

Meteorite Classification

شهاب سنگ‌ها تکه‌های فرازمینی هستند که از سطح ستاره یا سیارات دیگر کنده شده و به سمت زمین حرکت می‌کنند. با ورود به اتمسفر زمین، این سنگ‌ها با شدت زیادی بر اثر اصطکاک و سرعت بالا می‌سوزند. سنگ‌هایی که در این فرآیند به طور کامل می‌سوزند meteor و سنگ‌هایی که می‌توانند از جو زمین عبور کرده و روی سطح زمین فرود بیایند meteorite نام دارند. طبقه‌بندی شهاب سنگ‌ها به شکل زیر است:

- شهاب سنگ‌های سنگی: این شهاب سنگ‌ها حدود ۹۵ درصد از کل شهاب سنگ‌ها را شامل شده و دو زیردسته‌ی اصلی دارند:

الف) کاندريت (Chondrite): کاندريت‌ها اوليه‌ترين و ساده‌ترين نوع شهاب سنگ‌ها هستند که تحت فشار، داغ شدن و ذوب شديد قرار نگرفته‌اند. این مواد از ذرات ریزی به اسم کاندربول (Chondrule) تشکیل شده‌اند که خود، جزو باق‌دمت‌ترین جامدات موجود در منظومه شمسی هستند. با توجه به قدمت و تغییر ناچیز ساختار، کاندريت‌ها اطلاعات مهمی در مورد شرایط اولیه‌ی منظومه شمسی ارائه می‌دهند.

ب) آکاندريت (Achondrite): این نوع شهاب سنگ‌ها تحت فشار بالا و ذوب شدن قرار گرفته و تاحد زیادی تغییر ساختار داده‌اند اما صرفاً حاوی سنگ هستند. آکاندريت‌ها معمولاً از سطح سیارات و ستاره‌های بزرگ‌تر کنده شده‌اند.

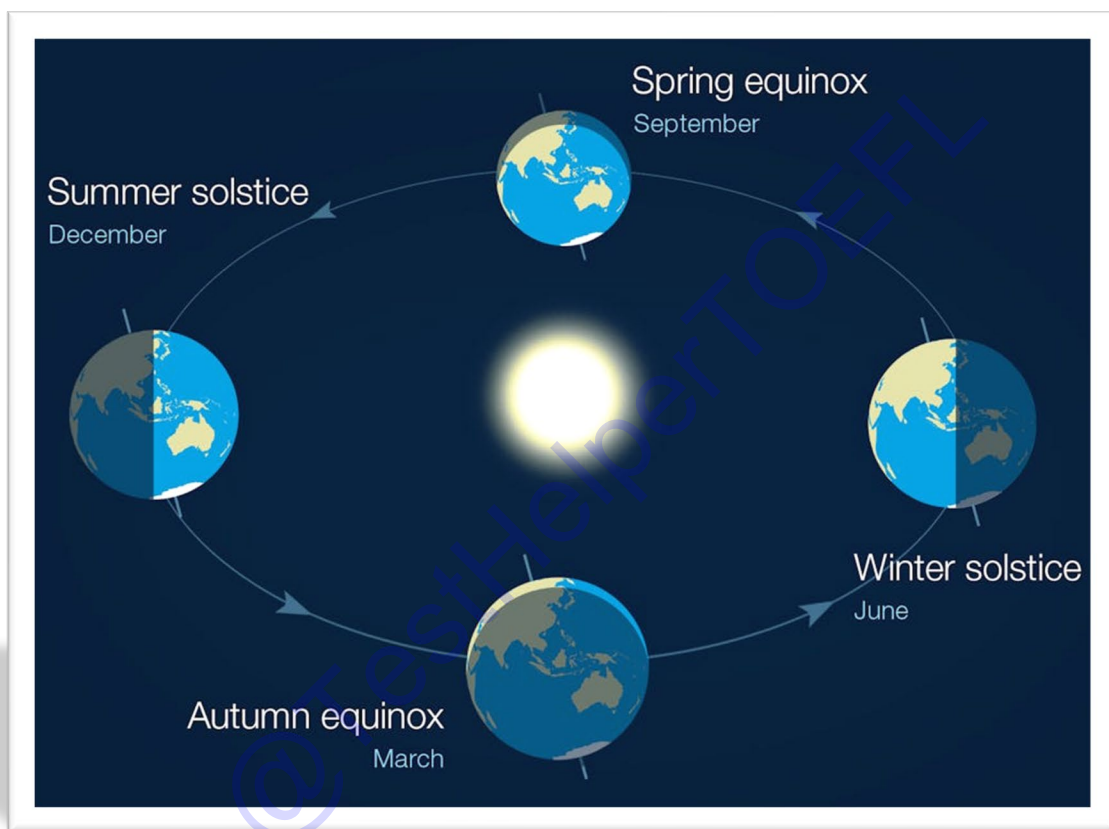
- شهاب سنگ‌های آهنی: این شهاب سنگ‌ها عمدتاً از آلیاژهای آهن و نیکل تشکیل شده و منشأ پیدایش آنها هسته‌ی سیارک‌ها (Asteroid) می‌باشد. قابل ذکر است که غالب سیارک‌ها در یک مدار سنگی بین مشتری و مریخ به اسم کمربند سیارکی (Asteroid Belt) به دور خورشید می‌چرخند. گرانش بسیار بالای مشتری گاهی سبب کنده شدن قسمتی از این سیارک‌ها میشود که در هسته‌ی خود آهن و نیکل و در پوسته‌ی خود سنگ دارند. شهاب سنگ‌های آهنی اطلاعات مفیدی در مورد نحوه شکل‌گیری هسته‌های فلزی در اجرام آسمانی ارائه می‌دهند.

