مقدمه‌ای از

اختر شیمی

به درستی که در خلقت آسمانها و زمین و رفت و آمد شب و روز نشانه‌های روشنی برای خردمندان عالم است آنهایی که در هر حالت ایستاده، نشسته یا خفتن خدا را یاد می‌کنند و مداوم تفکر در خلقت آسمانها و زمین کرده و گویند: پروردگارا تو این دستگاه با عظمت را بیهوده نیافریده ای، پاک و منزهی، ما را به لطف خود از عذاب آتش دوزخ دور نگه دار.

(آل عمران آیه ۱۹۰و۱۹۱)

سرشناسه :
عنوان و نام پدیدآور : مقدمه‌ای از اخترشیمی/
مشصات نشر : شهرری: دانشیاران ایران،۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری :۲۰۰ص.
شابک : ط-ط-۶۵۱۷-۶۰۰-۹۷۸.
وضعیت فهرست نویسی : فیپا.
یادداشت :
موضوع :
موضوع :
رده‌بندی دیویی :
شماره کتابشناسی ملی :

مقدمه‌ای از اخترشیمی

مؤلف: **مهدی دانشیار- محمد روفچائی**
ناشر: **انتشارات دانشیاران ایران**
ناشر همکار: **معارف معنوی**
طراح جلد: **سجاد جویا**
صفحه‌آرایی: **قاسمی (رها)**
نوبت چاپ: **اول ۱۳۹۳**
شابک: **۹۷۸-۶۰۰-۶۵۱۷-۱۰-۰**
قیمت : **تومان**
شمارگان: **۱۰۰۰ نسخه**

آدرس: میدان آرژانتین، ابتدای خیابان احمد قصیر، خیابان شانزدهم، پلاک ۱۳، طبقه سوم،
واحد ٦ تلفن: ۸۸۷۳٦٤٤۷- ۰۲۱ ۰۹۱۹۸۲٦۷۱٤٥

m.roofchaee@gmail.com
AsemaneAzim@yahoo.com
فروش اینترنتی : www.bootek.ir
info@bootek.ir

هیچ چیز ثابت و بر جای نیست — جمله در تغییر و سیر سرمدی است

ذره‌ها پیوسته شد با ذره‌ها — تا پدید آید همه ارض و سماء

تا که ما آن جمله را بشناختیم — بهر هر یک اسم و معنی ساختیم

ذره‌ها از یکدیگر بگسسته شد — باز با شکل دگر پیوسته شد

ذره‌ها بینم که از ترکیبشان — صد هزاران آفتاب آمد عیان

صد هزاران نظم و آئین خدا — علت صوری این خورشیدها

باز این خورشید آئین‌ها — برگرفته سوی گرداب فنا

ای زمین پست بی قدر و بها — با تمام برها و بحرها

آنچه داری در طریق کهکشان — از ثوابت یا که از سیارگان

جملگی ترکیبشان زین ذره‌ها — تا که روزی می‌شوید از هم جدا

مولانا

سخن ناشر

[اَفَلا یَنْظُرُونَ اِلَی الْاِبِلِ کَیْفَ خُلِقَتْ * وَ اِلَی السَّمآءِ کَیْفَ رُفِعَتْ]

خداوند عظیم در کتاب کریمش در جای جای بحث پیرامون عظمت الهی و به رخ کشیدن عظمت لایناهی خود مساله نجوم را پیش می کشد و خاطر نشان می کند که برای شهود عظمت الهی کافیست به بالای سر خود بنگرید تا متوجه شوید که این عظمت و این طبیعت زیبا باطل آفریده نشده و نشان از حقیقتی بزرگ دارد.

[فَلآ اُقْسِمُ بِمَواقِعَ النُّجُومِ * وِ اِنَّهُ لَقَسَمٌ لَوْ تَعْلَمُونَ عَظِیمٌ]

و در قرآن کریم امر می کند که برای پی بردن به حقانیت وحی به طبیعت بنگرید و دنبال علوم پایه باشید به کیفیت خلقت جانداران مثل شتر نگاه کنید و یا به چگونگی خلقت آسمانها و ستارگان و یا طریق بر افراشته شدن کوهها و یا تسطیح کره زمین که این‌ها ریشه‌های علوم پایه اعم از زیست ، نجوم ، زمین شناسی و ریاضیات است که سفارش مؤکد به تحقیق پیراون آنها شده و امر شده که بگردید و ببنید خلقت از کجا آغاز شده است. پس تحقیق پیرامون علم نجوم از اوامر الهیست و موضوعی مقدس محسوب می شود.

این کتاب که به همت مرکز نجوم آستان مقدس حضرت عبدالعظیم (ع) به زیور طبع مزین می شود اولین تألیف به زبان فارسی در حوزه شاخه ای از علم نجوم با عنوان «اختر شیمی» می باشد. که از دیدگاه شیمی به نجوم می نگرد. و نحوه تولید عناصر و ترکیب آنها چگونگی بوجود آمدن منشاء حیات بحث می کند. این کتاب با بهره گیری از متون علمی و در عین حال نه زیاد پیچیده زمینه را برای پژوهش‌های آتی علاقمندان که زمینه ای در حوزه علم شیمی و اختر شناسی دارند فراهم می آورد تا انشاءالله شاهد گسترش این شاخه از علم نجوم که شاخه ای جدید نیز محسوب می شود در آینده نزدیک باشیم. در اینجا لازم می دانم از بذل عنایات رئیس محترم مرکز نجوم آستان مقدس جناب حجه الاسلام و المسلمین تقدیری که تمهیدات چاپ این اثر را فراهم نمودند و همچنین از زحمات سرکار خانم فاطمه سلیمانی ، سرکار خانم معصومه قاسمی و جناب آقای سجاد جویا که در صفحه آرائی و طراحی جلد ما را یاری کردند قدردانی نمایم. به امید ارائه تألیفات ارزشمند دیگر در حوزه علم ستاره شناسی و علوم پایه.

شهرری – اسفند ۱۳۹۱

فهرست مطالب

مقدمه ۱۱

فصل ۱: انفجاربزرگ ۱۳

معرفی چند ذره زیر اتمی ۱۵

لپتون‌ها ۱۷

هادرون‌ها ۱۸

مزون‌ها ۱۸

ماده و پاد ماده ۱۹

چرا جهان از ماده است ۱۹

نیروی اساسی در طبیعت ۲۰

۱- نیروی الکترومغناطیس ۲۰

۲- نیروی گرانش ۲۰

۳- نیروی پیوندهای هسته‌ای قوی ۲۰

۴-نیروی هسته‌ای ضعیف ۲۱

هلیوم و دوتریوم ۲۱

تابش تشعشعات کیهانی ۲۳

کهکشان‌ها ۲۴

کهکشان بیضوی ۲۵

کهکشان مارپیچی ۲۶
کهکشان مارپیچی میله‌ای ۲۷
کهکشان نا منظم ۲۷
کهکشان‌های فعال ۲۸
اختروش‌ها ۲۸
کهکشان انفجاری (کوازارها) ۲۹
کهکشان سیفرت ۳۰
کهکشان رادیویی ۳۱
خوشه‌های کهکشانی ۳۲
قوانین دوپلر ۳۲
انتقال به سرخ یا انتقال به آبی ۳۳
معمای ماده تاریک ۳۴
اینیشتین و علم کیهان شناسی ۳۶
نسبیت عام ۳۶
نسبیت خاص ۳۷
پایان کیهان ۳۷
عالم باز ۳۷
عالم بسته ۳۷

فصل ۲: تولد ستاره ۳۹

تولید عناصر سبکتر از آهن در ستارگان ۳۹
تولید عناصر سنگین‌تر از آهن ۴۰
زنجیره پروتون – پروتون ۴۱
چرخ CNO ۴۲
ستاره‌هایی با جرم سنگین‌تر از جرم خورشید ۴۳
چند نکته در مورد عناصر موجود در کیهان ۴۴
شکل‌گیری منظومه‌شمسی ۴۵
جو سیارات ۴۷

فصل۳: حیات ۵۱

نظریه‌های مربوط به حیات ۵۳

نظریه پیتزای بنیادین..... ۵۵
فرضیه کریستال بنیادین..... ۵۵
کشف DNA و تحول نظریات..... ۵۵
کشف RNA..... ۵۶
در جستجوی حیات فرازمینی..... ۵۸
بیولوژی سیاره‌ای..... ۵۹
۱- زمین زیستی‌ها..... ۶۰
۲- دگر زیستی‌ها..... ۶۰
جستجو در کدامین ستارگان..... ۶۱

فصل ۴: ستارگان..... ٦٥

روش‌های پیدا کردن ستارگان..... ۶۵
مختصات‌های سماوی..... ۶۶
قدر ستارگان..... ۶۷
قدر مطلق..... ۶۷
سرعت و حرکت ستارگان..... ۶۹
تابش ستارگان..... ۶۹
جو ستارگان..... ۷۱
چگونگی کاووش در جو ستارگان..... ۷۱
آیا ماده موجود در جو می‌تواند از حالات و هسته‌های تولیدی در درون ستاره اطلاعی به ما بدهد..... ۷۲

فصل ۵: ساختار وتحول ستارگان..... ۷۵

فضای میان ستاره‌ای..... ۷۵
طبقه‌بندی ستارگان..... ۷۸
سحابیها به چهار گونه‌اند..... ۷۹
۱- سحابیهای گسیلی «emissionnebulae»..... ۷۹
۲- سحابی بازتابی (reflection Aebulou)..... ۸۲
۳- سحابیهای تاریک (Darknebulae)..... ۸۳
۴- سحابیهای سیاره‌ای (planetally)..... ۸۴
امواج CMB « امواج زمینه کیهان »..... ۸۵

۸ ..... مقدمه‌ای از اخترشیمی

فصل ۶: ردیابی مولکول‌های در محیط‌های میان ستارای..... ۸۹

طیف‌های ارتعاشی ۸۹
مولکول‌های هیدروژن.....۹۰
قرمز شوندگی نور ستارگان.....۹۰
سحابیهای تاریک و تیرگی کلی ۹۱
قرمزشوندگی میان ستاره‌ای.....۹۳

فصل۷: بررسی وجود ترکیبات ملکولی شیمیایی در فضای میان ستاره‌ای..... ۹۵

روند مراحل هریک ستاره با توجه به نمودار هرتزسپرونگ – راسل ۹۵
بررسی وجود ترکیبات کربن دار در فضای میان ستاره‌ای ۹۶
کربن در فضای میان ستاره‌ای.....۹۶
مراحل پایانی تحول ستاره‌ها ۹۷
کوتوله‌های سفید ۹۸
ابرنواختران،ستاره‌های نوترونی،سیاه چاله‌ها ۱۰۰
نواختران.....۱۰۲
خروج ماده از ستاره‌ها به روش‌های غیرانفجاری.....۱۰۳
الف – ستاره‌های پوشش دار.....۱۰۳
ب – ستاره‌های ولف – رایت.....۱۰۴
ج- ستاره‌های غول قرمز ۱۰۴
ترکیبات کربن دار در فضای میان ستاره‌ای.....۱۰۵
چگالش بخار کربن خالص ۱۰۵
« چگالش بخار کربن در حضور هیدروژن ».....۱۰۶
چگالش بخار کربن در حضور هیدروژن و نیتروژن.....۱۰۶
مولکول‌های زنجیره‌ای کربن دار در فضای میان ستاره‌ای ۱۰۸
مولکول‌های هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای در فضای میان ستاره‌ای.....۱۱۲
مقایسهٔ طیف مولکول کربن با طیف $HD۴۴۱۷۹, NGC۷۰۲۷$ که در آن N_C فراوانی ۱۱۵
غبار کربن در فضای میان ستاره‌ای.....۱۱۶
وجود همزمان زنجیره‌های کربن، فولرنها و ذرات کربن ۱۱۷
آیا مولکول $C_{۶۰}$ واقعاً در فضای میان ستاره‌ای وجود دارد؟ ۱۱۸

فصل ۸: زادگاه مولکول‌های حیات..... ۱۱۹
بین ستاره‌ها..... ۱۲۰
مولکول‌های آلی در منظومه‌شمسی..... ۱۲۲
غبار بین سیاره‌ای و دنباله‌دارها..... ۱۲۴
اجسام سرشار از مواد آلی در منظومه‌شمسی..... ۱۲۵
بازیگران تازه صحنه..... ۱۲۷
نتیجه‌گیری در مورد حیات..... ۱۲۹
حیات در مریخ..... ۱۳۰
مریخ نورد..... ۱۴۰
تیتان، قمر شگفت‌انگیز..... ۱۴۱
نور خورشید و ابرهای تیتان..... ۱۴۳
لایه‌های مختلف تیتان..... ۱۴۶
زمین دیگر؟..... ۱۴۷

فصل ۹: پان اسپرمیا..... ۱۴۹
هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای..... ۱۵۴
میکروفسیل‌های میله‌ای شکل..... ۱۵۵
شهاب سنگ آلندی..... ۱۵۶
شهاب سنگ نخله..... ۱۵۸
شهاب سنگ مورای..... ۱۶۰
شهاب سنگ شرگوتی..... ۱۶۰
چگونه می‌توان شهاب سنگها را ردیابی یا کشف نمود؟..... ۱۶۰
ردیابی شهاب سنگ‌ها..... ۱۶۱
خرده ریزهای منظومهٔ شمسی..... ۱۶۲
شهاب‌سنگ کجا افتاد؟..... ۱۶۴
آیا این سنگ شهاب‌سنگ است؟..... ۱۶۷
یادتان باشد..... ۱۷۰
از اعماق آسمان تا تویسرکان..... ۱۷۰
امواج کیهانی..... ۱۷۱

۱۰ ..... مقدمه‌ای از اخترشیمی

فصل ۱۰: حیات در بیرون از منظومه شمسی..... ۱۷۳

ستاره‌های مناسب برای حیات.....۱۷۶

سیارات مناسب ۱۸۱

ضمائم ۱۸۹

منابع ۱۹۹

مقدمه

اخترشیمی علمی دقیق و بسیار شگفت‌انگیز و با زبانی خاص است که حوزه علم شیمی را در ستاره‌شناسی بسط می‌دهد و جلوه‌ای از کاربردهای علم شیمی در ستاره‌شناسی می‌باشد. علم ستاره‌شناسی علمی است که دریچه‌ای به سوی اکثر علوم پایه و مهندسی دارد و اندیشمندان می‌توانند در هر علم پایه راهی به سوی آن داشته باشند به عنوان مثال کاربردهای علم ریاضیات، نجوم محاسباتی و کاربردهای فیزیک در آن اختر فیزیک را می‌آفریند و کاربرد علوم مختلف مهندسی از جمله کامپیوتر، برق، الکترونیک، مخابرات به ترتیب، نجوم محاسباتی مدرن با رصدخانه‌های مجازی، نجوم رادیوئی و.... را به همراه می‌آورد. پس لاجرم یکی از موارد کاربرد علوم پایه در نجوم دریچه ایست که از سوی علم شیمی به نجوم باز می‌شود. علم اختر شیمی از پیدایش در علم کیهان‌شناسی آغاز و در علم ساختار و تحول ستارگان بصورت شیمی و فیزیک پیش می‌رود و به آستروزیست و جستجوی چگونگی پیدایش حیات منتهی می‌گردد.

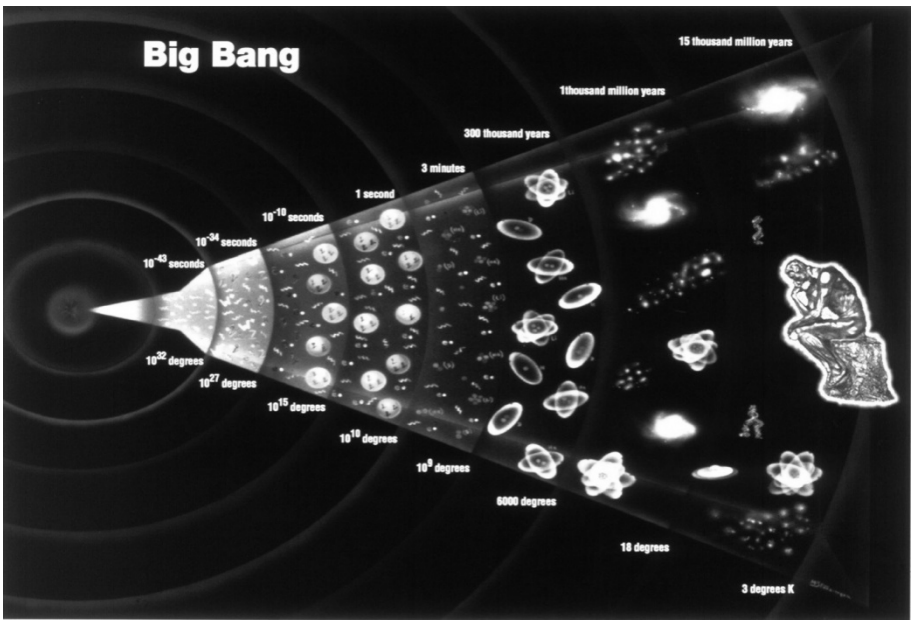
پس گستره علم اختر شیمی بازه بزرگی از علم ستاره‌شناسی را در خود دارد بحث از انفجار *Big Bang* و چگونگی تکوین اتمها و ملکول‌های هیدروژن ، هلیوم ، لیتیوم و بحث پیرامون چگونگی جذب و ترکیب این ملکول‌ها و به وجود آمدن ستارگان، کهکشان‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای بحث پیرامون سیر تحولی ستارگان نواختران فروزان در آسمان، بحث پیرامون محیط‌های میان ستاره‌ای که محیط‌هایی بغایت سرد و رقیقند با استفاده از ابزار طیف سنجی، چرا که تنها شاهد گویای ستارگان و حکایت کننده چگونگی فرم ملکول‌ها و اتمهای موجود در آسمان است و بالاخره بحث پیرامون ابرهای میان ستاره‌ای که منجر به پیدایش حیات می‌شوند.

پس غایت علم اختر شیمی، اختر زیست و جستجوی حیات در کائنات است پس به مواردی که مظنون به هدایت و انتقال حیات هستند چون ستارگان دنباله‌دار با شهاب‌سنگ‌ها نیز می‌پردازد. و درباره شیمی حاکم بر آنها کاووش می‌کند چرا که تنها روزنه دستیابی ما به اسرار کائنات، با انوار حاصله از ستارگان است با پیام‌آوران کائنات، شهاب سنگی و دنباله‌دارها و همچنین شیمی حاکم بر سیارات منظومه‌شمسی که زمین از جمله آنهاست و جستجوی زمینه‌های حیات در آن‌ها و پرداختن به قمر اسرار آمیز تیتان در حول سیاره زیبای زحل که مظنون زمین آنها به آغاز حیات است از مواردیست که جای دارد که در علم اختر شیمی مورد ارزیابی علمی و پژوهشی قرار می گیرد.

فصل ۱

انفجار بزرگ

طی تحقیقات دانشمندان، جهان ۱۳/۷ میلیارد سال قبل، از ابعادی به اندازهه یک هسته اتم شاید هم کوچکتر طی انفجاری بزرگ به نام (*BigBang*) به وجود آمده است.



تمام انرژی و ماده درون کیهان پس از این انفجار شکل گرفته است. در ثانیه‌های اولیه خلقت عالم انرژی وجود داشته است. اولین ذرات بر اثر واکنش میان اشعه گاما، فوتون و نوترینوها به وجود آمده‌اند. ماده اولیه کیهانی به صورت ذرات بنیادی با یکدیگر در یک نقطه ادغام شده و در لحظه انفجار، انرژی بسیار گسترده‌ای به کیهان حاکم می‌شود که باعث انبساط سریع آن می‌شدند. در همان لحظه‌های اولیه، اولین ذرات بنیادی پدید آمدند سپس با سرد شدن و انبساط کیهان ذرات دیگری شکل گرفتند. هر ذره بر اثر واکنش به ذرات دیگر تبدیل می‌شوند. برای مثال پروتون‌ها و نوترون‌ها به صورت مستقیم به وجود نیامده بلکه از پیوستن کوارک‌ها به وجود آمده‌اند.

با گذشت ۳ دقیقه از انفجار و با کاهش دمای اولیه ساخت و ساز هسته‌ی اتم‌ها شروع شد. پروتون‌ها و نوترون‌ها با یکدیگر واکنش دادند و محصول آن ایزوتوپ دوم هیدورژن دوترون (دوتریوم) می‌باشد.

$$P^{+} + N^{\circ} \rightleftarrows D$$

سپس دوتریوم به دست آمده از واکنش بالا با پروتون و نوترون واکنش می‌دهد.

$$D + P \rightarrow {}^{3}_{2}He + \gamma$$

$$D + N \rightarrow T + \gamma$$

حاصل واکنش بین دوترون و پروتون ایزوتوپ دوم هلیوم می‌باشد. و واکنش میان دوترون و نوترون ایروتوپ سوم هیدورژن تریتیوم ${}^{3}_{1}H$ است.

هیدورژن ۳ (تریتیوم) بسیار ناپایدار بوده عمر آن ۱۲ سال می‌باشد و تبدیل به هلیوم ۳، و یک الکترون و یک نوترینو می‌شود.

$${}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + \bar{e} + \bar{\nu}e$$

در ادامه هسته پایدار هلیوم ۴ بر اثر واکنش‌های تشکیل می‌شود.

$$P + {}^{۳}He \rightarrow {}^{۴}He + \gamma$$

$$N + {}^{۳}He \rightarrow {}^{۴}He + \gamma$$

$${}^{۳}He + {}^{۳}He \rightarrow {}^{۴}_{۱}H + ۲p + \gamma$$

در این صورت زنجیر شکل‌گیری عناصر متوقف می‌شوند در حقیقت هیچ عنصر پایداری به جرم ۵ و ۸ وجود ندارد. این ایزو توپ‌ها بسیار ناپایدار بوده و به سرعت از بین می‌روند ولی واکنش میان هلیوم و هیدورژن،هلیوم و هلیوم تشکیل لیتیوم و برلیوم می‌دهد.

$${}^{۳}_{۱}He + {}^{۴}_{۱}H \rightarrow {}^{۷}_{۳}Li + \gamma$$

$${}^{۳}_{۲}He + {}^{۴}_{۲}He \rightarrow {}^{۷}_{۴}Be + \gamma$$

با گذشت ۳۰۰ هزار سال و با کاهش دمای کیهان اولین اتم‌ها شکل گرفتند. پروتون و الکترون با یکدیگر واکنش داده و اتم خنثی هیدروژن را به وجود آوردند.

$$p^{+} + e^{-} \rightarrow H^{۰}$$

سپس با واکنش ۲ اتم خنثی هیدروژن اولین مولکول ۲ اتمی شکل گرفت.

$$H^{۰} + H^{۰} \rightarrow H_{۲}$$

در ادامه تشکیل عناصر جدیدتر به شکل کنونی نمی‌تواند ادامه داشته باشد و عناصر بالاتر از لیتیوم در هسته ستارگان و هم جوشی آن‌ها صورت می‌گیرد و باعث تشکیل عناصر جدیدتر می‌شوند.

معرفی چند ذره زیر اتمی

کوارک‌ها:هر چه تحقیقات روی هسته اتم‌ها انجام می‌شد دانشمندان به ساختار جدیدتری

می‌رسیدند. مدت‌های زیادی این طور تصور می‌شد که پروتونها و نوترونها ذرات بنیادی هستند ولی تحقیقات بیشتر نشان داد که پروتونها و نوترونها نیز از ذرات دیگری به نام کوارک ساخته شده‌اند.کوارک‌ها نظیر الکترون‌ها و پروتون‌ها دارای بارالکتریکی می‌باشند.تاکنون ۶نوع کوارک متفاوت کشف شده است که فقط ۲ نوع از آنها در تشکیل مواد پایدار معمولی نقش دارند(کوارک dوu)

کوارک *Bootom: B* (ته)

کوارک *Charm: C* (افسون)

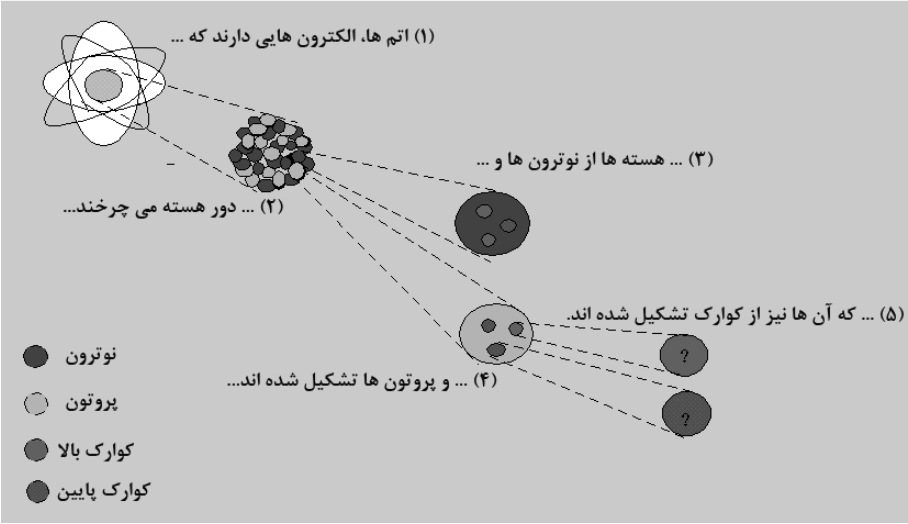
کوارک *Down: D* (پایین)

کوارک *Strange: S* (شگفت)

کوارک *Top: T* (سر)

کوارک *Up: U* (بالا)

علاوه بر بار الکتریکی از خواص دیگر آنها به نام رنگ استفاده می‌شود.کوارک‌ها در سه رنگ آبی،قرمز،سبز طبقه‌بندی می‌شوند که این رنگ‌ها را نباید رنگ حقیقی تصور کرد بلکه منظور نوع بار الکتریکی آنهاست.اگر سه کوارک با این سه رنگ کنار هم قرار گیرند رنگ سفید حاصل می‌شود پس باید گفت ذرات آزاد معلق در طبیعت دارای رنگ خنثی سفید می‌باشند.یک پروتون از دو کوارک بالا و یک کوارک پایین تشکیل شده است و یک نوترون از یک کوارک بالا و دو کوارک پایین به وجود می‌آید.برای مثال می‌توان گفت مجموع کوارک سبز،قرمز،آبی یک پروتون می‌باشند.کوارک‌ها هیچ گاه به تنهایی نقشی ندارند بلکه اگر در گروه دوتایی قرار بگیرند مزون و اگر در گروه سه تایی قرار بگیرند باریون می‌باشند.



کوارک یک ذره بنیادی و بخش اساسی سازنده ماده است

گلوئن‌ها: باعث نگه داشتن کوارک‌ها در کنار یکدیگر می‌شوند.

لپتون‌ها

این ذره بنیادی در واکنش الکترومغناطیس، پیوند هسته‌ای ضعیف و گرانش شرکت می‌کند ولی در پیوند هسته‌ای قوی شرکت نمی‌کنند. این ذرات بنیادی سبک عمده چگالی جهان را تشکیل می‌دادند.

لپتون‌ها شامل ۳ دسته‌ی الکترون و نوترینوی الکترون، ذره تاو و نوترنیوی تاو، موئون و نوترینوی موئون می‌باشند. ولی همان طور که جهان سرد و منبسط می‌شد اکثر لپتون‌ها نابود شدند.

لپتونها		پاد لپتونها	
نماد	نام	نماد	نام
e^-	الکترون	e^+	پوزیترون
νe	نوترینوی الکترون	$\bar{\nu} e$	پادنوترینوی الکترونی
$\nu \tau$	نوترینوی تاو	$\bar{\nu} \tau$	پاد نوترینوی تاو
τ^-	تاو منفی	τ^+	پاد تاو
μ^-	موئون	μ^+	پاد موئون
ν_μ	نوترینوی موئون	$\bar{\nu}_\mu$	پاد نوترینوی موئون

هادرون‌ها

ذراتی هستند که از کوارک‌ها ساخته شده‌اند که به گروه (مزون‌ها و باریون‌ها) تقسیم می‌شوند. دوره هادرونی از $۱۰^{-۶}$ تا $۱۰^{-۵}$ ثانیه بعد از انفجار بزرگ می‌باشد. تا قبل از دوره هادرونی کوارک‌ها نظیر ذرات آزاد رفتار می‌کردند ولی کوارک‌ها هادرون‌ها را به وجود آوردند و در پایان عصر هادرونی، هادرون‌ها از بین رفتند و پرتونها و نوترونها باقی ماندند.
باریون: به ذراتی سنگین که از سه کوارک تشکیل شده‌اند. که پایداری آنها بیشتر از مزون‌ها است.

مزون‌ها

به ذراتی که از دو کوارک تشکیل شده‌اند که از یک کوارک و یک پاد کوارک می‌باشند. طول عمر این ذرات کوتاه می‌باشد. مزون‌ها در فرایندهایی که هسته‌های اتمی را به هم نگه می‌دارند مشارکت دارند. مزون‌ها به سه دسته اصلی منفی، مثبت و صفر تقسیم‌بندی می‌شوند.

نماد مزون‌ها	ترکیب کوارکی
π^+	$\bar{d}u$
π^0	$\bar{u}u$
π^-	$\bar{u}d$
p^+	$\bar{d}u$
p^0	$\bar{u}u$
p^-	$\bar{u}d$
K	$\bar{u}s$
B^-	$\bar{u}b$
B^0	$\bar{d}b$

بوزون‌ها:ذرات حامل نیرو هستند. بوزون‌ها w و z برای نیروهای ضعیف، گلوئن‌ها برای نیروهای قوی و گراویتون‌ها نیروی گرانش را حمل می‌کنند.

ماده و پاد ماده

یکی از کشفیات بسیار جالب پاد ماده است. برای هر ذره بنیادی یک ذره دیگری به نام پاد ماده وجود دارد. ذرات ماده با ذرات ضد ماده یکسان هستند و فقط بار آنها متفاوت است. به عنوان مثال پاد ماده الکترون، پوزیترون است. الکترون ذره‌ای با بار منفی ولی پوزیترون ذره‌ای با بار مثبت است. هر ذره در طبیعت همراه با پاد ذره‌اش به وجود آمده و از بین می‌رود و برخورد بین این دو منجر به انرژی می‌شود.

چرا جهان از ماده است

پس از انفجار بیگ بنگ جهان سریع تورم و انبساط کرده این تورم ماده و پاد ماده را به وجود آورد. مقدار ماده و پاد ماده با یکدیگر حدوداً برابری می‌کردند به طوری که به ازای هر ۱۰۰۰ ماده تولید شده ۹۹۹ پاد ماده وجود داشته و این عدم توازن باعث شد ماده نسبت

به پاد ماده پیروز شود و جهان ما را ماده تشکیل دهد. در جهان کنونی پادماده وجود ندارد به علت اینکه سریعاً بر اثر برخورد با ماده از بین می‌رود ولی در مرکز تحقیقاتی سرن طی عملیاتی پاد ماده ساخته می‌شود ولی با عمر بسیار کوتاه و هزینه‌های زیاد.

نیروی اساسی در طبیعت

هنگامی که عالم در حال سرد شدن و انبساط بود ۴ نیروی اولیه: ۱- الکترومغناطیس ۲- گرانش ۳- نیروی پیوندهای هسته‌ای قوی ۴- نیروی پیوندهای هسته‌ای ضعیت به وجود آمدند.

۱- نیروی الکترومغناطیس

این نیرو بر ذرات بار دار و ذرات بار داری که در میدان مغناطیسی در حال حرکت هستند وارد می‌شود. این امواج توسط فتون‌ها حمل و می‌توانند از میان فضا و ماده عبور کنند که این تابش با سرعت نور حرکت می‌کند. این امواج شامل پرتو گاما کوتاه‌ترین و پر انرژی‌ترین طول موج تا امواج رادیویی کم انرژی‌ترین و بلندترین طول موج است.

۲- نیروی گرانش

نیرویی که میان اجرامی که دارای جرم می‌باشند وجود دارد. مانند سیارات، ستاره‌ها، کهکشان‌ها و...

۳- نیروی پیوندهای هسته‌ای قوی

نیروی هسته‌ای قوی در فواصل کوتاه کارایی دارد. این نیرو میان چند کوارک بر قرار می‌شود. که باعث می‌شود کوارک‌ها به درون پروتون‌ها و نوترون‌ها پرت نشوند. این نیرو توسط گلوئون‌ها بین کوارکها اعمال می‌شود. یا پروتون‌های آزاد هیچ‌گاه خود به خود برای تشکیل هسته کنار یکدیگر نخواهند آمد و زمانی این اتفاق می‌افتد که پروتون‌ها با سرعت زیاد به یکدیگر برخورد کنند و نیروی قوی هسته‌ای آنها را به یکدیگر متصل خواهد کرد.

۴-نیروی هسته‌ای ضعیف

این نیرو، که توسط فرمی پیشنهاد شد، نیروی است که در تلاشی پروتون به نوترون و نوترون به پروتون نقش دارد و تابع موج این دو ذره را به یکدیگر تبدیل می‌کند، این نیرو در گسیل ذره B نقش اساسی بازی می‌کند، البته مباحثی چون نقض پارتیه و مساله ذره هیگزهم از پیامدهای پرداختن به این نیروی مرموز می‌باشد، که توسط عبدالسلام پیشنهاد و اثبات و اتحاد آن با نیروی الکترومغناطیس داده شد.

هلیوم و دوتریوم

همان طور که می‌دانیم دسترسی مستقیم به مواد موجود در عالم به سادگی میسر نیست و بشر فقط فعلاً در حد دستیابی به کانیهایی از کره ماه یا مریخ و یا تحقیق بر روی شهاب‌سنگ‌ها اطلاعات دارد.دانشمندان با دسترسی مستقیم به این مواد، نوع مواد و همچنین درصد فراوانی آنها را مورد تحقیق قرار دادند ولی تفاوت خاصی بین این ترکیبات با ترکیبات زمینی وجود ندارد.

اما اکثر تحقیقات ستاره‌شناسان، در طیف گسیلی از ستارگان است چرا که تنها چیزی که از آنها در دسترس ماست همین طیف است و جالب آن است که همین طیف حکایات فراوانی از عناصر تشعشعی خود را با خود به همراه دارد، چرا که هر عنصری در دمای معین طیف خاصی از خود گسیل می‌کند که آن طیف فقط متعلق به همان عنصر است و به مثابه اثر انگشت می‌باشد در انسانها، چگونه با تمام کثرت نفوس یک اثر انگشت مشابه یافت نمی‌شود، پس با توجه به تعداد عناصر و ملکولها و یونها نیز هیچ طیف مشابهی از هر نظر در آنها وجود ندارد پس هر طیفی نماینده یک عنصر است، پس با آنالیز و طیف سنجی می‌توان نور ستارگان را تفکیک و مواد موجود در کائنات را معین نمود.

با تحقیقات انجام شده، عمده ماده موجود در کائنات هیدروژن و هلیوم تشخیص و حتی نسبت این دو نسبت به هم معین می‌شد. نسبت این دو عنصر در ستارگان و حتی محیط‌های میان ستاره‌ای متفاوت است چرا که در درون ستارگان به علت فعالیتهای

همجوشی هسته‌ای دائما عناصر سبکی چون هیدروژن به هلیوم و هلیوم به کربن و همین طور به عناصر سنگین دیگر مبدل می‌شود به طوریکه در ستارگان جوانتر درصد هیدروژن و هلیوم بیشتر و در ستارگان پیر این نسبت کمتر میباشد و این نسبت در محیط‌های میان ستاره‌ای و سحابیها که هیچ‌گونه فرایند همجوشی در آنها اتفاق نمی‌افتد، همواره ثابت و متفاوت می‌باشد.

از آنچه در جهان حاصل شد حدود ۲۵ درصد عناصر موجود در کائنات هلیوم، ۲ درصد عناصر سنگین و مابقی هیدروژن می‌باشد اما آنچه قابل توجه است این است که با توجه به تعداد ستارگان در آسمان مقدار هلیوم در کائنات بسیار بیشتر از حد مورد محاسبه است و ستارگان حدود ۱۰ درصد این مقدار را می‌توانند به وجود آورند، مابقی این هلیوم از کجا تامین شده است؟

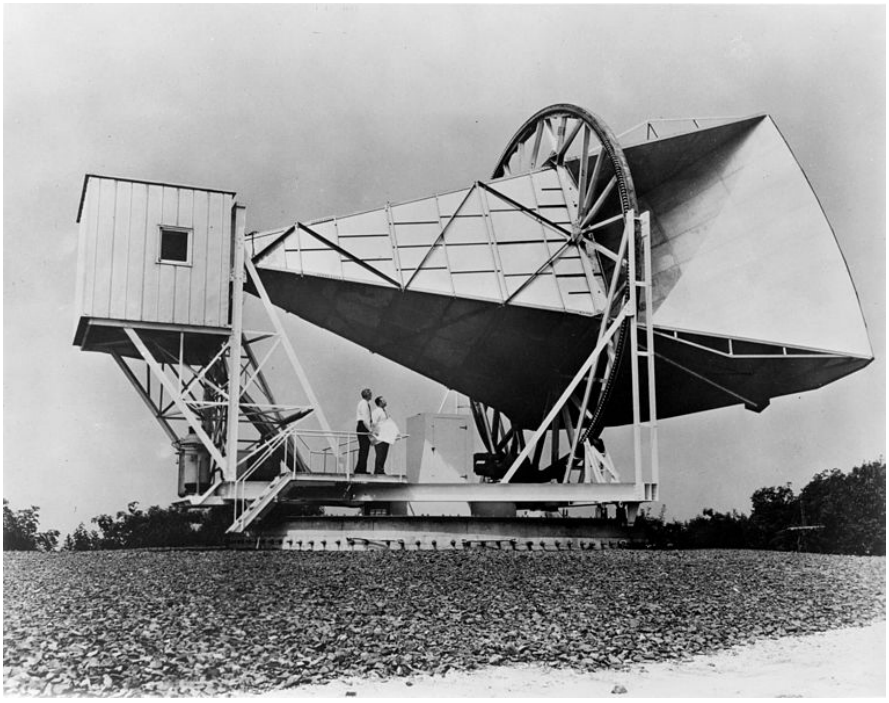
اکثر اندیشمندانی که در پی توجیه این مساله بودند متد بیگ بنگ را لحاظ نموده و توضیح داده اند، علاوه بر هلیوم، دوتریوم نیز از جمله عناصر بحث بر انگیز کائنات است. دوتریوم که از ایزوتوپهای هیدروژن است، هسته‌ای هیدروژنی که یک نوترون اضافه دارد. پیدا نمودن این عنصر در ستارگان بسیار بعید است چرا که با اینکه در ستارگان تولید میشود ولی ساختارش به گونه‌ای است که زود به هلیوم مبدل می‌شود.

$$N + p \rightarrow D + \gamma$$

$$D + n \rightarrow T + \gamma$$

که T نمادعنصر تیرتیوم است که همانگونه که ملاحظه می‌شود در ستارگان در کسری از ثانیه به هلیوم یا عناصر دیگر مبدل میشود، می‌توان به جرات گفت روند تولید و ماندن آن در کائنات به صفر گرایش دارد ولی در محیطهایی موجود است، که وجود آن به آغاز پیدایش جهان وابسته است و کاهش سریع دما به مرور زمان بر اثر واکنش $n+p$ دوتریوم را تشکیل داده که نابود نشده است. محاسبات نشان می‌دهند که فراوانی دوتریوم مشاهده شده کنونی با ترکیب هسته‌ای آغاز جهان تطابق قابل ملاحظه‌ای دارد.

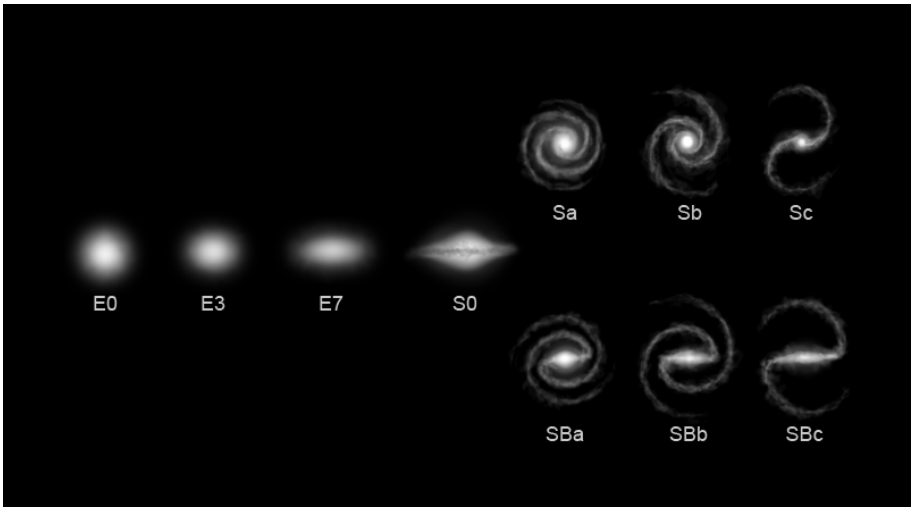
تابش تشعشعات کیهانی



آنتن کشف تابش تشعشعات کیهانی

دو تن از دانشمندان در طی تحقیقات خود به صورت اتفاقی شاهد پالسهای ضعیفی در کل آسمان شدند. آنها رادیو تلسکوپ خود را به هر سمتی می‌چرخاندند این امواج را به طور یک نواخت دریافت می‌کردند. سپس طی تحقیقاتی که از طرف آنها صورت گرفت به این نتیجه رسیدند که این سیگنال‌ها از انفجار اولیه کیهان منشاء گرفته است و در فاصله‌ی دوری از ما قرار دارد و باید به اندازه‌ای قوی باشد که در حال حاضر قادر به آشکار سازی آن هستیم. این پالسها از دلایلی است که باعث پافشاری به نظریه بیگ بنگ می‌شود. این تابش به نام تابش کیهانی ۳ درجه نیز شناخته می‌شود. دانشمندانی که این کشف بزرگ را انجام دادند در سال ۱۹۷۸ برنده جایزه فیزیک نوبل شدند.

کهکشان‌ها

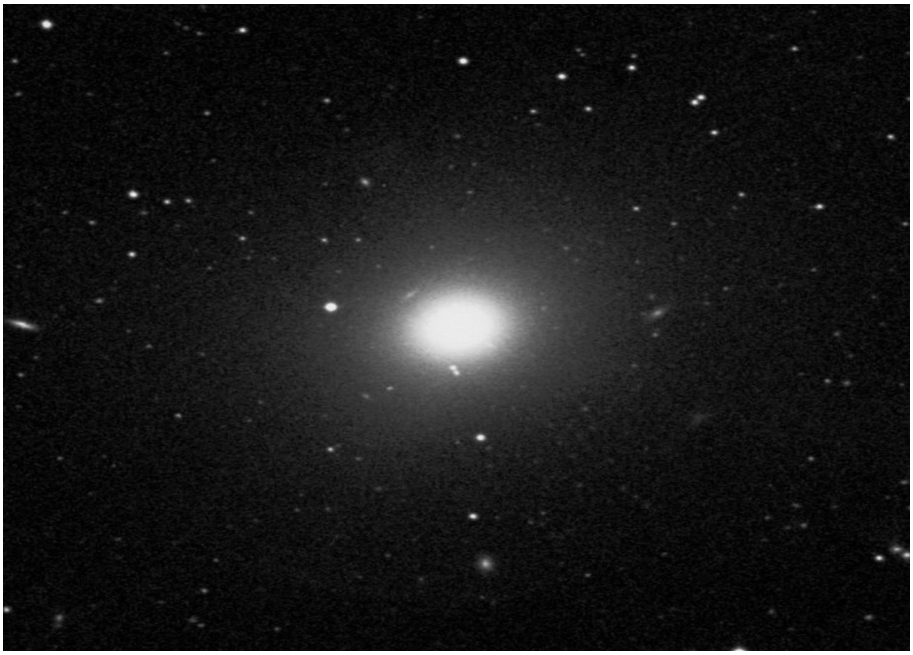


تقسیم بندی کهکشان‌ها توسط هابل

تجمع چندین میلیارد ستاره، گاز و غبار که توسط نیروی جاذبه کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند مجموعه‌ای به نام کهکشان را به وجود می‌آورد. ناظران زمینی در محیط بدون آلودگی نوری همسایه نزدیک کهکشان راه شیری را با چشم غیر مسلح می‌توانند مشاهده کنند کهکشان آندرومدا (*m*۳۱) نزدیک‌ترین کهکشان به کهکشان راه شیری می‌باشد که فاصله‌ی آن ۲ میلیون سال نوری و درخشندگی آن ۲ برابر کهکشان ما می‌باشد. کهکشان آندرومدا را فقط ناظران نیم کره شمالی می‌توانند مشاهده کنند. ناظران نیم کره جنوبی می‌توانند ابر ماژالانی بزرگ و ابرماژالانی کوچک که فاصله آنها تا کهکشان راه شیری به ترتیب ۱۶۰/۰۰۰ و ۱۸۰/۰۰۰ سال نوری می‌باشد را می‌توانند مشاهده کنند.

کهکشان‌ها در میلیاردها سال قبل از توده‌هایی از غبار و گاز شکل گرفته‌اند که حاصل این غبارها ستاره‌های نسل‌های مختلف در هر کهکشان است. کهکشان‌ها دارای اشکال گوناگونی هستند. ادوین هابل اخترشناس آمریکایی آنها را به ۴ دسته تقسیم‌بندی کرده است (بیضوی، مارپیچی، مارپیچی میله‌ای، نا منظم).

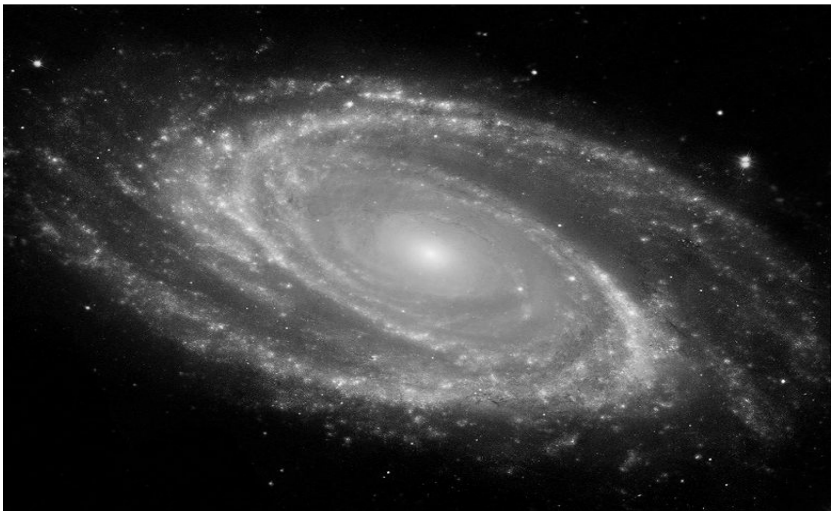
کهکشان بیضوی



(m۸۹)NGC ۴۵۵۲

از کهکشان‌هایی هستند که از مجموع ستارگان کهن سال ساخته شده و عمر متوسط ستارگان به ۱۰ میلیارد سال می‌رسد. این کهکشان‌ها توده‌هایی آرام هستند.معمولاً این ستارگان کهنسال به دور مرکز جرم خود در حال گردش بوده و بر خلاف کهکشان‌های دیگر که از ستاره‌های فروزان و کم عمر خود نور آبی منعکس می‌کنند.کهکشان‌های بیضوی زرد رنگ به نظر می‌رسند، علت این امر توقف شکل‌گیری ستارگان در آنها است این گروه از کهکشان‌ها را بنا به شکلشان به گروه‌های ($E۰$ تا $E۷$) تقسیم‌بندی کرده که هر چه از $E۰$ به $E۷$ نزدیک‌تر می‌شویم مقدار کشیدگی آنها افزایش یافته و از دایره به شکل بیضی‌های کشیده مشاهده می‌شود.

کهکشان مارپیچی



کهکشان مارپیچی بوده(*NGC*۳۰۳۱)

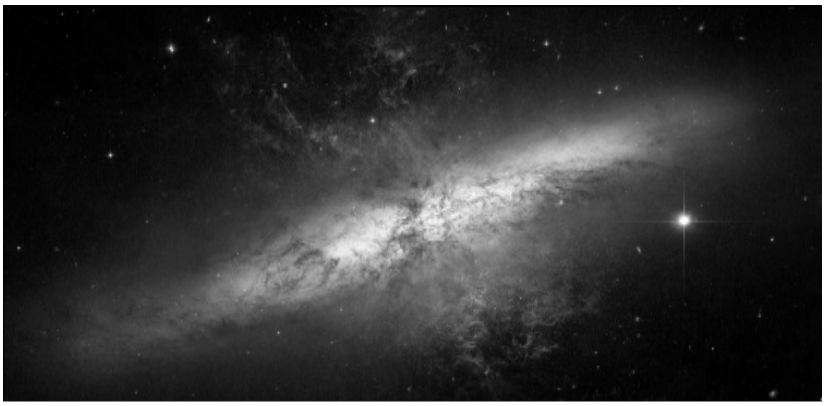
کهکشانهای مارپیچی مشتمل بر ستارگان نوزاد و پیر می‌باشد که حول یک سیاه چاله که در مرکز کهکشان قرار دارد می‌گردند. ریتم چرخش هسته مرکزی کهکشان و بازوهای کهکشان با یک ریتم مساوی می‌باشد. این نوع از کهکشان‌ها فراوان‌ترین نوع کهکشان می‌باشد. تقسیم‌بندی این کهکشان‌ها با حروف لاتین *SBa , SBb , SBc , SBd* می‌باشد.

کهکشان مارپیچی میله‌ای

کهکشان مارپیچی میله ای ۳۹۹۲ *NGC*(*m*۱۰۹)

این گونه کهکشان‌ها مانند کهکشان‌های مارپیچی هستند با این تفاوت که در میان هسته مرکزی آنها میله‌ای قرار گرفته است که از جمله دلایل عنوان شده در بروز میله بهم پیوستن بازوهای مارپیچی و تجمع ستارگان در این قسمت می‌باشد.

کهکشان نامنظم



(۳۰۳۴NGC)m۸۲

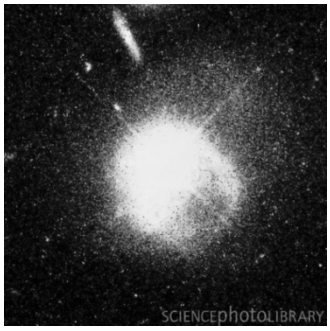
بیشتر ستارگان این کهکشان نوزاد و دارای جرم زیادی می‌باشند. این گونه کهکشان‌ها همانند اسمشان شکل منظمی ندارند. ابرهای ماژالانی بزرگ و کوچک نمونه‌ای از این کهکشان‌ها می‌باشد.

کهکشان‌های فعال

کهکشان های فعال کهکشان هایی هستند که هسته تابنده کوچکی دارند که در مقایسه با کهکشان‌های دیگر ممکن است از نظر تابشی بسیار متغیر و درخشان باشد. مدلهای موجود حاکی از این است که سیاه چاله ابر جرم که در مرکز این کهکشان قرار گرفته و چنان پر انرژی است که قرص داغ دور آن یک تریلیون برابر خورشید می‌درخشد. قسمت متراکم مرکزی کهکشان ماده هایی فراهم می کند که به طرف سیاه چاله سقوط می کند تا به آن اضافه شود و مقادیر عظیمی از انرژی گرانشی آزاد می کند. بخشی از انرژی به صورت پرتو xو گاما تابش می‌شود. در کهکشان های عادی می‌توان انرژی کلی راکه از کهکشان آزاد می‌شود به صورت مجموع تابش های هر یک از ستارگان موجود در کهکشان در نظر گرفت. اما در کهکشان های فعال این طور نیست این انرژی تابش شده، بسیار بیشتر از آن چیزی است که باید باشد.

کهکشان سیفرت، اختروش ها، کهکشان‌های انفجاری و کهکشان‌های رادیویی از خانواده کهکشان‌های فعال هستند.

اختروش‌ها



منابعی از نور و امواج رادیویی می‌باشند

اختروشها جزء پر جرم‌ترین اجرام کیهان هستند و منابعی از نـور و امـواج رادیـویی انـد امـا آنقدر از ما دوراند که مانند ستاره‌ای کم نور می‌درخشند ولی ۱۰۰برابر کهکشان‌های دیگر نورانیت دارد. تا کنون بیش از ۵۰ اختروش پرانرژی شناخته شـده اسـت. بعضـی از آنهـا بـه صورت ستارگانی تار و محو به نظر می‌رسند که می‌توان با تلسکوپ‌هـای آمـاتوری آنهـا را رصد کرد.باوجود بحث‌های مختلف بر سر وجودیت این شـئ آسـمانی همگـی دانشـمندان به یک توافق علمی رسیدند که یک اختروش هاله متراکم شده ماده‌است کـه ابـر سـیاهچاله یک کهکشان جوان را احاطه کرده‌است.

کهکشان انفجاری (کوازارها)

دورترین اجرام شناخته شده با فاصله ۱۲-۱۳ میلیارد سال نوری

آنها جـزء درخشـان تـرین، سـریع‌تـرین و دورتـرین اجـرام شـناخته شـده در جهـان هسـتند

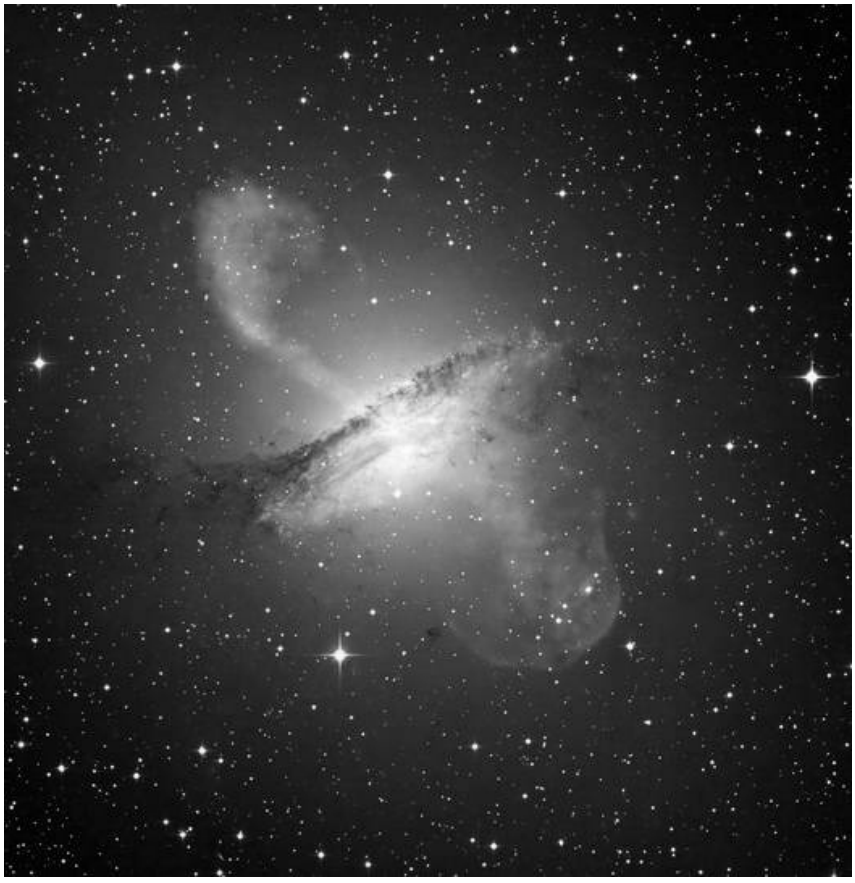
کوازارهـا هماننـد سـتارگان از سـطح زمـین بـه مثابـه یـک نقطـه نـورانی خیلـی ریـز دیـده می‌شوند،آنها ۱۲ تا ۱۳ میلیارد سال نوری با ما فاصله دارند کـه بـر اثـر انفجـار حـدود یـک میلیون ستاره در یک کهکشان امواج رادیویی بسیار قوی ساطع می‌شود و با این فاصله زیاد به ما می‌رسد.از جمله کهکشان‌ها در صورت فلکی قنطروس.

