

Summary

The shifts of 23 Fraunhofer lines caused by regular currents in the photosphere were determined. The shifts (shortward) decrease with an increase of the equivalent width and there is no correlation between shifts and lower excitation potentials.

УДК 523.77

Г. Л. Федорченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЙ СИЛ ОСЦИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ЛИНИЙ МУЛЬТИПЛЕТОВ

Для различных расчетов, связанных с профилями фраунгоферовых линий, а также при применении методов определения функций источника, разрабатываемых, в частности, в ГАО АН УССР, необходимо знание точных значений отношений сил осцилляторов $G = \frac{(gf)_1}{(gf)_2}$ пар линий одного и того же мультиплета. Опыт показывает, что имеющиеся в литературе значения этих величин не имеют нужной точности. В работе [1] уже отмечался указанный факт и кратко излагалась методика, позволяющая определить величину G при наличии точных наблюдений центр — край профилей линий. Остановимся подробнее на этой методике.

Известно, что, имея наблюдения центр — край профиля линии в абсолютных интенсивностях и представив для какой-либо точки профиля эту интенсивность в виде квадратного трехчлена $I = a + b \cos \theta + c \cos^2 \theta$ (θ — угловое расстояние от центра диска), можно сравнительно легко вычислить коэффициенты a , b и c и после этого получить общую функцию источника S (в какой-либо точке профиля линии) по формуле:

$$S = a + bt + \frac{c}{2} t^2.$$

Здесь t — общая оптическая глубина, связанная с оптической глубиной в непрерывном спектре τ_c и селективной оптической глубиной τ_λ соотношением $t = \tau_c + \tau_\lambda$; а S связана с функциями источника в непрерывном спектре S_c и в линии S_l соотношением $S = \frac{S_c + \eta S_l}{1 + \eta}$, в котором η — отношение коэффициентов селективного и непрерывного поглощения. Заметим сразу, что в случае ЛТР получаем $S = S_c = S_l$.

Пусть у нас уже вычислены отрезки $S_1(t)$ и $S_2(t)$ для двух линий в точках профилей, характеризующихся одним и тем же значением $\Delta\lambda$ (причем таким, что условия ЛТР соблюдаются), а также известна функция $S_c(\tau_c)$ для соответствующей длины волны. Если можно пре-небречь различием длин волн этих линий, то для какого-то фиксиру-ванного значения $S_1 = S_2 = S_c$ имеем $t_1 = \tau_c + \tau_\lambda$ и $t_2 = \tau_c + \tau_{\lambda_2}$, откуда следует, что $\frac{\tau_{\lambda_2}}{\tau_{\lambda_1}} = \frac{t_2 - \tau_c}{t_1 - \tau_c}$. Так как отношение коэффициентов селек-тивного поглощения для линий мультиплета при одинаковом $\Delta\lambda$ и не-

большом отличии длин волн равно $\frac{(gf)_1}{(gf)_2} = G$, мы получаем простую формулу для вычисления искомой величины

$$G = \frac{t_1 - \tau_c}{t_2 - \tau_c}.$$

Таким образом, задавая для каждого значения $\Delta\lambda$ разные значения S , получим соответствующие им наборы величин t_1 , t_2 и τ_c , по которым и вычисляется величина G .

Таблица 1

λ	6151	6173	6213	6219	6265	6298	6335
1.500	0.122	0.124	0.127	0.127	0.129	0.132	0.135
1.600	0.153	0.155	0.160	0.160	0.162	0.166	0.170
1.700	0.186	0.188	0.194	0.194	0.198	0.202	0.205
1.800	0.221	0.223	0.229	0.229	0.235	0.238	0.244
1.900	0.258	0.260	0.266	0.266	0.273	0.277	0.283
2.000	0.298	0.300	0.305	0.305	0.313	0.318	0.326
2.100	0.338	0.341	0.347	0.347	0.356	0.362	0.370
2.200	0.378	0.381	0.389	0.389	0.399	0.407	0.416
2.300	0.420	0.424	0.431	0.431	0.444	0.452	0.464
2.400	0.465	0.470	0.480	0.480	0.491	0.502	0.513