- شهاب سنگ‌های آهنی-سنگی: این دسته بسیار نادر بوده و ترکیبی از سیلیکا و فلز را در خود دارند.

[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد انواع شهاب‌سنگ‌ها از نظر جنس آنها در اختیار شما قرار می‌دهد.

Solstices

تحول/عطف رویدادی نجومی است که در طول سال دوبار رخ می‌دهد. در هنگام رخ دادن این پدیده میزان زاویه‌ی زمین با خورشید به صورت نسبی در بیشترین حد خود می‌باشد. تحول تابستانی در واقع بلندترین روز سال در نیمکره شمالی و کوتاه‌ترین شب سال می‌باشد. تحول زمستانی بلندترین شب سال در نیمکره شمالی و کوتاه‌ترین روز تابستان می‌باشد که در ایران با عنوان شب یلدا شناخته می‌شود.



شکل ۱- تحول تابستانی و زمستانی

[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد تحول تابستانی و زمستانی در اختیار شما قرار می‌دهد.

Supernova

ابراختر یک انفجار بزرگ است که پس از رسیدن یک ستاره به انتهای روشنایی و حیات خود اتفاق افتاده و میزان زیادی از جرم خود را (ejecta) در فضا پراکنده می‌کند. مطالعه ابراخترها اطلاعات زیادی در مورد تکامل هستی ارائه می‌دهد، چرا که این انفجارها سبب پراکنده شدن مواد مختلف از جمله فلزات سنگین می‌شوند که برای ایجاد حیات ضروری هستند. بر اساس بررسی طیف نوری رسیده شده از انفجار، ابراخترهایی که در طیف نوری آنها اثری از هیدروژن نباشد تایپ ۱، و در غیر این صورت تایپ ۲ دسته بندی می‌شوند. این پدیده در ستاره های بسیار بزرگ در شرایطی رخ می‌دهد که ستاره‌ی مورد نظر سوخت خود را به پایان رسانده و دیگر نمی‌تواند واکنش هسته‌ای انجام داده و وزن بزرگ خود را تحمل کند.

