

СИСТЕМА СТАНДАРТНЫХ ДЛИН ВОЛН ДЛЯ БЕЛЫХ СВЕРХГИГАНТОВ

В. М. Добричев, Е. Л. Ченцов, З. У. Шагошева*

Составлен список длин волн спектральных линий для определения лучевых скоростей по высокодисперсионным спектрограммам сверхгигантов В9—А3, включающий 153 значения длин волн в интервале 3372—6563 Å, из которых 93 значения в интервале 3820—4635 Å проверены и уточнены по спектрам А-звезд главной последовательности.

A list of spectral line wavelengths is made for determining the radial velocities from the high-dispersion spectrograms of supergiants В9—А3, including 153 values of wavelengths in the interval 3372—6563 Å, from which 93 values in the interval 3820—4635 Å are examined and specified according to the spectra of А-stars of the main sequence.]

Современная наземная спектроскопия звезд — белых сверхгигантов не может удовлетвориться малыми наборами длин волн [1, 2], предназначенными для определения лучевых скоростей. Изучение кинематики внутренних слоев атмосфер, выяснение механизмов формирования звездного ветра предполагают измерение дифференциальных сдвигов достаточно представительных групп линий, возникающих на различных глубинах. Их списки приходится расширять в основном за счет слабых линий, для которых вероятность блендирования повышена, а значения длин волн, измеренные достаточно точно с помощью источников низкого давления, нередко отсутствуют. При построении расширенной системы стандартных длин волн естественно использовать звезды-карлики с их более плотными, но и более спокойными, чем у сверхгигантов, атмосферами, отбирая линии, для которых штарковские и доплеровские сдвиги вместе с погрешностями измерения не превышают некоторого предела. Исходя из того, что дифференциальные сдвиги линий у белых сверхгигантов составляют обычно лишь несколько км/с [3], в качестве такого предела можно принять 10 мÅ. Что касается эффектов блендирования, то они должны быть либо пренебрежимо малыми, либо равновеликими у карликов и сверхгигантов. Контроль над этими эффектами облегчается, если линии в спектрах карликов достаточно узки, а объем производится с помощью осциллокопического компаратора.

В предлагаемом списке — 153 значения длин волн в интервале 3372—6563 Å, пригодных для работы со сверхгигантами В9—А3 при обратной дисперсии до 10 Å/мм; из них 93 в интервале 3820—4635 Å проконтролированы и уточнены по спектрам А-звезд главной последовательности.

Первый столбец таблицы содержит длины волн линий из спектров лабораторных источников низкого давления и Солнца, проверенные при исследовании атмосфер сверхгигантов. Достаточно точные лабораторные данные для легких элементов, до Са включительно, взяты из таблиц [4, 5], для FeI — из [6]. Для ионов группы Fe данные заимствованы из таблиц солнечного спектра [7], при этом введены поправки за гравитационное красное смещение и с помощью атласов [8, 9] отбракованы линии, профили которых заметно искажены блендированием. Эффективные длины волн для дублета MgII и триплетов HeI найдены при вычислениях их профилей по моделям звездных атмосфер, а для остав-

* Секция астрономии Болгарской академии наук.

Стандартные длины волн для сверхгигантов В9—А3, Å

Лаборатория, ☉ η Leo, α Cyg	θ Vir	68 Tau	Среднее
Ti II 3372.784	—	—	—
Ti II 3383.741	—	—	—
Ti II 3387.831	—	—	—
Cr II 3421.210	—	—	—
Cr II 3422.740	—	—	—
Cr II 3433.311	—	—	—
Mn II 3441.990	—	—	—
Fe II 3468.680	—	—	—
Mn II 3474.080	—	—	—
Ni II 3513.976	—	—	—
Ti II 3659.758	—	—	—
H I 3671.478	—	—	—
H I 3673.761	—	—	—
H I 3676.365	—	—	—
H I 3679.355	—	—	—
H I 3682.810	—	—	—
Ti II 3685.190	—	—	—
H I 3686.833	—	—	—
H I 3691.557	—	—	—
H I 3697.154	—	—	—
H I 3703.855	—	—	—
H I 3711.974	—	—	—
H I 3721.940	—	—	—
H I 3734.370	—	—	—
Ca II 3736.901	—	—	—
Ti II 3741.635	—	—	—
Fe II 3746.561	—	—	—
H I 3750.154	—	—	—
Cr II 3754.560	—	—	—
Fe II 3762.892	—	—	—
H I 3770.632	—	—	—
Ti II 3776.054	—	—	—
Fe II 3783.345	—	—	—
H I 3797.900	—	—	—
Fe I 3820.425	.422	—	.425 A
Fe II 3824.919	.919	—	.919 A
Fe I 3825.880	.872	—	.880 A
Mg I 3829.355	.360	—	.357 A
Mg I 3832.301	—	—	—
H I 3835.386	—	—	—
Mg I 3838.292	.293	—	.292 A
Fe I 3841.048	.048	—	.048 A
Si II 3853.664	.667	—	.665 A
Si II 3856.017	.014	—	.017 A
Fe I 3859.911	.911	—	.911 A
Si II 3862.595	.589	—	.593 A
H I 3889.051	—	—	—
Ti II 3900.534	.537	—	.535 A
Ti II 3913.461	.458	—	.460 A
Fe II 3930.303	—	—	—
Ti II 3932.012	.010	—	.010 A
Ca II 3933.663	.661	—	.663 A
Fe II 3935.940	.955	—	.945 B
Fe II 3938.296	.295	—	.296 A
Al I 3944.006	.009	—	.006 A
Fe II 3945.208	.203	—	.206 A
Al I 3961.520	.525	—	.520 A
Ca II 3968.468	.472	—	.468 A
H _ε 3970.074	—	—	—
Fe II 3974.159	—	—	—
Cr II 3979.523	—	—	—
V II 4023.378	.385	—	.380 B
He I 4026.220	—	—	—
Ti II 4028.337	.347	—	.342 B
Fe I 4045.813	.812	—	.813 A
Fe I 4063.594	.594	—	.594 A
Ni II 4067.033	.035	—	.034 A

