بنام خداوند بخشنده‌ی مهربان

سفر به ژرفای کیهان

همراه با

استیون هاوکینگ

گردآوری و ترجمه

رسول تیرانداز

تقدیم به...

تمام تو
که تمام می‌شود
تا
من، آغاز شوم!

مادر...

فهرست مطالب

	پیشگفتار	۹
فصل ۱	موجودات بیگانه	۱۳
فصل ۲	سفر در زمان	۳۷
فصل ۳	تاریخ کائنات	۶۱
پیوست ۱	ناحیه‌ی مو طلایی	۱۱۱
پیوست ۲	ابرسیاهچاله‌ها	۱۲۳
	مراجع	۱۳۷

پیشگفتار

بزرگترین دشمن انسان جهل نیست، بلکه توهم دانستن است.
"استیون هاوکینگ"

ما، یعنی نسل پیشرفته‌ای از انسان‌ها، آن هنگام که قدم در حجم بی‌حصار کیهان می‌گذاریم، بالاجبار در واحدها دستکاری می‌کنیم تا لایتناهی بودن اقیانوس کیهان را به حد درک انسانی پائین بیاوریم. آنجا که واحد کیلومتر و مایل در برابر عظمت کائنات در می‌مانند و ذهن انسان با همه‌ی توانایی و دانایی در مقابله با شاهکار طبیعت به زانو می‌افتد، به واحد سال نوری پناه می‌آوریم تا فواصل خارج از حد تصور کیهانی را در قالب اعداد کوچک‌تر نشان دهیم. ناخودآگاه این پرسش که جواب آن همیشه راز بزرگی برای رصدگران بوده است ذهن انسان را دچار خویش می‌کند که براستی آسمان کجا تمام می‌شود؟؟ و بقول لوکرتیوس اگر آسمان‌ها مرزی دارند، چه چیزهایی ممکن است در خارج از این مرزها وجود داشته باشد؟؟ اگرچه انسان برای فرار از ایده‌های گیج‌کننده‌ای همچون کائنات

متناهی و نامتناهی دست بدامان ایده‌ای جدید شده است[1]، اما بنظر می‌رسد راز متناهی یا نامتناهی بودن جهان هستی برای انسان، همچون راز عظمت اقیانوس برای ماهی، هرگز فاش نخواهد شد و سرانجام مجبوریم با باور بر تئوری‌ها و ایده‌هایمان به آرامش برسیم.

مقایسه‌ای بین تاریخ تمدن بشر با تاریخ کائنات، نشان می‌دهد که بشریت پدیده‌ی جدیدی برای کائنات بحساب می‌آید و تاریخ تمدن ما بر روی زمین همچون پلک برهم زدنی در تاریخ کائنات است. چنین بازه‌ی کوتاهی از زمان ناخودآگاه لبخند مبهمی بر لبان آدمی می‌نشاند و انسان را حیرت‌زده در تار و پود زمان، در برابر عظمت آفریننده‌ی این اقیانوس بی‌کران، به سکوت مبهمی وادار می‌کند.

از پیچیدگی حاکم بر نظام آفرینش که بگذریم، وجود فیزیکی بشر در برابر سیاره‌ی خویش همچون غباری بیش نیست و از طرفی بزرگی زمین در برابر خورشید و دیگر ستارگان را بهتر است جدی نگیریم! چراکه آن بیرون ستاره‌ای بنام وی وای کلب اکبر[2] وجود دارد که قطر آن $۲/۸\times۱۰^{۹}$ کیلومتر است. برای تصور عظمت این ستاره یک هواپیمای مسافربری را در نظر بگیرید که با سرعت ۹۰۰ کیلومتر بر ساعت در امتداد سطح این ستاره به پرواز درآید. در اینصورت زمان لازم برای یک دور چرخش بدور این ستاره ۱۱۰۰ سال خواهد بود. این هایپر غول سرخ[3] بزرگترین

1- ایده‌ی کائنات متناهی اما بدون مرز، به گفته‌ی ماکس بورن یکی از بزرگترین ایده‌ها درباره‌ی ماهیت جهان است که تا بحال مطرح شده است (مراجعه شود به کتاب اسرار کائنات، بخش اول، فصل دوازدهم، نوشته‌ی ابراهیم ویکتوری).

2 – VY Canis Majoris

3 – Red Hypergiant

ستاره‌ایست که بشر تا کنون موفق به کشف آن شده است، با این وجود مانند نقطه‌ی بسیار ناچیزی در بین میلیاردها ستاره‌ی موجود در پیچ و تاب دیسکی پهناور بنام کهکشان راه شیری پنهان شده است و البته کهکشان راه شیری نیز تنها یکی از صدها میلیارد کهکشان موجود در عرصه‌ی جهان هستی است که در فواصل بسیار دور از یکدیگر در این حجم پر رمز و راز منظره‌ای زیبا را شکل داده‌اند. لذا بنظر می‌رسد مقایسه‌ی انسان و حتی سیاره‌ی زمین در برابر عظمت کائنات قیاس بجایی نباشد، چراکه بدون تردید ذهن ما قادر به تمیز دادن انسان در برابر این پهنه‌ی وسیع نخواهد بود. مسئله اینجاست چه رازی در این نکته نهفته است که خالق این عظمت بیکران، که بدون شک تیزبین‌ترین اذهان هم قادر به تعریف او نخواهند بود، انسان و شاید موجوداتی دیگر در سیارات دور از دسترس ما را بواسطه‌ی ابزاری بنام هوش متمایز نموده و چنین سخاوتمندانه نعمت حیات را در اختیار ما قرار داده است؟!

کتاب پیش‌رو که در سه بخش و دو پیوست ارائه شده است، مجموعه‌ایست از تراوشات ذهن دانشمند بزرگ، استیون هاوکینگ، در رابطه با امکان وجود موجودات بیگانه و سفر در زمان که از جذاب‌ترین و در عین حال اسرارآمیزترین مسائل در دنیای علم محسوب می‌شوند. هاوکینگ در بخش آخر کتاب با سفری به تاریخِ فضا و زمان، چگونگی پیدایش جهان هستی را، از لحظه‌ی آغازین تا دنیایی که امروز در آن بسر می‌بریم مرور می‌کند و نهایتاً داستان عالم وجود را در آینده‌های بسیار دور دنبال نموده و نظریات خود را در ارتباط با چگونگی پایان یافتن

همه‌ی این چیزها در اختیار ما قرار می‌دهد. لازم است خاطرنشان کنم که استیون هاوکینگ کتابی با عنوان کتاب حاضر ندارد، و این مجموعه در واقع برگردانیست از یک فیلم مستند سه بخشی تحت همین عنوان[1] که از زبان آقای هاوکینگ در سال ۲۰۱۰ ارائه شده است. حقیر، با اعتراف به کمی سرمایه‌ی علمی خویش اقدام به اینکار نموده‌ام و دغدغه‌ی اینجانب در خصوص برگردان این مجموعه حفظ امانت و سادگی نثر آن بوده است، لذا در برخی موارد برای حفظ زیبایی و آهنگ کلام، کلمات و عباراتی را بدون خدشه در مفهوم اضافه یا حذف نموده‌ام. همچنین در مواردی نیز جسارت ورزیده و با هدف درک بهتر مطالب عنوان شده برای خواننده، توضیحاتی را بعضاً در پانوشت‌ها یا همراه با عکس در دل متن گنجانده‌ام. مرجع مطالب اضافه شده منابع معتبر علمی است که لیست آن‌ها در پایان کتاب آورده شده است.

در پایان بر خود فرض می‌دانم تا از دوستان خوبم آقایان وحید لطفی و محمدرضا عبدالهی که به حق، همراهان حقیقی این حقیر در به ثمر رسیدن این تلاش بوده‌اند، و همچنین اهالی نشر ..... که به انتشار این مجموعه اهتمام ورزیدند صمیمانه تشکر کنم.

آمیخته با احترام

رسول تیرانداز

فروردین ۹۲

---

1 – Into The Universe With Stephen Hawking

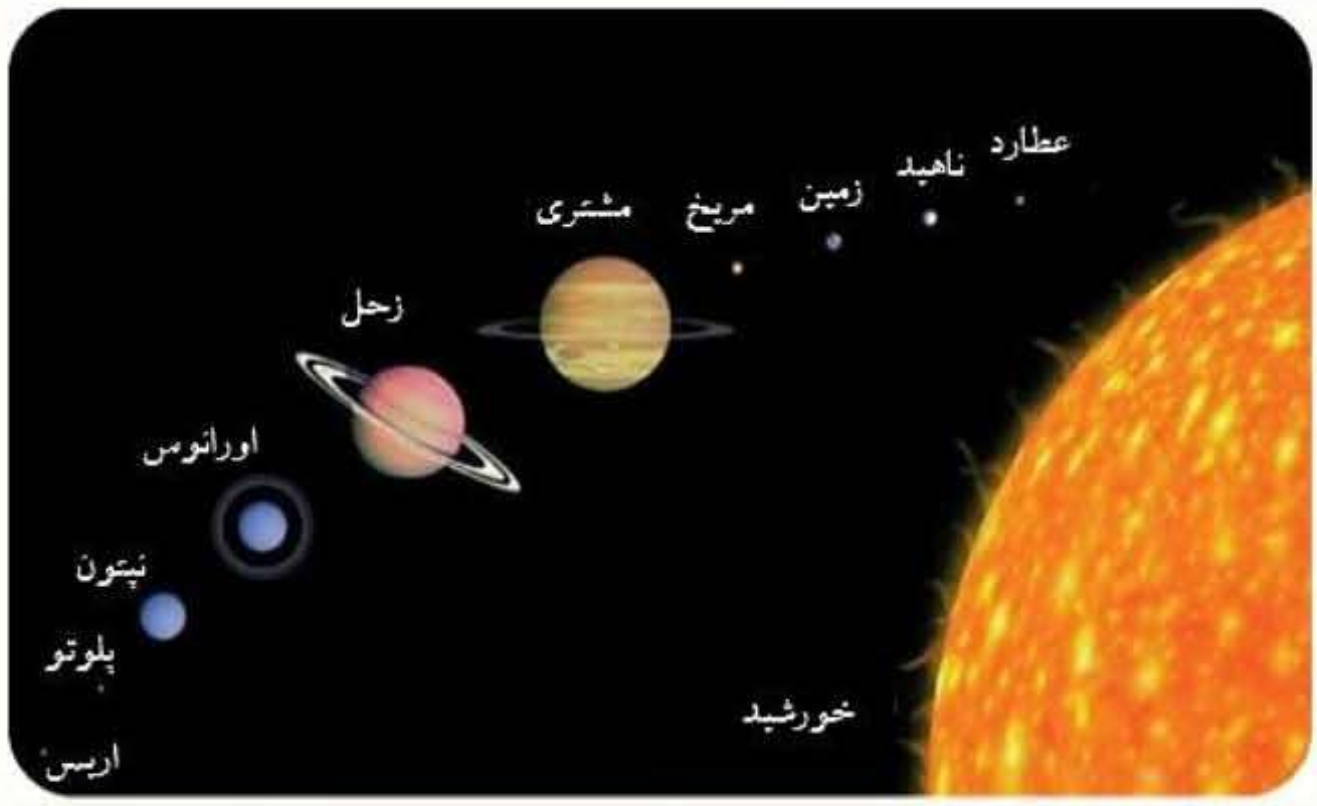
موجودات بیگانه

مقدمه

در این بخش، هـاوکینـگ بـا الحـاق علم و تخیـل به رمزگشـــایی یکی از مهم‌ترین اســـراری که نوع بشـــر با آن روبروســـت می‌پردازد و در این تلاش، احتمال وجود موجودات فرازمینی، هوشـــمند بودن این موجودات و نتایج برقراری ارتباط با آن‌ها را از زوایـای مختلف مورد بررســـی قرار می‌دهـد. وی در تخیلاتش برای یافتن حیات فرازمینی منظومه‌ی شـمسـی را پشـت سـر گذاشـته و با عبور از قمرهای مشتری به کهکشـانی نه چندان دور سفر می‌کند و در این بین به معرفی اَشکال احتمالی حیات بیگانگان می‌پردازد. اســـتیون هاوکینگ که خود را فیزیکدان، کیهان شـــناس، و تا حدی هم رویاپرداز! معرفی می‌کند، با درنوردیدن مرزهای جســـم فیزیکی و نادیده گرفتن تمام محدودیت‌های حرکتی‌اش، به آزادی ذهن خود اشـاره می‌کند و با طرح سـوالات تأمل‌برانگیزی به کاوش در جهان هسـتی می‌پردازد. سوالاتی از قبیل اینکه آیا موجودات بیگانه در جهان وجود دارند؟ و چنانچه پاسـخ این سـوال مثبت است، کجا می‌توان آن‌ها را یافت؟ ظاهر آن‌ها به چه شـــکلی می‌باشـــد؟ از چه عناصـــری سـاخته شـده‌اند؟ آیا از هوش برخوردارند؟ و اگر با آن‌ها روبرو شویم چه فایده‌ای برای نوع بشر بهمراه خواهند داشت؟

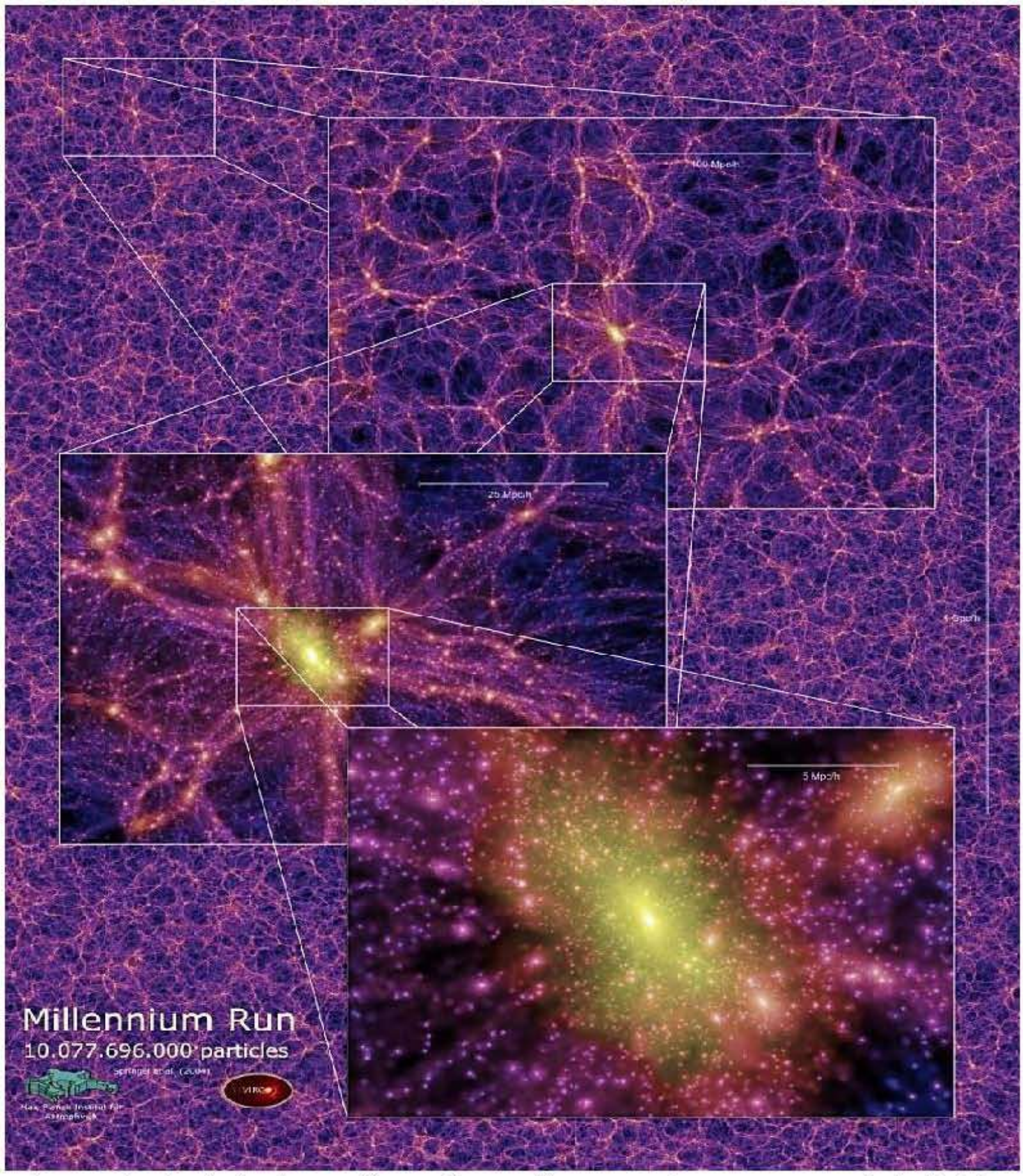
موجودات بیگانه

بنظر می‌رسد مسئله‌ی "موجودات بیگانه‌ی فضایی" سوالات فراوانی را در ذهن بسیاری از افراد بوجود می‌آورد. اینگونه سوالات تحسین‌برانگیز است، چرا که مانند تلنگُری بر احساس ما خواهد بود و این سوال را بهمراه خواهد داشت که واقعاً جایگاه ما در کجای جهان هستی است؟ و آیا ما بر روی این توپ آبی کوچک در جهان تنها هستیم؟ به نظر من این احتمال به دلیل یک حقیقت واضح رد می‌شود و آن، عظمت انکارناپذیر جهان هستی است. سیاره‌ی ما تنها یکی از هشت سیاره‌ای است که در حال چرخش دور به خورشید هستند (شکل۱-۱) و جالب‌تر آنکه خورشید نیز فقط یکی از حدود دویست میلیارد ستاره‌ای است که بر پیکره‌ی مارپیچی عظیم به نام کهکشان راه شیری آرمیده‌اند. بزرگی این مجموعه‌ی شگرف به قدری است که گاهی خود نیز در درک آن به مشکل بر می‌خورم. کهکشان راه شیری با این عظمت مانند قطره‌ای



شکل۱-۱: در این تصویر اندازه‌ی نسبی (و نه فاصله‌ی نسبی) هشت سیاره بهمراه دو سیاره‌ی کوتوله که منظومه‌ی شمسی را تشکیل می‌دهند مشاهده می‌شود. در بین سیاره‌های صخره‌ای، زمین بزرگترین آن‌هاست در حالیکه سیاره‌های گازی قرار گرفته در قسمت خارجی منظومه بسیار بزرگتر از زمین هستند، بطوریکه مشتری بیشتر از ۱۳۰۰ برابر، زحل تقریباً ۷۱٤ برابر و اورانوس و نپتون بترتیب ٦۷ و ۵۷ برابر اندازه‌ی زمین می‌باشند. اندازه‌ی پلوتو ۰/۰۱ برابر زمین است.

کوچک در بین حدود ۱۰۰ میلیارد کهکشان در اقیانوسِ کیهان است که در شبکه‌ای عظیم در همه‌ی جهات گسترده شده‌اند. در این مقیاس، هر نقطه‌ی نورانی نشان‌دهنده‌ی یک کهکشان کامل است که نه تنها زمین کوچک ما را در مقایسه با کائنات نشان می‌دهد، بلکه باور تنها بودن ما در این بی‌کرانِ هستی را نیز به چالش می‌کشد (شکل۲-۱). بنابراین در ذهن ریاضی‌وار من، اعداد و ارقام به تنهایی بررسی وجود موجودات فرازمینی را کاملاً منطقی نشان می‌دهد و در واقع مسئله‌ی اصلی این است که بفهمیم موجودات بیگانه، که احتمال وجود آن‌ها بینهایت و جستجوی آن‌ها در جهان به مراتب وسوسه‌کننده است، به چه شکلی می‌توانند باشند. گستره‌ی حیات موجودات بیگانه می‌تواند از یک لجن سبز رنگ



شکل ۲-۱: این تصویر نشان دهنده‌ی گستردگی شبکه‌ی عظیم کهکشان‌ها در جهات مختلف است. در این شبیه‌سازی کامپیوتری، برای نمایش سیر تکاملی پخش شدن مواد در مکعبی از جهان هستی به ضلع دو میلیارد سال نوری، بیشتر از ده میلیارد ذره بکار رفته است. اجرای کُد مربوط به این شبیه‌سازی، بزرگترین اَبَرکامپیوتر مرکز ابرمحاسبات انجمن ماکس پلانک در آلمان را بیشتر از یک ماه مشغول نگه می‌دارد. در این پروژه، دانشمندان با اعمال روش‌های بسیار پیچیده‌ی مدل‌سازی موفق شده‌اند تاریخ تکاملی بیش از ۲۰ میلیون کهکشان و ابرسیاهچاله‌های موجود در قلب آن‌ها، که در این حجم عظیم ساکن شده‌اند را خلق نمایند. از مقایسه‌ی داده‌های بدست آمده در این شبیه‌سازی و کشفیات شهودی بوضوح می‌توان روند طبیعی که منجر به شکل‌گیری کهکشان‌ها و سیاهچاله‌ها شده است مشاهده نمود.

ساده به کوچکی یک قطره گرفته تا حیوانات پیشرفته را در بر گیرد و البته همه‌ی این احتمالات نقطه‌ی آغازیست برای پی‌بردن به اینکه در دوردست‌های کیهان چه چیزهایی می‌تواند وجود داشته باشد.

در چنین جهان پهناوری، منطقی است که از وجود مخلوقات باهوش و شاید هم متمدن مانند مواردی که در فیلم‌های علمی تخیلی سراغ داریم، حیرت زده شویم. دو فیلم جنگ ستارگان[1] و سفر ستاره‌ای[2] از فیلم‌های مورد علاقه‌ی من هستند که ممکن است بیشتر از آن چیزی که فکر می‌کنیم به واقعیت نزدیک باشند و یا اینکه دست‌کم موارد مشابهی نظیر این فیلم‌ها در جهان امکان‌پذیر هستند. در جهان هستی گونه‌های حیات آنقدر می‌توانند عجیب باشند که ممکن است ما آن‌ها را حتی به عنوان گونه‌ای از حیات هم به رسمیت نشناسیم. ممکن است مخلوقات عجیب و غریبی وجود داشته باشند که در مرکز یک ستاره زندگی می‌کنند و یا اجتماع عظیمی از جانوران میکروسکوپی که به توده‌ی انبوهی از غبار کیهانی[3] شباهت داشته باشند. شاید سرعت بوجود آمدن و از بین رفتن موجودات بیگانه به گونه‌ای باشد که در یک چشم بهم زدن صحنه‌ی کائنات از حضور آن‌ها خالی شود. بنابراین با وجود این همه احتمالات گوناگون، چگونه باید پی برد که به دنبال چه نوعی از حیات هستیم و یا در کجای کائنات بدنبال این نوع خاص از حیات باشیم؟ خوشبختانه جواب این سوال دقیقاً در همان نقطه‌ای است که از آن شروع کرده‌ایم،

---

1 – Star Wars
2 – Star Trek
3 – Cosmic Dust

یعنی در خـانـه‌ی خودمـان زمین، و آن هم به این دلیل ســـاده که زمین پناهگاه تنها گونه‌ی شناخته شده از حیات است!

به نظر می‌رســـد که قوانین فیزیک در همه جای جهان تغییرناپذیر باشـــند بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که قوانین حیات نیز در همه جای جهان باید یکسان باشند، حتی اگر اختلافاتی هم در جزئیات داشته باشند. در واقع می‌توان از حیات موجود بر روی ســـیاره‌ی زمین به عنوان کتاب راهنمایی برای شناسایی حیات موجودات بیگانه استفاده نمود و از طریق آن بـه ماهیت حیات و نحوه‌ی عملکرد آن، فارغ از اینکه در کجای جهان حادث شـــده باشـــد، پی برد. اولین گام در بررســـی این مورد ما را به ٤/٥ میلیارد ســـال پیش، یعنی زمانی که ســـیاره‌ی زمین هنوز کاملاً جوان بود هدایت می‌کند. این که چه عاملی باعث شـــکل گرفتن حیات بر روی ســـیاره‌ی زمین شـــده هنوز بصـــورت یک راز باقی مانده اســـت، ولی نظریه‌های متعددی در این زمینه وجود دارد که یکی از رایج‌ترین آن‌ها این اســـت که حیات بر روی ســـیاره‌ی زمین در حوضـــی از محلول‌های زیستی سرشار از ترکیبی شیمیایی به نام آمینواسید آغاز شده است. بعد از میلیون‌ها سال برخورد این مولکول‌ها ترکیبی کامل ساخته شده و نهایتاً با آخرین پیونـد بین مولکولی حلقه‌ی حیات آغاز شـــده اســـت. نظریه‌ی دیگری به نام پانسپِرمیا[1] اظهار می‌دارد که حیات در جایی دیگر از جهان شـکل گرفته و سپس بوسیله شهاب سنگ‌ها از سیاره‌ای به سیاره‌ی دیگر انتقـال یـافته اســـت. به نظر می‌رســـد تکه‌های ســـنگ توانایی حمل

---

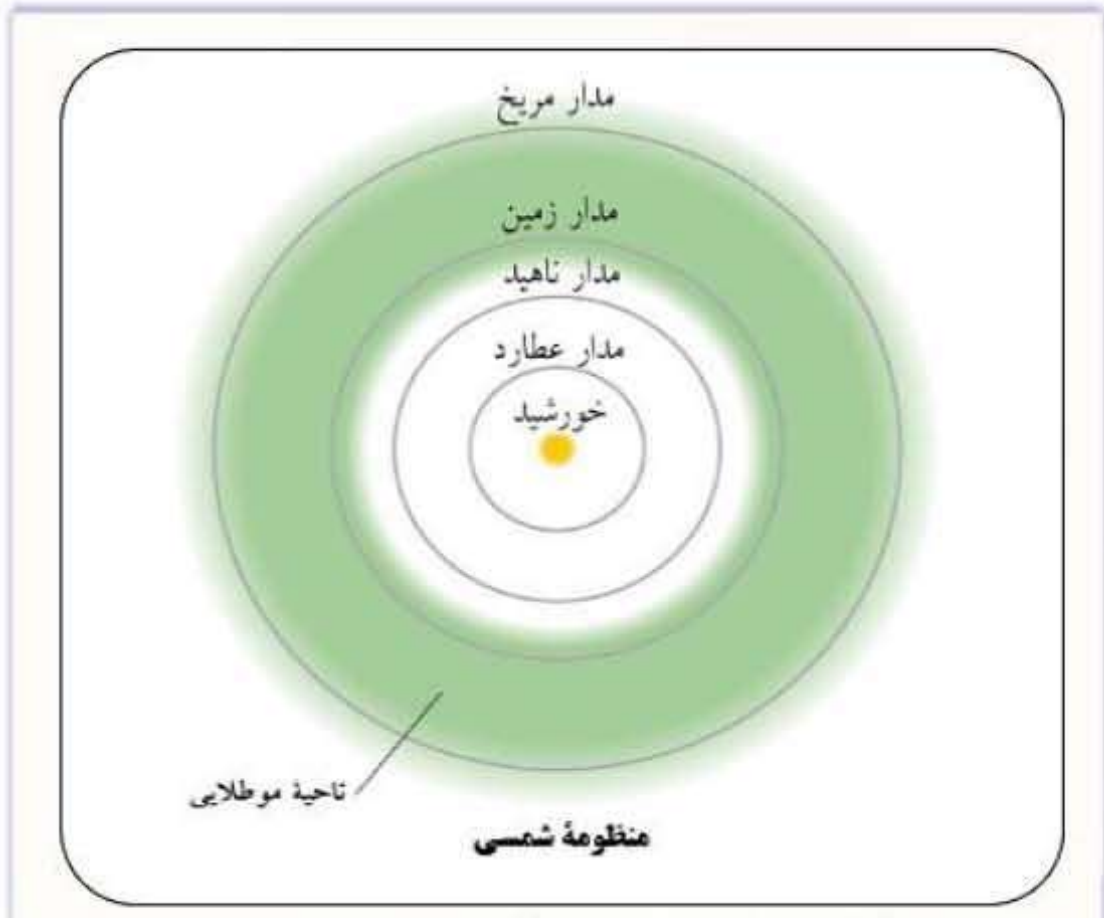
1 – Panspermia

ارگانیسم‌های حیاتی منجمد را در درون خود داشته باشند، ارگانیسم‌هایی که توانایی مقاومت در دماهای بسیار زیاد و خلاء موجود در فضا را دارند. اگر این فرضیه درست باشد، احتمال اینکه شهاب سنگ‌ها در همین لحظه هم در حال انتقال حیات از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر در جهان باشند وجود دارد.

