

в осп. на ранних стадиях эволюции Вселенной (см. *Скрытая масса*).

Со стороны холодных З. к ГП примыкают З.-гиганты. Их радиусы меняются в пределах $(1-100)R_{\odot}$, а светимости — $(1-1000)L_{\odot}$. Большинство З. этого типа имеют массу $M \approx 1M_{\odot}$. Ядра З.-гигантов состоят из гелия; водород горит в тонком слое (слоевом источнике энергии), окружающем вырожденное гелиевое ядро.

Между ветвью гигантов и ГП находится горизонтальная ветвь, включающая З. с $L \approx 50L_{\odot}$ и $R \approx (0,3-10)R_{\odot}$. В ядрах этих З. горит гелий, времена их жизни $\sim 10^8$ лет.

Со стороны высоких светимостей к ветви гигантов примыкают красные З. т. н. асимптотич. ветви с $L \sim (10^3-10^4)L_{\odot}$ и $R \sim (10^2-10^3)R_{\odot}$. Исследование спектров З. асимптотич. ветви обнаружило значит. аномалии хим. состава их оболочек: повышенное обилие углерода и элементов — продуктов s-процесса (см. *Ядерная астрофизика*), образованных в недрах этих З. и вынесенных наружу конвекцией. Эти З. имеют вырожденное углеродно-кислородное ядро и окружающий ядро двойной слоевой источник энергии, в к-ром происходит последовательное превращение водорода в гелий и гелия в углерод и кислород. Времени жизни З. асимптотич. ветви $\sim 10^6$ лет, а массы $(1-8)M_{\odot}$.

Самыми яркими красными З. являются красные сверхгиганты с $L \sim (10^4-10^6)L_{\odot}$ и $R \sim (10^2-10^3)R_{\odot}$. В ядрах большинства этих З. горит гелий. Времени жизни неск. сотен тысяч лет. Их эволюция заканчивается взрывом *сверхновой звёзд* второго типа.

К горячим З. ГП справа примыкают голубые сверхгиганты с $L \sim (10^4-10^6)L_{\odot}$, $R \approx (30-200)R_{\odot}$ и $M \sim (10-100)M_{\odot}$. В их недрах горит гелий и водород. Важным эволюц. фактором для наиб. ярких из них является истечение вещества из оболочек. Времени жизни массивных З. на этой стадии $\sim 10^6-10^6$ лет. Слева от ГП к ярчайшим З. примыкают *Вольфа — Райе звёзды*, отличающиеся очень интенсивным истечением вещества (скорость потери массы до $10^{-4} M_{\odot}$ в год). Водород в атмосферах этих З. практически отсутствует, что позволяет их рассматривать как позднюю стадию эволюции массивных З., уже потерявших водородную оболочку. Масса З. Вольфа — Райе $(7-30)M_{\odot}$, времени жизни $\sim 10^5$ лет.

Левее ГП в сравнительно узкой полосе помещаются остывающие вырожденные карлики с $M \sim 1M_{\odot}$ и $R \sim 10^{-2}R_{\odot}$ (ядра *планетарных туманностей*, *белые карлики* и др.). Темп-ра ядер планетарных туманностей $T_{як} \approx (5-10) \cdot 10^4 K$. Поэтому они являются источниками фотонов жёсткого УФ-излучения, к-рые перерабатываются самой туманностью в фотоны с меньшей энергией, что делает туманности яркими в оптич. диапазоне и легко идентифицируемыми. Большинство вырожденных карликов состоит из углерода и кислорода с незначит. примесью более тяжёлых элементов. В оболочках большинства вырожденных карликов найден водород.

К самым горячим З. относятся *нейтронные звёзды* с $M \approx 1,5M_{\odot}$ и $R \approx 10$ км. Сила гравитации в них уравновешена давлением нейтронного газа. Одиночные нейтронные З. с возрастом $t_{вж} \leq 10^7$ лет проявляют себя обычно как радиопульсары (см. *Пульсары*), а нейтронные З. в двойных звёздных системах — как рентг. источники.

