

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Гравитационное смещение спектральных линий на Солнце. (Charles E. St. John. Evidence for the gravitational displacement of lines in the solar spectrum predicted by Einstein's theory. The Astrophysical Journal 67, 195, 1928). Основное следствие общей теории относительности — необходимость смещения спектральных линий в красную сторону спектра в сильных гравитационных полях, получило, как известно, решающее экспериментальное подтверждение в спектре замечательного Спутника Сириуса. С тех пор вопрос о „красном смещении“ на Солнце, дебатированный уже свыше 20 лет, получил для физика естественно второстепенное значение. Однако для астрофизика независимое доказательство наличия красного смещения на Солнце остается кардинальным вопросом, имеющим большой практический интерес.

Еще в 1923—1926 г. известный исследователь красного смещения на Солнце, Сэнт Джон¹⁾ опубликовал тщательный анализ большой группы фраунгоферовых линий, в результате коего он пришел к выводу о существовании гравитационного смещения требуемой величины. Эффект осложняется, однако, по С.т. Джону радиальными восходящими и нисходящими газовыми потоками в атмосфере Солнца.

В новом обширном сообщении С.т. Джон анализирует 1537 линий в центре Солнца и 133 линии на его краях. В анализ включены все наиболее достоверные линии, которые можно тщательно сравнить с земными источниками в вакууме.

Еще недавно на Солнце можно было подозревать серьезного конкурента гравитационному смещению, именно давление, ибо изучаемым слоям солнечной атмосферы приписывали давление в 5—7 атм. Но непосредственные спектральные измерения и общепринятая теория ионизации Шаха и др. привели к выводу, что давление в солнечном обрабатываемом слое практически равно нулю.

Вторым фактором, который может маскировать или, наоборот, усиливать красное смещение, являются радиальные восходящие и нисходящие токи газа в солнечной атмосфере. В нижних слоях должны существовать восходящие токи конвекции, которые и обнаруживаются спектральными

¹⁾ Proceedings of the National Academy of Sciences 11, 382, 1925.

наблюдениями на Солнце и звездах. В верхних слоях, наоборот, имеются нисходящие токи, причина коих еще не ясна.

Таким образом должны существовать промежуточные слои, в которых те и другие токи практически компенсируются. Ясно, что именно эти слои и представляются наиболее благоприятной областью для количественной проверки гравитационного смещения. Во всяком случае для надлежащего анализа солнечных линий нужно знать уровни атмосферы, на которых они возникают. Ст. Джон приводит различные методы определения этих уровней: по вращению Солнца, по вихревым потокам около пятен, по различию спектров в центре Солнца и на краях, по данным, получаемым при солнечных затмениях. Эти методы приводят к согласным данным.

Вероятная ошибка определения положения отдельной спектральной линии в центре Солнца равна $\pm 0,0003 \text{ \AA}$, для группы линий эта ошибка понижается до $\pm 0,0003 \text{ \AA}$. Гравитационный эффект, который нужно измерить, во много раз больше этих ошибок, как можно видеть из таблицы 1.

ТАБЛИЦА 1.

λ	3 800 $\text{\AA}$	4 250	4 725	5 675	6 600
$\Delta\lambda$	+0,008 $\text{\AA}$	+0,009	+0,010	+0,012	+0,014

Итоги анализа 586 линий железа на центре Солнца приведены в таблице 2. В первом столбце указан спектральный класс, во втором — число

ТАБЛИЦА 2.

Класс	Число линий	Средняя λ	Набл. $\Delta\lambda$	δ	Уровень слоя в км
b, фиол.	34	3943 $\text{\AA}$	+11,0	+2,7	840
	33	3917	8,2	0,0	520
	42	3974	7,1	-1,3	490
	76	4026	6,8	-1,7	460
	95	4106	6,5	-2,2	420
	73	4219	6,3	-2,6	350
	42	4269	5,9	-3,1	низк.
	23	6295	10,7	-2,6	375
b, красн.	19	6311	9,7	-3,7	325
	15	3830	11,3	+3,2	1140
	31	4856	9,6	-0,7	515
a	14	4629	6,6	-3,2	400
	21	4865	9,4	-0,9	510
c5, d5	68	4728	7,2	-2,8	390

линий, взятых для получения среднего $\Delta\lambda$ в 4-м столбце, в 5-м столбце указана разница δ наблюдаемой величины и вычисленной по теории относительности. Смещения указаны в тысячных долях $\text{\AA}$. В последнем столбце приведена высота уровня солнечной атмосферы для соответствующих линий. Из таблицы ясно, что 1) во всех случаях положительное смещение порядка, требуемого теорией Эйнштейна, существует; 2) точное количественное согласие получается для средних слоев на высоте около 520 км, в нижележащих слоях смещение уменьшается вследствие доплеровского эффекта, сопровождающего восходящие токи газа, в верхних слоях эффект усилен благодаря содействию нисходящих токов.

Влияние нисходящих и восходящих радиальных токов практически должно мало влиять на наблюдения на краях Солнца. В таблице 3 дана сводка измерений, относящихся именно к этому случаю для линий железа классов *a*, *b*. Следует заметить, что эффект, вызываемый вращением Солнца при этом учтен, так как приведенные смещения являются средними из наблюдений для двух противоположных краев одной и той же гелиографической широты.

ТАБЛИЦА 3.

Число линий	Средн. λ	Набл. $\Delta\lambda$	δ	Уровень слоя в км
17	3849	+ 10,4	+ 2,2	840
27	4567	11,8	+ 2,4	520
48	4600	11,6	+ 2,0	440
41	4671	9,9	0,0	350

Данные наблюдений для краев Солнца менее точны, чем для центра. Из таблицы видно, что гравитационный эффект подтверждается, влияния нисходящих и восходящих токов здесь нет, но на верхних слоях существует некоторый добавочный эффект, достигающий приблизительно 20 %. Причина этого избыточного „эффекта на края“ (если он достоверен) пока не выяснена, на центре Солнца его нет. Остальной спектральный материал для линий других элементов дает такие же результаты.

Эта работа Ст. Джона разрешает в утвердительном смысле, надо надеяться, окончательно вопрос о гравитационном смещении на Солнце и дает астрофизикам важный материал о радиальных газовых потоках в атмосфере Солнца.

С. Вавилов.