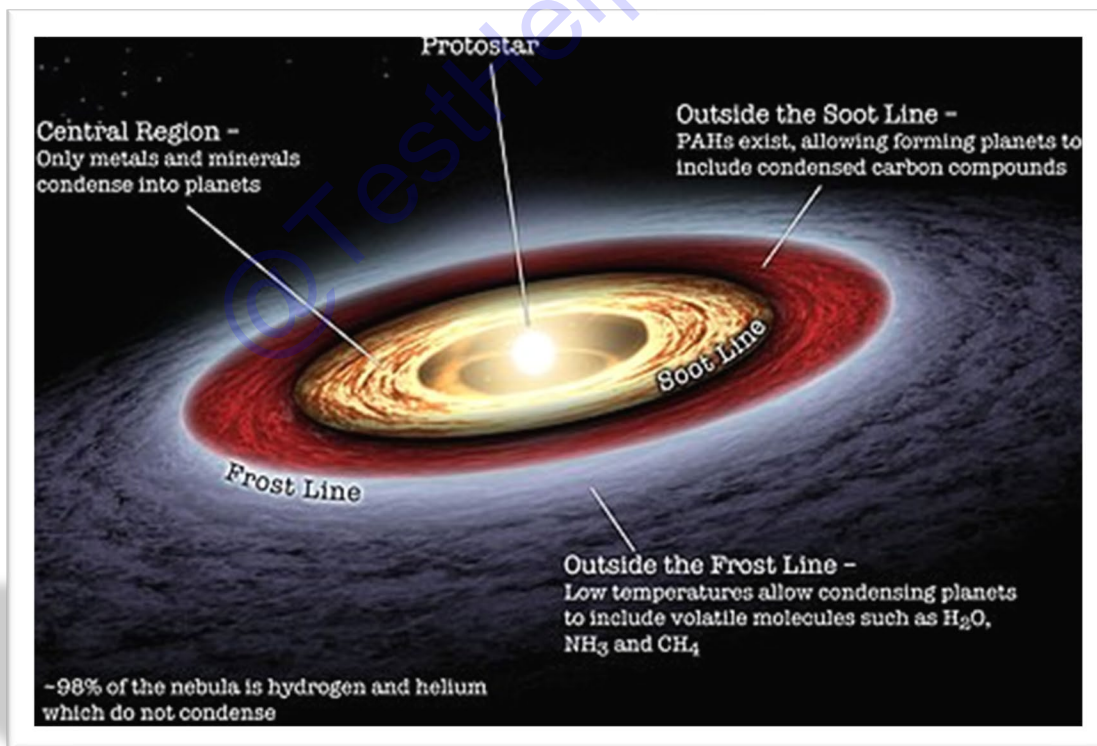
ابراخترها همچنین اطلاعات دیگری از جمله میزان فاصله، کمک به تشکیل ستاره‌ها و سیارات دیگر، و نشانگری برای تشخیص کهکشان‌های دوردست به ما می‌رسانند. در نهایت، هسته‌ی نهایی و مرکزی ستاره‌های بزرگ پس از انفجار، تبدیل به سیاهچاله (Black Hole) می‌شود که دارای بالاترین چگالی در کهکشان‌ها می‌باشند. به سبب حجم بسیار کم و جرم بسیار زیاد آن‌ها، میزان جاذبه گرانش این سیاهچاله‌ها به قدری زیاد است که حتی نور نیز از آن‌ها عبور نکرده و درون آن کشیده می‌شود.

ستاره‌های بزرگ با انفجار عظیم خود باد ستاره‌ای (Stellar Wind) شدیدی حاوی ذرات باردار و فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو از اتمسفر بالایی خود به فضا منتقل می‌کنند که سبب از بین رفتن ابرهای گازی در اطراف شده و نهایتاً منجر به تشکیل ستاره و سیاره‌های جدید می‌شود.

[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد ابراختر در اختیار شما قرار می‌دهد.

Protoplanetary disc

دیسک پیش سیاره‌ای یک دیسک متشکل از گاز فشرده (شامل هیدروژن و هلیوم) و گرد و غبار (متشکل از کربن، سیلیکن و آهن) می‌باشد که به دور یک ستاره‌ی تازه تشکیل شده (protostar) می‌چرخد. غبار در حال چرخش در این دیسک بصورت دائم با یکدیگر برخورد کرده و طی فرآیند هایی مانند انعقاد (coagulation) به هم می‌چسبند. با گذشت زمان، این ذرات به هم چسبیده تشکیل سیارات اولیه (protoplanet) و عناصر اصلی کهکشان را می‌دهند. بر اساس نظریه‌ی چگالش، سیارات از طریق تبدیل مستقیم گاز فشرده در چرخش در دیسک پیش سیاره‌ای به حالت جامد و انعقاد ذرات با همدیگر تشکیل می‌شوند، به شکلی که در فواصل نزدیک به ستاره، تنها فلزات چگالش شده و در فواصل دورتر، بخار آب، سیلیکا و متان یا آمونیاک نیز چگالش می‌شوند. بر اثر برخورد اجرام کوچک‌تر با یکدیگر، به صورت دائمی اجرام بزرگ‌تری تشکیل می‌شوند که تحت عنوان فرآیند تجمع دوتایی ذکر می‌شود (Binary accretion). در نتیجه سیاراتی مانند عطارد دارای جرم غالب فلزی و سیاراتی مانند مشتری دارای فرم غالب گازی-سنگی هستند.