صرفنظر از اینکه کدام نظریه درست است، بمحض اینکه حیات در گوشه‌ای از کائنات آغاز شود، داستان جدید هم شروع می‌شود که "بقا" در رأس آن قرار می‌گیرد. زنده ماندن، رابطه‌ای زنجیره‌وار بین تمامی موجودات برقرار می‌سازد که قوانین خاص مربوط به خود را دارد. ادامه‌ی حیات نیازمند یک منبع انرژی است که ما به آن غذا می‌گوئیم. وقتی منبع انرژی تامین باشد، حیات برای جلوگیری از مرگ هر یک از زیرمجموعه‌های خود شروع به گسترش یافتن خواهد نمود و این اتفاق سرانجام منجر به تکاملی تدریجی می‌گردد. این مراحل ممکن است در نقطه‌ای دیگر از جهان هستی و برای موجودات بیگانه نیز رخ داده و باعث تولید حیواناتی شده باشد که حتی اگر ظاهر آن‌ها مقداری هم عجیب و غریب به نظر برسد، به اعتقاد من باز هم می‌توانیم آن‌ها را بعنوان موجودات زنده در نظر بگیریم.

بنابراین گام بعدی در جستجوی موجودات بیگانه، یافتن مکان یا مکان‌هایی است که در آنجا ارگانیسم‌های حیاتی توانایی یافتن غذا و تکثیر و رشد را داشته باشند. تا آنجا که ما می‌دانیم فرآیند تکثیر و رشد نیازمند یک عامل است و آن آب می‌باشد. آب کلید پیدایش همه‌ی

گونه‌های شـــناخته شـــده‌ی حیات، از باکتری گرفته تا نهنگ‌هاســـت. هر جایی که آب پیدا شـود، شـکل گرفتن حیات موجودات بیگانه هم در آن حوالی امکان‌پذیر اسـت و جالب اینجاسـت که در واقع آب در سـرتاسر جهان و به شـکل یخ زده از کریستال‌های کوچک گرفته تا اجرام آسمانی متحرک به اندازه‌ی یک کوه وجود دارد. اما یافتن آب مایع مسـتلزم پیدا



شکل۳-۱: ناحیه‌ی موطلایی پیرامون خورشید

کردن مکانی با درجه حرارت مناسب می‌باشد. پیرامون هر ستاره منطقه‌ای وجود دارد که نه زیاد داغ است و نه زیاد سرد و دقیقاً دمای مناسبی دارد، درست مثل حریر در داستان موطلایی و سه خرس، بنابراین این منطقه را ناحیه‌ی موطلایی[1] می‌نامیم. همانطور که در شـکل ۳-۱ نشـان داده شـده اسـت، اطراف خورشـید ما دو سـیاره وجود دارند که در این ناحیه قرار گرفته‌اند. این دو سـیاره زمین و مریخ هسـتند و من اطمینان دارم روزی

۱- مراجعه شود به پیوست ۱.

خواهد رسید که بشر بر روی مریخ قدم خواهد گذاشت. از سال ۱۹۷۰ تا کنون ربات‌های کاوشگر ناسا در حال اکتشاف در سیاره‌ی مریخ هستند، ولی هنوز هیچ نشانه‌ای از وجود حیات یافت نشده است. به نظر من، نباید دست از تلاش برداریم و تسلیم شویم. این روبات‌ها در عملیات حفاری خود، زیر سطح مریخ نمک‌های سفیدی را کشف نموده‌اند که بنظر می‌رسد بواسطه‌ی تماس با آب مایع بوجود آمده باشند. تصاویر ماهواره‌ای، مناطقی از رگه‌های فاضلابی و فرسایش یافته را آشکار نموده که احتمالاً در اثر حرکت رودخانه‌ها یا اقیانوس‌ها بوجود آمده‌اند. ممکن است هنوز در این نواحی رطوبتی وجود داشته باشد که بتواند امکان شکل‌گیری حیات را فراهم نماید. امیدوارم روزی برسد که هزینه‌ی لازم جهت فرستادن بشر به سیاره‌ی مریخ فراهم شود. درست به همان صورتی که در دهه‌ی شصت ماموریت آپولو به ماه تخیلات من را تحت تأثیر قرار داد، بدون شک این رخداد نیز تخیلات همگان را تحت تاثیر قرار خواهد داد. به نظر من در این سفر دانشمندان حتی اگر موفق به یافتن چند میکروب مریخی هم شوند، یکی از هیجان‌انگیزترین کشفیات بشر تا به حال خواهد بود. اما چنانچه مریخ هم فاقد حیات باشد، هنوز مکان‌های دیگری برای جستجوی آب مایع وجود دارد. یکی از این موارد در حدود پنجاه میلیون کیلومتر دورتر از مریخ و بر روی قمری کوچک و اسرارآمیز به نام اروپا، که بدور سیاره‌ی غول‌پیکر مشتری در حال چرخش می‌باشد قرار گرفته است. قمر اروپا با درجه حرارت ۲۶۰ درجه زیر صفر و با قطری کمتر از ۳۲۰۰ کیلومتر بسیار سرد و کوچک است. سطح این قمر

بطور کامل توسط یخی با ضخامت تقریبی ۲۵ کیلومتر پوشیده شده، اما با این وجود ممکن است که اروپا دارای منبع گرمایی پنهانی در زیر سطح خود باشد. قمر اروپا هر ۳/٦ روز یک بار، در یک مسیر بیضی شکل به دور مشتری می‌چرخد. در حین حرکت در این مسیر، نیروی گرانشی مشتری دائماً تغییر می‌کند و این تغییر باعث فشرده شدن و کِش آمدن ماهواره‌ی اروپا می‌شود. این فرآیند شبیه ورزیدن خمیر برای گرم و نرم کردن آن است. این امکان وجود دارد که گرمای تولید شده در اثر فشرده شدن و کش آمدن قمر اروپا برای ذوب کردن یخ‌های سطح زیرین کافی باشد و بدین‌ترتیب منجر به شکل‌گیری اقیانوس پنهانی از آب مایع شود که توسط لایه‌ی یخ بالایی از خلاءِ فضا محافظت می‌شود (شکل ٤-١). در اینصورت، امکان حیات موجودات بیگانه در این محیط وجود خواهد داشت، مخلوقاتی که از فرصت بدست آمده در تاریکی این دنیای آبیِ کهن جهت رشد و نمو بهره‌مند شده‌اند.

به نظر من می‌توانیم تا حدودی مشخصات فیزیکی این موجودات را حدس بزنیم. برای مثال از آنجائیکه آب مایع همه جا شرایط یکسانی خواهد داشت، احتمالاً در این محیط، موجودات بیگانه مشابه موجودات اقیانوسی سیاره‌ی خودمان شنا می‌کنند. همچنین ممکن است همانند بسیاری از مخلوقات موجود در اعماق اقیانوس‌های روی زمین، از مواد شیمیایی که در پوستشان وجود دارد برای تولید نور استفاده کنند. شاید هم مانند برخی آبزیان زمینی بصورت جمعی شنا کنند. با این وجود حتی چنانچه حیوانات پیشرفته‌ای هم در ماهواره‌ی اروپا زندگی کنند، بعید

شکل ٤-١: عکس بالا نمایی از قمر اروپا را نشان می‌دهد که توسط فضاپیمای گالیله تهیه شده است. سطوح براق یخ، ترک‌هایی که به سمت افق امتداد یافته‌اند، و رگه‌های تیره‌تر که احتمالاً ترکیبی از یخ و گرد و غبار را در برگرفته است بخوبی نمایان می‌باشد. در سمت راست لایه‌های درونی قمر اروپا و اقیانوسی که احتمال می‌رود در زیر پوشش یخی پنهان شده باشد مشاهده می‌شود.

بنظر می‌رسد که در آینده‌ای نزدیک تلاشی برای برقراری ارتباط با ما انجام دهند. این موجودات درون پیله‌ای از یخی به ضخامت تقریبی ۲۵ کیلومتر حبس شده‌اند و خوشبختانه از دنیای پیرامون خود اطلاعی ندارند. کشف این موجودات مستلزم فرستادن مأموریتی به این قمر می‌باشد که در مقایسه با رفتن به مریخ می‌تواند هزینه و خطرات بسیار بیشتری بهمراه داشته باشد. امیدوارم روزی بشر موفق به رمزگشایی اسرار قمر اروپا شود، اما بهتر است تا آن زمان جستجوی خود را برای کشف موجودات بیگانه با چشم‌اندازی وسیع‌تر ادامه دهیم. به اعتقاد من باید پا را از منظومه‌ی شمسی فراتر گذاشته و به نقاط دورتری که در ماورای منظومه‌ی شمسی در پهنه‌ی هستی قرار گرفته‌اند سفر کنیم.

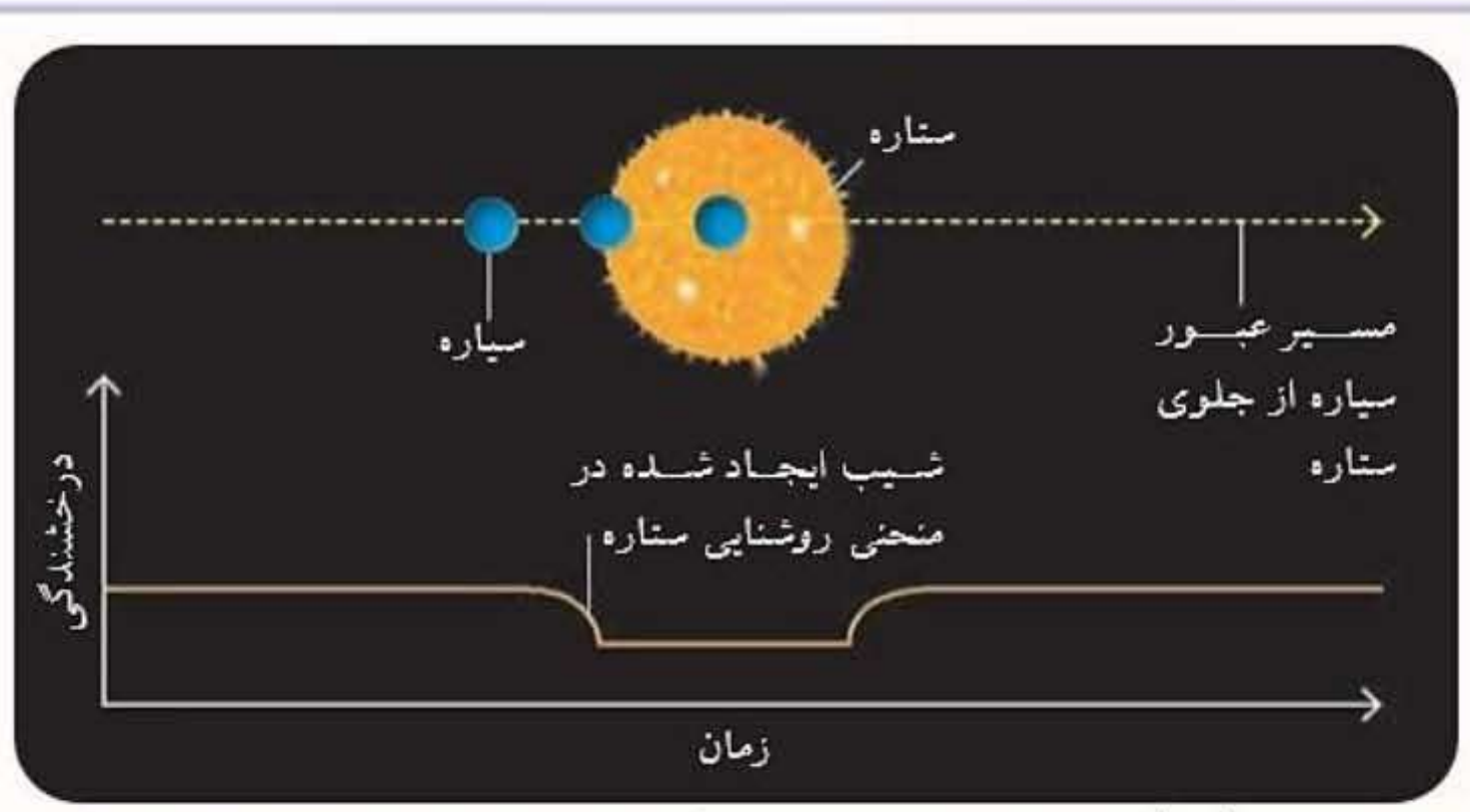
با وجود اینکه ما در پهنه‌ی کائنـات توسط ستارگان احاطه شده‌ایم اما کسی نمی‌داند که چه تعداد سیاره بدور این ستاره‌ها در حال گردش است و چه تعدادی از آن‌ها شـــرایط لازم برای شـــکل‌گیری حیات موجودات بیگانه را دارند. اکتشـاف در جهان هسـتی کار بسیار سختی می‌باشد، چرا که سـتارگان بسـیار بزرگ و بطور حیرت‌آوری از دید ما مخفی بوده و از سـوی دیگر سـیاره‌ها بسـیار کوچک و در عین حال تیره و تار می‌باشند. یافتن چنین مکان‌هایی احتیاج به فن‌آوری پیشرفته‌ای در مقیاس‌های عظیم دارد. در رصـدخانه‌ی هاوایی یکی از قدرتمندترین تلسـکوپ‌های زمینی قرار گرفته است که مجهز به آینه‌هایی با قطـر ۹/۱ متر می‌باشد (شکل ۵-۱). با اینحال حتی این ماشـین غول‌پیکر نیز قادر به مشـاهده‌ی سیاره‌های دوردسـت نیسـت. در عوض، این تلسـکوپ به دنبال سـتارگان لرزانی[1]

شکل ۵-۱: رصدخانه‌ی کِک در هاوایی

---

1 – Wobbling Stars

می‌گرد که لرزش آن‌ها نشـانه‌ای از یک سیاره‌ی کشف نشده است که در مدار این سـتاره‌ها در حال گردش هسـتند. برای درک بهتر این قاعده‌ی کلی حرکت یک ورزشـکار پرتاب چکش را در نظر بگیرید. همچنانکه ورزشکار می‌چرخد، حرکت چکش نیروی کششی بر بدن ورزشکار وارد مـی‌کند و باعث تکـان خـوردن بـدن ورزشـکار از سمتـی بسمت دیگـر می‌شود، همین اتفاق زمانیکه سیاره‌ای بدور ستاره‌ی خود در حال گردش است می‌افتد. زمانی که سیاره بین ما و ستاره‌ی مادر قرار می‌گیرد، خود را آشـکار می‌سـازد. بدین ترتیب که همزمان با عبور سیاره از جلوی ستاره، نور سـتاره تا اندازه‌ای تضـعیف خواهد شـد (شـکل ٦-١). با اسـتفاده از محاسـبات زمانی می‌توانیم تعیین کنیم که آیا این سـیاره در "ناحیه موطلایی" که پیش‌تر به شرح آن اشاره شد، قرار دارد یا خیر. اولین سیاره در فواصـل دور هسـتی در سـال ۱۹۹۵ کشـف شـد و بعد از آن صـدها



شکل ٦-١: چگونگی ردیابی میزان درخشندگی یک ستاره در فواصـل بسـیار دور و تشخیص حضور یک سیاره در اطراف آن. با عبور سـیاره از جلـوی سـتاره میـزان درخشندگی ستاره کاهش می‌یابد. اخترشناسان با این روش قادر به محاسبه‌ی اندازه و جرم سیاره و ویژگی‌های مختلف مدار گردش آن نیز خواهند بود.

سیاره‌ی دیگر هم کشف شد. این اکتشافات واقعاً هیجان‌انگیز هستند چرا که ما را در آستانه‌ی یک پیشرفت بزرگ قرار داده‌اند، پیشرفتی که باعث می‌شود تا دیدگاه ما نسبت به زندگی در جهان مورد بازبینی قرار گیرد و از طرفی هم پیروزی بزرگی برای علم محسوب می‌شود. احتمالاً جایی در دوردست‌های کیهان و شاید نه چندان هم دور از ما، سیاره‌ای صخره‌ای و کمی شبیه به زمین وجود دارد، سیاره‌ای پوشیده شده از آب مایع که حیات در آن شکل گرفته است. احتمالاً بعلت قدرت تکامل، موجودات بیگانه در این سیاره بطور شگفت‌آوری بسیار آشنا به نظر خواهند آمد، حتی اگر در نگاه اول تقریباً شبیه به هرچیز عجیب و غریبی بنظر برسند. برای مثال، اگر چنانچه این موجودات برای تأمین انرژی خود غذا مصرف کنند، در نتیجه احتیاج به یک قسمت ورودی دارند که ما آن را دهان می‌نامیم. بعلاوه اگر بر روی سطحی صاف زندگی می‌کنند احتمالاً پا هم خواهند داشت. البته ممکن است تفاوت‌هایی در جزئیات وجود داشته باشد، ولی برای حرکت بر روی سطح زمین پا اندام مناسبی است. اگر سیاره نور خوبی داشته باشد، وجود چشم‌ها تقریباً تضمینی است. چشم‌ها اجازه می‌دهند که جانور محیط اطرافش را بدقت وارسی کند. حتی موقعیت قرار گرفتن چشم‌ها از قوانینی مشابه آنچه بر روی جانوران زمینی است پیروی می‌کنند. در حیواناتی که شکار می‌شوند چشم‌ها در دو طرف سر قرار می‌گیرد تا بتوانند مراقب حمله‌ی شکارچیان باشند. از آنجاکه تخمین زدن فاصله مهارتی ضروری برای شکار کردن است، حیوانات شکارچی، حتی از نوع موجودات بیگانه، احتیاج به

چشـمانی دارند که در جلوی صـورت قرار داشـته باشند تا جانور بتواند فاصـله را تخمین بزند. احتمالاً سـتیز برای مرگ و زندگی بین موجودات بیگانه نیز وجود دارد.

گونه‌های حیات در سـیاره‌هایی مشابه زمین یا در اقیانوس‌های مخفی شـــده در زیر لایـه‌هـای خـارجی یک قمر، تنها موارد ممکن از حیات فرازمینی نیسـتند. برای جستجوی دیگر گونه‌های حیاتِ موجودات بیگانه می‌توان به اعماق جهان هسـتی سفر نمود و با اقسامی از حیات که کاملاً با حیات موجود بر روی سیاره‌ی زمین متفاوت هستند روبرو شد. ممکن اسـت این موجودات سـیر تکاملی متفاوتی را طی کرده باشند و حیاتشان مسـتقل از آب بوده و احتمالاً به ترکیبات شـیمیایی دیگری وابسته باشند. نیتروژن یکی از این احتمالات اســت که بر روی زمین به صـــورت گاز یافت می‌شـود اما در سـرمای بسـیار زیاد و درجه حرارت ۳۲۰- درجه فارنهایت می‌تواند به صـورت مایع نیز وجود داشـته باشـد. بنابراین این ســوال پیش می‌آید که آیا دنیایی هســت که در آن اقیانوس مواجی از نیتروژن مایع با سـواحلی از نیتروژن جامد وجود داشـته باشد؟ مکانی که در آن موجودات بیگانه در دمایی که انسـان را فوراً می‌کُشـد رشد و نمو می‌کنند. زندگی در چنین محیطی احتیاج به سـاختار شـیمیایی کاملاً متفاوت با موجودات زمینی خواهد داشـت. وجود حیات در این آب و هوای سـرد، مسـتلزم ترکیبی از عناصری متناسب با این نوع آب و هوا و مشـابه با آنچه که ما را سـاخته‌اند اسـت. در این میان مطمئناً اولین عنصر آب می‌باشـد که بر روی زمین بطور متوسط حدود ۳۰ لیتر از بدن جنس

نر را تشکیل داده است. برای موجودات بیگانه در این نوع آب و هوا، آب با نیتروژن مایع جایگزین می‌شود. همچنین علاوه بر آب حدود ۹۰۰ گرم فسفر، ۲۲۵ گرم نمک، آهن کافی، ۱/۳۶ کیلوگرم آهک و ۱۵ عنصر کم مقدار که ممکن است از اجزای تشکیل دهنده‌ی این موجودات باشد و در آخر هم حدود ۲۰ کیلوگرم کربن که ممکن است بجای آن از عنصر دیگری مثل سیلیکن استفاده شده باشد. اگرچه خواص سیلیکن با کربن اندکی متفاوت است، اما می‌تواند همان کار را انجام دهد. با استفاده از این عناصر مناسب، در دماهای بسیار پایین هم امکان شکل‌گیری حیات وجود دارد. در این شرایط آب و هوایی، سطح انرژی بسیار پائین خواهد بود، لذا جانوران برای جلوگیری از حدر رفتن انرژی احتمالاً بسیار کُند حرکت می‌کنند.

دیگر گونه‌های احتمالی حیات می‌توانند عجیب‌تر هم باشند. جستجوهای ستاره‌شناسی برای کشف سیاره‌های دور دست نشان می‌دهد که بسیاری از سیارات کشف شده به نظر می‌رسد سیاره‌های غول‌پیکری تشکیل شده از گاز هستند که شباهت زیادی به مشتری و زحل در منظومه‌ی شمسی ما دارند. ممکن است در این سیارات موجوداتی ساخته شده از گاز وجود داشته باشند که من حدس می‌زنم انرژی مورد نیاز خود را از نیروی طوفان‌های صاعقه‌ای که دائماً در سیاراتی این چنین در حال رخ دادن هستند، بدست می‌آورند.

اگر وجود گونه‌های حیات تا این حد پیچیده ممکن باشد، در واقع وجود حیات در دیگر نقاط جهان هستی دور از انتظار نیست. مطمئناً

تعداد سیاراتی که خارج از ناحیه موطلایی ستارگان قرار می‌گیرند بسیار بیشتر از تعداد سیاراتی است که در داخل این ناحیه واقع شده‌اند. ناگهان بنظر می‌رسد که حیات ممکن است تقریباً هرجایی در پهنه‌ی هستی وجود داشته باشد اما در مجموع به نظر من واقعاً مهم نیست که موجودات بیگانه از چه چیزی ساخته شده‌اند، برای من، اینکه آن‌ها قادر به انجام چه کارهایی هستند مهم است. آیا آن‌ها هم مانند ما راجع به نظام عالم وجود فکر می‌کنند؟ و آیا هیچ تلاشی در راستای رمزگشایی اسرار آن انجام می‌دهند؟ به طور مختصر، آیا آن‌ها هم از هوش برخوردارند و باندازه‌ی ما پیشرفت کرده‌اند؟

اگر جهان هستی مملو از موجودات بیگانه‌ی هوشمند فضایی باشد، به اعتقاد من حداقل بعضی از آن‌ها ممکن است از روی حس کنجکاوی به ما علاقمند شده باشند. البته بسیاری از مردم اعتقاد دارند که موجودات بیگانه هم‌اکنون نیز بر روی زمین هستند. افسانه‌ها در رابطه با آدم‌ربایی توسط بیگانگان از دهه‌ی ۱۹۵۰ تا کنون ادامه داشته‌اند. همچنین نفوذ این داستان‌ها به فیلم‌های رده دوم سینما نیز در خور توجه است که داستان فیلم همیشه به یک شکل پیش می‌رود. به اینصورت که فردی شب‌هنگام در یک جاده‌ی تاریک و ساکت بر اثر یک اتفاق ناگهانی از مسیر خود منحرف می‌شود و بالاخره طی یک اتفاق مرموز ناپدید می‌شود. همیشه در مورد این داستان‌ها تا حدودی مشکوک بوده‌ام چرا که اگر از نگاه موجودات فضایی مسئله را مورد بررسی قرار دهیم، پیمودن مسافت‌های طولانی در فضای بیکران هستی با یک فضاپیمای پیشرفته و تنها به قصد

ربودن یک زمینی غیرمنطقی بنظر می‌رسد. به نظر من چنانچه موجودات فضایی به اینجا آمده بودند روزنامه‌ها مملو از این داستان‌ها بود و حتی اگر دولت‌ها هم درصدد سرپوش گذاشتن بر روی این قضایا بودند، روزنامه‌ها قضایا را مانند سایر موارد مشابه پررنگ‌تر می‌کردند.

بنظر می‌رسد فقدان تماس با موجودات بیگانه بیانگر وجود مشکلات مهم علمی است، چراکه بشر بیشتر از ٤٠ سال است که منتظر دریافت پیامی از فضاست و در تمام این مدت هیچ چیزی عایدش نشده است[1]. البته به جز یک مورد اسرارآمیز که در ١٦ آگوست ١٩٧٧ یک رادیو تلسکوپ در اوهایو سیگنالی را دریافت کرد که بسیار مشهور شد. این تلسکوپ همزمان با چرخش زمین در تجسس سیگنال‌های رادیویی در آسمان‌های مختلف ناگهان سیگنالی را دریافت نمود که باعث هیجان همگان شد. این سیگنال بعدها به سیگنال wow [2] مشهور شد که ظاهراً از یک منبع ثابت امواج رادیویی فرستاده شده بود و درست از نوعی بود که ممکن است از طرف نژاد موجودات فضایی فرستاده شده باشد، چرا که با همه‌ی امواجی که از طبیعت جهان هستی پخش می‌شدند فرق داشت.

1- اولین تلاش‌هایی که در زمینه‌ی جستجوی هوش فرازمینی از طریق ارتباطات رادیویی (**search for extraterrestrial** intelligence (*SETI*)) صورت گرفته است مربوط به اوایل قرن بیستم می‌شود، اگرچه نگاهی به گذشته نشان می‌دهد که همه‌ی این تلاش‌ها بی‌نتیجه بوده‌اند، چراکه دانشمندان در آن زمان از فرکانسی استفاده می‌کردند که قادر به عبور از لایه‌ی یونوسفر زمین نبوده و از طرفی تمرکز بر روی جهان‌های نزدیک مانند سیاره‌ی مریخ بوده که وجود حیات پیچیده در آن غیرمحتمل است. *SETI* در شکل مدرن خود اولین بار در سال ١٩٥٩ توسط دو فیزیکدان بنام‌های جیوسپی کاکِنای و فیلیپ موریسون انجام گرفته است.

2 – WOW Signal

سیگنال دریافت شده، توسط کامپیوتر به صورت ترکیبی از شش حرف الفبا و عدد ثبت گردید و اخترشناسی به نام جری اِمن[1] پس از مشاهده‌ی اطلاعات دریافت شده نام wow را به آن اختصاص داد. بعد از آن آقای اِمن و دیگر اخترشناسان، آسمان را چندین بار جستجو کردند ولی این سیگنال ناپدید شده بود و چیز دیگری هم عاید آن‌ها نشد.

این اتفاق مرموز نشان داد که برقراری ارتباط با موجودات فضایی توسط امواج رادیویی کار بسیار مشکلی خواهد بود. چراکه در چنین جهان بیکرانی رسیدن یک پیغام به مقصدی در فواصل دور کیهانی، احتیاج به زمان بسیار زیادی دارد. سیگنال wow ظاهراً از یک سیستم ستاره‌ای[2] در فاصله‌ی دویست سال نوری از ما فرستاده شده بود، بنابراین حداقل ۲۰۰ سال طول کشیده تا به ما رسیده است. در چنین شرایطی اگر ما جوابی می‌فرستادیم دویست سال دیگر طول می‌کشید تا به آن‌ها برسد که در این زمان طولانی احتمالاً آن‌ها فراموش می‌کردند که چیزی فرستاده‌اند و دست از کاوش آسمان‌ها و انتظار برای جواب می‌کشیدند. حالت بدتر این است که ممکن است در خلال این بازه‌ی زمانی، اقدام به نابودی نسل خود کرده باشند. نسل بشر با سرعت سرسام‌آوری توانست نیروی بمب اتم را کشف کند، چنانچه موجودات فضایی هم به این تکنولوژی دست پیدا کرده باشند، بعید بنظر می‌رسد که نسل آن‌ها دوام

---

1 – Jerry Ehman
2 – Star System

زیادی آورده باشد و شاید بعد از کشف فرمول $E = mc^2$ اقدام به نابودی نسل خود کرده باشند. در اینصورت اگر میلیاردها سال زمان لازم بوده تا تمدن آن‌ها به تکامل برسد، متأسفانه بطور غم‌انگیزی در یک شب از بین رفته است و آنوقت دیگر شانسی برای دریافت جواب از سمت آن‌ها نداشتیم.

موجودات بیگانه در بُعد زمان و مکان بمعنای واقعی از دسترس ما دور هستند. ولی آخرین احتمال ممکن این است که آن دسته از موجودات فضایی که از نابودی نسل خود جلوگیری کرده‌اند، در حال تشکیل دادن مستعمره در جهان باشند. ما برای پیدا کردن این دسته از موجودات بیگانه‌ی پیشرفته دو گزینه‌ی دیگر در اختیار داریم، می‌توانیم منتظر پیامی از فضا باشیم، یا می‌توانیم فعالیت خود را بیشتر کنیم و میل و رغبت خود را برای برقراری ارتباط با موجودات بیگانه به طریقی در جهان اشاعه دهیم. البته باید بدقت مواظب اقدامات احتمالی در این رابطه باشیم، چرا که به عقیده‌ی من این کار می‌تواند کمی پرمخاطره باشد. کافیست نگاهی به خودمان بیاندازیم و ببینیم که چطور ممکن است حیات هوشمند تبدیل به چیزی شود که ما نخواهیم با آن‌ها روبرو شویم.