کهکشان سیفرت

نشر پرتو گاما توسط هسته روشن این کهکشان‌ها

این نام از کارل سیفرت، کاشف این کهکشان‌ها در سال ۱۹۴۳ گرفته شده است. کهکشـان سـیفرت (*Seyfert Galaxy*) نـوعی کهکشـان فعـال اسـت.این کهکشـانها در اصـل نـوعی کهشکان مارپیچی هستند که مهم‌ترین مشخصـه‌هـای آن‌هـا عبـارت اسـت از یـک هسـته‌ی روشن در مرکز، که پرتوی گاما منتشر می‌کند و دارای یک سـیاهچاله در هسـته کهکشـان می‌باشد.حدود دو درصد از کهکشانهای مـارپیچی سـیفرت هستند.کهکشـان *M*۷۷ یکـی از نمونه‌های خوب این نوع کهکشان‌ها می‌باشد.روشنایی فقـط هسـته یـک کهکشـان سـیفرت ۱تا ۱۰برابر کهکشان راه شیری است.

کهکشان رادیویی



منشاء این امواج رادیویی انفجارهای ستاره‌های نزدیک به مرکز این کهکشان‌ها می‌باشد

همه کهکشان‌ها امواج رادیویی گسیل می‌کنند، ولی برخی گسیلنده‌هایی فوق العاده قوی اند که صدها هزار برابر بیش از کهکشان‌های معمولی امواج رادیویی به فضا می‌فرستند، این اجرام از بزرگترین جرم‌های کیهان اند. شدت تابش امواج آن ۱۰ میلیون برابر کهکشان ما یا کهکشان آندرومدا است. دانشمندان وجود این امواج را انفجارهایی در نواحی مرکزی کهکشان‌های بیضوی غول پیکر می‌دانند. این انفجارها یک میلیون مرتبه شدیدتر از انفجار ابرنواختر است.

خوشه‌های کهکشانی

تصویری از تعداد کهکشان در کنار یکدیگر

کهکشان‌ها همانند ستاره‌ها دارای خوشه‌هایی هستند، که بر اثر نیروی گرانشی که به یکدیگر وارد می‌کنند، دور هم جمع می‌شوند و مجموعه‌ای از خود درست می‌کنند به نام خوشه‌های کهکشانی.

قوانین دوپلر

از جمله قوانینی که در فیزیک مورد آزمایش قرار گرفت و به عالم تعمیم داده شد قانونی به نام دوپلر است.

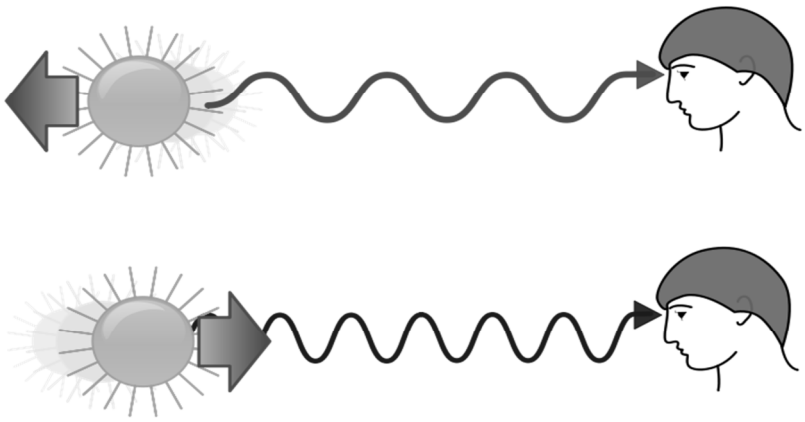
در سال ۱۸۴۲ کریستیان دوپلر بیان کرد رنگ اجسام نورانی باید در اثر حرکتشان نسبت به ناظر تغییر کند.دوپلر به کاربرد این اصل در امواج صوتی اشاره کرده است.

وقتی اتومبیلی در حال حرکت است اگر اتومبیل در حال بوق زدن و یا آژیر کشیدن باشد متوجه می‌شوید که با نزدیک شدن اتومبیل و دور شدن آن صدایی که از آن به گوش

می‌رسد متفاوت است وقتی به شما نزدیک می‌شود صدا زیرتر و وقتی از شما دورتر می‌شود صدا بم‌تر شنیده می‌شود. این امر به علت تغییر طول موج صوت در هنگام دور شدن یا نزدیک شدن منبع تولید آن به ناظر است.وقتی منبع با سرعت با ناظر نزدیک می‌شود، طول موج‌ها کوتاهتر و وقتی دور می‌شود طول موج‌های گسیلی بلندتر به نظر می‌رسد. که این عامل می‌شود که گوش حس گر، فرکانس‌های متفاوتی را در مغز ثبت نماید.بطوری که در منبع نورانی که به سوی ناظر در حال حرکت است و آن منبع نورانی که از مناظر در حال دور شدن است λ (لاندا) متغییر ثبت می‌شود.

$\frac{\Delta\lambda}{\lambda}=\frac{\Delta v}{c}$ که در عبارت فوق همان λ می‌باشد از منبع در حال سکون دریافت می‌شود، c سرعت نور، Δv سرعت حرکت منبع نسبت به ناظر است و بلاخره $\Delta\lambda$ میزان عدول λ دریافتی از طول موج استاندارد است. پس بدیهی است اگر $\Delta\lambda > ۰$ باشد منبع در حال نزدیک شدن به ناظر را نشان می‌دهد. پس در نور ستارگان چنین پدیده‌ای نسبت به ما وجود دارد.

انتقال به سرخ یا انتقال به آبی



ناظر اول سرخ گرایی می‌بیند و ناظر دوم آبی گرایی

همان طور که گفته شد در اثر دوپلر در طول موج مبدأ تغییراتی رخ می‌دهد. از آنجا که در طیف‌های الکترومغناطیس طیف‌های پر انرژی چون آبی، بنفش و سبز دارای طول موج کوتاهتر و انرژی بیشتر و قرمز و نارنجی و زرد که طول موج بلندتر و انرژی کمتر می‌باشند.در بررسی‌های هابل آنچه مشهود بود وجود انتقال به قرمز در تمام طیف‌های گسیلی از کائنات بود پس به الطبع کهکشان‌ها در حال دور شدن و فاصله گرفتن از یکدیگر می‌باشند و انبساط کیهان نتیجه می‌شود. ولی اجسامی که در حال نزدیک شدن به ناظر باشند مانند شهاب سنگی به نزدیکی زمین طول موج آبی دارد.

معمای ماده تاریک

وجود مقدار ماده در عالم یکی از مهمترین مسائل کیهان شناسی محسوب می‌شود، ولی مقدار جرم عالم را چگونه مشخص کنیم.برای جواب به این مطلب کافیست نگاهی به محاسبه جرم خورشید اندازیم. برای اندازه‌گیری جرم خورشید از قانون سوم کپلر مدد می‌گیریم و با توجه به پرید و فاصله سیارگان دوار به دور این جرم، جرم ستاره خورشید را تخمین میزنیم:

$$\frac{۴\pi^۲}{GM_\odot}=\frac{T^۲}{r^۳}$$

و از آنجا که داریم:

$$v_S=\frac{۲\pi r_S}{T_S}$$

پس:

$$M_\odot=\frac{V_S^۲\, r_S}{G}$$

از این روش اگر سرعت زمین در مدار خود را $V_S = ۳\times ۱۰^۴ \frac{m}{s}$ و فاصله زمین از خورشید را m $۱/۵ \times ۱۰^{۱۱}$ و $G = ۶/۶۷ \times ۱۰^{-۱۱}$ در نظر بگیریم، جرم خورشید

$M_{\odot} \simeq ۲ \times ۱۰^{۳۰} kg$ بدست می‌آید و در مورد سیارات دیگر و خورشید نیز نتایج متشابه بدست می‌آید.

حال اگر محدوده فعالیت خود را از حوزه خورشید وسیعتر کنیم و سرعت ستارگان از جمله خود خورشید حول مرکز کهکشان بررسی کنیم، حال با جرم کهکشان مواجه هستیم، اگر تعداد ستارگان درون کهکشان را بدانیم و فرض کنیم که میانگین جرم آنها به اندازه خورشید باشد می‌توان جرم کهکشان را به طور تقریبی تخمین زد، مثلاً با فرض وجود ۱۰ ستاره در کهکشان باید بتوانیم سرعت ستارگان را محاسبه کنیم اما محاسبات و تجربه با یکدیگر توافق ندارند چرا که سرعت گردش ستارگان حول کهکشان خاکی از جرم بسیار بیشتری در درون کهکشان است که روی سرعت ستارگان موثر است و آنچه نشان می‌دهد حدود ۱۰٪ از جرم یک کهکشان می‌باشد و حدود ۹۰ یا ۹۵ در صد در نظر گرفته نشده است. مهمترین جا برای وجود این ماده تاریک و ناشناخته در هاله کهکشان می‌باشد.

کیهان شناسان نامزدهای خاصی را برای این ماده پیشنهاد کرده‌اند و اظهارات فراوانی کرده‌اند. قدر مسلم این ۱۰۰ برابر ماده فقط از گازها و مواد میان ستاره‌ای نمی‌تواند باشد و اگر از مواد باریونی یعنی مواد به گونه‌ای که ستارگان مرئی را بوجود آورده باشد با تکنیکهایی قابل ردگیری است ولی ردیابی آنها بسیار دشوار خواهد بود.

پژوهشگران ماده تاریک را به سه نوع تقسیم کرده‌اند ماده تاریک گرم، که این نوع ماده تاریک ذراتی هستند با سرعت بالا و جرم کم مثل نوترینوها که به اندازه بسیار زیاد در واکنش‌های هسته‌ای ستارگان تولید شده و در فضا پراکنده می‌شوند ولی نکته قابل توجه این است که این ذرات باید دارای جرم باشند، پس پژوهشگران ذرات بنیادی، به دنبال یافتن جرم برای نوترینوها شدند و بالاخره جرمی معادل ۰/۵ تا ۵ الکترون ولت یعنی صد هزارم جرم الکترون برای آن قائل شدند.

به هر حال یکی از نامزهای ماده تاریک نوترینوها یا ماده تاریک گرم می‌باشند.

نامزد دیگر، ماده تاریک سرد است که ماده‌ای فرضی به نامهای آکسیون و نوترالینو و

ویمپ‌ها که نوعی ماده که دارای جرم و قدرت اثر ناچیز هستند، البته مبرهن است که باید این مواد فرضی با فیزیک ذرات توافق داشته باشند تا بتوان آنها را موثر بر شکل کائنات دانست ولی تا به امروز هیچکدام ردیابی نشده‌اند. و بالاخره سومین نامزد ماده تاریک در عالم، ماده تاریک ولرم می‌باشد، ماده تاریکی که از جنس ماده تاریک سرد یا گرم نیست بلکه ماده تاریکی که شاید به صورت نوزاد نارسی از ستارگان جلوه کند یعنی ستاره‌هایی که در تکوین ۸٪ جرم خورشید را دارا هستند هیچگاه واکنشهای هسته‌ای در آنها بوجود نمی‌آید که به آنها کوتوله‌های قهوه‌ای یا کوتوله‌های سیاه می‌گویند، در اصطلاح کیهان شناسی به آنها ماخو نیز گفته می‌شود.ردیابی آنها در آسمان به علت عدم تابش رادیوئی یا اپتیکی، مانند ستارگان و عدم گسیل امواج X که در اثر خوردن مواد سیاه چاله‌ها به وجود می‌آید مشکل است، اما می‌توان از اثرات گرانشی آنها که عامل انحنای فضا در اطراف خود می‌شوند از رصد ستارگان زمینه به وجود آنها پی برد ولی واضح است که این تکنیک بسیار حساسیت می‌طلبد، چرا که انحنای فضا در اطراف آنها بسیار ناچیز است.

در رصدهایی که گروه اروس روی چهار میلیون از ستارگان ابرهای ماژلانی انجام دادند، به سه مورد از این عدسی‌های گرانشی برخورد کردند و این یافته، نامزدی ماخوها را هم به عنوان ماده تاریک تایید می‌کند ولی هنوز ماده تاریک به عنوان یک معما مطرح است، معمایی که گره گشایی بسیاری از مسائل کیهانی خواهد بود.

اینیشتین و علم کیهان شناسی

اینیشتین به عنوان یک فیزیکدان بنیان دو نظریه اساسی در فیزیک، با عنوان نسبیت خاصی و عام را نهاد.

نسبیت عام

این نظریه بیشتر در حول تغییرات فضا و زمان و یا به عبارتی انحنای فضا و زمان تحت تاثیر یک جسم ثقیل مثل یک ستاره یا سیاه چاله بحث و گفتگو می‌کند و عنوان می‌دارد این ستارگان و اجرام ثقیل آسمانی هستند که فضا و زمان را می‌سازد و فضا و زمان وابسته به

جرم موجود در عالم است. مثلاً هر چقدر به سطح اجرام ثقیلی چون سیاه چاله یا ستاره نزدیک‌تر شویم زمان کندتر پیش می‌رود و اگر از سطح آن دور شویم زمان تندتر می‌شود و هر چه به ستاره نزدیک‌تر شویم فضا انحنای بیشتری پیدا می‌کند که این عوامل وابسته به گرانش اجرام می‌باشد.

نسبیت خاص

نسبیت خاص بیشتر در مباحث سرعتهای نزدیک سرعت نور مطرح است که وقتی ذره‌ای به سرعتی نزدیک به سرعت نور می‌رسد. در اثر افزایش سرعت زمانی که به آن می‌گذرد کند شده و فضا در راستای حرکت منقبض (یعنی اگر جسم باشد طول آن کم) و جرم آن افزایش می‌یابد. که در علم تجربی فیزیک با محاسباتی که انجام شده این اطول مورد تصدیق قرار گرفته و مشاهده شده است.

پایان کیهان

اینیشتین جهان ایستا را برای آینده کیهان انتخاب کرده بود و با اضافه کردن اِتا به نظریه خود جهان را کره‌ای بسته و ایستا در نظر گرفته بود و اعتقاد داشت کیهان از این حالت نه انبساط می‌کند و نه انقباض ولی مدتی بعد که دانشمندان نظریه‌هایی جدیدی را ارائه کردند اینیشتین به اشتباه خود پی برد و این اشتباه را بزرگترین اشتباه زندگی خود دانست.

عالم باز

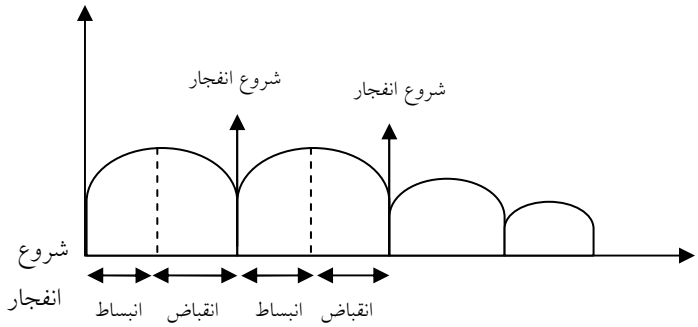
اگر مقدار جرم کیهان کم باشد. انبساط کیهان همچنان ادامه می‌یابد ولی به تدریج هیدورژن و هلیوم موجود در کیهان کاهش پیدا می‌کند و در نهایت آخرین ستاره‌ها خاموش می‌شوند و کیهان مکانی سرد و تاریک می‌شود.

عالم بسته

طبق این نظریه عالم روزی به انبساط خود پایان می‌دهد و مانند فیلمی که به عقب بر می‌گردانیم. همانطور که از لحظه انفجار بیگ بنگ شروع به انبساط کرده حال شروع به

انقباض می‌کند و کیهان باتمام ستارگان و دیگر اجرام برخود فرو ریخته و به حالت اولیه بـر می‌گردد.

دانشمندان بر این عقیده‌اند که انقباض کیهان پایـان جهـان نیسـت بلکـه پـس از انقبـاض بزرگ بیگ بنگ جدیدی به وجود می‌آید و دوباره جهان انبساط پیدا مـی‌کنـد. شـاید ایـن بیگ بنگی که ما در آن به سر می‌بریم شایداولین مرحله بیگ بنگ نباشد. به این مدل مـدل نوسانی نیز می‌گویند.



مدل نوسانی از بیگ بنگ

فصل ۲

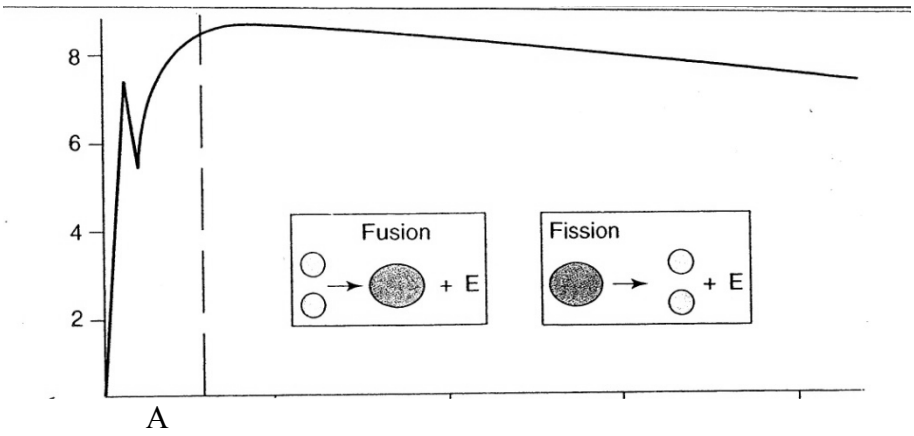
تولد ستاره

ستاره‌ها کره‌های عظیم و سوزانی هستند که از گرد و غبار به شکل ابرهای مولکولی، حاوی گاز هیدورژن می‌باشند که بر اثر انفجار یک ستاره شکل گرفته‌اند.
ابر مولکولی با عبور یک شهاب سنگ یا بر اثر انفجار یک ابرنواختر در نزدیکی ستاره تراکم غبارها در قسمتی غبارهای بیشتری جذب شده و به سمت مرکز ستاره هدایت می‌شوند. ولی این امر مستلزم این است که هیدروژن ابر مولکولی زیاد بوده و دمای ابر مولکولی پایین باشد. سپس توده‌ی غبارها شروع به گردش می‌کند. با گردش ستاره گازها و ذرات بر اثر نیروی جاذبه به سمت خود می‌کشد. هنگامی که گاز هیدروژن در مرکز ستاره جمع می‌شود و دما لازم برای تشکیل ستاره آماده می‌شود ستاره متولد می‌شود. طی هم جوشی هسته‌ای در مرکز ستاره هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود و باعث می‌شود نور و گرمای ستاره تامین گردد.

تولید عناصر سبکتر از آهن در ستارگان

ستارگان در اصل کارخانه تولید عناصر هستند و عناصر سنگین تا آهن در این اجرام آسمانی خلق می‌شوند یعنی عناصر سبک به عناصر سنگین تبدیل و انرژی ساطع می‌شود.

در ستارگان طبق نمودار زیر عمل می‌شود:



در قسمت A هسته عناصر سبک نظیر هیدروژن با هم همجوشی انجام داده و عناصر سنگین‌تری به وجود می‌آید و همان طور که گفته شد اولا محیط پلاسمائی و ثانیاً واکنش گرمازا می‌باشد که طبق قانون $E = mc^2$ در اثر همجوشی پاره‌ای از هسته‌های عناصر که با هم همجوشی می‌کنند و مقید می‌شوند و مقداری از انرژی پیوندی هسته‌ای خود را آزاد می‌کنند، فراوانی نوع هسته‌های همجوشی شده سن یک ستاره را نشان می‌دهد و اگر فراوانی هیدروژن سوزی بیشتر باشد ستاره را نوزاد و اگر میزان هلیوم سوزی بیشتر باشد ستاره جوان و به همین ترتیب در اکسیژن سوزی میان سال و بالاخره در سیلسیوم سوزی ستاره را پیر می‌گویند. همانطور که در نمودار مشاهده می‌کنیم واکنش‌ها تا تولید آهن گرما زا است ولی از عنصر آهن به بعد گرماگیراست پس برای ساخت عناصری سنگین‌تر از آهن احتیاج به این است که به سیستم گرما داده شود تا عناصر سنگین‌تری تولید شوند.

تولید عناصر سنگین‌تر از آهن

وقتی ستاره به مرحله تولید فلزات و پیری نزدیک می‌شود به علت افول فرآیندهای هسته‌ای در سیستم ستاره‌ای لاجرم تعادل هیدرومتاتیکی ستاره بهم خورده و ستاره از درون رمبش

می‌کند و گرد و غبار ناشی از این رمبش بر خلاف جهت رمبش انبساط پیدا کرده تا حد روچ ستاره را پر کند که در این مرحله ستاره به یک غول قرمز تبدیل می‌شود.

پس از مدتی هستهٔ مرکزی ستاره، پوسته منبسط شده و سرد شده را به علت گرانش به سوی خود جذب می‌کند. سپس پوسته شروع به انقباض می‌کند وقتی پوسته نزدیک به هسته رسید به علت گرمی دوباره شروع به انبساط می‌کند و این عمل انبساط و انقباض در چندین مرحله ممکن است اتفاق بیفتد تا اینکه به علت ازدیاد انرژی داخل ناگهان ستاره منفجر می‌شود. این مرحله بسته به نوع انفجار، ابر نواختر یا نواختر به وجود می‌آید.بنا به اینکه انفجار از کدام نوع باشد کل ستاره یا قسمتی از پوسته ستاره متلاشی می‌شود.در این انفجارات هسته عناصر فرصت جذب انرژی تبدیل شدن به عناصر سنگین‌تر از آهن را پیدا می‌کنند.

ساختن عناصر سنگین‌تر از آهن در ستاره‌های به جرم زیاد به وجود می‌آید و در لحظه انفجار،دما به قدری بالا می‌رود که ستاره قادر به ساختن عناصری است که در دوران زندگی‌اش نتوانسته به آنها دست یابد.

زنجیره پروتون – پروتون

ستاره راکتور هسته‌ای عظیمی است که هسته‌ی آن گرما و انرژی را تامین می‌کند. زنجیر پروتون – پروتون برای ستاره‌هایی با جرم کم همانند خورشید می‌باشد. در این واکنش هسته هیدروژن بر اثر دمای زیاد در هسته ستاره یونیزه شده و تبدیل به پروتون می‌شود. یعنی چهار هسته هیدروژن (پروتون‌ها) به هم جوش می‌خورند تا هسته هلیوم شکل بگیرد. طبق رابطه‌های زیر در آخر به واکنش تبدیل هیدروژن به هلیوم می‌رسیم.

$$_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + e^+ + \nu$$

در این واکنش ۲ هیدروژن به هم واکنش داده و حاصل واکنش پوزیترون و نوترینو و یک دوترون ($_1^2H$) می‌باشد.

سپس دوترون به هیدروژن می‌پیوند و هلیوم $_2^3He$ را می‌آفرینند با پیوند دو $_2^3He$ با

یکدیگر ${}_{2}^{4}H$ به وجود می‌آید که آخرین واکنش نوشته شده برای هم جوشی هیدروژن برای تولید هلیوم است.

$$ {}_{1}^{1}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{3}He + \gamma $$

$$ {}_{2}^{3}He + {}_{2}^{3}He \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{2}^{2}H + \gamma $$

یا می‌توان به صورت خلاصه و بدون جزئیات بالا واکنش زیر را بنویسیم.

$$ ۴\,{}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He $$

چرخ *CNO*

مجموعه واکنش‌هایی که به صورت کاتالیست در هسته ستاره‌ها شرکت کرده ولی مصرف نمی‌شوند و کربن، نیتروژن و اکسیژن در جوش خوردن هسته‌های هیدروژن و تبدیل آنها به هلیوم کمک می‌کند.

$$ {}_{6}^{12}C + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{7}^{13}N + \gamma $$

$$ {}_{7}^{13}N \rightarrow {}_{6}^{13}C + e^{+} + \nu $$

$$ {}_{6}^{13}C + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{7}^{14}N + \gamma $$

$$ {}_{7}^{14}N + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{8}^{15}O + \gamma $$

$$ {}_{8}^{15}O + {}_{7}^{15}N + e^{+} + \nu $$

$$ {}_{7}^{15}N + {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{6}^{12}C + {}_{2}^{4}He $$

سپس بعد از این مرحله

یعنی زمانی که تمامی هسته‌های هیدروژن به هلیوم تبدیل شدند. دو هسته هلیوم با یکدیگر واکنش می‌دهند و هسته برلیوم ${}_{4}^{8}Be$ ۸ که عنصر بسیار ناپایداری است را به وجود می‌آورند ولی برلیوم با هلیوم واکنش داده و کربن ۱۲ را به وجود می‌آورند و مقداری انرژی به

صورت اشعه گاما خارج می‌شود. کربن به دست آمده با هلیوم واکنش داده و در نتیجه هسته اکسیژن به دست می‌آید.

$$^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{8}_{4}Be$$

$$^{8}_{4}Be + {}^{4}_{2}H \rightarrow {}^{12}_{6}C + \gamma$$

$$^{4}_{2}He + {}^{12}_{6}C \rightarrow {}^{16}_{8}O + \gamma$$

تمامی مراحل ذکر شده برای ستاره‌هایی با جرم کم همانند خورشید می‌باشد و پایان این گونه ستارگان با انفجار ضعیف‌تری نسبت به انفجار ابرنواختری صورت می‌گیرد و سطح بیرونی ستاره به فضای بین ستاره‌ای پخش می‌شود که به آن سحابی سیاره نما می‌گویند. و هسته باقی مانده به صورت کوتوله سفید در مرکز سحابی جای دارد که دارای جرم زیاد ولی وسعت همانند زمین می‌باشد دمای اولیه آنها ۱۰۰ هزار درجه سانتی گراد می‌باشد که به مرور زمان دمای آن کاهش پیدا می‌کند و سرد می‌شود و تبدیل به کوتوله سیاه می‌گردد.

ستاره‌هایی با جرم سنگین‌تر از جرم خورشید

راه تکامل و زندگی این گونه ستارگان کمی پیچیده‌تر است. اگر ستاره‌ای با جرم زیاد در آخرین مرحله زندگی خود به هسته اکسیژن برسد،این گونه ستارگان به علت حجم زیاد ماده،واکنش‌های هسته‌ای بیشتری صورت می‌گیرد.واکنش‌ها تا جایی پیش می‌رود که به هسته آهن می‌رسیم، که آخرین مرحله زندگی ستاره می‌باشد و ساخت عناصر جدید در ستاره در لحظه انفجار،زمانی که دمای ستاره چندین برابر بیشتر می‌شود انجام می‌گیرد.

$$^{4}_{2}He + {}^{16}_{8}O \rightarrow {}^{20}_{10}Ne + \gamma$$

$$^{4}_{2}He + {}^{20}_{10}Ne \rightarrow {}^{24}_{12}Mg + \gamma$$

$$^{4}_{2}He + {}^{24}_{12}Mg \rightarrow {}^{28}_{14}si + \gamma$$

$^{4}_{2}He + {}^{28}_{14}si \rightarrow {}^{32}_{16}s + \gamma$

$^{4}_{2}He + {}^{52}_{24}cr \rightarrow {}^{56}_{26}Fe + \gamma$

ولی یک نکته باقی می‌ماند آن هم این است که عناصر،ایزوتوپ‌های بالاتر چگونه ساخته شده‌اند. افزایش ایزوتوپ با برخورد نوترون با جرم ۰/۱ به هسته ستاره‌ها صورت می‌پذیرد.

$^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{13}_{6}C$

$^{13}_{6}C + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{14}_{6}C$

$^{14}_{6}C + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{15}_{6}C$

$^{15}_{6}C + {}^{15}N \rightarrow e^{-}$

در آخرین واکنش کربن ۱۵ پایدار نبوده و متلاشی می‌شود و یک الکترون گسیل و به عنصر نیتروژن ۱۵ تبدیل می‌شود.

$^{56}_{26}Fe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{57}_{26}Fe + \gamma$

$^{57}_{26}Fe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{58}_{26}Fe + \gamma$

$^{58}_{26}Fe + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{59}_{26}Fe + \gamma$

$^{59}_{26}Fe \rightarrow {}^{59}_{27}co + e^{-}$

در واکنش‌های بالا عنصر آهن با جذب نوترون باعث افزایش ایزوتوپ می‌شود ولی $^{59}_{26}Fe$ پایدار نبوده و متلاشی می‌شود و کبالت تشکیل می‌گردد کبالت ۵۹ در هم جوشی ستاره‌ها به وجود نمی‌آید به این طریق شکل می‌گیرد.

چند نکته در مورد عناصر موجود در کیهان

در مطالب قسمت قبل گفته شد که عناصر سنگین‌تر از آهن در لحظه انفجار عظیم ابرنواختر ساخته می‌شوند. خورشید ما هم از سحابی یک ستاره منفجر شده به وجود آمده است. که بر اثر متراکم شدن این سحابی خورشید به وجود آمده است. تمام اجرام

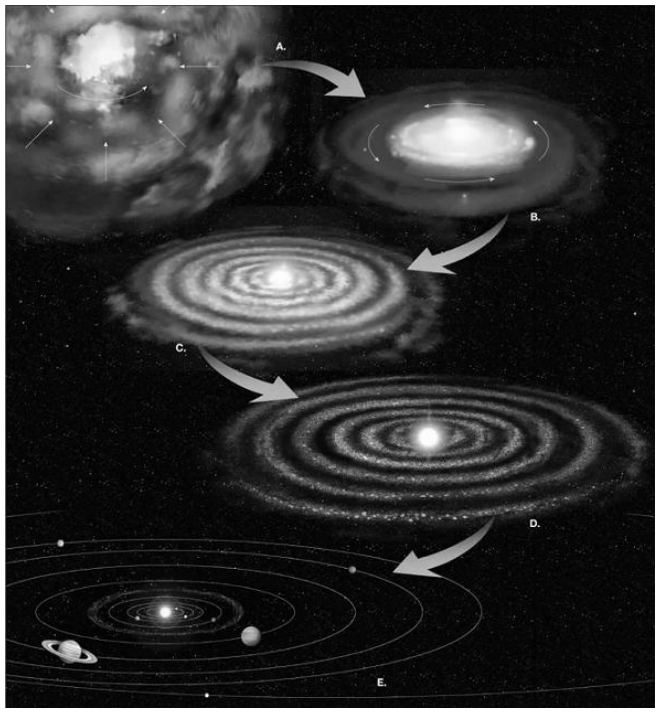
منظومه‌شمسی را خورشید به وجود آورده پس باید به این نتیجه برسیم که خورشید غنی از این ترکیبات بوده و توانسته سیاره‌ای همچون زمین را به وجود بیاورد که این عناصر در آن وجود دارد.

بسیاری از عناصر شناخته شده در سیاره‌ها پایدار نیستند و به صورت رادیو اکتیویته می‌باشند و مانند مثال‌هایی که در بالا زدیم به عناصر دیگر تبدیل می‌شوند مانند واکنش

$$^{59}_{26}Fe \rightarrow {}^{59}_{27}co + e^{-}$$

مقدار عناصر سبک یافت شده در کیهان به نسبت عناصر سنگین تر،بیشتر است. علت این است که در ثانیه‌های نخست انفجار بیگ بنگ تا لحظه به وجود آمدن اولین ستاره هیدروژن و هلیوم عناصر اصلی کیهان بوده و هستند.

شکل‌گیری منظومه‌شمسی



مدل استاندارد پیدایش منظومه شمسی از تراکم و دوران سحابی خورشیدی

اخترشناسان مختلفی طی تحقیقات خود نظریه‌های گوناگون منبی بر چگونه شکل‌گیری منظومه‌شمسی ارائه داده اند، و بسیاری از این نظریه‌ها با آمدن نظریه‌های جدیدتر و کامل‌تر نقض شده و کنار گذاشته شده است. حال به دو نظریه علمی که طرفداران بیشتری دارد می‌پردازیم.

طبق هر دو نظریه زمانیکه ابری از گرد،غبار و گاز که شامل ۷۵ درصد هیدورژن و ۲۴ درصد هلیوم و ۱درصد مابقی عناصر سنگین‌تر می‌باشد که در فضا وجود داشته،است که احتمالاً به علت انفجار و مرگ یک ستاره نزدیک به ما از نوع ابرنواختر بوده و نظام منظومه‌شمسی را به وجود آورده است و تمام اجرام از خورشید تا دنباله‌دارها و قمرهای سیارات حاصل همین سحابی و ابر خورشیدی می‌باشد.

نظریه اول: پس از شکل‌گیری خورشید، خورشید با چرخش به دور خود مواد پلاسمایی خود را به بیرون پرتاب می‌کرد. در ابتدا دو سیاره بزرگ مشتری و زحل به وجودآمدند،این سیارات جزئ بزرگترین سیارات منظومه‌شمسی می‌باشد.زیرا بیشترین مقدار ماده پلاسمایی به سمت آنها پرتاپ شده بود.این سیارات احتمالاً به چگونگی شکل‌گیری اجزای نظام شمسی تاثیر زیادی گذاشته‌اند. سپس سیارات دورتر از مشتری و زحل به وجود آمدند. به علت پرتاپ حجم زیاد ماده پلاسمایی سیارات گازی هنوز خاصیت پلاسمایی و گازی خود را از دست نداده‌اند. چهار سیاره نزدیک خورشید، عطارد، زهره، زمین و مریخ شکل گرفتند و به علت پرتاب مقدار کمتر ماده پلاسمایی خورشید، حالت پلاسمایی خود را از دست داده‌اند و تبدیل به سنگ شده‌اند.

نظریه دوم: این نظریه بر اساس تحقیقات اختر شناسان از اعتبار بالاتری نسبت به نظریه اول برخوردار است.

هنگامی که واکنش‌های هسته‌ای در قلب خورشید آغاز شد، خورشید متولد شد. در نزدیکی خورشید عناصر سنگی و فلزی با نقطه ذوب بالایی بودند،این ذرات بسیار ریز به یکدیگر چسبیدن و بزرگ و بزرگتر شدن و در مرحله نخست هسته سیارات را به وجود آوردند که در حدود ۱ میلیون سال به طول انجامید.سپس تکه سنگ‌ها با جذب یکدیگر

بزرگ و بزرگ‌تر شدند و سیارات خاکی را به وجود آوردند (عطارد، زهره، زمین، مریخ). در فاصله‌ی بین مریخ و مشتری سنگ‌های کوچک نتوانستند جذب یکدیگر شوند و سیاره‌ای را به وجود آورند و تکه سنگ‌های با اندازه‌های مختلف در بین مدار مریخ و مشتری پراکنده شدند و کمربند سیارکی را تشکیل دادند. در کمی دورتر از مدار مریخ در ناحیه‌ای که سرد می‌باشد ذرات ریز غبار به یکدیگر چسبیدن و هسته‌های اولیه سیارات گازی را به وجود آوردند و بر اثر نیروی جاذبه سیارات گازهای سبک هیدروژن و هلیوم به سمت خود کشیدند و با گرد هم آمدن این گازها، سیارات گازی شکل (مشتری، زحل، اورانوس، نپتون) شکل گرفتند.

سیاره‌های کوتوله همانند پلوتو از باقیمانده مواد که سیارات گازی مصرف نکردند به وجود آمدند و تبدیل به سیاره‌هایی با اندازه‌های کوچکتر شدند. در مداری دورتر محل تجمع اجرام یخی منظومه‌شمسی می‌باشد. که به آن کمربند کویپر می‌گویند.

جو سیارات

سیارات به دور خود لایه‌هایی از گازها را در بر دارند که باعث می‌شود به طرق مختلف از سطح سیاره محافظت کند. در سیاراتی که دارای جو رقیق باشد برخورد شهاب سنگ‌ها در سطح سیاره و ویرانی آن و یا تغییر چشم گیر دمای سیاره در روز و شب خود را نمایان می‌کند برای مثال دمای سطح عطارد در روز ۱۶۷ درجه سانتی گراد ولی در شب دمای آن به ۱۸۰- درجه سانتی گراد می‌رسد علت این است که سیاره با جو بسیار رقیق خود نمی‌تواند دمای را در خود حفظ کند. برخلاف عطارد سیاره زهره جو بسیار غلیظ با پایداری و ارتفاع زیاد، که ارتفاع این ابرها به ۶۸ کیلومتر می‌رسد ولی در زمین این لایه‌های جو به بالاتر از ۱۶ کیلومتر نمی‌رسد. جو زهره آنقدر ضخیم است که از سطح زهره نمی‌توان ستاره‌ها را مشاهده کرد. دی اکسید کربن موجود در جو زهره باعث می‌شود گرمای خورشید را به درون سیاره به دام بیندازد و دمای سیاره بالا برود. گرمای خورشید که به داخل سطح سیاره می‌آید دیگر نمی‌تواند خارج شود چون لایه‌های ضخیم

جو زهره مانند دیواری محکم مانع خروج این گرما می‌شود. به همین علت این سیاره گرم‌ترین سیاره می‌باشد. به این فرایند اثر گلخانه‌ای می‌گویند که شبیه این فرایند در گلخانه‌های کشاورزی صورت می‌پذیرد.

جو غلیظ سیاره زهره باعث می‌شود نور خورشید را جذب کند و سطح این سیاره درخشان دیده شود ناظران زمینی پس از خورشید و ماه سیاره زهره را درخشان‌ترین جرم آسمانی می‌بینند.

اگر ماه هم جو غلیظی به اندازه زهره داشت نور ماه چندین برابر نور فعلی آن می‌شد و باعث می‌شد ماه، شب‌ها را مانند روزها روشن کند.حال به کاوش در جو سیاره زمین و قمر آن می‌پردازیم. لایه نازک و محافظی بر روی سطح سیاره قرار گرفته که باعث جلوگیری از رسیدن اشعه فرابنفش و برخورد شهاب واره‌ها به زمین می‌شود ولی بر خلاف سیاره زهره، جو زمین دمای ورودی خورشید به سیاره را به حد متعادل نگه می‌دارد و محلی برای زندگی کردن را فراهم می‌آورد.

ماه قمر زمین و نزدیک‌ترین جرم آسمانی به زمین دارای جو بسیار رقیق می‌باشد،به طوری که دمای آن در روز $۱۱۰c$ و دمای آن در شب $۱۸۰c-$ می‌باشد. اگر از روی زمین به سطح ماه نگاهی بیندازید مشاهده می‌کنید گودال‌هایی در سطح آن وجود دارد که این گودال‌ها به خاطر جو رقیق ماه می‌باشد که باعث می‌شود هر جرم آسمانی که به سمت آن می‌آید در سطح آن ویرانی ایجاد کند. اگر جو ماه همانند جو زمین کمی غلیظ‌تر بود در برابر شهاب واره‌ها (سنگ‌هایی به اندازه شن) مقاومت می‌کرد و این سنگ‌ها را قبل از ورود به سطح ماه به وسیله‌ی لایه‌ها گازی جو خود می‌سوزاند و این سنگ‌های ریز به سطح ماه نمی‌رسیدند. مریخ آخرین سیاره خاکی، اتمسفری رقیق‌تر از زمین دارد. بیشترین گاز موجود در جو مریخ $CO_۲$ می‌باشد که ۹۵ در صد از تمامی گازها را تشکیل می‌دهد. مریخ در گذشته جو بسیار غلیظ‌تری نسبت به امروز داشته است ولی به علت جرم کم سیاره گرانش کافی برای نگه داشتن جو این سیاره نداشته است و این سیاره مانند دیگر سیاراتی که جو رقیقی دارند در روز و شب دماهای متفاوتی با یکدیگر دارند. غلظت اتمسفر

سیارات خارجی به نسبت سیارات داخلی پایین‌تر می‌باشد.

ترکیبات شیمیایی در جو سیارات

عطارد		زهره		زمین		ماه		نپتون	
سدیم	Na	آمونیاک	NH_3	نیتروژن	N_2	هیدروژن	H_2	هیدروژن	H_2
هلیوم	He	متان	CH_4	اکسیژن	O_2	هلیوم	He	هلیوم	He
پتاسیم	K	کربن‌دی‌اکسید	CO_2	آرگون	Ar	نئون	Ne	متان	CH_4
اکسیژن	O_2	گازهیدروکسیل	OH	کربن‌دی‌اکسید	Co_2	آرگون	Ar	اتان	C_2H_6
		کربن	C	نئون	Ne	متان	CH_4	هیدروژن دو ترید	HD
		آب	H_2O	هلیوم	He	آمونیوم	NH_4	آب (یخ)	H_2O
		اکسیژن	O_2	متان	CH_4			آمونیاک(یخ)	NH_3
		هلیوم	He	کریپتون	Kr			آمونیوم هیدروسولفید	H_5NS
		آرگون	Ar	بخار آب	H_2O			متان (یخ)	H_5NS
		نیتروژن اکساید	NO	اوزون	O_3				
		نئون	Ne						
		کربن منوکسید	Co						
		نیتروژن	N_2						
		گوگرددی‌اکسید	So_2						
		هیدروژن سولفید	H_2S						
		هیدروژن فلوئوریت اسید	Hf						
		کلسیم کربنات	$Caco_3$						
		سولفید کربونیل	Cos						

مریخ		مشتری		زحل		اورانوس		پلوتو (سیاره کوتوله)	
آرگون	Ar	متان	CH_4	هلیوم	He	هیدروژن	H_2	متان	CH_4
اکسیژن	O_2	آمونیاک	NH_3	هیدروژن	H_2	هلیوم	He	کربن منوکسید	Co_2
کربن دی اکسید	CO_2	هلیوم	He	متان	CH_4	کربن منوکسید	Co	نیتروژن	N_2
نیتروژن	N_2	آب	H_2O	هیدروژن دوترید	HD	کربن	C	آب	H_2O
کربن منوکسید	Co	آرگون	Ar	اتان	C_2H_6	هیدروژن سیانید	HCN		
آب	H_2O	نئون	Ne	آمونیاک	NH_3				
کریپتون	Kr	هیدروژن سولفید	H_2S	آب (یخ)	H_2O				
زنون	Xe	هیدروژن فسفید	PH_3	آمونیاک (یخ)	NH_3				
آب نیمه سنگین	HDO	کریپتون	Kr	آمونیوم هیدرو سولفید	H_5NS				
نئون	Ne	هیدروژن دوترید	HD						
نیتروژن منوکسید	NO	کربن منوکسید	Co						
		آرسنیک	ASH_3						
		زنون	Xe						
		جرمانیوم هیدرید	GeH_4						

فصل ۳

حیات

همانگونه که عنوان شد آغاز جهان از انفجار مهبانگ تا پیدایش ماده و تشکیل کهکشانها و ستارگان و تؤام با آنها سیارات مورد بررسی قرار گرفت و همان گونه که اشاره شد ستارگان به عنوان کارخانه‌های تولید عناصر سبک به سنگین بیشترین نقش را در تولید هسته عناصر داشتند و حتی بعد از متلاشی شدن آنها نیز گروهی از عناصر و ملکول‌ها و اتمها به وجود آمدند پس منشأ ظهور ملکول‌ها و اتمها را باید در فرآیندهای تکاملی ستارگان بررسی و پژوهش نمود یکی از جنبه‌های خاص در طبیعت ظهور « حیات » است. که این مفهوم را می‌توان از جنبه‌های مختلف علمی مورد بررسی قرار داد و موجوداتی را که در این راستا قرار می‌گیرند از زاویه‌های مختلفی بررسی نمود.

زاویه‌ای از نگاه شیمیایی و ترکیب اتمها و ملکول‌هاست که در این دیدگاه « حیات چیزی جز تجلی خواص فیزیکی و شیمیایی مولکولهای سازندهٔ مادهٔ زنده نیست » و یا شکل تکامل یافته‌ای از ترکیبات شیمیایی » اما همانگونه که مشخص است این تعریف خصوصیات واقعی موجودات زنده را که ممیز آنها از مواد بیجان است بیان نمی‌کند.

زاویه دیگر نگرش به حیات، جنبه ترمودینامیکی و تعاریف مربوط به آن است که این قشر تعریف بیشتر برای جستجوی حیات در مکان خارج از زمین مورد استفاده قرار

می‌گیرد و در آن اشاره می‌شود وقتی به دنبال حیات در سیاره و یا حول ستاره‌ای می‌گردید، دنبال کدامین خصوصیت باشید که شاید نشانی از حیات باشد مثلاً در این زاویه نگرش، پدیده حیات اصلی برگشت ناپذیر است و آنها نظم محیط اطرافشان را به بی نظمی بدل می‌کنند. با این وجود به هنگام عمل میزان ترتیب داخلی خودشان را نیز افزایش می‌دهند.

آنتروپی در محیط اطراف افزایش می‌یابد، حال آنکه آنتروپی داخل کاهش می‌یابد ولی آنتروپی کل دستگاه به اضافه آنتروپی محیط، همیشه افزایش می‌یابد.

دستگاه بصورت نامتعادل عمل می‌کند، انرژی با آنتروپی پایین به صورت انرژی یک فنر پیچیده شده و به طور برگشت ناپذیر به گرمایی با آنتروپی بالا تبدیل می‌شود، همچنانکه شرینگر اشاره کرده است موجودات زنده و ساعتها یک تعادل ترمودینامیکی دارند. چون انرژی همیشه از منابع به شدت متراکم به درون فضاهای وسیع و تهی جریان دارد، در نهایت عدم تعادل ترمودینامیکی هر وضعیت اختر فیزیکی را مشخص می‌سازد. هر دستگاه حیاتی که در نزدیکی یکی از منابع قرار بگیرد می‌تواند استفاده خوبی از این جریان انرژی ببرد. با چنین تعارفی است که (فرد هویل) ادعا می‌کند که ابرهای گرد و غبار میان ستاره‌ای ممکن است زنده باشند و اگر بخواهیم به این شواهد ترمودینامیکی شواهد دیگری بیافزاییم می‌توان وفور شارهایی در فرکانسهای رادیوئی و تلویزیونی تولید شده توسط موجودات هوشمند و یا ازدیاد گاز CH_4(متان) که در مجاورت اکسیژن زود ازبین می‌رود در یک منطقه را دلیل بر حضور حیات و تولید این گونه از ماده دانست.

بنابراین با هر علمی با توجه به دیدگاه خاصی که به موجودات زنده و حیات دارد می‌تواند در آن حوزه نظری را ارائه دهد و تا همه جنبه‌های حیات بطور کامل روشن نشود بالطبع نظری جامع در این خصوص علمی به نظر نمی‌رسد کما اینکه در تعاریف مختلف و جنبه‌های مختلف یک موجود زنده و فوری از موجودات غیر زنده هم قرار می‌گیرند پس درباره‌ای از مواقع جدا کردن موجود زنده از غیر زنده کار بسی دشوار است و صاحبنظران خبره در یک رشته نمی‌توانند نظری قطعی دربارهٔ بعضی از موجودات بدهند، مثلاً موجودی

بنـام ویـروس کـه عامـل بسـیاری از امـراض چـون آنفلانـزا و غیراسـت. ویـروس مولکـول مخصوص است که بسیاری از خصوصیات موجودات جاندار را دارد اما این خصوصیات به آن اندازه نیست که ویروس جزء جانداران به شمار آید. از این قبیل موجودات کـه در مـرز میان جانداران و بیجان قرار دارند نمونه‌های دیگری نیز هست.

پس لاجرم مرزی میان موجودات زنده و غیـر زنـده وجـود نـدارد پـس بـا کـاووش در ساختمان‌ها و ترکیبهای موجود در یک موجود زنده شاید بتوان به پاره‌ای از ایـن مشـکلات فائق آمد.

فعلاً ما نگره خود را به موجودات زنده پیرامون خود معطوف می‌کنیم و از امکان حیات در شکل‌های فرازمینی چیزی به میان نمی‌آوریم.

آنچه واضح و مبرهن است تمام مواد مورد نیـاز بـرای زیسـتن پیرامـون مـا در برگیرنـده ملکول‌های آلی از ترکیبات پروتئین و اسیدهای نئوکلیک است و ممکن است نشانه‌هایی از چنین مولکول‌های یا حداقل تولیدات حاصل از واپاشی آنها را پیدا کرد.

به هر حال اثبات شده که حیات، مولکول‌های محبوب و همیشگی خود را دارد، هیدراتهای کربن، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیـک بـه همـراه لیپیـدها، پیکـره جانـداران را مـی‌سـازند، آزمایش‌ها نشان داده که این ملکول‌ها می‌توانند از مواد غیرزنده معدنی تشکیل شوند، ولـی هنوز کسی مشاهده نکرده که بـه وجـود آمـدن حیـات از ایـن گونـه مـواد بـه چـه صـورت می‌باشد. در این که چگونه حیات از ترکیب ملکول‌های غیر زنده بـه وجـود آمـده چنـدین نظریه علمی وجود دارد.

نظریه‌های مربوط به حیات

یک رهیافت کاملاً خوش بینانه در دهه ۱۹۲۰ میلادی مطرح شـد کـه بـه مـدل « سـوپ بنیادین» معروف شد.

طبق این نظریه زمـین در دوران اولیـه خـود بسـیار گـرم بـوده اسـت. و مولکولهـای آب بصورت بخار بوده‌اند. با سرد شدن، بخار متراکم شـد و بـاران شـروع بـه باریـدن گرفـت و

اقیانوس‌ها تشکیل شدند.

در آن زمان جو زمین عاری از اکسیژن ولی مملو از نیتروژن متان و آمونیاک بود این ملکول‌ها در اثر انرژی رعد و برق و پرتو فرابنفش خورشید برانگیخته شدند و با ترکیب شدن درهم ملکول‌های ساده آلی را بوجود آوردند. این ملکول‌ها نیز در ادامه فرآیند با یکدیگر ترکیب شده و ملکول‌های پیچیده‌تر را به وجود آوردند و آنها همراه با باران وارد اقیانوس‌ها شده اند، در این بین فعالیت‌های آتشفشانی موجود در بستر اقیانوس‌ها نیز در این روند را تشدید می‌کرده است، طرح این فرضیه در آن زمان دانشمندی به نام « هارولد یوری » را به این فکر انداخت که این تفکر را به بوته آزمایش بگذارد، وی در سال ۱۹۵۲ از دانشجوی خود « استنلی میلر » خواست تا مدلی آزمایشگاهی از محیط حاکم بر زمان تشکیل حیات احتمالی تهیه بنماید.

استنلی میلر از آب خالص شروع کرد. اوآب را چندین بار جوشاند تا مطمئن شود که عاری از هر گونه جانداری باشد، سپس نیتروژن،هیدروژن و آمونیاک(NH_3)را به آب اضافه کرد.میلر این مخلوط آب و گاز را در یک بالن ریخت و یک دستگاه تولید جرقه الکتریکی را داخل آن تعبیه کرد تا مدلی از رعد و برق آن زمان در سطح کره زمین باشد. وی دستگاه را قریب به یک هفته روشن نگاه داشت و در این میان مخلوط دائماً با همزنی، متلاطم می‌شد. بعد از یک هفته آب به رنگ صورتی درآمده بود. بعد از تجزیه تحلیل محتویات بالن به این نتیجه رسیدند که از میزان آب و گاز کاسته شده ولی در عوض ترکیبات آلی جدیدی مثل آمینواسیدها، اسیدهای چرب و کربوهیدارتها تشکیل شده است که ظاهراً نشان می‌داد نظریه سوپ بنیادین درست است. اما شواهد بعدی این فرضیه را زیر سوال برد، چرا که گازهایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گرفتند به مقدار کافی در جو آن دوران وجود نداشتند. همچنین اشعه فرابنفش خورشید در غیاب لایه ازن باعث نابودی گازهای آمونیاک و متان در جو می‌شود. بعد از رد این فرضیه دانشمندان کمر همت بستند تا ایرادات آن را مرتفع سازند. آنها برای محافظت مولکول‌ها از تابش فرا بنفش، مولکول‌ها درون حباب‌هایی مملو از گاز تشکیل می‌شوند. در این صورت گازها

حداقل تا زمانی که تبدیل به مولکولهای آلی شوند از آسیب تابش‌ها در امان می‌مانند.

این مولکول‌ها بعد از رسیدن به سطح اقیانوس از حباب خارج شده و وارد اتمسفر پر از انرژی می‌شوند و در اثر رعد و برق و تابش‌ها، واکنش‌های بعدی را انجام می‌دهند و به مولکولهای پیچیده‌تر تبدیل می‌شوند. این مدل بعدها به « مدل حباب‌های بنیادین » معروف شد.

نظریه پیتزای بنیادین

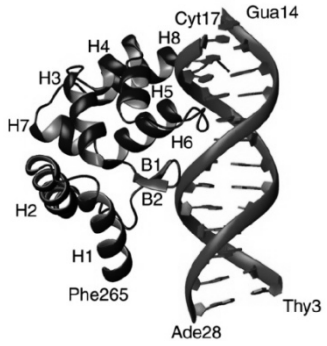
برخی دیگر اعتقاد دارند حیات نه در اقیانوس‌ها بلکه روی صخره‌ها و سنگ‌ها به وجود آمده است این فرضیه به نظریه « پیتزای بنیادی » معروف است.

در این نظریه مولکول‌ها بر روی کانی‌هایی مثل پیریت چسبیده‌اند و به مرور زمان بر روی آنها چسبیده و واکنش‌هایی بین آن‌ها رخ داده که منجر به تولید ترکیبات آلی شده است.