شکل ۲- دیسک پیش سیاره ای

Core accretion model vs Hydrodynamic instability model

در مدل تجمع هسته، شکل گیری سیارات بزرگ ابتدا با تجمع ذرات جامد و ریز واقع در دیسک پیش سیاره ای اطراف یک ستاره رخ می دهد. ناحیه ای متمرکز دور یک سیاره ی اولیه که به مرور توسط سیاره تجمع می شود ناحیه ی تغذیه یا feeding zone نام دارد. با تجمع هرچه بیشتر این ذرات، سیاره به مرور بزرگتر شده و تبدیل به سیارک یا planetesimal می شود. در یک جرم بحرانی که حدود ۵ تا ۱۰ برابر جرم کره زمین است، سیاره قادر به جمع کردن گاز از داخل دیسک پیش سیاره ای بوده و تبدیل به سیاره ای گازی و بزرگ با هسته جامد می شود. در فرآیند تشکیل سیارات، خط برف (snow line) که فاصله ای از خورشید است که بعد از آن فاصله، آب تبدیل به یخ می شود، بسیار موثر بوده است. این تئوری توضیح می دهد که به سبب وجود خط برف و نقش پررنگ سرما در سرعت بخشی به فرآیند تجمع ذرات و افزایش چگالی، تعداد سیارات ماورای خط برف بسیار بیشتر از فواصل کوتاه تر و نزدیک تر به خورشید است.

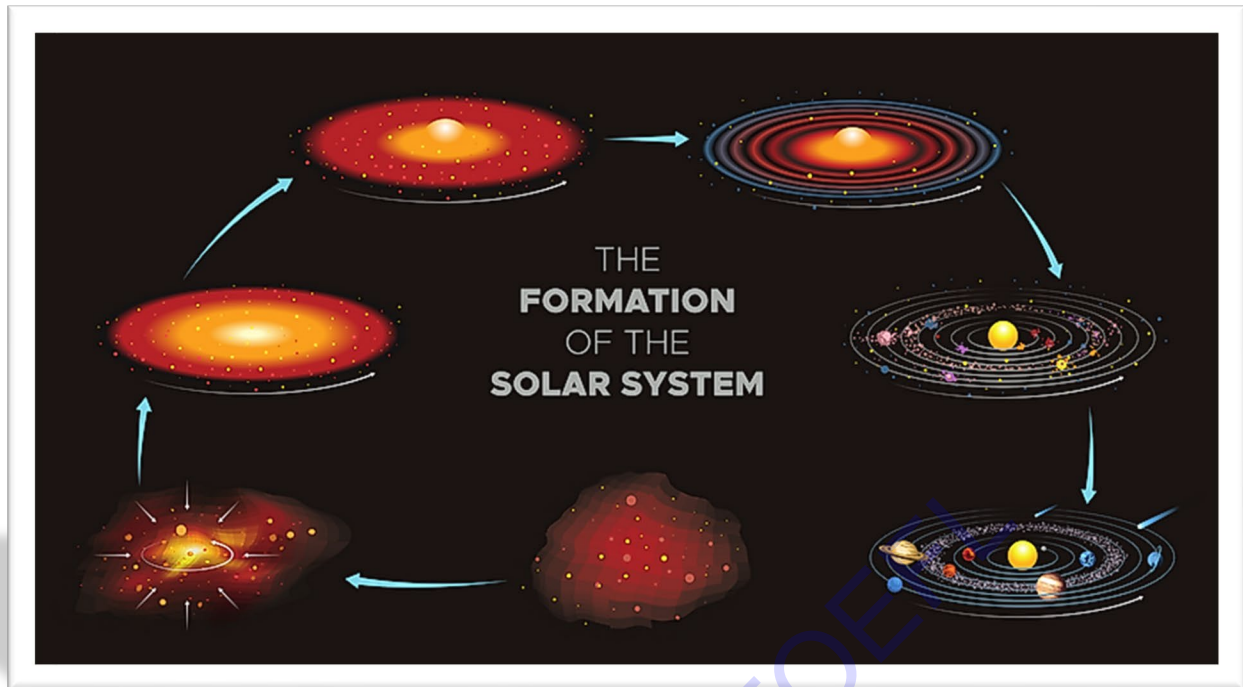
در مقابل تئوری ناپایداری هیدرودینامیک معتقد است که در صورتی که نقطه ای خاصی از دیسک پیش سیاره ای به اندازه کافی سرد و چگال باشد، از نظر جاذبه ناپایدار شده و بدون نیاز به هسته ی جامد تبدیل به یک سیاره ی بزرگ می شود. این تئوری تشکیل سیارات را در زمان بسیار کوتاه تری گرفته و برای توجیه نحوه ی شکل گیری سیارات بسیار بزرگ به خوبی عمل می کند.