ما انسان‌ها قدرت این را داریم که سیر تکاملی خودمان را دستکاری کنیم و دقیقاً این قضیه ممکن است در مورد موجودات فرازمینی هم صادق باشد و شاید توانسته‌اند از پیر شدن جلوگیری کنند و واقعاً فناناپذیر شده باشند و فراتر از این، شاید میلیون‌ها سال پیش به این امر دست پیدا کرده باشند. ممکن است بعید به نظر برسد، ولی اگر درباره‌ی

این موضـــوع منطقی فکر کنید، متوجه می‌شـــوید که تکنولوژی بیگانه بایســتی برای ما به اندازه‌ی یک فضــاپیمای پیشــرفته در مقایســه با یک غارنشـین شـگفت‌آور باشـد. من تصـور می‌کنم که ممکن است آن‌ها در فضاپیماهای بسیار پیشرفته و احتمالاً بعد از مصرف همه‌ی منابع سیاره‌ی خودشـان سـرگردان شـده‌اند و در صـدد تسـخیر و سـاکن شدن در هر سـیاره‌ای که در جلوی راهشـان سـبز شود هستند. چنانچه این اتفاق رخ دهد، عاقلانه اسـت که از فرصـت بدست آمده در سیاره‌ی جدید استفاده کنند و برای ادامه مسیرشان از منابع آن برای ساختن فضاپیماهای بیشتر و پیشرفته‌تر بهره‌مند شوند. کسی نمی‌داند که محدوده‌ی این بهره‌برداری از منابع ســیاره‌های مختلف به کجا منتهی می‌شـــود، شـــاید توانایی آن‌ها بواسـطه‌ی مقدار انرژی که می‌توانند تحت کنترل درآوردند محدود شود. البته این مقدار از انرژی می‌تواند خیلی بیشـتر از چیزی باشد که ما تصور می‌کنیم. برای مثال، شـاید توانایی جمع کردن تمام انرژی یک سـتاره را داشـته باشـند. برای انجام این کار آن‌ها بایسـتی میلیون‌ها آینه در فضـای اطراف سـتاره قرار دهند بطوریکه سـرتاسر ستاره را احاطه کنند و همه‌ی توان آن را به نقطه‌ی مرکزیِ جمع‌آوری انرژی متمرکز کنند (شکل ۷-۱). با در دسـت داشـتن چنین توانی شـاید بتوان فواصـل طولانی در فضا را بسـیار سـریع طی کرد و مدخلی بنام کرمچاله[1] بوجود آورد که می‌تواند مانـنـد یک میان‌بُر عمل کند و این امکان را برای موجودات بیگانه فراهم سازد که مسیرهای بسیار طولانی را در یک چشم بر هم زدن طی کنند.

---

1 – Wormhole

شکل۷-۱: ایده‌ی چگونگی جمع آوری انرژی یک ستاره توسط موجودات بیگانه

شاید آن‌ها گونه‌ای تکامل یافته از موجوداتی باشند که مانند انسان‌ها از هرچه که سر راهشان قرار می‌گیرد سوء استفاده می‌کنند. بنابراین اگر این موجودات بیگانه روزی به سراغ ما بیایند، به اعتقاد من پی‌آمد این ملاقات بیشتر از وقتی خواهد بود که کریستفر کلمبوس[1] برای اولین بار پا به سرزمین آمریکا گذاشت و البته این اتفاق برای بومی‌های آمریکا اصلاً خوشایند نبود!

در این بخش سفرمان برای یافتن حیات فرازمینی ابتدا با جستجو برای آب آغاز شد که ما را به جهان‌های خیلی دور هدایت کرد. جهان‌هایی که شرایط حاکم بر آن‌ها اجازه‌ی شروع حیات را می‌دهند و سپس حیات به اشکال مختلف تغییر شکل می‌دهد. با اینحال، احتمال وجود انسان‌های سبز رنگ خیلی کم است! در چنین فضای بی‌کرانی، برای اثبات امکان رخ دادن اتفاقات عجیب و وجود موجودات شگرف و

---

1 – Christopher Columbus

بعید، متأسفانه هیچ منبع شناسایی بجز حیات موجود بر روی سیاره‌ی زمین وجود ندارد. بهتر است که امیدوار باشیم اگر روزی موجودات بیگانه موفق به پیدا کردن ما شدند، به قصد دوستی و صلح بیایند.

۲

سفر در زمان

مقدمه

وعده‌ی سفر در زمان مدت‌های مدیدی است که بعنوان یکی از مطلوب‌ترین "اگر و اما"های دنیای علم بشـــمار می‌رود. در این بخش، هاوکینگ همه‌ی احتمالات موجود در رابطـه با چگونگی تســـخیر زمان را مورد بررســـی قرار داده و دورنمایی از یک تکنولوژی که می‌تواند در این راســـتا بکار گرفته شـــود و تأثیری شـــگرف در همه‌ی جوانب علم بجا بگذارد را ارائه می‌دهد. همچنین به ســوالات زیادی که ممکن اســت ذهن بســیاری از افراد را به خود مشــغول کرده باشــد پاســخ داده است: آیا سفر در زمان امکان‌پذیر اســت؟ آیا بشــر می‌تواند دروازه‌ای به گذشته باز کند؟ یا میان‌بُری به آینده پیدا کند؟ آیا بشر سرانجام می‌تواند با بخدمت گرفتن قوانین طبیعت، زمان را مطیع خویش سازد؟

سفر در زمـــان

روزگاری ایده‌ی سفر در زمان نوعی کجروی علمی بشمار می‌رفت و این دیدگاه باعث می‌شد تا از بیان هرگونه مطلبی در این زمینه خودداری کنم، چراکـه ترس آن می‌رفت به من برچســـب لجبازی و خودرأی بودن زده شـود. اما در حال حاضر احتیاط در این زمینه را کنار گذاشته‌ام و در واقع با وسواس فراوانی که در مورد زمان دارم، بیشتر شبیه به کسانی شده‌ام که استون هِنج[1] را بنا نمودند.

اگر یک ماشین زمان در اختیار داشتم شاید سری به گالیله می‌زدم، آن هم درست در لحظه‌ای که با تلسکوپ خود آسمان را رصد می‌کرد. شاید هم به آینده‌های بســـیار دور جهان ســـفر می‌کردم تا ببینم چه پایانی در

1- استون هِنج مجموعه‌ای از سنگ‌های عظیم است که بگونه‌ای کنار هم چیده شده‌اند که شبیه طرح کلی محلی برای رصـــدهای نجومی‌اند. این مکان، مرحله به مرحله از حدود ســـال ۲۸۰۰ پیش از میلاد تا ۱۰۷۵ پیش از میلاد، در دشـــت سالزبری در جنوب انگلستان ساخته شده است و احتمالاً پیشـــرفته‌ترین رصـــدخانه عصر حجر بوده است. بنظر می‌رسد که از استون هِنج برای رصد حرکت خورشید و ماه استفاده می‌شده است.

انتظار داستان عالم هستی است. برای اینکه بفهمیم اتفاقاتی اینچنین چطور ممکن می‌شوند، لازم است که فاکتور زمان را به عنوان بُعد چهارم و از نگاه فیزیکدانان مورد بررسی قرار دهیم. اینکار آنچنان هم که بنظر می‌رسد سخت نیست. همه‌ی اشیاء فیزیکی اطراف ما، حتی صندلی چرخ‌دار من، سه بُعدی هستند. هر چیزی که در اطراف ما قرار گرفته است یک عرض، یک ارتفاع و یک طول دارد. ولی نوع دیگری از طول هم وجود دارد و آن "طول زمان" است. برای مثال در حالیکه یک انسان در حدود هشتاد سال زندگی می‌کند، استون هِنج عمری بسیار بیشتر و نزدیک به هزاران سال دارد و فراتر از آن، یک منظومه‌ی خوشیدی میلیاردها سال به حیات خود ادامه می‌دهد. همانطوری که هر چیزی دارای یک بُعد طولی در فضا می‌باشد، در راستای زمان هم دارای طول است. سفر در زمان بمعنای حرکت در این بُعد چهارم می‌باشد.

برای درک بهتر این موضوع یک مسافرت معمولی با اتومبیل شخصی خود را در نظر بگیرید. وقتی در یک جاده‌ی مستقیم حرکت می‌کنید در واقع در بُعد اول در حال حرکت هستید، اگر بسمت چپ یا راست بپیچید، در راستای بُعد دوم هم در حال حرکت هستید و نهایتا حرکت در سراشیبی و سربالایی جاده، بمعنای حرکت در بُعد سوم است. به این ترتیب شما در هر سه بُعد در حال حرکت هستید، اما چطور می‌توانیم بر روی زمین در بُعد چهارم یعنی بُعد زمان سفر کنیم؟ و چطور می‌توان راهی برای دست یافتن به این بُعد پیدا نمود؟ بد نیست ابتدا مروری بر ایده‌های پیاده شده در فیلم‌های علمی تخیلی داشته باشیم. مشخصه‌ی

اصـلی فیلم‌های سـفر در زمان اغلب یک ماشین عظیم است که با صرف مقدار زیادی انرژی مسـیری را در بُعد چهارم ایجاد می‌کند. این مسـیر تونلی در زمان اسـت که مسافرِ شجاع زمان در حالی وارد آن می‌شود که هیچ‌کس نمی‌دانـد چه اتفاقاتی در انتظار اوسـت و به چه زمانی سـفر خواهد کرد. این مفهوم خیلی بعید بنظر می‌رسد و ممکن است با واقعیت فاصـله‌ی زیادی داشـته باشـد، اما ایده‌ی سفر در زمان بخودی خود چیز عجیبی نیست، چرا که فیزیکدانان هم به تونل زدن در زمان فکر می‌کنند، اما در این مجال ما از زاویه‌ی متفاوتی به بررسی این موضوع می‌پردازیم.

بسـیار جالب خواهد بود اگر چنانچه در حصار قوانین طبیعت، ایجاد دروازه‌ای به گذشـته یا میانبری به آینده ممکن باشد. همانطور که استنباط می‌شـود، بنظر می‌رسد که این دروازه‌ها وجود دارند و حتی در این زمینه پـا را فراتر گـذاشـتـه و نام کرمچاله[1] را برای آن‌ها انتخاب کرده‌ایم. در حقیقت اطراف ما مملو از کرمچاله‌هاسـت، فقط مشـکل اینجاسـت که اندازه‌ی آن‌ها کوچک‌تر از حدی اسـت که چشمان ما قادر به دیدن آن‌ها باشند، بگونه‌ای که در شکاف‌ها و نقاط پنهان فضا و زمان جای گرفته‌اند. برای درک بهتر این مطلـب کـافیسـت نگـاه دقیقی به اشـیاء اطرافمان بیاندازیم. اگر به اندازه‌ی کافی اجسـام را از فاصـله‌ی خیلی نزدیک نگاه کنید، خواهید دید که هیچ چیز کاملاً صـاف و یکنواختی وجود ندارد، بطوریکه سـوراخ‌ها و پستی بلندی‌های فراوانی را در آن‌ها خواهید یافت. برای مثال همانطور که در شـکل ۱-۲ مشـاهده می‌شود یک توپ بیلیارد

---

1 – Wormhole

شکل۱-۲: پستی بلندی‌ها و شکاف‌های ریز موجود بر روی یک سطح صاف

در نگاه اول کاملاً صاف و بدون سوراخ بنظر می‌رسد، ولی اگر از فاصله‌ی خیلی نزدیک به آن نگاه کنید، سطح آن پُر از پستی بلندی، شکاف‌های ریز و فضاهای خالیست. این قضیه یکی از قوانین اصلی فیزیک است که می‌توان آن را در مورد زمان هم بکار گرفت.

همانطور که در مثال توپ بیلیارد اشاره شد، براحتی می‌توان وجود این قضیه را در سه بُعد مکانی اثبات نمود، اما بنظر من این شکاف‌ها و فضاهای خالی در بُعد چهارم هم درست مانند سه بُعد مکانی وجود دارند؛ با این تفاوت که در بُعد زمان شکاف‌ها، پستی بلندی‌ها و فضاهای خالی در کوچکترین مقیاس‌ها که حتی کوچکتر از مولکول‌ها و اتم‌ها هستند وجود دارند. در این مقیاس به جایی می‌رسیم که آن را کوانتوم فوم[1] می‌نامیم. این مقیاس دقیقاً همان جائیست که کرمچاله‌ها وجود دارند، جائیکه در درون جهان کوآنتومی، تونل‌ها و میان‌برهای بسیار کوچک در فضا و زمان دائماً تشکیل می‌شوند و از بین می‌روند. در

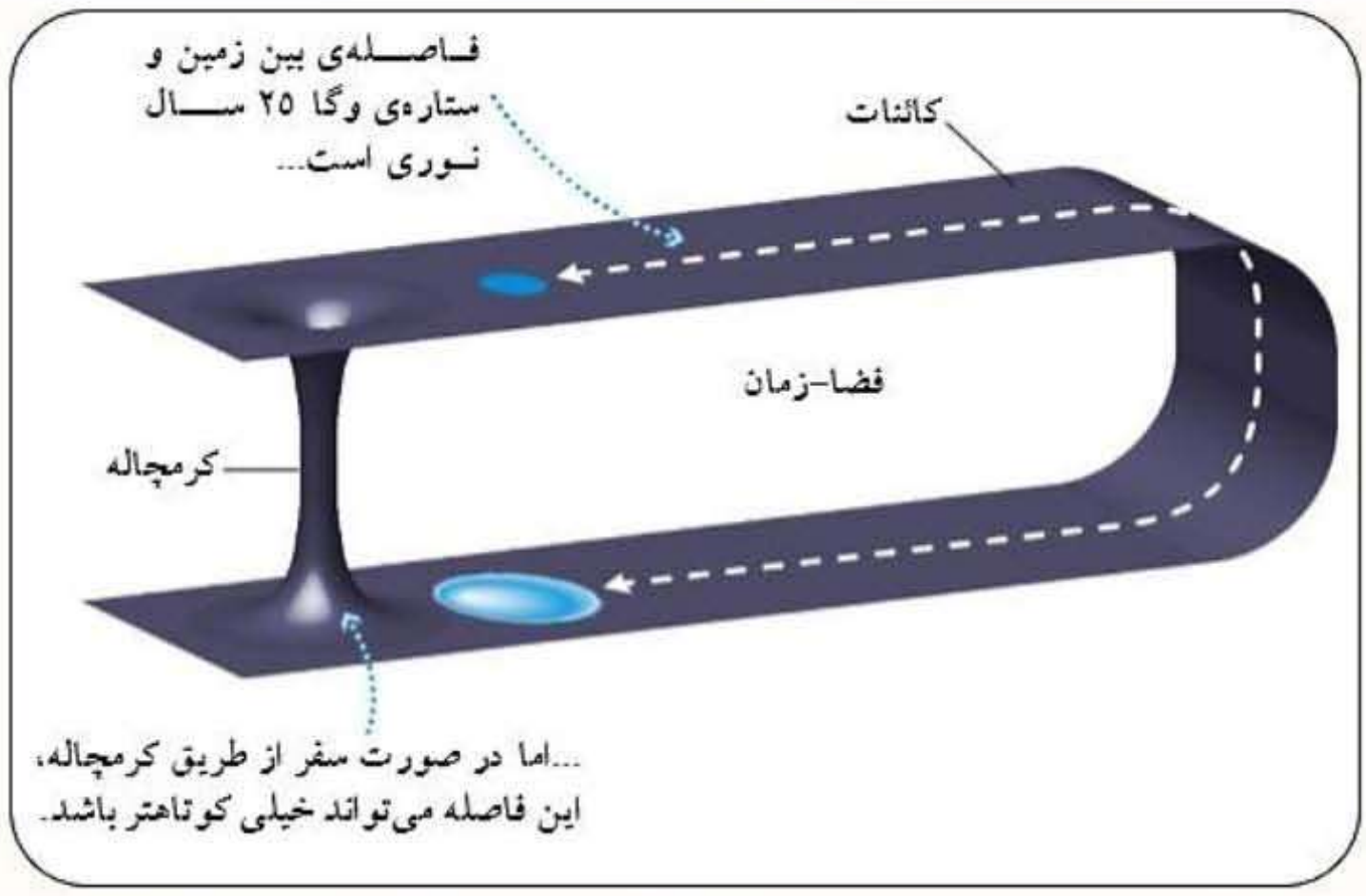
---

1 – Quantum Foam

حقیقت این کرمچاله‌ها رابط بین دو مکان و دو زمان مجزا هستند ولی متأسفانه اندازه‌ی آن‌ها فقط یک میلیون تریلیون تریلیونم سانتی‌متر است که البته برای عبور یک انسان بی‌نهایت کوچک می‌باشد. اما دقیقاً همین جاست که فکر ساختن یک ماشین زمان کرمچاله‌ای به ذهن انسان خطور می‌کند.

برخی از دانشمندان معتقدند که امکان به دام انداختن یکی از این کرمچاله‌ها و افزایش اندازه‌ی آن تا چندین تریلیون برابر وجود دارد. در اینصورت می‌توان یک انسان و یا حتی یک فضاپیما را از آن عبور داد. شاید بتوان با در دست داشتن انرژی کافی و تکنولوژی پیشرفته، یک کرمچاله‌ی غول‌پیکر در فضا ایجاد نمود. البته نمی‌توان ادعا کرد که ساختن چنین کرمچاله‌ای حتمی است، اما اگر این کار انجام شود، دستگاه شگفت‌انگیزی خواهد شد که یک سر آن می‌تواند نزدیک به زمین و سر دیگر آن نزدیک به سیاره‌ای در فواصل دور هستی قرار گیرد (شکل ۲-۲). از لحاظ تئوری کرمچاله می‌تواند موارد استفاده‌ی دیگری هم داشته باشد برای مثال اگرهر دو سر کرمچاله در یک موقعیت مکانی قرار بگیرند و دو سر آن فقط از نظر زمانی با هم تفاوت داشته باشند، یک فضاپیما می‌تواند به آن وارد شود و در همان مکان اما در زمانی متفاوت مثلاً در گذشته‌ای دور، از سر دیگر آن خارج شود. شاید در آن سوی کرمچاله دایناسورها به استقبال فضاپیما بیایند!

به نظر من تصور بُعد چهارم کار ساده‌ای نیست و نظریه‌ی کرمچاله‌ها مفهوم گیج‌کننده‌ای است که می‌تواند باعث سردرگمی شود. اما با انجام



شکل ۲-۲: در این تصویر، با تقلیل سه بُعد مکانی بر روی صفحه‌ی دو بُعدی کاغذ، ایده‌ی کرمچاله نشان داده شده است. دو اعوجاج فضا، یکی نزدیک به زمین و دیگری نزدیک به ستاره وگا، در فضا-زمان با یکدیگر روبرو شده‌اند و یک تونل ارتباطی شکل داده‌اند. سفر از زمین به وگا از طریق فضا ۲۵ سال نوری زمان می‌برد، اما یک کرمچاله اساساً مسیر بسیار کوتاهتری را عرضه خواهد نمود، بطوریکه می‌توان بدون نیاز به تجاوز از سرعت نور، این فاصله را در طول چند دقیقه طی نمود.

یک آزمایش ساده می‌توان مشخص نمود که آیا در حال حاضر و یا در آینده مسافرت بشر از طریق کرمچاله ممکن است یا خیر. در این آزمایش کوچک، ضیافتی برپا می‌کنم و یک یادداشت خوش‌آمدگویی بهمراه مختصات دقیق جغرافیایی و زمان دقیق را برای مسافر زمان که از آینده می‌آید فراهم می‌نمایم. البته امیدوارم که این دعوتنامه بعد از هزاران سال همچنان باقی بماند چرا که شاید در آینده کسی این دعوتنامه را پیدا کند و با استفاده از ماشین زمان کرمچاله‌ای به زمان گذشته و به مهمانی من سفر کند و بدین ترتیب ثابت می‌شود که بالاخره روزی مسافرت در زمان امکان‌پذیر خواهد بود. متأسفانه این اتفاق بعید بنظر می‌رسد و یکی از

دلایل آن مشـــکل معروف پارادوکس یا تناقض در مورد ســـفر به زمان گذشـته است. یکی از معروف‌ترین این تناقضات "پارادوکس پدربزرگ" اسـت، اما در اینجا از مثالی ساده‌تر با عنوان "پارادوکس دانشمند دیوانه" برای رد این مطلب استفاده می‌کنم.

تصـور کنید که دانشـمند مورد نظر ما بطریقی کرمچاله‌ای سـاخته که زمـان را فقط بـاندازه‌ی یک دقیقه به عقب برمی‌گرداند و قصـــد دارد از طریق این کرمچاله به خودش شـــلیک کند. البته ممکن اســـت یک دقیقه زمـان زیادی بنظر نرســـد، اما حتی در همین مدت کم هم دانشـــمند ما می‌تواند از طریق کرمچاله، خود را در وضعیت یک دقیقه‌ی پیش مشاهده کنـد. حال اگر این دانشـــمند با اســـتفاده از کرمچاله به خودش در یک دقیقه‌ی پیش شـــلیک کند اتفاقی که رخ می‌دهد این اســـت که او قبل از اینکه بتواند اسـلحه‌ی خود را آماده‌ی شلیک کند کشته خواهد شد. سوال اینجاست که چه کسی به او شلیک کرده است؟ این آزمـــایش کاملاً غیر منطقی و نشـان دهنده‌ی تناقضی فاحش است که کیـهان‌شناسان را دچار کابوس‌های شـبانه می‌کند، زیرا این نوع ماشین زمان باعث نقض یکی از قوانین بنیادی حاکم بر جهان هســـتی می‌شـــود و آن قانون این اســـت که علت همیشـــه قبل از معلول واقع می‌شـود و برعکس این قضیه هم هرگز ممکن نیســـت. من معتقـدم کـه هیچ چیزی در جهـان نمی‌توانـد وجود خودش را غیرممکن ســازد، چراکه اگر این اتفاق ممکن بود دیگر چیزی نمی‌توانســت باعث توقف نزول جهان بسـمت بی‌نظمی و آشفتگی شود. بنابراین همیشـــه عاملی وجود دارد که مانع وقوع این تناقض می‌شـــود و

بنوعی حتماً دلیلی وجود دارد که دانشمند ما قادر نیست در شرایطی قرار بگیرد کـه بتواند به خودش شـــلیک کند. در این مورد خاص متأســـفانه مشـکل اصـلی خود کرمچاله اسـت و در آخر باید بگویم کرمچاله‌ای که بتوان با آن چنین کاری را عملی سـاخت نمی‌تواند وجود داشـته باشـد و دلیل آن هم پدیده‌ی بازخورد[1] است.

برای درک این موضوع، اجرای زنده‌ی کنسرت موسیقی می‌تواند مثال خوبی باشـد. احتمالاً صـدای سـوت ناخوشایندی که گاهی در اجراهای زنده‌ی موسیقی به گوش می‌رسـد را شنیده‌اید. به این سوت ناخوشایند بازخورد می‌گویند و علت آن بسـیار سـاده اسـت، بدین ترتیب که صـدا وارد میکروفون شـده و بعد از تقویت شـدن از بلندگوها خارج می‌شـود. اگر مقدار زیادی از صـــدای خروجی از بلندگوها دوباره وارد میکروفون شـود، باعث تقویت بیشـتر صـدای خروجی از بلندگوها می‌شـود و این اتفاق ممکن اسـت مدام تکرار شـود و تشکیل یک حلقه بدهد که در هر تکرار باعث قویتر شدن صـدای خروجی می‌شود تا جایی که اگر متوقف نشـود، می‌تواند به منهدم شـدن سـیسـتم صوتی بیانجامد. به نظر من این اتفاق برای کرمچاله هم رخ خواهد داد، با این تفاوت که در این مورد به جای صـدا، تشـعشـعات بازخورد می‌شـوند. مادامیکه کرمچاله منبسـط می‌شـود، تشـعشـعات طبیعی وارد آن می‌شـوند و بصـورت یک حلقه‌ی بـازخورد در می‌آیند و نهایتاً قویتر شـــدن بازخورد منجر به فروپاشـــی کرمچـالـه می‌شـــود. بنابراین، اگرچه کرمچاله‌های فراوانی در اطراف ما

---

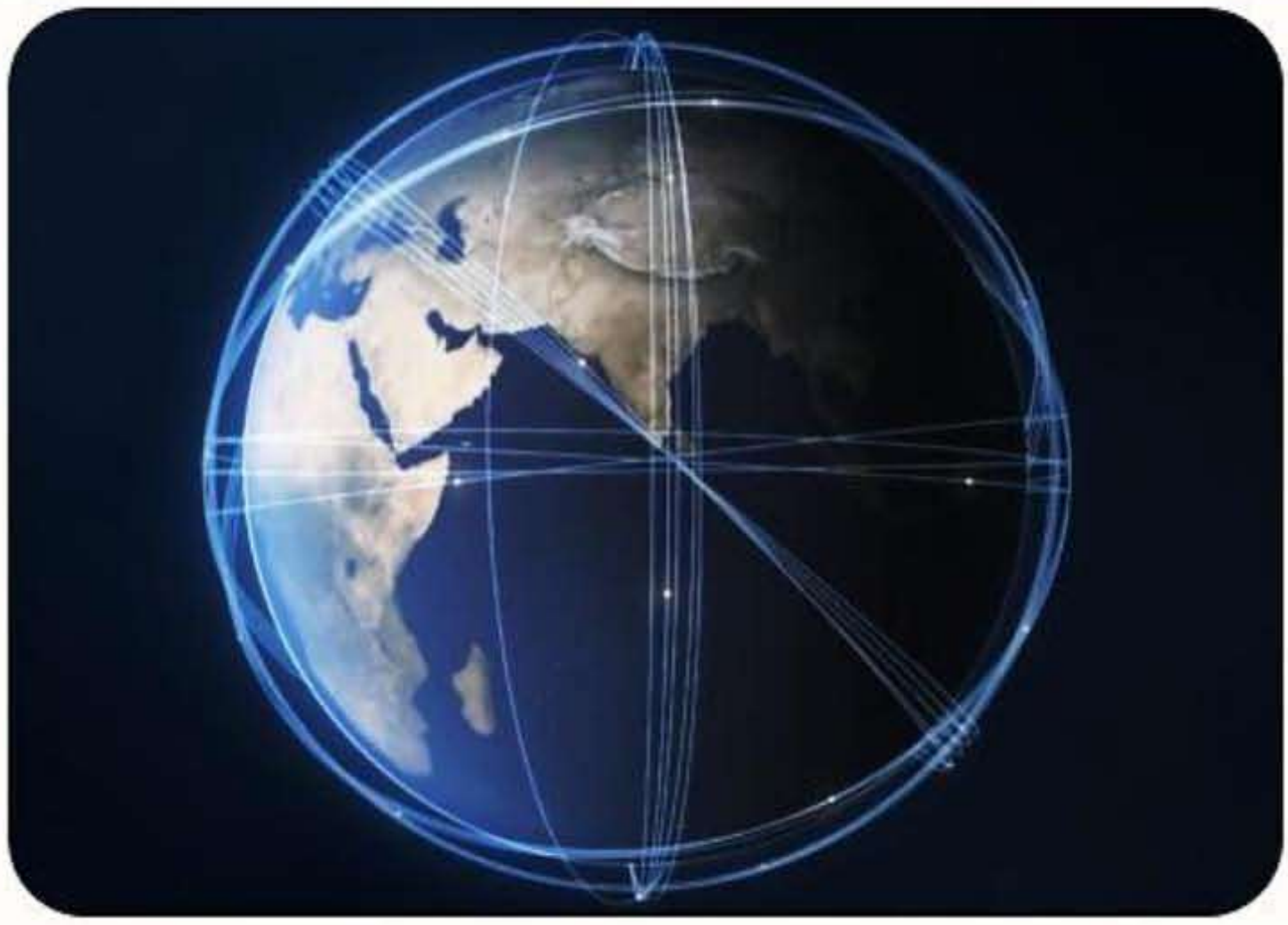
1 – Feedback

وجود دارنـد که شـــاید هم روزی بتوان یکی از آن‌ها را بدام انداخت و انـدازه‌ی آن را چنـدین تریلیون برابر کرد، اما مطمئناً باندازه‌ی کافی دوام نمی‌آورد که بتوان از آن بعنوان یک ماشـین زمان اسـتفاده نمود. در واقع، من معتقدم که هر گونه سـفر به زمانِ گذشته از طریق کرمچاله‌ها و یا هر روش دیگری احتمالاً هیچ‌گاه ممکن نخواهد شـــد، در غیر اینصـــورت پـارادوکس‌ها اتفاق خواهند افتاد. این خبر احتمالاً برای شـــکارچیکان دایناسور و همینطور تاریخ‌نویسان بسیار ناامیدکننده است!