Продолжение

Лаборатория, \odot η Лео, α Суг	θ Vir	68 Tau	Среднее
Fe I 4071.737	.738	—	.737 A
Sr II 4077.713	.714	.725	.715 B
H δ 4101.737	.733	—	.737 A
Cr II 4410.994	—	—	—
Fe II 4122.656	.663	—	.658 B
Si II 4128.067	.067	.067	.067 A
Si II 4130.893	.884	.883	.887 B
Ti II 4163.647	.640	.641	.642 A
Ti II 4171.901	.900	.909	.902 A
Fe II 4173.460	.467	.450	.462 B
Fe II 4177.681	.670	—	.678 B
Fe II 4178.853	.845	.845	.848 A
Sr II 4215.522	.524	.520	.522 A
Fe II 4233.161	.173	.168	.165 B
Cr II 4242.370	.367	.375	.370 B
Cr II 4252.625	—	.628	.626 A
Fe II 4258.153	—	.158	.155 A
Cr II 4261.920	.920	.909	.917 B
Fe I 4271.760	.759	—	.760 A
Fe II 4273.317	.313	.320	.317 A
Cr II 4275.560	.560	.568	.562 A
Cr II 4284.208	.195	.195	.198 B
Ti II 4290.215	.211	.212	.213 A
Ti II 4294.100	.097	.093	.097 A
Fe II 4297.571	.565	.570	.568 A
Ti II 4300.042	.039	.045	.041 A
Ti II 4301.921	.915	.921	.919 A
Fe II 4303.167	.168	.163	.167 A
Ti II 4307.890	.880	.891	.885 B
Ti II 4312.861	.858	.861	.859 A
Fe II 4314.299	.298	.295	.298 A
Ti II 4337.916	.915	.915	.916 A
H γ 4340.468	.460	—	.468 A
Fe II 4351.765	.770	.770	.768 A
Fe I 4383.545	.542	—	.544 A
Fe II 4385.377	.383	.370	.377 A
Ti II 4395.032	.036	.030	.033 A
Ti II 4399.767	.772	.771	.769 A
Ti II 4411.080	.084	.080	.082 A
Fe I 4415.122	.122	—	.122 A
Fe II 4416.819	—	.826	.820 A
Ti II 4443.800	.796	.791	.795 A
Ti II 4450.483	.483	.481	.483 A
Ti II 4468.492	.493	.493	.493 A
He I 4471.523	—	—	—
Fe II 4472.920	—	.918	.919 A
Mg II 4481.224	.222	.228	.224 A
Ti II 4488.323	.335	.328	.330 B
Fe II 4489.174	—	.175	.174 A
Fe II 4491.398	.397	.405	.398 A
Ti II 4501.268	.264	.270	.268 A
Fe II 4508.281	.281	.284	.281 A
Fe II 4515.333	.336	.332	.334 A
Fe II 4520.220	.218	.220	.220 A
Fe II 4522.628	.628	.625	.627 A
Ti II	—	—	—
Fe II 4534.020	.021	.020	.020 A
Fe II 4541.514	.505	.516	.512 A
Ti II	—	—	—
Fe II 4549.535	.542	.550	.540 B
Cr II 4554.990	.980	.991	.988 A
Fe II 4555.888	.881	.898	.888 B
Cr II 4558.644	.646	.652	.646 B
Ti II 4563.757	.754	.758	.757 A
Ti II 4571.971	.971	.971	.971 A
Fe II 4576.332	.335	.330	.332 A
Fe II 4583.833	.828	.841	.833 A
Cr II 4588.197	.200	.198	.198 A