Solar Nebula Theory and The Formation of solar system

بر اساس تئوری ابر خورشیدی که توسط امانوئل کانت و لاپلاس مطرح شد، مراحل تشکیل منظومه شمسی به شکل زیر می‌باشد:

- در ابتدا وجود گرانش در همه جهات در ابر خورشیدی سبب انقباض برخی از نقاط سحابی شد و این میزان انقباض در مرکز ابر خورشیدی از بقیه نقاط بیشتر بود. تجمع بالای ذرات در مرکز این سحابی سبب شکل گیری خورشید اولیه (protosun) شد.
- به مرور و با انقباض و ورود ذرات بیشتر به درون خورشید اولیه، سرعت مواد بیشتر شده و انرژی جنبشی این ذرات تبدیل به انرژی گرمایی بیشتر شده و سبب افزایش دمای خورشید اولیه شد. این فرآیند در حدود ۱۰۰ میلیون سال ادامه یافته تا دمای مرکز خورشید به چند میلیون درجه سانتی گراد رسید.
- ابر خورشیدی شکل گرفته دور خورشید تا حدی چرخش داشت که مانع از سقوط مستقیم همه‌ی ذرات به داخل مرکز سحابی یعنی خورشید می‌شد. با این شرایط، دمای بسیار بالای خورشید، واکنش‌های هسته‌ای درون آن را آغاز کرد که سبب سقوط نسبی مواد به سمت خورشید و در مقابل، افزایش سرعت نسبی هر یک از مواد در چرخش به دور خورشید شد. این افزایش نرخ چرخش دیسک و سیارت اولیه‌ی تازه تشکیل شده سبب مسطح شدن دیسک شد.

[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد تئوری ابر خورشیدی در اختیار شما قرار می‌دهد.



شکل ۳- نحوه شکل گیری منظومه شمسی از سحابی خورشیدی

Terrestrial and Jovian planets:

سیارات منظومه شمسی بر اساس فاصله با خورشید به دو دسته سیارات زمینی یا درونی و ژوپیتری یا بیرونی تقسیم می‌شوند. سیارات درونی شامل عطارد، زهره، زمین و مریخ در دسته اول بوده و از نظر ابعاد کوچک و چگال و حاوی تعداد محدودی ماه هستند. سیارات بیرونی شامل مشتری، زحل، اورانوس و نپتون همگی سیارات گازی با چگالی پایین و تعداد زیادی حلقه و ماه هستند که به میزان زیادی شبیه به مشتری هستند.

Escape Velocity:

سرعت خروج حداقل سرعت مورد نیاز یک جرم آسمانی برای خروج از مدار یک سیاره و گرانش آن و ورود به فضا می‌باشد. سرعت خروج رابطه‌ی پررنگی با جرم و شعاع سیاره دارد، به نحوی که هرچه سیارات بزرگ‌تر باشند، سرعت خروج نیز بیشتر می‌شود.

Impact craters and Ejecta

گودال های برخوردی چاله هایی هستند که در سطح سیاره یا ماه ها به سبب برخورد اجرام آسمانی با آن ها رخ می دهد. در سطح سیاره ی مریخ و هم چنین کره ماه این چاله ها فراوان هستند و از طریق بررسی این گودال ها می توان به سن کره یا سیاره دست یافت. هم چنین، با برخورد سنگ های آسمانی به سطوح این اجرام، موادی که از سطح به فضا پرتاب می شوند گدازه یا ejecta نام دارند.

Differentiation

در علم نجوم، فرآیند تمایز فرآیندی نام دارد که در آن اجرام فضایی مانند سیارات بر اساس اختلاف چگالی اجزای تشکیل دهنده ی آن، لایه های مختلفی را تشکیل می دهند. در یک سیاره ی کاملاً تمایز یافته، موادی مانند فلزات در مرکز کره قرار گرفته و مواد سبک تر مانند یخ در لایه های بیرونی کره قرار می گیرند تا گوشته یا پوسته را تشکیل دهند.

Nuclear fusion

همجوشی هسته ای فرآیند ترکیب هسته های اتمی و تشکیل عناصر سنگین تر می باشد که با آزادسازی انرژی بسیار زیادی همراه است. در ستاره ها واکنش همجوشی هسته ای عمدتاً شامل تبدیل هسته ای هیدروژن به هلیوم و همجوشی هلیوم به کربن می باشد که انرژی زیادی به شکل نور و گرما تولید می کنند.

