

УДК 523.9—36

Силы осцилляторов линий редкоземельных элементов

Н. В. Карпов, Р. И. Костык

По данным наблюдений эквивалентных ширины и центральных глубины линий поглощения в спектре Солнца определены силы осцилляторов 76 линий восьми редкоземельных элементов.

OSCILLATOR STRENGTHS OF THE RARE EARTHS, by Karpov N. V., Kostyk R. I.— Oscillator strengths for 76 lines of eight rare earths are determined from observed equivalent widths and central depths of the solar Fraunhofer lines.

Линии редкоземельных элементов (РЗЭ), довольно многочисленные в спектре Солнца и звезд, представляют собой ценный диагностический инструмент при изучении температурной структуры атмосферы, а надежное значение содержания РЗЭ играет важную роль в выяснении эволюционных особенностей Солнца и звезд. Однако решение этих задач тормозится крайне низкой точностью имеющихся в литературе значений сил осцилляторов (исключение составляют лишь 20—30 линий), а для многих линий, представляющих астрофизический интерес, они вовсе неизвестны.

В ГАО АН УССР накоплен большой опыт определения значений сил осцилляторов по данным наблюдений спектра Солнца; в частности, построены системы сил осцилляторов около 1500 линий элементов группы железа [2], внутренняя средняя квадратичная ошибка которых составляет примерно 0.07 dex.

Таблица 1. Содержания РЗЭ в атмосфере Солнца по данным разных авторов

Элемент	lg A					Принятые значения
	[4]	[5—7]	[13, 15]	[1]	[11]	
La	1.13	—	—	—	1.1	1.1
Ce	1.55	—	—	—	1.6	1.6
Pr	0.99	0.70	0.66	0.78	0.8	0.8
Nd	1.23	1.84	—	1.46	1.2	1.4
Sm	0.72	—	0.80	1.00	0.7	0.9
Eu	—	0.51	—	0.56	0.7	0.5
Gd	—	—	—	1.20	1.1	1.2
Dy	—	—	—	1.10	1.1	1.1

В данной работе приведены значения gf для 76 линий восьми РЗЭ. Методика вычислений подробно изложена в работе [10]. Эквивалентные ширины и центральные глубины линий РЗЭ измерены по Льежскому атласу солнечного спектра [9] (версия на магнитной ленте) по отношению к локальному континууму. В расчетах использованы фото-сферная модель Холвегера — Мюллер [12], параметры поля скоростей $v_{\text{микро}} = 0.9$ км/с, $v_{\text{макро}} = 1.75$ км/с, постоянная затухания $\gamma = 1.5$ γ_6 . Принятые нами содержания РЗЭ в атмосфере Солнца (табл. 1, последняя графа) — средние значения (с учетом погрешностей) по результатам работ последних десяти лет [1, 4—7, 13, 15] (табл. 1, вторая — пятая графы), в которых не применялись силы осцилляторов Корлисса и Бозмана [3], содержащие, как известно, значительные погрешности. В шестой графе табл. 1 приведены значения $lg A$, рекомендованные в [11] на основе анализа работ, опубликованных до 1977 г.

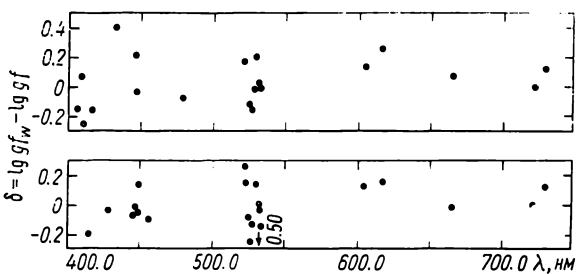
Таблица 2. Силы осцилляторов избранных линий РЗЭ