Продолжение

Лаборатория, \odot η Leo, α Cyg	θ Vir	68 Tau	Среднее
Ti II 4589.947	.947	.958	.948 B
Cr II 4592.048	—	.050	.049 A
Fe II 4629.333	—	.335	.334 A
Cr II 4634.072	—	.067	.070 A
Ti II 4805.089	—	—	—
Cr II 4824.136	—	—	—
Cr II 4848.248	—	—	—
H ₃ 4861.332	—	—	—
Cr II 4876.395	—	—	—
He I 4921.934	—	—	—
Fe II 4923.923	—	—	—
Fe II 5018.439	—	—	—
Fe II 5169.030	—	—	—
Fe II 5234.624	—	—	—
Fe II 5316.611	—	—	—
He I 5875.710	—	—	—
Si II 6347.098	—	—	—
Si II 6371.354	—	—	—
Fe II 6416.922	—	—	—
Fe II 6456.382	—	—	—
H ₂ 6562.812	—	—	—

ленных в списке бленд TiII, FeII — прямой подгонкой их к системе длин волн одиночных линий. Апробация списка осуществлена при измерении лучевых скоростей по спектрограммам сверхгиганта пониженной светимости η Leo AOIb (дисперсия 1.3 Å/мм) и α Cyg A2Ia в фазе относительного спокойствия атмосферы (дисперсия 3 Å/мм). Группы линий FeI и ионов в случае η Leo, а в случае α Cyg все линии, кроме формирующихся в верхних слоях атмосферы первых членов серии Бальмера и бленды 4549 Å, не показали систематических сдвигов, превосходящих 0.5 км/с [10].

Во втором и третьем столбцах приводятся результаты независимых измерений длин волн для θ Vir, звезды A2V с уникально узкими линиями в спектре и 68 Tau, звезды Am. 3 спектрограммы θ Vir получены с помощью кудэ-спектрографа 2-м телескопа обсерватории Рожен СА АН Болгарии, дисперсия 4 Å/мм, 5 спектрограмм 68 Tau — с помощью кудэ-спектрографов 2.6-м телескопа им. Г. А. Шайна КРАО АН СССР и 2-м телескопа Таутенбургской обсерватории ЦИА АН ГДР, дисперсии 4 и 8 Å/мм. Их обмер произведен с помощью осциллоскопических компараторов обсерватории Рожен и САО АН СССР. Редукция состояла в привязке всех измеренных линий к звездным линиям FeI, которым приписывались длины волн из [6].

Сопоставление длин волн, найденных по спектрам А-карликов, и их значений, полученных как по спектру Солнца, так и по спектрам лабораторных источников, не выявляет систематических различий более 2 мÅ. Средние значения расхождений для отдельных линий составляют 3—4 мÅ.

Усредненные значения длин волн даются в четвертом столбце таблицы. Они сопровождаются буквами А или В в зависимости от того, ограничены ли их погрешности 5 или 10 мÅ соответственно.

Авторы благодарны И. С. Саванову и В. Хойплю, предоставившим для обмера спектрограммы 68 Tau.

Литература

1. Шайн Г. А., Мельников О. А. Системы длин волн спектральных линий, используемых при определении лучевых скоростей. — В кн.: Курс астрофизики и звездной астрономии. М.: Наука, 1973, с. 349—359.
2. Batten A. H. Standard wavelengths for radial-velocity measurements and the radial velocities of twelve stars. — Publ. Dom. astrophys. obs. Victoria, 1976, 14, N 17, p. 367—377.
3. Ченцов Е. Л. Спектроскопические проявления нестационарности ранних сверхгигантов. — Сообщ. САО, 1976, вып. 21. 78 с.

4. Стриганов А. Р., Свентицкий Н. С. Таблицы спектральных линий. М.: Атомиздат, 1966. 899 с.
5. Стриганов А. Р., Одинцова Г. А. Таблицы спектральных линий атомов и ионов. М.: Энергоиздат, 1982. 312 с.
6. Crosswhite H. M. The iron-neon hollow-cathode spectrum. — J. Res. Nat. Bur. Stand., 1975, 79A (1), p. 17—69.
7. Pierce A. K., Breckinridge J. B. The Kitt Peak table of photographic solar spectrum wavelengths. — Contr. Kitt Peak Nat. obs., 1973, 1974, N 559, 43 p., add. 17 p.
8. Delbouille L., Neven L., Roland J. Photometric atlas of the solar spectrum from 3000 to 10 000 Å. Liege, 1973.
9. Kurucz R. L., Furenlid I. Sample spectral atlas for Sirius. — Spec. Rep. Smithsonian astrophys. obs., 1979, N 387. 142 p.
10. Соколов В. В., Ченцов Е. Л. Атмосфера сверхгиганта ϵ Cas. III. — Астрофиз. исслед. (Изв. САО), 1983, 18, с. 8—28.

Поступила в редакцию 11.12.84