Излучение подавляющего большинства З. за всё время их наблюдений (за время существования астрономии как науки) практически неизменно. Наряду с ними существуют отд. группы З., излучение к-рых переменнo (см. *Переменные звёзды*). Наиб. известны переменные (пульсирующие) З. из т. н. полосы неустойчивости на диаграмме Герцшпрунга — Расселла

(долгопериодич. *цефеиды* и др.). Причина пульсаций З. цефеидного типа — периодич. задержка излучения в зоне второй ионизации гелия в звёздных оболочках (см. *Пульсации звёзд*). Период пульсаций цефеид $(1-100$ сут, нередко больше) однозначно связан с их светимостью, что даёт возможность использовать эти З. в качестве надёжных индикаторов расстояния. В месте пересечения полосы неустойчивости с горизонтальной ветвью располагаются пульсирующие З. типа RR Лирь (с периодом ок. 12 ч), δ Цента (с периодом в неск. часов), на пересечении с последовательностью вырожденных карликов — З. типа ZZ Кита (с периодом ок. минуты). Существуют ещё неск. классов периодич. и квазипериодич. переменных З. Переменность нек-рых З. сводится к неперіодическим повторяющимся вспышкам (см. *Вспыхивающие звёзды*). С уменьшением амплитуды переменности блеска число переменных З. быстро увеличивается.

К числу переменных З. могут быть отнесены новые звёзды и сверхновые звёзды. Новые З. за неск. дней увеличивают свою светимость от $1L_{\odot}$ до $\sim 10^4L_{\odot}$ и остаются яркими в течение неск. недель, после чего их блеск постепенно убывает, возвращаясь к исходному. Взрыв новой З. сопровождается сбросом газовой оболочки массой $\sim (10^{-4}-10^{-6})M_{\odot}$. Выделяемая при взрыве энергия составляет $\sim 10^{46}-10^{49}$ эрг. Число вспышек новых в Галактике ≈ 50 в год, но из-за поглощения излучения межзвёздной пылью только несколько из них удаётся обнаружить с Земли. Повторные новые вспыхивают с интервалом $\sim 10^2-10^4$ лет. Светимость сверхновых З. в максимуме блеска достигает светимости средней галактики ($\sim 10^9L_{\odot}$). Продолжительность максимума блеска составляет неск. месяцев, энергия взрыва $\sim 10^{50}-10^{51}$ эрг. В ходе вспышки сверхновой состояни З. кардинально изменяется: она либо полностью разрушается, либо её ядро превращается в нейтронную З., а оболочка сбрасывается.

Лит.: Физика космоса. Маленькая энциклопедия, 2 изд., М., 1986. А. В. Тутуков.

ЗВУК — распространяющееся в виде воли колебат. движение частиц упругой среды: газообразной, жидкой или твёрдой (то же, что *упругие волны*). Термин «З.» употребляется также для обозначения ощущения, вызываемого действием звуковых волн на спец. орган чувств (орган слуха) человека и животных; человек слышит З. частотой от 16 Гц до 16 000—20 000 Гц. Физ. понятие о З. охватывает упругие волны как слышимого, так и неслышимого диапазона. З. с частотой ниже слышимого диапазона наз. *инфразвук*, выше — *ультразвук*; самые высокочастотные упругие волны в диапазоне 10^9-10^{13} Гц относятся к *гиперзвуку*. Область инфразвуковых частот снизу практически не ограничена — в природе встречаются инфразвуковые колебания с частотой в сотые и тысячные доли Гц. Частотный диапазон гиперзвуковых волн имеет сверху принципиальное ограничение, обусловленное атомным и молекулярным строением сред: в газах длина упругой волны должна быть больше длины свободного пробега молекул, а в жидкостях и твёрдых телах — больше удвоенного межмолекулярного или межатомного расстояния. На этом основании за верх. частотную границу гиперзвука в газах принята частота 10^9 Гц, в твёрдых телах — $10^{12}-10^{13}$ Гц. Гиперзвуковые волны в кристаллах рассматривают иногда с позиций корпускулярной теории, сопоставляя им квазичастицы — *фононы*.

Важной характеристикой З. является его спектр (см. *Спектр звука*), получаемый в результате частотного анализа, т. е. разложения З. на простые гармонич. колебания и волны (к-рые наз. иногда тональными сигналами). Сплошной спектр с равномерным, непрерывным распределением акустич. энергии в более или менее широкой частотной области характерен для