λ , нм	Элемент	EPL	W_1 , пм	d	$\lg gf_W$	$\lg gf_d$
402.134	Nd II	0.32	1.21	.221	-0.22	-0.24
402.323	Sm II	0.04	0.18	.042	-1.10	-1.03
403.791	Gd II	0.56	0.31	.058	-0.45	-0.49
404.259	Ce II	0.50	1.06	.195	-0.04	-0.07
405.997	Nd II	0.20	0.63	.124	-0.68	-0.67
406.223	Ce II	1.37	0.39	.068	+0.27	+0.23
406.883	Ce II	0.70	0.42	.083	-0.31	-0.31
407.312	Dy II	0.54	0.65	.120	-0.37	-0.40
407.349	Ce II	0.48	1.37	.274	+0.07	+0.11
407.571	Ce II	0.70	0.95	.189	+0.08	+0.11
408.557	Cd II	0.73	0.52	.091	-0.07	-0.12
410.331	Dy II	0.10	1.10	.221	-0.52	-0.50
412.084	Ce II	0.32	1.04	.172	-0.23	-0.30
415.608	Nd II	0.18	1.97	.382	-0.09	-0.05
423.238	Nd II	0.06	1.05	.194	-0.58	-0.57
428.452	Nd II	0.63	0.51	.090	-0.40	-0.42
431.894	Sm II	0.28	1.01	.131	-0.09	-0.26
432.250	La II	0.17	1.40	.128	-0.55	-0.89
432.904	Sm II	0.18	0.81	.123	-0.27	-0.33
434.980	Ce II	0.70	0.53	.085	-0.23	-0.29
436.466	Ce II	0.50	1.13	.155	-0.04	-0.15
438.217	Ce II	0.68	0.71	.130	-0.11	-0.04
438.567	Nd II	0.20	1.21	.208	-0.38	-0.40
439.922	Ce II	0.33	0.55	.099	-0.53	-0.50
444.440	Ce II	0.92	0.25	.051	-0.39	-0.32
444.640	Nd II	0.20	0.92	.169	-0.53	-0.51
444.972	Dy II	0.00	0.42	.065	-1.13	-1.20
446.299	Nd II	0.56	1.04	.172	-0.13	-0.16
446.734	Sm II	0.66	1.15	.137	+0.25	+0.24
447.939	Ce II	0.56	1.90	.253	+0.29	+0.16
448.691	Ce II	0.30	1.20	.200	-0.22	-0.24
452.308	Ce II	0.52	1.16	.172	-0.03	-0.11
456.028	Ce II	0.91	1.08	.158	+0.30	+0.22
456.097	Ce II	0.68	0.56	.086	-0.25	-0.30
456.237	Ce II	0.48	1.94	.295	+0.23	+0.17
457.228	Ce II	0.68	1.37	.205	+0.20	+0.14
462.816	Ce II	0.52	1.56	.238	+0.13	+0.08
465.546	La II	1.95	0.16	.014	+0.05	-0.24
466.251	La II	0.00	0.60	.087	-1.17	-1.23
474.874	La II	0.93	0.39	.055	-0.49	-0.57
477.785	Sm II	0.04	0.12	.014	-1.38	-1.47
479.160	Sm II	0.10	0.26	.035	-0.94	-1.05
481.135	Nd II	0.06	0.69	.107	-0.85	-0.86
481.582	Sm II	0.18	0.32	.044	-0.78	-0.87
488.249	Ce II	1.35	0.20	.031	-0.12	-0.14
494.345	Ce II	1.21	0.17	.021	-0.32	-0.39
509.280	Nd II	0.38	0.37	.054	-0.85	-0.89
511.717	Ce II	1.40	0.16	.018	-0.23	-0.25
512.301	La II	0.32	0.58	.102	-0.92	-0.85
518.824	La II	2.45	0.12	.017	+0.34	+0.32
521.903	Pr II	0.79	0.24	.023	-0.10	-0.31
523.421	Nd II	0.55	0.45	.057	-0.61	-0.70
524.958	Nd II	0.98	0.66	.101	-0.02	-0.01
525.552	Nd II	0.20	0.46	.085	-0.94	-0.85
525.973	Pr II	0.63	0.28	.039	-0.18	-0.22
527.424	Ce II	1.04	0.79	.097	+0.21	+0.11
527.688	Nd II	0.86	0.18	.086	-0.80	-0.86
529.317	Nd II	0.82	0.94	.125	-0.01	-0.06
531.982	Nd II	0.55	0.83	.115	-0.33	-0.36
532.282	Pr II	0.48	0.23	.018	-0.42	-0.71
533.056	Ce II	0.87	0.25	.038	-0.49	-0.49
535.240	Pr II	0.48	0.11	.010	-0.68	-0.91
537.706	La II	2.30	0.30	.045	+0.61	+0.62
547.230	Ce II	1.25	0.13	.021	-0.44	-0.39
551.206	Ce II	1.01	0.69	.079	0.09	-0.02
573.389	Gd II	1.37	0.07	.007	-0.52	-0.66
584.238	Nd II	1.28	0.09	.010	-0.68	-0.78

