

ФАКТОРЫ МАГНИТНОГО РАСЩЕПЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗБРАННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ СОЛНЦА В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН $\lambda 4400-6750 \text{ \AA}$, ВЫЧИСЛЕННЫЕ ПО ЛАБОРАТОРНЫМ ЗНАЧЕНИЯМ МНОЖИТЕЛЕЙ ЛАНДЕ КОМБИНИРУЮЩИХСЯ ТЕРМОВ

М. Дж. Гусейнов

По известным лабораторным значениям факторов Ланде комбинирующихся термов g_L , которые с большой точностью определены физическими экспериментами (они собраны в [19]), нами рассчитаны множители зеемановского расщепления $\bar{g}_L$ для 57 фраунгоферовых линий спектра Солнца в диапазоне длин волн $\lambda 4400-6750 \text{ \AA}$. Сравнение их с теоретическими значениями $\bar{g}_T$ (при $L-S$ -связи) для тех же спектральных линий показало, что величины $\bar{g}_L$ и $\bar{g}_T$ в основном хорошо согласуются. Однако имеют место случаи, когда они существенно различаются. Результаты измерения магнитного расщепления $\Delta\lambda_H$ подобных спектральных линий по поляризационным спектрограммам нескольких пятен показали справедливость лабораторных значений факторов Ланде $\bar{g}_L$. Следовательно, их использование позволит избежать некоторых значительных систематических ошибок при определении и сравнении напряженностей магнитных полей по разным линиям поглощения.

Составлена таблица, где для избранных фраунгоферовых линий приводятся следующие данные: 1) теоретические факторы Ланде $\bar{g}_T$, вычисленные для случая $L-S$ -связи; 2) множители зеемановского расщепления линий $\bar{g}_L$, рассчитанные согласно известным лабораторным значениям g_L комбинирующихся термов, приведенным [19]; 3) относительные различия лабораторных и теоретических факторов Ланде $(\bar{g}_L - \bar{g}_T) / \bar{g}_T$ в %; 4) величины $\bar{g}_T \lambda_0^2$ и $\bar{g}_L \lambda_0^2$ (λ_0 — длина волны линии поглощения).

THE MAGNETIC SPLIT FACTORS FOR SELECTED SOLAR SPECTRAL LINES IN THE WAVELENGTH RANGE $\lambda 4400-6750 \text{ \AA}$, CALCULATED BY THE EXPERIMENTAL VALUES OF LANDE FACTORS COMBINATION TERMS, by M. J. Huseynov. Using the experimental values of Lande factors combination terms g_{ex} , which were estimated with high precision (compiled in [19]), we have computed the Zeeman splitting factors $\bar{g}_{ex}$ for 57 Fraunhofer lines of the solar spectrum in the wavelength range $\lambda 4400-6750 \text{ \AA}$. The comparison with the theoretical values $\bar{g}_{theor}$ (for the case of $L-S$ coupling) for the same spectral lines showed, that the values $\bar{g}_{ex}$ and $\bar{g}_{theor}$ are principally in a good agreement, though, however, in some cases they are markedly different. The results of the magnetic split $\Delta\lambda_H$ measurements of the like spectral lines according to the polarization spectrogrammes of some spots evidenced for the correct experimental values of Lande factor $\bar{g}_{ex}$. Consequently, significant systematic errors in determination and comparison of the magnetic field strengths by different absorption lines can be eliminated.

The Table compiled for selected Fraunhofer lines gives the data as follows: 1) theoretical Lande factors $\bar{g}_{theor}$, calculated for $L-S$ coupling, 2) factors of Zeeman splitting $\bar{g}_{ex}$, calculated by the established experimental values $\bar{g}_{ex}$ of combination terms, given in [19], 3) relative ratios of experimental and theoretical Lande factors $(\bar{g}_{ex} - \bar{g}_{theor}) / \bar{g}_{theor}$ in per cents, 4) values of $\bar{g}_{theor} \lambda_0^2$ and $\bar{g}_{ex} \lambda_0^2$ (λ_0 is the absorption line length).