فرضیه کریستال بنیادین

در سال ۱۹۶۶ میلادی کرنر اسمیت طی مقاله‌ای ایده تشکیل حیات اولیه از مواد معدنی مثل خاک رس را مطرح کرد. وی معتقد است اصلی‌ترین روند تشکیل حیات، فرایند کریستال شدن است و انواعی از کریستال‌های معدنی، اجداد سلول‌های امروزی بوده‌اند.

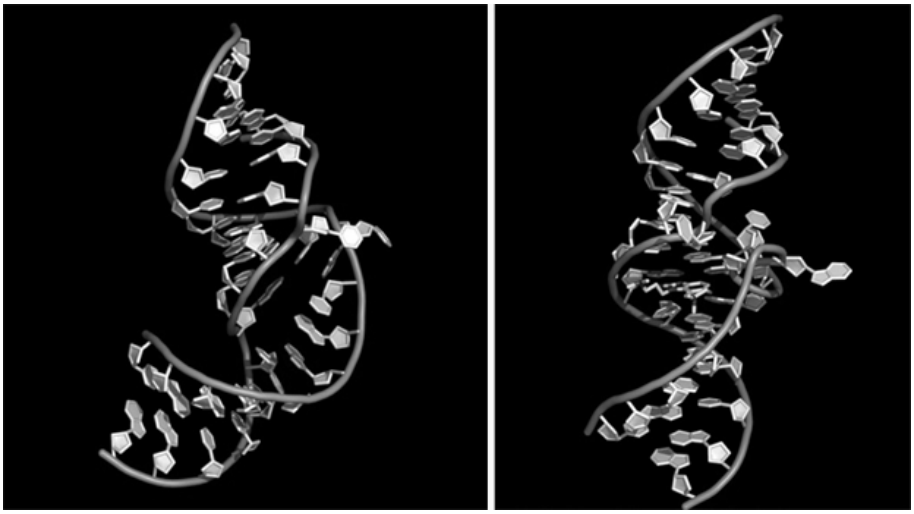
کشف *DNA* و تحول نظریات



ساختار مولکولی *DNA*

بر فرض اینکه ترکیبات آلی مثل آمینو اسیدها و کربوهیدرات‌ها در ادوار دور زمین شکل گرفته‌اند فرآیند به وجود آمدن موجودی که ویژگی زنده بودن را دارا باشد به همین سادگی‌ها نیست. موجودی خودکفا، همتاساز که از طریق کنش و واکنش با محیط تکامل پیدا می‌کند و دارای سوخت و ساز است و رشد می‌کند و از طرفی اعضای درونیش به وسیله علائم الکتریکی با تولید ترکیبات شیمیایی (مثل هورمون‌ها) با یکدیگر در ارتباطند.
امروزه می‌دانیم دارا بودن *DNA* به عنوان ذخیره کننده کدهای ژنتیکی برای انجام فرآیندهای زیستی شرط اصلی است.
DNA پلیمری است که از تکرار بلوک‌های نوکلوئیدی تشکیل شده است. کشف *DNA* در دهه ۱۹۵۰ باعث شد بسیاری این مولکول‌ها را جوهره اصلی حیات بدانند. اما *DNA* فقط اطلاعات را حفظ می‌کند و برای تولید شدن نیاز به پروتین دارد. بنابراین وجود پروتئین‌ها اجتناب ناپذیر است.

کشف *RNA*



ساختار مولکولی *RNA*

در سال ۱۹۸۶ والتر گیلبرت اعلام کرد حیات نه با پروتئین و نه با *DNA* بلکه با *RNA* آغاز

شده است. زیرا *RNA* می‌تواند تکثیر شود. اما براستی بدون غشاء سلولی این مولکول‌ها چگونه می‌توانستند دور هم جمع شده و متابولیسم ایجاد کنند.

در اینجا وجود اسیدهای چرب برای تشکیل غشاء لازم به نظرمی رسد. همچنین درباره اسیدهای آمینه که در ساختار پروتئین‌ها نقش اول را دارند مساله‌ای وجود دارد که مساله را کمی بغرنج‌تر می‌نماید و آن این است که اسیدهای آمینه موجود در پروتئین‌ها همگی چپ گرد هستند در صورتی که در آزمایشگاه اسیدهای آمینه چپ گرد و راست گرد به یک میزان تولید می‌شوند.

در مورد مشکل اول سه دانشمند به نام‌های « زوستاک » و « بارتل » و « لوئیسی » در سال ۲۰۰۱ میلادی نشان دادند،وجود ماده ژنتیکی و پروتئین‌های ساختاری و عملکردی به همراه سایر ملکول‌ها برای تشکیل یک موجود زنده ضروری است.

اگر این مولکولها به صورتی مناسب با یکدیگر ترکیب شوند می‌توانند سیستم پایدار با قابلیت خود تکثیری به وجود آورند. به طوری که خاصیت سازش پذیری با محیط را نداشته باشند. این گونه می‌توانند در مسیر تکامل تدریجی قرار گیرند.

به نظر می‌رسد اسیدهای چرب به یکدیگر متصل شده و لیپیدها را به وجود آورده‌اند که اجزای به وجود آورنده غشاهای سلولی هستند. این مولکولها بشدت آبگریزند. پس وقتی در محیط آبی قرار می‌گیرند برای گریز از آب به گرد هم می‌آیند و کپسول‌های توخالی را به وجود می‌آورند. این کره‌های تو خالی نخستین ساختار سلول بوده اگر نوکلوئیدها وارد این کپسول شوند می‌توانند پلیمر شده و *DNA* را به وجود آورند.

نوکلوئید از یک مولکول قند تشکیل شده که از یک طرف به مولکول‌های قلیائی و از طرف دیگر به گروه فسفات متصل است.

« جان ساترلند » شیمی دان دانشگاه منچستر اخیراً نشان داده است در شرایط مناسب، ماده قلیائی و قند می‌توانند به صورت منسجم ساخته شوند. ساخته شدن سلول‌های خود تکرار شونده از مواد شیمیایی گامی برای تاریخ ژن‌ها بود.

پس مولکول‌های آلی، ونوکلوئونها، با پیوستن به هم *RNA* می‌سازند و ایجاد جهش در

RNA پروتئین‌ها به وجود آمده و پروتئین‌ها *DNA* را می‌سازند. به ظاهر مشکل حل شد.

اما دربارهٔ اسیدهای آمینه چه می‌توان گفت یک گروه تحقیقات به رهبری « مایرهنریش » در سال ۲۰۰۰ دوباره روند تشکیل اسیدهای آمینه را در شرایط اولیه زمین بررسی کردند و دوباره اسیدهای آمینه راست گرد و چپ گرد به نسبت مساوی بدست آمد به دنبال آن این فرضیه به وجود آمد که با توجه به چپگرد بودن اسیدهای آمینه موجودات زمین شاید این اسیدهای آمینه در زمین به وجود نیامده باشند لذا گروه مذکور شبیه سازی از گرد و غبار منظومه‌ای اولیه را دنبال کرد که با فوتونهایی با طول موج ۱۸ ناتومتر هدف قرار می‌گرفت. نتیجه کار این بود که پروتوئین‌های چپ گرد تولید شد. به نظر می‌رسد اسید آمینه موجود در توده زنده کره زمین بسیار قبل از تشکیل کره زمین به وجود آمده‌اند. پرفسور ماپرهنریش در توضیح یافته‌های خود به چند مورد کشف اسیدهای آمینه در شهاب‌سنگ‌ها که از غبار اولیه پیش سیاره‌ای منشاء گرفته‌اند اشاره می‌کند که همگی چپ گرد هستند. این نظریه را در بخش‌های بعدی دنبال خواهیم کرد.

در جستجوی حیات فرازمینی

ایده برقراری ارتباط با تمدن‌های هوشمند فضایی، توسط دو دانشمند به نام‌های « کوکونی « و « مادیسون » طی مقاله‌ای که در مجله نیجر منتشر شد مطرح گشت.

آنها پیشنهاد کردند اگر تمدن‌هایی هوشمند در سیارات دیگر باشند لاجرم باید به تجهیزاتی همانند آنچه ما داریم مجهز باشند. در این صورت خواهند توانست سیگنال‌های رادیوئی ما را دریافت کرده و به آن پاسخ دهند، پس از طرح نظریات متفاوت از سایر دانشمندان، پروژه‌ای به نام « آزومارا » در سال ۱۹۵۹ برای استراق سمع فضا راه اندازی شد « فرانک دریک » با استفاده از رادیو تلسکوپ ۸۵ فوتی رصد خانه گرین نیک دو ستاره «نائوستی » و « اپسیلون اریدانی » را زیر نظر گرفت، اما هیچ سیگنالی دریافت نکرد. یکی از دانشمندان فقید ناسا « کارل ساگان » بنیانگذار انجمن ستاره‌ای بود، وی یکی از رهبران پروژه ارسال سفینه بدون، سرنشین « وایکینگها » بوده است و داستان‌های علمی – تخیلی

فراوانی را نوشته است.

او در طرح *SET* و *METI* یکی از فعال ترین‌ها بود. ساگان آزمایش « استنلی میلر » را بار دیگر تکرار کرد و توانست با استفاده از ترکیب هیدروژن،متان و آب و NH_3،آمینو اسیدها را تولید کند.

« آستروبیولوژی یا همان اختر زیست شناسی رشته علمی جدیدی است که در (ماه می۱۹۹۸) توسط ناسا در مرکز امیز (*Ames*) تاسیس شد، ماموریت ویژه ا ختر زیست شناسی تحقیق درباره موضوع حیات در جهان هستی و پاسخ دادن به سوالاتی نظیر « آیا ما در جهان تنها هستیم؟» است. در حقیقت اختر زیست شناسی را می‌توان تلفیقی از ۴ بخش مختلف داشت که عبارتند از: ۱- اگزوبیولوژی، ۲- بیولوژی سیاره‌ای، ۳- منشاء حیات و ۴- آینده انسان در فضا

اگزوبیولوژی تحقیق درباره فرآیندهای زیستی و ساز و کارهای درونی موجودات زنده در شرایط خارج از جو زمین به چه شکلی است و چگونه دستخوش تغییر و تحول می‌شود.

بیولوژی سیاره‌ای

شرایط محیطی سیارات بیگانه را کاوش کرده و چگونگی وجود یا عدم وجود حیات در آن را مورد نقد و بررسی قرار می‌دهد.

اکنون گمانه زنی‌هایی دربارهٔ این فرض که حیات خارج از وارد سیاره ما شده است روز به روز افزایش می‌یابد. این مهترین کار بخش اخترزیست شناسی می‌باشد. چون کلید پاسخ به بسیاری از سوالات دیگر در حل این مسئله نهفته است. در دهه‌های گذشته با استعانت از ابزارهای رصدی قدرتمندی اطراف ما و کاوشگری‌های سیاره‌ای اطلاعات زیادی از جهان‌های مجاور به ما رسیده است.

و با بررسی این اطلاعات دو زمینه فعالیتی و بینشی در میان اختر زیست شناسان کاوشگر حیات فرا زمینی به وجود آمده است.

۱- زمین زیستی‌ها

این عده اعتقاد دارند حیات در هر جای جهان باشد باید مشابه حیات در زمین ما باشد بنابراین باید به دنبال سیارات زمین گون بگردیم.

۲- دگر زیستی‌ها

این عده اعتقاد دارند نباید الگوی حیات و معیار را زمین قرار دهیم چرا که حیات در شرایط غیرمتعارف نیز می‌تواند تشکیل گردد.

پس به عقیدهٔ این گروه برای جست و جوی حیات باید با دید وسیعتری وارد عمل شد. اخیراً یک گروه تحقیق گزارش داده است. نیازهای اساسی حیات که در روی زمین حاکم هستند مثل آب مایع به عنوان حلال اصلی بیوشیمیایی، متابولیسم وابسته به کربن و....، تنها راه برای ایجاد پدیده‌هایی که حیات را به وجود می‌آورند نیستند. جان باروس پرفسور اقیانوس شناسی دانشگاه واشنگتن می‌گوید: «تحقیقات ما به وضوح نشان می‌دهد که حیات ممکن است به اشکالی متفاوت از چیزی که در روی زمین وجود دارد، تشکیل شود»

انتشار این گزارش عامل استقبال دانشمندان بسیاری شد « میشل مه بر » سرپرست تحقیقات ناسا در مریخ می‌گوید « این گزارش می‌تواند کمک بسیاری به ما بکند تا مطمئن شویم با چشمانی باز به تحقیقات ادامه دهیم.»

تاکنون جست و جو برای یافتن آب مایع در سیارات مهمترین فاکتور کاوش حیات در سیارات بوده و حیات آن گونه هم که ما تصور می‌کنیم به مطابق الگوی حیات زمین نیست. مثلاً می‌دانیم در زنجیره DNA طبیعی فرا زمینی، فسفر به کار رفته است، اما امکان دارد که نوعی DNA با زنجیره آرسنیک به جای فسفر تشکیل شود. همچنین احتمال دارد در کالبد موجودات زنده سیارات بیگانه به جای آب مایع از محلول متان یا آمونیاک استفاده شده باشد.

حتی پاره‌ای گزارش‌های منتشر شده احتمال می‌دهد. به جای کربن به عنوان عنصر اصلی ارگانیسم‌های زنده، زنجیر سیلیکون به کار رود. در هر حال فقط کاوشهای آینده

می‌تواند صحت یا عدم درستی آن را معلوم نماید.

جستجو در کدامین ستارگان

زمانی که تلسکوپ هابل در مدار خود قرارگرفت، مردم برای آزمودن چگونگی کارکرد آن، یک نقطه بسیار کوچک از فضا را در نظر گرفتند و عدسی قدرتمند هابل را به سوی آن نشانه رفتند. آنها فکر می‌کردند این نقطه کوچک نورانی از یک ستاره است بلکه توده‌ای کهکشانی با حضور ۸ هزار کهکشان بود. این قدرت دستگاهای ما در قرن حاضر است، با چنین ابزارهایی که برای کرانه‌های کیهان در نظر می‌گیریم حدود ۴۰ میلیارد سال نوری است با ۴۰۰ میلیارد کهکشان که در هر یک از کهکشانها به طور متوسط ۱۰۰ میلیارد ستاره در حال درخشیدن است.

پروفسور « ویلی لی » نویسنده معروف می‌نویسد: تعداد ستارگان کهکشان راه شیری ۳۰ میلیارد و تعداد منظومه‌های آن حداقل ۱۸ میلیارد است، لازم به تذکر است که این ارقام بسیار محتاطانه است اگر بخواهیم حداقل تعداد منظومه‌ها را در نظر بگیریم که فواصل آنها بحدی منظم باشد که از هر صد منظومه فقط یک سیاره در کمربند حیات باشد حدود ۱۸۰ میلیون سیاره وجود خواهد داشت با چنین شرایط ویژه‌ای و اگر فقط $\frac{۱}{۱۰۰}$ آنها دارای زندگی فعال باشند پس ۱۸ هزار سیاره مسکن موجودات زنده متفکر هستند.

چند سال قبل « فرانک دریک » از مدیران مؤسسه *SET* فرمولی را برای محاسبه تعداد احتمالی تمدنهای هوشمند فضائی ابداع کرد که مورد توجه همگان قرار گرفت.

این فرمول به صورت زیر است:

$$N = R \times S \times P \times E \times L \times I \times C \times V$$

N: تعداد تمدن‌های فرا زمینی

R: تعداد ستارگانی که در کهکشان ما شکل گرفته‌اند.

S: تعداد ستارگان مشابه خورشید منظومه‌شمسی

P: تعداد ستارگانی که دارای سیاره‌اند.

E: تعداد سیاراتی که در کمربند حیات منظومه‌اش قرار گرفته‌اند.

L: تعداد سیاراتی که در آن حیات به وجود آمده است.

I: تعداد سیاراتی که در آن حیات هوشمند شکل گرفته است.

C: تعداد گونه‌های هوشمندی که دارای فناوری برقراری ارتباط تمدن‌های دیگر هستند.

V: عمر مرحله ارتباط به سال

(دریک) معتقد است اگر ارقام خواسته شده را به درستی در فرمول وارد کنیم می‌توانیم به رقم درستی از تعداد تمدن‌های فرازمینی دست یابیم در این معادله ما می‌توانیم R را مشخص کنیم و تحقق درباره فاکتور S ادامه دارد، در مورد بقیه مولفه‌ها نمی‌توان پاسخ امیدوار کننده‌ای داد چون اطلاعات ما در این باره تقریباً در حد صفر است.

اخیراً گزارشی در مجله آستروبیولوژی منتشر شد که نشان می‌داد حداقل ۳۶۱ و حداکثر ۳۸ هزار تمدن هوشمند در جهان وجود دارد.

« دانکن فورگان » محقق دانشگاه ادنیبورگ با استفاده از شبیه سازی رایانه‌ای مدلی از کهکشان راه شیری آماده کرد و منتظر شد طبق برنامه‌ای که به رایانه داده بود منظومه‌های خورشیدی تشکیل شود. وی در ادامه برای بررسی حیات از سه روش استفاده کرد.

۱) سیارات این کهکشان شرایط مناسبی برای زندگی ندارد ولی امکان دارد که حیات در آنها تشکیل شود وی در این برنامه حداقل شانس را برای به وجود آمدن حیات در نظر گرفت و تعداد ۳۶۱ تمدن هوشمند را پیش بینی کرد.

۲) سناریوی دوم کم خوش بینانه‌تر اعمال شد در این طرح پیدایش حیات ساده ولی گسترش و پایداری آن مشکل و پیچیده است. تحت این شرایط رایانه احتمال وجود ۳۱ هزار و ۵۱۳ تمدن را ارائه داد.

۳) سناریوی آخر بر مبنای این حیات در کهکشان تشکیل شده که حیات بوسیلهٔ شهاب‌سنگ‌ها به سیارات منتقل شده برنامه ریزی شد.

بر اساس این فرضیه رایانه وجود ۳۷ هزار و ۹۶۴ تمدن هوشمند را پیش بینی کرد.

به هر حال بشر بدنبال جای پایی برای خود در فراسوی سیارهٔ زمین است و این یکی از اهداف ستاره‌شناسان محسوب می‌شود، تا بتواند جایگاهی برای خود در جهان پیدا کند و در صورت نیاز و در شرایطی که دیگر شرایط زیست در این سیاره خاکی مقدور نیست به آن سیاره سفر نماید.

فصل ۴

ستارگان

ستاره‌شناسی علمی است که موضوع آن ستارگان می‌باشند. ستارگان اجرامی هستند که در فاصله‌های بسیار زیاد از ما خود نمائی می‌کنند نزدیکترین ستاره به زمین خورشید قریب به یکصد پنجاه میلیون کیلومتر فاصله دارد و تقریباً ۸ دقیقه نوری با زمین فاصله دارد و نزدیکترین ستاره به خورشید « قنطورس » حدود چهار سال نوری با خورشید فاصله دارد یعنی نور آن پس از چهار سال به زمین می‌رسد و یا به عبارت دیگر اگر با سرعت نور که $۳\times۱۰^{۸}\,m/s$ است به سوی آن ستاره حرکت کنیم چهار سال در راه خواهیم بود به هر حال با چنین فاصله‌های طولانی دسترسی به ستارگان امری محال و دست نیافتنی است، و از طرفی ما برای بررسی ستارگان باید اطلاعاتی از آنها به نوعی بدست آوریم، تنها منبعی که ما را در کاوش ستارگان یاری می‌کند نوری است که از آنها ساطع می‌شود پس دانشمندان با بررسی و آنالیز همین نور باید تحقیقات خود در زمینه ستاره‌شناسی را ادامه داده و به شیمی و فیزیک ستارگان راه یابند.

روش‌های پیدا کردن ستارگان

از دیرباز مردمان برای پیدا کردن و شناخت ستارگان در آسمان نشانه‌ها و روش‌هایی را مد

نظر داشته‌اند که اولین این ابتکارات به تقسیم‌بندی آسمان به صور فلکی انجام گرفت. اندیشمندان عصر عتیق با توجه به اسطوره‌ها و داستان‌های متعارف در جامعهٔ خود، اسامی و شخصیت‌های آنها را روی اجرام آسمانی می‌گذاشتند بدین صورت که اجتماع تعدادی از ستارگان به گرد هم را به یاد وارده یک شخصیت اسطوره‌ای خود، به نام او می‌گذاشتند. و حتی تصاویر خدایان اساطیری خود را در آسمان می‌دیدند و با شناخت این صورت‌های فلکی آسمان و ستارگان موجود در آن را می‌شناختند مثلاً وقتی می‌گفتند دنباله‌ای در حوالی کمربند شکارچی آسمان در حال رؤیت است، اولاً شکارچی و دوماً کمربند آن را می‌شناختند پس جرم مورد نظر را رصد می‌کردند و نشان می‌دادند، حکم صور فلکی در آسمان به منزله تقسیم‌های کشورها روی کره زمین است.

مختصات‌های سماوی

روش علمی در تحقیق موفقیت ستارگان در آسمان تنظیم مختصاتهای خاص سماوی در آسمان بسته به نیاز دانشمندان است. دانستن مختصات سماوی یک ستاره در ردیابی و پیدا کردن آن بسیار مؤثر است نظیر اینکه ما روی زمین با دانستن مختصات جغرافیایی منطقه‌ای بی درنگ جایگاه آن را روی کره خاکی پیدا می‌کنیم. در آسمان نیز با دانستن موقعیت مختصات ستاره به سرعت آن را می‌یابیم. در مختصات‌های سماوی همواره صفحه‌ای به نام صفحه شاخص و نقطه‌ای به عنوان نقطه شاخص مطرح است و نسبت به صفحه و نقطه مذکور موقعیت ستارگان در آسمان مشخص می‌شود. انواع مختصات‌های مورد کاربرد در ستاره‌شناسی، مختصات افقی، مختصات استوائی، مختصات دایره البروجی و بالاخره مختصات کهکشانی می‌باشد. که صفحه شاخص بر اسم مختصات قرار گرفته و نقطه مختصات در آنها به ترتیب، ستاره قطبی، نقطه s یا همان نقطه اعتدال بهاری و بالاخره خورشید نسبت به کهکشان می‌باشد و به ترتیب برای یافتن ماه، ستارگان، سیارات و کهکشانها مورد استفاده قرار می‌گیرند، در مساله یافتن ستارگان در دوره معاصر معمولاً از مختصات استوائی یا بعد و میلی استعانت می‌جویند که میل زاویه ارتفاع ستاره تا صفحه

استوا به درجه و بعد زاویه عمود از ستاره تا نقطه اعتدال بهاری می‌باشد که به ساعت بیان می‌شود که هر ۱۵ درجه را یک ساعت می‌نامند، در این مختصات کره سماوی و به ۲۴ ساعت و ۹۰ درجه شمالی و ۹۰ درجه جنوبی تقسیم می‌شود. ستارگان بالای استوا دارای بعد شمالی و ستارگان زیر استوا دارای بعد جنوبی هستند.

قدر ستارگان

همانطور که گفتیم تنها منبعی که می‌توان از آن اطلاعاتی از ستارگان بدست آورد نورستارگان است، این همان چیزی است که فقط در آسمان در شب قابل رویت است گذشتگان نیز با توجه به چنین مساله‌ای با توجه به اینکه همه ستاره‌ها را به یک فاصله از زمین روی کره اطلس می‌پنداشتند، نورانیت ستارگان مختلف را اندازه‌گیری و ثبت می‌کردند که به این نور قدر ظاهری ستارگان می‌گفتند، قدر ظاهری ستارگان اولین بار در تاریخ توسط اندیشمندی به نام ابرخس یا هیپارکوس که به قولی یونانی تبار و به گفته‌ای ایرانی بوده ثبت و ضبط شده است.

ابرخس با توجه به قدرت بینائی بصری خود ستارگان از نظر روشنایی تقسیم‌بندی نموده بود. او این گونه بیان کردکه هر چقدر قدر ستارگان مثبت باشد از مقدار نورانیت آنها به طور نمائی کاسته می‌شود و هرچقدر عدد قدر ستارگان به سمت منفی میل کند پرنورتر می‌باشند. در این روش یک ستاره را به عنوان ستاره شاخص در نظر می‌گرفتند و نورانیت سایر ستارگان را نسبت به آن می‌سنجیدند در این روش قدر ستارگانی چون شعرای یمانی (۱-) و ستاره قطبی (۱+) و قدر خورشید (۵/ ۲۶-) ارزیابی می‌شود.

قدر مطلق

همانطور که گفته شد گذشتگان به دوری و نزدیکی ستارگان برای سنجش قدر توجهی نداشتند و باور به یک فاصله بودن ستارگان را مد نظر داشتند. ولی در پژوهش‌های گوناگون معلوم شد که چنین فرضی صحیح نمی‌باشد لاجرم ستارگان با فواصل مختلف در پهنه آسمان گسترده شده‌اند و این اختلاف منجر به تفاوت نورانیت آنها نیز خواهد شد مثلا

بدیهی است ستاره‌ای که پرنورتر ولی بسیار دورتر است. و همچنین ستاره‌ای که کم نورتر ولی نزدیکتر است به نظر می‌رسد و فقط سنجش نور آنها بدون توجه به فاصله اطلاع مهمی را نمی‌تواند از سایر ستارگان به ما بدهد مثلاً ستاره شعرای یمانی با قدر ظاهری (۱-) که به اندازه ۲۳ برابر خورشید انرژی نورانی گسیل می‌کند ظاهراً خیلی پرنورتر از رجل الجوزاء که ۵۸۰۰۰ بار تابنده‌تر از خورشید است، شعرای یمانی به فاصله ۸/۷ سال نوری از ماست ولی رجل الجوزاء ۹۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد. پس دانشمندان به دنبال روشی مطمئن‌تر برای سنجش نورستارگان بودند لذا قدر واقعی به نام قدر مطلق را مطرح کردند، در سنجش قدر مطلق برای سنجش نورانیت دو ستاره به عنوان قرار داد مقدار نور هر ستاره را وقتی در فاصله ۱۰ پارسکی « پارسک فاصله ۳/۲۶ سال نوری از ما قرار دارند را می‌سنجیم و با هم مقایسه می‌کنیم یعنی همه آنها را در یک فاصله می‌آوریم و با یکدیگر می‌سنجیم.

برای محاسبه قدر مطلق اینگونه عمل می‌کنیم که:

$$m_B - m_A = \frac{5}{2}\log_{10}\frac{LA}{LB}$$

$$10^{(m_B - m_A)} = 10^{0/4\,10^{\log_{10}\frac{LA}{B}}}$$

$$= 10^{(m_B - m_A)} = 10^{0/4}\frac{LA}{LB} \Rightarrow 10^{-/0\,4(m_B - m_A)} = \frac{LA}{LB}$$

در علم فیزیک داریم روشنایی یک چشمه نوربا عکس مجذور فاصله کاهش خواهد یافت.

$$\frac{LA}{LB} = \left(\frac{\partial_2}{\partial_1}\right)^2 \Rightarrow 10^{-0/4(m_B - m_A)} = \left(\frac{\partial_2}{\partial_1}\right)^2$$

$$Log_{10}\left(\frac{10}{\partial_1}\right)^2 = \log_{10}10^{-0/4(m_B - m_A)} \Rightarrow 2\log_{10}^{10} - 2\log_{10}\partial = 0/4(m - M)$$

$$2 - 2\log\partial = -0/4(m - M) \Rightarrow m + 5 - 5\log_{10}\partial$$

در فرمول بالا M قدر مطلق و m قدر ظاهری و ∂ فاصله ستارگان از ماست.

سرعت و حرکت ستارگان

ستارگان در دو جهت شعاعی یا عمود بر شعاع دید در آسمان حرکت می‌کنند در مورد حرکت عمود بر شعاع دید تغییر موضع ستارگان در طی هزاران سال در حد ثانیه قوسی قابل تشخیص است پس از موضوع محاسبات ما خارج است و این به دلیل بعد مسافت آنها می‌باشد، اما حرکت شعاعی ستارگان که در راستای دید به سوی ما یا خلاف جهت ماست قابل محاسبه است، برای این مساله از قانون دوپلر استفاده می‌کنیم

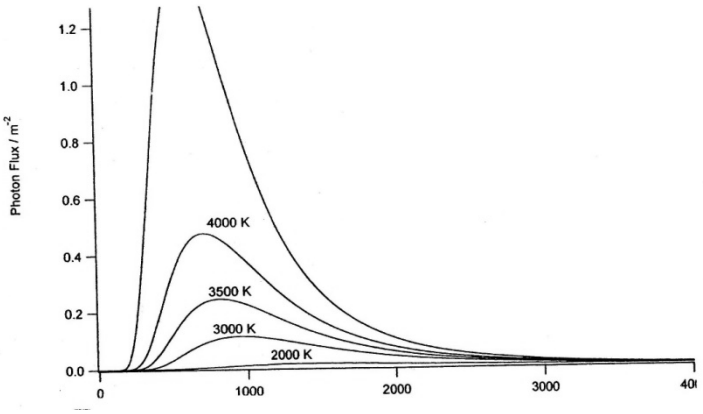
طبق قانون دوپلر با دانستن طول موج λ_S استاندارد و اختلاف طول موج دریافتی با طول استاندارد و دانستن سرعت نور می‌توان مقدار V یعنی سرعت یک ستاره را تخمین زد.

$$\frac{\lambda s}{\Delta\lambda} = \frac{V}{C}$$

با دانستن V ستارگان با توجه قانون هابل $v=h\,\mathrm{d}$ می‌توان فاصله ستارگان را بدست آورد در قانون هابل V سرعت ستارگان یا کهکشانها، H ثابت هابل و بالاخره d فاصله ستارگان تا ماست. که با دانستن V,H قابل تحصیل است.

تابش ستارگان

ستارگان آسمان در تعاریف فیزیکی از اقلام اجسام سیاه محسوب می‌شوند جسم سیاه، جسمی است که همه طیفها را از خود گسیل می‌کند و تمام فرکانسها و طیفها را نیز جذب می‌نماید. پس در مواجهه با ستارگان باید از قوانین تابش جسم سیاه مدد جست ازجمله خصوصیات گسیل جسم سیاه این است که رنگ ستارگان تابع دمای آنهاست و به جنس ستارگان ربطی ندارد یعنی در طی مطالعه تابش ستارگان با بررسی طیف ستارگان می‌توان به دمای آنها نیز پی برد. $E = \partial T^{۴}$ که در آن E انرژی تابشی و T دمای ستاره می‌باشد این قانون به استفان بولترمن معروف است.



در منحنی بالا شدت $I_\lambda \alpha B_A$ بر حسب طول موج λ برای اجسام سیاه با دماهای مختلف T مشخص شده که پلانک فرمول آن را به گونه زیر معرفی می‌کند:

$$\text{تابع پلانک} = I_\lambda = \frac{۲hc^۲}{\lambda^۵} - \frac{۱}{e^{he/\lambda ht} - ۱} = B_\lambda$$

که در آن C سرعت نور، K ثابت بولتزمن و h ثابت پلانک است.

قانون جابجایی وین:

توزیع شدت یک جسم سیاه دارای ویژگی بسیار مهمی است، در دماهای بالاتر پیشینه به طول موجهای کوتاهتر منتقل می‌شود

$$\text{درجه } cm \text{ ۰/۲۸۹ = ثابت} = \lambda_{\max} T$$

معادله فوق روش راحتی را برای تعیین دمای جسم سیاه بدون نیاز به اندازه گیزی همهٔ توزیع انرژی در اختیارمان می‌گذارد. فقط باید طول موجی را که در آن توزیع انرژی بیشینه است تعیین کنیم. اگر ستارگان مانند یک جسم سیاه تابش می‌کردند، می‌توانستم به این طریق دمای آنها را محاسبه کنیم.

پس با دانستن رنگ یک ستاره یا پیشینه تابش آن در طول موج خاصی دمای ستاره را می‌توان تعیین کرد و یا بالعکس یعنی هر قدر که ستاره داغتر شود و دمای آن بالاتر رود به

سوی رنگ آبی گرایش پیدا می‌کند و هر قدر ستاره سردتر باشد تمایل رنگی آن به سوی قرمز بیشتر می‌شود.

با دانستن λ_{max} (لاندا)با رنگ یک ستاره فقط می‌توان به میزان دمای یک ستاره که بیشتر می‌شود، طیف‌های ستاره‌ای را که بر اثر ملازهای انرژی ویژه یک ستاره به وجود می‌آید بررسی کرد. در صورتی که در تابش جسم سیاه، این دماست که رنگ را مشخص می‌کند نه ملازهای انرژی ویژه پس برای بدست آوردن جنس ساختاری یک ستاره باید به روش‌های دیگر و طیف‌های دیگری توسل جست.

جو ستارگان

همانطور که گفته شد ستارگان از دسته اجسام سیاه هستند و ستارگان به علت وجود دماهای فوق العاده زیاد ساختار مولکولی و اتمی منظم بر آن حاکم نیست و به علت‌های بالا حالت چهارم ماده یعنی پلاسما را دارد در پلاسما صحبت از هستهٔ اتمهاست نه خود اتم و هسته اتمها به همراهی الکترونها در ملغمه‌ای از ماده کنار هم قرار گرفته‌اند که دما و انرژی گرمائی بالا مانع از پیوندهای اتمی و مولکولی آنها می‌شود و در چنین محیطی است که علت فشار بالا واکنش‌های همجوشی هسته‌ای شکل می‌گیرد و تابش این محیط در دسته تابش‌های جسم سیاه قرار می‌گیرد.

اگر کمی از عمق گرم ستاره فاصله بگیریم دما رو به کاهش می‌گذارد بطوری که سطح یک ستاره همچون خورشید نسبت به عمق آن نزول دمای محسوسی را دارد.

از ۱۵ میلیون درجه عمیق تا ۶۰۰۰ درجه سطح و اگر باز هم از سطح فاصله بیشتر شود لاجرم کاهش دما را به همراه داریم که این کاهش دما منجر به آن می‌شود که کم کم زمینه برای پیوندهای کوالانسی بین الکترونها وهسته‌ها فراهم آید، پس اتمها و ملکول‌ها شکل گیرند و عناصر به وجود آیند. این منطقه از ستاره را جو یک ستاره می‌گویند.

چگونگی کاووش در جو ستارگان

قانون کریشهف به عنوان قانونی مهم در محیط‌های جو ستاره‌ای خودنمائی می‌کند این

قانون که کاربردی توانمند در نگره طیف‌های جذبی در جو ستارگان را ایفا می‌نمود.
قانون کیرشهف عنوان می‌دارد که هر عنصری در اثر التهاب طیف منحصر به فرد را از خود تابش می‌کند که این طیف به مثابه اثر انگشت در انسان‌هاست که امکان ندارد که دو عنصر از نظر طیفی با یکدیگر تطابق داشته باشند و هر عنصر هر طیفی را که هنگام التهاب گسیل می‌دارد همان طیف را هم جذب می‌کند. یعنی طیف عنصر هیدروژن که هنگام التهاب صورتی رنگ است توسط خود هیدروژن جذب می‌شود نه عنصری دیگر، و یا طیف آبی هلیوم توسط خود هلیوم جذب می‌شود.

پس بنابراین قانون اگر چنانچه محفظه‌ای بسته‌ای مملو از گاز بی رنگ را به ما بدهند می‌توانیم با بررسی طیف‌های جذبی آن پی به ماهیت آن گازها ببریم بدین صورت که ابتدا در پس زمینه محفظه مذکور منبع خاصی که همه طول موجها را گسیل می‌کند قرار می‌دهیم و در سوی دیگر محفظه پس از عبور طیف‌های متعدد از محفظه دوباره طیفها را رصد می‌کنیم اگر در طیف‌های رصدی شاهد عدم حضور طیف شدیم که در منبع اصلی موجود بوده لاجرم ادعا می‌کنیم که این طیف داخل محفظه جذب شده توسط گاز ویژه‌ای که همان طیف را گسیل می‌کند پس با دانستن تعداد رنگهای طیف‌های جذبی می‌توانیم ماده موجود در محفظه را معلوم کنیم.

در درون ستارگان نیز چنین حالتی اتفاق می‌افتد ستاره مادر که به عنوان جسم سیاه تمام طیفها را از خود گسیل می‌دارد و جو ستاره که پایه اصلی خود را از هسته‌های تولیدی خود ستاره گرفته و اتمها و مولکول‌های متناسب با آن را ساخته طیف‌های مربوط به خود را جذب می‌کند پس لاجرم ما در رصد طیف گسیلی از ستاره شاهد طیف‌های جذبی هستیم که این طیف‌ها ماده موجود در جو را حکایت می‌دارد.

آیا ماده موجود در جو می‌تواند از حالات و هسته‌های تولیدی در درون ستاره اطلاعی به ما بدهد.

به هر حال در تشکیل اتمها این هسته است که طرازهای انرژی و تعداد الکترون‌های موجود

در اطراف خود را معین می‌کند و هسته نیز درون ستاره تشکیل می‌شود و به اصطلاح هسته‌ها کارخانه‌های تولید هسته‌ها هستند که در درون آنها بواسطه فعالیت‌های نظیر همجوشی هسته عناصر سبک به هسته عناصر سنگین تبدیل می‌شود و در روند ساختار و تحول هسته‌ها پیچیده‌تر می‌شود.

فصل ۵

ساختار و تحول ستارگان

ستارگان را می‌توان کارخانه‌های تولید هسته‌های سنگین نامید که عناصر سبک را به عناصر سنگین ارتقاء می‌دهند.

در روند ساختار و تحول عنوان می‌شود که ستارگان از توده‌هایی ابر مانند که سحابی نامیده می‌شود تشکیل می‌شوند سحابی‌ها توده‌هایی از مولکول‌ها، اتمها، یونها و عناصر هستند که در فضای بین ستاره‌ای قرار گرفته‌اند.

فضای میان ستاره‌ای

بیشتر از اختر شناسان بر این باور بودند که فضا بین ستاره‌ها خالی از ماده می‌باشد ولی یک اختر شناس آلمانی (یوهان هارتمن) در سال ۱۹۰۴ به این نتیجه رسید که در فضای میان ستاره‌ای را گازها و غبار تشکیل داده‌اند که مقدار گازها بیشتر از غبارها می‌باشد. فضایی که گازها و غبارها در بین ستاره‌ها برای خود گرفته‌اند فضایی بسیار بزرگ که حتی این فضای میان ستاره‌ای از فضایی که ستاره‌ها اشغال می‌کنند بزرگتر است. غبارهایی که در فضای بین ستاره‌ای هستند بسیار ریز و قطر آن کمتر از یک میکرون می‌باشد که به تعداد هر یک ذره غبار ۱۰۱۸ مولکول گاز وجود دارد. با اینکه کیهان مملو از مولکول‌های گاز

می‌باشد ولی غبارها در بین این مولکول‌ها خود را نشان می‌دهند. در برخی از نواحی ماده میان ستاره‌ای جرم بیشتری نسبت به قسمت‌های دیگر وجود دارد و ماده به صورت نا برابر توزیع شده است. در این نواحی جرم گازها و غبار از جرم یک ستاره هم بیشتر می‌باشد.در بعضی از نقاط بر اثر گرانش گازها و غبارها در کنار هم جمع می‌شوند و ابرهای ضخیمی تشکیل می‌دهند بعضی از این ابرها آنقدر ضخیم هستند که جلوی نور ستارگان را می‌گیرند مقدار ماده‌هایی که میان ابرهای ستاره‌ای وجود دارد متفاوت است ولی در کل ۷۰ در صد از آن را هیدروژن تشکیل می‌دهد که می‌تواند به صورت هیدروژن خنثی *(H۰)*، هیدروژن یونیزه شده *(H+)* و هیدورژن مولکولی *(H۲)* باشد. ۲۸ درصد آن را هلیوم *(He)* و ۲ درصد مابقی را عناصر سنگین تشکیل می‌دهند که احتمالات بر این است که از ۲ درصد مابقی، ۱ درصد از این ابرها را گوگرد*(s)* و کربن *(c)* تشکیل داده‌اند. منشا شکل‌گیری این ابرها از انفجار ستاره‌ها می‌باشد که در فضای کیهان پخش می‌شوند.دانشمندان به صورت خطوط طیفی که مولکول‌های موجود در فضای میان ستاره‌ای از خود آشکار می‌سازند و مقایسه این خطوط طیفی با خطوط ملکول‌هایی که از قبل شناسایی شده‌اند آنها را تشخیص می‌دهند.

مولکول‌هایی که در فضایی بین ستاره‌ای یافت شده‌اند

۲ تمی	۳ اتمی	۴ اتمی	۵ اتمی	۶ اتمی	۷ اتمی	۸ اتمی	۹ اتمی	۱۰ اتمی	۱۱ اتمی
H۲	H۲O	NH۳	C۴H	CH۳ OH	CH۳ CCH	CH۳ COOH	CH۳ OCH۳	HC۹ N	HC۱۱N
CO	O۳	H۲C۲	CH۲NH	CH۳ SH	CH۳ CHO	CH۳ C۳ N	CH۳ CH۲ OH		
CH	N۲H	H۲CO	CH۲ CN	CH۳ CN	CH۳ NH۲		CH۳ CH۲ CN		
CN	HCO+	H۲CS	HCOOH	NH۲ CHO	CH۲ CHCN		CH۳ C۴H		
CS	HCS+	HNCO	CH۲ CO	HC۵ N			HC۷N		
C۲	HCN	HNCS	HC۳N	CH۳C۲H					
CH+	C۲H	C۳H	H۲C۲O						
OH	SO۲	C۳O							
NS	H۲S	C۳N							
SO	HCO	HOCO+							
SiO	OCS	NaOH							
NO	HNO	NaCL							
SiS		HCHO							

طبقه‌بندی ستارگان

این طبقه‌بندی را به ترتیب به نام‌های طبقه (۰) و طبقه (B) طبقـه (A) طبقـه (F) طبقـه (G) و (K) و (M) می‌گویند که در دانشگاه هاروارد ارائه شده است. که هر کدام از این طبقه‌ها بـه ۱۰ قسمت، تقسیم می‌شود. ردیف ستارگان K به یک شاخه (R) و ردیـف M بـه دو شـاخه S,N به شرح زیر تقسیم می‌شود و سه گـروه W,Q,P جـدا از ایـن طبقـه‌بنـدی در گوشـه‌ای هستند.

$$O-B-A-F-G-\begin{matrix}R\\K\end{matrix}-\begin{matrix}N\\M\\S\end{matrix}$$ و گروه‌های S,N,R,W,Q,P

گروه‌های فرعی هستند که بعد از گروه اول که رشته پیوسته هستند بوجود آمده مانند شکل بالا صفات ویژه این گروه ستارگان به قرار زیر است:

P – علامتی است برای نوع سحابیهای مدور با سیاره‌ای بنـام « سـحابی‌هـای سـیاره‌ای » که اطراف این ستاره گازهای خیلی خیلی داغ یونیزه فرا گرفته است.

Q – برای ستارگان « نوا » یا نواختران است، که ناگهان منفجر شـده و حـرارت آنهـا بـه ۱۰۰۰۰ درجه می‌رسد.

W – علامتی برای نوع ستارگان از نوع (ولف رایت) هستند که متشکل از ازت و هلیوم و کربن هستند.

O – طیف این نوع ستارگان هلیوم ۲ و ازت ۳ چند بار یونیزه شده

B – این ستارگان دارای هیدروژن، سیلسیوم، و اکسیژن یونیزه هستند.

F – نوعی هیدروژن ضعیف دارند و در عوض آهن آنها زیاد است.

G – کلسیوم یونیزه آنها خیلی قوی است.

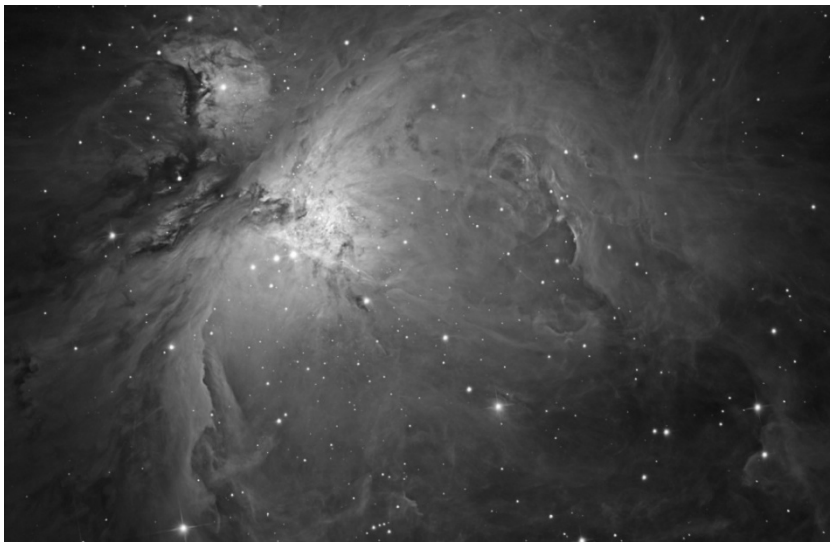
h – دارای اتمهای خنثی بسیار قوی می‌باشد.

M – خطوط اتمها خنثی خیلی قوی و گازهای فلز تیتانیوم در آنهاوجود دارد.

گروه	درجه حرارت سطح ستاره	رنگ ستاره	توضیح
P	۶۰۰۰۰	–	خارج از گروه طیفی
Q	۵۰۰۰۰	–	
W	۴۵۰۰۰	آبی	
O	۴۰۰۰۰	آبی آسمانی	گروه طیفی
B	۳۰۰۰۰	آبی کم رنگ	
A	۱۰۰۰۰	سفید	
F	۷۵۰۰	سفید زرد	
G	۶۰۰۰	زرد	
K	۵۰۰۰	نارنجی	
M	۳۵۰۰	قرمز	
R	۳۰۰۰	نارنجی تند	فرعی گروه طیفی
N	۲۵۰۰	قرمز تند	
S	۲۰۰۰	قرمزپررنگ	

سحابیها به چهار گونه‌اند

۱- سحابیهای گسیلی «*emissionnebulae*»



سحابی درخشان گسیلی

سحابیهای گسیلی که یک یا چند ستاره فوق العاده داغ و سوزان از رده طیفی O یا B (ستاره‌ها از نظر طیفی به هفت رده اصلی M,K,G,F,A,B,O تقسیم می‌شوند) را در بردارند. این ستاره‌های داغ تابش فرابنفش عظیمی گسیل می‌کنند که موجب برانگیزش و یا یونش اتمهای موجود در این سحابیها می‌شوند. به همین دلیل این سحابیها در طول موج مرئی نور ساطع می‌کنند و درخشان دیده می‌شوند.

مناطق HII نوعی از سحابیهای گسیلی هستند که به طور عمده از هیدروژن تشکیل شده‌اند در این مناطق تابش فرابنفش با طول موجهای کوتاهتر از $۹۱۲\,A^\circ$ توسط ستاره‌های داغ گسیل می‌شود. این فوتون‌های پر انرژی می‌توانند اتمهای هیدروژن را یونیزه کنند. یونش هیدرژن حاصله در تابشی با طول موج کمتر یا مساوی طول موج حد رشته یعنی $۹۱۲\,A^\circ$ انجام می‌شود.

تبصره: طیف هیدروژن

در شکل صفحه بعد طیف خطی هیدروژن اتمی، در ناحیه مرئی نشان داده شده است خطوط طیف به ترتیب افزایش بسامد و کاهش طول موج با H_α، H_B و غیره مشخص می‌شوند.

معمولاً خط H_α به مراتب شدیدتر از خط H_B است و به همین ترتیب H_σ از H شدیدتر است و الی آخر. با افزایش بسامد فاصله بین خطوط مجاور کوچکتر می‌شود و این خطوط گسسته به حد یک سری نزدیک می‌شوند که در بالای آن طیف پیوسته ضعیفی پدیدار می‌شود این گروه از خطوط هیدروژن که در ناحیه مرئی طیف الکترومغناطیس گسیل می‌کند به سری « پالمر » مشهورند.

زیرا در سال ۱۸۸۵ پالمر ($J.J\ Balmer$) از زمان سلطنت ناصرالدین شاه قاجار در ایران و تأسیس مدرسه دارالفنون توسط امیر کبیر به یک فرمول تجربی ساده و به نام فرمول پالمر هست دست یافت که با استفاده از آن توانست تمام طول موج‌های مشاهده شده در این گروه را محاسبه کند این فرمول که طول موج λ را برای تمام خطوط طیفی این سری

بدست می‌دهد به صورت زیر است:

$$\frac{۱}{\lambda} = R\left(\frac{۱}{۲^۲} - \frac{۱}{n^۲}\right) \quad R = ۱/۰۹۶۷۷۵۸ \times ۱۰^۷ m^{-۱}$$

$$\approx ۱/۰۹۶۸ \times ۱۰^{-۳} A^\circ - ۱$$

و n عدد درستی که دارای ۳، ۴، ۵ است.

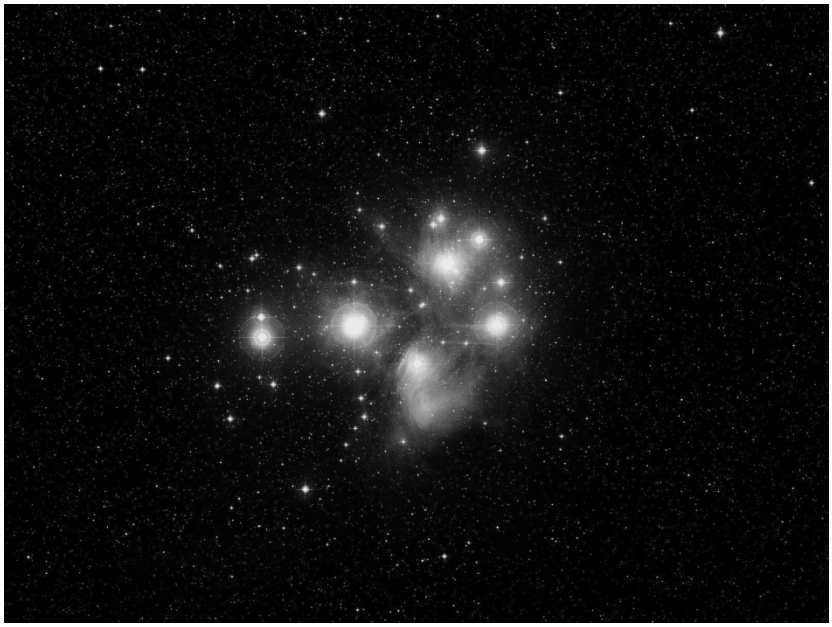
این گاز برای تمام بسامدها، به جز بسامدهای متناظر با خطوط تاریک شفاف و برای بسامدهای خطوط تاریک کدر است انرژی در آشامیده شده به سرعت به وسیله اتمهای برانگیخته نه فقط در راستای ورودی بلکه در تمام راستاها تابش می‌شود.

همانطور که در شکل بالا می‌بینید شدت بر حسب بسامد رسم شده است در این اشکال خطوط تاریک در طیف جذبی هیدروژن دقیقاً با همان بسامدهای مربوط به خطوط روشن در طیف گسیلی نمایان می‌شوند.

هیدروژن فقط در بسامدهای مشخص که توسط فرمول ریدبرگ داده می‌شوند تابشگر امواج الکترومغناطیس است و فقط در همان بسامدها جذب تابش می‌کند.

نواحی H_{II} به دلیل یونش و باز ترکیب پی در پی در طول موج‌های مرئی بسیار درخشان دیده می‌شوند اگر ستاره بسیار داغ باشد گاهی تابش ماورای بنفش تا عمق ۴۰۰ سال نوری، پیشروی کرده و اتمهای هیدروژن موجود را یونیزه می‌کند و به علت فراوانی هیدروژن بیشتر به رنگ قرمز نشان داده می‌شود.

۲- سحابی بازتابی (*reflection Aebulou*)



خوشه ستاره‌ای پروین

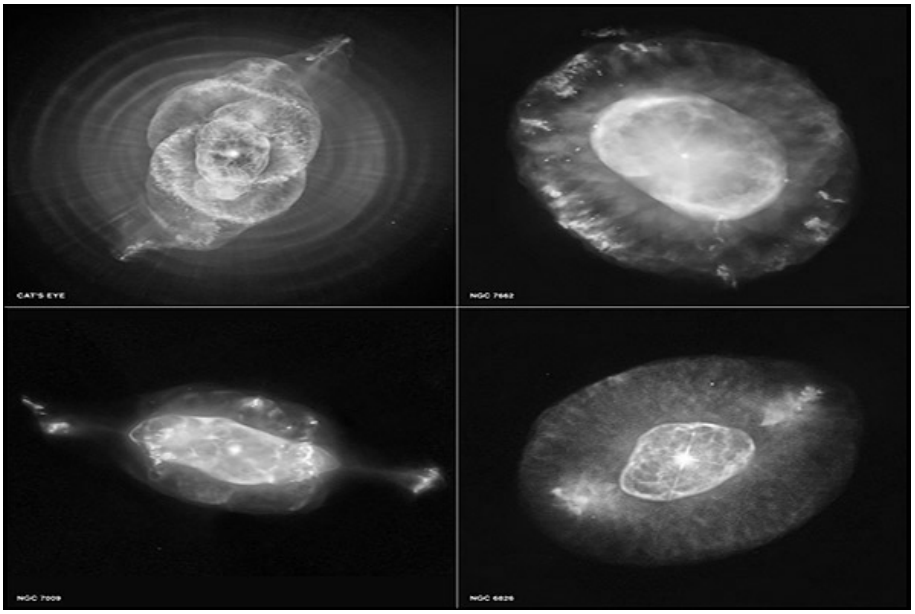
در این سحابی ستاره‌های سردتر از ستاره‌های ردهٔ o یا B هستند. در نتیجه این سحابیها نور ستاره‌های مجاور را باز می‌تابانند، به علت اینکه در فضای میان ستاره‌ای پراکنده شدن نور آبی بیشتر از نور قرمز است و این سحابی‌ها بیشتر به رنگ آبی دیده می‌شوند. ابرهایی که در اطراف چندین ستاره اصلی خوشه پروین (*Leiades*) قرار گرفته اند، مثالهای واضحی از سحابی‌های بازتابی‌اند.

۳- سحابیهای تاریک (*Darknebulae*)

سحابی تاریک کله اسب

در این گونه سحابی‌ها ستاره‌ای در مجاورت آنها قرار ندارد تا نور آن ستارگان توسط این سحابیها بازتابیده شود. مثال برجسته این گونه سحابیها سحابی کله اسب (*Horsehead*) صورت فلکی جبار است.