λ , нм	Элемент	EPL	W^* , нм	d	$\lg gf_W$	$\lg gf_d$
597.582	Ce II	1.35	0.08	.010	-0.64	-0.65
604.340	Ce II	1.21	0.14	.014	-0.49	-0.60
604.951	Eu II	1.28	0.074	.0058	-0.67	-0.89
617.306	Eu II	1.32	0.064	.0057	-0.70	-0.87
632.042	La II	0.17	0.50	.038	-1.21	-1.45
639.049	La II	0.32	0.21	.022	-1.48	-1.55
664.513	Eu II	1.38	0.45	.037	0.18	0.02
721.755	Eu II	1.23	0.22	.017	-0.30	-0.46
730.117	Eu II	1.25	0.24	.021	-0.25	-0.35

Найденные значения сил осцилляторов приведены в шестой (по эквивалентной ширине) и седьмой (по центральной глубине) графах табл. 2.

Интересно сравнить средние квадратичные разности $\bar{\Delta} = \left(\sum_i \Delta_i^2 / n \right)^{1/2}$ величин $\Delta = \lg gf_W - \lg gf_d$ разных химических элементов. Для церия, неодима, гадолиния и диспрозия значения $\bar{\Delta}$ соответственно равны



Сравнение сил осцилляторов $\lg gf_W$, полученных в данной работе, с экспериментальными значениями $\lg gf$ других авторов

± 0.066 , ± 0.048 , ± 0.079 и ± 0.045 , что не выходит за пределы погрешности нашего метода. Отсюда следует, что рассматриваемые линии этих элементов довольно хорошо описываются моделью Холвегера—Мюллер и не подвержены существенному влиянию сверхтонкой структуры. Сравнительно большие значения $\bar{\Delta}$ для лантана (± 0.169), празеодима (± 0.214), самария (± 0.098) и европия (± 0.166) обусловлены, на наш взгляд, изотопической и сверхтонкой структурой, которую мы не учитывали. Однако, поскольку исследуемые линии этих элементов слабы ($W < 1.5$ нм), то изотопическая и сверхтонкая структура существенно влияет лишь на значения сил осцилляторов, определяемые по центральной глубине. Величины $\lg gf_W$ этой погрешностью практически не обременены.

На рисунке приведено сравнение результатов наших определений $\lg gf_W$ с экспериментальными значениями последних десяти лет — В. Н. Горшкова и В. А. Комаровского [1] (вверху) и по данным работ [4, 6—8, 13—15].

Авторы благодарят Р. Руттена (Утрехтский астрономический институт) за предоставление Льсжского атласа спектра Солнца на магнитной ленте.

1. Горшкова В. П., Комаровский В. А. Содержание лантаноидов в солнечной фотосфере // Астрон. журн.— 1986.— 63, вып. 3.— С. 563—566.
2. Гуртовенко Э. А., Костык Р. И., Орлова Т. В. Силы осцилляторов линий элементов группы железа // Кинематика и физика небес. тел.— 1985.— 1, № 4.— С. 3—8.