Одновременное наблюдение в нескольких спектральных линиях является одним из эффективных методов исследования магнитных полей на Солнце. Этот способ применяется для определения вертикального градиента напряженности $\Delta H / \Delta h$, сравнения поверхностного распределения магнитного поля на разных уровнях атмосферы Солнца, изучения его тонкой структуры (см., например, [1—18]). При сравнении напряженностей магнитных полей H , измеренных по разным фраунгоферовым линиям, в некоторых случаях требуются максимально

большая точность определения H . Это требование может быть обеспечено, с одной стороны, повышением точности измерений зеемановских расщеплений линий $\Delta\lambda_H$, с другой стороны, использованием более точных значений факторов Ланде.

Обычно все исследователи для вычисления H пользуются теоретическими значениями факторов Ланде g_T , рассчитываемых по множителям магнитного расщепления g_T комбинирующихся термов при L — S -связи, которые определяются по формуле

$$g_T = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}, \quad (1)$$

где L , S и J — орбитальное, спиновое и главное квантовые числа соответственно. Однако если обратиться к их лабораторным значениям g_L , которые с довольно большой точностью определены на основе физических экспериментов (подробный список лабораторных исследований, посвященных изучению зеемановского расщепления, приведен в [19], где собраны и величины g_L), видно, что в отдельных случаях g_T и g_L существенно различаются, хотя они в основном находятся в хорошем согласии. Подобные различия g_T и g_L могут привести к значительным отличиям и между эффективными факторами Ланде спектральных линий g_T и g_L , рассчитанных согласно g_T и g_L соответственно (g_L мы будем называть лабораторным значением фактора Ланде линии).

Как известно, напряженность магнитного поля H по эффекту Зеемана находят по следующей формуле:

$$\Delta\lambda_H = 4,67 \cdot 10^{-5} g \lambda_0^2 H, \quad (2)$$

где g — фактор Ланде для наблюдаемой линии, λ_0 — ее длина волны, $\Delta\lambda_H$ — половинное расстояние между центрами тяжести коротко- и длинноволнового σ -компонентов зеемановского расщепления. Видно, что любые неточности в значениях g могут быть источником систематических ошибок в определении напряженности магнитного поля H .

В исследованиях магнитных полей активных областей Солнца к лабораторным значениям факторов Ланде впервые обратился А. Б. Северный [2], который и на основе собственных наблюдений магнитных полей солнечных пятен уточнил множитель зеемановского расщепления для линии поглощения Fe I $\lambda 4886,337 \text{ \AA}$. Согласно известным [19] лабораторным факторам Ланде комбинирующихся термов ранее нами [15] были рассчитаны множители Ланде g_L для некоторых линий поглощения Fe I, V I, Ti I и Sc I, где было найдено, что иногда они на $2 \div 3\%$ отличаются от теоретических значений g_T , и сделано заключение о необходимости брать за основу лабораторные значения g_L при определении разностей напряженностей магнитных полей $\Delta H = H_1(V \text{ I}) - H_2(\text{Fe I})$.

Затем мы вычислили лабораторные значения множителей магнитного расщепления g_L для многих линий поглощения, использованных нами в [16], и несколько других линий Ti I $\lambda 6064,626 \text{ \AA}$ и Fe I $\lambda 5247,058 \text{ \AA}$, по которым изучались магнитные поля в [9] и [12]. Для этого, как и в [15], мы принимали известные лабораторные факторы Ланде комбинирующихся термов g_L , которые собраны в [19]. К сожалению, для многих термов нет лабораторных определений их магнитного расщепления. Поэтому мы не смогли рассчитать лабораторные факторы Ланде g_L для всех линий, которые в настоящее время представляют определенный интерес. Отметим, что в нескольких случаях, когда лабораторное значение g_L имелось только для нижнего или верхнего терма перехода, при расчете g_L линии поглощения для отсутствующего фактора g_L мы принимали его теоретическое значение.