۴- سحابیهای سیاره‌ای (*planetally*)



سحابی سیاره‌ای (ngc۷۰۰۹)

داخل این گونه سحابیها یک ستاره بسیار داغ مرکزی قرار دارد که دمای سطح آن به طور فرعی در حدود ۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ کلوین است. با وجود آنکه جرمشان همسان خورشید است، ولی ابعاد آنها بسیار کوچکتر از خورشید است. سحابیهای سیاره‌ای متراکم‌تر و درخشنده‌تر از مناطق H_{II} هستند. در این نوع سحابیها چگالی موجود حول ستاره مرکزی بسیار بیشتر از چگالی سحابیهای H_{II} می‌باشد لذا تعداد برخوردها بین الکترونها اتمها و یونها نیز به مراتب بیشتر است. پس در این حالت برخوردهایی که باعث برانگیختگی و وانگیختگی می‌شود قابل توجه است. از این رو طیف سحابیهای سیاره‌ای به طور کلی یا طیف مناطق H_{II} تفاوت دارد.

اگر چه خطوط طیف هیدروژن و هلیوم در طیف این سحابی ظاهر می‌شوند ولی قویترین خطوط اکسیژن دوبار یونیده ($OIIT$)، اکسیژن یک بار یونیده (O_{II}) و نئون دو بار یونیده (N_eIII) مربوط می‌شوند.

وقتی این سحابیها را با تلسکوپ رصد کنیم آنها را به صورت فرمی یا حلقه‌ای سبز رنگی که به سیارات نپتون یا اورانوس شباهت دارند، مشاهده می‌کنیم. به همین دلیل به آنها سحابیهای سیاره‌ای می‌گویند رنگ سبز کم رنگ سیارات اورانوس و نپتون به علت وجود گاز متان در جو آنهاست که نور زرد و قرمز را به خوبی جذب می‌کند. در حالی که سحابیهای سیاره‌ای به علت وجود خطوط گسیل قوی در طیف خود که به اکسیژن دوبار یونیده (O_{III}) مربوطند، به رنگ سبز دیده می‌شوند.

چگالی سحابیها هزاران بار بیشتر از چگالی میانگین مواد میان ستاره‌ای است. یکی از کشفهای مهم در مورد این اجرام زایش ستاره جدید درون آنهاست.

چگالی مواد میان ستاره‌ای درست قبل از آغاز شکل‌گیری ستاره‌های جدید به بیشینه مقدار خود می‌رسد که در حدود $۱۰^{-۱۸}$ برابر چگالی میانگین خورشید است.

مواد میان ستاره‌ای ساختار ناهمگنی دارند. در حقیقت چگالی، دما و حالت حرکت نوع اتمها، یونها، مولکولها و ذرات تشکیل دهنده این مواد از ناحیه نسبت به ناحیه دیگر آسمان متفاوت است. طیف سنجی ابزار سودمندی برای آشکارسازی و شناسائی مواد میان ستاره‌ایست خطوط نشری اتم هیدروژن و سایر اتمها در فضای میان ستاره‌ای به خصوص صفحه زمینه کهکشان راه شیری قابل مشاهده است. همچنین خطوط جذبی در طیف ستاره‌های دور دست ظاهر می‌شود که ویژگی آنها از خطوط جذبی ستاره‌ای متفاوت است. این خطوط را می‌توان به گاز میان ستاره‌ای نسبت داد.

امواج *CMB* « امواج زمینه کیهان »

در سال‌های اخیر مطالعات امواج رادیوئی میکروموج اطلاعات در مورد مواد میان ستاره‌ای و ساختار کهکشانی را تأیید کرده و وسعت بخشیده است.

یکی از پیشرفت‌های مهم کشف امواج ۲۱ سانتی متری هیدروژن در فضای میان ستاره‌ای می‌باشد. در سال ۱۹۴۴ ستاره‌شناس آلمانی به نام اج. سی. وان دهولست با محاسبه‌ای نشان داد اتمهای خنثی هیدروژن می‌توانند امواج رادیویی با طول موج ۲۱ سانتی

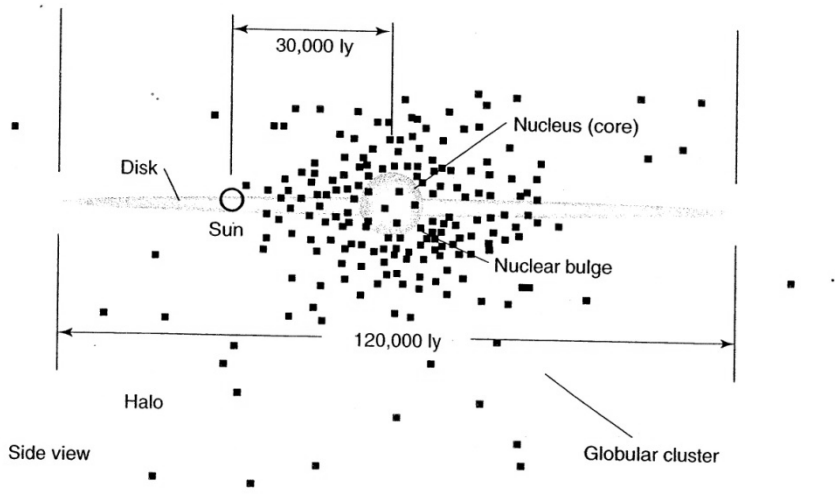
متر گسیل کنند.

هفت سال بعد یعنی در سال ۱۳۳۵/۱۹۵۱ دو تن از پژوهشگران دانشگاه هاوارد آمریکا به نام‌های ای. ام. پرسل و اچ. ال. ابون توانستند تابش ۲۱ سانتیمتری را که به شدت به ویژه از صفحه کهکشان راه شیری گسیل می‌شد آشکار کنند.

در واقع بخش اعظم گازهای میان ستاره‌ای را اتمهای هیدروژن خنثی (H_I) تشکیل می‌دهند. ستاره‌شناسان به این نواحی مناطق H_I می‌گویند. چون برخوردهایی که باعث برانگیزش اتمها می‌شوند بسیار نادرند. اتمهای هیدروژن بیشتر در حالت پایه خود باقی می‌مانند.

هیدروژن مهمترین عنصر در مواد میان ستاره‌ایست و در کهکشان راه شیری و بازوهای منسوب به آن به وفور یافت می‌شود، و از آنجا که امواج ۲۱ سانتی متری هیدروژن توسط غبار و گاز میان ستاره‌ای جذب نمی‌شود لذا کشف آن منجر به کشف ابعاد ناشناخته کهکشان راه شیری از جمله بازوهایی در اقصی نقاط این کهکشان شد.

از زمان کشف تابشی ۲۱ سانتیمتری، مطالعه فضای میان ستاره‌ای پیشرفت قابل ملاحظه‌ای نموده است و تصویر جامع از کهکشان خودمان حاصل شد. مطالعات فضای میان ستاره‌ای حاکی از این واقعیت است که غلبه مواد میان ستاره‌ای با عنصر هیدروژن است ولی عناصر و مولکول‌های دیگری همچون بنیادهای آزاد که ترکیبی است از دو یا چند عنصر که بخشی از یک مولکول را تشکیل می‌دهند. و از نظر شیمیایی فوق العاده هستند نیز در فضای میان ستاره‌ای دیده می‌شوند. همچنین با بهره‌گیری از طیف مرئی عناصری نظیر اکسیژن، نیتروژن، کربن، و برخی دیگر از عناصر نیز در فضا آشکار شده‌اند.



ساختار مارپیچی کهکشان راه شیری که با استفاده از داده های

تابش ۲۱ سانتیمتر بدست آمده است .

فصل ۶

ردیابی مولکول‌های در محیط‌های میان ستارای

طول موج‌ها در ناحیه مرئی معادل با گذارهای الکترونی بین ترازهای انرژی هراتم با مولکول است. ولی در شناسائی مولکولها بیشتر در خطوط طیفی در ناحیه میکروموج و فروسرخ استفاده می‌شود.

خطوط طیفی در ناحیه میکروموج از گذارهای بین حالت‌های دورانی خالص با ساختارهای بین ریز ناشی می‌شود در صورتی که خطوط طیفی در ناحیه فرو سرخ از گذار بین حالت‌های ارتعاشی ایجاد می‌شوند.

طیف‌های ارتعاشی

انرژی ارتعاشی هر مولکول از جابجایی دوره‌ای اتمها از مکانهای ترازمندی شان ناشی می‌شود. محاسبهٔ ساختار ترازهای انرژی ارتعاشی یک مولکول دو اتمی به سادگی امکان پذیر است. ولی این محاسبه برای مولکول‌های با تعداد سه اتم یا بیشتر با زیاد شدن تعداد درجات آزادی بسیار پیچیده می‌شود.

مولکول‌های هیدروژن

یکی دیگر از کشف‌های مهم اخیر دربارهٔ مواد میان ستاره‌ای، یافتن مقداری هیدروژن در حالت مولکولی است، مولکول‌های هیدروژن از پیوند نسبتاً سست دو اتم هیدروژن ایجاد می‌شود. این مولکول‌ها نمی‌توانند درون ستاره‌ها وجود داشته باشند، زیرا دمای زیاد عامل شکسته شدن پیوند مولکولی و دور شدن اتمهای هیدروژن از هم می‌شود و میتوانند هیدروژن درونی ستارگان به صورت اتمهای یونیزه شده وجود داشته باشد. بنابراین مولکول‌های هیدروژن می‌تواند در بیرونی‌ترین قسمت‌های ستارگان سرد پایدار بمانند.

طیف مولکول‌های هیدروژن در ناحیه فروسرخ و در طول موجی قرار دارد که جو زمین در مقابل آن کاملاً کدر است و مانع از عبور آن می‌کند. از این رو آشکاری سازی این مولکول‌ها توسط رصدخانه‌های زمینی کاملاً امکان پذیر نیست و تنها با تلسکوپ‌های مستقر در فضا می‌توان تراکم هیدروژن مولکولی در فضای میان ستاره‌ای را اندازه‌گیری کرد.

نخستین آشکار سازی فضایی در سال ۱۹۷۲ توسط ماهواره کوپرنیک انجام گرفت.

قرمز شوندگی نور ستارگان

ستاره‌شناسان بیش از ۴۰ سال است که اثرهای غبار گسترده‌ای را کشف کرده‌اند که خورشید و اکثر ستارگان را در برگرفته است. غبار میان ستاره‌ای از انرژی پرنور ستاره‌ای دور دست آشکار می‌شود. با آزمایش‌های بسیار معلوم شده است که ستاره‌های بازده طیفی مشابه به رنگهای مختلف رصد می‌شوند. در واقع هر چه ستاره دورتر باشد قرمز دیده می‌شود.

محتمل‌ترین دلیل این پدیده جذب نور توسط غبار میان ستاره‌ای است. ذرات ریز غبار، تابش‌های با طول موج کوتاه آبی و بنفش را بیش از تابش‌های با طول موج بلند جذب و پراکنده می‌کنند. از این رو نور ستاره‌های دور دست به طور غیرمعمولی قرمز دیده می‌شوند.به این پدیده قرمز شوندگی میان ستاره‌ای می‌گویند. همزمان با قرمز شدن نور

ستارهٔ توسط غبار، ستاره کم سو و تیره نیز به نظر می‌رسد. این اثر را خاموش میان ستاره‌ای می‌نامند.

آزمایش‌ها نشان می‌دهند که به ازای هر ۱۰۰۰ پارسک($۳/۳\times۱۰^{۳}$ سال نوری) فاصله از زمین شدت نور ستاره به علت غبار تقریباً نصف می‌شود. این مقدار با افزایش نور ستاره به اندازه ۷۵ ٪ در هر ۱۰۰۰ پارسک متناظر است.

با ظهور روش‌های پیشرفته در ستاره‌شناسی بررسی میزان خاموش میان ستاره‌ای بر حسب طول موج امکان پذیر شد. این مطالعه از مقایسه طیف‌های دو ستاره که به یک رده طیفی تعلق دارند ولی یکی از آنها کم نورتر از دیگری است انجام گرفت، رابطه بین خاموشی میان ستاره‌ای و طول موج به منحنی خاموشی مشهور است که مهمترین ویژگی آن مربوط به ستیغ است که مرکز آن در طول موج $۲۱۷۵\ A^{\circ}$ قرار دارد که احتمالاً ناشی از ذرات کربن کروی می‌باشد بر اساس تحقیقات انجام شده ذرات غبار احتمالاً از عناصر معمولی نظیر هیدروژن، کربن، نیتروژن و اکسیژن ساخته شده‌اند.

سحابیهای تاریک و تیرگی کلی

معلوم شده است که مناطق تاریک بسیاری در راه شیری وجود دارد. بعضی از این نواحی تنها بر روی عکس‌ها ظاهر می‌شوند.

در حالی که بعضی دیگر با چشم غیر مسلح هم قابل مشاهده‌اند.

این سحابیهای تاریک، توده‌های گازی سردی هستند که مدت‌ها از مرگ ستاره آن گذشته است و ستاره‌ای نزدیک به آن نیست تا بتواند سطح آن را مانند دیگر سحابی‌ها روشن کند و به صورت ابرهای تیره قرار دارند و فقط مشاهده آنها زمانی صورت می‌گیرد که سحابی دیگری پشت آنها قرار داشته باشد تا تیرگی این سحابی‌ها نمایان شود ولی باعث می‌شود که نور ستاره‌هایی را که در پشت آنها قرار دارند، محو گردد. در بیشتر موارد سحابیهای تاریک در مجاورت و یا بر روی سحابیهای گسیلی قرار دارند. سحابی سر اسب مثال برجسته‌ای از این نوع سحابیها می‌باشد. در این نمونه‌ها سحابی‌های گسیلی از

گاز ولیکن سحابیهای تاریک از غبار تشکیل شده‌اند. غباری که به طور یکنواخت و رقیق‌تر از ابرهای تاریک توزیع شده است. آشکار سازی این تیرگی بسیار مشکلتر از آشکارسازی ابرهای تاریک محلی است. از روی شمار ستاره‌ها نمی‌توان وجود تیرگی را اثبات کرد. داده‌های تجربی را مثلاًمی توان به این صورت تفسیر کرد که با افزایش فاصله ستاره‌ها از خورشید، تعداد واقعی آنها کاهش می‌یابد که این نمی‌تواند دلیل تیرگی باشد. در سال ۱۹۳۰ ترامپلر اثبات قطبی با این تیرگی را در طی مطالعاتش در مورد خوشه‌های اختری کهکشانی ارائه داد. هر یک از خوشه‌ها ستاره‌ای کهکشانی از ده تا صدها ستاره تشکیل شده است که همگی این ستاره‌ها در فاصله‌ای نسبتاً مساوی از خورشید قرار دارند و با هم حرکت می‌کنند. ترامپلر پی برد که این خوشه‌ها را می‌توان بر اساس تراکم ستاره‌ها به سمت مرکز، گستره درخشندگی ستاره‌های عضو و تعداد کل ستاره‌ها در هر خوشه طبقه‌بندی کرد.

وی متوجه این شد که اکثر خوشه‌های که متعلق به یک طبقه معین هستند قطرهای تقریباً مساوی دارند. بنابراین برای تعیین قطر یک خوشه کافیست طبقه آن را مشخص کنیم. اگر قطر یک خوشه معین باشد می‌توان با توجه به زاویه‌ای که از زمین دارد و دیده می‌شود فاصله آن از زمین را نیز تخمین زد. فاصله‌ای که ترامپلر از این روش بدست آورد از روشی که فاصله را با روش اختلاف منظر بدست می‌آورند نظم کمتری دارد.

ترامپلر نتیجه گرفت که تنها وجود جذب کلی و کاهش درخشندگی ظاهری در اثر جذب می‌تواند این اختلاف را توجیه کند. در واقع رابطه $m - M = ۵\ logd - ۵$ باید به شکل $m - M - ۵\ logd = ۵ + A$ تصحیح شود. اگر جذب میان ستاره‌ای کلی واقعاً در سراسر کهکشان یکنواخت بود، A می‌بایست به صورت یک تابع خطی ساده بر حسب فاصله $A = nd$ بیان می‌شود. ولی رصدهای ستاره‌ای حاکی از آن است که این جذب یکنواخت نیست در واقع مقدار جذب کلی به جهت ستاره نسبت به ناظر روی زمین، و ماهیت فضای بین ستاره و ناظر بستگی دارد.

قرمزشوندگی میان ستاره‌ای

غبار میان ستاره‌ای، نور یک ستاره‌ای را در تمام طول موجها بطور یکسان تضعیف نمی‌کند، طول موجهای مربوط به طول موج آبی بیشتر از طول موجهای مربوط به قرمز جذب می‌شوند. به همین دلیل نوری که به زمین می‌رسد در مقابسه به زمانی که غبار میان ستاره‌ای حضور نداشته باشد قرمزتر به نظر می‌رسد.

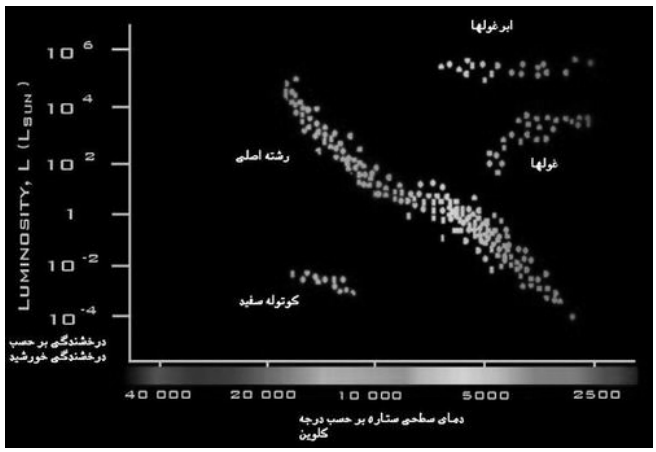
تیره شدن نور ستاره‌ها نه از پدیده جذب بلکه اساسا از پراکندگی ناشی می‌شود. در واقع اگر باریکه‌ای شامل تعداد مساوی فوتون قرمز آبی بر روی یک ابر غباری فرود آید فوتون‌های آبی بیشتر پراکنده شده و از مسیر باریکه فوتونی خارج می‌شوند در صورتی که فوتون‌های قرمز که کمتر پراکنده می‌شوند در ابر غباری نفوذ کرده و به زمین می‌رسند این پدیده را می‌توان با پراکندگی ریلی توضیح داد.

فصل ۷

بررسی وجود ترکیبات ملکولی شیمیایی در فضای میان ستاره‌ای

در روند ساختار و تحول ستارگان سحابیها در حالت عادی، بصورت همگن هستند پس از آنکه حالت همگن یک سحابی به دلایل خاصی بهم خورد در این هنگام هسته‌های گرانشی در درون سحابی شکل گرفته و کانون‌های گرانش شروع به مواجه سوی خود می‌کنند با افزایش ماده تراکم، فشار و بالاخره دما افزایش یافته و با ازدیاد این فشار و دما کانون‌ها به حالت پلاسمائی درآمده و سرانجام همجوشی هسته‌ای در آنها شکل می‌گیرد.

روند مراحل هریک ستاره با توجه به نمودار هرتزسپرونگ – راسل



این نمودار اوایل قرن بیستم توسط اینار هرتسپزونگ منجم دانمارکی و هنری سن راسل منجسم آمریکایی ترسیم شد. اختر شناسان ستاره‌ها را بر نموداری رسم می‌کنند که محور افقی آن رده طیفی (درجه حرارت سطحی) و محور عمودی آن درخشندگی (قدر مطلق) می‌باشد.هر ستاره در این نمودار جایگاهی دارد که جایگاه آن به جرم و مرحله زندگی ستاره بستگی دارد.

بیشتر ستارگان در نوار مرکزی نمودار به نام رشته اصلی قرار دارند سپس تبدیل به غول‌ها، ابر غول‌ها و کوتوله‌های سفید می‌شوند که هر کدام از آنها در این نمودار مشخص شده‌اند.

بررسی وجود ترکیبات کربن دار در فضای میان ستاره‌ای

در جهان مقادیر قابل توجهی کربن وجود دارد که از خود ستاره‌ها سرچشمه می‌گیرند. در واقع امکان تولید کربن در یک ستاره به جرم آن بستگی دارد. در این فصل چگونگی تولید کربن در ستاره‌ها و امکان وجود ترکیبات کربن داردر فضای میان ستاره‌ای را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

کربن در فضای میان ستاره‌ای

ستاره‌هایی که به پایداری رسیده‌اند. در نمودار درخشندگی – دما یا نمودار هرتسپزونگ – راسل (H-R) نقطه‌هایی را روی یک نوار مشخص به نام رشتهٔ اصلی اشغال می‌کنند. مکان ستاره‌ها روی این رشته، به جرم آنها وابسته است. در حقیقت ستاره‌ها بیشتر عمر خود را در رشتهٔ اصلی سپری می‌کنند.

هنگامی که فرایند هیدروژن سوزی در مرکز یک ستاره آغاز می‌شود، ستاره به رشتهٔ اصلی وارد می‌شود در این لحظه ستاره متولد می‌شود و سن آن صفر است. فرایند هیدروژن سوزی بر طبق واکنش‌های هسته‌ای متعدد و گوناگونی صورت می‌گیرد.

تحول ستاره‌ها روی رشتهٔ اصلی به دو ویژگی بنیادی، جرم و ترکیبات شیمیایی اولیه، بستگی دارد. ستاره‌های پرجرم در قسمت بالای رشتهٔ اصلی قرار دارند و با آهنگ تندی (نسبت به ستاره‌های کم جرم) انرژی محدود خود را تابش می‌کنند. این ستاره‌ها در مدت

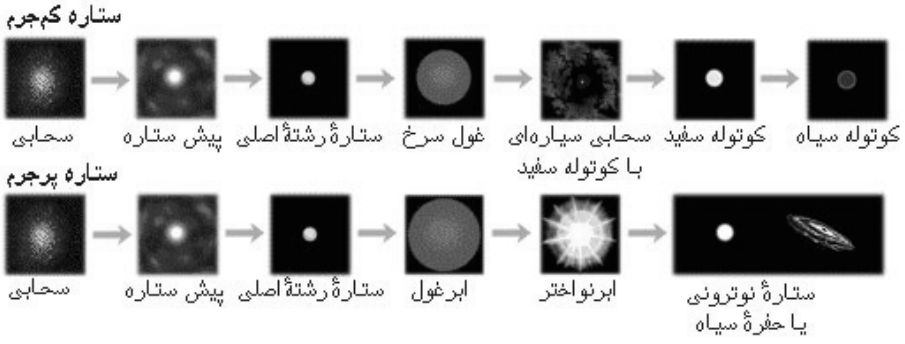
نسبتاً کوتاهی (از مرتبهٔ $۱۰^{۶}$سال) روی رشتهٔ اصلی باقی می‌مانند. در حالی که ستاره‌های کم جرم به کندی انرژی خود را تابش کرده و مدت زیادی روی رشتهٔ اصلی باقی می‌مانند. ترکیب شیمیایی جو ستاره‌ها تفاوت چندانی با هم ندارند و تنها در مقدار نسبی عناصر سنگین، کمی با هم فرق دارند. گرچه این تفاوت ناچیز است ولی از نظر کیهان‌شناسی در مطالعهٔ پیدایش و تحول کیهان بسیار حائز اهمیت است. ستاره‌ها به دو جماعت اختری تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱- جماعت اختری I که از نظر عناصر سنگین به ویژه کربن غنی‌اند. برخی خواص فیزیکی این گروه از ستاره‌ها حاکی از جوان بودن آنهاست.

۲- جماعت II که از نظر عناصر سنگین فقیرند برخی خواص فیزیکی این گروه از ستاره‌ها نشانگر قدمت آنهاست.

اغلب ستاره‌های همسایه خورشید و ستاره‌هایی که در گوشه و کنار کهکشان راه شیری در حال تکوین‌اند دارای مقادیر کافی کربن بوده و در نتیجه به جماعت اختری I تعلق دارند. مسیرهای تحول ستاره‌های متعلق به جماعت‌های اختری I و II در برخی از مراحل با هم متفاوتند. همچنین الگوهای تحول ستاره‌ای که توسط ستاره‌شناسان مختلف محاسبه شده‌اند نیز کمی با هم تفات دارند.

مراحل پایانی تحول ستاره‌ها



هر فرایندی که پس از فرایند هلیوم سوزی در هستهٔ ستاره‌ها روی می‌دهد، به مراحل

پایانی تحول ستاره‌ها تعلق دارد. به طور کلی اجرامی که نمایانگر مراحل پایانی ستاره‌ها هستند عبارتند از کوتوله سفید، ستاره‌های نوترونی (که برخی به صورت تپ اختر مشاهده می‌شوند) و سیاهچاله‌ها.

کوتوله‌های سفید

به دلیل تفاوت جرم ستاره‌ها، راه‌های متعددی برای رسیدن ستاره‌ها به کوتوله‌های سفید وجود دارد. در ستاره‌هایی با حدود جرم خورشید، در اثر انقباض هستهٔ غنی از کربن دمای کافی برای فرایند کربن سوزی ایجاد نمی‌شود. از اینرو هستهٔ در حال انقباض به شدت متراکم و فشرده می‌شود و در نتیجه دما افزایش می‌یابد. با افزایش دما فرایند هلیوم سوزی در پوستهٔ پیرامون هسته آغاز می‌شود. بنابراین لایه‌های بیرونی منبسط و سرد می‌شوند. سرانجام در اثر این انبساط، لایه‌های خارجی از هسته جدا می‌شوند. این پوشش‌های در حال انبساط همان سحابیهای سیاره‌ای هستند. با حرکت لایه‌های خارجی در فضا هستهٔ مرکزی که بدون پوشش مانده است به صورت یک ستارهٔ بسیار داغ و چگال به نظر می‌رسد. دمای سطحی آن فوق العاده بالا و در مرتبهٔ $۱۰^{۵}K$ است. طبق قانون وین، هر جسم در این دما از خود نور فرابنفش گسیل می‌کند. فوتونهای فرابنفش پرانرژی که به سمت خارج گسیل می‌شوند، اتمهای پوستهٔ در حال انبساط را برانگیخته و یا یونیده می‌کنند. در نتیجه این پوستهٔ گازی در ناحیهٔ طول موج مرئی می‌درخشد. سحابیهای سیاره‌ای موجودیت نسبتاً موقتی دارند. پس از گذشت زمانی در حدود ۵×۱۰^{۴} سال، پوستهٔ گازی در حال انبساط رقیق و پراکنده می‌شود و دیگر قادر به درخشیدن نخواهد بود. در واقع این گازها که حاوی مقادیر قابل توجهی کربنند، با مواد میان ستاره‌ای در هم می‌آمیزند.

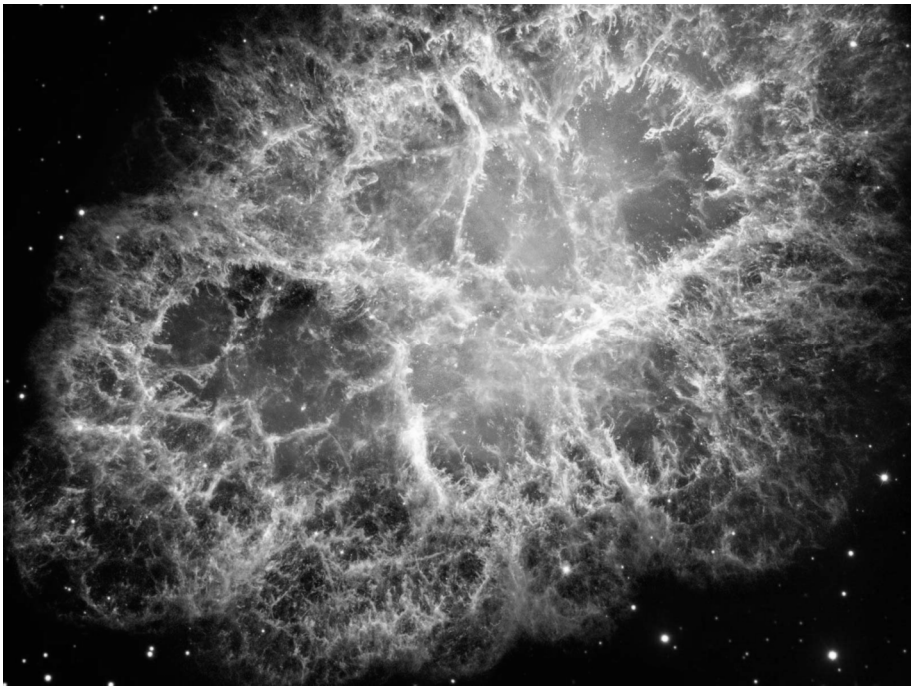
با آغاز پراکنده شدن گازهای سحابی سیاره‌ای، هستهٔ داغ مرکزی نیز شروع به سرد شدن می‌کند. احتمال کربن سوزی و یا اکسیژن سوزی در داخل این هسته‌های کم جرم وجود ندارد. بنابراین با تابش انرژی، دمای سطحی هسته کاهش می‌یابد. با سرد شدن

لایه‌های خارجی، هسته متراکم می‌شود و از اینرو چگالی آن افزایش می‌یابد. هنگامی که چگالی به حد معینی (حدود $۶\times۱۰^{۴} kg/cm^{۳}$) می‌رسد، الکترونها فشار بالایی را به وجود می‌آورند و در نتیجه از تراکم بیشتر هسته جلوگیری می‌کنند. این فشار فوق العاده بالا از یک اصل مکانیک کوانتمی حاکم بر الکترونها یعنی اصل طرد پاولی ناشی می‌شود. یکی از پیامدهای مستقیم اصل طرد پاولی این است که حجم حداقلی برای هستهٔ ستاره وجود دارد که در آن حجم، هسته به شدت غیرقابل تراکم می‌شود. در این حالت گفته می‌شود که ماده تبهگن شده است. فشاری که با تراکم ماده مخالفت می‌کند،به فشار تبهگنی الکترونی موسوم است.

سرانجام فشار تبهگنی الکترونی در داخل هسته به حدی می‌رسد که انقباض متوقف می‌شود. فشار تبهگنی الکترونی برای نگهداری تریلیون‌ها تن مادهٔ موجود در هسته کفایت می‌کند. در این زمان در هسته هیچ منبع انرژی داخلی وجود ندارد. به عبارت دیگر ستاره مرده است. اگر چه در ابتدا دمای سطحی در حدود $۵\times۱۰^{۴} k$ است ولی به دلیل گسیل تابش که به طور عمده در ناحیهٔ فرابنفش صورت می‌گیرد، دما کاهش می‌یابد. در این مرحله گفته می‌شود ستاره به کوتولهٔ سفید تبدیل شده است.

در ستاره های با جرم بسیار کم، مثلاً $۰,۳۵M_{\odot}$، فرایند هلیوم سوزی در لایه های خارجی به علت کم بودن دمای مرکزی، قابل توجه نیست. چنین ستاره هایی به انقباض گرانشی خود ادامه می‌دهند تا بدون آنکه پوشش‌های خود را از دست دهند، به کوتوله‌های سفید تبدیل شوند.

ابرنواختران،ستاره‌های نوترونی،سیاه چاله‌ها



سحابی خرچنگ باقیمانده از یک انفجار ابرنواختری

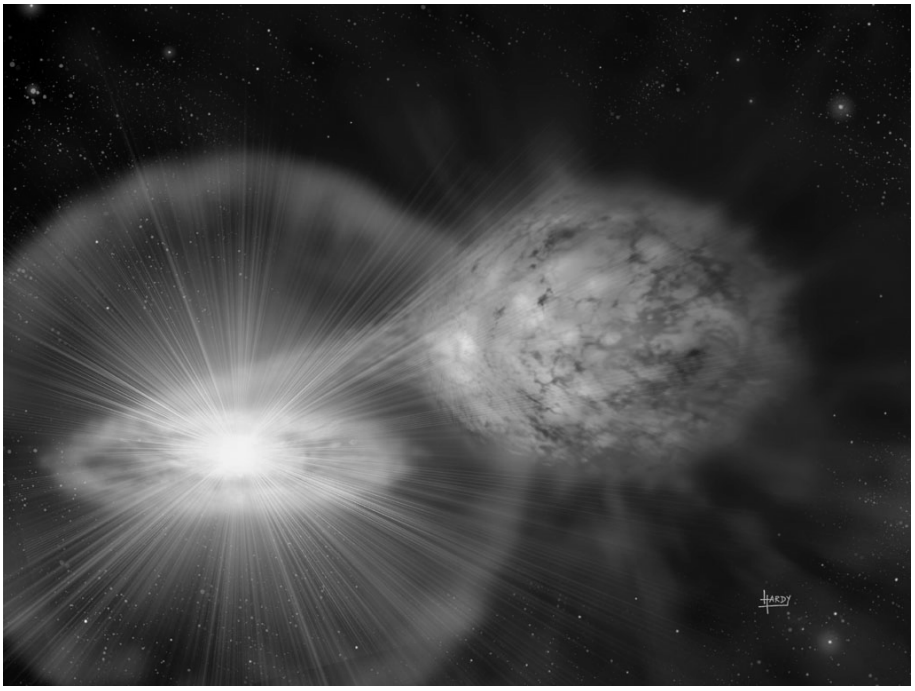
شرایط در هستهٔ ستاره‌های پرجرم یعنی $M > ۱,۴M_{\odot}$ (۴و۱ را حد چاندراسکار می‌گویند) برای فرایند کربن سوزی (حدود $۶\times۱۰^{۸}K$) به آسانی فراهم می‌شود. چنین هسته‌هایی ممکن است دیگر عناصر حاصل از فرایند هلیوم سوزی اکسیژن ونئون را شامل شوند. این عناصر می‌توانند در واکنش‌های هسته‌ای هم شرکت کنند. بدین ترتیب هسته از عناصر سنگین مختلفی بخصوص آهن غنی خواهد شد. سرانجام هستهٔ غنی از آهن ناپایدار شده و در اثر نیروی گرانی به طور ناگهانی به سمت داخل فرو می‌ریزد. ستاره‌شناسان به این فرو ریختن ناگهانی رمبش می‌گویند. در اثر رمبش مقدار عظیمی انرژی آزاد شده و در نتیجه ستاره به شدت منفجر می‌شود. چنین ستارهٔ در حال انفجار را ابرنواختر می‌نامند. در خلال یک انفجار ابرنواختری، واکنش‌های هسته‌ای دیگری روی داده و بعضی از عناصری

که در طی مراحل قبلی به وجود نیامده بودند، در حین انفجار به وجود می‌آیند.
هنگامی که یک ستارهٔ در حال مرگ به یک ابرنواختر تبدیل می‌شود، مقادیر عظیمی از ماده را با شدت بسیار به فضا می‌راند. اگر چه ستاره در بدو تولد از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده بود، ولی فرایندهای هسته‌ای کسر بزرگی از این مواد را به عناصر سنگین‌تر مبدل کرده‌اند. بنابراین انفجارهای ابرنواختری مقادیربسیاری از عناصر سنگین از جمله کربن را وارد فضای میان ستاره‌ای می‌کنند. در نتیجه فضای میان ستاره‌ای از این عناصر غنی می‌شود.

در سال ۱۳۴۶، ستاره‌شناسان با استفاده از یک تلسکوپ رادیویی منبعی یافتند که تپهایی با دورهٔ تناوب اندکی بیش از یک ثانیه گسیل می‌کند. ج. بل با مطالعهٔ این منبع دریافت که دورهٔ تناوب تپها فوق العاده منظم و دقیقاً برابر با ۱/۳۳۷۲۲۷۵ ثانیه است. اندک زمانی پس از این کشف، ستاره‌شناسان رادیویی اجسام تپندهٔ مشابهی را در بخش‌های مختلف آسمان یافته و آنها را تپ اختر نامیدند.

پیش از کشف تپ اختران ستاره‌شناسان دربارهٔ ویژگیهای اجسام کاملاً فرضی به نام ستاره‌های نوترونی مطالعه می‌کردند. اندازهٔ این اجسام بسیار کوچک و از مرتبهٔ km ۱۰، و جرمشان بیش از جرم خورشید محاسبه شده است. پیش بینی شده است که این اجسام هستهٔ ابرنواختران منفجر شده هستند که پس از انفجار رمبیده‌اند. در اثر فشار بسیار زیاد حاصل از رمبش، ساختار اتمی و هسته‌ای عناصر از هم پاشیده شده و تنها اجزای بنیادی (اساساً نوترونها) باقی مانده‌اند. در نتیجه ستاره به جسم بسیار چگالی تبدیل شده که به طور عمده از نوترونها تشکیل شده است. در حال حاضر عقیده بر این است که تپ اخترها به احتمال زیاد همین ستاره‌های نوترونی هستند. حال اگر جرم ستاره اندکی بیشتر باشد هسته ستاره پس از انفجار ابرنواختری تبدیل به سیاه چاله می‌شود.

نواختران



به دام کشیدن ماده ستاره غول سرخ توسط کوتوله سفید

علاوه بر انفجارهای ابرنواختری و سحابیهای سیاره‌ای، ماده (بخصوص کربن) به طریق دیگری نیز می‌تواند به فضای میان ستاره‌ای انتقال یابد. در واقع در اثر انفجارهای نواختری ماده می‌تواند به فضا پرتاپ شود.

در هر سال به طور میانگین یک یا دو ستاره کشف می‌شود که در طی یک یا چند روز درخشندگی آنها هزاران برابر بیشتر می‌شود. به این اجرام نواختر می‌گویند. قدر مطلق بیشینهٔ یک نواختر در ناحیهٔ دیدگانی بین ۶- تا ۹- است که به مراتب کمتر از ابرنواختران (۱۸-) است. شواهد حاکی از آن است که نواختران اغلب عضو دستگاه‌های دوتایی ستاره‌ای نزدیک به هم هستند. اگر در یک دستگاه دوتایی یکی از ستاره‌ها به صورت کوتولهٔ سفید و دیگری در مرحلهٔ غول قرمزی باشد انفجار نواختر می‌تواند روی دهد. به

این ترتیب که پوشش ستارهٔ غول قرمز که دائماً در حال انبساط است به میدان گرانشی کوتولهٔ سفید وارد می‌شود. زمانی که این ماده به سطح بسیار داغ کوتولهٔ سفید سقوط می‌کند. به علت نیروی گرانشی شدید،دما و فشار گاز در سطح کوتولهٔ سفید به طور ناگهانی افزایش می‌یابد. محاسبه نشان داده است که در این شرایط دما و فشار گاز به حدی بالاست که انفجارهای هسته‌ای می‌تواند روی دهد. بر طبق این نظریه، چنانچه انفجار با شدت کافی روی ندهد، به طور تقریباً دوره‌ای هر بار مقدار قابل ملاحظه‌ای از مادهٔ ستارهٔ غول قرمز وارد میدان گرانشی کوتولهٔ سفید می‌شود و انفجار دیگری رخ می‌دهد. در واقع هر چه شدت انفجارها بیشتر باشد زمان متوسط میان انفجارها طولانی‌تر است. گازهای خارج شده از نواختران که احتمالاً حاوی کربن نیز هستند، سالها پس از انفجار به صورت یک سحابی در اطراف ستاره مشاهده می‌شوند.

هنوز به طور کامل معلوم نشده است که نواختران نمایانگر چه مرحله‌ای از تحول ستاره‌های دوتایی هستند. ولی با توجه به برخی از شواهد نظری و رصدی، به نظر می‌رسد که نواختران مراحل پیشرفتهٔ تحول ستاره‌های دوتایی را نشان می‌دهند.

خروج ماده از ستاره‌ها به روش‌های غیرانفجاری

علاوه بر انفجارهای نواختری، انفجارهای ابرنواختری و سحابیهای سیاره‌ای، روش‌های دیگری برای خارج شدن ماده از ستاره‌ها وجود دارد. عمل خروج ماده در مقیاس نسبی کم در بین ستاره‌ها امری عادی است. به طوری که خورشید حتی در مواقع آرام، از خود ذراتی به صورت پلاسما یا باد خورشیدی(طوفان‌های خورشیدی) گسیل می‌کند. در بخش قبل دیدیم که در نواختران و ابرنواختران، جرم در مقیاس زیاد و به طور وسیع خارج می‌شود. در این بخش به بررسی ستاره‌هایی که مقادیر زیادی ماده را با آهنگ کند از دست می‌دهند، می‌پردازیم.

الف – ستاره‌های پوشش دار

به طور کلی مواد قبل از خروج از ستاره‌ها، به صورت پوشش گازی و یا جو جدایی،

در اطراف ستاره‌ها قرار دارند. این مواد با سرعت‌هایی که از یک ستاره به ستارهٔ دیگر متفاوت است. از ستاره‌ها جدا شده و در فضا پراکنده می‌شوند. وجود پوشش گازی و یا جو جدای پیرامون یک ستاره از مطالعهٔ خطوط طیفی آن استنتاج می‌شود.

در طیف برخی از ستاره‌های ردهٔ طیفی B خطوط گسیلی پهنی یافت می‌شوند که نشانگر وجود یک پوشش گازی در پیرامون این ستاره‌هاست. خطوط باریک جذبی در کنار این خطوط گسیلی که در طول موج کوتاهتر (یا اصطلاحاً در کنارهٔ آبی خطوط گسیلی) قرار دارند. نمایانگر گسترش گاز با سرعت‌هایی در حدود $۵۰\ km/sec$ است. دور ریزی جرم در این گونه ستاره‌ها حدود $۱۰^{-۷} M_{\odot}$ در سال است. ستارهٔ پلیون و ستارهٔ $\gamma-$ ذات الکرسی بهترین نمونه از این نوع ستاره‌ها هستند.

ب – ستاره‌های ولف – رایت

ستاره‌های ولف – رایت، ستاره‌های بسیار داغی بوده که جرم آنها ۲۰ برابر جرم خورشید می‌باشد که عموماً عضو دستگاه‌های دوتایی هستند. جرم این ستاره‌ها حدود ۴ تا ۱۰ برابر جرم خورشید محاسبه شده است. این ستاره‌ها جو گستردهٔ خود را با آهنگ $۱۰^{-۶} M_{\odot}$ در سال از دست می‌دهند. این گازها با سرعت نسبتاً زیاد (حدود $۱۰^{۳}\ km/sec$) از ستاره‌ها جدا می‌شوند.

ج- ستاره‌های غول قرمز

هنگامی که هیدروژن در هسته ستارگان به پایان می‌رسد بسته به جرم ستاره تبدیل به غول سرخ یا ابر غول می‌شود در این مرحله هسته ستاره شروع به انقباض می‌کند با انقباض هسته انرژی آزاد می‌شود و هیدروژن به لایه‌های بالایی ستاره می‌رود و باعث می‌شود سطح بیرونی ستاره منبسط شود و ۱۰۰ برابر و یا حتی بیشتر هم منبسط شود. وقتی ستاره منبسط می‌شود درخشندگی بیشتری پیدا می‌کند ولی دمای سطحی آن کاهش پیدا می‌کند. علت این است که فاصله پوسته تا هسته ستاره زیاد می‌شود و گرمای کمتری به ستاره می‌رسد. سپس هیدروژن جای خود را به هلیوم می‌دهد و بر اثر هم جوشی هلیوم کربن و اکسیژن

ساخته می‌شود. ولی ابر غول‌ها جرم بسیار زیادی دارند و چندین برابر بیشتر از خورشید جرم دارند.این ستارگان به علت جرم زیاد در پایان به عناصری سنگین‌تر از کربن و اکسیژن در هم جوشی خود می‌رسند.

ترکیبات کربن دار در فضای میان ستاره‌ای

همانطور که بیان شد، به طورکلی ماده می‌تواند به روش انفجاری و یا غیرانفجاری از ستاره خارج و به فضای میان ستاره‌ای وارد شود. پس از آنکه گازهای پیرامون یک ستاره که حاوی کربن نیز هستند، به حد کافی از هستهٔ داغ دور شدند، مواد موجود در آنها از جمله کربن چگالیده می‌شوند. چگالش بخار کربن به شکل‌های مختلف صورت می‌گیرد که می‌توان آنها را به صورت زیر خلاصه کرد.

چگالش بخار کربن خالص

همانطور که در فصلهای گذشته شرح داده شد، بخارکربن خالص به سه شکل چگالیده می‌شود که عبارتند از:

۱- زنجیره‌های کربن خطی که معمولاً از تعداد کمتر از ۳۰ اتم کربن تشکیل می‌شوند. نوعی از این زنجیره‌ها پولیین نام دارد. پولیین‌ها دارای تعداد اتم کربن زوجند و پیکربندی آنها به صورت $C \equiv C - C \equiv C ... C \equiv C - C \equiv C$ است. زنجیره‌های پولیین از نظر شیمیایی بسیار فعالند. همچنین نوع دیگری از زنجیره‌های کربن وجود دارد که دارای پیکربندی $C = C = C ... C = C = C$: هستند که به آنها کامیولن می‌گویند. فعالیت شیمیایی کامیولنها اندکی کمتر از فعالیت شیمیایی پولیین‌ها است. به همین دلیل این نوع زنجیره‌های کربن از کامیونل‌ها پایدارترند.

۲- انبوهه‌های کربن کروی قفس مانند (فولرنها) نیز تولید می‌شوند.

۳- ذرات کربن میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک که از پوسته‌های کروی هم مرکز تشکیل شده‌اند

« چگالش بخار کربن در حضور هیدروژن »

اگر چگالش بخار کربن در حضور هیدروژن صورت گیرد؛ گونه‌های زیر می‌توانند ایجاد شوند:

۱- گونه‌های زنجیره‌ای متقارن نظیر $H-(C\equiv C)_n-H$ و نامتقارن نظیر C_nH

۲- مولکولهای هیدروکربن آروماتیک (معطر) چند حلقه‌ای (PAH) مسطح. این مولکولها شبکه‌های شش ضلعی مسطح کربن هستند که کناره‌های آنها به اتمهای هیدروژن متصل شده است.

۳- مولکولهای هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای سه بعدی، اتمهای هیدروژن می‌توانند پیوندهای معلق کربنهایی را که تحت فرایند مارپیچی در حال چگالش هستند به پیوندهای $C\text{-}H$ تبدیل کرده و در نتیجه از تشکیل فولرنها تا حدودی (نه به طور کامل) جلوگیری کنند. از اینرو مولکولهای کربن هیدروژن داری که ساختارهای بازخمیده دارند، تشکیل می‌شوند.

۴- ذرات مارپیچی هیدروژن دار، اتمهای هیدروژن می‌توانند پیوندهای معلق ذرات مارپیچی را که در حال رشد هستند به پیوندهای $C\text{-}H$ تبدیل کنند. در نتیجه ذرات مارپیچی هیدروژن دار ایجاد می‌شوند.

چگالش بخار کربن در حضور هیدروژن و نیتروژن

اگرتراکم کربن در حضور هیدروژن و نیتروژن انجام شود،سیانوپولیینهای زنجیره‌ای بلند یعنی HC_nN نیز می‌توانند ایجاد شوند. بعضی ازاین زنجیره‌های بلند حتی شامل تعداد ۲۰ اتم کربنند. البته گونه‌های زنجیره‌ای متقارن مانند $N\equiv C-(C\equiv C)_n-C\equiv N$ و نامتقارن مانند C_nN هم ممکن است همراه با سیانوپولیینها تشکیل شوند.

اکنون ستاره‌هایی را بررسی می‌کنیم که شامل چنین ترکیباتی باشند. ستاره‌های متغیر $RCorBor$ برای مطالعهٔ وجود کربن و ترکیبات کربن دار در فضای میان ستاره‌ای بسیار حائز اهمیت هستند. به طورکلی به ستاره‌هایی متغیر می‌گویند که درخشندگی آنها با زمان

تغییر می‌کند. مهمترین ویژگی ستاره‌های متغیر *RCor Bor* این است که آنها از نظر کربن غنی و از نظر هیدروژن فقیرند، به طوری که

$$\frac{N_H}{N_C} \approx ۱۰^{-۵}$$

که در آن N_C, N_H به ترتیب فراوانی اتمهای هیدروژن و کربن است. در بین خانوادهٔ ستاره‌های *RCor Bor*، ستارهٔ تابان *R Cor Borealis* توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. در سال ۱۹۳۴ ای. لورتا پیشنهاد داد که افت و خیزها در درخشندگی این ستاره ممکن است ناشی از خروج مقادیر زیادی از ذرات تشکیل شده است. توسط فشار تابشی ستاره به فضای میان ستاره‌ای رانده می‌شوند. هنوز کاملاً معلوم نشده است که فرایند خروج ماده از این ستاره به صورت تپشهایی با تقارن کروی انجام می‌شود و یا بر طبق روندی با تقارن کمتر.

روشن شده است که در پیرامون ستاره‌های غول قرمز تعداد زیادی مولکول و بنیان کربن دار وجود دارد. مثلاً در لایه‌های بیرونی ستارهٔ $IRC +۱۰^{\circ}۲۱۶$ که یک ستارهٔ غول قرمز غنی از کربن است و تاکنون مورد مطالعه و بررسی بسیار قرار گرفته است،بیش از ۳۰ نوع مولکول کربن دار شناسایی شده است. این ستاره مقادیر عظیمی گاز و غبار را با آهنگی در حدود $۱۰^{-۵} M_{\odot}$ در سال به فضای میان ستاره‌ای وارد می‌کند. علاوه بر موارد ذکر شده، وجود انبوهه‌ها و مولکول‌های کربن دار در بعضی دیگر از اجرام آسمانی از جمله سحابیهای سیاره‌ای، ابرهای مولکولی و سنگهای آسمانی مورد تأیید قرار گرفته‌اند.

حال به بررسی هر یک از گونه‌های کربن دار در فضای میان ستاره‌ای می‌پردازیم.

مولکول‌های زنجیره‌ای کربن دار در فضای میان ستاره‌ای

خطوط جذبی برای شناسایی عناصر در ستاره‌ها و کهکشان‌ها استفاده می‌شود، در سال ۱۳۶۷ پی. اف. برنات و همکارانش مولکول C_3 را در طیف ستارهٔ $IRC+10^\circ 216$ کشف کردند. این پژوهشگران نشان دادند که در پوستهٔ بیرونی ستارهٔ مزبور، فراوانی مولکول‌های C_3 بسیار زیاد است. خطوط جذبی مشاهده شده، بسیار باریک و پهنای کامل در نیم بیشینهٔ آنها کوچکتر از $0,014 cm^{-1}$ است. همچنین شدت این خطوط بسیار قابل توجه است.

پس از کشف مولکول‌های C_3 در فضا، تلاش بسیاری به منظور آشکارسازی مولکولهای C_4, C_5انجام گرفت. پیش بینی شده است که مولکول C_5، خطی و متقارن بوده و همانند مولکول C_3 دارای حالت الکترونی پایه با پوستهٔ بسته است. از طرف دیگر معلوم شده است که در بخار کربن در حال چگالش با دمای بالا، فراوانی مولکول‌های C_4کمتر از مولکولهای C_5است. اگر چه ممکن است که در پوستهٔ بیرونی ستاره‌ها چنین شرایطی حاکم نباشد. مولکول C_5 گشتاور دو قطبی ندارد و از اینرو نمی‌توان آن را با طیف سنجی موجی (که به حالت‌های چرخشی خالص مربوط است) آشکار کرد. ا زطرف دیگر طیف‌های مرئی و فرابنفش مولکول C_5 برای آشکار سازی آن قابل اطمینان نیستند. به همین دلیل برای آشکارسازی مولکول C_5 ا ز طیف فروسرخ ناشی از گذارهای بین حالت‌های ارتعاشی – چرخشی استفاده می‌شود. طیف‌های ارتعاشی – چرخشی مولکولها از اندرکنش بین حالت‌های چرخشی و ارتعاشی به وجود می‌آیند. تلاش گروه برنات در جستجوی طیف ارتعاشی – چرخش مولکول C_5 موفقیت آمیز بود. در سال ۱۹۸۹، این گروه پژوهشگر با بهره‌گیری از تلسکوپ ۴ متری رصد خانهٔ کیت پیک و یک طیف سنج تبدیل فوریه توانستند خطوط طیفی مولکول C_5 را در پوستهٔ خارجی ستارهٔ غول قرمزی $IRC+10^\circ 216$ آشکار کنند. به دلیل جابه جایی دوپلری، تصحیحاتی بر روی مکان این خطوط صورت گرفت. مکان بعضی از خطوط طیفی مربوط به شاخه‌های R,P مولکول C_5 که در طیف $IRC+10^\circ 216$ آشکار شده اند، درج شده است. خطوط طیفی در

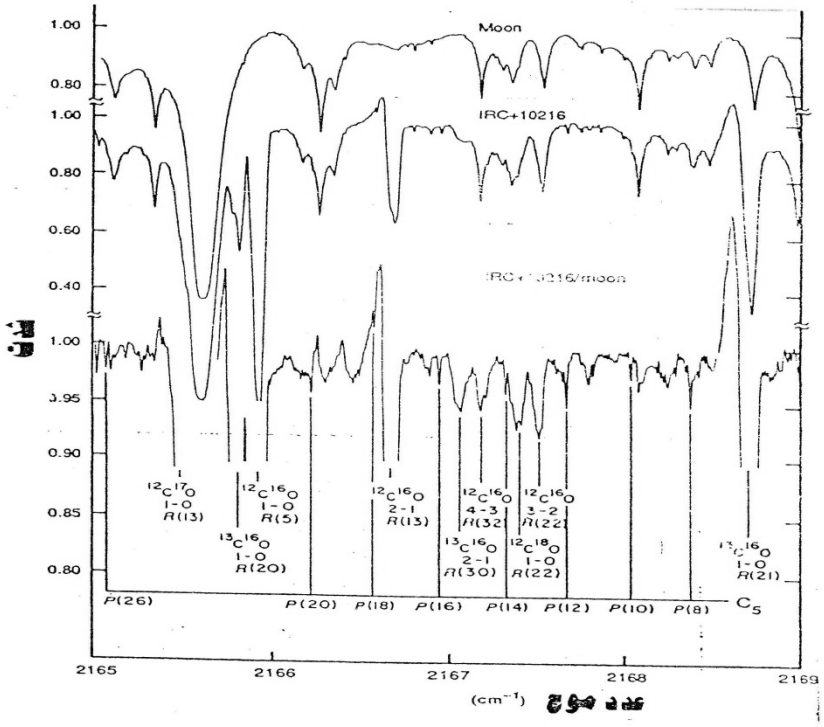
شاخه‌های R,P متناظر با گذارهایی هستند که در آنها تغییرات عـدد کوانتـومی چرخشـی، J به ترتیب برابر با $-۱(\Delta J=-۱)$, $+۱(\Delta J=+۱)$ است.این محققان همچنین خطـوط طیفـی مولکول $C_۵$ را در طیف ماه شناسایی کرده و با شدت خطوط این مولکول در طیف سـتاره مقایسه کردند.