با اینحال داسـتان سـفر در زمان به اینجا ختم نمی‌شـود. به اعتقاد من اگر چه سـفر به زمان گذشـته امکان‌پذیر نیسـت، اما هنوز می‌توان به نوع دیگری از سـفر در زمان امیدوار بود، و آن سفر به زمان آینده است. زمان مانند یک رودخانه در جریان اسـت و به نظر می‌رسـد که هر کدام از ما بی‌رحمانه بوسـیله‌ی جریانِ زمان در حرکتیم. جریانی که شباهت دیگری هم با رودخانه دارد به اینصـــورت که در جاهای مختلف ســـرعت‌های مختلف دارد. این نکته کلید سفر به زمان آینده است که در قالب یک ایده بیشـتر از صد سال پیش توسط آلبرت اینشتین پیشنهاد شد. او دریافت که بایسـتی مکان‌هایی وجود داشته باشد که زمان در آنجا کُند می‌شود، و در مقـابل جاهایی وجود دارد که زمان در آنجا ســـریع‌تر می‌گذرد. نظریه‌ی اینشـتین کاملاً درست بود و دلیل اثبات آن درست بالای سر همه‌ی ما در فضاست. در شکل ۳-۲ سیستم موقعیت‌یابی جهانی[1] که شبکه‌ای متشکل

---

1 – Global Positioning System (GPS)



شکل ۳-۲ : مدارهای ماهواره‌های سیستم موقعیت‌یابی جهانی

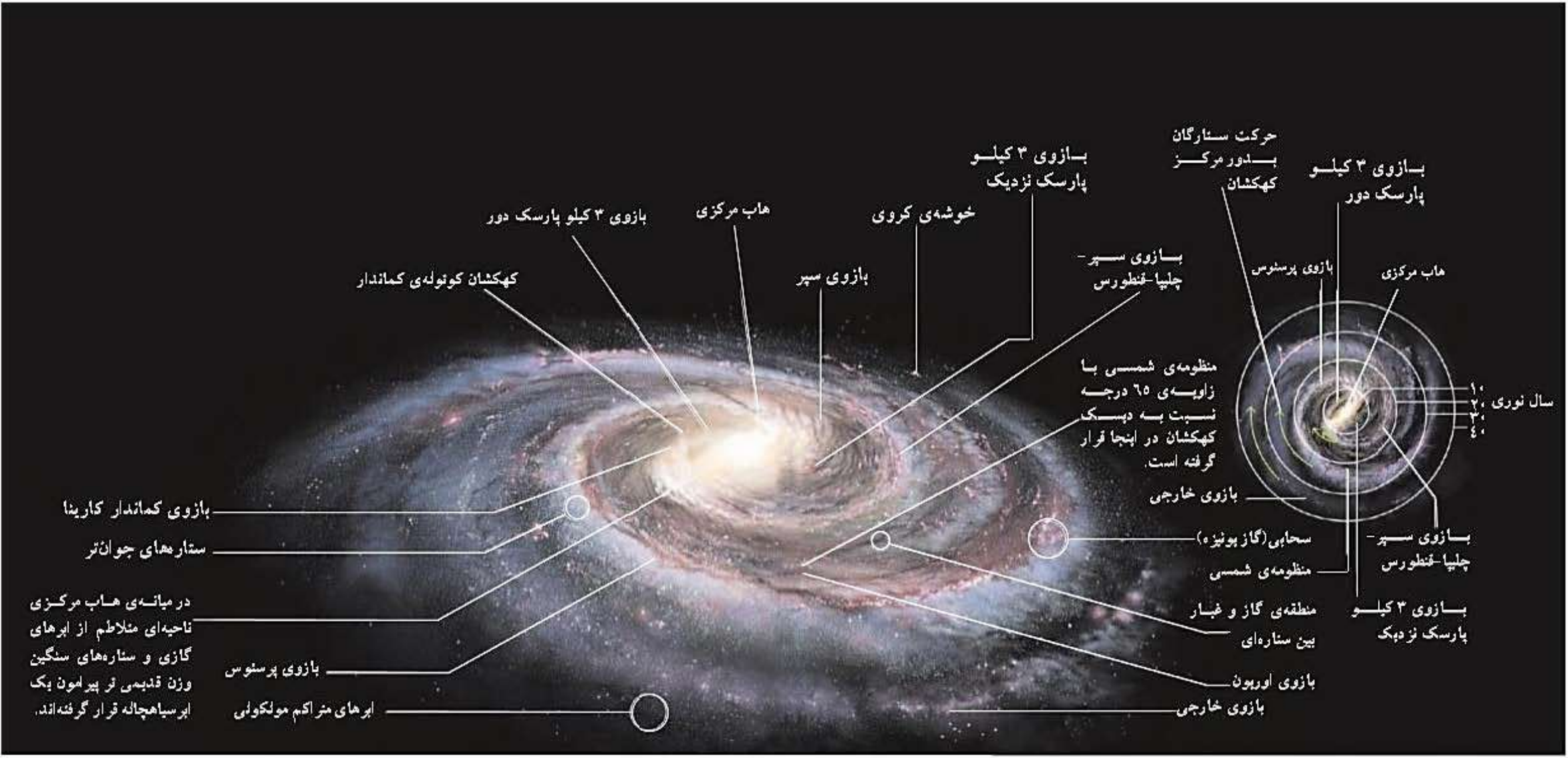
از ۳۱ ماهواره‌ی در حال چرخش بدور زمین می‌باشد نشان داده شده است. این شبکه امکان ناوبری ماهواره‌ای را فراهم می‌سازد و همزمان برای ما آشکار می‌کند که زمان در فواصل دور از زمین نسبت به سطح زمین سریع‌تر می‌گذرد، بدین ترتیب که ساعت‌های نصب شده بر روی هر یک از این ماهواره‌ها، علی‌رغم دقت عمل بسیار بالا، روزانه سه میلیاردم ثانیه جلوتر می‌روند. البته سیستم باید این اختلاف را تصحیح کند، در غیر این صورت این اختلاف جزئی منجر به ایجاد خطایی در حدود شش مایل در روز در دستگاه‌های جی‌پی‌اس روی زمین می‌شود که خسارت جبران ناپذیری بهمراه خواهد داشت. این مشکل مربوط به ساعت‌های نصب شده بر روی ماهواره‌ها نیست، بلکه سریع‌تر کار کردن آن‌ها بدلیل گذر سریع‌تر زمان در فواصل دور از زمین نسبت به سطح

زمین بوده و دلیل این اثر غیرعادی، جرم زمین است. اینشتین به این نکته پی برده بود که یک جسم سنگین، باعث به درازا کشیده شدن زمان در حوالی جسم مورد نظر می‌شود و همانطور که جریان رودخانه در بعضی از نقاط کُند می‌شود، گذر زمان هم تحت تأثیر اجسام سنگین کُند می‌شود. در این میان هرچه جسم سنگین‌تر باشد زمان مقدار بیشتری به درازا کشیده خواهد شد. این واقعیت شگفت‌انگیز دریچه‌ی امیدی رو به سوی امکان سفر به زمان آینده را باز نمود. برای درک بهتر این مفهوم گیج‌کننده تصور کنید که در کنار اهرام ثلاثه‌ی مصر ایستاده‌اید. وزن بزرگترین هرم بیشتر از چهل میلیون تن می‌باشد و مانند همه‌ی اجسام سنگین باعث کُند شدن گذر زمان می‌شود، هرچند اثر آن بر روی زمان میلیاردها بار کمتر از اثر کره‌ی زمین است. اما اگر با اغراق فراوان مسئله را مورد بررسی قرار دهیم، به درست بودن این نظریه پی می‌بریم بطوریکه نزدیک به هرم همه چیز کُند می‌شود و درست مانند قسمتی از رودخانه که در آن جریان آب بصورت آرام حرکت می‌کند، گذر زمان هم در این مکان‌ها در مقایسه با مکان‌های دور از هرم به آهستگی صورت می‌گیرد. در این صورت فردی که نزدیک به هرم است، بایستی در دوردست خلاف این قضیه را مشاهده نماید، به این صورت که در فواصل دور از هرم همه چیز سریع‌تر بنظر می‌رسد. این پدیده که نشان دهنده‌ی اعوجاج در زمان است ناشی از جرم هرم بوده و بنوعی امکان سفر به زمانِ آینده را پررنگ‌تر می‌کند. اما چیزی که برای یک سفر واقعی به زمان آینده نیاز داریم، باید جرم بسیار بیشتری نسبت به اهرام ثلاثه و حتی کره‌ی زمین

داشـــته باشـــد تا بتواند تأثیر قابل ملاحضـــه‌ای بر روی گذر زمان بگذارد. یکی از این موارد درست در مرکز کهکشان راه شیری و با فاصله‌ی بیست و شـــش هزار ســـال نوری از ما قرار گرفته است، یعنی سنگین‌ترین شیء کهکشـــان که توسط تعداد زیادی ستاره و ابرهایی از گاز پنهان شده است و آن چیزی نیست جز یک اَبَر سیاهچاله‌ی[1] فوق‌سنگین که جرمی برابر با چهار میلیون خورشید دارد (شکل ٤-٢).

این ابرسـیاهچاله بوسیله‌ی نیروی گرانش خودش در یک نقطه فشرده شـــده بطوریکه هر چه به آن نزدیک‌تر شـــوید، نیروی گرانش آن قوی‌تر می‌شـود و در فاصـله‌های بسیار نزدیک حتی نور هم مجال فرار کردن از چنین گرانشـــی را نخواهد داشـــت. بنابراین چنین نیروی گرانشـــی باعث می‌شـــود که ســـیاهچاله در کره‌ای از تاریکی مطلق و به قطر تقریبی ۲۵ میلیون کیلومتر محصـور شـده باشـد. سـیاهچاله‌ای با این جرم و گرانش تأثیر چشـــمگیری بر روی گذر زمان خواهد داشـــت و بیشـــتر از هر چیز دیگری در سـرتاسـر کهکشـان باعث کُند شدن آن می‌شود. این خاصیت سـیاهچاله را به یک ماشـین زمان طبیعی تبدیل می‌کند. تصور اینکه شاید روزی بشـر توسط یک فضاپیما بتواند از این پدیده‌ی حیرت‌انگیز نهایت بهره را ببرد، برای من بسـیار لذت بخش است. البته در درجه‌ی اول باید از مکیده شـدن فضـاپیما توسط نیروی گرانش سیاهچاله جلوگیری نمود. من فکر می‌کنم راه حل چنین مشکلی این است که به محض رویت شدن سیاهچاله هدف‌گیری برای قرار گرفتن در مدار مناسب باید انجام شود و

۱- مراجعه شود به پیوست ۲.



شکل ٤-٢: ساختار راه شیری بر اساس آخرین تحقیقات. دو بازوی مارپیچی اصلی یعنی بازوی سپر-چلیپا-قنطورس و بازوی پرسئوس بر کهکشان راه شیری طنین افکنده‌اند. همچنین بازوهای جزئی متعددی در راه شیری وجود دارد. منظومه‌ی شمسی در فاصله‌ی ۲۶ هزار سال نوری از مرکز کهکشان قرار

دقیقاً با سرعت مناسب و بر روی مسیر درست حرکت نمود، در غیر اینصورت فضاپیما قادر به فرار از گرانش سیاهچاله نخواهد بود. اگر محاسبات دقیق انجام شده باشد، فضاپیما به درون مداری عظیم به قطر ٤٨ میلیون کیلومتر کشیده خواهد شد. در این فاصله از سیاهچاله، خطری فضاپیما را تهدید نمی‌کند و سرعت آن برای جلوگیری از مکیده شدن بسمت سیاهچاله و سقوط در آن مناسب خواهد بود (شکل٤-٢).

شکل ٤-٢ : قرار گرفتن فضاپیما در مدار مناسب سیاهچاله

حال اگر یک ایستگاه فضایی در زمین و یا هر جایی دور از سیاهچاله این مأموریت را تحت کنترل داشته باشد، مدت زمان یک دور کامل فضاپیما بدورسیاهچاله را شانزده دقیقه اندازه‌گیری می‌کند، در صورتیکه برای افراد شجاع درون فضاپیما که نزدیک به این شیء فوق‌سنگین هستند، زمان کُند می‌شود و تأثیر سیاهچاله بر گذر زمان بسیار بیشتر از تأثیر هرم و یا سیاره‌ی زمین خواهد بود، بطوریکه گذر زمان در داخل فضاپیما به نصف کاهش پیدا خواهد نمود. بنابراین هر دور کامل به دور

سیاهچاله، که توسط ایستگاه کنترل ۱۶ دقیقه اندازه‌گیری شده است، برای سرنشینان فضاپیما فقط ۸ دقیقه طول خواهد کشید و بدین ترتیب آن‌ها نسبت به بقیه انسان‌های دور از سیاهچاله فقط نصف یک زمان مشخص را تجربه می‌کنند. در این حالت فضاپیما و سرنشینان آن در حال سفر در زمان هستند. تصور کنید اگر فضاپیما به مدت ۵ سال به دور سیاهچاله در گردش باشد، برای افراد دور از آن این مدت زمان ۱۰ سال خواهد بود و وقتی که فضاپیما به زمین برگردد، بقیه‌ی انسان‌ها ۵ سال بیشتر از سرنشینان فضاپیما عمر کرده‌اند. در واقع سفر خدمه‌ی فضاپیما نه تنها در مکان، بلکه در راستای زمان و به آینده‌ی زمین نیز بوده است. بنابراین یک اَبَرسیاهچاله در واقع می‌تواند یک ماشین زمان هم باشد که البته استفاده از آن غیرممکن است چرا که بسیار خطرناک بوده و فاصله‌ی زیادی هم با ما دارد، علاوه بر این نمی‌توان با استفاده از آن زمان زیادی به جلو رفت. با این حال نسبت به کرمچاله‌ها مزایای زیادی دارد برای مثال باعث بوجود آمدن پارادوکس نمی‌شود، بعلاوه بازخوردی هم وجود ندارد که بوسیله‌ی آن خودش را نابود کند.

خوشبختانه راه دیگری هم برای عینیت بخشیدن به رویای سفر در زمان وجود دارد و این راه، آخرین و بهترین امید ما برای ساختن یک ماشینِ زمان واقعی است. سفر در بُعد چهارم هیچ شباهتی به قدم زدن در یک پارک زیبا ندارد، اما با این حال روش ساده‌ای برای آن وجود دارد، بدینصورت که کافیست با سرعت بسیار بسیار زیادی حرکت کنیم، سرعتی بسیار بیشتر از آنچه که فضاپیمای ما را از مکیده شدن به درون

سیاهچاله حفظ می‌کند. این روش بر پایه یکی دیگر از حقایق عجیب جهان هستی است. بیشترین حد سرعت در جهان هستی برابر با ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه است که به سرعت نور معروف می‌باشد. ممکن است کمی غیرعادی بنظر برسد، اما یکی از قوانین مسلم در دنیای علم این است که هیچ چیزی در جهان نمی‌تواند از این سرعت تجاوز کند.

ممکن است باورش کمی سخت باشد اما حرکت کردن با سرعتی نزدیک به سرعت نور شما را به زمان آینده خواهد برد. برای توضیح چگونگی این امر، یک سیستم حمل و نقل تخیلی و مسیری که مانند کمربندی دور تا دور زمین برای یک قطار فوق‌سریع ساخته شده است را تصور کنید. برای درک اینکه این سیستم حمل و نقل چطور تبدیل به یک ماشین زمان می‌شود، کافیست تصور کنید که این قطار با سرعتی تا حد ممکن نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کند و درون آن مسافرانی با بلیط یک طرفه به آینده هستند. قطار بعد از شتاب گرفتن، برای اینکه به سرعتی نزدیک به سرعت نور برسد، باید دور زمین را هفت بار در یک ثانیه طی کند. اما با این حال مهم نیست که چه توانی دارد، چراکه هرگز به سرعت نور نخواهد رسید، زیرا قوانین فیزیک جلوی این اتفاق را خواهند گرفت. با فرض اینکه سرعت قطار به سرعت نور نزدیک شود و فقط کمی کمتر از آن باشد، پدیده‌ای شگفت‌آور اتفاق خواهد افتاد و درست مانند اتفاقی که در نزدیکی سیاهچاله رخ داد، اینبار زمان در درون قطار نسبت به جهان بیرون از آن کُند خواهد شد با این تفاوت که در این مورد، زمان خیلی بیشتر از نزدیک به سیاهچاله کُند می‌شود. در این

شـرایط برای حفظ حد نهایی سـرعت در جهان، همه چیز در درون قطار حرکتی آهسته خواهند داشت. برای درک این اتفاق تصور کنید فردی در درون قطار شـروع به دویدن بسمت جلو کند، در این حالت سرعت او با سـرعت قطار جمع می‌شـود و ممکن است بصورت کاملاً تصادفی موفق به شـکسـتن حد نهایی سـرعت در جهان شـود، اما در این لحظه قوانین طبیعت برای جلوگیری از این احتمال، گذر زمان در درون قطار را کُند می‌کنند، بنابراین فرد مورد نظر نمی‌تواند برای شـکستن این حد باندازه‌ی کافی سریع بدود.

احتمال سـفر به آینده‌های خیلی دور ناشـی از این حقیقت اسـت که زمان همیشـه فقط به اندازه‌ای کُند خواهد شـد که از شـکسـته شدن حد نهایی سـرعت جلوگیری کند. حال تصـور کنید که قطار مورد نظر در ۱ ژانویه ۲۰۵۰ شـروع به حرکت کند و بمدت ۱۰۰ سال با سرعتی نزدیک به سرعت نور به دور زمین به حرکت خود ادامه دهد و نهایتاً در روز اول سـال ۲۱۵۰ متوقف شـود. تمام این زمان برای مسـافران داخل قطار فقط باندازه‌ی یک هفته گذشـته است، چرا که گذر زمان در داخل قطار تا این حد کُند شـده است. مطمئناً مسافران در لحظه‌ی خروج از قطار با جهانی متفاوت روبرو خواهند شـد، زیرا در عرض یک هفته، آن‌ها ۱۰۰ سال در زمان سـفر کرده‌اند. البته ساختن قطاری که بتواند به چنین سرعت بالایی برسـد کاملاً غیر ممکن اسـت، ولی بشـر موفق به ساخت چیزی شبیه به این قطار شده است و آن بزرگترین شتاب دهنده‌ی ذرات[1] در جهان است

---

1 – Particle accelerator

شکل۵-۲ : بزرگترین شتاب دهنده‌ی ذرات در شهر ژنو، سوئیس

که در مرکز تحقیقاتی سِرن[1] واقع در یکی از شهرهای کشور سوئیس بنام ژِنو مشغول به فعالیت است (شکل۵-۲). این شتاب‌دهنده که تونلی دایره‌ای شکل به طول ۲۶ کیلومتر در عمق زمین می‌باشد، قادر است جریانی از تریلیون‌ها ذره‌ی کوچک را ایجاد کند. وقتی دستگاه روشن می‌شود این ذرات سرعتی از صفر تا ۹۷ هزار کیلومتر بر ساعت را در کسری از ثانیه بدست خواهند آورد و با افزایش توان دستگاه، سرعت ذرات بیشتر و بیشتر می‌شود تا جائیکه با صدای تیز و تندی تمام مسیر تونل را یازده هزار بار در ثانیه طی می‌کنند که تقریبا برابر با سرعت نور است. اما درست مانند اتفاقی که در داخل قطار افتاد، در این مورد هم ذرات تحت آزمایش هرگز به حد نهایی سرعت نمی‌رسند و فقط قادر

---

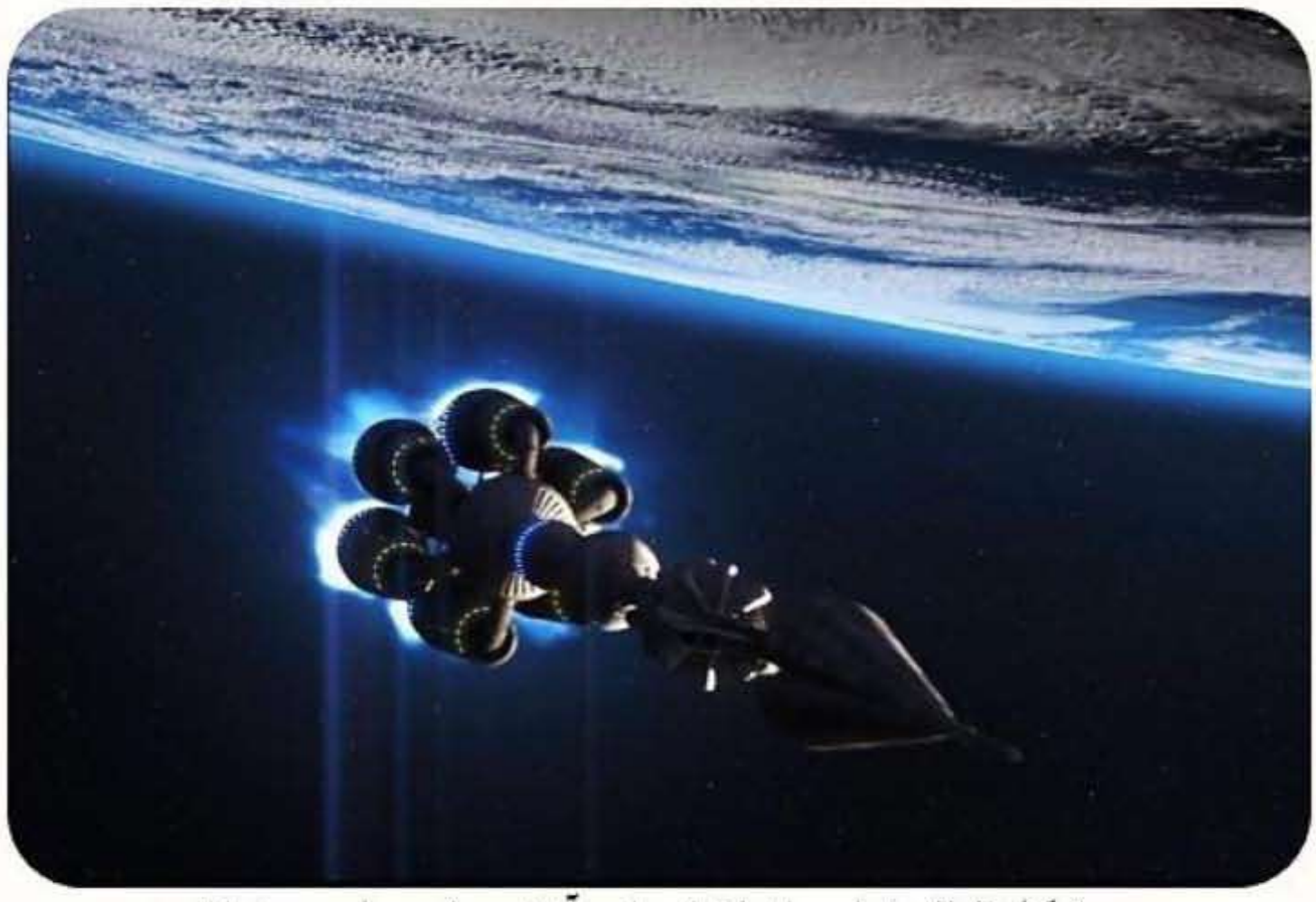
1 – CERN, European laboratory for particle physics

خواهند بود که به ۹۹/۹۹ درصد از مقدار نهایی سرعت دست پیدا کنند. در این هنگام سفر ذرات در راستای زمان آغاز می‌شود. پی بردن به سفر این ذرات در زمان ناشی از آزمایش ذره‌ای با طول عمر بسیار کوتاه بنام پی‌مزون[1] می‌باشد. معمولاً این ذره در ۲۵ میلیاردم ثانیه تجزیه می‌شود، اما زمانیکه تا سرعتی نزدیک به سرعت نور شتاب داده می‌شود، طول عمر آن‌ها ۳۰ برابر می‌شود. در حقیقت این ذرات به همین سادگی مسافران واقعی زمان هستند. اگر ما خواهان سفر به زمان آینده هستیم، لازم است که با سرعت بسیار زیادی حرکت کنیم و من فکر می‌کنم تنها راهی که شاید تجربه‌ای هم در آن داشته باشیم حرکت در فضا است.

سریع‌ترین وسیله‌ی ساخت بشر آپولو ۱۰ بود که به سرعت ٤۰ هزار کیلومتر در ساعت رسید اما برای سفر در زمان باید بتوانیم ۲۰۰۰ بار سریع‌تر از این سرعت حرکت کنیم و برای رسیدن به این هدف نیاز به یک فضاپیمای بسیار بزرگ‌تر از آپولو ۱۰ داریم. این فضاپیما باید بقدری بزرگ باشد که قابلیت حمل مقدار زیادی سوخت جهت رسیدن به سرعتی نزدیک به سرعت نور را داشته باشد (شکل٦-۲). برای رسیدن به سرعتی نزدیک به حد سرعت کیهانی، فضاپیما باید مدت شش سال با تمام توان خود در فضا حرکت کند. از آنجائیکه این فضاپیما بسیار بزرگ و سنگین است، شتاب اولیه بسیار ناچیز خواهد بود ولی به تدریج سرعت آن زیاد می‌شود و بزودی قادر خواهد بود که فواصل بسیار دوری را در اندک زمانی طی کند؛ بطوریکه بعد از گذشت یک هفته به

---

1 – Pi meson



شکل٦-٢ : نمایی از فضاپیمای آینده برای سفر در زمان

دورترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی، نپتون غول گازی، می‌رسد و بعد از دو سال سرعت آن به نصف سرعت نور خواهد رسید، که در این هنگام فاصله‌ی زیادی با منظومه‌ی شمسی ما دارد. دو سال دیگر با سرعتی در حدود ۹۰ ٪ سرعت نور در حال حرکت است و از کنار نزدیک‌ترین ستاره به ما یعنی آلفا قنطورس[1] در ٤٩ تریلیون کیلومتری زمین عبور خواهد کرد. چهار سال بعد از پرتاپ، فضاپیما سفر خود را در زمان آغاز می‌کند و درست شبیه به شرایط موجود در فضاپیمایی که در مدار اَبَرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان قرار گرفته بود، در این مورد هم به ازای هر یک ساعت در داخل فضاپیما دو ساعت برروی زمین خواهد گذشت. اما داستان به همین جا ختم نمی‌شود و بعد از گذشت ۲ سال دیگر فضاپیما

---

1 – Alpha Centauri

به بیشـترین سرعت خود یعنی ۹۹٪ سرعت نور می‌رسد. در این سرعت، یک روز در داخل فضـاپیما معادل یک سـال بر روی کره‌ی زمین است و فضاپیما سفری واقعی در راستای زمان را تجربه می‌کند.

کُنـد شدن زمان مزایای دیگری هم دارد، به این معنا که از نظر تئوری می‌توان در طول زندگی یک انسـان به دوردسـت‌های جهان هسـتی سفر نمود. برای مثال سـفر به لبه‌ی کهکشـان راه شـیری فقط ۸۰ سـال طول خواهد کشـید. اما نکته‌ای که داسـتان سـفر در زمان بصـورت واقعاً حیرت‌آوری در رابطه با جهان هسـتی فاش می‌کند این اسـت که ما در جهانی زندگی می‌کنیم که گذر زمان در نقاط مختلف آن متفاوت است و بزرگترین چیزهای قابل تصور ما، یعنی حفره‌های سیاه غول‌پیکر، در فضا و زمـان انحنـا ایجاد می‌کنند. جهانی که در آن کرمچاله‌های کوچک در اطراف ما وجود دارند و جایی که در نهایت، اگر تکنولوژی را بدرسـتی بکار گیریم می‌توانیم از درکمان نسـبت به قوانین فیزیک اسـتفاده کنیم و مسافران حقیقی بُعد چهارم شویم.