Таким образом, нами были вычислены лабораторные факторы Ланде g_L для 57 спектральных линий различных элементов. Были рассчитаны также величины $g_L \lambda_0^2$, которые могут быть полезными при определении напряженности магнитного поля H по формуле (2).

К настоящему времени имеются несколько опубликованных списков спектральных линий, где приведены теоретические значения факторов Ланде g_T [20—23]. Однако известна только одна статья [24], вышедшая недавно, где для 18 фраунгоферовых линий рассчитаны эффективные факторы Ланде g_L по лабораторным значениям зеемановского расщепления g_L отдельных термов.

Таблица I

Теоретические и лабораторные значения факторов Ланде, их относительные различия

Элемент	Линия, λ_0 , Å	Переход	Для нижнего уровня			Для верхнего уровня			Для линии				
			g_T	g_L	$\Delta g / g_T, \%$	g_T	g_L	$\Delta g / g_T, \%$	$\bar{g}_T$	$\bar{g}_L$	$\Delta \bar{g} / \bar{g}_T, \%$	$\bar{g}_T \lambda_0^2 \cdot 10^{10}, \text{см}^2$	$\bar{g}_L \lambda_0^2 \cdot 10^{10}, \text{см}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fe I	6750,164	$a^3P_1 - z^3P^0_0$	1,500	1,500	0,0	1,500	1,496	0,3	1,500	1,498	-0,1	68,35	68,26
	6733,1153	$y^5P^0_2 - g^5D_0$	2,500	2,502	0,1	0/0	—	—	2,500	2,502	0,1	113,34	113,43
	6705,105	$y^5P^0_2 - e^5P_2$	1,833	1,836	0,2	1,833	—	—	1,833	1,835	0,2	82,42	82,50
	6663,448	$a^3P_1 - z^3P^0_0$	1,500	1,500	0,0	0/0	—	—	1,500	1,500	0,0	66,60	66,60
	6633,758	$y^5P^0_3 - e^5P_3$	1,667	1,661	-0,4	1,667	1,664	-0,2	1,667	1,663	-0,2	73,34	73,18
	6608,044	$a^3P_2 - y^5D^0_3$	1,500	1,506	0,4	1,500	1,492	-0,5	1,500	1,478	-1,5	65,50	64,54
	6481,878	$a^3P_2 - y^5D^0_3$	1,500	1,506	0,4	1,500	1,495	-0,3	1,500	1,500	0,0	63,02	63,02
	6452,315	$a^4P_{3/2} - z^4D^0_{5/2}$	1,733	1,70	-1,9	1,600	1,59	-0,6	1,500	1,501	0,1	62,45	62,49
V I	6435,049	$a^2D_{5/2} - z^2D^0_{5/2}$	1,200	1,196	-0,3	1,200	1,203	0,3	1,200	1,200	0,0	49,69	49,69
Fe I	6421,360	$a^3P_2 - z^3P^0_2$	1,500	1,506	0,4	1,500	1,493	-0,5	1,500	1,499	-0,1	61,85	61,81