Stellar Evolution

چرخه‌ی حیات ستاره‌ها به میزان زیادی به جرم اولیه‌ی ستاره بستگی دارد. برای ستاره‌های با جرم کم و متوسط، چرخه حیات به شکل زیر است:

۱- ستاره اولیه (Protostar): با سقوط ذرات جامد و گازها و گرد و غبار بر اثر گرانش متقابل و انقباض ستاره اولیه شکل گرفته و انقباض سبب افزایش گرانش و افزایش سرعت چرخش و در نهایت، افزایش دمای ستاره می‌شود. این فرآیند تا رسیدن دمای ستاره به چند میلیون درجه سانتی گراد ادامه می‌یابد تا واکنش‌های همجوشی هسته‌ای آغاز شود.

۲- رشته اصلی (Main sequence): با آغاز واکنش‌های همجوشی هسته‌ای، ستاره وارد فاز رشته اصلی می‌شود. در این حین، هیدروژن همچنان به هلیوم تبدیل شده و انرژی فراوانی تولید کرده که نیروی گرانش را خنثی می‌کند. این مرحله از حیات ستاره، طولانی‌ترین مرحله‌ی زیست ستاره می‌باشد.

۳- سرخ اختر (Red giant): وقتی ستاره‌های با جرم کوچک تا متوسط مانند خورشید سوخت هیدروژن خود را به پایان می‌رسانند، منبسط و خنک می‌شوند و تبدیل به سرخ اختر می‌شوند. لایه‌های بیرونی ستاره به میزان زیادی انبساط یافته و هسته‌ی آن داغ شده و منقبض می‌شود. در هسته، هلیوم تبدیل به کربن و اکسیژن می‌شود.

۴- درخشش هلیومی (Helium flash): در نهایت دمای هسته‌ی ستاره به اندازه‌ای بالا می‌رود که همجوشی هلیومی به سرعت به پایان می‌رسد و فلش لحظه‌ای ایجاد می‌شود که نشان دهنده‌ی پایان مرحله‌ی سرخ اختر می‌باشد.

۵- شاخه‌ی مجانب (Asymptotic giant branch): پس از فلش هلیومی ستاره وارد مرحله شاخه مجانب شده و دائم بین همجوشی هیدروژن و هلیومی در اطراف هسته تغییر می‌کند. در این مرحله ستاره نور بیشتری ساطع کرده و میزان زیادی از جرم خود را از طریق بادهای خورشیدی از دست می‌دهد.

۶- سحابی ستاره‌ای (Planetary Nebula): در این مرحله هسته داغ ستاره سبب نورانی کردن مواد خارج شده و تشکیل سحابی می‌شود.

۷- کوتوله سفید (White dwarf): هسته‌ی باقی مانده ستاره که دیگر تحت همجوشی هسته‌ای نیست در این مرحله تبدیل به یک شی چگال و داغ و کوچک شده که طی میلیون‌ها سال خنک می‌شود.