۳

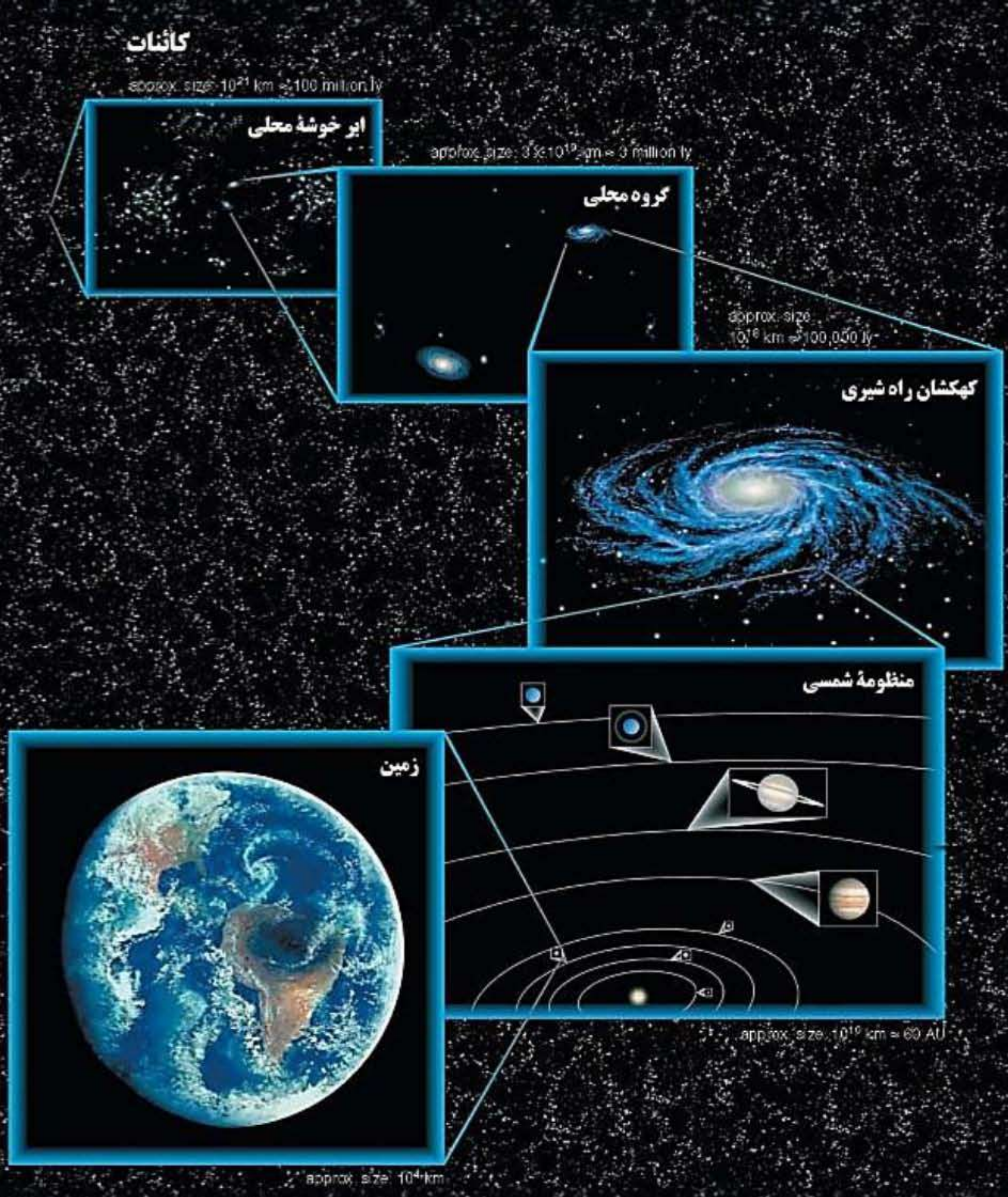
تاریخ کائنات

مقدمه

استیون هاوکینگ، بزرگترین دانشمند حال حاضر جهان، در این بخش با بیانی کاملاً نوین، عجایب و شکوه جهان را بازگو و با سفری به تاریخِ فضا و زمان، چگونگی پیدایش جهان هستی را، از لحظه‌ی آغازین تا دنیایی که امروز در آن بسر می‌بریم مرور می‌کند. در دنباله به بیان شرح حالی از تمام چیزهایی که تاکنون در روند خلقت جهان وجود داشته‌اند، از خلق شدن یک ستاره تا سیاهچاله‌ها و شکل‌گیری حیات بر روی سیاره‌ی زمین می‌پردازد و نهایتاً داستان عالم وجود را در آینده‌های بسیار دور دنبال می‌کند و تراوشات ذهنش را در ارتباط با چگونگی پایان یافتن همه‌ی این چیزها در اختیار ما قرار می‌دهد.

تاریخ کائنـــات

من زمان زیادی را صـرف فکر کردن به کائنات می‌کنم، با این حال هرگز از این کار خســـته نمی‌شـــوم چراکه این فضـــای فکری دنیای بســـیار شـگفت‌آوری اسـت. هر نقطه‌ی نورانی در مقیاسـی بسیار بزرگ از عالم وجود، نشان دهنده‌ی کل یک کهکشان است و هر یک از این کهکشان‌ها در حدود چهارصـد میلیارد سـتاره را در بر می‌گیرد. شـبیه‌سـازی چنین جهـان عظیمی فقط توســط ابرکامپیوترهای نوین امکان‌پذیر می‌باشـد. شبکه‌ای بیکران از بیشمار کهکشان که در همه‌ی جهت‌ها انبساط یافته‌اند. علاوه بر این، صرفنظر کردن از این نکته محال است که در گوشه‌ای دور افتاده از چنین جهان بیکرانی یک کهکشـــان مارپیچی معمولی قرار گرفته اسـت و در درون آن یک ستاره‌ی زرد پیش پا افتاده وجود دارد که بدور آن هشت سیاره در حال چرخش می‌باشند (شکل ۱-۳). جالب‌تر آنکه بر



شکل ۱-۳: در این تصویر موقعیت زمین در کائنات و یا به بیانی آدرس کیهانی ما نشان داده شده است. زمین سیاره‌ای کوچک در منظومه‌ایست که شامل خورشید و تمامی اجرامی می‌شود که به دور آن در حال گردش هستند. این اجرام شامل سیارات و قمرهای آن‌ها و بی‌نهایت اجرام کوچکتر دیگر مانند خرده سیاره‌های صخره‌ای و ستاره‌های دنباله‌دار یخی می‌شود. خورشید ما ستاره‌ایست مانند تمامی ستاره‌هایی که در دل آسمان شب می‌بینیم. خورشید و تمامی ستارگانی که با چشم غیر مسلح قادر به دیدن آن‌ها هستیم، تنها بخش کوچکی از دیسک پهناوری از ستارگان بنام کهکشان راه شیری را تشکیل می‌دهند. هر کهکشان جزیره‌ای پهناور از صدها میلیون تا قریب به یک تریلیون ستاره می‌باشد که در اقیانوس کیهان قرار گرفته است. کهکشان نسبتاً بزرگ راه شیری بیش از دویست میلیارد ستاره را در خود جای داده است و منظومه‌ی شمسی ما در موقعیتی از این دیسک قرار گرفته که تقریباً هر ۲۳۰ میلیون سال یکبار بدور مرکز آن می‌چرخد.

روی یکی از این هشت سیاره بشری زندگی می‌کند که در برابر این همه عظمت فقط به این نتیجه رسیده است که، این جهان چه جای شگفت‌انگیزی است!

اکتشافات بشر در زمینه‌ی کیهان‌شناسی تنها در یک قرن اخیر بسیار بیشتر از چیزیست که پیشینیان در طول تاریخ بشر به آن دست یافته‌اند. انسان موفق شد اسرار ساده‌ای که نیاکانش را دست کم بمدت هزاران سال سردرگم کرده بود فاش سازد. در این میان چیزی که بیشتر از همه برای من خوشایند بوده این است که حقایق آشکار شده بطور هیجان‌انگیزی هم زیبا و هم متحیرکننده هستند. زمین و همه‌ی شگفتی‌های اطراف ما بواسطه‌ی انرژی حاصل از ستارگان شکل گرفته‌اند و همه‌ی ستارگان همچون خورشید ما، کوره‌های جوشانی از گاز هیدروژن هستند که حتی اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی مژه‌ی شما هم بواسطه‌ی انرژی آن ساخته شده است. انسان به این نتیجه رسیده است که جهان بطریقی غیرقابل تصور، قدمتی در حدود ۱٤ میلیارد سال دارد و حداقل دو برابر این زمان نیز به حیات خود ادامه خواهد داد. بدون شک شگفت‌آورترین حقیقت این است که تمام عظمت جهان هستی، اقیانوس بیکران کهکشان‌ها، حتی زمان و مکان و نیروهای طبیعت همگی بسادگی از هیچ به وجود آمده‌اند.

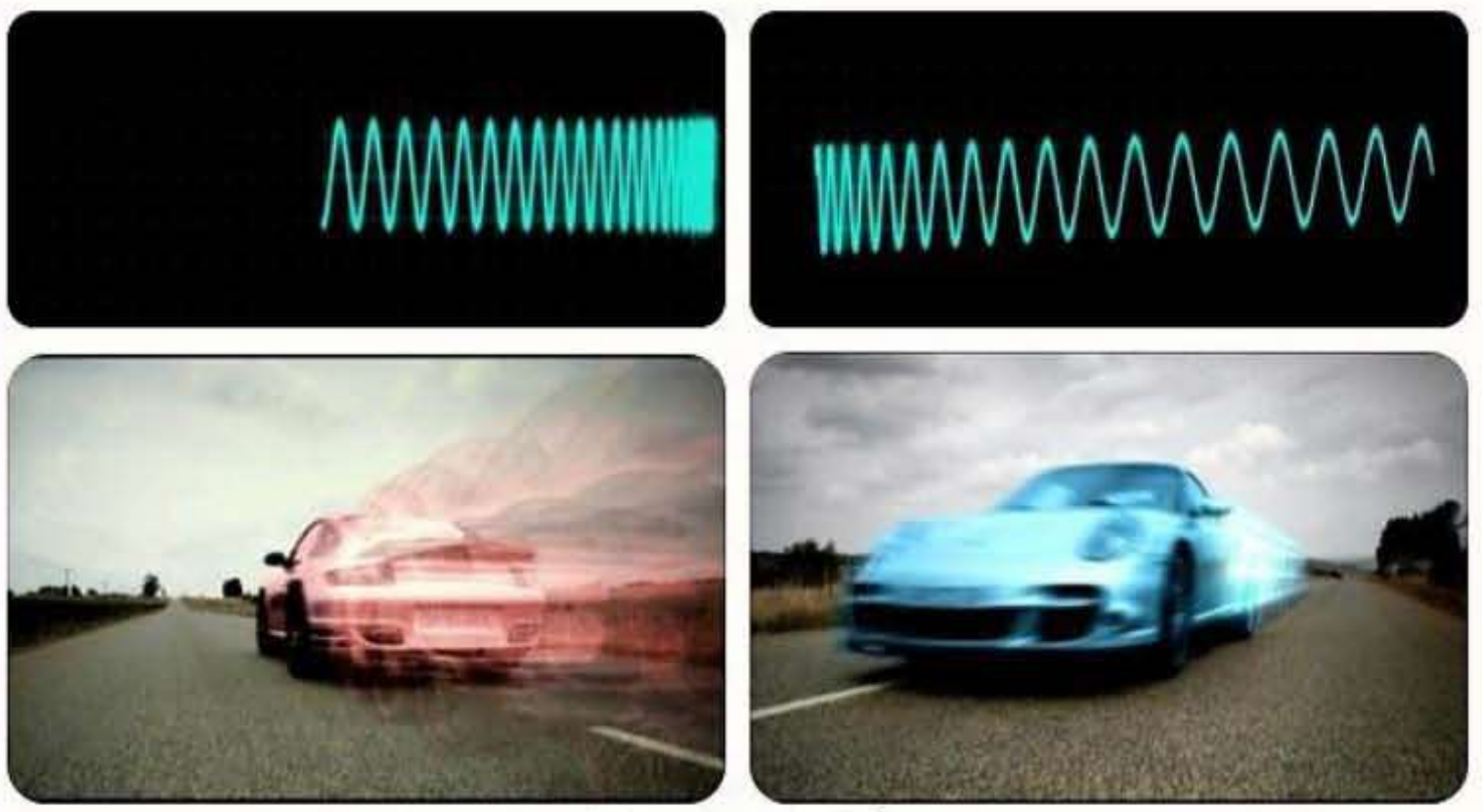
به نظر من زندگی در چنین جهانی بسیار ارزشمند است، زیرا اگرچه ممکن است در ظاهر فقط گونه‌ای از موجودات زنده باشیم که بر روی سیاره‌ی کوچکی زندگی می‌کنیم، اما با اینحال قادر به اندیشیدن در مورد

اســـرار نظام حاکم بر کائنات، که نســـل انســـان را بین تمامی موجودات متمایز کرده اســت، می‌باشیم. هدف من همیشه این بوده که دریابم جهان چگونه کار می‌کند و اصلاً چرا وجود دارد!

خوشبختانه، سرنخ لازم برای رسیدن به جواب این گونه پرسش‌ها در اطراف ما فراوان اســـت و مهمترین آن‌ها درســـت بالای ســـر ما و در دل آسمان شب نهفته است. هر تکه از آسمان شب را که بنگریم، حتی اگر به کوچکی ســـر یک ســـوزن باشـــد، همین تکه‌ی ناچیز از شـــبکه‌ی عظیم کهکشان‌ها که کم‌تر از یک میلیاردم آن چیزی است که ما از روی سیاره‌ی کوچکمان از کائنات می‌بینیم، می‌تواند ســـرنخ مناســـبی برای یافتن کلید معمای کائنات در زمان‌های گذشته، حال و شاید هم آینده باشد.

وقتی از زمین به کهکشـــان‌های دوردســـت می‌نگریم، رنگ آن‌ها تا حدودی قرمز بنظر می‌رســـد، تقریباً شـــبیه به حالتی که از پشت عینکی با شـــیشـــه‌های قرمز رنگ به آن‌ها نگاه کنیم و دقیقاً همین تمایل به قرمزی اســـت که ســـرنخ مناســـب برای رســـیدن به جواب پرســـش‌های ما را در اختیـــارمـــان قرار می‌دهـــد و راز چگونگی تولـــد جهـــان را برای مـــا فـــاش می‌ســـازد. برای درک بهتر این موضـــوع یک اتومبیل پر ســـر و صدا را در نظر بگیرید که در جاده‌ی مســـتقیمی در حال حرکت است. اگر به صدای ماشین در هنگامی که از کنار ما عبور می‌کند گوش دهید متـــوجه خواهید شـــد که وقتی اتومبیل به ما نزدیک می‌شـــود گام موتور افزایش یافته و صـــدای آن ریزتر می‌شود و برعکس، یعنی هنگامی که در حال دور شدن از ماســـت گام موتور کاهش یافته و صدای آن بم‌تر می‌شود. به این پدیده

جابجایی داپلری[1] می‌گویند و دقیقاً همین اتفاق برای نور هم رخ می‌دهد. اگر چشمان ما حساسیت بیشتری به نور داشت، می‌توانستیم ببینیم که اتومبیل در هنگام نزدیک شدن به ما اندکی آبی رنگ و در هنگام دور شدن از ما اندکی قرمز رنگ بنظر می‌رسد (شکل۲-۳).



شکل ۲-۳: اثر داپلر

این قوانین در فضای کیهان هم صادق است. با توجه به این قانون ساده‌ی فیزیک و با توجه به اینکه همه‌ی کهکشان‌ها در فواصل دور کائنات اندکی به قرمز متمایل هستند، می‌توان نتیجه گرفت که همه‌ی آن‌ها در حال دور شدن از ما هستند و در واقع کل کائنات در حال انبساط و گسترش در همه‌ی جهات است و مانند یک بادکنک در حال بزرگتر شدن می‌باشد. ممکن است این نکته کمی عجیب بنظر برسد، ولی برای کیهان‌شناسان ارزش فراوانی دارد، زیرا برای پی بردن به نحوه‌ی پیدایش جهان کافیست که زمان را متوقف کنیم و آن را به عقب برگردانیم. اگر به

---

1 – Doppler Shift

انـدازه‌ی کـافی بـه عقب برگردیم بطوریکه همه چیز به هم نزدیک و نزدیک‌تر شود، همه‌ی کهکشان‌ها و در واقع همه چیز در یک نقطه جمع خواهند شـد که این نقطه، مبدأ پیدایش جهان در ۱۳/۷ میلیارد سال پیش اسـت. به همین سادگی و با دنبال کردن سرنخ‌هایی که طبیعت در اختیار مـا قرار داده می‌توانیم نتیجـه بگیریم کـه در زمان‌های خیلی دور جهان بســادگی در یک انفجار شـگرف و طی پدیده‌ای به نام مهبانگ، پا به عرصه‌ی وجود نهاده است.

در حقیقت لحظات آغازینِ مهبانگ در تاریکی مطلق رخ داده اسـت، چرا که در آن لحظات هنوز نوری وجود نداشـته اسـت. برای مشـاهده‌ی این واقعه‌ی شگرف باید قدرت کافی برای دیدن در چنین فضای تاریکی را داشته باشیم. اگرچه، حتی اگر به چنین قدرتی هم مجهز بودیم، باز هم امکـان دیـدن این منظره از خارج این دنیای اولیه امکان‌پذیر نبود. ممکن است تعجب‌برانگیز باشد، اما هنوز فضا به معنایی که ما می‌شناسیم وجود نداشـــته، بنابراین وجود دنیای خارج از آن هم خالی از معناســـت. تنها فضـــایی که وجود داشـــته درون این دنیای کوچک آغازین بوده اســـت. براسـتی که جهان آغازین پدیده‌ی بسـیار عجیبی اسـت اما متاسفانه قادر نیســـتیم چیز زیـادی از آن را درک کنیم چراکـه واقعـاً نمی‌توان قوانین متعارف مکان و زمان را در مورد آن بکار برد. جهان در آغاز مِه بسیار داغ و کوچکی از انرژی بوده کـه نـاگهـان بـا درخشـــش خیره‌کننـده‌ای از تشـعشعات، از اندازه‌ای کوچکتر از یک اتم تا بزرگی یک پرتقال منبسط شـــده اســـت. این اتفاق در زمانی کمتر از یک تریلیونم ثانیه رخ داده که

تقریباً با هیچ برابری می‌کند. به اینصورت کائنات از نیستی انبساط یافت و هستی یافت و هر لحظه‌ای که می‌گذشت مدام اندازه‌ی آن بزرگ و بزرگ‌تر و حرارت آن کمتر می‌شد.

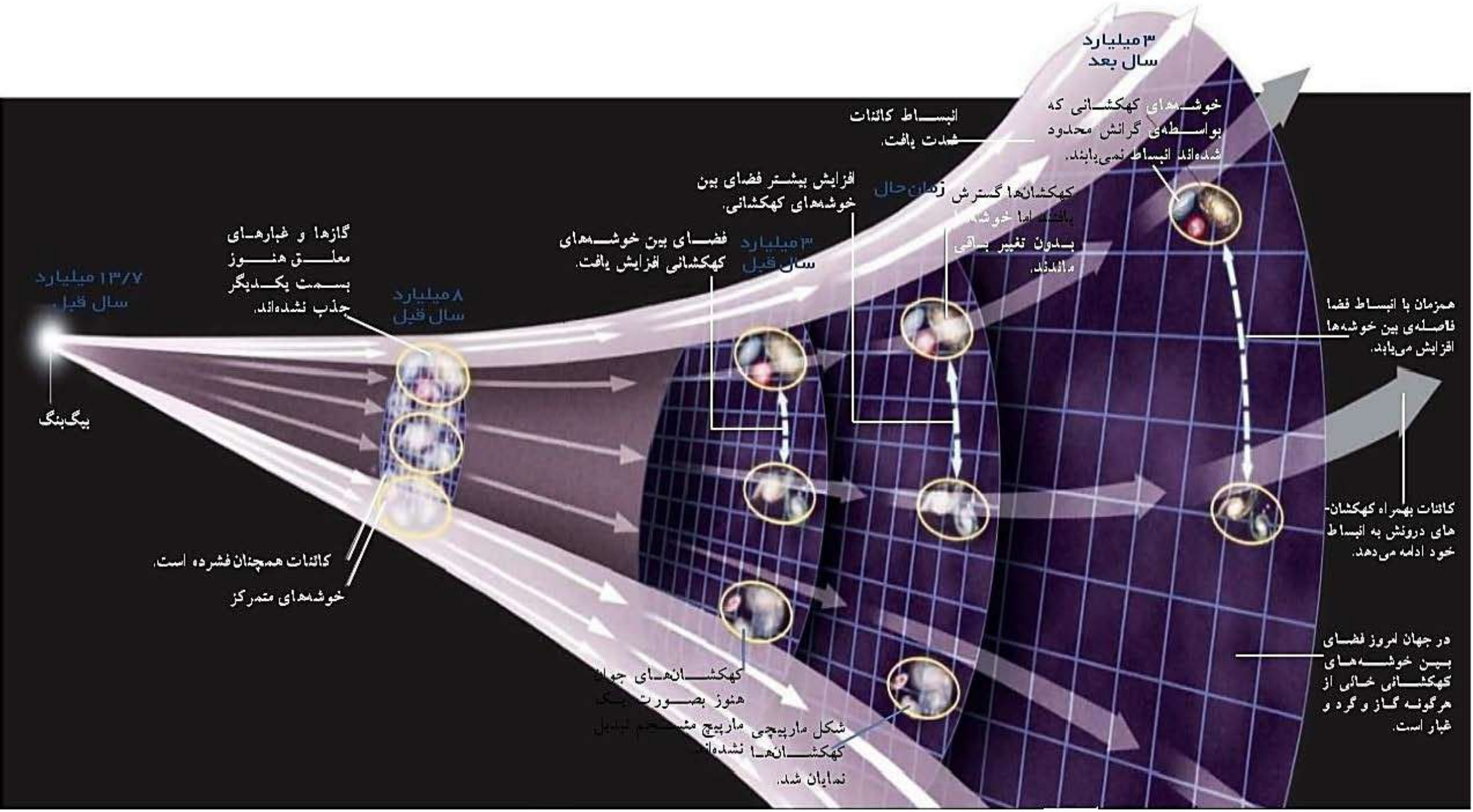
در مدت ۱۰۰ ثانیه وسعت آن با طولی حدود تریلیون‌ها کیلومتر به اندازه‌ی منظومه‌ی خورشیدی ما شد. مادامیکه جهان در حال متورم شدن بود، انرژی محض کیهان رو به سردی می‌گرائید و مواد به شکل تریلیون‌ها ذره از زیرساخت‌های اتمی در حال خلق شدن بودند. این ذرات اولین چیزهایی بودند که به شکل ماده پدیدار شدند. نیمی از این ذرات از موادی مشابه با چیزی که بدن ما را تشکیل می‌دهند و بقیه آن‌ها هم از چیزی که پادماده[1] نامیده می‌شود ساخته شده بودند. این دو نوع ماده در اثر برخورد با یکدیگر نابود و به انرژی تبدیل می‌شدند. در نگاه اول بنظر می‌رسد که ساختن کائنات با این شرایط فرآیندی نسبتاً بی‌فایده باشد، ولی خوشبختانه در این بین مقدار ماده‌ها اندکی از پاد ماده‌ها بیشتر بود بطوریکه از هر یک میلیارد ذره‌ی موجود در جهان تنها یک ذره باقی می‌ماند. جهانی که امروز در آن بسر می‌بریم توسط ذراتی که در پایان این مرحله باقی مانده‌اند ساخته شده است. می‌توان اینطور گفت که ما از دودِ بیگ‌بنگ ساخته شده‌ایم. در لحظه‌ای که از عمر کائنات ده دقیقه گذشته بود، قطر آن در حدود هزاران سال نوری شده بود. بعد از همه‌ی این اُفت و خیزها، کائنات و همه‌ی آنچه در آن بود تقریباً به مدت ۳۳۰ هزار سال به خنک شدن و انبساط خود ادامه داد تا اینکه مِه مهبانگ از بین رفت و

---

1 – Antimatter

جهان هستی نمایان گشت. بدینصورت بود که همه چیز آغاز شد و همچنان هم به پیش می‌رود. بنظر من داستان پیدایش جهان داستانی است خارق‌العاده و شاید بسیار عجیب‌تر از چیزی که اجداد ما بعنوان تفسیری از چگونگی پیدایش جهان در ذهنشان داشته‌اند. در ادامه‌ی این داستان شگرف، با از بین رفتن مِه مهبانگ و نمایان شدن جهان، منظره‌ای بسیار تماشایی شروع به شکل گرفتن نمود و آن، تغییر شکل کائنات از ابرهای گازی به مکانی برای خودنمایی و رقص نامنظم صدها میلیارد کهکشان بود. نکته‌ی جالب توجه این است که تمام کهکشان‌ها و هر آن چه که وجود دارد، اتم به اتم با مهندسی بسیار دقیق نجومی و در مقیاسی بسیار عظیم ساخته شده است. بنظر من عاملی که باعث پیشبرد منظم و خودکار فعالیت‌های کیهانی بعد از این تغییرات شده نیروی گرانش بوده است (شکل ۳-۳).

ایده‌ی نیروی گرانش اولین بار در قرن هفدهم توسط ایزاک نیوتن مطرح گردید و اینطور به نظر می‌رسد که این ایده زمانی به ذهنش خطور کرد که سیبی بر روی سرش افتاد. سیب به او کمک کرد تا بفهمد که همه‌ی اجسام یکدیگر را جذب می‌کنند و هرچه جرم جسم بیشتر باشد نیروی جاذبه‌ی آن نیز بزرگ‌تر خواهد بود. سیب‌ها بسمت زمین جذب می‌شوند و گرچه نمی‌توان این اتفاق را حس کرد اما زمین هم بمقدار بسیار اندکی به طرف سیب‌ها حرکت می‌کند. همه‌ی آنچه که در جهان وجود دارد از طریق نیروی گرانش به این شکل منظم گردهم جمع شده‌اند. نیروی گرانش که دلیل چسبیدن من و شما و تمام اشیاء به سطح



شکل ۳-۳: در این نمودار که در آن انبساط قسمتی از فضا در یک بازه‌ی ۱۶/۷ میلیارد سالی دیده می‌شود، چگونگی انبساط فضا در دوره‌های مختلف نشان داده شده است. این سناریو اظهار می‌دارد که انبساط کائنات تقریباً ۵ تا ۶ میلیارد سال پیش تسریع یافته و تا کنون نیز ادامه داشته است. همچنان که خلاء فضا منبسط می‌شود، کهکشان‌ها را نیز با خود حمل می‌کند.

زمین است، در خلال پدیده‌ی مهبانگ بوجود آمده و همچنان نیز بکار خود ادامه می‌دهد. البته در جهان آغازین، این پدیده نقش بسیار مهمتری را ایفا کرده است. درست بعد از مهبانگ، جهان چیزی بجز گاز نبود که تقریباً بطور یکنواختی در سرتاسر فضا گسترده شده بود. در طول ۲۰۰ میلیون سال بعدی، نیروی گرانش برای تولید ساختار اولیه‌ی جهان که سرمنشأ شکل‌گیری همه‌ی چیزهای موجود در فضاست، شروع به جمع کردن این گاز و فشرده کردن آن در یک نقطه نمود.

در سال ۱۹۸۲ توسط گروهی از دانشمندان آزمایشی برای نشان دادن چگونگی عملکرد نیروی گرانش در مراحل اولیه‌ی شکل‌گیری جهان انجام گرفت. اگرچه محاسبات انجام شده بسیار پیچیده است، اما اثبات آنچه در این آزمایش کشف شده آسان می‌باشد. در ابتدا سطح کاملاً صافی را در نظر بگیرید که با گوی‌های فلزی پر شده است. این گوی‌ها نماینده‌ی مواد موجود در جهان آغازین هستند، موادی تشکیل شده از گاز رقیق که بصورت تقریباً یکنواخت در سرتاسر جهان پخش شده‌اند. چنانچه همه‌ی گوی‌ها در فواصل یکسانی از یکدیگر قرار گرفته باشند، نیروی گرانش در همه‌ی جهات به طور یکسان به آن‌ها وارد می‌شود و در نتیجه گوی‌ها در یک ردیف و هم‌تراز باقی خواهند ماند و هیچ اتفاقی نیز نخواهد افتاد. خوشبختانه یکی از قوانین بنیادین جهان هستی این است که هیچ چیزی در جهان کامل نیست و این قضیه شامل دنیای اولیه نیز می‌شده، زیرا جهان در آغاز دچار عدم تعادل ناچیزی در پخش گازهای اولیه بوده است که این ناهمواری را می‌توان با برداشتن فقط پنج گوی در

این آزمایش شبیه‌سازی نمود. در اینصورت، نیروی گرانش از این فرصت استثنایی نهایت استفاده را نموده و به بعضی از گوی‌ها نیروی بیشتری وارد می‌شود. بدین ترتیب با برهم خوردن تعادل نیرو بین آن‌ها و ایجاد اختلال در دریای گوی‌ها، فرصت خودنمایی نیروی گرانش فراهم می‌شود و گوی‌ها بسمت یکدیگر بلعیده می‌شوند. همین اتفاق برای جهانِ نوپا هم رخ داده است. قسمت‌هایی از دریای گازهای اولیه، رقیق‌تر از بقیه جاها بوده است. این قسمت‌ها که چگالی کمتری داشتند مانند فواصل بین گوی‌ها در آزمایش فوق بوده‌اند و قسمت‌هایی از گازها که چگالی بیشتری داشتند همان جاهایی بودند که گرانش باعث متراکم شدن گازها شده بود و در همین نواحی متراکم ستاره‌ها و کهکشان‌ها شکل گرفتند. بدین ترتیب از دل تمام اختلالات، نقص‌ها و کمبودها جهان اولین قدم‌های خودش را بسمت تبدیل شدن به مکانی زیبا که امروز شاهد آن هستیم، برداشت. بنابراین اگر کسی بخاطر اشتباهی که از شما سر زده لب به گلایه گشود، به او بگوئید شاید اتفاق خوبی در پَس این اشتباه نهفته باشد، چرا که بدون نقص و کمبود، من و شما و جهان اطرافمان وجود نداشتیم.