	6419,956	$y^3D^0_3 - f^3D^0_3$	1,333	1,324	-0,7	1,333	1,258	-5,6	1,333	1,291	-3,1	54,91	53,21
Ti I	6312,241	$b^3F_4 - y^3G^0_3$	1,250	1,26	0,8	1,050	1,05	0,0	1,150	1,158	0,7	45,82	46,14
Sc I	6306,047	$a^2D_{5/2} - z^4D^0_{5/2}$	1,200	1,20	0,0	1,200	—	—	1,200	1,200	0,0	47,72	47,72
Fe I	6302,499	$z^5P^0_1 - e^5D^0_0$	2,500	2,487	-0,5	0/0	—	—	2,500	2,485	-0,5	99,30	98,79
	6296,495	$a^6D_{3/2} - z^6D^0_{5/2}$	1,555	1,520	-2,3	1,587	1,56	-1,7	1,500	1,463	-2,5	59,47	58,00
V I	6292,816	$a^6D_{7/2} - z^6D^0_{5/2}$	1,587	1,53	-3,6	1,657	1,58	-4,6	1,500	1,468	-2,1	59,40	58,13
	6285,165	$a^6D_{5/2} - z^6D^0_{5/2}$	1,657	1,61	-2,8	1,866	1,76	-5,7	1,500	1,497	-0,2	59,26	59,14
	6258,573	$a^6D_{1/2} - z^6D^0_0$	3,333	3,29	-1,3	3,333	3,20	-4,0	3,333	3,245	-2,3	130,57	127,11
	6256,887	$a^6D_{5/2} - z^6D^0_{5/2}$	1,657	1,61	-2,8	1,657	1,58	-4,6	1,657	1,595	-3,7	64,87	62,44
	6251,825	$a^6D_{7/2} - z^6D^0_{7/2}$	1,587	1,53	-3,6	1,587	1,56	-1,7	1,587	1,545	-1,6	62,03	60,39
	6173,341	$a^5P_1 - y^5D^0_0$	2,500	2,499	-0,04	0/0	—	—	2,500	2,499	-0,04	95,27	95,24
	6157,733	$c^3F_4 - w^3F^0_4$	1,250	1,264	1,1	1,250	1,181	-5,5	1,250	1,223	-2,2	47,40	46,37
	6143,183	$a^3F_3 - z^3F^0_3$	1,085	1,06	-2,3	1,085	1,08	-0,5	1,085	1,070	-1,4	40,95	40,38
Fe I	6137,002	$a^5F_2 - y^5D^0_3$	1,833	1,820	-0,7	1,500	1,492	-0,5	2,000	1,984	-0,8	75,33	74,72
Zr I	6127,475	$a^3F_4 - z^3F^0_4$	1,250	1,24	-0,8	1,250	1,23	-1,6	1,250	1,235	-1,2	46,93	46,37
Ti I	6064,626	$a^3P_0 - z^3S^0_1$	0/0	—	—	2,000	1,99	-0,5	2,000	1,99	-0,5	73,56	73,19
Fe I	6003,022	$z^3F^0_4 - e^3F_4$	1,250	1,250	0,0	1,250	1,288	3,0	1,250	1,269	1,5	45,04	45,73
Ca I	5588,764	$3^3D_3 - 3d4pD^0_3$	1,333	1,329	-0,3	1,333	—	—	1,333	1,331	-0,2	41,65	41,57
Fe I	5563,608	$y^5D^0_2 - g^5D_3$	1,500	1,495	-0,3	1,500	1,492	-0,5	1,500	1,489	-0,7	46,43	46,09
	5543,944	$y^5D^0_2 - g^5D_2$	1,500	1,492	-0,5	1,500	1,57	4,7	1,500	1,609	7,3	46,10	49,45
	5522,454	$z^3P^0_2 - g^5D_2$	1,500	1,493	-0,5	1,500	1,57	4,7	1,500	1,531	2,1	45,75	46,69