عدد موج $\left(cm^{-۱}\right)$	خط طیفی	عدد موج $\left(cm^{-۱}\right)$	خط طیفی
۰۵۲ و ۲۱۶۸	P (۸)	۳۴۷ و ۲۱۶۴	P (۲۸)
۶۱۳و ۲۱۷۰	R (۶)	۷۳۳ و ۲۱۶۴	P (۲۶)
۹۰۱ و ۲۱۷۱	R (۱۴)	۸۷۰ و ۲۱۶۵	P (۲۰)
۲۱۴ و ۲۱۷۲	R (۱۶)	۲۴۱ و ۲۱۶۶	P (۱۸)
۵۲۵ و ۲۱۷۲	R (۱۸)	۶۱۲ و ۲۱۶۶	P (۱۶)
۱۳۵ و ۲۱۷۳	R (۲۲)	۹۷۷ و ۲۱۶۶	P (۱۴)
۴۳۳ و ۲۱۷۳	R (۲۴)	۳۳۹ و ۲۱۶۷	P (۱۲)
۷۳۱ و ۲۱۷۳	R (۲۶)	۶۹۹ و ۲۱۶۷	P (۱۰)

مکـان بعضـی از خطـوط طیفـی مربـوط بـه شـاخه‌هـای R,P مولکـول $C_۵$ در طیـف $IRC+۱۰^{\circ}۲۱۶$

در جدول بالا بخش کوچکی از طیف‌های ماه و $IRC+۱۰^{\circ}۲۱۶$ و نسبت شدتهای طیفـی $IRC+۱۰^{\circ}۲۱۶$ به ماه (ماه / $IRC+۱۰^{\circ}۲۱۶$) آورده شده است. هفت خط طیفی ضعیف مولکـول $C_۵$ کـه هـم فاصـله‌انـد $\left(P(۸),P(۱۰),...P(۲۰)\right)$، اولـین خطـوطی بودنـد کـه شناسایی شدند. این خطوط به شاخهٔ P تعلق دارنـد. فاصـلهٔ ایـن خطـوط $۰,۳۵cm^{-۱}$ کـه بـا پیش بینی‌های تطابق دارد. بعضی از خطـوط طیفـی CO بـا ایزوتوپهـای مختلـف اکسـیژن و کربن نیز در طیف قابل شناسایی‌اند.

مولکولهای زنجیره‌ای پولیین در پوستهٔ بیرونی ستاره‌های کربن دار بخصوص ستارهٔ $IRC +10^{\circ}216$ به طور فراوان یافت می‌شوند. [۵ و ۴۵] فراوانی پولیین‌ها در بعضی از ابرهای مولکولی نظیر $TMC1$ توجه بسیاری را نیز به خود معطوف کرده است. $TMC1$ ابرسیاه کوچک چگال و سردی است که در صورت فلکی ثور قرار دارد. این ابر حاوی تعداد زیادی مولکول کربن دار است.



بخش کوچکی از طیف‌های ماه و ستاره $IRC +10^{\circ}216$

شواهد حاکی از آن است که پولیین‌ها به طور مؤثر در پوسته‌های خارجی ستاره‌های غنی از کربن، در دما و فشار نسبتاً بالا تشکیل شده و پس از آن به فضای میان ستاره‌ای رانده می‌شوند. تاکنون مدارک محکمی مبنی بر وجود تعدادی از سیانوپولیین‌ها در فضا به دست

آمده است. در واقع این مولکول‌ها را می‌توان توسط طیف سنجی کهموجی (ناشی از گدازه‌های چرخشی) در فضا شناسایی کرد. ابتدا در سال ۱۹۷۱ ال. ای. سیندر و دی. بوهل مولکول HCN را در فضای میان ستاره‌ای کشف کردند. در همان سال بی. ای. ترنر مولکول HC_3N را در فضا شناسایی کردند. در سال ۱۹۷۵ مولکول HC_5N در آزمایشگاه تولید و طیف کهموجی آن اندازه‌گیری شد. پس از آن جستجو برای یافتن مولکول HC_5N در فضا با تلسکوپ رادیویی NRC آغاز شد. بالاخره پس از جستجوی بسیار در سال ۱۹۷۶ این مولکول توسط ال. دبلیو. اوری و همکارانش کشف شد. انتظار این بود که فراوانی مولکول HC_5V ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از مولکول HC_3N باشد. اما شواهد نشان دادند که فراوانی مولکول HC_5V از آنچه که انتظار می‌رفت بسیار بیشتر است. این کشف جالب دانشمندان را برانگیخت تا مولکول HC_7N را در آزمایشگاه تولید و طیف کهموجی آن را اندازه‌گیری کنند. پس از آن در سال ۱۹۷۸ سی. کایربی مولکول HC_7N را در فضای میان ستاره‌ای آشکار کرد. در همان سال تی. اُکا با استفاده از بسامدهای کهموجی به دست آمده برای مولکول‌های HC_nN (۷ و ۵ و ۳و ۱ = n)، بسامدهای کهموجی مولکول HC_9N را پیش بینی کرد. این مولکول هم در سال ۱۹۷۸ توسط ان. دبلیو. بروتن و همکارانش در فضا شناسایی شد. سرانجام در سال ۱۹۸۲ ام. بی. بل و همکارانش موفق به کشف مولکول $HC_{11}N$ در فضا شدند.

سیانوپولیین‌ها در ابر مولکولی $TMC1$ به وفور یافت می‌شوند. در واقع ابر مولکولی $TMC1$مکان خوبی برای شکار مولکول‌های زنجیره‌ای کربن دار است. از طرف دیگر در سال ۱۹۸۶ ان. کیو. ریو و همکارانش دریافتند که در پیرامون سحابی سیاره‌ای ۲۶۸۸ $AFGL$ تعداد زیادی مولکول زنجیره‌ای پولیین و سیانوپولیین (از جمله HC_7N) وجود دارد. این سحابی سیاره‌ای یک ابر غباری است که ستارهٔ داغی را احاطه کرده و به دلیل شکل آن، به سحابی تخم مرغ معروف است. گونه‌های زنجیره‌ای متقارنی نظیر $H-(C\equiv C)_n-H$,$C\equiv N-(C\equiv C)_n-C\equiv N$ نیز به احتمال زیاد در فضای میان ستاره‌ای وجود دارند. ولی چون این مولکولها فاقد گشتاور دوقطبی دائمی‌اند. نمی‌توان

آنها را توسط طیف سنجی موجی آشکار کرد.
حال معلوم شده است که مولکول‌های زنجیره‌ای کربن دار C_5H, C_6H, C_3H, C_4Hو همچنین بنیان‌های کربن دار C_4H, C_3Nدر پوستهٔ بیرونی ستارهٔ $IRC +10^\circ 216$ وجود دارند.

مولکول‌های هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای در فضای میان ستاره‌ای

تاکنون مدارک بسیاری مبنی بر وجود گونه‌های خاصی از انبوههای کربن دار در فضای میان ستاره‌ای به دست آمده است. این انبوهها از نظر اندازه و تعداد اتمهای در برگیرندهٔ بین مولکول‌های نسبتاً کوچکی ($N = ۱۰ \sim$ تعداد اتمها) که به طور عمده توسط ستاره‌شناسی رادیویی آشکار می‌شوند و ذرات کوچک معمولی ($N \sim ۱۰$) قرار دارند.
در سال ۱۹۸۴، ا. لگر. ج. ال. پوگت پیشنهاد کردند که این انبوهها، مولکول‌های هیدروکربن آروماتیک چند حلقه‌ای (PAH) هستند که در برابر تجزیهٔ فوتونی پایداری نسبتاً زیادی دارند. این محققان همچنین پیشنهاد کردند که مولکول‌های PAH می‌توانند منشاء بعضی از نوارهای فروسرخی باشند که قبلاً در طیف اغلب چشمه‌های قوی فرابنفش دیده شده ولی شناسایی نشده بودند. این پیشنهاد به این دلیل ارائه شد که نوارهای فروسرخ ناشناخته‌ای که ناشی از مواد میان ستاره‌ای هستند به نوارهای فروسرخ مربوط به مولکولهای PAH بسیار شباهت دارند. مثلاً در طیف بعضی از سحابیهای سیاره‌ای نظیر NGC ۷۰۲۷ و بعضی از ستاره‌های غنی از کربن نظیر HD ۴۴۱۷۹، نوارهای گسیلی فروسرخی در طول موج‌های $۳,۳\mu m$، $۶,۲\mu m$، $۷,۷\mu m$، $۸,۷\mu m$ و $۱۱,۳\mu m$ قرار دارند. این نوارها را به گسیل تابش فروسرخ از نوع مولکول PAH به نام کرنن که توسط تابش فرابنفش برانگیخته می‌شوند نسبت می‌دهند، البته باید توجه داشت که طیف فرو سرخ دور هر مولکول PAH منحصر به فرد است. در واقع ناحیهٔ فروسرخ دور، یک انگشت نگاری، طیف سنجی برای مولکول‌های PAH فراهم می‌کند.
از میان خانوادهٔ ترکیبات آلی، مولکول‌های PAH بسیار پایدارند. بنابراین وجود این

مولکولها در مواد میان ستاره‌ای نباید عجیب باشد. مولکول‌های PAH می‌توانند به صورت مخلوط‌های گازی حاوی مولکول‌های یونیده و مولکول‌های که به طور جزیی هیدروژن از دست داده‌اند. در فضای میان ستاره‌ای حضور داشته باشند.در سال ۱۹۸۵ لگر، ال، هندکورت و همکارانش استدلال کردند که مولکول‌های PAH می‌توانند منشاء نوارهای پخشیدهٔ میان ستاره‌ای باشند. دلایلی که این موضوع را تأیید می‌کنند عبارتند از:

i) پایداری بسیار زیاد مولکول‌های PAH در برابر تجزیهٔ فوتونی و گرمایی

به طور کلی برای اینکه مولکولی بتواند در فضای میان ستاره‌ای باقی بماند، لازم است که در برابر تجزیهٔ فوتونی و گرمایی پایدار باشد مگر آنکه یک فرایند بازسازی مؤثری وجود داشته باشد.

ii) فراوانی اتمهای کربن در مولکول‌های PAH موجود در فضا

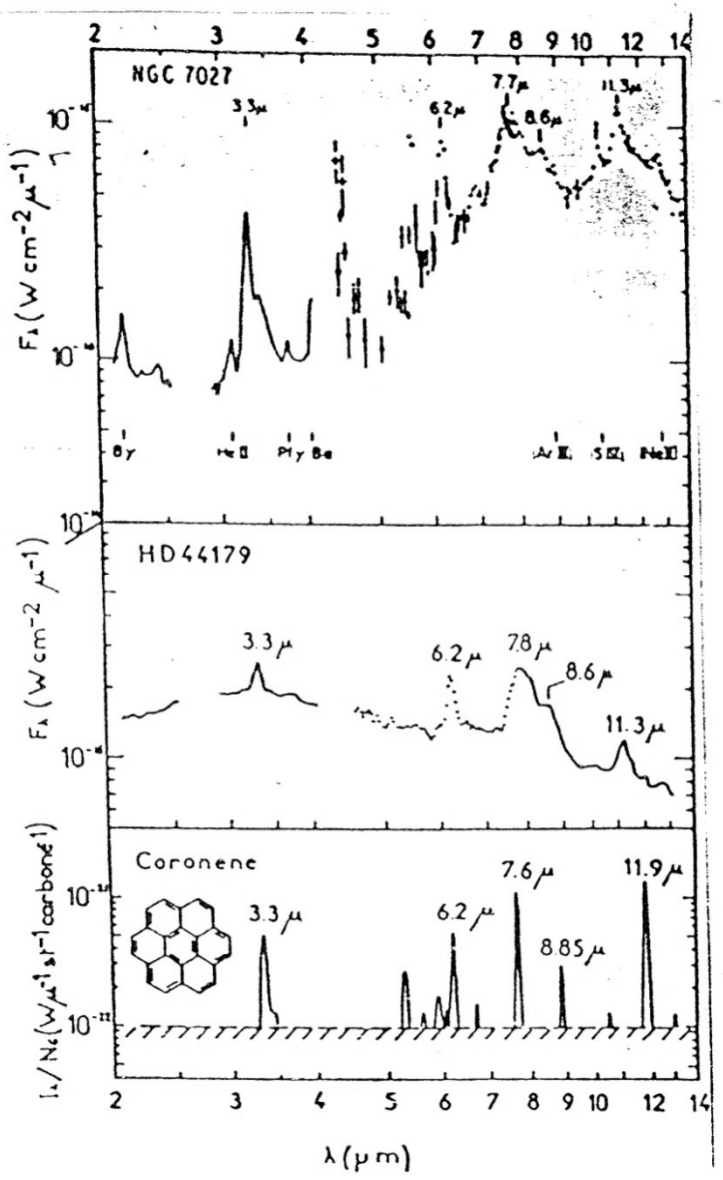
در سال ۱۹۸۵ لگر و هندکورت نشان دادند که برای اتمهای سنگینی (نسبت به هیدروژن) قویترین نوارهای پخشیدهٔ میان ستاره‌ای مربوطند، شرط زیر باید برقرار باشد.

$$\frac{N_I}{N_H} > ۳\times ۱۰^{-۸}$$

که در آن N_I فراوانی اتم‌های سنگین و N_H فراوانی اتم‌های هیدروژن در فضای میان ستاره‌ای است.

پس از پیشنهاد لگر و پوگت مبنی بر وجود مولکول‌های PAH در فضای میان ستاره‌ای، آنها پیش بینی کردند که:

$$\frac{N_C}{N_H} \cong ۲\times ۱۰^{-۵}$$


NGC 7027
HD44179
Coronene
3.3μ
6.2μ
7.7μ
8.6μ
11.3μ
7.8μ
7.6μ
8.85μ
11.9μ
λ (μm)

(عکس شماره ۲۴)

مقایسهٔ طیف مولکول کربن باطیف HD ۴۴۱۷۹, NGC ۷۰۲۷ که در آن N_C فراوانی

اتمهای کربن در مولکول‌های PAH موجود در فضای میان ستاره‌ای است در نتیجه برای مولکول‌های PAH شرط (۱) برقرار است.

iii) گذارهای پرشدت مرئی در مولکول‌های PAH یونیده

مولکول‌های PAH یونیده دارای گذارهای پرشدتی در ناحیهٔ مریی‌اند. همانطور که در فصل‌های قبل خاطر نشان کردیم قویترین نوارهای پخشیدهٔ میان ستاره‌ای در ناحیهٔ مریی قرار دارند.

iv) ساختار چرخشی نوارهای طیفی مولکول‌های PAH

ساختار چرخشی یک نوار طیفی دارای پهنایی از مرتبهٔ $4B < J >$ است که در آن B ثابت چرخشی میانگین و J عدد کوانتومی چرخشی است. مولکول‌های PAH بزرگ ثابت چرخشی کوچکی دارند. بنابراین انتظار می‌رود که پهنای نوارها در این مولکول‌ها، کوچک باشد که با پهنای نوارهای پخشیدهٔ میان ستاره‌ای قابل مقایسه است. با اینحال باید توجه داشت که این نتیجه تنها در صورتی قابل قبول است که اغلب مولکول‌های PAH موجود در فضای میان ستاره‌ای تعداد نسبتاً زیادی اتم کربن را شامل شوند.

با وجود دلایل فوق، مشکلاتی برای آزمون قطعی این فرضیه وجود دارد. مشکل اساسی، گوناگونی بسیار زیاد مولکول‌های PAH است. در واقع انواع بسیاری مولکول PAH وجود دارد که می‌توان آنها را به مولکول‌های PAH موجود در فضای میان ستاره‌ای نسبت داد. تنوع این مولکول‌ها در ترکیبات طبیعی موجود در زمین به طور تجربی به اثبات رسیده است. انتظار این است که در فضای میان ستاره‌ای اغلب این مولکول‌ها به طور جزیی هیدروژن از دست داده باشند که این خود بر تنوع و گوناگونی آنها می‌افزاید.

با اینحال ممکن است که فقط گونه‌های خاص و اندکی از این مولکولها باعث ایجاد نوارهای بینایی پخشیده میان ستاره‌ای شوند. این یک مشکل عملی برای آزمون فرضیه به وجود می‌آورد چون معلوم نیست که کدام یک از این مولکول‌ها باید انتخاب و طیف مریی آن در حالت یونیده اندازه‌گیری شود. به عنوان مثال در طیف یون کرنن، نوارهای

جذبی پرشدتی در ناحیهٔ مریی وجود دارد. اما طول موج هیچ یک از این نوارها با طول موج نوارهای طیفی پخشیدهٔ میان ستاره‌ای تطابق ندارد. به هر حال این نمی‌تواند دلیلی بر رد فرضیهٔ مولکول‌های PAH به عنوان منشاء نوارهای پخشیدهٔ میان ستاره‌ای باشد، زیراولاً اگر یون کرنن در فضای میان ستاره‌ای فراوان باشد، انتظار می‌رود که به طور جزیی هیدروژن از دست داده باشد. دوم اینکه کرنن تنها یکی از گونه‌های مختلف مولکول‌های PAH است که برای آزمایش انتخاب شده است.

غبار کربن در فضای میان ستاره‌ای

غبار میان ستاره‌ای در فرایندهای اختر فیزیکی نقش بسزایی دارند. بخصوص آنکه غبار موجود در ابرهای تاریک، از تجزیه شدن مولکول‌ها توسط نور ستاره‌ها جلوگیری می‌کند. معلوم شده است که غبار کربن در پوستهٔ بیرونی ستاره‌های کربن دار، ستاره‌های غول قرمز، همچنین در پیرامون نواختران، ابرنواختران و سحابیهای سیاره‌ای تشکیل می‌شود.

همانطور که قبلاً بیان کردیم، تغییرات درخشندگی ستارهٔ متغیر $R\ Cor\ Borealis$ احتمالاً از خروج توده‌های غبار که به طور عمده از ذرات جامد کربن تشکیل شده‌اند. ناشی می‌شود. اکیف توانست شرایط فیزیکی و شیمیایی خاصی را تجسم کند که در آن ذرات کربن تشکیل شده و توسط فشار تابشی به بیرون رانده می‌شوند. پوسته‌های بیرونی ستاره‌های خانوادهٔ

$R\ Cor\ Bor$ به احتمال زیاد دارای چنین شرایطی هستند. فزونی رنگی که این ستاره‌ها نشان می‌دهند با یک لایهٔ غباری پیرامون آنها سازگار است.

همچنین به نظر می‌رسد که ستارهٔ غول قرمز $IRC +10^{\circ}216$ توسط غباری احاطه شده است که منشاء آن پوستهٔ بیرونی ستاره است. سحابی سیاره‌ای تخم مرغ نیز چشمهٔ قابل توجهی برای غبار کربن است.

تاکنون شواهدی مبنی بر وجود ذرات مارپیچی کربن در فضای میان ستاره‌ای بدست آمده است از جمله اینکه اس پی بالم و کرونو نشان دادند که ذرات کربن مارپیچی هیدروژن

دار می‌توانند نوارهای فروسرخی را ایجاد کنند که با بعضی از نوارهای فروسرخی ناشی از مواد میان ستاره‌ای تطابق دارند.

همانطور که در فصل‌های قبل شرح داده شد، برای توجیه قطبش نور ستاره‌ها توسط غبار، پیشنهاد شد که غبار میان ستاره‌ای احتمالاً حاوی ذرات کشیده‌ای است. ایجیما و همکارانش نشان دادند که چگونه رشته‌های میکرومتری کربن می‌توانند تحت شرایطی که در آن مولکول‌های $C_{۶۰}$تشکیل می‌شوند، رشد کنند.تاکنون رشته‌های میکرومتری کربن بسیاری با قطرهای بین $۳۰^{\circ}A$ تا $۱۰۰^{\circ}A$ شامل ۲ تا ۵۰ لایهٔ گرافیتی در آزمایشگاه مشاهده شده است. ک. سلگرن در طیف مواد میان ستاره‌ای نوارهای گسیلی فروسرخی را مشاهده کرد که با نوارهای فروسرخ ناشی از ذرات کربن با ابعاد رشته‌های میکرومتری سازگار است. همچنین ای. ال. رایت استدلال کرده است که این نوارهای گسیلی را نمی‌توان با ساختارهای کروی کربن توجیه کرد.

وجود همزمان زنجیره‌های کربن، فولرنها و ذرات کربن

نقش زنجیره‌های کربن در تشکیل غبار میان ستاره‌ای و دوده، موضوع مطالعهٔ بسیاری از دانشمندان در اوایل دههٔ ۱۹۸۰ بود. در واقع آزمایش‌هایی که برای تحقیق همبستگی زنجیره‌های کربن، غبار و دوده طرح ریزی شده بود به کشف فولرنها منجر شد. آزمایش‌های مربوط به تولید فولرنها نشان می‌دهد که فولرنها می‌توانند همراه با مولکول‌های زنجیره‌ای و ذرات کربن تشکیل شوند. مطالعات و بررسی‌های حاکی از آنند که انبوه‌های بزرگ کربن از جمله فولرنها از زنجیره‌های کربن به وجود می‌آیند.

رابطهٔ همزادگی مشاهده شده در آزمایشگاه بین زنجیره‌های پولیین، فولرنها و ذرات بزرگ، به احتمال زیاد در فضای میان ستاره‌ای هم وجود دارد. بنابراین فولرنها می‌توانند در هر جایی از فضا که شامل پولیین‌ها و ذرات غبار است، حضور داشته باشند. مثلاً در پیرامون سحابی تخم مرغ که بعضی از پولیین‌ها حضور دارند. ممکن است $C_{۶۰}$و فولرنهای دیگر نیز حضور داشته باشند. ولی هنوز هیچ مدرک قطعی برای اثبات وجود فولرنها در این ناحیه

به دست نیامده است.

آیا مولکول $C_{۶۰}$ واقعاً در فضای میان ستاره‌ای وجود دارد؟

همانطور که بیان شد دلایل بسیاری وجود دارد که حضور مولکول $C_{۶۰}$ در فضای میان ستاره‌ای را تأیید می‌کنند. اگر چه برای شناسایی مولکول $C_{۶۰}$، استفاده از طیف مرئی و فرابنفش آن مفید است ولی بهترین روش برای شناسایی مولکول‌های آروماتیک، بهره‌گیری از طیف فروسرخی آنهاست. در واقع هنگامی با قطعیت می‌توان گفت که مولکول $C_{۶۰}$ در فضای میان ستاره‌ای وجود دارد که حداقل یکی از چهار نوار فروسرخ مشخصهٔ این مولکول مواد میان ستاره‌ای آشکار شود.

نوار فروسرخ پرشدت $۱۱۸۳^{-۱}$ در طیف مولکول $C_{۶۰}$ برای جستجوی نجومی مناسب است. برنات و همکارانش در رصد خانهٔ کیت پیک به آشکارسازی این نوار در پیرامون ستارهٔ غول قرمز $IRC +۱۰^{\circ}۲۱۶$ موفق نشدند. احتمالاً اتمهای هیدروژنی که در اطراف این ستاره وجود دارند از تشکیل مولکول $C_{۶۰}$ جلوگیری می‌کنند. چشمه‌های مطلوبتر برای آشکارسازی مولکول $C_{۶۰}$، ستاره‌های خانوادهٔ $RCorBor$ با شکست مواجه شد. حقیقت این است که تاکنون مدرک قطعی برای اثبات وجود مولکول‌های $C_{۶۰}$در فضای میان ستاره‌ای به دست نیامده است.

مشکل دیگری که در ارتباط با فولرنها از جمله $C_{۶۰}$ مطرح می‌شود این است که بعضی از مولکول‌های PAH نظیر کرانیولن که از نظر ساختاری به فولرنها بسیار شباهت دارند تاکنون در مخلوط‌های PAH طبیعی یافت نشده‌اند. ولی با استفاده از روش‌های پیشرفته مقادیر بسیارکمی از آنها جمع آوری شده است. اگر چه $C_{۶۰}^{+}$ در شعله‌های دودزا به وجود می‌آید. اما سازوکاری که می‌تواند باعث تشکیل فولرنها در فضای میان ستاره‌ای شود، هنوز به صورت یک راز باقی مانده است. بنابراین برای پی بردن به وجود فولرنها از جمله $C_{۶۰}$ در فضای میان ستاره‌ای تحقیقات بیشتری لازم است.

فصل ۸

زادگاه مولکول‌های حیات

آیا مولکول‌های پیچیده حیات در زمین به وجود آمدند، یا از دوردستهای کیهان به سیاره ما منتقل شدند؟

هر سال ۳۰۰ تن ماده آلی سرشار از مولکول‌های کربن دار به صورت بارانی از ذرات ریز میکروسکوپی به سطح زمین فرو می‌ریزد. این مواد آلی حاصل تبخیر دنباله‌دارها و سیارکهای خرد شده‌اند. گاهی نیز شهاب‌سنگی بزرگ، حدود یک تن یا بیشتر، از این مواد را یکجا به سطح زمین می‌آورد. به این ترتیب، مقادیر زیادی مولکول آلی از فضا به محیطی راه یافته‌اند که در آن حیات، پیچیده‌ترین شکل ماده که قادر به باز تولید خود است، طی ۳/۵ میلیارد سال تکامل یافته است.

آیا این مولکول‌های آلی از فضا آمده سهمی مهم در منشاء حیات داشته‌اند؟ برای پاسخ دادن به این پرسش، نخست می‌باید پرسشی دیگر را پاسخ گوییم: «آیا حیات منحصر به زمین است یا در گوشه‌ای دیگر از عالم نیز شکلی از آن تکامل یافته است؟ » تاکنون دانشمندان فرض می‌کردند که حیات از گرد آمدن مولکول‌های ساده آغاز شده است که نتیجه آن، به وجود آمدن مولکول‌های پیچیده تر، و سرانجام تشکیل ساختارهای بنیادی زیست شناختی بوده است. در حالی که این دیدگاه هنوز می‌تواند درست باشد، نظریه قابل

قبول دیگری را هم می‌توان مطرح کرد که طبق آن، ماده آلی از چشمه‌های گوناگون کیهانی (سیارکها، دنباله‌دارها، شهاب‌سنگ‌ها، و ذرات غبار بین سیاره‌ای) دست نخورده و درست به موقع به زمین فرود آمده است تا نقشی فعال در منشاء حیات ایفا کند. ما داستان منشاء مواد آلی را از فضای میان ستاره‌ای آغاز می‌کنیم که امروزه کدام قسمت منظومه‌شمسی را می‌باید برای یافتن مخازن بزرگ آن جستجو کرد.

بین ستاره‌ها

نخستین مولکول‌هایی که در فضای وسیع میان ستاره‌ای شناسایی شد، ترکیبات ساده‌ای از کربن و هیدروژن بود. این مولکول‌ها نخستین بار در سال ۱۹۳۷ در طیف نور مرئی آشکار شدند. در اواخر دهه (۶۰ میلادی) اختر شناسان رادیویی با کشف آب و آمونیاک (NH_3) انقلابی در این زمینه ایجاد کردند. پرتوهای نافذ فرابنفش به راحتی مولکول‌های پیچیده‌تر موجود در فضای میان ستاره‌ای را تخریب می‌کند. بنابراین، مولکول‌های سالم را می‌باید در مناطق حفاظت شده‌ای مثل نواحی داخلی ابرهای مولکولی سرد و تیره جستجو کرد. بسیاری از دانشمندان معتقدند که این پناهگاههای کیهانی محل تولد تعداد زیادی از مولکول‌های میان ستاره‌ای‌اند.

تاکنون نزدیک به ۹۰ نوع مولکول مختلف که بعضی از آنها مولکول های آلی با ۱۳ اتم (نظیر $HC_{11}N$) هستند در مردابهای سرد و تاریک کهکشان ما یافت شده‌اند. احتمالاً تعداد بسیار زیادی نیز در آینده کشف خواهند شد. هیدروکربنها و نیتریلها (ترکیبات کربن و نیتروژن) مولکول هایی هستند که به طور مستقیم در سرچشمه حیات دخالت دارند. برخی نیتریلها می‌توانند دوباره با آب مایع واکنش دهند و اسیدهای آمینه را به وجود آورند. اسیدهای آمینه ساختارهای پیچیده‌ای هستند که حکم آجرهای اولیه پروتئینها و اسیدهای نوکلئیک را دارند. تصویری که از تحول مولکول‌های آلی در فضای میان ستاره‌ای داریم، روز به روز وضوح و گستردگی بیشتری پیدا می‌کند. فرایند،هنگامی آغاز می‌شود که نیروهای گرانشی میان ابرهای مولکولی چگال، توده‌های گاز و غبار را متراکمتر می‌کند و ستاره جوان شکل

می‌گیرد. تابش فرابنفش گسیل شده از این اجرام داغ نورانی (یا از چشمه‌های دیگر) با دانه‌های غبار موجود در ابر پیرامون ستاره واکنش داده و جریان مواد خروجی از پیش ستاره‌ها و امواج ضربه که از اطراف می‌رسد، موجب تکه تکه شدن آن می‌شود. در این موقع، دانه‌ها مستقیماً در معرض پرتوهای فرابنفشی که از چشمه‌های دیگر می‌آیند قرار می‌گیرند، در نتیجه واکنشهای بیشتر پیشرفته‌تری در سطح دانه‌ها صورت می‌گیرد و مولکول‌های پیچیده‌تری ساخته می‌شوند. بعضی از این دانه‌ها را ستاره‌های جدید به دام می‌اندازند ولی بیشتر آنها دوباره در محیط میان ستاره‌ای پخش می‌شود در آنجا پوشش یخی دانه‌ها بخار می‌شود و مولکول‌های پیچیده در فضا منتشر می‌شوند.

ذرات باقی مانده از دنباله‌دارها، مواد آلی را از فضای میان سیاره‌ها به سطح زمین می‌رسانند. هر سال حدود ۳۰۰ تن ماده آلی سرشار از مولکول‌های کربن دار به همین طریق به سطح زمین می‌رسند. آیا این مواد آلی منشاء حیات در زمین بوده‌اند؟

اما تولد ستاره تنها عامل مؤثر در تکامل مولکول‌های حیات نیست، بلکه رویدادهایی که در پایان عمر ستاره‌ها رخ می‌دهد نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند ستاره‌های پر جرم (هشت برابر جرم خورشید یا بیشتر) در طی مراحل مختلف زندگی مواد درونی خود را می‌سوزانند و بسیاری از عناصر سنگینتر مثل کربن و سیلیسیوم را می‌سازند. از ترکیب این عناصر دانه‌هایی به وجود می‌آید که بعدها بر روی آنها مولکول‌های آلی تشکیل می‌شوند. سرانجام این ستاره‌ها در پایان عمر خود به صورت ابر نواختر منفجر می‌شوند و این عناصر را در فضا پراکنده می‌کنند.

از سوی دیگر، ستاره‌های کم جرم، مثل خورشید، به غولهای سرخ تبدیل می‌شوند. این غولهای پف کرده هم لایه خارجی خود را به بیرون پرتاب می‌کنند، ولی آنها این کار را نسبت به ابرنواخترها بسیار آهسته‌تر انجام می‌دهند و به همین دلیل نمی‌توانند عناصر سنگین تولید کنند. با این حال نقش آنها به همان اندازه مهم است، زیرا دانه‌های غبار در پوشش خارجی شان تشکیل می‌شود و در نهایت به محیط میان ستاره‌ای پرتاب می‌شود. شاید ابر میان ستاره‌ای چگالی این دانه‌ها را ببلعد و این چرخه ادامه پیدا کند.

امروزه اختر شناسی فرو سرخی در شناخت ترکیبات شیمیایی محیطهای میان ستاره‌ای همان نقشی را دارد که اخترشناسی رادیویی در دهه (۶۰ میلادی) داشت. یوون پندلتون و همکارانش در مرکز تحقیقات ایمز در ناسا شواهدی یافته‌اند که حاکی از رها شدن پیوسته مولکول‌های آلی به محیطهای میان ستاره‌ای است. آنها با استفاده از طیف نگاری فرو سرخ نزدیک (طول موج ۳ تا ۵ میکرون) دریافتند که هیدروکربنهای پیچیده در سراسر محیط میان ستاره‌ای وجود دارند. لوییس آلاماندولا و اسکات سندفورد طی آزمایشی این نظریه را تأیید کردند. آنها مقداری یخ میان ستاره‌ای مانند را در معرض تابش فرابنفش قرار دادند. هنگامی که این ترکیب تا دمای محیط میان ستاره‌ای گرم شد، مواد فرار بخار شدند و مخلوطی از هیدروکربنهای پیچیده به جای ماند.

این هیدروکربنهای آزمایشگاهی از نظر طیفی شباهت زیادی با آنچه در مشاهدات فرو سرخی فضای میان ستاره‌ای دیده شده بود، دارند. علاوه بر این، طیفشان به طور شگفت آوری با طیف شهاب‌سنگ‌های کربن دار شباهت دارد. این شباهتها باعث تقویت این نظریه می‌شود که اعضای قدیمی منظومه‌شمسی (سنگهای سرگردان آسمان) مواد آلی محیط میان ستاره‌ای را حفظ کرده و به سطح زمین رسانده‌اند.

مولکول‌های آلی در منظومه‌شمسی

با تراکم سحابی اولیه‌ای که منظومه‌شمسی از آن ساخته شد، اجرام کوچکی از سنگ و یخ، به نام هسته سیاره، تشکیل شدند. این جنین سیاره‌ها طی ۱۰۰ میلیون سال گردهم آمدند و سیارات و اقمارشان، سیارکها، ودنباله‌دارها را به وجود آوردند. میدان گرانشی سیارات غول پیکر خارجی (مشتری، زحل، اورانوس، نپتون) سیارکها را در مداری بین مریخ و مشتری منظم کرد. در چنین فاصله‌ای از خورشید بیشتر سطح یخ سیارکها بخار شد. برخی از خرده سیاره‌های یخی نیز در کمربند مسطحی فراسوی پلوتو گردهم آمدند و کمربند کویی پر را تشکیل دادند. علاوه بر این، اخترشناسان معتقدند که یک تریلیون خرده سیاره دیگر نیز در فاصله‌ای نسبتاً دور در پوسته‌ای کروی موسوم به ابر اوورت جای گرفته‌اند.

برخورد سیارکها آنها را تکه تکه می‌کند و برخی از این پاره‌ها به صورت شهاب‌سنگ بر زمین فرود می‌آیند. حدود پنج درصد از این شهاب‌سنگ‌ها، که به نظر می‌رسد از زمان تشکیل کمترین تغییر را داشته اند، کربن دارند. داخل این توده‌های سیاه رنگ که از مواد مختلف تشکیل شده اند، می‌توانیم دانه‌های کوچک و دست نخورده کربید سیلیسیوم (*sic*) و الماسهای میکروسکوپی پنجاه میکرونی پیدا کنیم. *sic* در جو گونه خاصی از غولهای سرخ، به نام ستاره‌های کربنی، ساخته می‌شود. دانه‌های الماس نیز بر اثر تصادم ضربه‌ای ناشی از انفجارهای ابر نو اختری با ابرهای مولکولی و فشرده شدن کربن موجود در آنها ایجاد می‌شود. این گونه شهاب‌سنگ‌ها برای ما بسیار با ارزشند، زیرا نشان می‌دهند که مواد میان ستاره‌ای هنوز همچنان دست نخورده در منظومه‌شمسی وجود دارد.

با بررسی و تجزیه شهاب سنگ کربن داری که در شهریور ۱۳۴۸ در استرالیا سقوط کرده بود، پیشرفت عظیمی در شناخت نحوه تشکیل و تحول منظومه‌شمسی ایجاد شد. این شهاب‌سنگ حاوی بیش از ۴۰۰ نوع ترکیب آلی است که بسیاری از آنها روی زمین یافت نمی‌شوند و در میان آنها، اسیدهای آمینه‌ای به چشم می‌خورد که درصد دوتریم درآنها نسبت به هیدروژن هفت برابر نسبتی است که در زمین و خورشید دیده می‌شود. همچنین این شهاب‌سنگ سرشار از کربن ۱۳ و نیتروژن ۱۵ (ایزوتوپهای کربن و نیتروژن معمولی) است. با جمع بندی این شواهد، تنها به یک نتیجه می‌رسیم: «منشاء این مواد جایی در خارج از منظومه‌شمسی است!»

البته اسیدهای آمینه مستقیماً در ابرهای مولکولی محیط میان ستاره‌ای یافت نشده اند، اما سیانید هیدروژن، آمونیاک و مواد بیشمار دیگر فراوان به چشم می‌خورد. در محیطی که آب مایع وجود دارد این مواد می‌توانند اسید آمینه بسازند. به نظر می‌رسد بهترین مکان برای انجام این واکنشها محیط داخلی اجرامی بوده است که منشاء شهاب‌سنگ‌های کربن دار محسوب می‌شوند. خود نمونه‌های شهاب‌سنگی شواهد مستقیمی از وجود آب مایع را نشان می‌دهند: نفوذ رگه‌های پر نمک به داخل سنگ و وجود سیلیکاتهای بلوری شکل در کلوخه‌هایی از مواد معدنی، فرایندهایی هستند که به آب نیاز دارند. با اینکه در مورد منشاء

ماده آلی درون شهاب‌سنگ‌ها بین پژوهشگران اختلاف نظر وجود دارد، با این حال همگی معتقدند که کسری از این مواد، به خصوص مولکول‌های سازنده اسیدهای آمینه، به وضوح از محیط میان ستاره‌ای آمده‌اند.

غبار بین سیاره‌ای و دنباله‌دارها

ما از طریق تأثیری که دنباله‌دارها بر تاریخ سیاره مان داشته اند، از علت احتمالی انقراض دایناسورها گرفته تا حمل مواد آلی از فضا و توزیع آن بر زمین، با آنها پیوند خورده ایم. ما به دلیل وجود آب، گازها، و کربنی که اقیانوسها، جو، و زیست کره فعلی را تشکیل داده‌اند مدیون دنباله‌دارها هستیم. دنباله‌دارهای سرشار از یخی که اندکی پس از شکل‌گیری زمین قسمت از آنها بخار شده و زمین را ترک کرده است. بنابراین، ما از اتمهایی به وجود آمده ایم که زمانی دنباله‌دارها (و سیارکها) به اینجا آورده‌اند.

هسته یک دنباله‌دار تقریباً نیمی از یخ (از انواع مختلف) و نیمی از مخلوط کانیهای سیلیکاتی و ماده آلی است. داده‌هایی که فضاپیماهای جیوتو و وگا از دنباله‌دار هالی، به هنگام دیدار آخرش با زمین در سال ۱۳۶۵، به دست آورده‌اند نشان می‌دهد که یک سوم جرم هالی به طور کامل از ماده آلی است. ل.میچل (از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی) و همکارانش دریافتند که واکنشهای درون هسته دنباله‌دار کندتر از آن است که بتواند طی ۴/۵ میلیارد سال عمر منظومه‌شمسی منجر به تشکیل این مواد شود. بنابراین، آنها در زمانی بسیار دور پیش از تشکیل دنباله‌دار در فضای میان ستاره‌ای ساخته شده و بعدها به هسته دنباله‌دار راه یافته‌اند.

اواخر دهه ۶۰ خورشیدی کریستوفر چیبا (از دانشگاه کورنل) و همکارانش که درباره توزیع مواد آلی بر روی زمین توسط دنباله‌دارها و غبار آنها بررسی می‌کردند، نشان دادند که اگر دنباله‌داری با طولی بیش از ۱۰۰ متر و با سرعت حد اقل ۱۰ کیلومتر در ثانیه با زمین فعلی برخورد کند، که بر اثر گرمای حاصل از برخورد، تمام مواد آلی‌اش را از دست می‌دهد، ولی امکان دارد جو اولیه زمین ۱۰ بار غلیظتر از جو فعلی بوده باشد. در نتیجه

برخی دنباله‌دارها هنگام عبور از آن به قدری کند شده‌اند که هنگام برخورد با زمین مقدار زیادی از مواد آلی موجود در آنها سالم مانده است. به این ترتیب زمین می‌توانسته در دوران آغاز عمرش سالانه تا ۱۰,۰۰۰ تن ماده آلی به دست آورد. اگرچه احتمالاً این آهنگ با کم شدن تعداد دنباله‌دارهای موجود، کاهش یافته است.

اکنون دیگر در مقیاس عمر آدمی برخورد دنباله‌دارها با زمین بسیار به ندرت رخ می‌دهد، با این حال زمین همواره در معرض بارش ملایمی از ذرات غبار بین سیاره‌ای که از این دنباله‌دارها خارج می‌شود قرار دارد. ذرات غبار بین سیاره‌ای ملغمه میکروسکوپی بسیار متخلخلی از کانیهای مختلف و کربن در اشکال گوناگون به انضمام مواد آلی سرشار از دوتریوم هستند. برخی از این ذرات که در استراتسفر روی هواپیماها می‌نشینند ذراتی هستند که از برخورد سیارکها با هم به وجود آمده‌اند. ولی متخلخلترین این ذرات، که گاهی شبیه خوشه‌های انگور هستند از دنباله‌دارهای فعال جدا می‌شوند. ج.مایورگرینبرگ (از رصدخانه ایدن) و همکارانش استلال می‌کنند که لایه‌ای از مواد آلی که در محیط میان ستاره‌ای ساخته و پرداخته شده‌اند سطح خارجی ذراتی را که از دنباله‌دارها جدا می‌شوند پوشانده است. بدون شک این ذرات طی هزاران سالی که پس از جدا شدن از دنباله‌دار به دور خورشید در گردش بوده اند، بسیار تغییر کرده‌اند.

اجسام سرشار از مواد آلی در منظومه‌شمسی

حدود ۲۵ سال پیش سیارک بامبرگا ۳۲۴ توجه پژوهشگرانی را که در مورد منشاء شهاب‌سنگ‌های کربن دار مطالعه می‌کردند، به خود جلب کرد. علت توجه آنها ضریب بازتابش (بازتابندگی) کم این سیارک، که فقط ۶ درصد است بود. ما اکنون می‌دانیم که بیشتر دنباله‌دارها و برخی قمرهای سیارات سطح بسیار تاریکی دارند و سیارکهای زیادی با بازتابندگی کم در بخش بیرونی کمربند سیارکها (و در جمعیتهای تروآیی در مدار مشتری) قرار دارند.

طیف نگاری که اصلی‌ترین ابزار ما در بررسی این اجسام بسیار تیره منظومه‌شمسی است،

تعداد کمی از نشانه‌هایی را که خاص ماده آلی است، در آنها نشان می‌دهد. به همین دلیل، ما هنوز شواهدی که به طور خاص و مستقیم ارتباط این اجسام را با شهاب‌سنگ‌های سرشار از ماده آلی نشان بدهد، به دست نیاورده ایم. ما ناچاریم بیشتر به « رنگ » (مقدار نور خورشید بازتابیده از جسم در طول موجهای مختلف) و بازتابندگی به عنوان شواهد اصلی که بین شهاب‌سنگ‌های کربن دار و اجسام منظومه‌شمسی ارتباط برقرار می‌کند، تکیه کنیم. همان طور که می‌دانید همه اجسامی که بازتابندگی کمی دارند در تمامی طیفهایی که قابل اندازه‌گیری است، سیاه دیده نمی‌شوند به عبارت دیگر، میزان بازتابش این اجسام در برخی طول موجها بیشتر است. رده مهمی از این اجسام « قرمز » هستند، یعنی طول موجهای بلند را بیشتر از طول موجهای نور بنفش و مرئی طیف باز می‌تابانند این سیارکهای کم بازتاب، چه سیاه و چه قرمز ارتباط با ماده جامد آلی دارند.

در سال ۱۹۸۷ روبرت.اچ براون (از مؤسسه تکنولوژی کالیفرنیا) و دیل پ.کریکشانک (ناسا-ایمن) برای نخستین بار در طیف یک سیارک هیدروکربن کشف کردند. این سیارک که الکترا ۱۳۰ نام دارد، سیارک تیره و بزرگی است که در سنگهای سطحی‌اش کانیهای هیدراته (آب دار) دارد. در سیارکهای دیگر ممکن است شواهد مشابهی دیده شود. البته این موضوع باید اثبات شود تا بتوانیم به درک چگونگی توزیع نشانه‌های آلی در بین انواع سیارکها بپردازیم. نیتریلهای معمولی که در ابرهای مولکولی چگالی یافت می‌شوند، در سطوح جامد اجسام منظومه خورشیدی نیز دیده می‌شوند. در ۱۹۹۱ کریشانک و چندین تن از همکارانش کشف چنین ترکیبی را در دو دنباله‌دار جدید، سه سیارک « قرمز »، احتمالاً در حلقه‌های اورانوس اعلام کردند. سطوح جامد دنباله‌دارها عموم بازتابش کمی دارد، اگر چه برخی از آنها سیاه هستند و برخی قرمز. ذراتی که به صورت غبار از این دنباله‌دارها پرتاب می‌شوند گیسو و دم آن را تشکیل می‌دهند نیز رنگی مشابه دارند علاوه بر این، ذرات حلقه اورانوس و سمت تیره یا پتوس،قمر زحل را پوشانده‌اند و مانند بسیاری از سیارکها بازتابندگی کم رنگ قرمزی دارند. اجسامی که از نیتریلهای جامد سرشارند احتمالاً هیچ گاه با آب واکنش نداده‌اند در واقع، با اینکه احتمالاً

آب به صورت یخ در آنها موجود بوده، آن قدر گرم نشده است که ذوب شود و تغییرات شیمیایی برای ساخت ماده آلی پیچیده تر، را ممکن سازد.

بازیگران تازه صحنه

در حالی که سرمان به اجسام « معمول » منظومه خورشیدی گرم بود، طی چند سال گذشته یک جسم کاملاً غیر عادی در لبه بیرونی منظومه سیاره‌ای نظرها را به خود جلب کرد. دیوید رابینوویچ با استفاده از تلسکوپ اسپیس واچ در کیت پیک، فولوس ۵۱۵۴ (که اول آ.د ۱۹۹۲ نامیده شد) کشف کرد. مدار این شیء که دورترین شبه سیارک شناخته شده است به صورت بیضی کشیده و فاصله‌اش از خورشید بین ۸/۷ تا ۳۲/۳ واحد نجومی است. از روی نورسنجی خیلی زود متوجه شدند که فولوس همچنین قرمزترین جسم جامد سیاره‌ای است که تاکنون کشف شده است.

رنگ فولوس با شهاب‌سنگ‌های کربن دار نمی‌خواند. این امر احتمالاً به دلیل وجود کربن به صورت عنصر و ماده دیگری به نام کروژن است. کروژن یک جامد آلی پیچیده کم هیدروژن و سیاه رنگ است. کربن و کروژن هر دو از لحاظ نوری خنثی هستند. اما هنگامی که در آزمایشگاه گازها یا یخهایی را که ترکیبات گوناگونی از متان، نیتروژن، آب، و دیگر ترکیبهای ساده بودند، به طور محدود در معرض تابش فرابنفش قرار دادند. ماده‌ای آلی به دست آمد که رنگ آن با رنگ فولوس مطابقت داشت. در واقع، این تنها ماده‌ای است که رنگش با فولوس می‌خواند. تابش بیش از حد هیدروژنها را جدا کرده و اجسام جامد سیاه رنگ و از لحاظ نوری خنثی به جای می‌گذارد، که تابش رنگی مطابق با رنگ استثنایی فولوس تولید می‌کند. از این شبیه سازیها می‌توان نتیجه گرفت که جامدهای آلی که سطح فولوس را پوشانده اند، در مقایسه با دیگر اجسام خارجی منظومه‌شمسی کمتر تغییر یافته‌اند. احتمالاً به این دلیل فولوس هیچ گاه آن قدر به خورشید نزدیک نشده است که مواد آلی آن « کربنیده » (کربن دار) شوند.

درست چند ماه پس از کشف فولوس در یک جستجوی هماهنگ برای یافتن اجسام

دوردست، زیر نظر دیوید جویت (از دانشگاه هاوایی) و جین لیو (از دانشگاه کالیفرنیا، برکلی)، دو جسم غیر عادی دیگر در لبه بیرونی منظومه‌شمسی به دام افتادند. نشانه‌های اولیه حاکی است که QB_1 - ۱۹۹۲ و FW-۱۹۹۳ نیز قرمز رنگند و آنها هم ممکن است سرشار از مواد جامد آلی باشند. هنوز اندازه گیریهای مستقیمی از اندازه‌های QB_1 - ۱۹۹۲ و FW-۱۹۹۳ صورت نگرفته است. ولی با توجه به روشنایی و بازتابش کم آنها قطرشان را حدود ۲۰۰ کیلومتر تخمین زده‌اند. چند هزار خرده سیاره با این اندازه (یا کوچکتر) که تعدادشان به مراتب بیشتر است، ناحیه‌ای را تشکیل داده‌اند که به کمربند کوئی پر معروف است اما فولوس، QB_1 - ۱۹۹۲ و FW-۱۹۹۳ به کدام رده از اجسام منظومه خورشیدی تعلق دارند؟ آیا آنها واقعاً سیارکهای دوردست هستند؟ یا خرده سیاره‌های یخی که همانند دنباله‌دارهای غیر فعال غول پیکر در لبه منظومه خورشیدی به کمین نشسته‌اند؟ در واقع آنها خرده سیاره‌هایی هستند که اگر به خورشید نزدیکتر شوند ویژگیهای یک دنباله‌دار را از خود بروز می‌دهند. کایرون ۲۰۶۰، که چالز کووال آن را در سال ۱۹۷۳ کشف کرد و در ابتدا دورترین سیارک محسوب شد، در حال حاضر همانند یک دنباله‌دار رفتار می‌کند، و دمی پیدا کرده است که در آبان ۱۹۹۲/۱۳۷۱ کشف شد. که قطری برابر ۱۸۰ کیلومتر یعنی حجمی ۵۰۰۰ برابر حجم دنباله‌دار هالی دارد.

از نظر رنگ کایرون همانند بیشتر دنباله‌دارها سیاه است نه قرمز. بنابراین، در مقایسه با لایه‌های سطحی فولوس و خرده سیاره‌های QB_1- ۱۹۹۲ و FW-۱۹۹۳ مواد آلی سطح کایرون تغییر بیشتری کرده‌اند.

با سقوط و متلاشی شدن شهاب‌سنگ آلنده بیش از دو تن کندریتهای کربنی بر مکزیکو فرو ریخت. این تکه ۵ میلی متری از شهاب‌سنگ آلنده را محققان رصد خانه اختر فیزیکی اسمیتسونین یافته‌اند

نتیجه‌گیری در مورد حیات

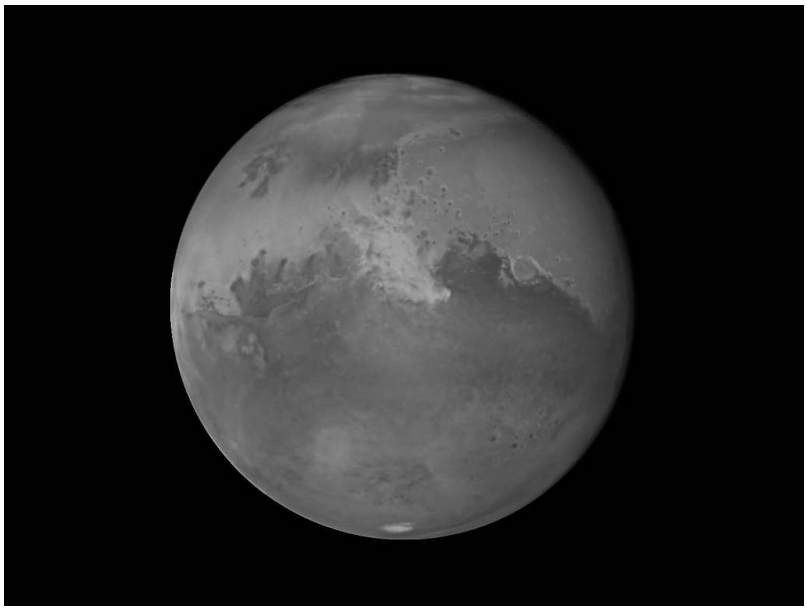
دیدگاه فعلی در مورد منشاء حیات از طریق تحول شیمیایی مبتنی بر تشکیل پروتئینهای اولیه بر روی زمین است که طی دو مرحله انجام گرفته است.

ابتدا، اسیدهای آمینه از سنتز متان، آب، و آمونیاک در جوی که اکسیژن کمی دارد، بر اثر تخلیه الکتریکی (رعد و برق) و تابش فرابنفش خورشید، به وجود آمده‌اند. چنین فرایندی را می‌توان در آزمایشگاه اجرا کرد. سپس اسیدهای آمینه طی فرایندی، مثل چگال شدن، به صورت پلیمرهایی در می‌آیند که ساختارهای پیچیده‌ای را تشکیل می‌دهند و سرانجام پروتئینها را درست می‌کنند. در این میان اسیدهای آمینه که در سیارکهای حاوی آب ساخته شده‌اند و توسط شهاب‌سنگ‌ها به زمین آمده‌اند. کریستوفر چیبا و استنلی میلر که با این دیدگاه مخالفند، می‌گویند ترکیب جو اولیه زمین نمی‌توانسته برای سنتز مستقیم اسیدهای آمینه مناسب بوده باشد و از طرفی هم توافقی در مورد تأثیر بارش مواد آلی از فضا وجود ندارد.

کلیفورد ن.ماتیوس (از دانشگاه ایلی نویز) نظر دیگری در مورد تشکیل مواد پیش پروتئینی دارد. به نظر او پلیمرهای سیانید هیدروژن (*HCN*) بدون ایجاد مشکل روی اجسام سیاره‌ای مواد جامدی تشکیل می‌دهند که مستقیماً و به راحتی پروتئینها را می‌سازند. در این فرایند نیازی به تشکیل اسیدهای آمینه که خود باید به صورت پلیمر دربیایند، نیست. پلیمرهای *HCN* بازتابندگی کمی دارند و دارای رنگهای گوناگونی هستند که شبیه به رنگ برخی اجسام جامد سیاره‌ای است. اگر کشف نیتریلهای جامد روی دنباله‌دارها، سیارکها، و دیگر اجرام سیاره‌ای تأیید شود، این ادعای ماتیوس که *HCN* همه جا پراکنده است، اعتبار می‌یابد. در این صورت، پژوهشگران می‌باید روش میان بر پیشنهادی او را که در آن *HCN*

مستقیماً به تولید پروتئین منجر می‌شود، دقیقتر بررسی کنند.
دنباله‌دارها و سیارکها سرشار از عناصری‌اند که برای حیات ضروری است و مولکول‌های آلی پیچیده‌ای را حمل می‌کنند که منشاء آنها ابرهای مولکولی یا محیط میان ستاره‌ای بوده است. اگر چه این مواد به درجات متفاوت تحت فرایندهای شیمیایی قرار گرفته اند، مقادیر عظیمی از آنها از زمان تشکیل منظومه خورشیدی تاکنون بر روی زمین (و سایر سیارات) نشسته است.

