

Спектральные классы звёзд

Алексей Старченко

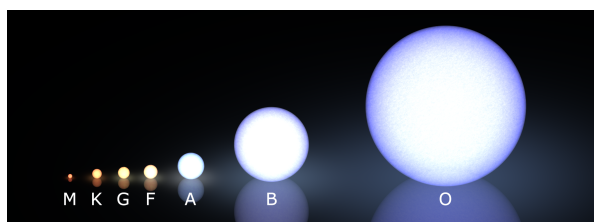
На основе материалов из [Википедии](#)

14 декабря 2017 г.

Содержание

1	Классы Анджело Секки	2
2	Основная (гарвардская) спектральная классификация	2
3	Йеркская классификация с учётом светимости (МКК)	3
4	Дополнительные спектральные классы	4
5	Характеристические особенности в классе	5
5.1	Добавочные индексы, стоящие перед обозначением спектра	5
5.2	Добавочные индексы, стоящие после обозначения спектра	5
6	Мнемоника	7
	Литература	7

Спектральные классы – классификация звёзд по спектру излучения, в первую очередь, по температуре фотосферы. Различия в спектрах звезд обуславливаются различием физических свойств их атмосфер, в основном, температуры и давления (определяющих степень ионизации атомов). Вид спектра зависит также от наличия магнитных и межатомных электрических полей, различий в химическом составе, вращения звезд и от других факторов.



Спектральная классификация Моргана-Кинана

Сплошной спектр излучения звезды близок к излучению абсолютно чёрного тела с температурой, равной температуре её фотосферы, которую можно оценить по закону смещения Вина, но для удалённых звёзд этот метод неприменим из-за неравномерного поглощения света различных участков спектра межзвёздной средой. Более точным методом является оптическая спектроскопия, позволяющая наблюдать в

спектрах звёзд линии поглощения, имеющие различную интенсивность в зависимости от температуры и типа звезды. Для некоторых типов звёзд в спектрах наблюдаются и линии испускания.

1 Классы Анджело Секки

В 1860–1870-х годах пионер звёздной спектроскопии Анджело Секки создал первую классификацию звёздных спектров. В 1866 году он разбил наблюдаемые спектры звёзд на три класса в порядке убывания температуры поверхности звезды и соответствующего изменения цвета[2][3]. В 1868 году Секки открыл углеродные звёзды, которые выделил в отдельную четвёртую группу[4]. А в 1877 году он добавил пятый класс[5].

1. Класс I – белые и голубые звезды с широкими линиями поглощения водорода в спектре, такие, как Вега и Альтаир; включает в себя современные класс A и начало класса F.
 - Класс I, подтип Ориона – звёзды класса I с узкими линиями в спектре вместо широких полос, такие, как Ригель и γ Ориона; соответствует началу современного класса B.
2. Класс II – жёлтые и оранжевые звёзды со слабыми линиями водорода, но с отчетливыми линиями металлов, такие, как Солнце, Арктур и Капелла; включает в себя современные классы G и K, а также конец класса F.
3. Класс III – оранжевые и красные звёзды, в спектре которых линии образуют полосы, темнеющие в сторону синего, такие, как Бетельгейзе и Антарес; соответствует современному классу M.
4. Класс IV – красные звёзды с сильными полосами и линиями углерода, углеродные звёзды.
5. Класс V – звёзды с эмиссионными линиями, такие, как γ Кассиопеи и β Лир.

Позднее Эдуард Пикеринг изменил определение класса V, разделив его на горячие звёзды с эмиссионными линиями гелия, углерода и азота (звёзды Вольфа – Райе) и планетарные туманности[6].

Предложенное Секки деление спектров было общепринятым вплоть до конца 1890-х годов, когда постепенно к середине XX века было заменено Гарвардской классификацией, которая описывается ниже[6][7].

2 Основная (гарвардская) спектральная классификация

Современная (гарвардская) спектральная классификация звёзд, разработанная в Гарвардской обсерватории в 1890–1924 годах является температурной классификацией,

основанной на виде и относительной интенсивности линий поглощения и испускания спектров звёзд.

Внутри класса звёзды делятся на подклассы от 0 (самые горячие) до 9 (самые холодные). Солнце имеет спектральный класс G2 и эквивалентную температуру фотосферы 5780 K[11].