3. Корлисс Ч., Бозман У. Вероятности переходов и силы осцилляторов 70 элементов.— М.: Мир, 1968.—562 с.
4. Andersen T., Poulsen O., Ramanujam P. S., Petrov A. P. Lifetimes of some excited states in the rare earths // Solar Phys.—1975.—44, N 2.—P. 257—267.
5. Biemont E., Grevesse N. f-values and abundances of the elements in the Sun and stars // Phys. scr.—1977.—16.—P. 39—47.
6. Biemont E., Grevesse N., Hauge O. Solar abundance of praseodymium // Solar Phys.—1979.—61, N 4.—P. 17—22.
7. Biemont E., Karner C., Meyer G. et al. Absolute transition probabilities in the spectra of Eu II, III // Astron. and Astrophys.—1982.—107, N 1.—P. 166—171.
8. Biemont E., Roland G., Delbouille L. f-values for Tb II and a search for terbium in the solar photosphere // Solar Phys.—1981.—71, N 2.—P. 223—231.
9. Delbouille L., Neuen L., Roland C. Photometric atlas of the solar spectrum from λ 300 to λ 10000 Å.—Liege: Univ. press, 1973.
10. Gurtovenko E. A., Kostik R. I. On the establishment of internally consistent solar scales of oscillator strengths and abundances of chemical elements. I // Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.—1981.—46.—P. 239—248.
11. Hauge O., Engvold O. Complication of solar abundance data.—Blindern; Oslo, 1974.—23 p.—(Report / Intern Theor. Astrophys.; N 49).
12. Holweger H., Müller E. A. The photospheric barium spectrum: solar abundance and collision of Ba II lines by hydrogen // Solar Phys.—1974.—39, N 1.—P. 19—30.
13. Lage C. S., Whaling W. Transition probabilities in Pr II and the solar praseodymium abundance // J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer.—1976.—16, N 6.—P. 537—542.
14. Maier R., Whaling W. Transition probabilities in Nd II and the solar neodymium abundance // Ibid.—1977.—18, N 4.—P. 501—507.
15. Saffman L., Whaling W. Transition probabilities in Sm II and solar abundance of samarium // Ibid.—1979.—21, N 1.—P. 93—98.

Глав. астроном. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию
05.06.86

Новые книги

Колчинский И. Г., Иванов Г. А., Рыбка С. П., Харченко Н. В., Яценко А. И. **УРАВНЕНИЕ БЛЕСКА В ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ АСТРОМЕТРИИ**

Киев: Наук. думка, 1988 (II кв.).— 7 л.— 1 р. 10 к.

В монографии подводится итог проведенным в ГАО АН УССР многолетним исследованиям влияния блеска звезд на ошибки их положений и собственных движений в фотографической астрометрии. Рассмотрены источники основных ошибок и дана их классификация. Описаны структура фотографического изображения звезды и природа ошибки уравнения блеска. Перечислены основные способы определения и учета ошибки уравнения блеска в положениях звезд. Приведены результаты математического моделирования и обработки реальных снимков для определения ошибки уравнения блеска методом кратных экспозиций. Рассмотрены вопросы исключения ошибки уравнения блеска при реализации метода перекрывающихся пластинок и связь этой ошибки с комой на снимках широкоугольного астрографа.

Детально описаны способы учета ошибки уравнения блеска при фотографических определениях собственных движений звезд: с использованием инструментальных поправок за уравнение блеска; статистический; по звездам — членам рассеянных звездных скоплений; предложенный в ГАО АН УССР метод исключения ошибки уравнения блеска по данным одного лишь создаваемого каталога собственных движений звезд. Представлены результаты сравнения нового метода с уже имеющимися.

Монография содержит общую сводку работ, касающихся вопросов изучения ошибки уравнения блеска в фотографической астрометрии.

Для научных работников, занимающихся фотографической астрометрией и смежными областями.