حیات در مریخ



شاید مقصد نهایی انسان‌ها بعد از زمین مریخ باشد.

در شهاب‌سنگی که بی تردید از مریخ جدا شده، آثاری کشف شده است که نشان می‌دهد زمانی در مریخ حیات ابتدایی وجود داشته است.
کشف نشانه‌ای از وجود حیات در گوشه دیگری از عالم همان پرسش اساسی بشر را بر می‌انگیزد: اساساً چرا حیات وجود دارد؟ آیا به این دلیل است که اگر عناصر کیهانی به

میزان کافی برای مدت زمان طولانی در کنار هم قرار بگیرند سرانجام مولکولی تشکیل می‌دهند که با تکثیر مداوم به ظهور موجودی می‌انجامد که می‌تواند سرش را بخاراند؟ یا آفریدگار توانا، روندی پیچیده را به منظور گرمی بخشیدن و معنا دادن به جهانی سامان داده است که در غیر این صورت سرد و بی معنا بود؟ سنگ مریخی پاسخی برای چنین پرسشهایی فراهم نمی آورد بلکه به آنها بیشتر دامن می‌زند !

۱۶ میلیون سال پیش، سیارکی غولپیکر از دل آسمانها با سرعت زیاد به سطح پر گرد و غبار مریخ برخورد کرد و موجب بروز انفجاری با قدرت بیش از یک میلیون بمب هیدروژنی گردید که حفره‌ای عمیق در پوسته مریخ ایجاد کرد و انبوه سنگ و خاک را به سوی جو رقیق این سیاره روانه کرد. در حالی که بیشتر این سنگ و خاک بر سطح سیاره فرو می‌بارید بخشی از آن بر اثر انرژی حاصل از انفجار با سرعت زیاد از مریخ دور شد، از گرانش ضعیف آن گریخت و درمداری مستقل به دور خورشید به گردش درآمد.

۱۳۰۰۰ سال پیش، وقتی انسان عصر حجر در آغاز انقلاب کشاورزی بود، یکی از سنگهای مریخی، پس از میلیونها سال سرگردانی در فضای بین سیاره‌ای به زمین نزدیک شد، وارد جو آن گردید، و همچون شهابی درخشان آسمان کره زمین را درنوردیده و در جایی در قطب جنوب به درون یخها فرو رفت و تا زمان کشف آن به سال ۱۳۶۳ شمسی در منطقه‌ای به نام الان هیلز مدفون شد.

این سنگ که *ALH* ۸۴۰۰۱ نام گرفته، در صفحه اول روزنامه‌های سراسر جهان فرود آمد و توجه همه را به خود جلب کرد. گروهی از ناسا و محققان دانشگاهی در یک کنفرانس مطبوعاتی در واشنگتن اعلام کردند این سنگ ۱/۹ کیلوگرمی که حجم آن به اندازه یک سیب زمینی بزرگ است، نخستین گواه بر این مدعاست که ما در جهان تنها نیستیم. در دل این سنگ چیزی کشف شد که به نظر می‌رسد بازمانده شیمیایی و فسیل موجودات بسیار ریزی باشد که ۳/۶ میلیارد سال پیش در مریخ زندگی می‌کرده اند.

سنگ ماجراساز ! با عکسبرداری از این سنگ معلوم شد که نشانه‌هایی که میکروارگانیسمها در آن وجود دارد. تا اثبات نهایی این موضوع، پژوهشهای زیادی باید

صورت گیرد.

چند میلیارد سال پیش برخورد سهمگین یک سنگ آسمانی با مریخ باعث شد که تکه‌هایی از سطح مریخ کنده شوند و چنان سرعتی بگیرند که از گرانش مریخ فرار کنند. میلیونها سال طول کشید تا قطعه‌ای از این سنگها به زمین برسد و آغازگر ماجرایی هیجان انگیز شود.

اگر این فرضیه از همه آزمایشهای دقیقی که دانشمندان در حال انجام آنها هستند موفق بیرون آید، ثابت می‌شود که حیات منحصر به کره زمین نیست و دیدگاهی را که معتقد است حیات و حتی حیات هوشمند در تمام جهان گسترده است تقویت خواهد کرد.

کارل ساگان، اخترشناس دانشگاه کورنل که یکی از پیشگامان تحقیق درباره حیات فرازمینی است با شور و اشتیاق می‌گوید: «اگر نتایج به دست آمده تأیید شود، نقطه عطفی در تاریخ بشر پدید آمده که از وجود حیات نه تنها در دو سیاره از یک منظومه خورشیدی کوچک بلکه در سراسر این عالم پهناور خبر می‌دهد.»

در کنفرانس مطبوعاتی واشنگتن که بلافاصله پس از انتشار خبر این اکتشاف در نشریه اسپیس نیوز تشکیل شد، دانیل گولدین، « امروز روز شگرفی است و این خبر نفس در سینه حبس می‌کند.» وی در عین حال احتیاط را رعایت کرده اظهار می‌دارد: «نباید فکر کنیم به نهایت این اکتشاف دست یافته ایم بلکه باید آن را دقیقاً بررسی کنیم. بروز مناقشات علمی در این رابطه طبیعی است.»

اعضای گروه ناسا با آمادگی کامل برای مباحثات علمی وارد واشنگتن شدند و نسخه‌های گزارش دقیقی را که به همراه عکسهای جالب توجهی از ساختار میکروسکوپی درون شهاب سنگ مزبور که به کمک میکروسکوپ الکترونی گرفته شده بود و در نشریه معتبر ساینس منتشر شده بود توزیع کردند.

جالب توجه‌ترین این عکسها، عکسی بود که جسمی چند تکه و کرم مانند را نشان می‌داد که پهنای آن یک صدم موی انسان بود ودر نظر اول به موجودی زنده شباهت داشت. اورت گیبسون. زمین شیمیدان مرکز فضایی جانسون می‌گوید: «وقتی آن را به خانه بردم و

روی میز آشپرخانه گذاشتم، همسرم که زیست شناس است پرسید این باکتریها چه هستند؟»

یکی از این عکسها گویچه‌های کربناتی را نشان می‌دهد. اجسام گردی که شباهت زیادی به فسیل باکتریهای قدیمی کره زمین دارند. عکس دیگری مجموعه‌ای از گروههای موجودات حلزونی شکل را نشان می‌دهد.

این تصاویر شگفت انگیز تنها بخشی از شواهدی را تشکیل می‌دهد که سرپرست گروه، دیوید مک مکی حاکی از فعالیت زیستی قدیم در مریخ می‌داند. علاوه بر عکسها که مک مکی از آنها به عنوان ضعیفترین و قابل بحث‌ترین بخش شواهد یاد می‌کند، گروه دانشمندان شرکت کننده در کنفرانس مطبوعاتی بر ترکیبات شیمیایی به دست آمده در نزدیکی و درون گویچه‌های کربناتی تأکید دارند که شامل مولکول‌های آلی هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه‌ای (*PHAS*) است که بر اثر مرگ میکروارگانیسم‌ها و تجزیه آنها (و نیز بر اثر سوخت برخی سوختهای فسیلی) در روی زمین و سولفیدهای آهن و مگنتیت، کانی‌هایی که اغلب (و نه لزوماً) توسط موجودات زنده تولید می‌شوند، می‌گردند.

مریخ نشین وایکینگ، با بیلچه خودکار، از سطح مریخ نمونه برداری کرد. آزمایشگاه خودکار وایکینگ حیاتی در آن نیافت. ولی شاید در این قسمت از مریخ که وایکینگ فرود آمده بود، حیات نبود، و در جایی دیگر وجود داشته است.این نکته پرسشی بدیهی را مطرح می‌سازد: آیا این ترکیبات ناشی از تماس شهاب سنگ مزبور با محیط زمینی در این مدت طولانی نیست؟ پاسخ ریچارد زر، شیمیدان دانشگاه استنفورد منفی است. او کسی است که برای نخستین بار به منظور مشاهده هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه‌ای از آنالیزور استفاده کرد. محققان « برشی عمقی » در شهاب سنگ مزبور ایجاد کرده، در دل آن به این مولکول‌ها دست یافتند، در حالی که هیچ هیدروکربن آروماتیک چند حلقه ایی بر روی آن نیافتند. ریچارد زر می‌گوید: «اگر وجود این نوع مولکول‌ها ناشی از تماس با محیط زمینی باشد باید در سطح سنگ مزبور بیشتر باشد تا در درون آن.»

به علاوه عمر فسیل مورد نظر بسیار بیشتر از زمان ورود شهاب سنگ به کره زمین است. دانشمندان عمر گویچه کربناتی را ۳/۶ میلیارد سال تخمین زده اند و معتقدند که شیارهای درون سنگ، زمانی که هنوز بخشی از پوسته مریخ را تشکیل می‌داده ایجاد شده است این نکته برای کارل ساگان مفهوم خاصی دارد: «این زمانی است که مریخ گرمتر و مرطوبتر بوده، رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و احتمالاً اقیانوسهایی داشته است. این درست دوره‌ای از تاریخ مریخ است که انتظار داریم در آن حیات آغاز شده باشد».

محققان شکی ندارند که شهاب سنگ مزبور از مریخ آمده است. آنها بر اساس گاز به دام افتاده در منافذ ریز درون آن به این نتیجه رسیده اند.گروه ناسا بین ترکیبات گاز درون شهاب سنگ و جو کنونی مریخ که به وسیله سفینه بدون سرنشین وایکینگ در سال ۱۳۵۵ نمونه‌گیری شده مطابقت کاملی یافته است. با جمع بندی یافته‌ها، مک مکی از ناسا چنین نتیجه‌گیری می‌کند که « برای هر یک از این شواهد توضیح دیگری نیز وجود دارد.» اما پس از دو سال و نیم مطالعه، گروه یقین حاصل کرد که شواهد مزبور در مجموع حاکی از وجود حیات اولیه در مریخ است.»

ویلیام شاپف، فسیل-زیست شناس دانشگاه کالیفرنیا در لس آنجلس که معروفیتش بیشتر به دلیل کشف قدیمیترین فسیل جهان است، سخنگوی گروهی است که جانب احتیاط را می‌گیرند. او که به عنوان نماینده جریان مخالف در جامعه علمی توسط ناسا دعوت شده بود نقل قول معروفی از ساگان آورد که: «هر ادعای خارق العاده باید مدرکی خارق العاده هم داشته باشد.» و اظهار داشت: «برای من ادعای وجود حیات در مریخ، چه در حال و چه در گذشته، ادعای خارق العاده‌ای است و فکر می‌کنم برای اثبات آن بجاست مدرک خارق العاده‌ای نیز ارائه شود.» بدیهی است که برای او چنین مدرکی هنوز در دست نبود. او می‌گوید: «هیدروکربنهای آروماتیک چند حلقه‌ای به طور معمول در ذرات بین سیاره‌ای و شهاب سنگهای دیگری نیز یافت می‌شوند. هیچ یک از این موارد قبلاً به نشانه‌ای زیستی تعبیر نشده است.

درباره تصاویر گرفته شده به کمک میکروسکوپ الکترونی از فسیل‌های یاد شده نیز

شاپف معتقد است که آنها یکصد بار کوچکتر از هر چیزی است که در زمین یافت شده و ریزتر از آن است که بتوان از نظر شیمیایی آن را تجزیه کرد و درون آن را دید. به علاوه نشانه‌ای از سلول، چرخه حیاتی یا تقسیم سلولی در آن دیده نمی شود. به اعتقاد وی ساختارهایی که ناسا بازمانده فسیل شده موجودی زنده می‌داند احتمالاً از یک ماده کانی شبیه گل خشک شده تشکیل یافته است و چنین نتیجه‌گیری می کند که: «توضیح زیستی در این مورد نا محتمل است.»

تصویر میکروسکوپی از سنگ مریخی. در آن ساختارهایی کرم مانند دیده می‌شود به باریکی یک صدم موی انسان. آیا اینها آثار میکروارگانیسمهای مریخی است؟

شاپف اذعان می‌دارد که گروه ناسا تحقیقات دقیقی انجام داده است، ولی آن را در حد یک گزارش « مقدماتی » ارزیابی می کند و می گوید: «همه حرف من این است که باید تحقیقات بیشتری انجام شود.» و گولدین در این باره با او موافق است. او می گوید: «ما می‌خواهیم درباره این نتایج تحقیق کنیم و آماده ایم نمونه‌هایی از این سنگ را برای ارائه فرضیه‌ها و پیشنهادهای علمی در اختیار محققان قرار دهیم.»

صرفنظر از نتایج این تحقیقات، راز مریخ به قوت خود باقی است. در طول تاریخ، انسان همیشه از منظره سیاره سرخ در آسمان شب مرعوب شده است. برای تمدن باستان، مریخ رب النوع جنگ بود. یونانیان آن را آرس (*Ares*) و رومیان مارس (*Mars*) می‌نامیدند. وقتی اولین تلسکوپ‌ها آشکار کرد که سیارات نه نقاطی از نور و نه خدایانی افسانه ای، بلکه جهانهایی شبیه زمین خود ما هستند، اندیشه وجود حیات در مریخ به وجود آمد.

شاید هیچ دانشمندی به اندازه اختر شناس ثروتمند امریکایی، پرسیوال لاول از احتمال وجود حیات در مریخ به هیجان نیامده باشد. او تحت تأثیر گزارشهای مربوط به کانالهای سطح مریخ که تصور می‌شد توسط ساکنان مریخ ساخته شده، رصدخانه‌ای در آریزونا ساخت و آن را وقف بررسی مریخ کرد و تا سال ۱۲۸۷ هجری شمسی صدها کانال را ترسیم و نامگذاری کرد. او می‌پنداشت این کانالها بخشی از شبکه وسیع آبرسانی از قطبها به شهرهای سوخته سیاره‌ای در حال احتضار بود.

دیدگاه لاول به نوبه خود الهام بخش رمان نویس انگلیسی، اچ. جی. ولز در نوشتن « جنگ دنیاها » گردید که در آن زمین به اشغال مریخیهای اختاپوس شکل درآمده بود. در سال ۱۳۱۷ یک نمایشنامه نویس به نام اورسون ولز نمایشی رادیویی بر اساس این رمان ساخت که موجب هراس بسیاری از امریکاییهایی شد که اشغال زمین توسط مریخیهای واقعی را محتمل می‌دانستند.

حتی پس از ساخت تلسکوپ قوی مونت پالومار و روشن شدن این حقیقت که هیچ مدرکی دال بر وجود کانالهای مصنوعی یا نشانه‌ای از حیات هوشمند در مریخ وجود ندارد باز این گونه تخیلات ادامه یافت و از طریق کتاب، سینما و تلویزیون تغذیه شد که هر یک در ابعاد، اشکال و طرق خاصی به این تخیلات درباره سیاره سرخ دامن می‌زند.

مارینر ۹ در سال ۱۳۵۰ در مداری نزدیک به دور مریخ به گردش پرداخت و وقتی عکسهایی از سطح برهوت، پر حفره و خالی از هرگونه شهر، پل و نشانه‌ای از حیات هوشمند به زمین ارسال کرد این گونه تخیلات موقتاً فروکش کرد. ولی مارینر در میان دره‌ها و آتشفشانها، بستر خشک رودها و دلتاهایی را یافت که نشان می‌داد زمانی که سطح سیاره گرم و آب و هوای آن مناسب بوده آب در سطح سیاره جریان داشته است.

آیا ممکن است حیات در چنین دوره‌ای شکل گرفته باشد؟ در تلاش برای پاسخ به چنین پرسشی بود که در سال ۱۳۵۵ سفینه‌های وایکینگ ۱ و ۲ که هر یک شامل یک مدار گرد و یک مریخ نشین بود به مریخ اعزام شدند. پس از تجزیه خاک مریخ در آزمایشگاه شیمی سفینه‌ها نشانه‌ای از حیات در سیاره، چه در حال و چه در گذشته، به دست نیامد. به اعتقاد زر از دانشگاه استنفورد هنوز وجود حیات در مریخ منتفی نیست. « چون مریخ فاقد لایه اوزون است پرتوهای فرابنفش خورشید هرگونه اثری از حیات را در سطح مریخ از میان برده است. به همین دلیل اگر ناسا دوباره سفینه به مریخ بفرستد نباید فقط در اطراف سطح مریخ جستجو کند بلکه به عمق آن راه یابد.»

به رغم شکست وایکینگ در یافتن حیات، مدار گرد آن رازهای مریخ را دوباره احیا کرد. بین تصاویر ارسالی عارضه‌ای در سطوح وسیع دیده می‌شد که شبیه چهره یک انسان بود.

این تصویر، به علاوه تصویری که چیزی شبیه ویرانه یک شهر را نشان می‌دهد بین علاقه مندان به حیات فرازمینی و مشتاقان تخیلات هیجان انگیز این اعتقاد را دامن زد که این عوارض حاکی از وجود تمدنی پیشرفته است که اکنون نابود شده است.

به رغم اظهارات اخیر گولدین مدیر ناسا تخیلات مربوط به مریخ هنوز باقی است. وی اظهار داشت: «می‌خواهم همه بدانند که ما درباره مردان کوتوله سبز رنگ صحبت نمی کنیم. این شواهد، در صورت اثبات، فقط وجود شکل ساده حیات را در گذشته مریخ نشان می‌دهند، نه بیشتر.» ناشران بی پروای مطالب عامه پسند، به طور وسیع به تخیلاتی جدید دامن زده اند که گاه با تصویر موسوم به چهره مریخی همراه است.

اظهار نظر ناسا در این باره بسیار ارزشمند بود ولی مورد توجه قرار نگرفت جستجو برای حیات هوشمند فرازمینی (*SETI*) نام دارد. این جستجو به کمک رادیو تلسکوپهای کامپیوتری که آسمان را زیر نظر دارند و به امید دریافت پیام یا علامتی از تمدنی دور دست صورت می گیرد.

نخستین نشانه حیات فرازمینی هفته پیش در دفاتر *SETI* در مونتن ویو، کالیفرنیا دریافت شد. البته نه از طریق رادیوتلسکوپ بلکه از طریق فاکس ! اخترشناس فرانک دریک، رئیس این سازمان می گوید: «وقتی اعضای *SETI* خبر را از ناسا دریافت کردند، ایستگاههای خود را ترک کردند، دور تلویزیون جمع شدند و با سر و صدا و خوشحالی زیاد به تماشای کنفرانس مطبوعاتی پرداختند.» دلیل این اشتیاق و نشاط روشن بود. دریک که نخستین بار در سال ۱۳۳۹ شمسی برنامه‌ای شبیه *SETI* را ترتیب داد می گوید: «اگر این کشف به اثبات رشد اعتقاد همیشگی ما را مبنی بر اینکه حیات در هر کجا که شرایط مناسب باشد پدید خواهد آمد، تأیید خواهد کرد.» و چون خورشید فقط یک ستاره از ۱۵۰ میلیارد ستاره یک کهکشان است، پس احتمال زیادی دارد که حیات در سراسر جهان گسترده است و برخی از صورتهای آن نیز احتمالاً هوشمندند. در یک تأکید می کند: «ما فقط ذره‌ای میان ذرات بیشمار عالم هستیم.» او امیدوار است روزی رادیوتلسکوپهای *SETI* پیامی از دیگران دریافت کنند.

در عین حال در مرکز فضایی جانسون محققان به پشت دستگاههای خود باز می‌گردند تا شواهد لازم را برای مبارزه طولانی با منتقدین شان در جامعه علمی گرد آورند. گیبسون از ناسا با امیدواری می‌گوید: «احساس می‌کنیم که به زودی دیواره یک سلول را خواهیم دید.» مدیران ناسا نیز سرگرم آزمایش مجدد برنامه علمی خود هستند که شامل دو مأموریت به مریخ هستند. آنها به نحوی محتاطانه این پیشنهاد را ارائه می‌کنند که اثبات نهایی ممکن است مستلزم اعزام مریخ نورد – و حتی شاید انسانهایی به مریخ باشد تا نمونه‌های بیشتری را جمع آوری کنند و بررسیهای دقیقتری صورت گیرد.

آنچه باقی می‌ماند امید یافتن حیات، جایی در اعماق سطح سوخته مریخ است. شاید چنین مأموریتی سرانجام به کشف آثار حیات در مریخ منجر شود.

آیا بذر حیات در جهان افشانده شده است؟

آیا حیات خود به خود در کره زمین پدیدار شد، یا از خارج به زمین راه یافت؟ جامعه علمی در این باره به دو گروه تقسیم شده اند و کشف شاهدی بر حیات در مریخ نه تنها این شکاف را عمیقتر کرده بلکه احتمال سومی را هم پیش کشیده است: عناصر حیات ممکن است در مریخ پدید آمده و از طریق شهاب‌سنگها به زمین انتقال یافته باشند – یا بالعکس.

طبق این نظریه که به « حیات جهانی » معروف است، میلیاردها سال پیش، منظومه شمسی با عناصر زیستی بذرافشانی شد و بذر حیات در هر کجا که شرایط زیستی مناسب بود ریشه گرفت. این نظریه همزمانی پیدایش حیات را در زمین و مریخ توضیح می‌دهد، ولی پرسشهایی درباره منشاء حیات و علت و چگونگی پیدایش آن مطرح می‌کند.

بیشتر دانشمندان به این دیدگاه گرایش دارند که حیات در نتیجه واکنشهای شیمیایی به طور خود به خود پدید آمده است و کشفیات دهه اخیر هم ظاهراً این دیدگاه را تقویت می‌کند. اورت شاک، زمین شیمیدان دانشگاه واشنگتن در این مورد می‌گوید: «امروز حیات در همه جای کره زمین دیده می‌شود، از یخهای قطب جنوب گرفته تا اعماق اقیانوسها حیات وجود دارد. پس چرا این فرض را که حیات در همین جا پدید آمده مورد تردید قرار دهیم؟ »

ولی نکته‌ای در مورد نظریه « حیات جهانی » وجود دارد. حتی دانشمندانی که با این نظریه مخالفند می‌پذیرند که برخی عناصر حیات احتمالاً منشاء فرازمینی دارند. آنها اکنون باور دارند که همه چیز، از مواد شیمیایی آلی گرفته تا آمینواسیدها که سازنده پروتئین هستند توسط دنباله دارها، سیارکها و شهاب سنگها به زمین آورده شده است. جرالد جویس، زیست شیمیدان مؤسسه تحقیقاتی اسکریپس در کالیفرنیا می‌گوید: «اگر حیات، نخست در جای دیگری در منظومه شمسی آغاز شده باشد لااقل ممکن است دنباله دارها، سیارکها و شهاب‌سنگها حاوی چیز پیچیده‌تری بوده باشند، نه یک موجود زنده بلکه نوعی ساختار مولکولی که می‌توانسته محرک آغاز حیات در کره زمین باشد.»

درباره احتمال اینکه مریخ منشاء حیات زمینی بوده چه می‌توان گفت؟ یافته‌های اخیر نشان می‌دهد تبادل زیستی قابل توجهی میان سیارات وجود داشته است. محققان برآورد کرده اند سالانه دو تن ماده از مریخ بر روی کره زمین می‌بارد. همین طور سالانه دو تن از سنگهای زمینی وارد مریخ می‌شود. احتمال اینکه ارگانیسمی زنده در جریان این سفر طولانی زنده بماند به نحو شگفت انگیزی زیاد است. در حدود ۱۰ میلیون سال طول می‌کشد تا سنگی زمینی به مریخ برسد، و دانشمندان بر اساس تحقیقات انجام شده معتقدند باکتریها بیش از این هم می‌توانند زنده بمانند.

ولی آیا به راستی موجوداتی زنده چنین سفری را طی کرده اند؟ اگر دانشمندان موفق شوند میکروبهای زنده‌ای در مریخ بیابند می‌توانند به این پرسش پاسخ دهند. مثلاً اگر گونه‌های حیاتی مریخی رمز وراثتی خود را از طریق *DNA* انتقال دهند با مقایسه آنها با گونه‌های زمینی می‌توان فهمید آنها با هم ارتباطی دارند یا نه. جک زوستاک از بیمارستان عمومی ماساچوست می‌گوید: «اگر این گونه‌های حیاتی مبتنی بر *DNA* نباشد مسئله حتی جالب توجه‌تر از این هم خواهد شد.» چنین کشفی نه تنها ثابت می‌کند که حیات در مریخ و زمین به طور مستقل آغاز شده بلکه نشان می‌دهد که حیات لااقل تک سلولی چیزی نادر و ویژه در عالم نیست و به مثابه رویدادی عادی در هر کجا آب کافی و نور ستاره‌ای چون خورشید وجود داشته باشد پدیدار می‌شود.

مریخ نورد

۱۶ مرداد ماه ۱۳۹۱ گران قیمت‌ترین و روبات تحقیقاتی ناسا به نام کنجکاوی وارد مدار مریخ شد. این لحظه شاید زیباترین دقایق عمر بشر باشد زیرا این مریخ نورد به قصد حیات فرا زمینی و کاوش مریخ طراحی شده است. شاید اولین فردی که اشکهایش از خوشحالی جاری شد بابک فردوسی مدیر پرواز مریخ نورد کنجکاوی بود.

این روبات ۳ میلیارد دلاری در حدود ۱۰ سال برای ساختن او وقت گذاشته شده و حال پس از ۸ ماه از سفر در فاصله ۲۵۰ میلیون کیلومتری زمین در دهانه گیل فرود آمد. قبل از فرود نفس‌ها در سینه حبس بود چون با کوچکترین اشتباه تمامی زحمات چندین ساله به راحتی از بین می‌رفت ولی این مریخ نورد پاسخ تمام مهندسین و طراحان خودش را داد و با فرود بسیار خوب خود چشمان میلیاردها انسان را از اشک پر کرد.

این مریخ نورد برای کاوش در سطح مریخ یک آزمایشگاه فوق پیشرفته همراه خود دارد و باید پاسخ گوی سوالاتی باشد که در ذهن عموم نقش بسته شده است که آیا حیات در مریخ وجود دارد یا خیر. اگر حیات وجود دارد مانند زمین می‌توانیم به راحتی زندگی کنیم یا باید شرایط سختی را تحمل کنیم.

حال تمام امیدها به کنجکاوی و یافتن مولکول‌های آلی برای حیات اولیه می‌باشد که اگر چنین اتفاقی رخ دهد باید به کاوش وسیع‌تر منظومه شمسی بپردازیم که این امر در سالیان آینده امکان‌پذیر می‌باشد.

تیتان، قمر شگفت‌انگیز

تیتان دنیای سرد و یخ‌زده

تیتان، بزرگترین قمر زحل، بیشتر از هر جسم دیگر در منظومه شمسی به زمین شباهت دارد. از زمانی که کاوش در منظومه شمسی را آغاز کردیم، همواره در جستجوی « زمین » دیگری بوده ایم. اما سیارات یکی بعد از دیگری، ما را دلسرد و نا امید کردند: مریخ که زمانی تصور می‌شد « کانالهایش » نشانه‌ای از زندگی هوشمندانه است، معلوم شد که دنیایی سرد و مملو از دهانه‌های آتشفشانی است. زهره هم به جای آنکه در پشت ابرهایش اقیانوس و حیات وجود داشته باشد، سیاره‌ای بسیار داغ از آب در آمد که هیچ یک از اینها را نداشت. در حال حاضر، با اینکه اخترشناسان، دیگر انتظار ندارند زندگی هوشمندانه‌ای بر روی سایر سیارات منظومه شمسی بیابند، هنوز هم به دنبال مکانهایی شبیه زمین می‌گردند. در حقیقت آنها از این طریق می‌خواهند بفهمند که پیش از آنکه حیات، لایه‌های سطحی زمین را تغییر دهد، تاریخ ابتدایی این سیاره چگونه بوده است.

تیتان قمر زحل ؛ جسمی که در نظر اول شبیه هر چیزی هست بجز زمین ! دمای تیتان که در فاصله یک میلیارد کیلومتری خورشید قرار دارد، تقریباً ۱۷۹- درجه سانتیگراد است. چنین

دمای پایینی، تیتان را به شکلی که در گذشته‌های دور داشته، منجمد کرده است. این قمر، جو نیتروژنی چگالی دارد که در آن برخی از ترکیبات آلی نیز وجود دارد. اختر شناسان معتقدند که وضعیت کنونی تیتان آن چنان شبیه گذشته زمین است که بر مبنای آن می‌توان به بررسی شرایطی پرداخت که منجر به شکل‌گیری و گسترش حیات بر روی زمین شدند.

تیتان با قطر ۵۱۵۰ کیلومتر نه فقط بزرگترین قمر زحل است، بلکه در بین ۶۱ قمر شناخته شده منظومه شمسی، دومین قمر بزرگ محسوب می‌شود. ماه، عطارد و پلوتو به ترتیب با قطرهای ۳۴۷۶، ۴۸۷۸ و ۲۳۰۰ کیلومتر از تیتان کوچکترند و مریخ با قطر ۶۷۸۷ کیلومتر، کمی از آن بزرگتر است. این قمر در فاصله ۱,۲۲۱,۸۵۰ کیلومتری زحل – کمی بیش از سه برابر فاصله بین ماه و زمین – تقریباً در نصف مدت گردش ماه به دور زمین، زحل را دور می‌زند. دلیل سرعت زیاد تیتان این است که جرم زحل ۹۵ برابر زمین است ؛ در نتیجه نیرویی که زحل به تیتان وارد می‌کند بسیار بیشتر از نیرویی است که زمین به ماه وارد می‌کند. تیتان در بین ۱۸ قمر زحل به دلیل بزرگی اش نخستین قمری بود که کشف شد اما تا همین اواخر قرن بیستم، چیز زیادی درباره این قمر نمی دانستیم.

نه اندازه و نه فاصله تیتان، هیچ یک به اندازه جو این قمر جالب توجه نیستند. تیتان تنها قمری است که جوی چگال دارد و امروزه روشن شده که این جو، بسیار شبیه به جو زمین است. در سال ۱۹۰۸ میلادی اخترشناس اسپانیایی، خوزه کوماس سولا، طی گزارشی اعلام کرد که لبه‌های تیتان نسبت به مرکزش تاریکتر به نظر می‌رسند. این پدیده برای نخستین بار این اندیشه را به وجود آورد که احتمالاً تیتان دارای جوی است که چون نور را جذب می‌کند باعث می‌شود لبه‌های تیتان نسبت به مرکزش تاریکتر دیده شوند. اینکه آیا سولا واقعاً این پدیده را دیده یا نه، به درستی معلوم نیست ؛ چون وی قبلاً هم رویت ابرهایی در برخی از قمرهای مشتری را علام کرده بود که حالا معلوم شده آنها چیزی جز یخ و صخره نبودند.

نخستین دلیل قطعی مبنی بر اینکه تیتان جو دارد در سال ۱۹۴۴ میلادی هنگامی که اخترشناس امریکایی جرارد کوییپر، طیف نور بازتاب شده خورشید از سطح تیتان را

بررسی می‌کرد، به دست آمد. کوییپر متوجه شد که در طیف نوری که از خورشید به زمین می‌رسد طول موجهای مشخصی وجود دارد که در طیف بازتاب نور خورشید از سطح تیتان، دیده نمی شوند. در حقیقت آنچه که کوییپر کشف کرد خطوط طیفی گاز متان بود. بر این اساس کوییپر نتیجه گرفت که تیتان در احاطه گاز متان است. گاز متان در سیارات بیرونی منظومه شمسی، فراوان یافت می‌شود. اخترشناسان تا سال ۱۹۳۰ موفق شده بودند این گاز را در جو سیارات مشتری، زحل، اورانوس و نپتون کشف کنند. اما جو تیتان اصلاً شبیه لایه‌های ضخیم گاز اطراف سیارات غول آسا نبود.

آنچه در این کشف جدید تازگی داشت، این بود که چنین جوی در اطراف یک قمر کشف شد، نه یک سیاره. سیاراتی مثل زمین به آسانی می‌توانند گازها را در جو خودشان نگه دارند، چون به اندازه کافی بزرگ هستند تا نیروی گرانش لازم برای این کار را تأمین کنند. ولی تیتان چطور می‌تواند جو داشته باشد در حالی که سیاره‌ای مثل عطارد تقریباً جو ندارد؟ عطارد با اینکه کمی از تیتان کوچکتر است چون چگالتر از آن است، نیروی گرانشش هم بیشتر است. پس این سیاره می‌باید نسبت به تیتان، گازها را بهتر در اطرافش نگه دارد.

کوییپر خودش چنین پاسخ داد: توانایی یک جسم در نگه داشتن گازها، نه تنها به نیروی گرانش، بلکه به دما نیز بستگی دارد. جسم سردی مثل تیتان بسیار آسانتر از جسم داغی مثل عطارد می‌تواند جو را در اطرافش حفظ کند. هر چه دمای جسم کمتر باشد، مولکول‌های جو آن آرامتر حرکت می‌کنند و در نتیجه سیاره یا قمر آسانتر می‌تواند آنها را در اطرافش نگه دارد.

نور خورشید و ابرهای تیتان

متان نخستین مرحله در شکل‌گیری مولکول‌های آلی پیچیده است. نور خورشید متان را به هیدروکربنهای بزرگتر مثل اتان و استیلن تبدیل می‌کند. اختر شناسان در سال ۱۹۷۰ میلادی موفق به آشکار سازی برخی از این هیدروکربنها در تیتان شدند. ولی آیا تیتان ترکیبات آلی پیچیده‌تری هم دارد؟ این سؤالی است که اخترشناسان به دنبال پاسخ آن می‌گردند.

تیتان نارنجی رنگ است ؛ و چون ترکیبات آلی پیچیده‌ای هم که نور خورشید می‌تواند به وجود آورد نارنجی اند، به نظر می‌رسد که رنگ نارنجی تیتان به علت وجود همین ترکیبات آلی باشد.

اخترشناسان همچنین متوجه شدند که تیتان ابرهایی هم دارد. جوزف وورکا از دانشگاه کورنل و بنجامین زلنر از دانشگاه آریزونا، مستقل از یکدیگر مشاهده کردند که بازتاب نور خورشید از سطح تیتان قطبیده (پلاریزه) است. البته نور خورشید در حالت عادی قطبیده نیست ولی بر اثر انعکاس و شکست در یک جو ابری، به شکل مشخصی قطبیده می‌شود. در حقیقت، وورکار و زلنز هم همین نور قطبیده را مشاهده کردند که دلیلی است بر وجود ابرهایی در جو تیتان.

اخترشناسان در دهه ۱۹۷۰ میلادی از کنار هم قرار دادن این مشاهدات و دیگر نتایج به دست آمده، به دو مدل کاملاً متفاوت برای جو تیتان دست یافتند. در مدل اول رابرت دانیلسون و جان کالدول از دانشگاه پرینستون ارائه کردند، تیتان جوی از گاز متان، با فشار تقریبی دو درصد فشار جو زمین دارد. اگر چه چنین جوی در مقایسه با جو زمین بسیار رقیق است، ولی باز هم از جو مریخ غلیظ‌تر است.

مدل دوم را دونالد هانتن از دانشگاه آریزونا ارائه کرد. هانتن معتقد بود که تیتان جو چگالی از نیتروژن – که ۷۸ درصد جو زمین را تشکیل می‌دهد – دارد. در این مدل، متان فقط بخش کوچکی از جو تیتان را تشکیل می‌دهد. البته در آن زمان هیچ کس نیتروژنی در جو تیتان کشف نکرده بود و هانتن علت این امر را دشواری آشکار سازی نیتروژن از روی زمین می‌دانست. هانتن بر این باور بود که فشار این جو نیتروژنی ۲۰ برابر فشار جو زمین است.

این دو مدل، دماهای متفاوتی برای سطح تیتان پیش بینی می‌کردند: اگر تیتان جوی رقیق داشته باشد، چون از گرمای خورشید دور است باید بسیار سرد باشد. در عوض اگر جو تیتان غلیظ باشد، این قمر گرمتر خواهد بود ؛ زیرا در این صورت، گازهای جو همان مختصر گرمای دریافتی از خورشید را در خود نگه می‌دارند. این، همان پدیده‌ای است که

بـه « اثـر گلخانـه‌ای » معـروف اسـت.در خـلال دهـه‌هـای ۱۳۴۰ و ۱۳۵۰ اخترشناسـان از مشاهدات در محدوده فرکانسـهای رادیـویی و فـرو سـرخ بـرای تعیـین دمـای سـطح تیتـان استفاده کردند. اما نتایج آنها با هم توافق نداشت. در اواخر دهـه ۱۹۷۰ مـیلادی بـا پیشـرفت ابزار و وسایل، قابل اعتمادترین نتیجه در این زمینه به دست آمد. این نتیجه نشان مـی‌داد کـه تیتان واقعاً سرد است ؛ تقریباً بـه همـان میزانـی کـه در چنـین فاصـله‌ای از خورشـید، انتظـار می‌رود. با توجه به این نتیجه، تیتان نمی توانست جـو غلـیظ نیتروژنـی داشـته باشـد. بـه ایـن ترتیب تقریباً همه اخترشناسان متقاعد شده بودند که تیتان فقط یک جـو رقیـق از گـاز متـان دارد.

اما وقتی سفینه ویجر ۱ به زحل رسید، مشخص شد که این نتیجه کاملاً غلط اسـت ! پـایونیر ۱۱، نخستین سفینه است که به زحل رسید. این سفینه پس از پرتاب در سال ۱۹۷۳، در سـال ۱۹۷۴ از کنار مشتری گذشت و در سال ۱۹۷۹ به زحل رسید. پایونیر، یک حلقـه جدیـد در اطراف زحل کشف کرد و عکسهای ارسالی این سفینه از تیتان، جزئیات مختصری را نشـان می‌داد.

سال بعد، سفینه ویجر ۱ به زحل رسید. ایـن سـفینه پـس از پرتـاب در سـال ۱۹۷۷ در اواخـر سال ۱۹۸۰ از کنار زحل عبور کرد. ویجر ۱ عکسهای فوق العاده زیبـا و حیـرت انگیـزی از زحل و حلقه هایش ارسال کرد و دانشمندان بی صـبرانه در انتظـار عکسـهای ایـن سـفینه از تیتان بودند. سرانجام انتظار به پایان رسید و ویجر ۱ ضمن عبـور از فاصـله ۴۰۰۰ کیلـومتری تیتان – فاصله‌ای کمتر از قطر تیتان – تقریباً همه آنچه را که ما اکنون درباره تیتان می‌دانـیم، برای ما روشن کرد. البته ویجر ۲ هم در سال ۱۹۸۱ از کنار زحل عبور کـرد، ولـی آن قـدر فاصله اش از تیتان زیاد بود که اطلاعات و عکسهایش، زیبایی و وضوح عکسـهای ویجـر ۱ را نداشتند.

تصویری که ویجر ۱ از تیتان گرفت. در لبه سیاره، جو غلیظ آن مشخص است.

علیرغم دقیق بودن تصاویر تیتان، یأس و ناامیدی شدیدی به وجود آمد. عکسـها یکـی پـس از دیگری نشان می‌دادند که این قمر کاملاً پوشیده از ابر است. ابرهـا چنـان در هـم پیچیـده

شده بودند که سطح تیتان اصلاً قابل مشاهده نبود. تنها چیزی که دوربینهای ویجر توانستند نشان دهند این بود که در نیمکره شمالی ابرها کمی از نیمکره جنوبی تاریکترند.
هیجان انگیزترین نتایج ویجر، نه از دوربینهای آن بلکه از وسایلی که جو ابری تیتان را مورد بررسی قرار می‌دادند، به دست آمد. بررسیهای ویجر در نهایت شگفتی مشخص کرد که جو تیتان همان طور که هانتن پیش بینی کرده بود، بسیار چگال است. همچنین معلوم شد که فشار جو تیتان ۱/۵ برابر فشار جو زمین است. بنابراین، جو تیتان رقیقتر از آن چیزی است که هانتن پیش بینی کرده بود. این می‌تواند توضیح دهد که چرا تیتان این قدر سرد است: چنین جوی گرمای ناچیزی از خورشید را جذب می‌کند. ویجر ۱ همچنین کشف کرد که تقریباً ۸۲ تا ۹۹ درصد جو تیتان را نیتروژن تشکیل می‌دهد.
البته ویجر ۱ متان هم پیدا کرد—هر چند که تقریباً از ۴۰ سال قبل معلوم شده بود که این گاز در تیتان وجود دارد—ولی اندازه گیریها نشان می‌داد که گاز متان بیشتر از چند درصد جو تیتان را تشکیل نمی دهد. به علاوه، ویجر چندین نوع هیدروکربن را که قبلاً آشکار نشده بود—از جمله سیانید هیدروژن که یکی از مولکول‌های سازنده اسیدهای آمینه است—کشف کرد.
جوی که ویجر کشف کرد به راستی حیرت انگیز است. تقریباً در فاصله یک میلیارد کیلومتری خورشید، جو تیتان بیشتر از هر جو دیگر در منظومه شمسی شبیه زمین است، در حالی که نزدیکترین همسایه‌های زمین کاملاً با آن متفاوتند.

لایه‌های مختلف تیتان

اما چگونه جوی این قدر شبیه به جو زمین، چنین دور از خورشید می‌تواند شکل گیرد؟ مشتری و زحل مقادیر زیادی هیدروژن و هلیوم دارند که از زمان تولدشان، برای آنها به یادگار مانده است. همه سیارات از یک قرص چرخان از گاز و غبار که ستاره نوزاد خورشید را احاطه کرده بودند، به وجود آمده اند. چون هیدروژن و هلیوم قسمت اعظم این قرص را تشکیل می‌دادند، مقداری از این گازها در سیارات غول آسا، مثل مشتری و زحل باقی ماند. ولی وضع در مورد تیتان فرق می‌کند. در حقیقت، حتی اگر تیتان، هیدروژن و

هلیوم را از آن قرص اولیه گرفت، به علت کوچکی اش، نمی توانسته چنین گازهای سبکی را در اطرافش نگه دارد. اما نیتروژن سنگینتر است. وزن یک مولکول نیتروژن ۱۴ برابر یک مولکول هیدروژن است.

شاید جالبترین جنبه جو تیتان این باشد که کاملاً سطح تیتان را از دید ما پنهان کرده است. این جو غلیظ باعث می‌شود که سطح قمر تا حد زیادی تاریک باشد. تیتان نسبت به زمین ۱۰ برابر از خورشید دورتر است. از این رو، میزان نوری که از خورشید به تیتان می‌رسد تقریباً یک درصد نور خورشید در زمین است، با توجه به این مسئله و اینکه ابرهای تیتان مقداری کمی از نور خورشید را جذب می‌کنند، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً درخشندگی خورشید از روی تیتان، کم نورتر از نور ماه از روی زمین است.

وجود هیدروکربنها در جو تیتان، این اندیشه را قوت می‌بخشد که آنها در سطح تیتان هم وجود دارند. نور خورشید در برخورد با متان، ترکیبات آلی پیچیده‌تری را به وجود می‌آورد که رنگ نارنجی تیتان هم به دلیل وجود آنهاست. برخی از این ترکیبات آلی جو تیتان، آن قدر سنگین هستند که مثل باران بر سطح آن می‌بارند. عده‌ای از اخترشناسان معتقدند که این ترکیبات، اقیانوس عظیمی از اتان را تشکیل می‌دهند که سر تا سر سطح تیتان را پوشانده است. اما چرا اتان؟ چون متان در برخورد با نور خورشید به اتان تبدیل می‌شود. اتان پس از به وجود آمدن، مثل باران در سطح تیتان می‌بارد. این بارانهای اتان مایع، طی میلیاردها سال، اقیانوس عظیمی را به وجود می‌آورند. چنین اقیانوس عظیمی از اتان، می‌تواند یک معما را حل کند: چرا در جو تیتان متان وجود دارد؟ روی هم رفته نور خورشید به طور مستمر مولکول‌های متان را نابود می‌کند، و ظاهراً نباید در جو تیتان متان وجود داشته باشد. ولی چنانچه اقیانوس اتان، مقادیری متان به صورت محلول داشته باشد، در این صورت تیتان مخزن عظیمی از متان دارد.

زمین دیگر؟

از نظر تئوری همه چیز درست است، اما نتایجی که اخیراً با استفاده از رادار به دست آمده،

وجود چنین اقیانوسی را منتفی می‌داند. در سال ۱۹۹۰ میلادی دان مولمان از انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا، طی گزارش اعلام کرد که او و همکارانش تغییراتی در بازتاب امواج رادار از سطح تیتان مشاهده کرده اند که نشان می‌دهد تیتان نمی تواند کاملاً پوشیده از مایع باشد ؛ با این حال، دانشمندان در نقشه سطح تیتان تغییراتی پیدا کردند. باید توجه داشت که این کار نمی تواند وجود رودخانه‌ها و دریاچه‌هایی از متان و اتان را رد کند، ولی نشان می‌دهد که تمام سطح تیتان نمی تواند پوشیده از مایع باشد.

در حدود نیمی از جرم تیتان از سنگ است، و نیمی دیگر آب یخ زده. سنگها که چگالترند، هسته تیتان را تشکیل می‌دهند، و یخها که سبکترند به صورت یک پوسته، هسته را در بر می‌گیرند. چگالی تیتان – ۱/۸۸ گرم بر سانتیمتر مکعب – خیلی نزدیک به چگالی قمرهای مشتری، گانیمد (۱/۹۴ گرم بر سانتیمتر مکعب) است.

با بررسی تیتان می‌توانیم به گذشته زمین و شرایط حاکم بر آن پیش از شکل‌گیری حیات، پی ببریم. زمین هم در گذشته، ترکیبات آلی پیچیده در سطحش داشته است ؛ و درست مثل تیتان، در ابتدا در جو زمین اکسیژن وجود نداشت. به همین دلیل با اینکه ما انسانها به اکسیژن نیازمندیم، حیات اولیه روی زمین بدون اکسیژن پدید آمد. اما اینجا سئوالی پیش می‌آید: اگر تیتان شبیه زمین « قدیمی » است، چرا مثل زمین تا بدین مرحله پیشرفت نکرده است؟ چرا پس از ۴/۵ میلیارد سال، هیچ نشانی از زندگی در سطح این قمر به چشم نمی خورد؟ در پاسخ می‌توان گفت: زیرا آب به صورت مایع در تیتان وجود ندارد. آب مایع برای زندگی ضروری است و در واقع قسمت اعظم بدن ما را آب تشکیل می‌دهد. به علاوه، آب مایع محیطی عالی برای واکنشهای شیمیایی است. مثلاً اگر شما ترکیبات آلی تیتان را در آب بیاندازید، اسیدهای آمینه، یعنی نخستین مرحله ساخت پروتئینها به وجود می‌آیند. البته تیتان مقادیر زیادی آب منجمد دارد، ولی در دمای ۱۷۹ – درجه سانتیگراد، این آب همچنان به صورت یخ زده باقی می‌ماند.به منظور مطالعه این زمین قدیمی،دانشمندان ناسا سفینه‌هایی برای بررسی بیشتر این قمر شگفت انگیز ارسال کرده اند.

فصل ۹

پان اسپرمیا

زمانی که فیلسوف یونانی « آناکساغورث » در قرن پنجم پیش از میلاد اعلام کرد که امکان دارد نطفه‌های حیات برای نخستین بار از فضا وارد کره زمین شده باشند، مورد توجه کسی قرار نگرفت. زیرا نظریه استادش ارسطو مبنی بر زایش خود به خودی جانداران، سایه‌ای سنگین بر جامعه علمی آن روزگاران افکنده بود. آناکساغورث نخستین کسی است که به موضوع پان اسپرمیا اشاره کرده است.

پان اسپرمیا کلمه‌ای است یونانی به معنای « بذرها در همه جای جهان » (= *Pan* همه، = *Spermia* بذر)؛ فرضیه‌ای که معتقد است زندگی در جایی به وجود نمی‌آید بلکه همواره در جهان وجود داشته، بذرهای آن در جای جای کیهان پراکنده شده و پیوسته از نقطه‌ای به نقطه دیگر انتقال می‌یابد. طرفداران این فرضیه اعتقاد دارند حیات روی زمین توسط این بذرها از فضا وارد زمین شده است. این باور بعد از آناکساغورث بیش از دو هزار سال راکد باقی ماند تا این که در سال ۱۷۴۳ « مایلت » آن را در نوشته‌های خود دوباره مطرح کرد. وی اعتقاد داشت موجودات زنده کوچک نخستین بار از فضا بر پهنه اقیانوس‌های خالی از حیات زمین وارد شده‌اند و بعد از طی مسیر تکامل، جانداران امروزی را به وجود آوردند. در تاریخ ۹ آوریل ۱۸۶۴ « لوئی پاستور » شیمی دان مشهور فرانسوی،

با آزمایش‌های تاریخی خود نشان داد نظریه زایش خود به خودی توهمی بیش نیست؛ تا بدین طریق پان اسپرمیا فرصتی برای نمایش دوباره به دست آورد. دانشمند بریتانیایی " لرد کلوین " و فیزیکدان آلمانی " هلموتز" در دهۀ ۱۸۷۰ با استناد به کشفیات پاستور، موجودات ریز مطرح شده توسط مایلت همان باکتری‌ها اعلام کردند، در دهۀ ۱۹۰۰ شیمیدان سوئدی و برنده جایزه نوبل " سوان آرنیوس " نشان داد اسپور باکتریها قادرند در محیط فضا زنده مانده و حیات تازه‌ای را آغاز کنند.

در سال ۱۹۷۰ یک اخترشناس بریتانیایی بنام " فرد هویل " و پروفسور " چاندرا ویکراماسینگه " از دانشگاه کی یف، با رصد ستارگان دور دست و تجزیه طیف نوری آنها به کمک هم به شواهدی از امکان وجود مولکول‌های حیاتی در غبار پیش منظومه‌ای به دست آوردند. آنها عنوان کردند که دنباله‌دارها و شهاب سنگهایی که از این غبارها به وجود می‌آیند، می‌توانند حامل ترکیبات آلی و اسپور باکتریها باشند. این اجرام که از سنگ و یخ تشکیل شده اند، قادرند این مواد را از فشارهای موجود در فضا حفظ کنند و به صورت سالم به زمین برسانند. همانطور که قبلاً بیان شد، گروه تحقیقاتی دکتر هنریش توانست با شبیه سازی غبار پیش منظومه‌ای با تابش امواج ۱۸۰ نانومتری، تولید اسید آمینه طبیعی را مشاهده کند.

در حال حاضر پروفسور ویکراماسینگه را می‌توان پرچمدار نظریه پان اسپرمیا دانست. وی تحقیقات بسیاری را برای اثبات این نظریه انجام داده است و معتقد است پذیرش پان اسپرمیا نه تنها معادله منشا حیات را حل خواهد کرد، بلکه مسیر جست وجوهای ما را برای یافتن موجودات زنده فرازمینی تغییر خواهد داد. " فرایند تشکیل حیات بر روی زمین بسیار پیش‌تر از ۳ تا ۴ میلیارد سال آغاز شده است. چرا که وقتی هنوز زمین متولد نشده بود. بذرهای زندگی سفر طولانی خود را به سمت این سیاره آغاز کرده بودند. وی با بیان این که فرایند تکامل داروینی در مورد تک سلولی‌ها کارایی چندانی ندارد، اظهار می‌دارد کار تولید سلول‌های زنده و سازماندهی ارگان‌های آن در جایی دیگر اتفاق افتاده است. این پان اسپرمیا است که شدیدا اعلام می‌کند حیات در تمام نقاط جهان وجود دارد. اینکه در یک

سیاره منظومه‌شمسی تمدنی هوشمند مثل نوع بشر تا این حد متعالی می‌شود، ناشی از صلاحیت زمین برای پذیرش بذرهای زندگی است. شاید سیاراتی دیگر، بسیار دورتر از ما، این شایستگی را میلیون‌ها سال قبل از زمین کسب کرده‌اند. در این صورت چه تمدن هوشمندی را می‌توان در آنها انتظار داشت؟ این سوالی است که پاسخ آن بسیار هیجان انگیز خواهد بود!

اکنون مطالعه شهاب سنگها در کانون توجه کاوشگران حیات فرا زمینی قرار گرفته است. بنابراین در ادامه بهتر است نتایج کشف شده از این سنگ‌های آسمانی را بیشتر بیان کنیم.

شهاب سنگ مارکیسون: در روز ۲۸ سپتامبر سال ۱۹۶۹ در آسمان شهر مارکیسون (در فاصله ۹۶کیلومتری شمال ملبورن) واقع در ایالت ویکتوریای استرالیا، آذرگویی ظاهر شد که با سرعت به زمین نزدیک می‌شد. این گوی اندکی بعد از ورود به جو زمین به ۳ قسمت تقسیم شد. و ۳۰ثانیه بعد صدای مهیب حاصل از برخورد شهاب سنگ با زمین اهالی محل را وحشت زده کرد. بعد از تحقیق گروه اعزام شده به محل، واقعه برخورد یک شهاب سنگ با زمین، گزارش شد و بلافاصله جمع آوری نمونه‌ها در منطقه‌ای به وسعت ۱۳ کیلومتر مربع آغاز شد. بیشتر قطعات در مزارع و پشت بام‌ها پراکنده شده بود. در نهایت بعد از پایان جست و جوها، متجاوز از ۱۰۰ کیلوگرم شهاب سنگ جمع آوری شد. بعد از بررسی‌های آزمایشگاهی، مشخص شد که این شهاب سنگ از نوع کندریت‌های کربن دار (CM) بوده و از نظر ترکیب کانی‌ها در گروه ۲ شهاب سنگ‌ها طبقه‌بندی می‌شود. در اصطلاح زمین شناسی، شهاب سنگهای CM به همراه گروه CI سنگ‌هایی با قدمت بسیار زیاد و غنی از کربن هستند.

مارکیسون دارای اسید آمینه‌هایی مثل گلایسین، آلانین، گلوتامیک اسید، همچنین یک سری از اسید آمینه‌های غیرمعمول شبیه به ایزووالین و پسودو والین بود. دانشمندان در همان ابتدا متوجه شدند آمینو اسیدهای سرین و ترئونین که غالباً در زمین به وفور یافت می‌شوند، در این سنگ غایب اند؛ ولی در عوض خانواده ویژه‌ای از آمینواسیدها به نام دای آمینواسیدها در شهاب سنگ مارکیسون وجود دارد. در سال ۱۹۹۷ پژوهش‌ها بر روی

مارکیسون نشان داد در یک سری از آمینواسید آن ایزوتوپی از نیتروژن به فراوانی به کار رفته است که در آمینواسید زمینی وجود ندارد.