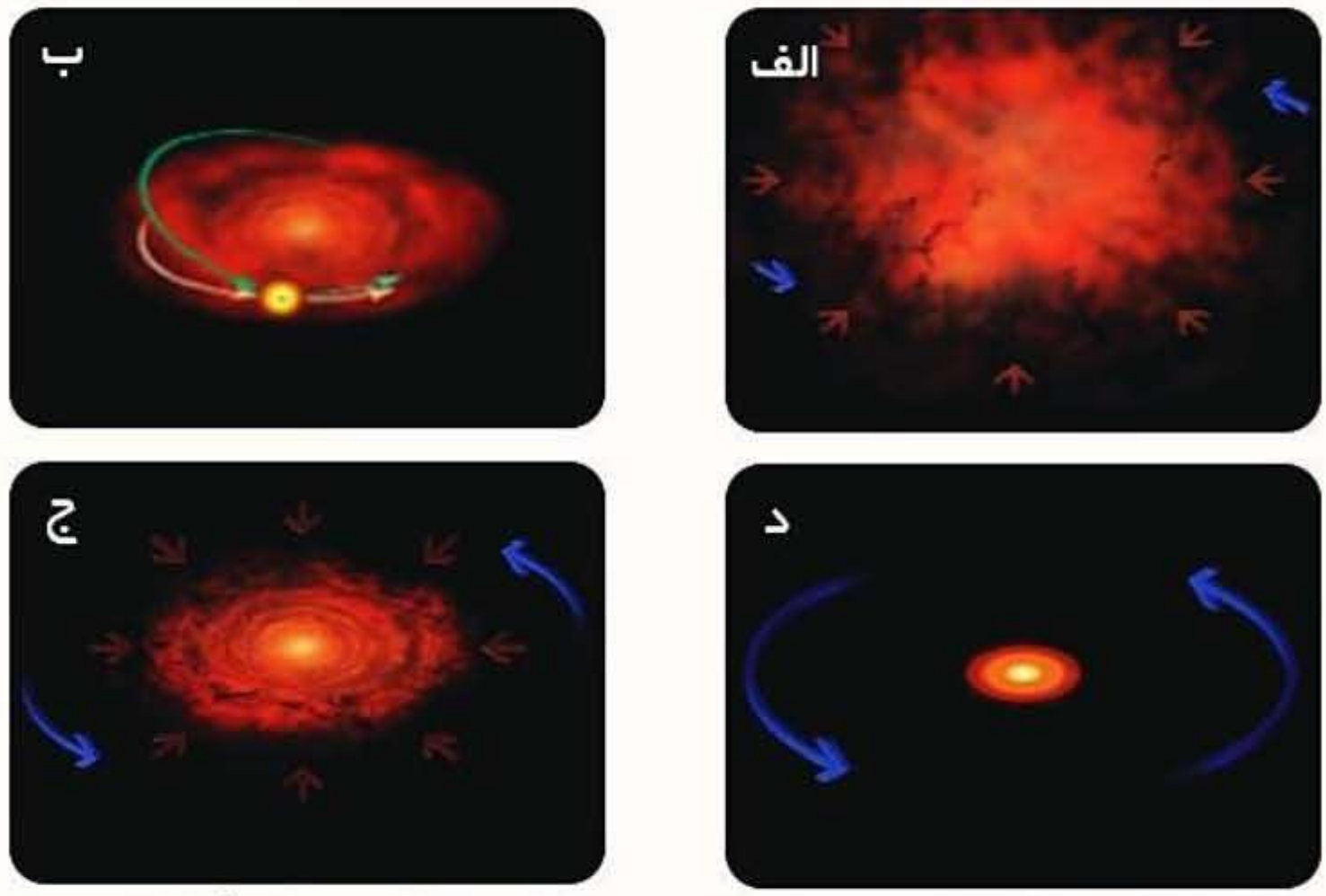
۱۳/۷ میلیارد سال پیش، بیشترین ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی جهان را گاز هیدروژن تشکیل داده بود. رفته رفته این گاز توسط نیروی گرانش متراکم و تبدیل به توده‌های وسیعی از ابر شد. با اینکه هیدروژن ساده‌ترینِ گازهاست، ولی دارای یک خاصیت استثنایی است و می‌تواند بعنوان منبع هنگفتی از انرژی عمل کند بطوریکه اگر آن را تا حدود ۱۰ میلیون درجه

حرارت دهیم، شروع به تولید سطح بالایی از انرژی می‌کند. این انرژی که دلیل درخشش ستارگان است نور و حرارت جهان را نیز تأمین می‌کند. برای درک بهتر این موضوع فرض کنید که امکان ساختن یک ستاره بر روی زمین فراهم باشد. برای نیل به این هدف در ابتدا نیاز به مقدار زیادی گاز هیدروژن داریم که این مقدار می‌تواند در حدود یک استادیوم ورزشی باشد. در گام بعدی باید دقیقاً همان کاری را انجام دهیم که گرانش در فضا انجام می‌دهد، یعنی این مقدار گاز را در هم فشرده کنیم. با متراکم شدن هیدروژن اتم‌های گاز شروع به برخورد کردن با یکدیگر نموده و دمای گاز شروع به بالا رفتن می‌کند. در زمانی که این مقدار گاز باندازه‌ی یک توپ فوتبال فشرده شود، دمای آن به مقدار بحرانی ده میلیون درجه می‌رسد و فرآیندی به نام همجوشی هسته‌ای[1] آغاز می‌گردد. در این لحظه اتم‌های هیدروژن شروع به ترکیب شدن با یکدیگر نموده و نهایتاً عنصر سنگین‌تری به نام هلیوم محصول این فرآیند خواهد بود. در این تکاپو مقداری از عناصر تبدیل به انرژی خالص می‌شوند و بدین ترتیب ستاره‌ی کوچک ما شروع به درخشش می‌کند (شکل ٤-٣).

اگر این آزمایش واقعی باشد، حتی نزدیک شدن به این ستاره هم غیرممکن و انرژی ساطع شده از آن با همه‌ی کوچکی‌اش واقعاً ویرانگر خواهد بود. در جهان آغازین هم فرآیندی مشابه اما در مقیاسی بسیار بسیار بزرگ‌تر برای اولین بار اتفاق افتاد. طی این فرآیند، ابرهای گاز هیدروژن توسط نیروی گرانش در طول میلیون‌ها سال متراکم شدند تا

---

1 – Nuclear Fusion



شکل٤-٣: الف) ابتدا ابرهای هیدروژن همزمان با چرخشی بسیار آرام شروع به متراکم شدن می‌کنند. ب) با افزایش تراکم در این گازها، قانون بقای انرژی باعث افزایش بیشتر حرارت توده‌ی ابر شده و از طرفی قانون بقای اندازه‌ی حرکت زاویه‌ای باعث افزایش سرعت چرخش این توده‌ی ابر پیرامون خودش می‌شود. ج) تصادف بین ذرات توده‌ی ابر را به دیسک مسطحی تبدیل می‌کند. د) سرانجام با رسیدن دمای مرکز این توده به حد بحرانی فرآیند همجوشی هسته‌ای آغاز شده و دیسک مسطح چرخانی که در مرکز آن غلظت و دمای بالای گازها منجر به تولد یک ستاره شده است شکل می‌گیرد.

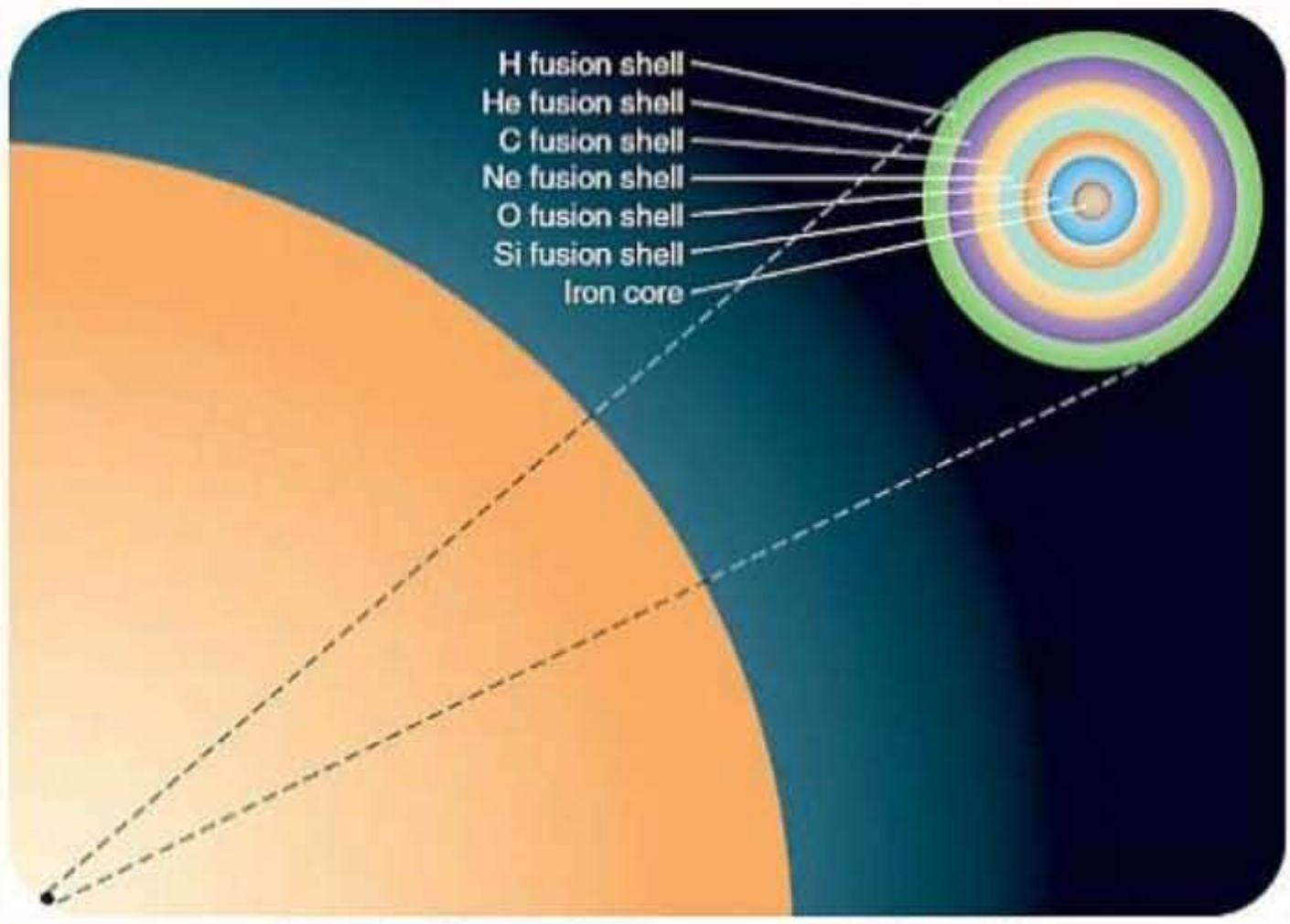
اینکه دمای مرکز این توده‌ها به اندازه‌ی کافی برای آغاز فرآیند همجوشی هسته‌ای بالا رفت. نهایتاً با انفجاری مهیب اولین ستاره متولد شد و بارانی از انرژی در سرتاسر جهان باریدن گرفت. این ستاره با اندازه‌ای تقریباً هزار برابر خورشید ما، محصولی از قوانین طبیعت و مواد خام بجا مانده از پدیده‌ی بیگ‌بنگ بود که نور آبی تیره‌ای از خود ساطع می‌نمود. بعد از تولد اولین ستاره، خیلی زود ستاره‌های دیگری در گوشه و کنار جهان

تولد یافتند و یکی پس از دیگری شـــروع به درخشـــش نمودند. فرآیند مشـابهی در خورشـید ما در حال انجام است که از طریق آن انرژی مورد نیاز برای ادامه‌ی حیات انسان و دیگر موجودات روی کره‌ی زمین تأمین می‌شود.

با وجود همه‌ی زیبایی و شـگفتی نهفته در تولد اولین سـتاره‌ها، هنوز راه زیادی برای رسـیدن به جهانی که امروز شـاهدش هسـتیم باقی مانده بود، زیرا بنا نهادن جهانی این چنین، صـرفاً با گازهای سـاده‌ای همچون هیدروژن و هلیوم غیرممکن اسـت و مسـلماً به تمام انواع عناصـر دیگر مانند اکسـیژن، کربن، آهن و بسـیاری عناصـر دیگر هم نیاز می‌باشـد. بنابراین فرآیندی که باعث تولد و درخشـش سـتارگان شـد، بار دیگر در تولید موادی همچون آهن و کربن و اکسیژن نقش‌آفرینی کرد.

سـتاره‌ها، به زبانی سـاده کارخانه‌های عظیمی نیز هستند. برای روشن شدن این مطلب تصور کنید که ستاره‌ای را از وسط به دو نیم تقسیم کنیم. در اینصـورت درسـت مانند سـتاره‌ای که در وسـط اسـتادیوم ورزشـی سـاختیم، خواهیم دید که اتم‌های هیدروژن در حال ترکیب شـدن با یکدیگر بوده و هلیوم را تولید می‌کنند که این گاز به نوبه‌ی خود انرژی ستاره را تولید می‌کند. اما هلیوم اندکی از هیدروژن سنگین‌تر است و این امر باعث می‌شـود که در مرکز ستاره ته‌نشین شود و بدین ترتیب اتم‌های هلیوم مرکز سـتاره را اشـغال می‌کنند. همچنانکه اتم‌های هلیوم در مرکز سـتاره تجمع پیدا می‌کنند، با یکدیگر ترکیب شـده و باعث تولید انرژی بیشـتری می‌شـوند و همزمان عنصـر دیگری بنام کربن شکل می‌گیرد که

بخش حیـاتی بدن هر موجود زنده می‌باشـــد. این فرآیند بارها تکرار می‌شـود و نهایتاً ستاره مانند یک پیاز لایه لایه می‌شود که هر چه به مرکز آن نزدیک‌تر شـویم، عناصـر تشکیل دهنده سنگین‌تر می‌شوند (شکل ۵-۳). نئون، اکسـیژن و پائین‌تر از همه آهن که بعد از ترکیب شـدن اتم‌های آهن اوضـاع تغییر می‌کند، چراکه اتم‌های آهن بعد از همجوشـی انرژی تولید نمی‌کنند و به همین دلیل حرارت تدریجاً کمتر می‌شـود و بتدریج آهن بیشـتری در مرکز سـتاره ذخیره می‌شـود تا زمانیکه همه‌ی سـوخت سـتاره تمام شـود. بعد از پایان یافتن سوخت ستاره، گرانش دست به کار شـده و سـتاره را در خودش فرو می‌برد. هر چه هسـته‌ی ستاره متراکم‌تر می‌شود دمای آن بالاتر می‌رود، تا اینکه دمایش به ۱۰۰ برابر دمای هسته‌ی خورشـید ما می‌رسـد و سرانجام ستاره متلاشی شده و منفجر می‌شود. به



شکل ۵-۳: همجوشی در لایه‌های مختلف یک ستاره

این پدیده که طی آن در کسری از ثانیه موج ضربه‌ای[1] عظیمی از ستاره ساطع می‌شود، ابرنواختر[2] گفته می‌شود و در حقیقت مرگ یک ستاره و تولد چیز جدیدی از آن است (شکل ٦-٣). این انفجار بقدری قدرتمند است که مقداری از اتم‌های آهن موجود را وادار به همجوشی نموده و باعث تولید عناصر سنگین‌تری همچون طلا، پلاتین یا سرب می‌شود و بدین ترتیب عناصر گرانبهایی که ممکن است امروز به شکل یک حلقه زینت‌بخش دستان شما باشد، میلیاردها سال پیش در دل انفجار یک ستاره و طی درخششی چشمگیر ساخته شده‌اند. در واقع این عناصر محصولات بخش پایانی فرآیند تولد تا مرگ یک ستاره هستند که امروز در اطراف ما جلوه‌گری می‌کنند. نکته‌ی متحیرکننده این است که بدن ما بوسیله‌ی مواد تشکیل دهنده‌ی ستارگان ساخته شده است و دلیل تپش قلب‌هایمان انرژی ساطع شده از خورشید در نتیجه‌ی تولید این عناصر در درون آن می‌باشد.

به همان اندازه که ستارگان سحرآمیز و متحیرکننده هستند، در جهان بیکران ما پدیده‌های افسون‌کننده‌ی دیگری هم وجود دارد. در حدود ۳۰۰ میلیون سال بعد از بیگ‌بنگ اولین ستاره‌ها شروع به تشکیل کهکشان‌هایی دادند که به نوبه‌ی خود شکل و اندازه‌ی آن‌ها کمی گیج کننده است. بنظر می‌رسد کهکشان ما یکی ازکهن‌ترینِ آن‌ها باشد که در حدود ۱۳ میلیارد سال پیش شروع به گردآوری خودش کرده است. کهکشان راه شیری با قطری در حدود ده هزار میلیارد کیلومتر قریب به ۲۰۰ میلیارد

---

1 – Shock Wave
2 – Supernova

تغییرات ستارگان کم جرم در طول زمان

زنجیره‌ی اصلی

جرم این دسته از ستارگان تقریباً نصف جرم خورشید است.

با مصرف شدن هیدروژن ستاره شروع به فروپاشی می‌کند.

فروپاشی همچنان ادامه می‌یابد.

فشار گاز گرانش را متعادل می‌کند.

ستاره‌ی کوچک و کم نور محو می‌شود.

ستاره تبدیل به کوتوله‌ی سیاه و کم نوری می‌شود.

تغییرات ستارگان شبیه به خورشید در طول زمان

جوش هسته‌ای این دسته از ستارگان تا زمانیکه هیدروژن هسته به اتمام نرسیده ادامه می‌یابد.

با توقف فرآیند همجوشی در هسته، ستاره متورم شده و به غول سرخ تبدیل می‌شود و احتراق پوسته‌ی خارجی آغاز می‌شود.

همزمان با متورم شدن ستاره لایه‌های بیرونی شروع به شکل دادن یک سحابی سیاره‌ای می‌کنند.

ستاره متلاشی شده و به شکل یک کوتوله‌ی سفید در می‌آید.

کوتوله‌ی سفید در طول زمان محو می‌شود.

تغییرات ستارگان با جرم زیاد در طول زمان

ستاره بر روی رشته‌ی اصلی

در این نوع ستارگان بعد از اتمام هیدروژن هسته، واکنش‌های همجوشی متفاوت و فراوان رخ می‌دهد.

همزمان با شروع احتراق در پوسته، ستاره بصورت یک سوپر غول متورم می‌شود.

ستاره هایی با جرم بیشتر از هشت برابر خورشید بصورت یک ابرنواختر منفجر.

اگر ستاره بزرگتر از ۳/۲ برابر اندازه‌ی خورشید باشد، هسته‌ی ستاره بصورت یک ستاره‌ی نوترونی و یا یک سیاهچاله متلاشی می‌شود.

ستاره‌ی نوترونی

سیاهچاله

شکل ٦-٣: اکثر ستارگان حیات خود را بر روی "زنجیره‌ی اصلی" آغاز می‌کنند. ستارگانی با جرم‌های بسیار سنگین تبدیل به اَبَرغول‌هایی شده و سرانجام منفجر می‌شوند. ستارگانی با جرم‌های متوسط مانند خورشید، تبدیل به غول سرخ می‌شوند و سرانجام یک سحابی سیاره‌ای را تشکیل می‌دهند. ستارگانی که دارای جرم‌های کمی هستند به کندی رشد می‌کنند بطوریکه پیرترین آن‌ها همچنان بر روی زنجیره ی اصلی قرار دارد.به همین دلیل اخترشناسان هنوز موفق به مشاهده‌ی آخرین مرحله از حیات این دسته از ستاره‌ها نشده‌اند.

ستاره را در خود جای داده که البته کسی در مورد تعداد ستارگان آن مطمئن نیست، زیرا همه‌ی آن‌ها از روی زمین قابل رویت نیستند و به هر حال اگر هم توانایی مشاهده‌ی آن‌ها را داشتیم، زمان زیادی برای شمارش آن‌ها نیاز بود.

از آنجائیکه تمامی ستارگان توسط نیروی گرانش شکل گرفته‌اند و در نهایت توسط همین نیرو مخلوط بی‌معنایی از گازهای بجا مانده از مهبانگ تبدیل به پدیده‌ای زیبا و قدرتمند شده است، بنابراین می‌توان نیروی گرانش را قهرمان جهان هستی نامید. اما مانند همه‌ی قهرمان‌ها گرانش هم جنبه‌های منفی دارد. برای مثال در مرکز هر کهکشان نمونه‌ای بارز از سرکشی بی‌رقیب نیروی گرانش که در شکل یک سیاهچاله ظاهر شده است وجود دارد (شکل ۷-۳).

وقتی در دهه‌ی دوم زندگی‌ام بودم، محاسبات اولیه‌ی مربوط به ریاضیات سیاهچاله‌ها را انجام دادم، ولی مورد استقبال چندانی قرار نگرفت. امروزه این مسئله مورد توجه بسیاری از افراد است بنحوی که فیزیکدان‌های بسیاری در سرتاسر جهان به مطالعه‌ی رفتار سیاهچاله‌ها پرداخته‌اند. امروزه می‌دانیم که جذابیت سیاهچاله‌ها برای ما، تنها بدلیل خصوصیات منحصر به طبیعت آن‌ها نیست، بلکه نقش اساسی آن‌ها در شکل‌گیری کهکشان‌هاست که ما را ترغیب به شناخت دقیق‌تر این پدیده‌ی شگفت‌انگیز می‌کند. علاوه بر این شاید بتوان با شناخت دقیق‌تر سیاهچاله‌ها به چگونگی پایان یافتن داستان جهان نیز پی برد. سیاهچاله‌ها زمانی شکل می‌گیرند که ستاره‌ی بزرگی، با جرمی در حدود ۲۰ برابر

شکل ۷-۳: این تصویر که توسط تلسکوپ فضایی هابل تهیه شده است، متعلق به کهکشان بُود است که در فاصله‌ی ۱۲ میلیون سال نوری از زمین قرار گرفته است. در این تصویر ساختار مارپیچ و هسته‌ی عظیم این کهکشان بخوبی نمایان است. احتمال می‌رود ابرسیاهچاله‌ی عظیمی با جرمی برابر با ۷۰ میلیون خورشید در قلب این کهکشان قرار گرفته باشد.

جرم خورشید به پایان زندگی خویش می‌رسد. البته چنین ستاره‌ای هیچ شباهتی با خورشید ندارد زیرا این ستاره ناپایدار شده و همچنانکه شدیداً ارتعاش می‌کند، مرگی زجرآور انتظارش را می‌کشد. سرانجام زمانی که سوخت ستاره به اتمام می‌رسد شروع به فشرده شدن می‌کند و همزمان با کوچکتر شدن ستاره چگالی آن بیشتر شده و دمای آن بالاتر می‌رود. در این مرحله دیگر هیچ نیرویی در جهان یارای مقابله با فروپاشی چنین ستاره‌ی سنگین و فشرده‌ای را ندارد. هسته‌ی ستاره بسیار سنگین شده است و گرانشِ افسارگسیخته، ستاره را هر لحظه بیشتر در خود فرو می‌برد. تنها در مدت زمان ۱۵ ثانیه این نیروی غیر قابل مهار، ستاره‌ای با قطر میلیون‌ها کیلومتر را به جسمی با قطر تقریبی ۲۰ کیلومتر در خود فرو

می‌برد اما همچنان همه‌ی جرم ستاره پابرجاست و همین جرم فوق سنگین ستاره است که باعث می‌شود هر لحظه بیشتر فشرده و کوچکتر شود. دمای هسته‌ی آن تا ۱۰۰ میلیارد درجه بالا می‌رود و لایه‌های بیرونی بصورت ابرنواختر عظیمی منفجر می‌شوند ولی در مرکز آن، هسته‌ی ستاره در چیزی به نام چاه گرانشی سقوط می‌کند. سرانجام ستاره خودش را در یک نقطه فشرده می‌کند و بدین ترتیب یک سیاهچاله متولد می‌شود که هیچ‌چیزی، حتی نور، نمی‌تواند از نیروی گرانش آن بگریزد (شکل ۸-۳). تصور اینکه چگالی یک سیاهچاله چقدر می‌تواند زیاد باشد واقعا دشوار است ولی می‌توان برای درک بهتر آن، فرآیند شکل‌گیری سیاهچاله را بر روی یک شیء آشنا، برای مثال سیاره‌ی زمین، شبیه‌سازی نمود. تصور کنید که بتوانیم زمین را قطعه به قطعه فشرده کنیم و تا جایی به این کار ادامه دهیم که نیروی گرانش به اوضاع مسلط شود و زمین را تبدیل به یک سیاهچاله کند. در اینصورت برای اینکه زمین در چاه گرانشی خودش فرو برود باید تا جایی فشرده شود که اندازه‌ی آن با قطر ۱۳۰۰۰ کیلومتر به اندازه‌ی یک نخودفرنگی کاهش یابد.

در خلال سال‌هایی که به مطالعه بر روی رفتار سیاهچاله‌ها مشغول بودم، یکی از اکتشافات غیرمنتظره این بود که یک سیاهچاله می‌تواند بطور کامل هم سیاه نباشد. بنا به همان دلیلی که جهان آغازین هم نمی‌توانسته به طور کاملاً یکنواخت گسترده شده باشد و با توجه به اینکه هیچ چیزی در حد کمال وجود ندارد، سیاهچاله‌ها هم برخلاف نامی که بر آن‌ها نهاده شده است، باید پرتوافشانی کنند و هرچه سیاهچاله کوچکتر

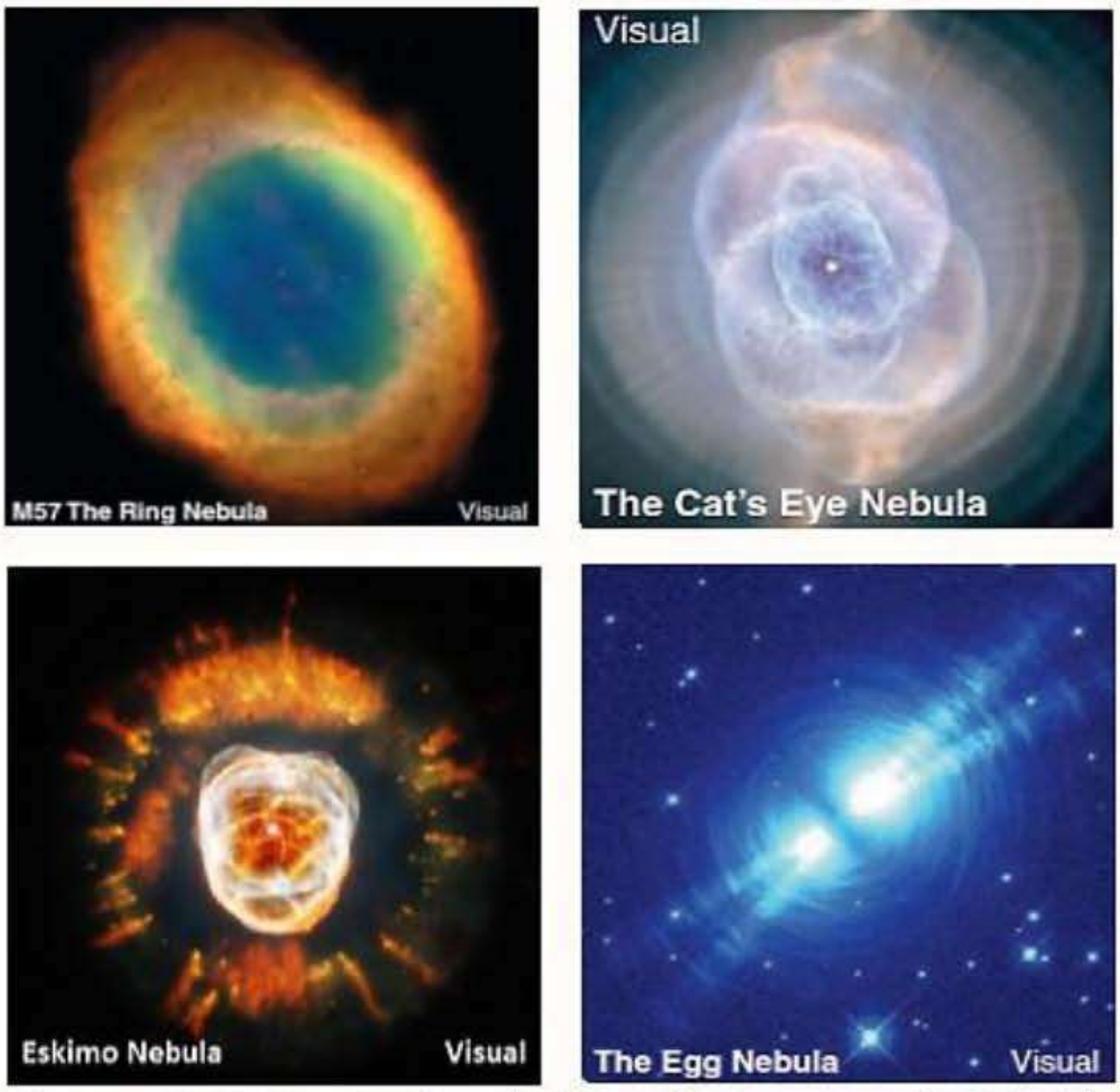
شکل ۸-۳: در این اثر هنری یکی از معروفترین گزینه‌های شناخته شده به نام Cygnus X – 1 به تصویر در آمده است. مشاهده می‌شود که مواد اَبَرستاره‌ی آبی رنگ مجاور در حال کشیده شدن بسمت دیسک در حال رشدی است که مرکز آن را شیء متراکمی اشغال کرده است. اخترشناسان پی برده‌اند که فرآیندهای داخل دیسک منجر به دفع گازهای داغ و ساطع شدن اشعه‌ی ایکس از آن می‌شود. جرم این جسم در حال رشد، نشان‌دهنده‌ی سیاهچاله بودن آن می‌باشد.