Т а б л и ц а 1 (окончание)

Элемент	Линия, λ_0 , Å	Переход	Для нижнего уровня			Для верхнего уровня			Для линии				
			g_T	g_L	$\Delta g / g_T, \%$	g_T	g_L	$\Delta g / g_T, \%$	$\bar{g}_T$	$\bar{g}_L$	$\Delta \bar{g} / \bar{g}_T, \%$	$\bar{g}_T \lambda_0^2 \cdot 10^{10}, \text{см}^2$	$\bar{g}_L \lambda_0^2 \cdot 10^{10}, \text{см}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Fe 1	5476,576	$y^5D_0^0 - g^5D_4$	1,500	1,496	-0,3	1,500	1,487	-0,9	1,500	1,492	-0,5	44,99	44,75
	5473,910	$y^5D_0^0 - g^5D_3$	1,500	1,492	-0,5	1,500	1,492	-0,5	1,500	1,492	-0,5	44,95	44,71
	5393,176	$z^5D_0^0 - e^5D_4$	1,500	1,500	0,0	1,500	1,502	0,1	1,500	1,505	0,3	43,63	43,77
	5339,937	$z^5D_0^0 - e^5D_3$	1,500	1,503	0,2	1,500	1,508	0,5	1,500	1,513	0,9	42,77	43,14
Cr 1	5329,794	$z^7P_0^0 - e^7D_3$	1,750	1,752	0,1	1,750	—	—	1,750	1,755	0,3	49,71	49,85
Fe 1	5324,191	$z^5D_4^0 - e^5D_4$	1,500	1,502	0,1	1,500	1,502	0,1	1,500	1,502	0,1	42,52	42,58
	5302,307	$z^5D_4^0 - e^5D_2$	1,500	1,495	-0,3	1,500	1,503	0,2	1,500	1,507	0,5	42,17	42,37
	5283,629	$z^5D_3^0 - e^5D_3$	1,500	1,500	0,0	1,500	1,508	0,5	1,500	1,504	0,3	41,88	41,99
	5273,170	$z^5D_0^0 - e^5D_1$	0/0	—	—	1,500	1,518	1,2	1,500	1,518	1,2	41,71	42,21
	5263,314	$z^5D_3^0 - e^5D_2$	1,500	1,503	0,2	1,500	1,503	0,2	1,500	1,503	0,2	41,55	41,64
	5253,468	$z^5D_1^0 - e^5D_1$	1,500	1,495	-0,3	1,500	1,518	1,2	1,500	1,506	0,4	41,40	41,56
	5250,216	$a^5D_0 - z^7D_0^0$	0/0	—	—	3,000	2,999	-0,03	3,000	2,999	-0,03	82,69	82,67
	5247,574	$a^5D_0 - z^5P_0^0$	0/0	0,000	0,0	2,500	2,512	0,5	2,500	2,512	0,5	68,84	69,17
Cr 1	5247,058	$a^5D_2 - z^7D_3$	1,500	1,494	-0,4	1,750	1,746	-0,2	2,000	1,998	-0,1	55,06	55,01
Fe 1	5229,860	$z^5D_0^0 - e^5D_0$	1,500	1,495	-0,3	0/0	—	—	1,500	1,495	-0,3	41,03	40,89
	5217,396	$z^5D_4^0 - e^5D_3$	1,500	1,502	0,1	1,500	1,508	0,5	1,500	1,493	-0,5	40,83	40,64
	5215,188	$z^5D_2^0 - e^5D_2$	1,500	1,503	0,2	1,500	1,518	1,2	1,500	1,496	-0,3	40,80	40,69
	5145,102	$a^5P_2 - y^5P_2^0$	1,833	1,820	-0,7	1,833	1,836	0,2	1,833	1,828	-0,3	48,53	48,39
Cr 1	5131,476	$a^5P_1 - y^5P_0^0$	2,500	2,499	-0,04	2,500	2,502	0,1	2,500	2,500	0,0	65,83	65,83
	5051,905	$a^5S_2 - z^7D_2^0$	2,000	2,006	0,3	2,000	1,99	-0,5	2,000	1,998	-0,1	51,04	50,99
	4886,337	$y^5D_0^0 - h^5D_2$	1,500	1,492	-0,5	1,500	—	—	1,500	1,448	-3,5	35,81	34,57
	4704,954	$z^5P_1^0 - f^5D_0^0$	2,500	2,487	-0,5	0/0	—	—	2,500	2,487	-0,5	55,34	55,05
Ti 1	4645,193	$a^5P_1 - w^5D_0^0$	2,500	2,50	0,0	0/0	—	—	2,500	2,500	0,00	53,94	53,94
Fe 1	4485,683	$z^5P_0^0 - e^5P_1$	2,500	2,487	-0,5	2,500	2,432	-2,7	2,500	2,460	-1,6	50,30	49,50
	4438,349	$z^5P_1^0 - g^5D_0^0$	2,500	2,487	-0,5	0/0	—	—	2,500	2,487	-0,5	49,25	48,99
	4430,622	$a^5P_1 - x^5D_0^0$	2,500	2,499	-0,04	0/0	—	—	2,500	2,499	-0,04	49,08	49,06