В процессе вычислений выяснилось, что при применении описанного метода нельзя пренебрегать различием в длинах волн линий пары, если это различие больше 20 Å, поскольку τ_c неодинаковы для различных длин волн при одном и том же S (см. табл. 1, где приведена функция источника в непрерывном спектре для разных λ). Это значит, что t_1 и t_2 , полученные из условия $S_1=S_2$, относятся к разным геометрическим глубинам; кроме того, при $\lambda_1 \neq \lambda_2$ не выполняется строгое соотношение $\frac{\tau_{\lambda_1}}{\tau_{\lambda_2}} = \frac{(gf)_1}{(gf)_2}$, которое превращается в $\frac{\tau_{\lambda_1}}{\tau_{\lambda_2}} = \frac{(gf)_1}{(gf)_2} \times F(\lambda_1, \lambda_2)$, где $F(\lambda_1, \lambda_2)$ — функция, которую трудно определить. Для преодоления этой трудности мы пользовались следующим приемом, который можно назвать «переносом линии» (см. рисунок). Зададим определенное значение S . При известных $S_1(t)$ и $S_c(\tau_c)$ для линии λ_1 ему соответствуют определенные t_1 и τ_{c_1} ; линия λ_2 для того же S дает τ_{c_2} . Пусть $\tau_{c_2} < \tau_{c_1}$; из табл. 1 видим, что τ_{c_2} будет равно τ_{c_1} , если S_2 увеличить на некоторую величину ΔS , т. е. ввести поправку в S_2 и, следовательно, в t_2 . В результате получаем новое значение t_2' , которое соответствует оптической глубине τ_{c_1} и которое мы вносим в формулу для G . Эта формула приобретает вид:

$$G = \frac{t_1 - \tau_{c_1}}{t_2' - \tau_{c_1}}.$$

Описанный метод применен нами к мультиплету Fe I № 62, для которого мы располагали высокоточными наблюдениями центр—край профилей семи умеренных линий с длинами волн 6151, 6173, 6213, 6219, 6265, 6298, 6335 Å. Методика наблюдений и обработки

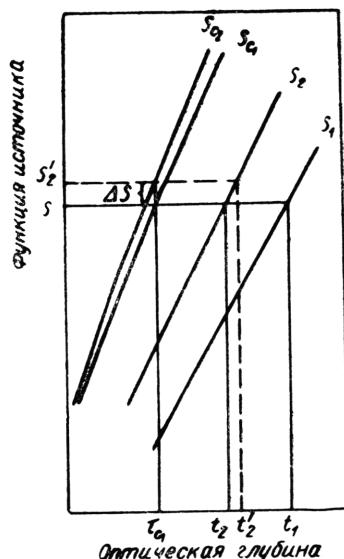


Схема внесения поправок в S_2 и t_2 при «переносе линии» (индексы 1 и 2 относятся к двум линиям мультиплета).

$\Delta\lambda, \text{\AA}$	$S, 10^{13} \frac{\text{эрз.}}{\text{см}^2 \cdot \text{стэр}^{-1} \cdot \text{сек}^{-1}}$	6335/6173	6219/6173	6265/6173	6213/6173	6293/6173
100	1.700 1.800 1.900 2.000	— — — —	1.38 1.41 — —	1.41 — — —	1.35 1.38 — —	1.10 1.10 — —
120	1.700 1.800 1.900 2.000 2.100	1.57 1.57 — — —	1.43 1.43 1.43 — —	1.51 1.51 1.52 — —	1.31 1.32 1.34 1.36 —	1.08 1.09 1.09 1.09 1.08
140	1.700 1.800 1.900 2.000 2.100 2.200 2.300	1.65 1.61 1.61 1.63 1.60 — —	1.57 1.54 1.56 1.57 1.57 — —	1.49 1.49 1.52 1.54 1.55 — —	1.33 1.33 1.35 1.37 1.38 1.38 —	1.09 1.09 1.09 1.10 1.09 1.08 1.08
160	1.800 1.900 2.000 2.100 2.200 2.300	1.73 1.75 1.75 1.72 1.74 1.74	1.69 1.73 1.77 1.79 1.77 1.82	1.48 1.51 1.55 1.57 1.59 1.63	1.39 1.43 1.47 1.48 1.52 1.56	1.14 1.17 1.19 1.19 1.20 1.24
G среднее		1.67	1.59	1.52	1.39	1.12
ϵ		0.02	0.04	0.01	0.02	0.01

а также таблицы интенсивностей этих линий приведены в монографии [2].