باشد با شدت بیشتری پرتوافشانی می‌کند، بطوریکه اگر سیاهچاله‌ای بقدری کوچک باشد که جرم آن به اندازه‌ی جرم یک رشته کوه باشد، واقعاً تابش چشمگیری خواهد داشت. البته اکثر سیاهچاله‌ها در فضا بسیار سنگین‌تر از یک رشته کوه هستند، بطوریکه کوچکترین آن‌ها دارای جرمی حدود چهار برابر خورشید و قطری حدود ۲۵ کیلومتر است. بعضی از آن‌ها بزرگتر بوده و جرمشان ممکن است به هزاران برابر خورشید برسد و نهایتاً بزرگترین آن‌ها که در واقع اَبَرسیاهچاله‌ها هستند در مرکز کهکشان‌ها قرار گرفته‌اند. برای نمونه سیاهچاله‌ای که در مرکز کهکشان راه شیری قرار گرفته است تخمین زده می‌شود جرمی معادل چهار میلیون خورشید و قطری حدود ۱۷ میلیون کیلومتر داشته باشد.

چنین سیاهچاله‌هایی مراکز چرخش، شکل‌دهنده و به نوعی عامل پایدارکننده‌ی بسیاری از کهکشان‌ها می‌باشند که کهکشان راه شیری را هم شامل می‌شود.

هشت میلیارد سال بعد از بیگ‌بنگ و پس از جَست و خیزهای فراوان، ستاره‌ها و کهکشان‌هایی که به آرامی بدور سیاهچاله‌های غول‌پیکری در حال گردش بودند پدیدار شدند. در این مرحله صحنه‌ی جهان هستی آماده‌ی مهیا کردن شرایط لازم برای نوع خاصی از حیات بود. بنابراین در ابتدا خورشید و زمین و در نهایت انسان قدم به پهنه‌ی هستی نهادند. منظومه‌ی خورشیدی ما، جایی که آن را خانه می‌نامیم، در حدود ۲۶ هزار سال نوری از مرکز کهکشان راه شیری فاصله دارد. داستان چگونگی پیدایش سیاره‌های غول‌پیکری که در این منظومه بدور یک ستاره‌ی زرد متوسط شروع به گردش کردند، ٦ میلیارد سال به درازا خواهد کشید و از آنجائیکه ما چنین زمانی را برای بازگو کردن آن در اختیار نداریم، به اختصار به شرح حادثه می‌پردازم.

مدت‌ها قبل همه چیز با انفجار یک ستاره‌ی کهن آغاز شد و در نتیجه‌ی آن، فضا با ابرهای چرخانی از مواد تشکیل دهنده‌ی دوران حیات این ستاره و همچنین فلزات سنگین‌تری که بعد از مرگش تولید شده بودند آکنده شد. دلیل اثبات این قضیه موارد مشابهی از این ابرهای تیره‌ی تشکیل شده از گاز و غبار است که امروزه در فواصل دور کهکشان می‌توان دید. به این نوارهای شبح‌گون سحابی[1] می‌گویند که بسیار هم زیبا هستند (شکل ۹-۳). مواد تشکیل دهنده‌ی هر سحابی با دیگری



شکل ۹-۳: عکس‌های بدست آمده از تلسکوپ فضایی هابل نشان می‌دهد که تقارن در سحابی‌های سیاره‌ای یک قانون است نه یک استثنا!

متفاوت است که در نمونه‌ی مورد بررسی ما، این ابرها شامل نیتروژن، اکسیژن، آهن، سیلیکا و همه‌ی مواد دیگری بودند که برای بنا نهادن جهانی مانند جهان ما نیاز می‌باشند. بعد از آن نیروی خستگی‌ناپذیر گرانش دست بکار شد و همه‌ی این مواد را بسمت یکدیگر جذب نمود و بدین‌ترتیب مهندسی بی‌نظیری که به ساخته شدن سیاره‌های منظومه‌ی شمسی می‌انجامید آغاز شد. غبارهای چرخان عظیمی تشکیل شدند و در مرکز یکی از آن‌ها سیاره‌ای سنگی به نام زمین شروع به شکل گرفتن نمود. سیاره‌ای که از گرد و غبار یک ستاره ساخته می‌شد و توسط نیروی

گرانش به یکپارچگی می‌رسید. نهایتاً در طی صد میلیون سال بعدی میلیون‌ها تُن گرد و غبار سماوی توسط نیروی گرانش تبدیل به توپی غول‌آسا شد. بدین ترتیب زمین پدیدار گشت و در حقیقت نقطه‌ی آغاز ما انسان‌ها شکل گرفت (شکل ۱۰-۳).

شکل ۱۰-۳: شبیه سازی سیاره‌ی زمین در مراحل اولیه‌ی شکل‌گیری

اما چنانچه یکی دیگر از وقایعی که ناشی از جلوه‌گری نیروهای طبیعت است رخ نمی‌داد، سیاره‌ی ما برای همیشه بصورت توپ بایری از صخره و فلزات و مواد معدنی باقی می‌ماند. اینبار مهندسی عظیم نجومی در فاصله‌ی ۱۵۰ میلیون کیلومتری سیاره‌ی نوپای زمین و درست در قلب این سحابی غول‌پیکر پدیده‌ای جدید به ارمغان آورد و فشار و دمای توپی از گاز هیدروژن بقدری زیاد شد که اتم‌های هیدروژن شروع به ترکیب شدن با یکدیگر نمودند و ستاره‌ای جدید بنام خورشید متولد شد. زمانی

که آتش خورشید شعله‌ور شد، جریان عظیمی‌از طوفان‌های خورشیدی بپا خاست و باعث شد که گاز و غبار و دیگر اجرام بجا مانده از سحابی بخارج از لبه‌ی منظومه‌ی خورشیدی هدایت شوند و سرانجام به شکلی که امروز شاهد آن هستیم بسیار زیبا و منظم تبدیل شود. در قسمت خارجی منظومه‌ی خورشیدی، سیاره‌های گازی غول‌پیکری شامل مشتری، زحل، اورانوس و نپتون و در قسمت داخلی سیاره‌های متراکم‌تر و سنگی شامل عطارد، ناهید، مریخ و البته زمین پدید آمدند. سلسله رویدادهایی که در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است یکی از محتمل‌ترین تئوری‌ها در رابطه با چگونگی شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی را نشان می‌دهد. این تئوری بسادگی به بیان برجسته‌ترین ویژگی‌های منظومه‌ی شمسی نظیر دلیل مسطح بودن منظومه و هم جهت بودن چرخش سیارات بدور خورشید پرداخته است.

خوشبختانه خورشید با قطری باندازه‌ی ۱/٤ میلیون کیلومتر می‌تواند از لحظه‌ی تولدش برای هشت میلیارد سال بعدی به سوختن و تولید انرژی ادامه دهد. بنظر می‌رسد این زمان برای خودنمایی جلوه‌ی دیگری از نیروهای طبیعت که حیات باشد، به اندازه‌ی کافی طولانی است. حیات یکی از عجیب‌ترین پدیده‌های شناخته شده است و به عقیده‌ی من به بهترین شکل ممکن توانایی‌های جهان هستی را به رخ می‌کشد. جالب اینجاست با وجود اینکه بشر به چگونگی بر پا شدن جهان هستی در میلیون‌ها سال قبل پی برده است، اما هنوز در مورد چگونگی آغاز حیات بر روی زمین با اگر و اماهای فراوانی روبروست. بعد از گذشت ٤/٥

شکل ۱۱-۳: فرآیند شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی

نقطه‌ی شروع شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی، سحابی شمسی بوده است، ابری چرخان از گاز و گرد و غبار.

با متراکم شدن این ابر توسط نیروی گرانش، بتدریج تبدیل به دیسک مسطحی می‌شد، سرعت چرخش آن افزایش می‌یافت و دمای ناحیه‌ی مرکزی آن یعنی ماده‌ی متشکله‌ی خورشید بشدت بالا می‌رفت.

خورشید در مرکز این دیسک متولد خواهد شد.

سیارات در این نواحی شکل خواهند گرفت.

ناحیه ی گرم‌تر داخلی فقط برای ذرات سنگی و فلزی فرصت متراکم شدن را فراهم نمود.

هلیوم و هیدروژن بصورت گاز باقی ماندند اما بافت‌های ریز گرد و غبار و یخ به یکدیگر چسبیدند و بدین ترتیب ذرات سیاره‌ای و اجرام کوچک سازنده‌ی سیارات شکل گرفتند.

در ناحیه‌ی خنک‌تر خارجی گازهای بجا مانده از سحابی پیرامون ذرات سنگی و یخی انباشته شدند.

سیاره‌های صخره‌ای از سنگ و فلز ساخته شدند.

سیارات گازی رشد نموده و شروع به جذب گازهای هیدروژن و هلیوم کردند و رفته رفته تبدیل به سیارات گازی غول پیکری شدند.

ذرات سیاره‌ای حلقه‌هایی را تشکیل دادند و در اثر برخورد با یکدیگر سیارات شکل گرفتند.

قمرها در دیسکی از غبار و گاز پیرامون این سیارات شکل گرفتند.

رفته رفته سیاره‌های صخره‌ای در ناحیه‌ی داخلی منظومه نمایان شدند.

سیاره‌های گازی در ناحیه‌ی خارجی منظومه مستقر شدند.

بنظر می‌رسد بقایای ذرات سیاره‌ای در ناحیه‌ی خارجی دیسک ابری از ستاره‌های دنباله‌دار و خرده سیاره‌ها را تشکیل داده‌اند.

میلیارد سال از آغاز شکل‌گیری زمین، نژاد انسان وارد صحنه‌ی حیات شد اما هنگامی که این داستـان برای مردم بازگو می‌شود، غالباً یک چیز آن‌ها را آزار می‌دهـد، اینکـه زنجیره‌ی مبهوت‌کننـده‌ای از رویدادها که برآیند آن‌ها موجوداتی همچون ما انسان‌ها است، چطور می‌تواند حاصل تصادف باشد؟ علم این را نمایان کرده است که قدرت والاتر دیگری در کار بوده که قوانین جهان را وضـع نموده است و در نتیجه جهان و ما از عدم پا به عرصه‌ی وجود گذارده‌ایم. هنگامی که با این قضیه روبرو می‌شویم به نظر نمی‌رسـد که حیات فقط از یک تصـادف به وجود آمده باشـد. چرا که سیاره‌ی زمین درست در فاصله‌ای از خورشید قرار گرفته که شرایط لازم برای وجود آب مایع فراهم شـده اسـت و خورشـید هم دقیقاً با اندازه‌ای متولد شـده که می‌تواند برای میلیاردها سـال به سوختن ادامه دهد و این زمان برای به تکامل رسیدن حیات کافی بنظر می‌رسد. همچنین منظومه‌ی شـمسی مملو از همه‌ی عناصر مورد نیاز برای آغاز سلسله‌ی حیات است و دلیل وجود این عناصـر هم سـتارگان کُهنی اسـت که در گذشته وجود داشـته‌اند. این سـتاره‌های قدیمی هم نتیجه‌ی ناهمواری موجود در پخش شـــدن گازهای دنیای آغازین بوده‌اند که این عدم تعادل ناشـــی از عدم توازنی اســـت که در بین میلیارها ذره‌ی بجا مانده از مهبانگ بوجود آمده بود. با اینحال بهتر اسـت که از بودن در یک جهان تمام عیار و زندگی بر روی سیاره‌ای بی‌نقص که بدور یک ستاره‌ی بی‌نقص می‌گردد، آن هم به این دلیل که این مکان تنها جای ممکن اســت که حیاتی مانند ما در آن وجود دارد، هیجان‌زده نشـــویم. ما تنها بخش بســیار کوچکی از جهانی

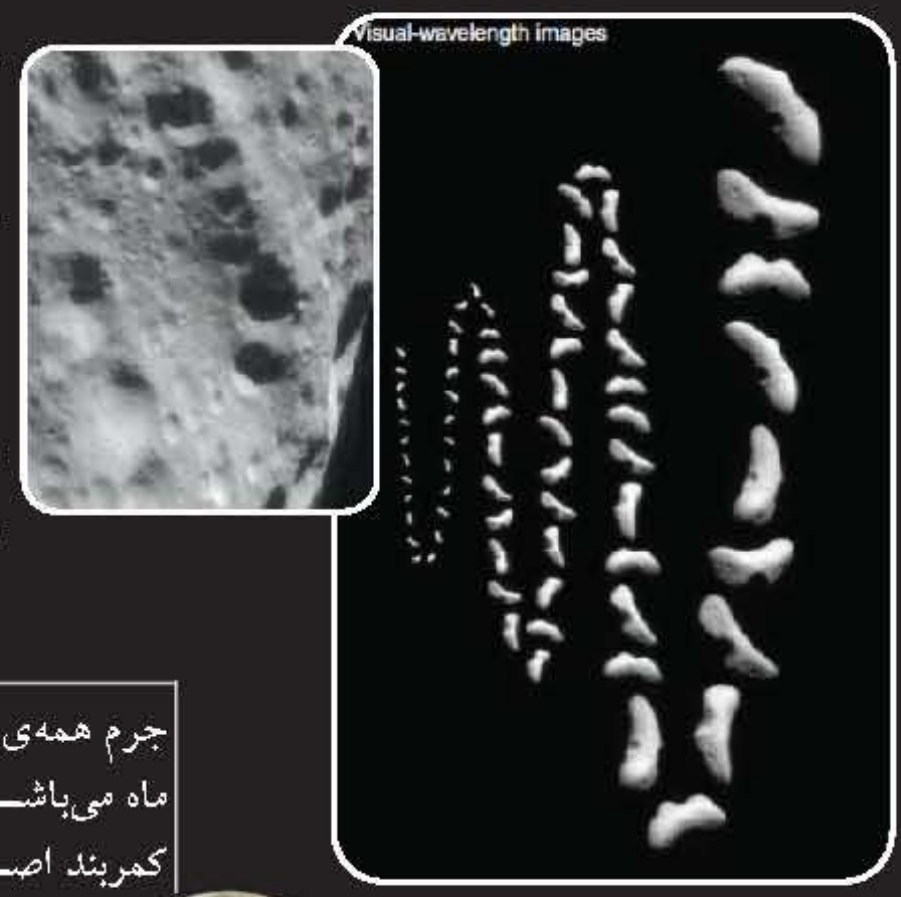
هستیم که در نتیجه‌ی یک مکانیزم کهن و زیبا خلق شده است. اما این اکتشافات باارزش هم فقط نقطه‌ی آغازیست برای پی بردن به تمامی اسراری که علم فیزیک می‌تواند برای ما فاش سازد. با قدرت علم می‌توان به اتفاقاتی که نوع بشر در آینده‌های دور پیش رو دارد پی برد و سرانجام شاید روزی بشر بتواند سرنوشت جهان هستی را نیز پیش‌بینی کند.

کیهان‌شناسی نه تنها راهیست برای درک چگونگی پیدایش شبکه‌ی عظیم کهکشان‌ها در کائنات، بلکه با کمک این علم می‌توان اتفاقاتی را که در کمین ما و جهان نشسته‌اند نیز پیش‌بینی نمود. ما اولین انسان‌های نسل بشر هستیم که می‌توانیم صدها و شاید میلیاردها سال در آینده‌ی جهان به اکتشاف بپردازیم و شاید بتوانیم تا پایان آن را ببینیم. چیزی که من فهمیده‌ام تنها آینده‌ی جهانی که در آن سکنی گزیده‌ایم نیست، بلکه چالش بزرگی است که گونه‌ی ما با آن مواجه خواهد بود، به هر حال ما در مقایسه با جهان توانمندی که از آن ساخته شده‌ایم ارگانیسم ضعیفی بیش نیستیم. زمینی که به ما حیات داده است همیشه به شکل پناهگاه آبی و زیبایی که امروز می‌بینیم نخواهد بود. قاره‌های سیاره‌ی ما به آهستگی در حال حرکت‌اند، بطوریکه در ۷۵ میلیون سال اینده همه‌ی آن‌ها به دور قطب جنوب جمع خواهند شد و هیچ کس نمی‌داند که آیا تا آن زمان زمین قابل سکونت باقی خواهد ماند یا خیر! اما حقیقت تلخ این است که، ممکن است نسل بشر آنقدر دوام نیاورد که بتواند به چگونگی این تغییرات پی ببرد. همچنانکه با دقت بیشتری به آینده‌ی جهان می‌نگریم، خطرات آن بیشتر نمایان می‌شود. کافیست نگاهی به آسمان مجاورمان

بیـاندازیم، خواهیم دید که مملو از میلیون‌ها خرده ســـیاره‌ایســـت که باقیمانده‌های باسـتانی فرآیند سـاخته شدن منظومه‌ی شمسی می‌باشند. به این اجرام سـاخته شـده از سنگ و فلز سیارات کوچک هم لقب داده‌اند. خرده سیاره‌ها مدارهای مستقلی را پیرامون خورشید دنبال می‌کنند اما اکثر آن‌ها بر روی کمربندی بنام کمربند اصـلی تمرکز یافته‌اند (شـکل ۱۲-۳). احتمال نابود شـــدن زمین در اثر برخورد یکی از این ســـیارک‌ها فقط موضـوع ساخت فیلم‌های پر از حادثه‌ی هالیوودی نیست، بلکه این خطر کاملاً جدی اسـت. ما حتی برای برخی از آن‌ها اسم هم در نظر گرفته‌ایم برای مثال نام یکی از آن‌ها آپوفیس[1] می‌باشـد که در سـال ۲۰۰٤ کشـف شده است. این خرده سیاره که بزرگی آن باندازه‌ی یک آسمان‌خراش صد طبقه تخمین زده می‌شود، وزنی در حدود ۲۰ میلیون تن دارد و با سرعت ٤٥۰۰۰ کیلومتر در ســـاعت، یعنی ده برابر ســـرعت یک گلوله، در حال حرکت در فضا است. انرژی حاصل از برخورد این سیارک با زمین تقریباً باندازه‌ی انرژی همه‌ی بمب‌های اتمی جهان خواهد بود و با وجود اینکه مسیر دقیق حرکت این خرده‌سیاره هنوز مشخص نیست، اما مسیر تقریبی آن برای ما آشـــکار اســـت و انتظار می‌رود که در ۱۳ آپریل ۲۰۲۹ این صـخره‌ی غول‌پیکر از فاصله‌ی ۳۷ هزار کیلومتری سطح زمین عبور کند. این فاصله بسیـار نزدیک به ارتفـاع ماهواره‌هائیست که در مدارهای زمین در حال گردش هســـتند. خوشـــبختانه احتمال برخورد آپوفیس با زمین بسیار کـم است ولـی مشکـلی که بشر با آن مواجه است حضور هـزاران

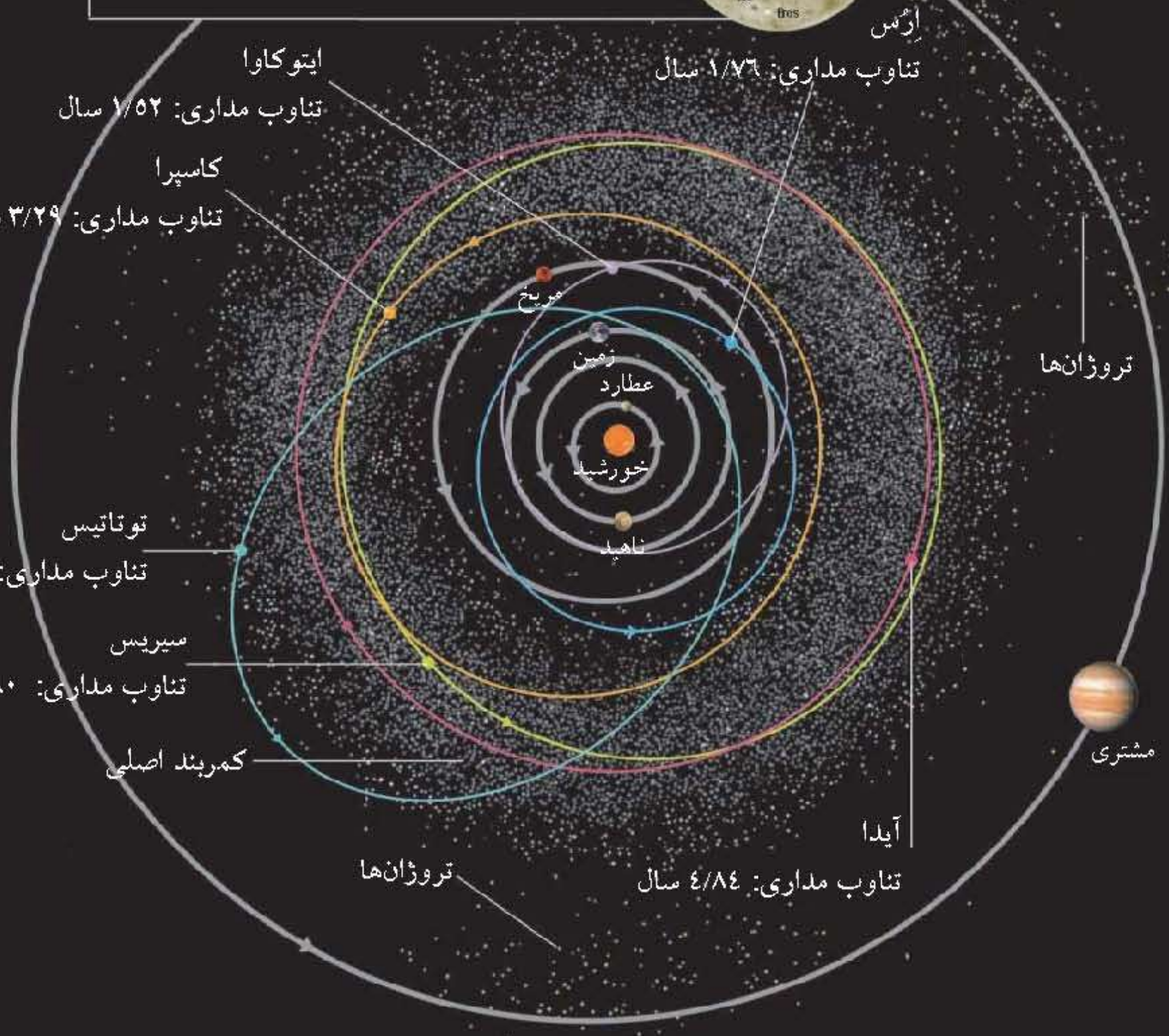
---

1 – Apophis



شکل ۱۲-۳الف: این تصویر در یک بازه‌ی زمانی سه هفته‌ای و با عبور فضاپیمای NEAR از نزدیکی خرده سیاره‌ی اِرُس ثبت شده است. شکل نامنظم و الگوی حرکت خرده سیاره نمایان است. تناوب چرخشی این خرده سیاره با طول ۳٤ کیلومتر ۵ ساعت است. عکس سمت راست قسمتی از سطح اِرُس را نشان می‌دهد که فاصله‌ی بالا تا پائین آن ۱۱ کیلومتر است.

جرم همه‌ی خرده سیاره‌ها روی هم رفته برابر با ٤ درصد جرم ماه می‌باشد که ۳۰ درصد این مقدار به سیریس تعلق دارد. کمربند اصلی شامل بیش از ۲۰۰ خرده سیاره با طول بیشتر از ۱۰۰ کیلومتر، ۲۰۰ هزار خرده سیاره با طول بیشتر از ۱۰ کیلومتر و ۲۰۰ میلیون خرده سیاره با طول بیشتر از یک کیلومتر است. خرده سیاره‌های بزرگتر از ۲۹۰ کیلومتر تقریباً کروی هستند و اندازه‌های کوچکتر شکل هندسی مشخصی ندارند.



شکل ۱۲-۳ ب: تصویر بالا موقعیت هر یک از خرده سیاره‌های موجود در منظومه‌ی شمسی را در تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۱۰ نشان می‌دهد. خرده سیاره‌ها هم جهت با سیارات بدور خورشید در حال چرخش می‌باشند. دو گروه تروژان‌ها دارای تناوب مداری مشابه سیاره‌ی مشتری هستند

صخره‌ی غول‌پیکر دیگر در فضاست که بعضی از آن‌ها طولی بیشتر از ۱۶ کیلومتر دارند. خرده سیاره‌هایی با این اندازه که تقریباً با شهر منهتن[1] برابری می‌کنند، معمولاً هر ۱۰۰ میلیون سال یکبار با زمین برخورد می‌کنند. آخرین برخورد به ۶۵ میلیون سال پیش برمی‌گردد که احتمالاً عامل انقراض دایناسورها نیز بوده است.

ما نمی‌دانیم که سیارک بعدی در چه زمانی ممکن است با زمین برخورد کند، ولی اگر به اندازه‌ی کافی بزرگ باشد، قابلیت این را خواهد داشت که زمین را تبدیل به سیاره‌ای بی‌حاصل و خالی از موجودات زنده نماید و بدین ترتیب به داستان پنج میلیارد ساله‌ی حیات بر روی زمین خاتمه دهد. با این وجود حتی اگر از این بلای طبیعی هم اجتناب کنیم، انسان خود نیز به تنهایی توانایی نابود کردن نسل خود را دارد. در ده هزار سال گذشته همه‌ی تلاش انسان در راستای چیره شدن بر سیاره‌ی خویش بوده است و بنظر می‌رسد در این زمینه بسیار موفق عمل کرده، ولی به اعتقاد من در میزان بهره‌برداری از هوش زیاده روی شده است. با توجه به اینکه باکتری‌ها سه میلیارد سال است که بدون هوش به حیات خود ادامه داده‌اند، لذا بنظر می‌رسد که برای بقای یک نسل لزوماً هوش ابزار کافی نمی‌باشد. هوشمندی، فناوری را برای ما به ارمغان آورد و در عین حال استفاده‌ی نابجا از فناوری می‌تواند به نابودی کل بشریت بیانجامد. برای مثال بحران سلاح‌های هسته‌ای یکی از آشکارترین خطرات فن‌آوریست که بشر را تهدید می‌کند. حتی اگر احتمال بروز جنگ

---

1 – Manhattan

هسته‌ای باندازه‌ی یکبار در یک میلیون سال ناچیز باشد، چنانچه ما این احتمال را در طول صد هزار سال بسط دهیم، در اینصورت احتمال بروز این مصیبت به یک دهم می‌رسد. با این وجود به اعتقاد من این احتمال بسیار خوشبینانه است، زیرا اگرچه بشر آنقدر هوشمند بوده که موفق به طراحی چنین سلاحی شده است، اما مطمئن نیستم آنقدر باهوش باشد که از آن استفاده نکند!