В табл. 1 мы приводим следующие данные для 57 спектральных линий, удобных для измерения магнитных полей солнечных пятен:

1) теоретические и лабораторные значения факторов Ланде комбинирующихся термов g_{τ} и $g_{\bar{g}_\tau$, их относительные различия $\Delta g/g_{\tau} = (g_{\bar{g}_\tau - g_{\tau}})/g_{\tau}$ отдельно для нижних и верхних уровней переходов;

2) множители магнитного расщепления для каждой линии поглощения, рассчитанные по теоретическим и лабораторным значениям факторов Ланде комбинирующихся термов $\bar{g}_{\tau}$ и $\bar{g}_{\bar{g}_\tau}$ соответственно, их относительные различия $\Delta g/\bar{g}_{\tau} = (g_{\bar{g}_\tau - \bar{g}_{\tau}})/\bar{g}_{\tau}$;

3) величины $\bar{g}_{\tau}\lambda_0^2$ и $\bar{g}_{\bar{g}_\tau}\lambda_0^2$, характеризующие магнитное расщепление каждой линии поглощения.

Сравнение теоретических и лабораторных значений факторов Ланде спектральных линий, перечисленных в табл. 1, показывает, что их различие составляет: в 38 случаях $|\Delta \bar{g}/\bar{g}_{\tau}| \leq 0,5\%$, в четырех случаях $0,7 \leq |\Delta \bar{g}/\bar{g}_{\tau}| \leq 0,9\%$, в 14 случаях $1\% \leq |\Delta \bar{g}/\bar{g}_{\tau}| \leq 4\%$ и только в одном случае $\Delta \bar{g}/\bar{g}_{\tau} = 7,3\%$. Это говорит о том, что лабораторные и теоретические факторы Ланде $g_{\bar{g}_\tau}$ и g_{τ} изученных здесь линий поглощения в основном хорошо согласуются между собой. Однако в некоторых случаях встречаются существенные (от 1 до 7%) их различия. В списке, приведенном в [24], имеются линии поглощения с гораздо большими отличиями $\bar{g}_{\bar{g}_\tau}$ и $\bar{g}_{\tau}$. Например, для линии Fe I $\lambda 4945,639 \text{ \AA}$ теоретический фактор Ланде по $L - S$ -связи $\bar{g}_{\tau} = 0,333$. Однако эффективный множитель зеемановского расщепления этой линии, рассчитанный по лабораторным значениям факторов Ланде комбинирующихся термов, дает $\bar{g}_{\bar{g}_\tau} = 0,791$. В этом случае $(\bar{g}_{\bar{g}_\tau - \bar{g}_{\tau}})/\bar{g}_{\tau} = 137\%$ или $\bar{g}_{\bar{g}_\tau}/\bar{g}_{\tau} = 2,37$ (различие более чем в 2 раза). Для другой линии Fe I $\lambda 4596,411 \text{ \AA}$ имеет место, на наш взгляд, еще более интересный случай. Дело в том, что, с одной стороны, по теории $L - S$ -связи эта линия поглощения является немагнитной, т. е. для нее $\bar{g}_{\tau} = 0$. С другой стороны, эффективный фактор Ланде линии, рассчитанный по лабораторным значениям $g_{\bar{g}_\tau}$ магнитного расщепления комбинирующихся термов, дает $g_{\bar{g}_\tau} = 0,753$. Другими словами, линия Fe I $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$, которая по теории $L - S$ -связи должна быть немагнитной, согласно лабораторному значению факторов Ланде становится магниточувствительной линией.