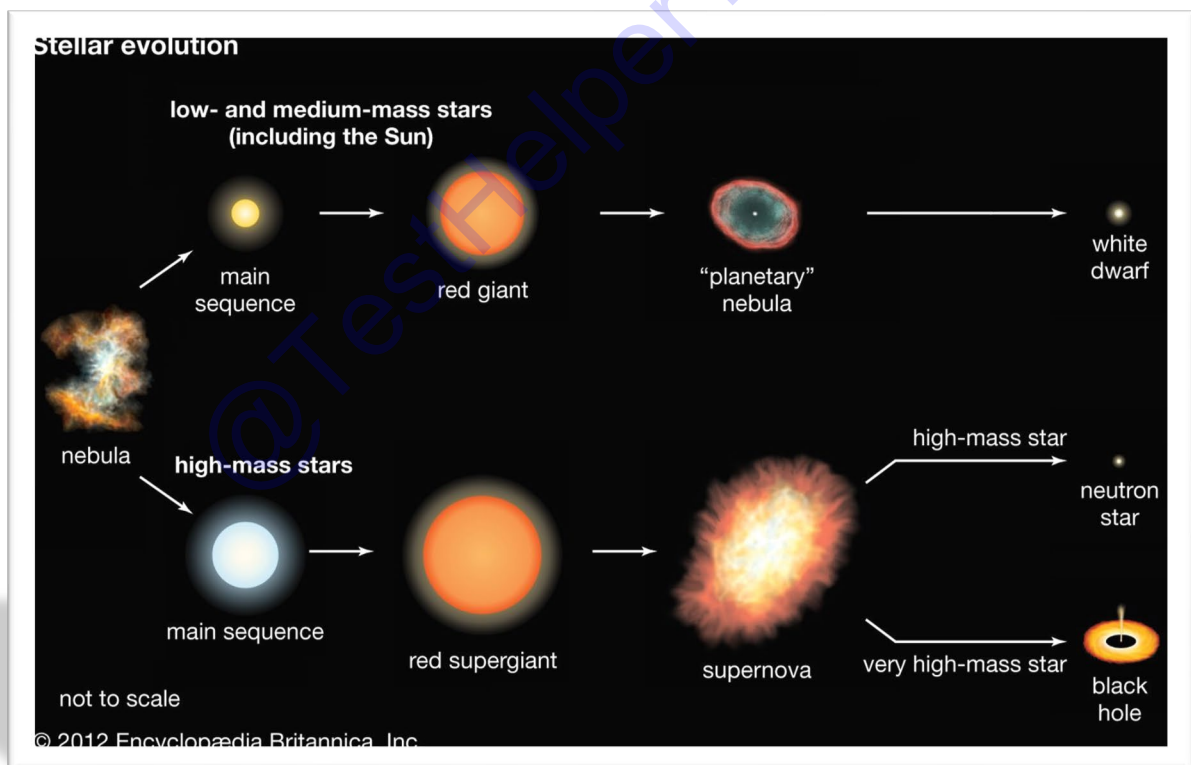
۸- کوتوله سیاه (Black dwarf): با پایان انتشار نور ستاره‌ی کوتوله سفید برای مدتی بسیار طولانی، این ستاره تبدیل به یک جرم سیاه خنک می‌شود.

برای ستاره های با جرم بسیار بالا یعنی بیش از ۸ برابر جرم خورشید، چرخه حیات به طریق متفاوتی می باشد:

۱- رشته اصلی: این مرحله برای ستاره های با جرم بالا به سبب نرخ بسیار بالاتر مصرف سوخت هیدروژن، با سرعت بیشتری به پایان می رسد. پس از پایان سوخت هسته ای ستاره، انبساط رخ داده و همجوشی هسته ای برای تبدیل عناصر به آهن آغاز می شود تا این ستاره ها به ابرغول پیکرها تبدیل شوند.

۲- ابراختر (Supernova): وقتی که هسته ای ستاره به آهن دسترسی می یابد، واکنش همجوشی هسته ای تولید انرژی خود را متوقف کرده، هسته سقوط کرده و ستاره با انفجار خود به شکل ابراختر مواد داخل خود را وارد فضا می کند.

۳- در آخرین مرحله، با توجه به جرم اولیه ستاره، این ستاره ی منفجر شده تبدیل به سیاهچاله (ستاره های با جرم بیش از ۲۵ برابر خورشید) یا ستاره نوترونی (ستاره های با جرم بین ۸ تا ۲۵ برابر خورشید) می شود. ستاره های نوترونی و سیاهچاله ها هر دو دارای چگالی بسیار زیاد می باشند، اما میزان چگالی سیاهچاله به حدی زیاد است که سبب ایجاد میدان گرانش شدید شده و حتی نور هم توانایی عبور از آن را ندارد، در نتیجه این سیاهچاله ها کاملاً از چشم عادی پنهان هستند.