Основная (гарвардская) спектральная классификация звёзд

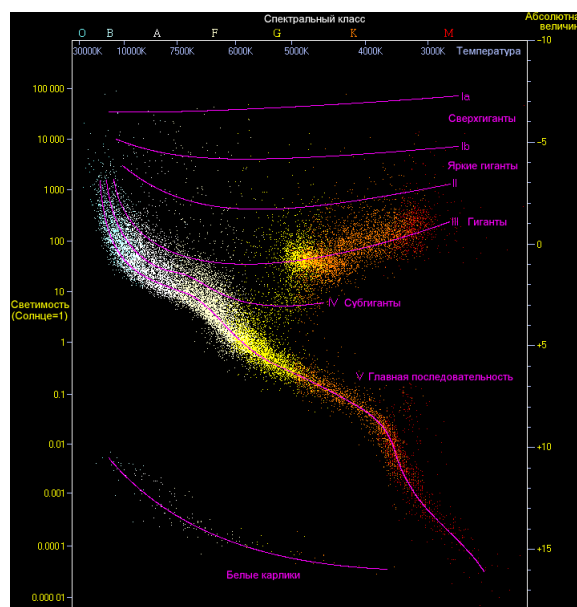
Класс	Температура, K	Истинный цвет	Видимый цвет[8][9]	M_{\odot}	R_{\odot}
O	30 000–60 000	голубой	голубой	60	15
B	10 000–30 000	бело-голубой	бело-голубой и белый	18	7
A	7500–10 000	белый	белый	3,1	2,1
F	6000–7500	жёлто-белый	белый	1,7	1,3
G	5000–6000	жёлтый	жёлтый	1,1	1,1
K	3500–5000	оранжевый	желтовато-оранжевый	0,8	0,9
M	2000–3500	красный	оранжево-красный	0,3	0,4

Класс	Светимость, L_{\odot}	Линии водорода	Доля* в глав. послед., % [10]	Доля* на ветв. бел.к., % [10]	Доля* гигант- ских, % [10]
O	1 400 000	слабые	0,00003034	-	-
B	20 000	средние	0,1214	21,8750	-
A	80	сильные	0,6068	34,7222	-
F	6	средние	3,03398	17,3611	7,8740
G	1,2	слабые	7,6456	17,3611	25,1969
K	0,4	очень слабые	12,1359	8,6806	62,9921
M	0,04	очень слабые	76,4563	-	3,9370

* Примечание к таблице: Данные вычислены по количеству звёзд с абсолютной звёздной величиной более +16 в окрестностях Солнца в 10000 пк³ (радиус 10,77 пк = 35,13 св. л.). Это позволяет воспроизвести приблизительную картину распределения звёзд по спектральным классам, хотя бы для звёзд на расстоянии от Галактического центра до Солнца. (Колонка Доля гигантских содержит Гигантов, Ярких гигантов и Сверхгигантов)[10]

3 Йеркская классификация с учётом светимости (МКК)

Дополнительным фактором, влияющим на вид спектра, является плотность внешних слоёв звезды, зависящая, в свою очередь от её массы и плотности, то есть, в конечном итоге, от светимости. Особенно сильно зависят от светимости SrII, BaII, FeII, TiII, что приводит к различию в спектрах звёзд-гигантов и карликов одинаковых гарвардских спектральных классов.



Зависимость вида спектра от светимости отражена в более новой йеркской классификации, разработанной в Йеркской обсерватории (Yerkes Observatory) У. Морганом, Ф. Кинаном и Э. Келман, называемой также МКК по инициалам её авторов.

В соответствии с этой классификацией звезде приписывают гарвардский спектральный класс и класс светимости:

- Ia+ или 0 – гипергиганты
- I, Ia, Iab, Ib – сверхгиганты
- II, IIa, IIb – яркие гиганты
- III, IIIa, IIIab, IIIb – гиганты
- IV – субгиганты
- V, Va, Vb – карлики (звезды главной последовательности)
- VI – субкарлики
- VII – белые карлики

Таким образом, если гарвардская классификация определяет абсциссу диаграммы Герцшпрунга – Рассела, то йеркская – положение звезды на этой диаграмме. Дополнительным преимуществом йеркской классификации является возможность по виду спектра звезды оценить её светимость и, соответственно, по видимой величине – расстояние (метод спектрального параллакса).

Солнце, будучи жёлтым карликом, имеет йеркский спектральный класс G2V.

4 Дополнительные спектральные классы

Выделяют также дополнительные спектральные классы для некоторых классов небесных тел:

- W – звёзды Вольфа – Райе, очень тяжёлые яркие звёзды с температурой порядка 70000 K и интенсивными эмиссионными линиями в спектрах.
- L – звёзды или коричневые карлики с температурой 1500–2000 K и соединениями металлов в атмосфере.
- T – метановые коричневые карлики с температурой 700–1500 K.

- Y – очень холодные (метано-аммиачные) коричневые карлики с температурой ниже 700 K.
- C – углеродные звёзды, гиганты с повышенным содержанием углерода. Ранее относились к классам R и N.
- S – циркониевые звёзды
- D – белые карлики
- Q – новые звёзды
- P – планетарные туманности

5 Характеристические особенности в классе

У некоторых объектов могут наблюдаться дополнительные особенности в спектре. Чтобы указать на эти особенности к обозначению добавляют дополнительные префиксы и постфиксы.