طبق بررسی‌های " انگل "، پروتئین‌هایی درون این شهاب سنگ وجوددارد که بی شک در دوران‌های بسیار دور به وجود آمده. علاوه بر آمینه اسیدها، وجود نوکلئوبازهایی مثل یوراسیل و گزانتین در سال ۲۰۰۸ به اثبات رسید که آزمایش‌های ایزوتوپ کربن و نیتروژن این ترکیبات، فرازمینی بودن آنها را تأیید می‌کند. اما هیجان انگیزترین بخش این کاوش‌ها، کشف هاگ‌هایی مشابه هاگ گیاهان زمینی است که بارها مورد تجزیه و تحلیل پژوهشگران قرار گرفته است.

شهاب سنگ ALH ۸۴۰۰۱: در ۷ آگوست ۱۹۹۶ دانشمندان اعلام کردند نوعی حیات میکروسکوپی را در سنگ مریخی به نام ALH ۸۴۰۰۱ شناسایی کردند. با مطالعه ترکیب شیمیایی این سنگ سیب زمینی شکل، برخی ترکیبات آلی پیچیده، مگنتیت، کربنات‌ها و ساختارهای میله‌ای شکل میکروسکوپی در آن شناسایی شد. شواهد به دست آمده در همان ابتدای تحقیقات، حکایت از وجود نشانه‌های غیرقابل انکار حیات در آن داشت که می‌توانست به بسیاری از سوالات دانشمندان پاسخ اطمینان بخشی دهد. این شهاب سنگ در ده سال گذشته موضوع بسیاری از مباحث پیرامون اخترزیست شناسی بودن بارزترین موضوعی که این سنگ به راه انداخت، تقویت احتمال وجود حیات در مریخ بود.

در دسامبر سال ۲۰۰۶، " مایکل مالین " مقاله‌ای در مجله ساینس منتشر کرد و در آن مدعی شد که آب در سطح مریخ به مدت میلیون‌ها سال در جریان بوده است. طبق داده‌های به دست آمده اخیر از مریخ نوردان " روح " و " فرصت "، میزان CO_2اتمسفر مریخ در ۳/۷ تا ۳/۹ میلیارد سال قبل، برای نگه داشتن آب به شکل مایع کافی بوده است. در طول این مدت، روند بمباران این سیاره توسط خرده سیارک‌ها متوقف شده بود. با فراهم شدن شرایط ضروری نظیر دمای مناسب، احتمالاً اشکالی از حیات در آن تشکیل شده است اما وقتی سیاره به دلایلی رو به سردی گرائید و فعالیت‌های آتشفشانی آن متوقف شد، گازهای گلخانه‌ای که باعث گرم ماندن مریخ می‌شدند در اثر بادهای کیهانی به فضای

بیرونی پخش شدند و آب موجود در سطح نیز در اثر برخوردهای پی در پی تبخیر شده. با سخت شدن شرایط زندگی، میکروارگانیسم‌ها مرده و درون سنگ فسیل شدند، اما حدود ۱۶میلیون سال پیش، یک شهاب سنگ به سطح مریخ برخورد کرده، در اثر شدت آن مقداری سنگ و خاک پوسته مریخ به هوا برخاسته از جاذبه آن گریخته و این سنگ خاک مریخی راه فضا را در پیش گرفته است. قطعاتی از این پوسته بعد از یک دوره سرگردانی در فضا، نهایتاً در منطقه‌ای در قطب جنوب زمین فرود آمده‌اند که سنگ *ALH* ۸۴۰۰۱ نیز جزو آنهاست. این قطعه ۱/۹ کیلوگرمی، در روز ۲۷ دسامبر ۱۹۸۴ در ناحیه *Alan Hills* یافت شده و بر اساس زمان و محل کشف نام گذاری شده است.

یکی از نخستین پژوهش‌هایی که بر روی این سنگ انجام پذیرفته، تحقیقی است که توسط گروه پژوهشی به رهبری " دیوید مک کی " صورت گرفته است. نتایج این تحقیق که در ۱۶ آگوست ۱۹۹۶ در مجله ساینس انتشار یافت، بیانگر وجود ۴ مدرک مستند از ردپای حیات در مریخ بود:

۱- کربنات‌های به دست آمده از این سنگ بسیار شبیه به رسوب کربنات‌های حاصل از پسماندهای موجودات زنده در روی زمین است.

۲- حضور هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای در مولکول‌های آلی موجود در این سنگ

۳- حضور مگنتیت معدنی

۴- وجود میکروفسیل‌های میله‌ای شکل شبیه به باسیل‌های زمینی درون سنگ

این یافته‌ها به صورت جدی وجود حیات مریخی را تقویت می‌کند. با انتشار این دستاورد، موجی از طرفداری و مخالفت به راه افتاد و افراد مختلفی سعی کردند هر کدام از این شواهد را به دقت نقد و بررسی کنند.

کربنات‌های معدنی: گروه تحقیق مک کی با استفاده از میکروسکوپ‌های نوری *Stereo* میکروسکوپی الکترونی *HRTEM* و طیف سنج پراش انرژی (*EDS*) حضور کربنات‌ها به

خصوص کربنات‌های آهن، کلسیم، گوگرد، منیزیم و فسفات‌ها را تشخیص داده است. به احتمال زیاد، این مواد در زمانی که صخره‌ها داخل آب قرار داشتند تشکیل شده‌اند. البته این به تنهایی نمی‌تواند دال بر فعالیت‌های حیاتی باشد، ولی به گفته مک کی، این شواهد، اساس و حمایت کنندهٔ سه دلیل باقی مانده است. ایرادی که به این قسمت وارد است، این است که مواد معدنی تشکیل می‌شوند، ولی الزاما نه همیشه ! برای مثال، این مواد می‌توانند بدون دخالت فعالیت‌های بیولوژیکی و تحت حرارت‌های بالای چند صد درجه سانتیگراد نیز به وجود آیند.

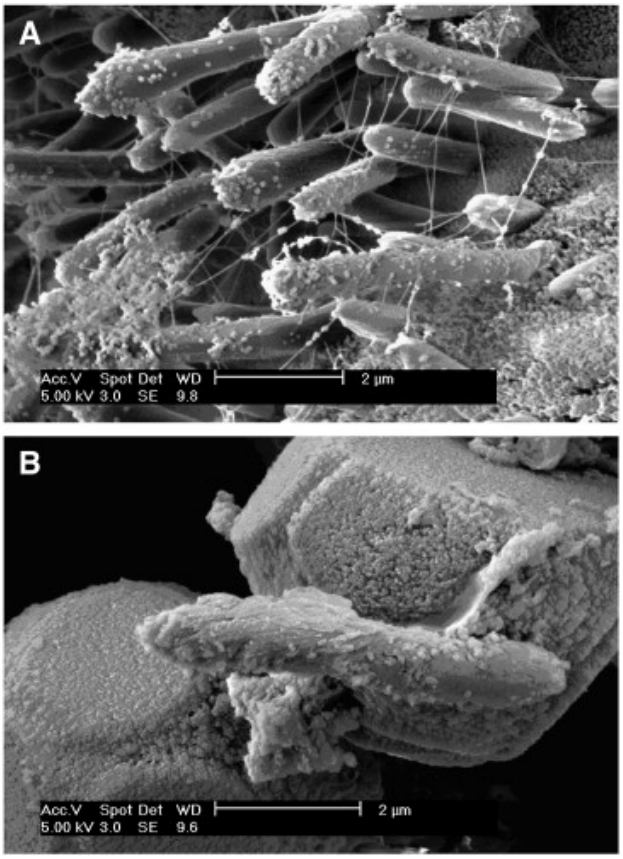
هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای

این ترکیبات، شکل پیچیده‌ای از ترکیبات آلی هستند که از تجزیه پیکره موجودات زنده مثل فساد گیاهان تشکیل می‌شوند. عقیده بر این است این مواد توسط تجزیه باکترهایی به وجود آمده‌اند. این مواد آلی از فنانترین، پیرین، کریزن، بنزوپیرن و آنتانتراسن تشکیل شده است. مقایسه مواد *PAH* کشف شده در *ALH* ۸۴۰۰۱ با مواد مشابه موجود در حوالی محل سقوط، احتمال آلودگی این شهاب سنگ با مواد مذکور زمینی را منتفی کرده است. گروه تحقیق مک کی مطمئن است که مواد *PAH* یافت شده در شهاب سنگ، منشاء فرا زمینی دارند. ولی با این وجود، گزینه آلودگی سنگ به این مواد بعد از ورود به جو زمین همچنان مطرح است. یک قطعه شهاب سنگ مریخی که بعدها کشف شد نیز حاوی مواد *PAH* مشابه سنگ *ALH* ۸۴۰۰۱ بود، با این تفاوت که این سنگ بسیار جوان‌تر از سنگ قبلی است. اگر چه بعدها مشخص شد که این سنگ‌ها توسط مواد *PAH* آلوده شده است. علاوه بر این، تشکیل مواد *PAH* نیز همانند کربنات‌ها الزاما نیازمند فعالیت‌های بیولوژیکی نیست و می‌تواند توسط فرایندهای دیگر تولید شود.

مگنتیت: مگنتیت می‌تواند هم توسط فرایندهای آلی و هم غیرآلی تولید شود. طبق گفته گروه مک کی، مگنتیت موجود در *ALH* ۸۴۰۰۱ مشابه مگنتیت‌های تشکیل شده در زمین است. همچنین این گروه اعتقاد دارد که کریستال‌های مگنتیت توسط فرایندهای بیولوژیک

(مثل تجزیه میکروبی) که باعث بوجود آمدن اشکال کریستالی هگزا اکتاهدرال مگنتیت می‌شوند، تشکیل می‌گردند. این کریستال‌ها درمگنتیت‌های تولید شده طی روشی غیرآلی یافت نمی‌شوند. گروه دیگری که بر روی کریستال‌های مگنتیت تحقیق می‌کرد، رگه‌های ناخالص و ناسازگار با کریستال‌های تشکیل شده بیولوژیکی کشف کردند که توسط فرایندهای غیرآلی و تحت حرارت‌های بالا تولید شده‌اند.

میکروفسیل‌های میله‌ای شکل



شاید دراماتیک‌ترین جنبه این سنگ مریخی، حضور میکروفسیل‌هایی از ساختارهای میله‌ای شکل شبیه به نانوباکتریهای روی زمین است. در واقع این ساختارها را می‌توان

مشابهی از باکتری‌های زمینی دانست. با توجه به اینکه مریخ در گذشته‌های خود مرطوب‌تر و گرم‌تر از امروز بوده، امکان به وجود آمدن این نانوباکتری‌ها وجود داشته است.وجود این میکروفسیل‌ها، بر منشا بیولوژیکی مواد PAH صحه می‌گذارد. این میکروفسیل‌ها با به کارگیری عکس برداری میکروسکوپ الکترونی شناسایی شده است و این چالش مطرح است که این ساختارها در اثر خطای عکسبرداری و انکسار، به شکل باکتری‌های میله‌ای دیده شده‌اند. خوشبختانه احتمال این که این میکروفسیل‌ها منشاء زمینی داشته باشند و آلودگی رخ داده باشد، وجود ندارد؛ ولی گمان‌هایی مبنی بر این که مواد معدنی و کانی‌های سنگ به طور تصادفی به این صورت قرار گرفته اند، مطرح است.

شهاب سنگ آلندی

این شهاب سنگ بزرگترین کندریت کربنی است که تاکنون روی زمین یافت شده است. شهاب سنگ در بامداد روز هشتم فوریه ۱۹۶۹ با سرعتی حدود ۱۰ مایل در ثانیه از سمت جنوب غربی وارد جو زمین شده و به شکل بارانی از سنگ گداخته شده در منطقه پابلیتو د آلندی واقع در ایالت چیهواهوا مکزیک سقوط کرد. تخمین زده می‌شود اندازه اولیه آن چیزی در ابعاد یک اتومبیل بوده است و قطعات آن بعد از متلاشی شدن، با وزنی میان ۱ تا ۱۱۰ کیلوگرم در محدوده وسیعی به وسعت ۵۰کیلومتر مربع پراکنده شده است. تاکنون نزدیک به ۳/۵ تن نمونه از این شهاب سنگ جمع آوری شده است، ولی با گذشت ۴۰ سال از زمان سقوط، هنوز هم هر از گاهی قطعات جدیدی از آن یافت می‌شود. بسیاری معتقدند این بیشترین نمونه‌ای است که تا به حال از یک شهاب سنگ جمع آوری شده است. آلندی را بهترین سنگ آسمانی برای مطالعه گذشته کهکشان می‌نامند. دلایل زیادی برای این امر وجود دارد، مثلاً این شهاب سنگ در اوایل سال ۱۹۶۹ یعنی تنها چند ماه قبل از برنامه آپولو که قرار بود سنگ‌هایی را از کره ماه به زمین بیاورد به دست دانشمندان رسید. در همان چند روز بعد از سقوط، گروه‌های زیادی از آزمایشگاه‌های زمین شناسی دنیا و موزه‌های تاریخ طبیعی روانهٔ منطقه شدند تا به جمع آوری نمونه‌ها بپردازند. مثلا

موسسه اسمیتسون صدها کیلوگرم از این سنگ‌ها را جمع آوری کرده است بسیاری از این سنگ‌ها جزو سنگ‌های *CAI* هستند. *CAI*ها سنگ‌هایی با عمر چندین میلیارد سال هستند و به منظور تعیین سن دقیق منظومه‌ها مطالعه می‌شوند. این نوع سنگ‌ها حاوی ایزوتوپ‌های خاصی هستند که به ندرت در منظومه‌شمسی یافت می‌شوند، و شواهدی از چگونگی فعل و انفعالات مربوط به تشکیل منظومه‌ها را در خود حفظ کرده‌اند. شهاب سنگ آلندی، قدیمی‌ترین ماده شناخته شده در روی زمین است، وتخمین زده می‌شود عمری در حدود ۴/۶ میلیارد سال داشته باشد. این قطعه سنگ ۳۰ میلیون سال مسن‌تر از قدیمی‌ترین سنگ یافته شده در روی زمین است. کندریت‌هایی مثل این، فشارهای زیاد دوران تولد منظومه‌شمسی را تجربه کرده و بارها ذوب و سرد شده اند؛ بنابراین به عنوان یک ماشین زمان اثرات وقایع آن دوران را در خود ثبت کرده‌اند. سطح این سنگ در هنگام عبور از جو ذوب و دوباره سرد شده اند؛ بدین دلیل سطحی صیقلی و سیاه رنگ دارد، ولی قسمت‌های درونی آن به همان صورت اولیه باقی مانده است. چیزی که از برش قسمت‌های درونی آن آشکار می‌شود، شامل ماتریکس تیره رنگ و دانه‌های روشن کوندرول همچنین انکلوزیون‌های سفید با اندازه‌ای در حدود چند سانتی متر به شکل کروی است. به این آنکلوزیون‌ها *CAI* با آنکلوزیون‌های غنی از کلسیم و آلومینیوم می‌گویند. دلیل این نامگذاری وجود مقادیر خالص اکسید و سیلیکات‌های غنی از آلومینیوم و کلسیم درون این آنکلوزیون‌هاست و مانند سایر کندریت‌ها، آلندی نیز یک برکیا یا همان خرده سنگ‌های به هم جوش خرده است و تیره رنگ است. ولی بر خلاف بیشتر کندریت‌ها فاقد عناصر آهن و نیکل در ترکیب خود است. ماتریکس و کندرول‌ها از مواد مختلفی تشکیل شده اند، ولی موادی نظیر آلوین و پیروکسین ترکیب غالب آنهاست. آلندی جزو کندریت‌های کلاس *CV*۳ ثبت شده است. این کلاس از نظر ترکیب شیمیایی، غنی از عناصر مقاوم به حرارت مثل کلسیم، آلومینیوم و تیتانیوم بوده ولی از نظر عناصر فرارتر نسبی مثل سدیم و پتاسیم فقیر است که این ویژگی در تمامی کندریت های این گروه *CV* مشترک است. همچنین این گروه، دارای مقادیر بیشتری از ایزوتوپ ۱۶ اکسیژن است.

در سال ۱۹۷۱، شهاب سنگ مورد مطالعه گروهی از دانشگاه *Case Western Reserve* قرار گرفت که طی آن، حضور نقاط سیاه رنگ میکروسکوپی با فراوانی ۱۰ تریلیون عدد در هر سانتی متر مربع آشکار شد. دانشمندان آن را ضایعات حاصل از تشعشعات کیهانی تفسیر کردند. در سال ۱۹۷۷، تحقیقی که توسط موسسه فناوری کالیفرنیا انجام گرفت، منجر به شناسایی شکل متفاوتی از عناصر کلسیم، باریوم و نئودیمیوم در این شهاب سنگ شد. در آن هنگام، دانشمندان اعلام کردند این عناصر از منابع متفاوت با منابع تشکیل دهنده منظومه‌شمسی منشا گرفته‌اند. این کشف، تئوری پیدایش منظومه‌شمسی از بقایای انفجار یک ابرنواختر را تقویت می‌کند.

بسیاری بر این باورند به دلیل وجود مقادیر زیاد کربن در این شهاب سنگ ارتباطی بین آن و حیات فرازمینی یا ورود اشکال حیاتی از فضا به زمین وجود دارد.

شهاب سنگ نخله

این شهاب سنگ، یک سنگ مریخی از نوع *SNC* است که در حوالی ساعت ۹ صبح روز ۲۸ ژوئن ۱۹۱۱ در وادی النخله واقع در حوالی اسکندریه مصر در مزرعه شخصی به نام " محمد علی حکیم اَفندی " از اهالی روستای دنشال سقوط کرد. شهاب سنگ مادر بعد از انفجار در اتمسفر بالایی زمین، به ۴۰ قطعه با اندازه‌ای بین ۲۰ گرم تا ۱۸۱۳ گرم تقسیم شده است. تاکنون ۲۲ پوند (۱۰کیلوگرم) از تکه‌های آن جمع آوری شده است. این سنگ در نوع خود بسیار منحصر به فرد بود، طوری که بعد از آن تمامی شهاب سنگ‌های مریخی را سنگ‌های نخله‌ای می‌نامیدند. تا سال ۲۰۰۸ تعداد این نوع سنگ‌ها به ۷۷ نمونه رسیده بود. این سنگ از پوسته مریخ جدا شده و عمری در حدود ۱/۳ میلیارد سال دارد. بخش عمده‌ای از این سنگ را خاک رس تشکیل داده است. آزمایش‌های مختلف نشان داده است که این سنگ ۶۰۰ میلیون سال پیش در معرض جریان آب قرار داشته. دلیل این مدعی، وجود ساختارهایی شبیه اجتماعات میکروبی است که معمولاً در کف اقیانوس‌ها و مناطق آتشفشانی تشکیل می‌شوند.

در مارس ۱۹۹۹ آزمایش‌های گوناگونی مثل مشاهده و بررسی با میکروسکوپ نوری و اسکن میکروسکوپ الکترونی (*SEM*) توسط گروهی از محققان در مرکز فضایی جانسون ناسا بر روی این سنگ انجام پذیرفت. این گروه، متشکل از افرادی بود که قبلا بر روی شهاب سنگ *ALH* ۸۴۰۰۱ تحقیق کرده بودند. نتایج بررسی‌های این دانشمندان، در سی و هفتمین کنفرانس علوم سیاره‌ای و ماه که در مارس سال ۲۰۰۶ در هوستون تگزاس برگزار شد، انتشار یافت. در آنجا اعلام شد ترکیباتی غنی از کربن در این سنگ وجود دارد که احتمالاً بقایای میکروارگانیسم‌های مریخی هستند. کشف سوراخ‌های ریز تونل مانند در این سنگ، محققان را سردرگم کرده است. با این که هیچ بقایایی از مولکول *DNA* در این سنگ یافت نشده است.

فهرستی از مواد شناسایی شده در شهاب سنگ مارکیسون

نوع ترکیب	غلظت (ppm)
آمینو اسیدها	۱۷-۶۰
هیدروکربن‌های زنجیره ای	< ۳۵
هیدروکربن‌های حلقوی	۳۳۱۹
فلورسنس‌ها	< ۱۰۰
کربوکسیلیک اسیدها	< ۳۰۰
هیدروکربوکسیلیک اسیدها	۱۵
پورین و پریمیدین‌ها	۱/۳
الکل‌ها	۱۱
اسیدهای سولفوردار	۶۸
اسیدهای فسفردار	۲

ولی یک گروه تحقیقاتی به رهبری دکتر " مارتین فیسک " استاد علوم اتمسفر دانشگاه

اُرگون، طی مقاله‌ای که در مجله " آستروبیولوژی " منتشر کرد، تأکید کرد که نبود مولکول *DNA* در این شهاب سنگ باعث کنارگذاشتن آن از تحقیقات نخواهد شد.

شهاب سنگ مورای

این سنگ نیز یک کندریت کربنی است که در سال ۱۹۵۰ در نزدیکی شهر مورای ایالت کنتاکی سقوط کرده است. این سنگ توسط ملوین کالوین و افرادی دیگر بررسی شده است. تحقیقات نشان داده است ۷۰نوع آمینو اسید در آن وجود دارد که شبیه آمینو اسیدهای شهاب سنگ مارکیسون هستند. در سال ۲۰۰۱، مواد آلی دیگری شامل پلی الها که ترکیبات آلی شبیه به قندهایی مثل گلوکز هستند، در این موارد شناسایی شد.

شهاب سنگ شرگوتی

این شهاب سنگ نخستین نمونه از خانواده شهاب سنگ‌های مریخی شرگوتی است. این سنگ ۵ کیلوگرمی در ۲۵ آگوست سال ۱۸۶۵ در منطقه شرگوتی هندوستان فرود آمد. عمر سنجی‌ها نشان داده است این سنگ جوان عمری در حدود ۳۶۰ میلیون سال دارد و از سرد شدن ماگماهای آتشفشانی به وجود آمده است. تحقیقات مختلف، بقایای بیوفیلم و تجمع میکروبی را در آن به اثبات رسانده است.

چگونه می‌توان شهاب سنگها را ردیابی یا کشف نمود؟

شب خیال انگیزی است. ستاره‌ها در آرامش و سکوتی آسمانی چشمک می‌زنند، گویی همهٔ آنها را بر گنبد آسمان میخکوب کرده‌اند. از آن شبهایی است که باید ساعت‌ها نشست و به ستاره‌ها خیره شد. این شعرای یمانی است، آن سه کمربند جبارند، خوشهٔ پروین مثل تصویر مینیاتور دب اصغر در کنار شاخ گاو می‌درخشد، رأس الغول افسانه‌ای در بالای سر است و... اما ناگهان آرامش آسمان بر هم می‌خورد. شیئی بزرگ و نورانی، درخشانتر از همهٔ ستاره‌ها ظاهر می‌شود. با سرعتی باورنکردنی به پیش می‌تازد. به رنگهای سبز و قرمز و زرد می‌درخشد و دنباله‌ای چون دود هواپیما بر جای می‌گذارد. در آنی پهنهٔ آسمان را طی

می‌کند و ناگهان خاموش و ناپدید می‌شود.

چه حادثهٔ عجیبی ! این مهمان ناخوانده چه بود و از کجا آمد؟ بشقاب پرنده بود؟ آیا کسان دیگری هم آن را دیدند؟ آیا فردا روزنامه‌ها می‌نویسند که سفینه‌ای از سرزمین‌های دور به ملاقات زمینیان آمده بود؟... و فردا براستی روزنامه‌ها هم می‌نویسند که شیئی نورانی برفراز فلان شهر و دیار دیده شد. همه چیز در هاله‌ای از ابهام فرو می‌رود. آیا واقعاً این شیء نورانی مهمانی از اعماق فضا بود که بر فراز زمین به گردش درآمد؟

هم آری و هم نه ! مهمانی از دوردستهای فضا بود ولی بشقاب پرنده نبود. آنچه در آسمان پرتو افشانی کرد یک شهاب بزرگ بود. سنگی از گوشه‌های دور منظومهٔ شمسی. سنگی چند میلیارد ساله که اگر به دست دانشمندان بیفتد، گوشه‌ای از تاریخ منظومهٔ شمسی را از دلش بیرون می‌کشند.

این مهمانان با پای خود به زمین می‌آیند. اگر برای آوردن مشتی خاک یا چند تکه سنگ از ماه و مریخ باید میلیون‌ها دلار خرج کرد، سنگهای آسمانی مفت و مجانی به زمین می‌آیند. تعدادشان هم کم نیست. در همه جا می‌توان پیدایشان کرد. شاید در موقع کوهنوردی، در موقع گشت و گذار در دشت و بیابان، بی اعتنا پا بر روی یکی از این سنگها گذاشته اید و گذشته اید. شاید یکی از سنگ‌های پی و دیوار خانه تان سنگ آسمانی است. اما چگونه می‌توانیم این سنگها را از سنگهای زمینی تشخیص دهیم؟ پیدا کردن سنگهای آسمانی یکی از فعالیت‌های هیجان انگیز منجمان آماتور و زمین شناسان است.

ردیابی شهاب سنگ‌ها

دانشمندان طی تحقیقات خود توانسته‌اند تلسکوپ‌هایی را طراحی کنند که دارای قطعه‌ای به نام (ال سی سی دی) می‌باشد که وظیفه این قطعه این است که فضا را گسترده نشان دهد و شهاب سنگ‌های بزرگی که نزدیک به مدار زمین می‌شوند و ممکن است خسارات گسترده‌ای به دنبال داشته باشند را، ردیابی کنند. پژوهشگران عرصه فضا به دنبال آن هستند

که با شناسایی این شهاب سنگ‌ها مسیر حرکت آنها، قبل از نزدیک شدن به زمین چند درجه‌ای منحرف کنند. این عملیات می‌تواند با برخورد یک موشک به شهاب سنگ و قطعه قطعه کردن آن به اندازه‌های کوچک و باعث تغییر مسیر آنها گردد در نظریه دیگر طراحی یک بادبان خورشیدی است که نور خورشید را به سمت شهاب سنگ منعکس کند و یکسری از مواد داخل شهاب سنگ را تبخیر و بر اثر این انرژی خورشید، مسیر شهاب سنگ هم تغییر می‌کند. تابش لیزر بسیار قوی نظریه دیگری است برای تغییر مسیر این شهاب سنگ‌ها تابش وانعکاس لیزر باعث می‌شود شهاب سنگ قطعه قطعه شود و مسیرش تغییر کند.

خرده ریزهای منظومهٔ شمسی

زمین همیشه در معرض بمباران این سنگهای آواره است. هر سال بین ۲۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ تن ماده از فضای بیرون به جو زمین وارد می‌شود. این مواد از فضای بیرون به جو زمین وارد می‌شود. این مواد اندازه‌های مختلفی دارند. اکثر آنها ذراتی به قطر چند صدم میلیمتر تا چند میلیمتر هستند. بعضیها هم ممکن است سنگهایی به وزن چند صد کیلوگرم باشند. آنها خرده ریزهایی هستند که از تشکیل منظومهٔ شمسی باقی مانده‌اند. وقتی که منظومهٔ شمسی از سحابی اولیه تکوین یافت و خورشید و سیارات و قمرها به وجود آمدند، مقداری از مادهٔ سحابی بر جای ماند. حتماً دیده اید که نانواها خمیربزرگی را بر روی میز پهن می‌کنند و آن را به تعداد نانهایی که می‌خواهند بپزند تکه تکه می‌کنند. پس از تکه کردن خمیر، یا به اصطلاح چونه گرفتن، مقداری خرده خمیر و آرد باقی می‌ماند. ذرات و سنگهایی هم که در فضای میان سیارات منظومهٔ شمسی می‌گردند در واقع همین خرده ریزه‌های باقی مانده از مادهٔ سحابی اولیه‌اند. برخی از آنها، مثل سیارکها و دنباله‌دارها، بزرگند و با تلسکوپ دیده می‌شود. ولی بیشترشان کوچک و ذره بینی‌اند.

این خرده ریزهای کوچک که به اندازه یک دانه شن می‌باشند و در اثر بر خورد سیارک‌ها به یکدیگر قطعات ریز و درشتی در فضا پخش می‌شود وبر اثر نزدیکی یک دنباله‌دار به

نزدیکی خورشید مواد خود را از دست می‌دهد که به این اجرام کوچک شهابواره می‌گویند. وقتی که شهابواره وارد جو زمین می‌شود اصطکاکش با مولکول‌های هوا چنان شدید است که ملتهب می‌شود و می‌سوزد. در این موقع می‌بینیم که ستاره‌ای کوچک در آسمان به راه افتاده است و حرکت می‌کند. این تیرهای نورانی رونده، یا شهابها، از منظره‌های زیبای آسمان شب هستند. در جایی که آسمان صاف و تاریک است و افق وسیعی دارد می‌توان پنج شش شهاب را در هر ساعت دید.

شهابها لحظه به لحظه کوچکتر و کم نورتر می‌شوند، چون می‌سوزند و مادهٔ آنها تمام می‌شود. ولی بعضی وقتها شهابواره آنقدر بزرگ است که تا رسیدن به سطح زمین همهٔ مادهٔ آن نمی‌سوزد و به صورت تکه سنگی بر زمین می‌افتد. این سنگ – یعنی شهاب سنگ – سنگی است که شکارش آرزوی منجمان آماتور است.

طبیعی است که شهابواره‌های بزرگ، به صورت شهابهای پرنور دیده شوند. برخی از آنها چنان پرنورند که آسمان را روشن می‌کنند و خطی نورانی از خود به جای می‌گذارند. این خط نورانی ممکن است چند ثانیه در آسمان دوام بیاورد. هر چه شهاب پرنورتر باشد، احتمال اینکه همهٔ ماده‌اش نسوزد و بخشی از آن به زمین بیفتد، بیشتر است. س، ا ز روی نورانیت شهاب می‌توان حدس زد که شهابواره به چه بزرگی است، و آیا می‌سوزد و از بین می‌رود یا بر زمین می‌افتد.

قدر زهره در نورانیترین حالت خود، ۴- است. اگر میزان نورانیت زهره را کاملاً به خاطر بسپارید می‌توانید از آن به منزلهٔ مقیاس سنجش نورانیت شهابها استفاده کنید. شهاب‌های پرنورتر از زهره به آذرگوی (گوی آتشین) مشهورند. یک آذرگوی به قدر ۴- تکه‌ای از آهن یا سنگ به وزن ۵۰ گرم است. آذرگویها به رنگهای مختلف دیده می‌شود. سبز، زرد، نارنجی، آبی، قرمز و سفید. نور شهاب یا آذرگوی از گازهای داغ پیرامون شهابواره ساطع می‌شود. این گازها مخلوطی از مواد تبخیر شده‌ی شهابواره و مولکول‌های داغ جو زمین می‌باشد و، در رنگ مشخصی نور منتشر می‌کند. رنگ سبز بیشتر آذرگویها از مولکول‌های داغ اکسیژن جو گسیل می‌شود. نیتروژن رنگ آبی تولید می‌کند و سدیم موجود در

شهابواره رنگ زرد. عموماً آذرگویهای پرسرعت به رنگ سفید دیده می‌شوند، چون تمام این رنگها با هم مخلوط می‌شود. ولی وقتی که سرعت آذر گوی کم شد، به رنگ قرمز در می‌آید. بیشتر « بشقاب پرنده »هایی که در آسمان دیده می‌شوند چیزی جز همین آذرگویها نیستند.

برای اینکه آذرگویی با نورانیت شدید، مثلاً از قدر ۱۲- دیده شود وزنش حتماً باید ۳ تا ۵ کیلوگرم باشد. چنین آذر گویی حتماً بر زمین می‌افتد. در واقع شهابهایی که نورانیتر از قدر ۸- باشند، بدون شک خود را به زمین می‌رسانند. نورانی‌ترین آذرگویی که تاکنون مشاهده و ثبت شده، شهابی به نورانیت نزدیک به خورشید بوده است ! شهابی،از قدر تقریبی ۲۲ – که در شب ۱۳ آذر ۱۳۵۱، آسمان منطقه سوماوا در چکوسلواکی را برای مدتی روشن کرد. اما متأسفانه هیچ تکه‌ای از این آذر گوی یافته نشد. آذرگویهای بسیار پرنور گاهی چنان منفجر می‌شوند که چیزی از آنها باقی نمی‌ماند. آنها را بولید می‌نامند.

شهاب‌سنگ کجا افتاد؟

با دیدن شهابهای پرنور باید دست به کار شد و در حول و حوش محل سقوط آن به جستجو پرداخت. شاید اقبال روی کرد و سنگی یافت که تا همین چند دقیقه پیش در فضای بیرون از زمین پرسه می‌زد. کشف سریع شهاب‌سنگ بسیار اهمیت دارد. شهاب‌سنگی که تازه، هنوز در معرض هوازدگی قرار نگرفته با مواد زمین ترکیب نشده است. بنابراین مطالعهٔ شهاب‌سنگ‌های تازه، ترکیبات واقعی مواد میان سیاره‌ای را به راحتی معلوم می‌کند. تاکنون شهاب‌سنگ‌های قدیمی زیادی کشف شده است. گر چه این شهاب‌سنگ‌ها بسیار پرارزش اند، ولی شهاب‌سنگ‌های تازه چیز دیگر است. اما چگونه محل سقوط شهاب‌سنگ تعیین کنیم؟

یک آذرگوی نورانی را در محدوده‌ای با شعاع ۳۰۰ کیلومتر به وضوح می‌توان دید.اگر آذرگوی در اوایل شب ظاهر شود هزاران نفر می‌توانند آن را ببینند ولی قضاوت‌ها دربارهٔ مسیر و مکان سقوط شهاب‌سنگ معمولاً نادرست است. همه فکر می‌کنند که شهاب

درست از بالای سر آنها گذشته و در جایی نزدیک به آنها سقوط کرده است. بعضیها چنان محو تماشای این منظره می‌شوند زمان و مکان از یادشان می‌رود.

متأسفانه تعیین مکان سقوط شهاب‌سنگ کار ساده‌ای نیست. وقتی که ما شهاب را چند لحظه در آسمان می‌بینیم، دهها کیلومتر ارتفاع دارد. چشم هم به خاطر ارتفاع زیاد شهاب، در جهت‌گیری آن دچار خطا می‌شود. حتی بعضی وقتها خلبان‌ها هم با دیدن شهاب مانور می‌دهند تا به هواپیما برخورد نکند.

محاسبات نشان می‌دهد که آذرگوی نخست در ارتفاع حدود ۱۲۰ کیلومتری ظاهر می‌شود. برای مقایسه بهتر است بدانید سقف پرواز بلند پروازترین هواپیماها چیزی در حدود ۱۸- ۱۷ کیلومتر است. وقتی که شهابواره به ارتفاع ۱۸- ۱۷ کیلومتری سطح زمین می‌رسد دیگر دیده نمی‌شود. در چنین ارتفاعی هوا خیلی متراکم است. غلظت هوا سرعت را کم می‌کند و وقتی هم که سرعت شهابواره کم شد دیگر نوری تولید نمی‌کند. گاهی شهابواره‌های بزرگ و بسیار سریع، بر اثر برخورد با جو متراکم زمین متلاشی می‌شوند و تکه‌های آنها به زمین سقوط می‌کند.

شهابواره‌هایی که تا ۱۷- ۱۶ کیلومتری سطح زمین رسیدن، مطمئناً خود را به سطح زمین می‌رساند. از این فاصله، در حدود ۳ تا ۴ دقیقه طول می‌کشد تا شهاب‌سنگ به زمین برسد. در طی این مدت شهاب‌سنگ نورانی نیست و دیده نمی‌شود. از سوی دیگر مسیر سقوط آن نیز ممکن است چنان باشد که در طی این مدت دهها کیلومتر طی کند و در جایی دور به زمین بیفتد. تعیین دقیق محل سقوط شهاب‌سنگ در گرو تعداد ناظران و میزان آگاهی آنهاست. هرچه اطلاعات ناظران دقیقتر باشد، احتمال یافتن سنگ آسمانی بیشتر است. منجمان آماتور بهترین اشخاصی هستند که می‌توانند این اطلاعات را ارائه دهند. برای اینکه آنها با منظرهٔ آسمان، با میزان نورانیت اجرام آسمانی و با مفاهیمی چون سرعت و جهت حرکت آشنایی بیشتری دارند. پس موقعی که یک شهاب پرنور را در آسمان دیدید این اطلاعات را به سرعت و به دقت یادداشت کنید.

۱. شهاب در چه موقعی ظاهر شد؟ اگر توانستید حتی ثانیه‌ها را هم ثبت کنید.

۲. شهاب را در چه مکانی دیدید؟ طول و عرض جغرافیایی خود پیدا کنید و بنویسید.
۳. در چه حالتی بودید که شهاب را دیدید؟ آیا راه می‌رفتید؟ ایستاده بودید؟ رانندگی می‌کردید؟
۴. شهاب را در کجای آسمان دیده اید؟ اگر صورت‌های فلکی را به خوبی می‌شناسید می‌توانید سریعاً بگویید که شهاب در کدام صورت فلکی ظاهر شد و تا کجا پیش رفت. ممکن است هوا صاف نباشد و صورت‌های فلکی را نبینید. در این صورت سمت و ارتفاع شهاب را به سرعت پیدا کنید. ارتفاع افق صفر درجه و ارتفاع سمت رأس ۹۰ درجه است. زاویهٔ سمت شمال صفر درجه، مشرق ۹۰ درجه، جنوب ۱۸۰ درجه و مغرب ۲۷۰ درجه است.
۵.روشنایی شهاب را حدس بزنید. زهره در نورانی‌ترین حالت، از قدر ۴- است. روشنایی هلال سه روزهٔ ماه از قدر ۷ -، ماه تربیع اول از قدر ۱۰- و ماه بدر از قدر ۱۲/۵ – است.
۶. مدت دوام شهاب چقدر بود؟ چند ثانیه دیده شد؟ در پاسخگویی به این سوال دقت کنید. گرچه ممکن است محو تماشای آذرگوی شوید، ولی وظیفه تام را به عنوان یک منجم آماتور فراموش نکنید.
۷. ظاهر شهاب چگونه بود؟ چه شکلی داشت؟ آیا تکه تکه شد؟ به چه رنگی دیده می‌شد؟
۸. آیا صدای لرزش یا برخورد شنیدید؟

بعضی وقت‌ها شهابها هوا را به لرزش درمی آورند. یا چنان بزرگند که هنگام برخورد به زمین صدای بمی تولید می‌کنند. پس از چند ثانیه صدای برخورد را شنیدید؟
کافی است که ۳ نفر در مکان‌های مختلف، این را با دقت یاداشت کنند.در این صورت منطقه‌ی سقوط شهاب سنگ با احتمال بسیار زیاد مشخص می‌شود.

آیا این سنگ شهاب‌سنگ است؟

اخترشناسان می‌گویند که در هر ۲/۵ کیلومتر مربع از سطح زمین حداقل یک شهاب‌سنگ می‌توان یافت. برای شناسایی سنگهای آسمانی از سنگهای زمینی باید ویژگی‌های آنها را به خوبی بدانید. ممکن است هیچ گاه آذرگویی را نبینید یا محل سقوط آن را به دقت حدس نزنید. همهٔ شکارچیان شهاب‌سنگ‌ها هم پس از دیدن آذرگوی به دنبال محل سقوط آن نمی‌گردند. بنابراین فرض می‌کنیم که هیچ اطلاعی از محل سقوط شهاب سنگ ندارید و در یک گردش تفریحی یا در موقع کوهنوردی می‌خواهید به جستجوی شهاب‌سنگ بپردازید.

شهاب‌سنگ‌ها به سه نوع اصلی تقسیم می‌شوند: آهنی، سنگی، سنگی – آهنی. یافتن شهاب‌سنگ‌های سنگی مشکلتر است. زیرا از سیلیکات‌هایی نظیر سیلیکات‌های سنگین زمینی تشکیل شده‌اند. شهاب‌سنگ‌های سنگی – آهنی نادرترین نوع شهاب‌سنگ‌ها هستند. در آنها بلورهای سنگی در زمینهٔ فلز دیده می‌شود و در مواردی سنگ و فلز با هم مخلوط شده‌اند. شهاب‌سنگ‌های آهنی عمدتاً از آهن و نیکل تشکیل شده‌اند. شانس شما را در پیدا کردن شهاب‌سنگ، نوع شهاب سنگ تعیین می‌کند.

شهاب‌سنگ‌های آهنی بسیار کم در معرض هوازدگی قرار می‌گیرند. بنابراین چندین سال هم که از سقوطشان بگذرد، باز هم شکل اولیهٔ خود را حفظ می‌کنند. ولی شهاب‌سنگ‌های سنگی را پس از چند سال به دشواری می‌توان از سنگهای زمینی تشخیص داد.

شهاب‌سنگ‌های سنگی به دو زیر رده تقسیم می‌شوند: کندریت‌ها و آکندریت‌ها. در نوع اول حباب‌های کروی بلوریی دیده می‌شود که به آنها کندرول می‌گویند. این حبابها احتمالاً از تراکم گازهای سحابی اولیه تشکیل شده‌اند. آکندریت‌ها که کندرول ندارند بسیار شبیه به سنگهای بازالت هستند. ترکیبات آکندریت‌ها به احتمالاً زیاد همانند ترکیبات لایه‌های سطحی سیارکهاست.

شهاب‌سنگ‌های آهنی از آلیاژ کانیهای نیکل و آهن درست شده‌اند. به رنگ سیاه متالیک

دیده می‌شوند و براق می‌باشند. شهاب‌سنگ‌های آهنی خاصیت مغناطیسی دارند و به احتمال زیاد از مواد درون هستهٔ سیارکها هستند. شهاب‌سنگ‌ها سنگی – آهنی تقریباً به طور مساوی از آلیاژهای آهن – نیکل و مواد سنگی تشکیل شده‌اند و بلورهای سبز رنگ سیلیکاتی در میانشان دیده می‌شود. اگر این سنگها را صیقل دهیم، ترکیب بلورهای سبزرنگ و آلیاژ آهن – نیکل را به خوبی می‌بینیم.

شکل شهاب‌سنگ‌ها هم در شناسایی آنها بسیار مهم است. بسیاری از آنها رویه‌ای صاف دارند و فاقد لبه‌های تیزند. در روی بعضی فرورفتگیها و برجستگیهای ملایمی به چشم می‌خورد. انگار روی آنها را با نوک انگشت فشرده‌اند. تا زمانی که شهاب‌سنگ کاملاً در معرض هوازدگی قرار نگیرد. در درون این فرورفتگیها آثاری از پوستهٔ سوخته و جوشیدهٔ شهاب‌سنگ دیده می‌شود.

برای آنکه با اطمینان زیاد بدانید که کدام سنگ شهاب‌سنگ است باید چند آزمایش انجام دهید:

۱. چگالی سنگ را اندازه بگیرید. چگالی شهاب‌سنگ‌ها حداقل ۳ / ۳ گرم در سانتیمتر مکعب است. سنگی را که فکر می‌کنید شهاب‌سنگ است به دقت وزن کنید. اگر سنگ کوچک بود می‌توانید از یک جواهر فروش خواهش کنید که آن را وزن کند. سپس حجم سنگ را محاسبه کنید. برای این کار می‌توانید آزمایش معروف ارشمیدس را انجام دهید. ظرفی را پراز آب کنید و سنگ را توی آن بیندازید. مقدار آبی را که بیرون می‌ریزد با سرنگ یا پیمانه‌ای که حجمش مشخص است اندازه بگیرید. این حجم سنگ است. وزن را بر حجم تقسیم کنید تا چگالی به دست آید. اگر چگالی سنگ بیشتر از ۳ /۳ گرم در سانتیمتر مکعب بود احتمال آسمانی بودنش بیشتر است.

۲. قطب‌نمایی را به سنگ نزدیک کنید. اگر عقربهٔ قطب نما منحرف شد باعث خوشحالی است. چون هر چه خاصیت مغناطیسی سنگ بیشتر باشد، احتمال شهاب‌سنگ بودنش هم بیشتر است.

شهاب سنگ کریک یکی از مشهورترین شهاب‌سنگ‌های آهنی است. قسمت راست آن شکل نیمرخ انسان است و سرخپوستان یابندهٔ آن فکر می‌کردند که تصویر یکی از خدایانشان (به نام مانیتو) بر آن نقش بسته است.

چهار تکه شهاب‌سنگ سنگی تازه که هنوز در رویشان پوستهٔ سوخته دیده می‌شود. در بعضی قسمت پوسته از بین رفته و خود سنگ آشکار شده است.

شهاب‌سنگ‌های سنگی که درمعرض هوازدگی قرار گرفته‌اند. ظاهر این سنگها بسیار شبیه سنگهای زمینی است و از این رو یافتنشان مشکل است.

۳. بخش کوچکی از سنگ را به آرامی با سمباده بسابید. در شهاب‌سنگ‌های سنگی رگه‌های درخشان فلزی دیده می‌شود. این رگه‌ها به صورت شعاع‌های براقی دیده می‌شوند که روی هم افتاده‌اند. دقت کنید که این شعاع‌های فلزی را با بلورها و رگه‌های درخشان کوارتز یا میکای سنگهای زمینی اشتباه نکنید. با یک ذره بینی به درشتنمایی ۱۰ یا بیشتر، این رگه‌ها را بررسی کنید و از زوایای مختلف به آنها نگاه کنید. سطح رگه‌ها باید مانند سطوح فلزی به نظر آیند. با سوزن تیزی روی آنها خط بکشید. اگر خش نیفتاد، رگه‌ها فلزی‌اند و سنگ هم با احتمال خیلی زیاد شهاب‌سنگ است.

اگر این آزمایش هم موفقیت آمیز بود بخت با شما یار بوده است تا شهاب‌سنگی را کشف کنید. ولی برای اطمینان صددرصد تکه‌ای از سنگ یا همهٔ آن را به سازمان زمین شناسی کشور ببرید تا متخصصان آن آزمایش‌های دقیقتری انجام دهند. ولی توصیه می‌کنیم که حتماً پیش از یافتن شهاب‌سنگ بازدید موزه این سازمان بروید. در آنجا شهاب‌سنگ‌های متعددی وجود دارد که اگر آنها را به دقت نگاه کنید با شکل و خصوصیات ظاهری شهاب‌سنگ‌ها بهتر آشنا می‌شوید. این آشنایی اولیه توانایی شما را در یافتن شهاب‌سنگ‌ها بیشتر می‌کند.

و آخرین توصیه: اگرموفق به کشف شهاب‌سنگ شدید بهتر است آن را به مراجع علمی، مثل سازمان زمین شناسی بسپارید تا متخصصان به مطالعهٔ آن بپردازند و هم در معرض دید

همگان قرار گیرد.

اگر سطح شهاب‌سنگ‌های آهنی را صیقل دهیم و با اسید نیتریک رقیق بشوییم، طرح زیبایی از خطوط متقاطع پدیدار می‌شود که به آن خطوط ویدمانش تِتِن می‌گویند.

یادتان باشد....

۱. وقتی که به گردش در کوه و صحرا میروید به سنگها خوب نگاه کنید. سنگهای قهوه‌ای سوخته، سنگهای دوکی شکل سیاهی که در سطحشان قطراتی مثل قطرات منجمد آهن جوشکاری شده دیده می‌شود، احتمال دارد که آسمانی باشند.

۳. در روستاها، اطراف کشتزارها و باغها، سنگچین‌هایی که روستائیان درست می‌کنند بهترین مکان برای یافتن شهاب‌سنگ‌هاست. چون این سنگها از منطقه وسیعی جمع آوری می‌شوند و احتمال اینکه یکی از آنها شهاب‌سنگ باشد بیشتر است. تک تک سنگها را به دقت نگاه کنید.

۴. همیشه یک آهنربا در جیبتان باشد ! سنگهای آسمانی خاصیت مغناطیسی دارند. آهنربا را از یک نخ آویزان کنید و به طرف سنگها بگیرید. سنگهای مغناطیسی را جدا کنید و بررسی‌های بعدی را انجام دهید.

۵. اگر شهاب سنگی کشف کردید بهتر است آن را به موزهٔ مدرسه تان، یا به سازمانی علمی مثل موسسه ژئوفیزیک، سازمان زمین شناسی کشور یا دانشکده‌های زمین شناسی بسپارید. با این کار به علاقه مندان کمک کنید که این سنگهای با ارزش را ببینند. شهاب‌سنگی که در طاقچه اتاقتان باشد بازدید کنندگان زیادی نخواهد داشت.

از اعماق آسمان تا تویسرکان

ششم تیر ۱۳۶۴ در ساعت ۱۱/۵ شب غرشی در نزدیکی تویسرکان خفتگان را بیدار کرد. زمان جنگ بود و غرش و انفجار صداهای آشنای این دوران. تویسرکانیها تیری درخشان به رنگ زرد و قرمز دیدند که از آسمان بر زمین افتاد. صدای مهیبی برخاست، اما انفجار و

آتشی در پی نداشت. آنها که محل حادثه رسیدند شاید در جستجوی بدنهٔ موشک یا بقایای گلولهٔ توپ بودند. اما نه پاره آهنی در آنجا بود و نه ترکشی فولادی. سنگی بود داغ و سوزان، به رنگ خاکستری روشن. صدها سال از جنگهایی می‌گذشت که با منجنیق سنگ پرتاب می‌کردند. پس این سنگ چگونه از راه آسمان به زمین افتاده بود؟

شهربانی تویسرکان این سنگ ۵/۷ کیلوگرمی را که تا فردا صبح هم گرم بود، به ادارهٔ معادن و فلزات همدان فرستاد و از آنجا به سازمان زمین شناسی کشور. ناگهان سنگی که ظاهرش مثل دیگر سنگهای بی اهمیت دشت و صحرا بود ارزش خاصی یافت: این سنگ نه از آن سوی مرزهای زمینی بلکه از آن سوی آسمان، از دور دست‌های منظومهٔ شمسی آمده بود.

این سنگ بنا به رسم معمول، به نام محل کشفش، تویسرکانیت نامگذاری شد. تویسرکانیت عمدتاً از بیش از ۹۰ درصد تویسرکانیت سیلیس است و مقدار کمی فلدسپات و کانیهای دیگر دارد. از این رو با انواع سنگ‌های آسمانی (آهنی،؛ سنگی، و سنگی – آهنی) متفاوت است. توزیع عناصر شیمیایی در کل تویسرکانیت یکنواخت نیست و رگه‌های باریکی از آن ترکیب شیمیایی متفاوتی با قسمت‌های دیگر دارند این رگه‌ها عمدتاً از اکسیدهای آهن تشکیل شده‌اند و بلورهایی از سیلیکاتهای آهن منیزیم دارند.

امواج کیهانی

امکان ورود باکتری‌ها یا اسپور آنها سوار بر امواج کیهانی به زمین، توسط « آرنیوس » پیشنهاد شد. وی معتقد است باکتری‌ها و اسپور آنها توسط عواملی مثل بادهای خورشیدی یا امواج حاصل از انفجارهای نواختری مسافت‌های زیادی را در فضا پیموده و به سیارات و منظومه‌های اطراف انتشار یافته‌اند. گرچه هنوز شاهد محکمی برای اثبات یا رد این فرضیه به دست نیامده است، ولی برخی صاحب نظران امکان زنده ماندن اشکال جان دار در فضای بین ستاره‌ای را غیر محتمل می‌دانند. پژوهشگری به نام « توماس دهل » در سال ۲۰۰۶ پیشنهاد کرده است پلاسموئیدهای پرتاب شده از مگنتوسفر می‌توانند اسپورهای

باکتری‌ها را از اتمسفر زمین با چنان سرعتی به بیرون پرتاب کنند که قبل از نابودی از فضای بین ستاره‌ای به سلامت عبور کنند و به منظومه‌های دیگر برسند.

فصل ۱۰

حیات در بیرون از منظومه شمسی

آیا زمین یگانه سیارهٔ عالم است که در آن حیات وجود دارد؟ در میان میلیاردها ستارهٔ عالم، ستاره‌های همانند خورشید فراوانند، با آزمونی ساده می‌توان گفت که احتمال وجود حیات در اطراف کدام ستاره بیشتر است.

در میان انبوه ستاره‌ها، آلفای قنطورس از موقعیت خاصی برخوردار است. نه تنها به خاطر اینکه نزدیکترین منظومه ستاره‌ای به خورشید است بلکه یکی از نادرترین مکان‌هایی است که در آن احتمالا موجود هوشمند وجود دارد.

اغلب ستاره‌های کهکشان ما از نوع کوتوله‌های سرخ و سفیدند. ستاره‌هایی نه چندان گرم، که در اطرافشان حیات تکوین نمی‌یابد. ولی آلفای قنطورس همچون خورشید درخشان و گرم است و انرژی نسبتاً زیادی گسیل می‌کند. از طرف دیگر، سن این ستاره چندان است که برای تشکیل هر نوع حیات هوشمند در اطراف آن فرصت کافی وجود داشته است.

آلفای قنطورس از همسایگان نزدیک منظومه‌شمسی است، اما هنوز نمی‌دانیم که آیا در پیرامونش سیاره‌ای وجود دارد یا نه. ولی می‌توانیم بررسی کنیم که برای تکوین حیات در اطراف ستاره‌ای مثل آلفای قنطورس چه مقدماتی لازم است.

آلفای قنطورس در واقع یک ستارهٔ سه تایی است. درخشانترین و داغترین ستاره‌این

منظومه، آلفای قنطورس A است. این ستاره، همانند خورشید ستارهٔ زرد رنگی است از گونه طیفی G۲. گونه‌های طیفی بر اساس دمای سطحی ستاره‌ها به ترتیب از سرد به گرم با یکی از حروف B,A,F,G,K,M,O نشان داده می‌شوند. هر گونه طیفی به ده گونه تقسیم می‌شود که با نوشتن اعداد ۰ تا ۹ در سمت راست حروف فوق نمایش داده می‌شوند. برای مثال ستاره‌های نوع K۱ از ستاره‌های نوع K۲ گرمترند.بنابراین، دما و رنگ آلفای قنطورس A شبیه خورشید است ولی جرمش ۱/۰۹ برابر جرم خورشید و درخشندگیش ۵۴ درصد بیشتر از خورشید است.

آلفای قنطورس B، دومین ستارهٔ درخشان این منظومه، در نزدیکی A قرار دارد.به رنگ نارنجی و سردتر و کوچکتر از خورشید است. گونه طیفی آن K۱ و دمای سطحیش ۵۳۰۰ درجه کلوین، کمتر از خورشید است. جرم ستاره B ۰/۹ جرم خورشید و درخشندگیش ۴۴ درصد درخشندگی خورشید است.