شکل ۴- چرخه حیات ستاره ها

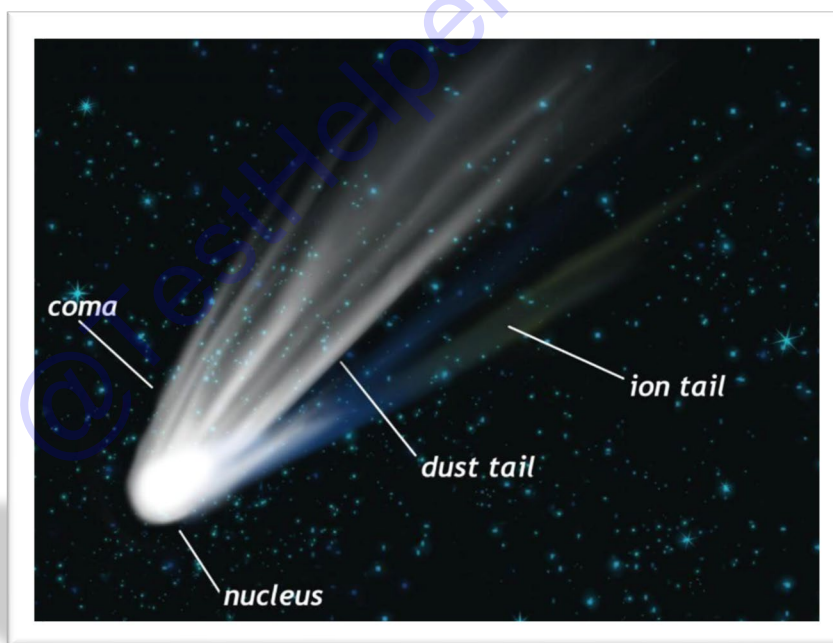
[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد چرخه ای حیات ستاره ها در اختیار شما قرار می دهد.

Comets

شهاب سنگ‌ها یا comet اجرام آسمانی هستند که بیشتر از یخ و سنگ تشکیل شده اند و در نتیجه با meteor ها متفاوت اند. شهاب سنگ‌ها حاوی هسته‌ی متشکل از آب، آمونیک و متان هستند که حدود چند کیلومتر قطر دارد. هاله گازی اطراف این شهاب سنگ‌ها در حین حرکت coma نام داشته و دارای دو دم غباری و یونی می‌باشند.

دم غباری (dust tail) به سبب ایجاد فشار توسط نور خورشید بر ذرات گرد و غبار در کما ایجاد شده و باعث هل دادن این مواد به سمت سر کما می‌شود. این دم، منحنی شکل و زردرنگ بوده تا میلیون‌ها کیلومتر از هسته می‌تواند ادامه پیدا کند.

از طرف دیگر، دم یونی (Ion tail) یا دم پلاسمایی بخاطر یونیزه شدن اتم‌های کما توسط انتشار امواج فرابنفش توسط خورشید ایجاد شده و در ارتباط با طوفان‌های خورشیدی (solar winds)، که طوفانی از ذرات باردار از سمت خورشید هستند، در جهت مخالف خورشید به حرکت در می‌آیند. این دم آبی رنگ و مستقیم بوده و تا میلیون‌ها کیلومتر می‌تواند از هسته فاصله بگیرد.



شکل ۵- بخش‌های مختلف شهاب سنگ

[این ویدیو](#) اطلاعات بیشتری در مورد شهاب‌سنگ‌ها در اختیار شما قرار می‌دهد.

Crater Categories

بر اساس مطالعات اخیر، طبقه بندی گسترده‌ای در مورد گودال های ایجاد شده بر اثر برخورد اجرام آسمانی با سطح سیاره‌ها یا ماه‌ها انجام شده است:

- گودال ساده: چاله های کوچک به شکل بشقاب هستند که دیواره های مسطح داشته و قطر نسبت به عمق بالایی دارند. این گودال‌ها رایج ترین نوع بوده و توسط برخورد های با سرعت پایین شکل می‌گیرند.
- گودال های پیچیده (complex craters): این چاله‌ها بزرگتر از مورد قبلی بوده و ساختار سطحی پیچیده تری دارند. کف آنها مسطح و بسیار عریض‌تر از گودال های ساده هستند.
- گودال چند حلقه‌ای (multi-ring basin): این موارد متشکل از چند حلقه‌ی هم مرکز و بسیار بزرگ بوده و توسط برخورد های بسیار بزرگ و با سرعت بالا ایجاد شده اند.
- گودال های نورانی (Rayed crater): این چاله‌ها دارای طیف های نوری بسیار روشن هستند که ناشی از مواد بازتابنده و ریزذره‌ی خروجی از چاله به سبب تصادف می‌باشند. این نورها به صورت شعاعی از درون چاله ساطع شده و گودال های بسیار جدیدتری نسبت به مواد قبلی هستند.
- گودال های ثانویه (Secondary crater): این چاله‌ها بر اثر برخورد خروجی ناشی از برخورد اولیه یک جرم فضایی با سطح ستاره یا سیاره تشکیل می‌شوند. در واقع در صورتی که شدت برخورد بسیار بالا باشد، میزان مواد خروجی و کنده شده از سطح ستاره یا سیاره به قدری زیاد است که می‌تواند مجدداً با سطح برخورد کرده و چاله جدید ایجاد کند.