5.1 Добавочные индексы, стоящие перед обозначением спектра

- d – карлик (звезда главной последовательности)
- esd – экстремальный субкарлик
- c – сверхгигант
- g – гигант
- sg – субгигант
- sd – субкарлик
- w или wd – белый карлик

5.2 Добавочные индексы, стоящие после обозначения спектра

- c – глубокие узкие линии
- comp – составной спектр
- con – отсутствуют видимые линии поглощения
- e – эмиссия (эмиссия водорода в O-звездах)
- em – эмиссия в линиях металлов

- e_r – пекулярная эмиссия (линии, по своему характеру отличные от нормально соответствующих классу)
- e_t – явно обращённые эмиссионные линии
- e_q – эмиссия с поглощением на более коротких волнах
- e_v – переменность относится только к эмиссионным линиям
- e_w – эмиссии, типичные для звёзд класса W
- f , (f) , $((f))$ – эмиссия гелия и неона в O-звездах
- h – звёзды класса WR с эмиссионными линиями водорода
- h_a – звёзды класса WR с эмиссионными линиями водорода как поглощения, так и излучения
- k – межзвёздные линии
- m – сильные линии металлов
- n – диффузные линии (широкие и размытые), обусловленные быстрым вращением
- neb – добавочный спектр туманности
- nn – очень размытые диффузные линии
- p – пекулярный спектр (имеются неправильности)
- pq – особенности напоминают спектр новой звезды
- s – резкие и узкие линии
- sh – наличие оболочки
- ss – очень узкие линии
- v или var – изменения в спектре (не обусловленные орбитальным движением и пульсацией)
- w или wk или wl – слабые линии

6 Мнемоника

Для запоминания основной последовательности гарвардской классификации существуют мнемонические формулы:

- на английском языке: Oh Be A Fine Girl, Kiss Me Right Now Sweetheart, а также множество других вариантов[12].
- на русском языке: Один Бритый Англичанин Финики Жевал Как Морковь;
- вариант, намекающий на Бориса Александровича Воронцова-Вельяминова: О, Борис Александрович Финики Жевал Как Морковь;
- модификация, включающая классы W, R, N, S: Вообразите: Один Бритый Англичанин Финики Жевал Как Морковь – Разве Не Смешно?;
- О, Борис Александрович! Физики Ждут Конца Мучений (имеется в виду также Борис Александрович Воронцов-Вельяминов).
- Также версия О. Н. Востряковой "ОБА Фраера Гуляют Как Могут.
- Версия Ш. Т. Хабибуллина: О Боже, Афганистан. Куда Мы Несемся. Эта мнемоника родилась задолго до войны в Афганистане (1966–1967, а возможно и раньше)

Список литературы

- [1] Pietro Angelo Secchi. Analyse spectrale de la lumière de quelques étoiles, et nouvelles observations sur les taches solaires // Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. – Juillet–Décembre 1866. – Vol. 63. – P. 364–368.
- [2] Pietro Angelo Secchi. Nouvelles recherches sur l'analyse spectrale de la lumière des étoiles // Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. – Juillet–Décembre 1866. – Vol. 63. – P. 621–628.
- [3] J. B. Hearnshaw. The analysis of starlight: One hundred and fifty years of astronomical spectroscopy. – Cambridge University Press, 1987. – P. 62–63. – 546 p. – ISBN 0-521-25548-1, ISBN 978-0-521-25548-6..
- [4] J. B. Hearnshaw. – 1987. – P. 62–63.
- [5] J. B. Hearnshaw. – 1987. – P. 60.
- [6] Перейти к: 1 2 James B. Kaler. Stars and their spectra: an introduction to the spectral sequence. – Cambridge University Press, 1997. – P. 62–63. – 300 p. – ISBN 0-521-58570-8, ISBN 978-0-521-58570-5..

- [7] Stephen Gottesman. Classification of stellar spectra: Some history (4 February 2004).
- [8] The Guinness book of astronomy facts & feats, Patrick Moore, 1992, 0-900424-76-1
- [9] The Colour of Stars. Australia Telescope Outreach and Education (December 21 2004). – Explains the reason for the difference in color perception.
- [10] Перейти к: 1 2 3 4 LeDrew, G.; The Real Starry Sky, Journal of the Royal Astronomical Society of Canada, Vol. 95, No. 1 (whole No. 686, February 2001), pp. 32–33. Примечание: Таблица 2 содержит ошибку и для подсчёта звёзд главной последовательности, белых карликов и гигантских использовалось общее количество звёзд 824,00025 и 288 и 6,35 соответственно, а не 800 и 200 и 6,3 соответственно.
- [11] Солнце // Физика космоса / под редакцией Р. А. Сюняева. – 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 37.
- [12] Allen S. J. Mnemonics for the Harvard Spectral Classification Scheme . UCL Astrophysics Group.