

За исключением спектров белых карликов в большинстве звёздных спектральных линий преобладает многократное рассеяние света: радиац. переходы намного более вероятны, чем ударные. Это приводит к тому, что при количеств. анализе спектров прибегают в общем случае к весьма громоздким расчётам переноса излучения в спектральных линиях с перераспределением энергии по частоте.

Простейшим массовым методом определения параметров Z . а. по спектральным линиям является метод *кривых роста*, позволяющий без знания профилей линий, по одним эквивалентным ширинам находить все осн. характеристики Z . а., включая хим. состав. Для звёзд с детально изученными спектрами используют метод синтетич. спектра — метод сравнения с наблюдениями теоретически рассчитанных спектров с учётом наиб. важных (обычно многих тысяч) спектральных линий. Это позволяет уточнить все осн. параметры Z . а. Более тонкие характеристики, такие, как вращения звезды, вертикальные движения, наличие пятен и т. д., определяют исследуя профили спектральных линий и их переменность.

Осн. часть атмосфер большинства звёзд находится в состоянии, близком к гидростатич. равновесию. Исключения составляют гл. обр. ниж. части фотосфер звёзд с $T_0 < 8000$ К, где важна роль конвекции, верх. части Z . а., где формируется звёздный ветер, а также Z . а. пульсирующих звёзд, эруптивных переменных звёзд и те участки Z . а., где происходят хромосферные вспышки и некоторые другие активные процессы.

Магн. поля и дифференциальное вращение звёзд приводят к сложной неоднородной и динамичной структуре Z . а. и многообразным проявлениям звёздной активности (см. ниже). Магн. поля, вероятно, являются осн. источником энергии в верх. частях Z . а. многих типов. Они же, по-видимому, ответственны за исключительное своеобразие хим. состава атмосфер магнитных звёзд и крайне необычные физ. условия в атмосферах и магнитосферах нейтронных звёзд.

2. Нижняя атмосфера

В *фотосферах* практически всегда абсолютно доминирует радиац. перенос энергии. Его эффективность определяется коэф. непрозрачности (суммой коэф. поглощения и рассеяния) атмосферы, зависящим для фотонов каждой частоты от хим. состава, темп-ры и плотности газа. Последние зависят от T_0 и ускорения силы тяжести g в Z . а. Величины T_0 и g вместе с составом Z . а. являются гл. параметрами, определяющими свойства фотосфер. Это обстоятельство находит отражение в возможности использовать двумерную классификацию звёзд по спектральным классам, связанным с эффективными температурами звёзд, и *светимости классам* (разные g), а также деление звёзд на звёздные населения, различающиеся относительным содержанием (по отношению к водороду и гелию) «тяжёлых» элементов (углерода и др.; см. *Галактика*).

В фотосферах звёзд устанавливается распределение темп-ры, падающее наружу, и распределение плотности, определяемое *барометрической формулой*. Характерная толщина фотосферы ΔR определяется длиной свободного пробега фотонов в слое с оптич. глубиной (толщиной) $\tau=1$. Она близка к величине шкалы высот в фотосфере, тем самым пропорциональна темп-ре T и обратно пропорциональна гравитац. ускорению g , т. е. при заданной массе пропорциональна радиусу звезды R . Для большинства звёзд $\Delta R/R \ll 1$, напр.: $\Delta R/R \sim 10^{-3}$ для горячих звёзд гл. последовательности; $\sim 10^{-3} - 10^{-4}$ для красных карликов, красных гигантов и сверхгигантов; $\sim 10^{-5}$ для белых карликов и ещё меньше для нейтронных звёзд. Исключением являются *Вольфа — Райе звёзды*, звёзды типа P Суг и др. звёзды с очень сильным истечением вещества, для к-рых $\Delta R \sim R$.

На непрерывный спектр звезды в области его максимума накладываются скачки (резкие изменения интенсивности с частотой; рис. 1), возникающие на границах спектральных серий наиб. обильных атомов. Основными являются *бальмеровский скачок* (ок. 3650 Å) и *лаймановский скачок* (ок. 912 Å). Поскольку в фотосфере градиент темп-ры направлен внутрь звезды, наблюдаемое излучение оказывается слабее в тех областях, где ниже прозрачность фотосферы (в областях спектра, где Z . а. наиболее прозрачна, видно излучение, испускаемое более глубокими и горячими слоями). Этим определяется характер скачков, а также тот факт, что спектральные линии обычно видны в поглощении. Градиент темп-ры в Z . а. приводит также к явлению потемнения к краю диска звезды, изучаемому по покрытию диска одной звезды другой звездой в затменных двойных системах.

В разных спектральных диапазонах уровень формирования непрерывного спектра ($\tau \approx 1$) находится на разных геом. глубинах. Для коротковолновой области спектра (где относительно велико поглощение на ионах металлов) и для длинноволновой (где велико тормозное поглощение) уровень формирования непрерывного спектра может лежать в хромосфере (рис. 2), в к-рой градиент темп-ры направлен наружу, что приводит к увеличению яркости к краю диска и возникновению эмиссионных линий. Для звёзд с наиб. развитыми хромосферами (напр., звёзд типа T Тау) это имеет место и в видимом диапазоне — вблизи максимума спектра излучения. Эмиссионные линии возникают также в звёздах с протяжёнными околозвёздными оболочками, эффективно рассеивающими в спектральных линиях излучение фотосферы.

В тесных двойных звёздах существует эффект облучения атмосферы одного компонента излучением дру-

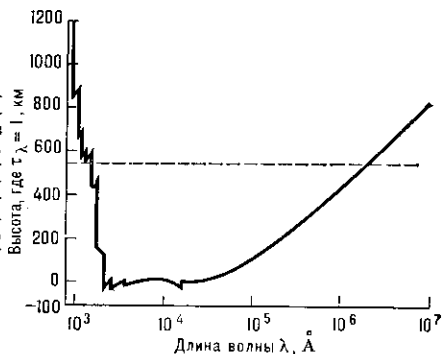


Рис. 2. Уровни формирования непрерывного спектра в атмосфере Солнца. Надстрочковой прямой градиент температуры положительна (температура растёт с высотой), под прямой — отрицателен.

го (т. н. эффект отражения). В случаях маломассивных двойных рентг. источников (см. *Рентгеновская астрономия*, *Рентгеновские пульсары*) облучение рентг. компонентом оптич. компонента может привести к различию темп-ры точек фотосферы последнего в неск. раз. В результате в процессе орбитального вращения наблюдается сильная переменность спектрального класса [в случае HZ Her от F ($T_0 \approx 8000$ К) до B ($T_0 \approx 20\,000$ К)]. Кроме того, в тесных двойных звёздах нередки потоки масс с одного компонента на другой и др. эффекты, резко усложняющие гидродинамику Z . а. и их спектральные проявления. Важную информацию о таких звёздах, а также о звёздах с сильными магн. полями несёт поляризация излучения.

3. Верхняя атмосфера

Как следует из наблюдений, у Солнца и большинства звёзд темп-ра, убывающая наружу в фотосфере, проходит через минимум в т. н. обращаемом слое и далее возрастает, достигая значений $10^6 - 10^7$ К. Это означает, что радиац. нагрев не является доминирующим источником энергии в верх. слоях Z . а. Там, по-видимому, преобладает диссипация энергии магн.