Хотя значения факторов Ланде для отдельных термов, приведенные в [19], определены с вполне достаточной точностью (0,001), было очень интересно выяснить, насколько оправдаются эти данные, которые получены во внешних магнитных полях с напряженностью $H \approx (5 \div 9) \cdot 10^4 \text{ Гс}$, в условиях солнечных магнитных полей, где $H \leq 5 \cdot 10^3 \text{ Гс}$. С этой целью мы по девяти эшелным поляризационным спектрограммам пяти солнечных пятен, снятым на БСТ Крымской астрофизической обсерватории, измерили магнитное расщепление $\Delta \lambda_H$ указанных выше двух линий поглощения (Fe I $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$ и $\lambda 4945,6 \text{ \AA}$) и определили напряженности магнитного поля H . В табл. 2 мы приводим результаты измерений H по линиям Fe I $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$ и $\lambda 4945,6 \text{ \AA}$, а также среднюю напряженность поля $\bar{H}$ в тех же пятнах ($\bar{H}$ вычислена по измерениям зеемановского расщепления четырех линий поглощения Fe I, которые в спектре солнечных пятен имеют примерно такую же роуландовскую интенсивность, как первые две исследуемые линии). Во-первых, нужно отметить, что спектральная линия

Таблица 2
Измерения напряженности магнитного поля

Дата, 1961 г.	Пятно	H , Гс (по 4 линиям Fe I)	$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$	$\lambda 4945,6 \text{ \AA}$		Дата, 1961 г.	Пятно	H , Гс (по 4 линиям Fe I)	$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$	$\lambda 4945,6 \text{ \AA}$	
				$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс	$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс					$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс	$H(\bar{g}_{\bar{g}_\tau})$, Гс
2.09	Гр.251,а	2540	2500	2580	6130	7.09	Гр.251,а	2300	2350	2400	5700
		1970	2070	2100	4990			2350	2450	2300	5460
		1750	1900	1880	4470			2650	2700	2740	6510
5.09	Гр.251,а	2700	2800	6650	2800	18.10	Гр.286	2700	2740	2800	6650
		2750	2700	2850	6770						

Fe I $\lambda 4596,4 \text{ \AA}$, которая по теории $L-S$ -связи *немагнитная*, в спектре солнечных пятен *оказалась расщепленной на зеемановские компоненты*. Во-вторых, как видно из табл. 2, напряженности магнитных полей пятен H , найденные по расщеплению этой линии по $\bar{g}_L = 0,753$, хорошо согласуются со средними напряженностями полей тех же пятен $\bar{H}$, определенными по четырем другим линиям Fe I. Для линии поглощения Fe I $\lambda 4945,6 \text{ \AA}$ напряженности магнитных полей, найденные согласно лабораторному значению фактора Ланде $\bar{g}_L = 0,791$, также находятся в хорошем согласии с $\bar{H}$. Однако если принять теоретические значения фактора зеемановского расщепления линии $\lambda 4945,6 \text{ \AA}$ ($\bar{g}_T = 0,333$), тогда величины напряженностей магнитных полей пятен, найденные по ней, во-первых, оказываются в несколько раз больше, чем средние значения напряженностей $\bar{H}$ изучаемых пятен, во-вторых, они заведомо превосходят максимальные напряженности полей даже самых больших солнечных пятен. Все сказанное указывает на справедливость лабораторных значений $\bar{g}_L$ для спектральных линий и в условиях магнитных полей пятен.

В заключение можно отметить следующее.

1. Величины факторов Ланде спектральных линий, рассчитанные согласно лабораторным значениям множителей магнитного расщепления комбинирующихся термов $\bar{g}_L$ и по теории $L-S$ -связи $\bar{g}_T$, в основном хорошо согласуются. Однако имеют место случаи, когда факторы $\bar{g}_L$ и $\bar{g}_T$ существенно различаются.

2. Лабораторные значения факторов Ланде $\bar{g}_L$ фраунгоферовых линий более надежны, и их использование позволит избежать возможных значительных систематических ошибок при определении и сравнении напряженностей магнитных полей по разным спектральным линиям, когда хотя бы для одного из комбинирующихся термов наблюдаемых линий заметно нарушается $L-S$ -связь.

Автор искренне благодарит А. Б. Северного за ценные замечания и советы.

