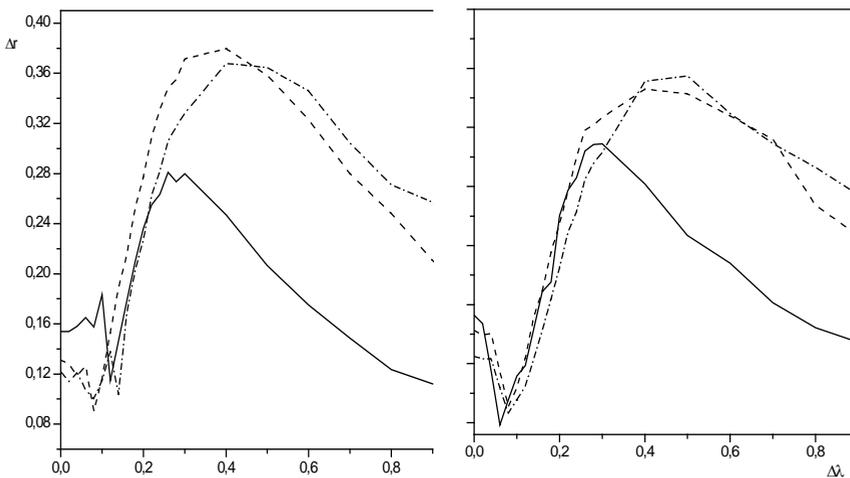


Рис. 3 (— 5167.328, ----5172.698, -·-·-5183.619)

от расстояния от центра линии $\Delta\lambda_i$. Как видно из этих рисунков в обоих случаях для всех трех линий при $\Delta\lambda \approx 0.1\text{\AA}$ наблюдается небольшой скачок Δr , потом наблюдается плавный рост. При $\Delta\lambda \approx 0.4\text{\AA}$ наступает максимум и после этого наблюдается плавное понижение.

Представляет интерес изменение Солнце – Прокцион разность спектрофотометрических характеристик от линии b_4 ($\lambda 5167.340\text{\AA}$) к b_2 ($\lambda 5172.698\text{\AA}$) и b_1 ($\lambda 5183.640\text{\AA}$).

В таблице 2 приведены разности эквивалентных ширин,

$$\Delta W = W_{\odot} - W_{pr}$$

Полуширин

$$\delta\left(\Delta\lambda_{1/2}\right) = \Delta\lambda_{1/2}^{\odot} - \Delta\lambda_{1/2}^{pr},$$

Четвертширин

$$\delta\left(\Delta\lambda_{1/4}\right) = \Delta\lambda_{1/4}^{\odot} - \Delta\lambda_{1/4}^{pr},$$

и центральных глубин

$$\Delta R = R_{\odot}^{\circ} - R_{\odot}^{pr}.$$

В спектре Солнца и Прокциона как видно, с увеличением силы линий ΔW , $\delta\left(\Delta\lambda_{1/2}\right)$ и $\delta\left(\Delta\lambda_{1/4}\right)$ заметно растет, а ΔR_0 показывает слабое уменьшение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Athay R.G., Cofield R.C. Computed Profiles for Solar Mg b and Na D – Lines, *Astrophys. J.*, 156, p. 695-706, 1969.
2. Van Breda I.G., Worrall G., Foster D.C., Profiles of the Na D and Mg b Multiplets in the Solar Spectrum, *Astron. and Astrophys.*, 304, p. 551-512, 1995.
3. Кули-заде Д.М., Гусейнов К.И., Кандемир Г. Контуры b линий Mg b в разрешенном и неразрешенном спектре Солнца. Вестник БГУ, №-1, с. 70-72, 1997.
4. Кули-Заде Д.М., Новый эмпирический метод для анализа механизма уширения фраунгоферовых линий. ДАН Азерб. Республ. 55, №-2, 117-120, 1999.
5. Delbouille L., Neven L., Roland G. Photometric Atlas of the Solar Spectrum from λ 3000 to 10 000 Å Lige, 1973, 241 p.
6. Kurucz R.L., Furenlid I., Brault J., Testerman L. Solar Flux Atlas From 296 to 1300 nm. New Mexico, National Solar Observatory, 1984, 239 p.
7. Griffin R.F. A Photometric Atlas of the Spectrum of Procyon, Cambridge, 140 p, 1970.
8. Кули-Заде Д.М. Фраунгоферов спектр Солнца. Баку: Элм, 2007.

GÜNƏŞ VƏ PROSIYONUN SPEKTRİNDƏ MgI "b" TRİPLET XƏTLƏRİNİN PROFİLLƏRİNİN ÖZƏLLİKLƏRİ

C.M.QULUZADƏ, M.M.TAHİROV

XÜLASƏ

İşdə ikiqatdispersiya vasitəsilə alınan rəqəmsal spektrdən istifadə olunub. İlk dəfə olaraq, Prosiyonun spektrində MgI-in "b" triplet xətlərinin spektrofotometrik parametrləri təyin edilib. Alınan nəticələrdə Günəş ulduz kimi və Günəş diski mərkəzinin spektri ilə müqayisə olunub. Prosiyonun spektrofotometrik parametrlərinin Günəşin spektrofotometrik parametrlərindən kəskin fərqləndiyi göstərilib.

Açar sözlər: Prosiyonun spektri, "b" xətti, xəttin profili, spektrofotometrik parametrlər.

ABOUT FEATURES OF «b» PROFILES OF MgI TRIPLET LINES IN THE SPECTRA OF PROCYON AND THE SUN

D.M.KULI-ZADE, M.M.TAHIROV

SUMMARY

The "b" profiles of MgI triplet lines in Procyon spectrum are studied. The digital spectra received by means of double high spectral dispersion are used. For the first time, spectrophotometric characteristics of the «b» profiles of MgI lines in Procyon spectrum are defined with high accuracy. The results are compared to the Solar spectrum. The spectra of the centre of a disk of the Sun and a flux from the total disk of the Sun are considered. At transition from the Sun to Procyon spectrophotometric characteristics (equivalent width, half-widths and quarter widths) strongly weaken. The central depths of profiles thus will slightly increase. Sharp distinction of Doppler cores from wings of profiles in a spectrum of the Sun in case of Procyon is not observed.

Key words: Procyon spectrum, «b» lines profiles, spectrophotometric characteristics.

Принято в редакцию: 29.11.2012 г.

Подписано к печати: 12.12.2012 г.