Значения функций источника как в непрерывном спектре, так и в линиях вычислялись способом, описанным выше. Во избежание систематических ошибок S_c вычислялась не из модели, а непосредственно по данным о потемнении к краю в непрерывном спектре и абсолютным интенсивностям в центре диска. Было принято, что условие ЛТР соблюдается уверенно для $\tau_c > 0.2$; использовались сечения профилей с шириной 100, 120, 140 и 160 Å, при этом значения τ_c изменялись в пределах 0.2—0.5. Для каждого значения $\Delta\lambda$ были получены соответствующие участки кривых $S(t)$ и $S_c(\tau_c)$, которые и подвергались обработке.

Основным источником ошибок в предлагаемом методе являются ошибки наблюдений, которые приводят к неуверенным значениям коэффициентов a , b и c , что влияет на точность кривых $S(t)$ и может вызвать систематический ход значений G в зависимости от S для данного значения $\Delta\lambda$. Влияние этой ошибки может быть устранено увеличением количества сечений профилей линий.

Результаты вычислений приведены в табл. 2. Выбранная группировка пар вызвана тем, что для линий 6151 и 6173 Å значения $S(t)$ определялись наиболее уверенно. Наименее уверенными были наблюдения линии 6219 Å, что и сказалось на результатах. Табл. 2 позволяет вычислить G для любой пары названных линий.

О точности значений G можно судить по средним квадратичным ошибкам, которые приведены в нижней части табл. 2; они, как правило, не превышают 0.03. Кроме того, наряду с G , непосредственно вычисленными из пары 6173/6151, нами определены те же отношения из пар 6335/6173—6335/6151 и т. д. Их средние значения приведены в последнем столбце табл. 2 и также свидетельствуют о хорошей внутренней сходимости значений G , полученных этим методом.

Таблица 2

6335/6151	6219/6151	6265/6151	6213/6151	6298/6151	6173/6151	6173/6151
—	1.99	2.14	2.12	1.57	1.44	1.49
—	2.00	2.13	2.13	1.56	1.42	1.46
—	—	—	—	1.57	1.40	—
—	—	—	—	—	1.42	—
2.47	2.14	2.26	1.96	1.63	1.49	1.50
2.44	2.13	2.25	1.98	1.64	1.49	1.50
—	2.13	2.26	2.00	1.62	1.49	1.49
—	—	—	2.02	1.63	1.48	1.49
—	—	—	—	1.61	1.48	1.49
2.53	2.40	2.32	2.04	1.64	1.56	1.53
2.46	2.36	2.27	2.03	1.66	1.53	1.53
2.48	2.35	2.32	2.00	1.65	1.53	1.51
2.49	2.39	2.36	2.10	1.70	1.53	1.53
2.49	2.41	2.39	2.13	1.68	1.54	1.54
—	—	—	2.01	1.69	1.56	1.50
—	—	—	—	1.68	1.57	1.55
2.76	2.69	2.37	2.21	1.80	1.62	1.59
2.67	2.67	2.30	2.20	1.79	1.54	1.53
2.61	2.64	2.34	2.21	1.77	1.52	1.50
2.55	2.64	2.33	2.22	1.77	1.50	1.49
2.47	2.64	2.30	2.20	1.73	1.47	1.45
2.48	2.71	2.37	2.22	1.79	1.44	1.45
2.53	2.39	2.29	2.10	1.68	1.50	1.50
0.03	0.06	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01

ЛИТЕРАТУРА

- Гуртовенко Э. А., Троян В. И., Федорченко Г. Л. Эмпирический анализ отклонения от локального термодинамического равновесия в умеренных фраунгоферовых линиях. — Астрометрия и астрофизика, 1974, вып. 23, 69.
- Гуртовенко Э. А., Костык Р. И., Орлова Т. В., Троян В. И., Федорченко Г. Л. Профили избранных фраунгоферовых линий для разных положений центр — край на диске Солнца. «Наукова думка», Киев, 1975.

Главная астрономическая
обсерватория АН УССР

Поступила в редакцию
в июне 1975 г.

G. L. FEDORCHENKO

DETERMINATION OF OSCILLATOR STRENGTH RATIOS
FOR MULTIPLET LINES

Summary

The method is proposed to calculate the oscillator strength ratios for multiplet pairs. The method is based on the exact centre-to-limb observations of the Fraunhofer line profiles.