Декабрь 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. *Severny A. B., Bumba V.* On the penetration of solar magnetic fields into the chromosphere.— *Observatory*, 1958, vol. 78, N 902, p. 33.
2. *Северный А. Б.* Исследование магнитных полей, связанных со вспышками на Солнце.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1960, т. 22, с. 12.
3. *Obridko V. N.* On the two-component structure of the sunspot magnetic field.— *Bull. Astron. Inst. Czechosl.*, 1968, vol. 19, N 4, p. 183.
4. *Гусейнов М. Дж.* Определение напряженности магнитного поля по различным линиям поглощения.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1968, т. 39, с. 253.
5. *Adam M. G.* Magnetic field observations for the sunspot C. M. P. 1966, September 19.— *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 1969, vol. 145, N 1, p. 1.
6. *Зверева А. М., Северный А. Б.* Магнитные поля и протонные вспышки 7 июля и 2 сентября 1966 года.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1970, т. 41—42, с. 97.
7. *Котов В. А.* Магнитное поле и электрические токи униполярного солнечного пятна.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1970, т. 41—42, с. 67.
8. *Гусейнов М. Дж.* Вертикальное распределение напряженности магнитного поля в ядре солнечного пятна.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1970, т. 41—42, с. 89.
9. *Zwaan C.,uurman J.* Magnetic field strengths derived from various lines in the umbral spectrum.— *In: Solar magnetic fields/Ed. R. Howard. Dordrecht-Holland: D. Reidel Publ. Co. IAU Sympos.* N 43, 1971, p. 220.
10. *Гопасюк С. И., Цап Т. Т.* Крупномасштабное поле скоростей, магнитные поля и яркости в атмосфере Солнца.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1972, т. 45, с. 3.
11. *Коваль А. Н., Степанян Н. Н.* Изменение магнитных полей пятен на двух уровнях в связи с развитием активных областей.— *Солнечные данные*, 1972, № 1, с. 83.
12. *Stenflo J. O.* Magnetic field structure of the photospheric network.— *Solar Phys.*, 1973, vol. 32, N 1, p. 41.
13. *Гусейнов М. Дж.* О неоднородности магнитного поля в тени солнечных пятен.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1974, № 49, с. 15.
14. *Гусейнов М. Дж.* Изучение магнитных полей в тени солнечных пятен по фраунгоферовым линиям с различной чувствительностью к температуре.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1974, т. 50, с. 168.
15. *Гусейнов М. Дж.* О различии абсолютных значений напряженности магнитного поля в тени солнечных пятен, определяемых по спектральным линиям нейтрального ванадия и железа.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1975, т. 53, с. 66.
16. *Гусейнов М. Дж.* О величине вертикального градиента напряженности магнитного поля в тени пятен.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1978, т. 58, с. 31.
17. *Коваль А. Н., Степанян Н. Н.* Изменение магнитных полей солнечных пятен в связи со вспышками.— *Изв. Крым. астрофиз. obs.*, 1983, т. 68, с. 3.

18. *Гопасюк С. И., Северный А. Б.* Некоторые общие особенности солнечных и звездных магнитных полей. — Письма в Астрон. журн., 1983, т. 9, № 2, с. 120.
19. *Moore C. E.* Atomic energy levels, 1949, vol. 1; 1952, vol. 2, National Bureau of Standards. Wash.
20. *von Klüber H.* Über den Nachweis und die Messung lokaler Magnetfelder auf der Sonnenoberfläche.— Ztschr. Astrophys., 1947, Bd. 24, H. 1/2, S. 121.
21. *Hervey Z. W.* Fraunhofer lines with large Zeeman splitting.— Solar Phys., 1973, vol. 28, N 1, p. 9.
22. *Beckers J. M.* A table of Zeeman multiplets.— Phys. sci. res. pap., N 371. Sacramento Peak Observatory, preprint N 141, 1969.
23. *Stenflo J. O., Lindegren L.* Statistical analysis of solar Fe I lines: magnetic line broadening.— Astron. and Astrophys., 1977, vol. 59, N 3, p. 367.
24. *Landi Degl'Innocenti E.* On the effective Lande'factor of magnetic lines.— Solar Phys., 1982, vol. 77, N 1—2, p. 285.