قنطورس از صورت‌های فلکی جنوبی است و ستارهٔ آلفای آن در پایین‌تر از عرض جغرافیای $^{\circ}$۶۰ شمالی قابل رویت است. فاصله آن از خورشید ۴/۳۵ سال نوری است. دو ستاره درخشان آن در هر ۸۰ سال یک بار به دور هم می‌گردند. فاصله متوسط آنها از همدیگر ۲۳ واحد نجومی، یعنی برابر با فاصله خورشید تا اورانوس است (یک واحد نجومی فاصله زمین تا خورشید است). به خاطر بیضوی بودن مدار این دو ستاره، فاصله بین آنها در مدت گردش متغیر است. در نزدیکترین حالت، فاصلهٔ شان ۱۱ واحد نجومی (فاصله بین خورشید و زحل) و در دورترین حالت ۳۵ واحد نجومی (فاصله خورشید تا نپتون) است.

سومین و ضعیفترین عضو این منظومه، آلفای قنطورس C است که در فاصله زیادی از دو همدم درخشانتر خود قرار دارد. در واقع، ستارهٔ C ۱۳۰۰۰ واحد نجومی (۴۰۰ برابر فاصله خورشید و نپتون) از ستاره‌های A و B فاصله دارد. این فاصله بقدری زیاد است که بعضی از منجمین معتقدند که این ستاره در قید میدان گرانش دو ستارهٔ دیگر نیست و اگر هم باشد حدود یک میلیون سال طول می‌کشد تا آنها را دور بزنند. ستاره‌های B,A ۴/۳۵ سال نوری

و ستارهٔ C، ۲۲ / ۴ سال نوری از ما فاصله دارند. بنابراین ستارهٔ C نزدیکترین ستارهٔ منفرد به خورشید است و به خاطر این نزدیکی، آنرا « پروکسیمای قنطورس » می‌نامند. پروکسیما در زبان لاتینی به معنی نزدیکتر است.

پروکسیما از جهات دیگر نیز از ستاره‌های B,A متمایز است. ستاره‌های A و B همانند خورشیدند ولی پروکسیما یک کوتوله سرخ و بسیار کم فروغتر، سردتر و کوچکتر ا ز خورشید است. گونه طیفی پروکسیما $M5$، دمای سطحیش نصف دمای خورشید، جرمش یک دهم جرم خورشید و درخشندگیش فقط ۰۰۶ / ۰ درصد درخشندگی خورشید است. پروکسیما آنقدر کم فروغ است که منجمین تا سال ۱۹۱۵ رصدش نکرده بودند.

گفتیم که ستارهٔ آلفای قنطورس کم وبیش شبیه خورشید است. خورشید به اندازه‌ای که برای بقای حیات لازم است انرژی تشعشع می‌کند. ولی برخلاف آنچه اغلب منجمین در کتابهای خود نوشته‌اند خورشید ستارهٔ متوسط نیست. درخشندگی، جرم و اندازهٔ آن از مقدار متوسط فاصله دارد.

البته تا زمانی که به دیگر ستاره‌های کهکشان نظری نیندازیم نمی‌توانیم به خورشید و آلفای قنطورس‌های بهای لازم را بدهیم. هفتاد درصد ستاره‌های کهکشان از نوع کوتوله‌های سرخ و مانند پروکسیمای قنطورس ضعیف و سردند. در حول و حوش اینگونه ستاره‌ها امکان حیات وجود ندارد. از ۳۰درصد باقی مانده، در حدود ۱۵ درصد کوتوله‌های نارنجی، از گونه طیفی Kاند. ستاره‌های درخشان این گروه (مانند آلفای قنطورس B) ممکن است به اندازهٔ مورد نیاز برای بقای حیات، روشن و گرم باشند ولی ستاره‌های ضعیفتر بیش از اندازه تاریک و سردند. ۱۰ درصد از ستاره‌های کهکشان، کوتوله‌های سفیدند. این ستاره‌ها هم اجاقشان کور است. اگر هم زمانی در اطرافشان حیات بوده در جریان تغییر و تحول ستاره از میان رفته‌اند. پس فقط ۵ درصد از ستاره‌ها باقی می‌ماند. این ۵ درصد گروه ممتازی را تشکیل می‌دهد که خورشید و آلفای قنطورس A از آن زمره‌اند. اغلب ستاره‌های این گروه از گونه طیفی G اند، درخشان و داغند و برای حیات مناسبند.

ستاره باید دارای ۵ شرط باشد تا به عنوان پرورندهٔ حیات در نظر گرفته شود. معمولاً هر

ستاره‌ای واجد این شرایط نیست. اغلب ستاره‌ها در این امتحان ناموفقند. خواهیم دید که آلفای قنطورس A هر پنج شرط را دارد.

ستارهٔ B یا تمام شرط و یا چهار شرط را داراست و فقط پروکسیما در این امتحان مردود است.

ستاره‌های مناسب برای حیات

اولین شرط آن است که ستاره در رشته اصلی باشد. در مرکز ستاره‌های رشته اصلی هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود و نور و گرما تولید می‌شود. به خاطر فراوانی هیدروژن در ستاره‌ها، اغلب آنها مدت درازی را در رشته اصلی می‌گذرانند و از این نظر احتمال وجود حیات را بالا می‌برند.

پس از اینکه تمام هیدروژن در هستهٔ ستاره می‌سوزد، ستاره دستخوش تحولات سریعی می‌شود. ابتدا به غول سرخ و سپس به کوتوله سفید تبدیل می‌شود. این تغییرات گرچه برای منجمین فرصت خوبی را فراهم می‌کند تا دربارهٔ تحول ستاره‌ها مطالعه و تحقیق کنند ولی برای تکوین هر گونه حیات در اطراف ستاره زیان آورند. شرط دوم برای پروراندن حیات، که خیلی مشکل است و بیشتر ستاره‌ها در این آزمون مردود می‌شوند، این است که ستاره می‌باید از گونه طیفی مناسبی باشد. گونه طیفی نشان می‌دهد که چه مقدار انرژی از ستاره گسیل می‌شود. در رشته اصلی، هر چه ستاره داغتر، آبی‌تر باشد، مقدار انرژی بیشتری گسیل می‌کند.

با اینکه در نگاه اول به نظر می‌رسد که بهترین ستاره‌ها، داغترین آنها – یعنی گونه‌های F, A, B, O اند – ولی اینطور نیست. این ستاره‌ها بسیار درخشانند، منبع سوختشان را به سرعت تمام می‌کنند و می‌میرند. به عنوان مثال، ستارهٔ یوتا از صور فلکی جبار از گونه طیفی O است و فقط میلیون سال عمر خواهد کرد. ستاره شعرا یمانی از گونه طیفی A، عمرش در ۱ میلیارد سالگی به سر خواهد رسید. در روی زمین ۴/۶ میلیارد سال طول کشید تا حیات هوشمند تکوین یابد. بنابراین گونه‌های طیفی F,A,B,O نمی‌توانند محلی برای پروراندن

حیات باشند، چرا که قبل از اینکه حیات پدید آید، ستاره از بین خواهد رفت. ستاره‌های متعلق به انتهای دیگر رشته اصلی نیز به همین اندازه برای حیات نامناسبند. اینگونه ستاره‌ها (کوتوله‌های سرخی، پروکسیما قنطورس) حدود ۱۰ یا ۰ میلیارد سال عمر می‌کنند، ولی در طی زندگیشان انرژی کمی گسیل می‌کنند و به اندازه کافی انرژی ندارند تا حیات داشته باشند. در بین ستاره‌هایی که نه چندان داغ باشند و نه چندان سرد، ستاره‌های مناسبی می‌توان یافت. وجود حیات در روی زمین حاکی از آن است که ستاره‌های زرد از گونه طیفی G (مانند خورشید) می‌توانند موجبات پیدایش حیات را فراهم آورند و حتی به تحول موجود هوشمند نیز منجر شوند. ستاره‌های سرد نوع F نیز مناسبند و انرژیی بیشتر از خورشید ساطع می‌کنند و احتمالاً عمرشان برای پیدایش حیات هوشمند کفایت می‌کند.

در این میان ستاره‌های نوع K که سردتر از خورشیدند مسئله سازند. آیا آنها انرژی لازم برای پیدایش حیات را دارند؟ به نظر می‌رسد که برای ستاره‌های نوع K_0, K_1, K_2 که درخشانتر و داغترند، این امکان فراهم است، ولی در مورد ستاره‌های سردتر از $K5$ باید ناامید شد.

حال آلفای قنطورس را به محک می‌زنیم. آلفای قنطورس A از گونه طیفی $G2$ و از حیث دما مناسب است. آلفای قنطورس B از گونه طیفی K_1 است. بنابراین روشنتر و داغتر از اغلب ستاره‌های گونهٔ K است و ممکن است در این امتحان قبول شود. کوتوله سرخ پروکسیمای قنطورس از این حیث اصلاً واجد شرایط نیست.

سومین شرط، پایداری نور ستاره است. درخشندگی ستاره نباید متغیر باشد، چون در غیر این صورت ستاره حیات اطراف خود را یا منجمد می‌کند یا می‌سوزاند. آلفای قنطورس A,B مثل خورشید پایدارند و درخشندگیشان تغییر نمی‌کند.

ولی با توجه به اینکه ستاره‌های A,B یک منظومهٔ دوتایی تشکیل می‌دهند، مسئله دیگری را باید در نظر گرفت. در طول گردش ۸۰ ساله، فاصله بین این دو ستاره از ۱۱ تا ۳۵ واحد نجومی تغییر می‌کند. اگر از یک سیارهٔ فرضی متعلق به ستارهٔ A به ستارهٔ B نگاه کنیم، درخشندگی B در مواقعی که به A نزدیک می‌شود بیشتر و در مواقعی که از آن دور

می‌شود کمتر است. اگر از سیاره‌ای متعلق به B هم ستارهٔ A را نگاه کنیم وضعیت به همین صورت است.

خوشبختانه این تغییرات برای تکوین حیات مسئله ساز نیستند. فرض کنید سیاره‌ای به دور ستارهٔ A می‌گردد و شعاع مدار آن برابر با یک واحد نجومی است. برای چنین ناظری ستارهٔ B در حالت کم نور از قدر ۱/ ۱۸ – در نورانی‌ترین حالت از قدر ۶/ ۲۰ – دیده خواهد شد. قدر ماه بدر ۱۲/۷- و قدر خورشید ۲۶/۷- است). زمانی که B در درخشانترین وضعیت به سر می‌برد، ستارهٔ A (در فاصلهٔ ۱ واحد نجومی) ۴۰۰ مرتبه روشنتر از ستارهٔ B است و روشنایی B ناچیز است. چرا که مقدار اعظم نوری که سیارهٔ مورد نظر دریافت می‌کند مربوط به ستارهٔ خودش (A) است.

با استدلالی مشابه برای ستارهٔ B، به همان نتیجه خواهیم رسید. سیاره‌ای را در نظر بگیرید که به دور ستارهٔ B گردش می‌کند و شعاع مدارش یک واحد نجومی است. برای این سیاره، ستارهٔ A در نزدیکترین حالت از قدر ۲۱/۹- و در دورترین حالت از قدر ۱۹/۴- خواهد بود. نوری که این سیاره دریافت می‌کند، به خاطر دور و نزدیک شدن ستارهٔ A، تغییر می‌کند. اما این تغییرات فقط به اندازهٔ ۳ درصد کل نور دریافتی است، این مقدار، از مقدار تغییر سالانه نورخورشید، که در نتیجه بیضی بودن مدار زمین حاصل می‌شود، کمتر است. بنابراین گردش ستاره‌های B,A به دور یکدیگر مانعی برای پیدایش حیات به حساب نمی‌آید و این دو ستاره شرط سوم را دارا هستند.

ستارهٔ پروکسیمای قنطورس همانند بسیاری دیگر از کوتولهای سرخ، یک ستارهٔ شراره‌ای است که ممکن است نورش در عرض چند دقیقه دو یا سه برابر شود. در اطراف این ستاره بقای هر نوع حیات بسیار مشکل خواهد بود. بنابراین پروکسیمای قنطورس در امتحان پایداری نور، مردود می‌شود.

چهارمین شرط مربوط به سن ستاره است. سن خورشید در حدود ۴/۶ میلیارد سال است و در روی زمین، برای تحول حیات و پدیدآمدن موجود هوشمند فرصت کافی وجود داشته است. تقریباً نیمی از ستاره‌های کهکشان ما جوانتراز خورشیدند. اگر حیات هوشمند برای

تحول احتیاج به ۴ تا ۵ میلیارد سال دارد، پس نباید انتظار داشت که در اطراف ستاره‌های جوان، حیات هوشمند، وجود داشته باشد وسن ستاره باید حداقل به اندازهٔ سن خورشید باشد. تعیین سن بیشتر ستاره‌ها کاری است نسبتاً دشوار، درمورد خورشید، ما با توجه به اطلاعاتی که از صخره‌های زمین وماه کسب می‌کنیم می‌توانیم سن خورشید را تعیین کنیم. ولی خوشبختانه سن آلفای قنطورس را می‌توان بخوبی تعیین کرد. هر چه ستارهٔ رشته اصلی، پیر می‌شود پرنورتر می‌شود. مثلاً اکنون درخشندگی خورشید ۴۰ درصد بیشتر از زمان تولدش است. اگر جرم یک ستاره را به دقت بدانیم می‌توانیم تغییرات درخشندگی آن را بر حسب عمرش محاسبه کنیم. ستاره‌های آلفای قنطورس A,B یک منظومهٔ دوتایی تشکیل می‌دهند. بنابراین جرمشان را با دقت خوبی می‌توان تعیین کرد جرم آنها به ترتیب برابر

خورشید ونزدیکترین همسایگانش				
	خورشید	آلفای قنطورس A	B	پروکسیما
رنگ	زرد	زرد	نارنجی	سرخ
گونه طیفی	G۲	G۲	K	M۵
دما	$۵۸۰۰^{\circ}K$	$۵۸۰۰^{\circ}K$	$۵۳۰۰^{\circ}K$	$۲۷۰۰^{\circ}K$
جرم	۱/۰۰	۱/۰۹	۰/۹	۰/۱
شعاع	۱/۰۰	۱/۲	۰/۸	۰/۲
درخشندگی	۱/۰۰	۱/۵۴	۰/۴۴	۰/۰۰۰۰۶
قدر ظاهری	-۲۶/۷	۰	۱/۴	۱۱/۱
قدر مطلق	۴/۸۵	۴/۳۸	۵/۷۴	۱۵/۵۴
فاصله (سال نوری)	۰	۴/۳۵	۴/۳۵	۴/۲۲

با ۱/۰۹ و ۰/۹۰ جرم خورشید است. به خاطر نزدیکی منظومه به ما می‌توان درخشندگی را نیز به دقت تعیین کرد و از آنجا به سن هر ستاره پی برد. دو منجم در سال ۱۳۵۷ این کار را انجام دادند و سن ستاره‌های A و B را ۶ میلیارد سال به دست آوردند. در سال ۱۳۶۵، با استفاده از جدیدترین اطلاعات، سن این دو ستاره در حدود ۵ میلیارد سال اعلام شد. بنابراین ستاره‌های B,A اندکی مسن‌تر از خورشیدند و حیات هوشمند در اطراف آنان، زمان لازم برای رشد داشته است. پروکسیما چطور؟ اگر پروکسیما با B,A متولد شده بود سنش در حدود ۵ تا ۶ میلیارد سال بود. ولی فعالیت‌های شراره‌ای ستاره حاکی از جوان بودن آن است، زیرا شراره‌ای بودن ستاره از مشخصات جوانی است. سن پروکسیما احتمالاً یک میلیارد سال است، یعنی همزمان با ستاره‌های B,A متولد نشده ولی بعدها توسط آنها به دام افتاده است. بنابراین، پروکسیما این شرط را هم ندارد.

پنجمین و آخرین شرط آن است که آیا ستاره عناصر سنگین (مثل کربن، نیتروژن، اکسیژن و آهن) مورد نیاز برای پیدایش حیات را دارد یا نه؟ خورشید مانند بیشتر ستاره‌ها عمدتاً از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است ولی ۲ درصد وزن آن متعلق به فلزات است (در نجوم ستاره‌ای به همهٔ عناصر سنگینتر از هلیوم فلز گفته می‌شود) اگر چه ۲ درصد مقدار زیادی به نظر نمی‌رسد ولی نشاندهنده این است که ابری که خورشید و سیارات از آن تشکیل شده اند، برای تشکیل حیات در زمین، مواد اولیه کافی را داشته است. خورشید در مقایسه با ستاره‌های کهکشان، از حیث داشتن عناصر فلزی وضعیت بهتری دارد.ستاره‌های پیرتر مواد فلزی کمتری دارند و این ممکن است در مورد ستارهٔ آلفای قنطورس A و B نگران کننده به نظر برسد، چون سن این دو ستاره از سن خورشید بیشتر است.

اما ستاره‌های A و B هر دو پرفلزند. اخترشناسان، فراوانی مواد فلزی موجود در دو ستاره اصلی آلفای قنطورس را اندازه گرفته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که این دو ستاره پرفلزتر از خورشیدند. بنابراین آلفای قنطورس در این امتحان موفق است.

پس حالا اطلاعاتمان را در مورد سه ستاره آلفای قنطورس جمعبندی می‌کنیم. ستارهٔ A همه شرایط لازم را دارد. ستاره‌ای است پایدار، پرفلز، متعلق به رشته اصلی و از نوع G، با

سنی اندکی بیش از خورشید. ستارهٔ B حداقل چهار شرط لازم را دارد. ستاره‌ای است پایدار، پرفلز، متعلق به رشته اصلی و با سن کافی برای پیدایش حیات. تنها مشکلش گونه طیفی آن است که حکایت از سرد بودن ستاره دارد. کوتوله سرخ پروکسیما فاقد شرایط لازم است.

سیارات مناسب

برای پیدایش حیات، وجود فقط یک ستارهٔ مناسب کافی نیست. مسلماً در کنار این ستاره، سیاره‌ای مناسب نیز باید وجود داشته باشد تا حیات در آن تکوین یابد، سیارهٔ گرم و صخره‌ای مانند زمین که آب مایع فراوان نیز داشته باشد.

در اینجا مسئله بسیاردشوار می‌شود. هنوز سیاره‌ای در اطراف آلفای قنطورس کشف نکرده ایم تا بخواهیم از حیث وجود حیات بررسی‌اش کنیم. مسئله دیگر این است که ستاره‌های آلفای قنطورس B,A به هم نزدیکند. شتاب گرانشی هر کدام ممکن است در مدار سیاره‌های متعلق به ستارهٔ دیگر اختلال ایجاد کند.

اگر ستاره‌های قنطورس B,A خیلی به هم نزدیک بودند، سیارات به دور هر دوی آنها گردش می‌کردند. ساکنان چنین سیاره‌هایی همیشه نور ستاره‌هایشان را در آسمان خود می‌دیدند. از سوی دیگر، اگر این دو ستاره خیلی از هم دور بودند، هر کدام منظومهٔ سیاره‌ای خود را داشتند. در آسمان چنین سیاره‌هایی همیشه یک خورشید وجود داشت و یک جسم بسیار نورانی دیگر، وضعیت ستاره‌های آلفای قنطورس B,A بین دو حالت فوق است. پروکسیما، از دو ستارهٔ دیگر دورتر است. احتمالاً سیاره‌هایی دارد ولی به دلیل اینکه کوتوله سرخ است، در سیاره‌هایش حیات وجود ندارد.

پس مرحلهٔ دوم امتحان را شروع می‌کنیم. اولین سوال این است که آیا در اطراف این دو ستاره مدارهای پایدار وجود دارند یا نه؟ اگر سیاره‌ای یک واحد نجومی از ستارهٔ A فاصله داشته باشد آیا در مدارش باقی می‌ماند یا گرانش ستارهٔ B آن را از مدارش خارج می‌کند؟ قوانین مکانیک سماوی حاکی از آن است که در اطراف هر ستاره تعداد محدودی مدار

پایدار می‌تواند وجود داشته باشد. برای اینکه مداری پایدار باشد باید شعاع آن از یک پنجم حداقل فاصلهٔ بین دو ستاره، کمتر باشد. ستاره‌های B,A در نزدیکترین حالت ۱۱ واحد نجومی از هم فاصله دارند. بنابراین می‌توانند سیاره‌هایی داشته باشد که در مدارهایی با شعاع حدود ۲ واحد نجومی گردش می‌کنند.

در منظومه‌شمسی، فاصله چهار سیاره تا خورشید، کمتر از ۲ واحد نجومی است که عبارتنداز: عطارد (به فاصله ۰/۴ واحد نجومی از خورشید)، زهره (۰/۷ واحد نجومی)، زمین (۱واحد نجومی) و مریخ (۱/۵ واحد نجومی)

بنابراین هر کدام از مؤلفه‌های B,A آلفای قنطورس ممکن است فقط چهار سیاره داشته باشند. مدار این سیاره‌ها مانند مدار چهار سیارهٔ داخلی منظومه‌شمسی خواهد بود. آزمون دوم این است که ببینیم آیا خود سیاره‌ها اصلاً تشکیل شده‌اند یا نه.

در منظومه‌شمسی زمانی سیاره‌ای در بین مشتری و مریخ در حال تشکیل بوده است. ولی گرانش قوی مشتری مانع از شکل‌گیری آن شده است و به خاطر همین یک کمربند سیارک بین مشتری و مریخ وجوددارد. حول و حوش آلفای قنطورس وضعیت بسیار حادتر است، چون جرم هر یک از ستاره‌های B,A هزار برابر جرم مشتری است، هنگامیکه از مادهٔ پیش سیاره (منظور ماده‌ای که سیاره از آن تکوین می‌یابد) سیاره‌ای نمو می‌کند نیروی جاذبهٔ ستاره‌های B,A می‌توانند از تشکیل سیاره ممانعت کند. اگر چنین باشد در منظومه آلفای قنطورس فقط تعداد زیادی سیارک وجود خواهد داشت.

تا به حال دو شرط را در مورد سیارات مطرح کردیم. اینکه مدارهای پایداری در اطراف ستاره وجود داشته باشد و اینکه نیروی گرانش ستاره‌های B,A مانع از تشکیل سیارات نشود. اما سوال مهمتری هم باید مطرح کرد: آیا چنین سیاره‌هایی در حال حاضر وجوددارند یا اینکه نابود شده‌اند؟ برخی از منجمین امیدوارند که تلسکوپ فضایی هابل در آینده سیاراتی را در اطراف ستارهٔ آلفای قنطورس کشف خواهد کرد. تا چنین رصدهای دقیقی صورت نگیرد نمی‌توان با قاطعیت به این پرسش جواب داد.

حالا اگر فرض کنیم که سیاره‌هایی در اطراف آلفای قنطورس وجود دارد، باید ببینیم که

در چه صورتی حیات در آنها تکوین خواهد یافت. فرض می‌کنیم که هر کدام از ستاره‌های B,A چهار سیاره دارند و مدار آنها شبیه مدار عطارد، زهره، زمین و مریخ است.سیارات مناسب برای حیات باید صخره‌ای و کوچک باشند مانند سیاره‌های عطارد، زهره، مریخ و زمین. همچنین فاصله آنها تا ستاره نیز مهم است.

سیاراتی که به صورت کرات گازی بزرگی هستند و مانند سیارات خارجی منظومه‌شمسی، یعنی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون مقادیر زیادی هیدروژن و هلیم دارند، برای این منظور مناسب نیستند.

به عقیده منجمین، ترتیب قرار گرفتن سیارات در منظومه‌های دیگر همانند منظومه‌شمسی است، یعنی سیارات داخلی کوچک و جامدند و سیارات خارجی بزرگ و گازی. در داخل سحابی اولیه منظومه‌شمسی، سیارات در نقاط مختلف و دماهای مختلف به وجود آمده‌اند. در قسمت داخلی سحابی (که داغ بوده است)، فقط مواد سخت مانند آهن و سنگ، سیارات را تشکیل داده اند، و به خاطر همین است که سیارات داخلی جامدند. در قسمت خارجی منظومه‌شمسی، به دلیل سرما، فقط مواد غیر جامد مانند متان و آمونیاک وجود داشته است و سیارات این قسمت توده‌های عظیم گازی‌اند.

۱۰ سوال برای تمام ستاره‌ها				
آیا در رشته اصلی است؟	خورشید	آلفای قنطورس A	B	پروکسیما
آیا گونه طیفی مناسبی دارد؟	بلی	بلی	بلی	بلی
آیا درخشندگیش ثابت است؟	بلی	بلی	شاید	نه
آیا سن ستاره مناسب است؟	بلی	بلی	بلی	نه
آیا عناصر کافی دارد؟	بلی	بلی	بلی	نه؟
آیا سیاراتی با مدار پایدار دارد؟	بلی	بلی	بلی	؟
آیا امکان تشکیل سیاره هست؟	بلی	؟	؟	بلی
آیا در هر حال حاضر سیاره‌ای دارد؟	بلی	؟	؟	بلی
آیا امکان دارد سیارات کوچک و جامد داشته باشد؟	بلی	بلی	بلی	؟
آیا امکان وجود سیاراتی در کمربند حیات هست؟	بلی	شاید	شاید	نه

شرط لازم برای وجود حیات در روی سیارات، فاصله آنها از ستاره‌ای است که به دورش می‌گردند. در منظومه‌شمسی، زهره بیش از حد به خورشید نزدیک است و دمای زیادی دارد. در حالیکه مریخ از خورشید دور و بی اندازه سرد است. فقط دمای زمین برای تکوین حیات هوشمند مناسب است. به عبارت دیگر تنها زمین در فاصله مناسب قرار گرفته است.
درمنظومه‌شمسی محدوده‌ای را می‌توان مشخص کرد که اگر سیاره‌ای در آن باشد، دمایش برای پیدایش و رشد حیات هوشمند مناسب است. این محدوده کمربند حیات نامیده می‌شود. متأسفانه در تعیین پهنای کمربند حیات اتفاق نظر وجود ندارد. برخی از منجمین عقیده دارند که حدود این کمربند از ۹۵ /۰ تا ۱/۰۱ واحد نجومی است. در تحقیقاتی که اخیراً انجام شده است، این پهنا ۰/۹۵ تا ۱/۵ واحد نجومی به دست آمده است. البته ذکر این نکته ضروری است که دمای سیاره تنها به فاصله آن از خورشید بستگی ندارد. عامل دیگری که در مقدار دمای سیاره دخالت دارد، اندازهٔ آن است.به طور کلی هر چه سیاره بزرگتر باشد، دمای آن بیشتر است. مریخ به دلیل فاصله زیادش از خورشید بیش از اندازه سرد است، ولی عده‌ای معتقدند که اگر مریخ به اندازهٔ زمین بود، دمایش برای بقای حیات مناسب بود.

به همین ترتیب برای هر کدام از ستاره‌های آلفای قنطورس B,A می‌توان یک کمربند حیات تعیین کرد. در منظومهٔ شمسی سیارات داخلی در حدود ۰/۴ واحد نجومی از هم فاصله دارند. فرض می‌کنیم سیارات داخلی دو ستارهٔ B,A هم به فاصله ۰/۴ واحد نجومی از یکدیگر قرار دارند. اگر پهنای کمربند حیات این ستاره‌ها ۰/۱ واحد نجومی باشد هر ستاره با احتمال ۱/۴، سیاره‌ای در داخل کمربند حیات خواهد داشت. چنانچه کمربند حیات آنها پهنتر باشد، احتمال فوق افزایش می‌یابد. مثلاً اگر این پهنا به اندازهٔ ۰/۲ واحد نجومی باشد، هر ستاره به احتمال ۵۰درصد یک سیاره در کمربند حیات خواهد داشت. چنین سیاره‌ای همانند زمین گرم خواهد بود، آب خواهد داشت و احتمالاً مکانی مناسب برای زندگی خواهد بود.

با وجود این همه شرایط مناسب، هنوز در مورد وجود حیات هوشمند در اطراف ستارهٔ

آلفای قنطورس نمی‌توانیم قاطعانه نظر دهیم. گذشته از تمام شرایطی که تاکنون بررسی شده اند، شرایط دیگری نیز لازمند.

فرض می‌کنیم که حداقل یکی از ستاره‌های آلفای قنطورس شرایط لازم را داشته باشد و در اطراف آن سیاره‌های مناسبی مثل زمین یافت شوند. در اینجا سه سوال مطرح می‌شود. این سوالات از حوزه نجوم خارجند و به علم زیست شناسی مربوط می‌شوند.

اولین سوال این است که اگر سیارات مناسبی در منظومه آلفای قنطورس باشند آیا در روی آنها حیات اولیه تکوین یافته است؟ عده‌ای از دانشمندان به این سوال پاسخ مثبت می‌دهند. آنها عقیده دارند که در روی زمین چنین اتفاقی افتاده است. ولی ما اطمینان نداریم که زمین سرمشق و نمونهٔ تکوین حیات در عالم باشد. تاکنون در هیچ مکانی، البته بجز زمین، وجود حیات آشکار نشده است. بعلاوه مبدأ حیات در زمین همچنان به عنوان راز باقی مانده است. بنابراین اگر در منظومه آلفای قنطورس سیارات مناسبی یافت شوند، این امکان نیز وجود دارد که فاقدموجودات زنده باشند.

سوال دوم این است که اگر در این سیارات موجودات اولیه به وجود آمده باشند آیا به نمونه‌های کاملتری تبدیل شده‌اند؟ در زمین ابتدا موجودات تک سلولی به موجودات پرسلولی تبدیل شدند و سپس انواع پیچیده‌تری از حیات مانند گیاهان و حیوانات به وجود آمدند. اما هیچ تضمینی وجود ندارد که در کرات دیگر هم، چنین اتفاقی بیفتد. ممکن است در سیارات فرضی آلفای قنطورس صرفاً موجودات اولیه و تک سلولی وجود داشته باشند. آخرین سوالی که مطرح می‌شود این است: در صورتی که موجودات زنده پیشرفته‌ای در این کرات وجود داشته باشند آیا آنها هوشمندانند؟ در این مورد هم هیچ تضمینی وجود ندارد. در سیارات دیگر ممکن است سرعت رشد و تحول از آنچه در روی زمین است بیشتر باشد. در چنین سیاراتی اگر موجودات باهوش وجود داشته باشند، رقیب‌هایی پرقدرت برای ما به حساب می‌آیند وحتی ممکن است آیندهٔ ساکنان زمین را به خطر بیندازند.(البته ممکن است موجودات مهربان و شریفی هم باشند) این امکان هم وجود دارد که موجودات آلفای قنطورس از نظر زیستی پیچیده ولی فاقد هوش باشند، مثلاً ممکن

است مانند گیاهان و درختان زمین باشند.

سوالاتی که در زمینه زیست شناسی مطرح شدند منحصر به ستارهٔ آلفای قنطورس نیستند. اگر چه در حال حاضر قادر به پاسخگویی آنها نیستیم اما از شانس بزرگی که ستارهٔ آلفای قنطورس دارد چیزی کم نمی‌شود.

آلفای قنطورس A برای منظور ما بسیار مناسب است. در بین ستارهٔ نزدیک به خورشید، این ستاره بیشترین شباهت را با خورشید دارد. ولی در کهکشان ما، ستاره‌های A,B تنها ستاره‌های محتمل برای وجود حیات نیستند. این دو ستاره به خاطر فاصله کمی که از خورشید دارند اهمیت خاصی دارند. دومین ستارهٔ نزدیک به خورشید ستارهٔ بارنارد است. این ستاره همانند پروکسیمای قنطورس، یک کوتوله سرخ است و ستاره باارزشی نیست. بعداز آلفای قنطورس ستاره τ (تاو) از صورت فلکی قیطس نزدیکترین ستاره از گونه طیفی G به خورشید است. فاصله آن، دو برابر فاصله ستارهٔ بارنارد تا خورشید است. ستاره τ قیطس یک ستارهٔ منفرد است و ممکن است سیاراتی در اطراف آن وجود داشته باشد. اما فراوانی عناصر فلزی آن در حدود یک سوم خورشید است. کربن و اکسیژن از این نوع عناصرند که حیات متکی بر آنهاست.

بنابراین ستارهٔ آلفای قنطورس اهمیت ویژه‌ای دارد و اگر سیاره‌ای در اطراف آن کشف شود اهمیتش بیشتر خواهد شد. زیرا سیارات آن به احتمال زیاد شبیه زمین خواهند بود.اگر روزی انسان بخواهد سفینه‌ای را به طرف ستاره‌ها بفرستد، آلفای قنطورس اولین مقصد خواهد بود.

۱۰ ستارهٔ ممتاز از صد ستاره نزدیک به خورشید				
رتبه	ستاره	قدر مطلق	گونه طیفی	فاصله (سال نوری)
۱	شعرای یمانی A	۱/۴۲	A_1	۸/۷
۲	نسر واقع	۲/۲۴	A_7	۱۶/۵
۳	شعرای شامی A	۲/۶۴	F_5	۱۱/۴
۴	آلفا قنطورس A	۴/۳۸	G_2	۴/۳۵
۵	اتا ذات الکرسی A	۴/۶۱	G	۱۹/۱
۶	دلتا طاووس	۴/۷۶	G_7	۱۸/۶
۷	خورشید	۴/۸۵	G_2	۰
۸	تاو قیطس	۵/۷۲	G_8	۱۱/۸
۹	آلفا قنطورس B	۵/۷۴	K_1	۴/۳۵
۱۰	۷۰ حوا A	۵/۷۶	K	۱۶/۱

ضمائم

CO کربن منواکسید:

گازی است که رنگ و بو خاصی ندارد و بر اثر ناقص سوختن کربن در مجاورت اکسیژن به وجود می‌آید.

CO_2 کربن دی اکسید:

گازی است بی رنگ و بی بو این گاز در اثر احتراق زغال یا مواد آلی که در مجاورت اکسیژن به صورت کامل می‌سوزد، بوجود می‌آید.

آلانین:

آلانین یک اسید آمینه‌ی نوع یک با فرمول شیمیایی $CH_3\ CH\ (NH_2)\ COOH$ است.

آلانین یک اسید آمینه‌ی غیر قطبی است که زنجیر جانبی آن یک گروه متیل به کار رفته است.

آلفا a:

پرتویی که دارای بار الکتریکی مثبت است که دارای ۲ پروتون و ۲ نوترون.

الکترون:

ذره‌ای با بار الکریکی منفی که پیرامنون هسته اتم می‌چرخد.

آمونیاک:

آمونیاک گازی است بی رنگ، با مزه تند و زننده که اشک آور و خفه کننده است.این گاز از هوا سبک‌تر بوده و به سهولت به آمونیاک مایع تبدیل می‌شود.

آمینو اسیدها:

در شیمی به هر مولکول که شامل گروه‌های کاربردی آمینه و کربوکسیلیک اسید است گفته می‌شود. آمینو اسید واحد تشکیل دهنده پروتئین است.آمینو اسیدها در ابرهای میان ستاره‌ای ساخته می‌شوند. آمینو اسیدها در شهاب سنگ‌ها و در زمین وجود دارد پس نتیجه می‌گیریم. اگر آمینو اسیدها در فضای میان ستاره‌ای وجود دارند ممکن است حیاتی شبیه به زمین در دیگر نقاط کیهان نیز وجود داشته باشد.

آنتروپی:

کمیتی ترمودینامیکی است که اندازه‌ای برای درجه بی نظمی در هر سیستم است. هر چه درجه بی نظمی بالاتر باشد آنتروپی بیشتر است.

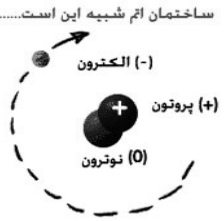
آنیون:

به یو نهایی با بار الکتریکی منفی می‌گویند.

ابر مولکولی:

ابر میان ستاره‌ای که بیش‌تر از مولکول‌های هیدروژن و کمی از مولکول‌های دیگر مانند مونواکسید کربن تشکیل شده است.

اتم:



کوچکترین ذره‌ی یک عنصر که با اتم‌های سایر عناصر ترکیب می‌شود و اجسام مختلف را به وجود می‌آورد. اتم‌ها از سه ذره‌ی زیر اتمی به نام پروتون (P)، نوترون (N) و الکترون

(E) ساخته شده‌اند.

اسید نوکلئیک:

به زنجیره‌های مولکولی که از پیوستن تعداد زیادی نوکلئوتید تشکیل شده است گفته می‌شود. این اسید در بدن همه جانوران یافت می‌شود.

اسید و باز:

اسید به‌تر کیباتی گفته می‌شود که در واکنش‌های شیمیایی پروتون (یون H^+) از دست می‌دهد ولی بازها به ترکیباتی گفته می‌شود که در واکنش‌هایی شیمیایی پروتون (یون H^+) می‌پذیرد.

ایزوتوپ:

اتم‌های یک عنصر که عدد اتمی (Z) یکسان ولی عدد جرمی (A) متفاوت دارند. عدد اتمی بیانگر تعداد پروتونها هسته اتم است. بنابراین ایزوتوپ‌های یک عنصر در تعداد پروتون یکسان ولی از لحاظ تعداد نوترون‌های موجود در هسته با هم تفاوت دارند.

برای مثال هیدروژن دارای ۳ ایزوتوپ است هیدروژن ۱ (پروتیوم) هیدروژن ۲ (دوتریوم)، هیدروژن ۳ (ترتیتیوم) که به ترتیب ۰، ۱ و ۲ نوترون است.

اگر نسبت تعداد نوترون‌های موجود در یک ایزوتوپ به پروتون‌های آن خیلی کم یا خیلی زیاد باشد. هسته تمایل به متلاشی شدن پیدا می‌کند.

بتا (β):

پرتویی دارای بار الکتریکی منفی است که جریانی از الکترون است که با سرعت تقریبی $۱۳۰/۰۰۰\ Km/s$ سیر می‌کند.

به هم کنش قوی هسته‌ای:

نیرویی که در هسته پرتون‌ها را کنار هم نگه می‌دارد.

پروتون:

ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت که در هسته اتم جای دارد.

پرتوهای X:

تابش الکترومغناطیس با انرژی بالا

پلاسما:

همه انسانها سه حالت از ماده را می‌شناسند. جامد، مایع، گاز، ولی پلاسما نوع چهارم ماده می‌باشد. واژه پلاسما به گازهای یونیزه شده‌ای اطلاق می‌شود که در اثر فشار بالا ماده، همه یا بخشی قابل توجهی از اتم‌های آن یک یا چند الکترون از دست داده و به یونها مثبت تبدیل شده‌اند.

پلی ال‌ها:

گونه‌ای از الکل‌ها که شامل چند گروه هیدروکسیل می‌باشد.

پورین:

به ترکیباتی گفته می‌شود که حاصل ترکیب یک حلقه پیریمیدین با یک حلقه‌ایمیدازول است.پروین‌ها به همراه پیرمیدین‌ها سازنده بازهای آلی هستند که در ساختار DNA به صورت نوکلئوتید شرکت دارند.

پیریمیدین:

به ترکیب شیمیایی گفته می‌شود که ساختار حلقوی شبیه به حلقه بنزن که متشکل از دو اتم نیتروژن در موقعیت ۱ و ۳ حلقه شش ضلعی خود می‌باشد.

تابش الکترومغناطیسی:

پرتوهای الکترومغناطیسی شامل دو نیروی الکتریکی و مغناطیسی می‌باشد. که بر اساس تئوری موجی، نوعی موج است که در فضا انتشار می‌یابد. نور مرئی فقط بخش از امواج الکترومغناطیسی را تشکیل می‌دهد.

تابش الکترومغناطیس بر حسب قدرت به ترتیب: امواجی رادیویی، اشعه فروسرخ، نور مرئی، اشعه فرا بنفش، اشعه ایکس و پرتوی گاما

ترئولین:

جزء آلفا آمینو اسیدها با فرمول شیمیایی $HO_2\ CCH\ (NH_2)\ CH(OH)_{CH3}$ می‌باشد. از

خانواده آمینو اسیدها ضروری با پیوند قطبی می‌باشد.

جدول تناوبی عناصر:

آرایش عنصرهای شیمیایی به ترتیب افزایش عدد اتمی که در آن عنصرهایی با خواص مشابه در یک ستون قرار گیرند و این تشابه در فواصل منظمی تکرار شود.

جرم:

میزان ماده موجود در یک جسم یا میزان تاثیر پذیری آن از گرانش.

دوتریوم:

ایزوتوپ دوم هیدروژن است که علاوه بر پروتون یک نوترون نیز درون هسته آن وجود دارد و نماد آن H^{2}_{1} اگر مولکول آب توسط دوتریوم تشکیل شود به آن آب سنگین می‌گویند. در هر لیتر از آب دریا ۳۵ گرم دوتریوم وجود دارد. دوتریوم یکی از پایه‌های لازم برای هم جوشی هسته‌ای است.

رادیواکتیویته(پرتوزایی):

نشر خود به خودی اشعه رادیو اکتیو به وسیله‌ی هسته اتمی ناپایدار که طی این فرایند به هسته‌ای متفاوت تبدیل می‌شود، عناصر رادیو اکتیو طبیعی اشعه آلفا،بتا،گاما منتشر می‌کند.

سوخت سه آلفا:

هسته هلیوم با سه ذره آلفا ترکیب می‌شود و یک هسته کربن ایجاد می‌کند.

شکافت هسته ای:

در این روش با شکافتن هسته عناصر سنگین و تبدیل آنها به عناصر سبک‌تر انرژی تولید می‌شود. این پدیده عکس هم جوشی هسته‌ای است. این روش در صنایع تولید برق و نیروگاه‌های هسته‌ای در راکتورهای زمین برای کسب انرژی استفاده می‌شود.

عدد اتمی:

به تعداد پروتون‌های موجود در هسته اتم بیان می‌شود. عدد اتمی سمت چپ پایین علامت اختصاری عنصر نوشته می‌شود. (هیدروژنH_{1}) (اکسیژنO_{8}) عدد اتمی اصولاً به شمار محل هر اتم در جدول تناوبی است.

عدد جرمی:
مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته اتم می‌باشد که علامت اختصاری آن در بالا سمت چپ می‌باشد.

عنصر:
ماده‌ای که ذره‌های سازنده آن اتم یا مولکول‌هایی هستند که از یک نوع اتم ساخته شده‌اند.

کاتیون:
به یو نهایی با بار الکتریکی مثبت می‌گویند.

کانی سیلیکاتی:
از ترکیب شدن سلیسیم، اکسیژن و یک یا چند فلز به دست می‌آید.

کربنات:
یون کربنات یک آنیون چند اتمی با فرمولی تجربی CO_3^{2-} است. این مولکول از یک اتم کربن به وسیله‌ی ۳ اتم اکسیژن تشکیل شده است.

کربو کسیلیک اسیدها:
دسته‌ای از ترکیبات آلی اکسیژن دار هستند که در ساختار خود دارای گروه عاملی کربوکسیل $COOH$ می‌باشند. عامل اسیدی $COOH$ همیشه سر زنجیر قرار می‌گیرد.

کربوهیدرات‌ها:
یکی از انواع مولکول‌های زیستی هستند که از نظر شیمیایی آنها را پلی هیدروکسی آلدئید یا پلی هیدروکسی کتون می‌دانند، هیدرات‌های کربن از اتم‌های کربن، هیدروژن، اکسیژن تشکیل شده‌اند و نقش آنها در بدن بیشتر به عنوان مولکول‌های ذخیره کننده انرژی عمل می‌کنند.

کروژن:
مواد رسوبی شکننده‌ای هستند که در حلال‌های آلی غیر انحلال هستند و دارای ساختمان پلیمری می‌باشند، کروژن‌ها از کربن، هیدروژن، اکسیژن و مقدار کمی سولفید و گاز ازت

تشکیل شده‌اند.

کندریت‌ها:

گونه‌ای از شهاب سنگ‌ها می‌باشد که از بقایای منظومه‌شمسی هستند که بعضی از آنها درون فضا باقی مانده‌اند و بعضی از آنها روی زمین افتاده‌اند. زمین شناسان از کندریت‌ها استفاده می‌کنند تا ترکیب شیمیایی اصلی داخل زمین را به دست آورند. این گونه شهاب سنگ‌ها حاوی کربن می‌باشند.

گاما (Y):

تابش الکترومغناطیس با طول موج بسیار کوتاه که نوعی نور، پر انرژی است و بدون بار الکتریکی شبیه اشعه X است.

ماده:

هر آنچه که جرم دارد و فضایی را اشغال می‌کند.

مگنتیت:

Magnetite از واژه یونانی *Magnec* به معنای آهن ربا گرفته شده است. فرمول شیمیایی آن Fe_3O_4 از مجموعه کانی‌هایی است که به سختی در اسید (Hcl) حل می‌شود این کانی اولین بار در سویس کشف شد و از نظر مغناطیسی بسیار قوی می‌باشد.

مواد آلی:

هر نوع ترکیب شیمیایی (جامد، مایع، گاز) می‌گویند که در مولکول‌های خود دارای کربن باشد.

مولکول دو اتمی یا چند اتمی:

در مولکول‌های عناصر، همه اتم‌ها یکسان‌اند. تعدادی از عناصر در طبیعت به صورت مولکول‌های دو اتمی یا چند اتمی هستند.

مولکول:

مجموعه‌ای از اتم‌ها که به وسیله‌ی پیوندهای شیمیایی به هم متصل شده‌اند و مانند یک واحد رفتار می‌کنند.

مولکول‌های آب:
مولکول‌های آب از اتم‌های اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده و توسط پیوند هیدروژنی به هم متصل می‌شوند.

نوترون:
ذره‌ای خنثی و بدون بار که در هسته اتم جا دارد.

نوترینو:
ذره زیر اتمی بسیار فراوانی که طی هم جوشی هسته‌ای در ستاره‌ها تولید می‌شود. نوترینوها جرم بسیار کمی دارند و به سبب اثر گذاری کم به محیط اشکار سازی آن‌ها بسیار مشکل است.

نیتروژن:
نیتروژن یک گاز بی رنگ، بی بو است که ۷۸ درصد جو زمین را در بر گرفته است.

نیتریل:
ترکیب شیمیایی است که دارای گروه عاملی $C \equiv N$ هستند. در این ترکیب کربن با نیتروژن پیوند سه گانه دارد و این عامل از سوی کربن به اتم‌های دیگر وصل می‌شود.

هسته اتم:
هسته اتم ناحیه‌ای با جرم بالا است که پرتون‌ها و نوترون‌ها در آن قرار گرفته‌اند. اندازه‌ی هسته اتم از اندازه‌ی خود اتم بسیار کوچکتر است و تقریبا تمام جرم اتم را که از ذرات پروتون و نوترون سبب می‌شود در این ناحیه قرار دارد.

هم جوشی هسته‌ای:
واکنش اتمی است که در آن هسته اتم‌های سبک طی دما و فشار زیاد با هم ترکیب می‌شوند و هسته‌ی اتم سنگین‌تری را می‌سازند. برای مثال با جوش دادن هسته اتم‌های سبکی چون هیدروژن، عنصر سنگین‌تری چون هلیوم به دست می‌آید.

هیدروکربن:
موادی هستند که در ساختار مولکولی آنها تنها عناصر کربن و هیدروژن وجود دارد.

یوراسیل:
یک باز نوکلئوتیدی و از مشتقات پیریمیدین است که در ساختار *RNA* دیده می‌شود.

یون:
به اتم یا گروهی از اتمها که دارای بار الکتریکی باشند. یک یون ممکن است دارای بار مثبت (به علت از دست دادن یک یا چند الکترون) یا بار منفی (به علت گرفتن یک یا چند الکترون) باشد.

یونش:
فرایندی فیزیکی، تبدیل اتم‌های مولکول‌ها به یون به وسیله‌ی افزدون یا کاستن ذرات بار دار از قبیل الکترون و یا سایر یون‌ها می‌باشد.

یونیدگی:
فرایندی است که اتم‌ها الکترون از دست می‌دهند یا الکترون دریافت می‌کنند.

منابع

Astronochemistry from astronomy to astrobiology
Andraw M.SHAW
SPECTOPHYSICS/A.P.THORNE
MODERN ASTROPHYSICS/N.RIAZI
ASTROPHYSICAL CONCEPTS/MARTIN HARWIT
INTRODUCTION TOSELLAR ASTROPHYSICS/ERIKA BOHM
OPTICS/EUGENE HECHT
Astronomy , April 1991*, pp.* 30 – 37

سعید علمدار میلانی، محمد قنادی مراغه، شیمی هسته ای، سازمان انرژی اتمی ایران ۱۳۸۴

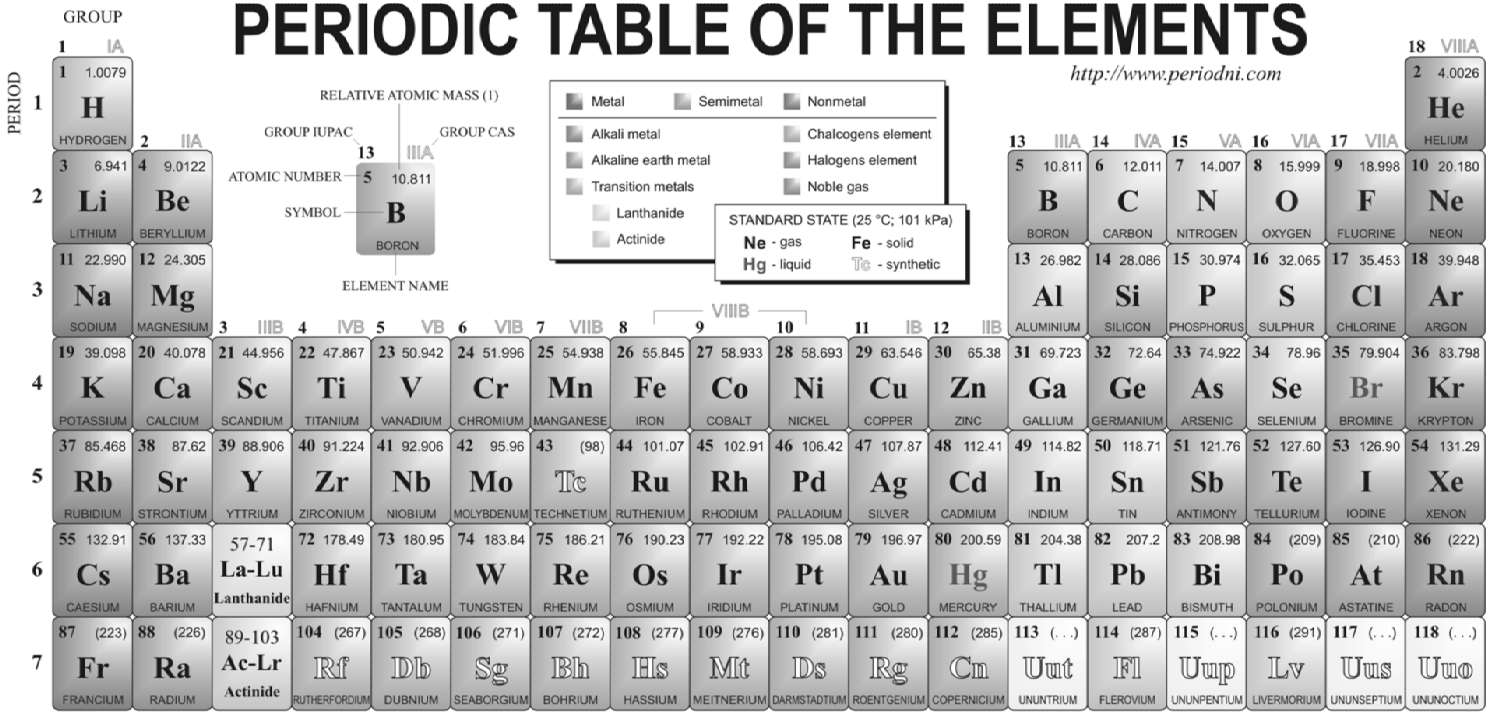
مایکل ا. سیدز، اساس ستاره شناسی، ترجمه زهره اشرفی و دکتر فاطمه صالحی جلد ۲، مشهد، دانشگاه امام رضا (ع) ۱۳۸۳

مایکل ا. سیدز، اساس ستاره شناسی، ترجمه دکتر محمد تقی عدالتی جلد ۱، مشهد دانشگاه امام رضا (ع) ۱۳۸۳

ندا حجازی، بررسی امکان وجود کربن در مواد میان ستاره ای

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

http://www.periodni.com



	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 1.0079 H HYDROGEN																	2 4.0026 He HELIUM
2	3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BERYLLIUM											5 10.811 B BORON	6 12.011 C CARBON	7 14.007 N NITROGEN	8 15.999 O OXYGEN	9 18.998 F FLUORINE	10 20.180 Ne NEON
3	11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNESIUM											13 26.982 Al ALUMINIUM	14 28.086 Si SILICON	15 30.974 P PHOSPHORUS	16 32.065 S SULPHUR	17 35.453 Cl CHLORINE	18 39.948 Ar ARGON
4	19 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANIUM	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROMIUM	25 54.938 Mn MANGANESE	26 55.845 Fe IRON	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu COPPER	30 65.38 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SELENIUM	35 79.904 Br BROMINE	36 83.798 Kr KRYPTON
5	37 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.96 Mo MOLYBDENUM	43 (98) Tc TECHNETIUM	44 101.07 Ru RUTHENIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag SILVER	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn TIN	51 121.76 Sb ANTIMONY	52 127.60 Te TELLURIUM	53 126.90 I IODINE	54 131.29 Xe XENON
6	55 132.91 Cs CAESIUM	56 137.33 Ba BARIUM	57-71 La-Lu Lanthanide	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALUM	74 183.84 W TUNGSTEN	75 186.21 Re RHENIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINUM	79 196.97 Au GOLD	80 200.59 Hg MERCURY	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb LEAD	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATINE	86 (222) Rn RADON
7	87 (223) Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinide	104 (267) Rf RUTHERFORDIUM	105 (268) Db DUBNIUM	106 (271) Sg SEABORGIUM	107 (272) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (276) Mt MEITNERIUM	110 (281) Ds DARMSTADTIUM	111 (280) Rg ROENTGENIUM	112 (285) Cn COPERNICIUM	113 (. . .) Uut UNUNTRIUM	114 (287) Fl FLEROVIUM	115 (. . .) Uup UNUNPENTIUM	116 (291) Lv LIVERMORIUM	117 (. . .) Uus UNUNSEPTIUM	118 (. . .) Uuo UNUNOCTIUM

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM	58 140.12 Ce CERIUM	59 140.91 Pr PRASEODYMIUM	60 144.24 Nd NEODYMIUM	61 (145) Pm PROMETHIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.05 Yb YTTERBIUM	71 174.97 Lu LUTETIUM

ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMERICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKELIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELEVIUM	102 (259) No NOBELIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM

Copyright © 2012 Eni Generalić

(1) Pure Appl. Chem., **81**, No. 11, 2131-2156 (2009)
Relative atomic masses are expressed with five significant figures. For elements that have no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element. However three such elements (Th, Pa and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.