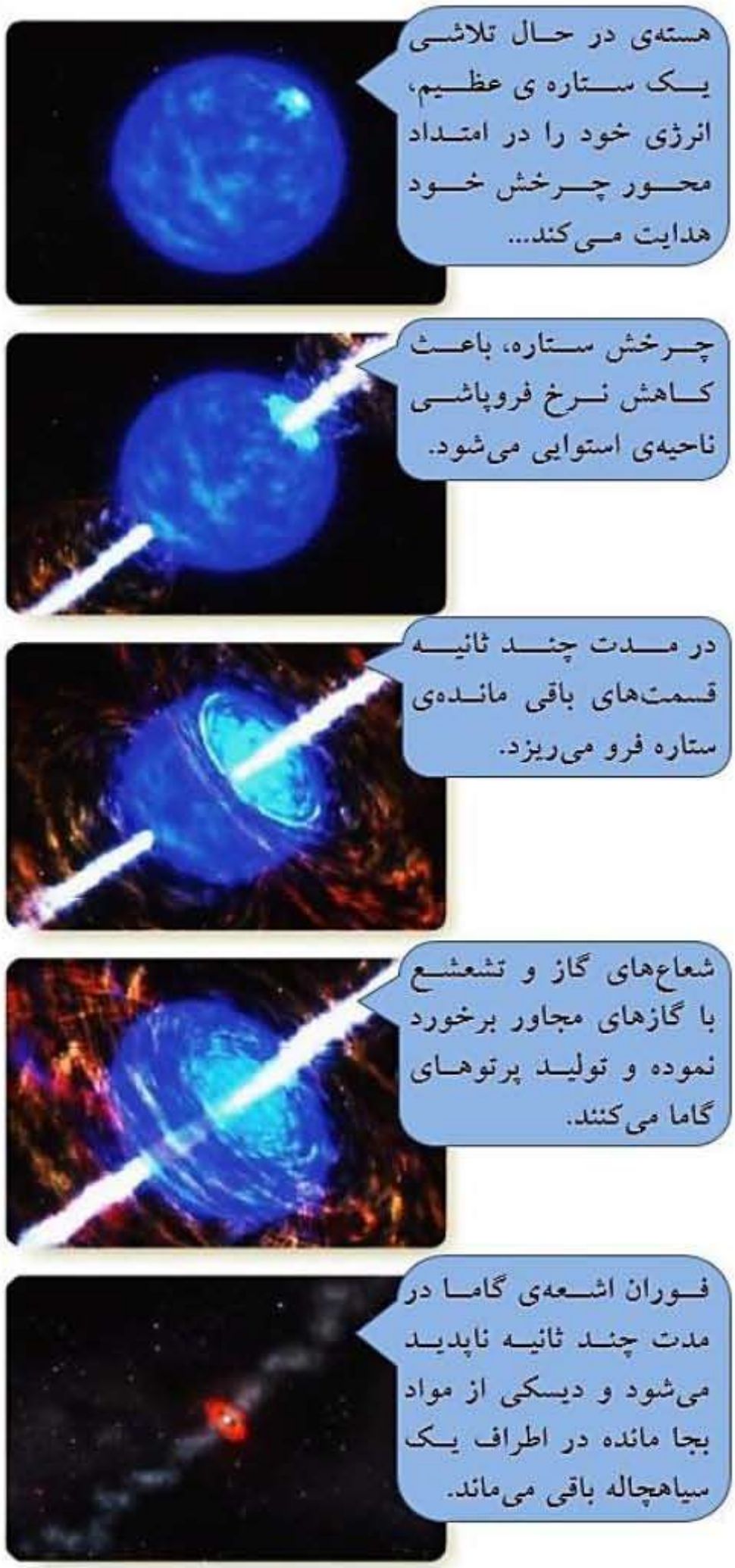
با پیشروی بی‌رحمانه‌ی زمان بسمت آینده، جهان هستی از حوادث غافلگیرکننده‌ی دیگری پرده‌برداری خواهد نمود، پدیده‌های قدرتمندی که بعضی از آن‌ها بدون نیاز به خطرات ناشی از فناوری، قادر به نابود کردن زمین هستند. همانطور که جهان به رقصیدن با ریتم باستانی خویش ادامه می‌دهد، ستاره‌ها در یک چرخه‌ی بیرحم و در عین حال زیبا مدام ساخته و نابود می‌شوند و از آنجائیکه هزاران میلیارد ستاره در جهان وجود دارد، بنابراین همیشه در گوشه‌ای از پهنه‌ی هستی امکان فرا رسیدن مرگ یکی از آن‌ها طی یک انفجار ابرنواختری وجود دارد. برای مثال در کهکشان ما هر ۵۰ سال حداقل یک ستاره می‌میرد که این بازه‌ی زمانی در مقیاس کیهانی زمان بسیار کوتاهی به حساب می‌آید. چنانچه این احتمال را در یک مقیاس زمانی طولانی در نظر بگیریم، در اینصورت نابود شدن زمین بر اثر یک انفجار ابرنواختری تقریباً امکان‌پذیر خواهد بود. دسته‌ای از این ابرنواختران که کاملاً بصورت تصادفی کشف شده‌اند، بنظر می‌رسد برای ادامه‌ی حیات سیاره‌ی زمین می‌توانند بسیار خطرآفرین باشند. این کشف در سال ۱۹۶۷ و درست در بهبهه‌ی جنگ سرد بوقوع پیوست. در

آن زمان ماهواره‌های نظامی آمریکا حجم عظیمی از تابش اشعه‌ی گاما را آشکار کردند که خطرناک‌ترین نوع تابش شناخته شده می‌باشد و می‌تواند یکی از نشـانه‌های انفجار سـلاح‌های هسته‌ای هم باشد. در آن زمان بنظر می‌رسید که این مقدار بسیار زیاد از اشعه‌ی گاما ناشی از انفجار یک بمب جدید و قدرتمند است، اما بعد از بررسی‌های دقیق اطلاعات بدست آمده مشخص شد که منشأ این تشعشع ناگهانیِ پرتوهای گاما، فضای خارج از جو زمین بوده اسـت. با اینحال بعد از گذشـت ده‌ها سال هنوز هم بطور دقیق مشـخص نشده که چه چیزی باعث تشعشع چنین حجم عظیمی از پرتوهای گاما شده است؛ ولی یک تئوری قابل ارجاع وجود دارد که منبع تولید این امواج را نوع خاصـــی از ابرنواختر به نام فوران پرتو گاما[1] می‌داند. شاید یکی از این نوع ابرنواختران در نزدیکی ما رخ بدهد، چراکه درسـت در همسـایگی ما و در فاصـله‌ی ۸۰۰۰ سـال نوری از زمین، در مارپیچی از پلاسـما سـتاره‌ای به نام "WR ۱۰٤" پنهان شده و در ژرفنای آن گوی درخشانی وجود دارد که با نزدیک شدن به لحظـــه‌ی مرگـــش توده‌ای از گازهـــای بسیار داغ از خود ساطع می‌کند. اگر این ستاره همان چیزی باشـد که ما تصور می‌کنیم، با فرا رسید لحظه‌ی مرگش از هر یک از قطب‌های خود یک دسـته اشـعه‌ی متمرکز پرتوافشانی خواهد نمود و همزمان با تشعشع این دو دسته اشعـــه ستاره نابود خواهـــد شد. انرژی حاصـل از مرگ این سـتاره از میزان انرژی که خورشـید در تمام عمرش تولید می‌کند بسیار بیشتر خواهـد بود، بطوریکـه تخمین زده می‌شود این

---

1 – Gamma – Ray Burster

پدیده درخشان‌ترین پدیده‌ی شناخته شده در جهان خواهد شد (شکل ۱۳-۳). البته هیچکس مطمئن نیست که مرگ این ستاره واقعاً به اینصورت خواهد بود یا خیر و اینکه اشعه‌های آن با زمین برخورد خواهد نمود یا خیر، اما اگر چنین اتفاقی بیافتد ما در حمامی از تشعشعات شدید قرار خواهیم گرفت که پی‌آمد ویرانگری بهمراه خواهد داشت. این پرتوافکنی باعث بروز درخشش چشمگیری در جو زمین شده و با زدودن اُزن از اتمسفر شرایط را برای برخورد پرتوهای کشنده‌ی خورشید به سطح زمین مهیا می‌کند. ممکن است این رخداد تخیلی به نظر برسد، ولی این دومین باری خواهد بود که سیاره‌ی ما چنین آسمان درخشان و عجیبی



شکل ۱۳-۳: فرانواختر فوران پرتو گاما

را تجربه خواهد نمود، زیرا این اتفاق در ٤٥٠ میلیون سال پیش نیز رخ داده است و بدلیل قرار گرفتن زمین در معرض تشعشعات شدیدی که ناشی از فرانواختر "فوران پرتو گاما" می‌شد، بیش از نیمی از موجودات زنده در یک انقراض عظیم از روی زمین محو شدند. این تشعشعات بقدری شدید بود که اکوسیستم زمین را بمعنای واقعی متلاشی کرد.

هدف از بازگو کردن این مطالب ایجاد نگرانی نیست، ولی ایده‌ی خوبیست که بشر برای بقای نسل خویش در برابر حوادثی اینچنین، به فکر یافتن مکانی خارج از زمین هم باشد. خوشبختانه این فرآیند مدت‌ها قبل و با سفر انسان به ماه آغاز شده است. به اعتقاد من پرتاب آپولو ۱۱ مهمترین رخداد در طول تاریخ بشر است و از آنجائیکه در این سفر حیات زمینی از سیاره‌ی خودش خارج شد و قدم بر روی کره‌ی دیگری گذاشت، این اتفاق نقطه‌ی تحولی برای جهان هستی هم به حساب می‌آید. جای پای فضانوردان بر روی ماه تا همین امروز نیز پابرجاست که بنظر من سمبُلی از اراده‌ی بشر برای انتشار حیات به دیگر بخش‌های جهان و سرآغاز فصلی جدید از تاریخ کیهان است. هرچه جهان پیرتر می‌شود، ما نیز باید تصمیمات عاقلانه‌تری بگیریم و در این بین پا را فراتر از ماه بگذاریم و دست‌کم تا مریخ پیش برویم. احتمالاً این سیاره‌ی سرخ رنگ نقش مهمی در تکامل ما و چه بسا در تاریخ کیهان بر عهده دارد. سفر به این سیاره، دومین و مهمترین جا پای بشریت در راه رسیدن به ستاره‌ها خواهد بود. روبات‌های کاوشگری که به مریخ فرستاده شده‌اند، مکانی را نشان می‌دهند که بطور شگرفی زیبا و در عین حال متروک و

خطرناک است (شکل ١٤-٣). این سیاره‌ی سرد نسبت به زمین ٨٠ میلیون کیلومتر دورتر از خورشید قرار گرفته و گرمایی را که از خورشید دریافت می‌کند نصف گرمای زمین است. دمای سطح آن در بازه‌ی وسیعی تغییر می‌کند، بطوریکه فقط در طول چند دقیقه از ٨٠ درجه به ٢٠٠- درجه می‌رسد. با اینحال اگر سرما شما را از پا در نیاورد، گرانش بسیار کم در مریخ این کار را انجام خواهد داد. اندازه‌ی مریخ نصف زمین و گرانش آن ٣٨ درصد گرانش زمین است در نتیجه با گذشت زمان استخوان‌های کاوشگران ضعیف خواهد شد و بتدریج قدرت عضلاتشان را از دست

شکل ١٤-٣: تصویر بالا ترکیبی از ١٠٢ عکس است که توسط فضاپیمای وایکینگ از ارتفاع ٤٠٠٠ کیلومتری سیاره‌ی سرخ، مریخ، تهیه شده است. تصویر سمت راست یکی از کانال‌های آب باستانی بر روی سیارهی مریخ را نشان می‌دهد.

می‌دهند. اگر کاوشـــگران زمان زیادی را در مریخ بمانند آنقدر ضـــعیف می‌شوند که دیگر تضمینی برای بازگشت بدون خطر آن‌ها به زمین وجود نخواهد داشـــت. گرانش کم در مریخ باعث می‌شـــود که تلاش این سیاره برای نگهداشتن اتمسفر بی‌ثمر بماند و قسمت اعظم گازها به فضا فـــرار کنند، در نتیجه بجز لایه‌ی نازکی از دی‌اکسید کربن که فشار آن یک صدم فشـــار هوای زمین اســـت چیزی باقی نمی‌ماند. بعلاوه اگرچه مریخ نسبت به زمین در فاصله‌ی بیشتری از خورشید قرار گرفته، اما از تابش اشعه‌های مضـــر خورشـــید در امان نیســـت. همچنین این ســـیاره برخلاف زمین فاقد میدان مغناطیسی بوده و نیز لایه اُزنی برای محافظت در برابر امواج مضـــر خورشـــید وجود ندارد. لذا اولین کاوشـــگرانی که به این ســـیاره اعزام می‌شـــوند باید بســـیار با دقت عمل کنند و مدت زمان قرار گرفتن در معرض پرتوهای مضـــر خورشـــید را به حداقل برســـانند. بنابراین شـــاید مجبور باشند در طول مدت اقامتشان در زیر سطح مریخ به سر ببرند.

به اعتقاد من روزی خواهد رسـید که بشر قادر خواهد بود که شرایط حاد مریخ را بنفع خودش تغییر بدهد. شـــاید با اســـتفاده از آینه‌های مخصوصی که در فضا قـرار می‌گیرند بتوان انرژی و گرمای لازم را تأمین نمود، بعلاوه با استفاده از تکنولوژی آینده می‌توان تغییرات بیشتری را نیز ممکن ســاخت. اگر بتوانیم فضـاهای گنبدی شـکل بزرگی از شـیشـه و پلاسـتیک بنا کنیم، می‌توانیم جلوی ورود پرتوهای مضر به این محفظه را بگیریم و همچنین در داخل آن‌ها اتمســفر مناســب را فراهم آوریم. بنظر من در پانصـــد ســـال آینده، که براســـتی زمان بســـیار کوتاهی خواهد بود،

سیاره‌ی مریخ زبان، واحد پول و حتی غذاهای مخصوص بخودش را خواهد داشت. از طرفی واضح است که با گذشت زمان و افزایش سن جهان، حتی پیشرفتی اینچنین نمی‌تواند برای مدت زمان طولانی ضامن بقاء نسل بشر باشد، چرا که در آینده‌های دور منظومه‌ی خورشیدی ما سرانجام به همان سرنوشتی دچار می‌شود که میلیاردها منظومه‌ی دیگر قبل از آن دچار شده‌اند، سرنوشتی که آن را بسمت محو شدن از صحنه‌ی روزگار هدایت می‌کند.

هم اکنون خورشید در میانه‌ی چرخه‌ی حیات خویش بسر می‌برد و در این مرحله از حیات خود، در هر یک میلیارد سال بتدریج حدود ٦ درصد داغ‌تر و درخشان‌تر می‌شود تا اینکه در طول پنج میلیارد سال دمای آن تقریباً تا دویست میلیارد درجه افزایش می‌یابد. در این مرحله زمین تبدیل به توپ غیرقابل تشخیصی از سنگ‌های مذاب شده است و همه‌ی گونه‌های حیات مدت‌ها قبل نابود شده‌اند. این سرنوشت اجتناب‌ناپذیری است که در انتظار سیاره‌ی ماست. با این وجود حتی در این مرحله هم هنرنمایی خورشید به پایان نرسیده، بطوریکه با تمام شدن سوختش، اندازه‌ی آن شروع به افزایش یافتن می‌کند و تبدیل به چیزی می‌شود که به آن غول سرخ می‌گوئیم. بدین ترتیب خورشیدی که روزی برای ما حیات را به ارمغان می‌آورد تبدیل به هیولایی می‌شود که نابود کننده‌ی حیات است. بعد از آن تقریباً در طول هفت میلیارد سال اندازه‌ی خورشید ۲۰۰ برابر بزرگتر از اندازه‌ی کنونی آن خواهد شد و با این شرایط قطر آن تقریباً ۳۲۰ میلیون کیلومتر می‌شود. در این هنگام ستاره‌ی حیات بخش

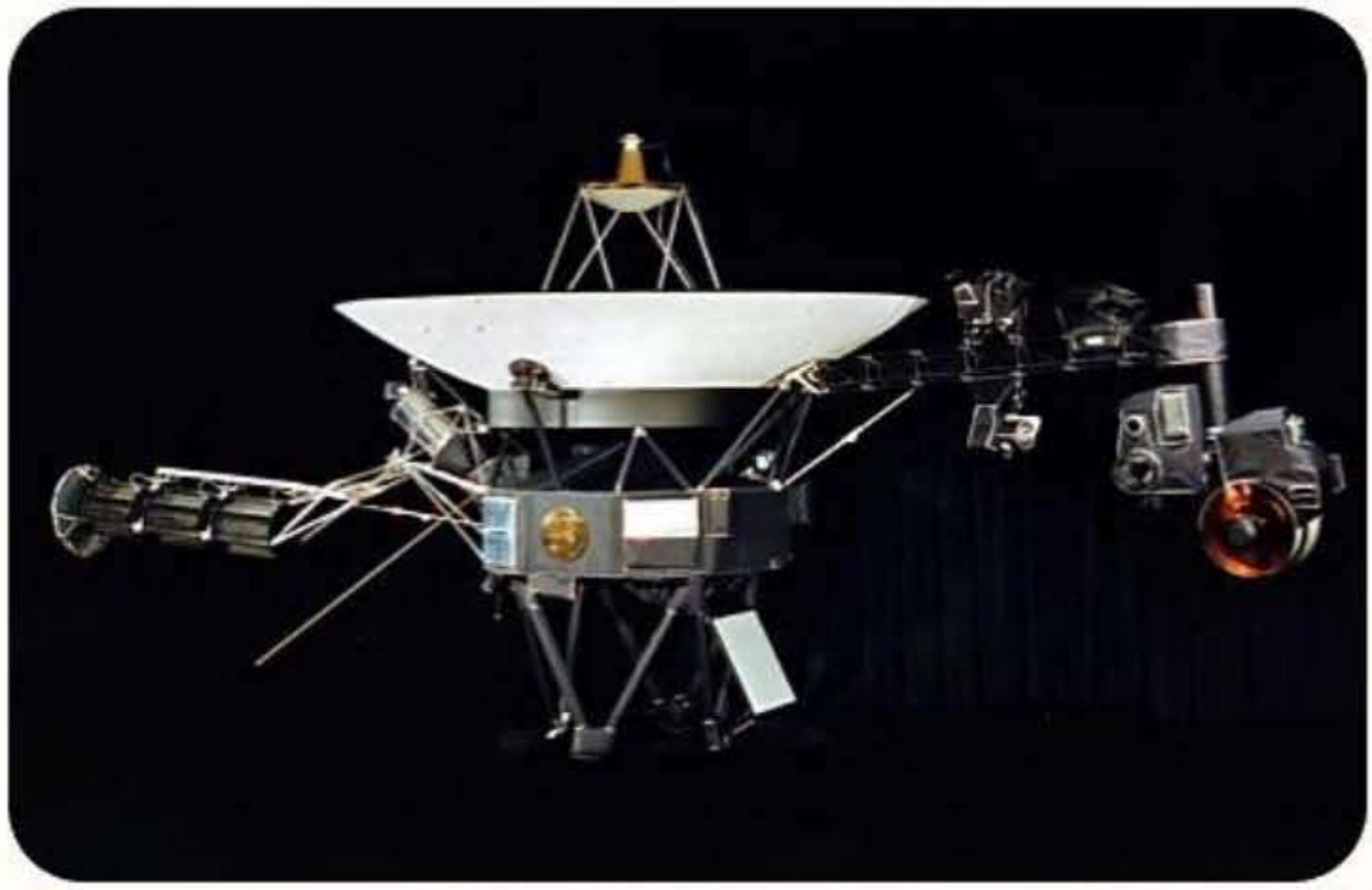
منظومه‌ی ما ســـیاره‌های داخلی یعنی عطارد، ناهید و مطمئناً زمینی که خالی از هرگونه حیات است را یکی پس از دیگری در خود می‌بلعد.

اگر قادر به حفظ حیاتی که کائنات برای ما فراهم نموده اســت باشیم، همچنان که جهان به شــیوه‌ی بیرحمانه‌ای به رشـــد خود ادامه می‌دهد، فرصـــت‌های جدیدی نیز برای ما فراهم می‌شـــود. فرصـــتی که در قالب پناهگاهی دیگر در تاریکی بیرحم فضا برای بشر فراهم می‌گردد و تصادفاً می‌تواند سـیاره‌ای باشد که در سال ۲۰۰۷ کشف شده است. این سیاره با نام Gliese ۵۸۱d نزدیکترین و بزرگترین سیاره‌ی صخره‌ای شبیه به زمین اســت که تاکنون شـناخته شـده اســت. این سـیاره با اندازه‌ای هفت برابر زمین، بدور ستاره‌ای که از خورشید کوچکتر و قرمزتر است می‌چرخد و درســت در فاصـله‌ای از ستاره‌ی خود قرار گرفته که امکان وجود آب بر روی سطح آن فراهم است.

با این وجود حتی اگر این مکان هم برای تبدیل شـدن به خانه‌ی دوم ما انسـان‌ها بسیار مناسب باشد، مشکل اساسی اینجاست که برای رسیدن به آن باید بر فاصله‌ی بسیار بسیار دوری غلبه کنیم. این سیاره بیش از ۲۰ سـال نوری معادل ۱۹۰ تریلیون کیلومتر با زمین فاصـله دارد. برای درک بهتر این فاصـــله‌ی شـــگفت‌آور تصـــور کنید که با یکی از ســـریعترین ساخته‌های دســت بشـر به این سـیاره سـفر کنیم. این وسـیله، کاوشگر وویجر۱[1] اســت که در سـال ۱۹۷۷ به فضا پرتاب شده و در حال حاضر بعد از گذشـــت بیش از ۳۵ ســـال حدود ۲۰ میلیارد کیلومتر را در فضـــا

---

1 – Voyager *1*



شکل ۱۵-۳: کاوشگر فضائی وویجر۱ با وزن ۷۲۲ کیلوگرم، در تاریخ ۵ سپتامبر ۱۹۷۷ بمنظور بررسی قسمت خارجی منظومه‌ی شمسی و فضای بین ستاره‌ای توسط ناسا به فضا پرتاب شد. بعد از گذشت بیش از ۳۵ سال، در تاریخ ۲۶ نوامبر ۲۰۱۲ این کاوشگر به فاصله $۱/۸٤\times۱۰^{۱۰}$ کیلومتری زمین (۱۲۳AU) رسید و بدین‌ترتیب تبدیل به اولین وسیله‌ی ساخته‌ی بشر شد که به چنین فاصله‌ای از زمین دست یافته است.

پیموده است (شکل ۱۵-۳). این فضاپیمای کوچک تا کنون مشتری و زحل را پشت سر گذاشته و با افزایش سرعتی که به کمک گرانش این سیاره‌ها بدست آورده نامش در کتاب رکوردها ثبت شده است. این فضاپیما به سرعت ۱۷ کیلومتر در ثانیه دست یافته است که بر روی زمین برابر با ٦۳۰۰۰ کیلومتر در ساعت خواهد بود. با چنین سرعتی می‌توانیم در هر ساعت ۱/۵ بار بدور زمین بگردیم. حال اگر تصور کنید فضاپیمایی با سرعت ۱۷ کیلومتر در ثانیه در فضا حرکت کند، باز هم سفر به نزدیکترین سیاره‌ی شبیه به زمین بیش از ۳۵۰ هزار سال به طول خواهد انجامید.

به نظر من این شانس را داریم تا جزو کسانی باشیم که پا به این حیطه می‌گذارند و به کشف دیگر اسرار نهفته در ژرفای جهان می‌پردازند. ولی برای رسیدن به این هدف باید به فناوری جدید و خارق‌العاده‌ای دست پیدا کنیم که این فناوری به نوبه‌ی خود مستلزم مهندسی بسیار دقیقی است. بسیاری از کیهان‌شناسان معتقدند که یافتن راهی برای طی کردن مسافت‌های طولانی در فضا ضروریست تا از این طریق نسل انسان در جهان هستی باقی بماند. اگر بتوانیم ماشینی بسازیم که توانایی سفر به منظومه‌های خورشیدی دیگری را داشته باشد، به احتمال زیاد نسل بشر برای میلیاردها سال دیگر نیز می‌تواند در جهان هستی به حیات خود ادامه دهد. امروزه مهندسین مشغول مطالعه بر روی اصول اولیه‌ی ساخت چنین فضاپیمایی هستند که شاید بتواند از انرژی اتمی و یا سوخت نامتعارف دیگری مانند پادماده استفاده کند که توانایی تأمین مقدار هنگفتی از انرژی را دارا باشد. با این وجود به نظر من مانع اصلی مشکلات فنی نیست بلکه مشکلات اقتصادی است، زیرا هزینه‌ی ساخت یک فضاپیمای بین‌ستاره‌ای[1] بسیار هنگفت خواهد بود و برای جامعه‌ای که آن را می‌سازد بازپرداخت بسیار اندکی بهمراه خواهد داشت، چراکه پس از پرتاب، فضاپیمای خود را دیگر نخواهند دید. بنابراین ساختن چنین ماشینی بزرگترین عمل سخاوتمندانه در طول تاریخ بشر خواهد بود و البته از فداکاری مسافرین این سفر طولانی نیز نباید غافل بود. حتی اگر این فضاپیما بتواند با سرعت سرسام‌آوری در فضا حرکت کند، مثلاً ۱۷ هزار

---

1 – Intesteller Spacecraft

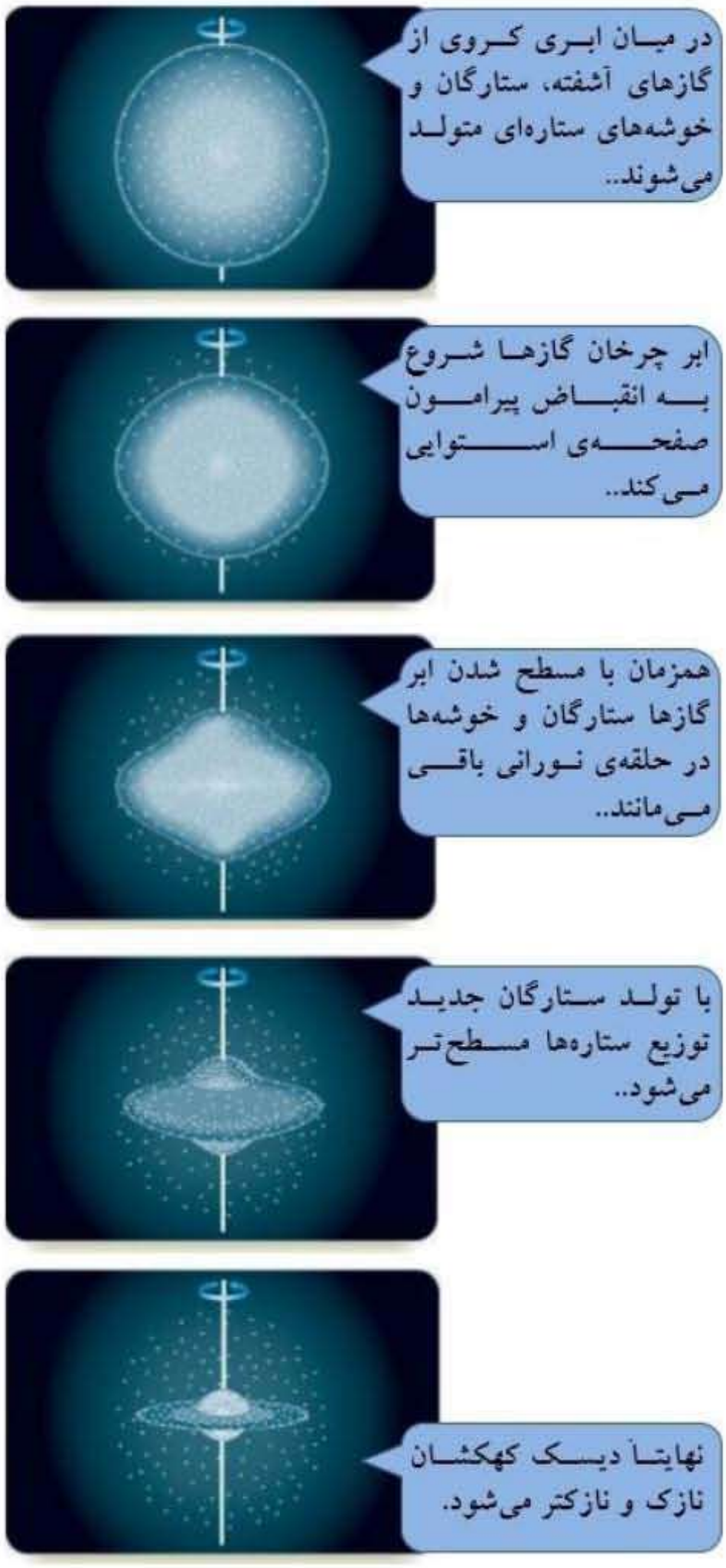
کیلومتر بر ثانیه که هزار بار سریع‌تر از وویجر است، باز هم برای رسیدن به نزدیکترین سیستم ستاره‌ای به ۷۳ سال زمان احتیاج است. چنین سفر بلند مدتی بدین معناست که حداقل یک نسل کامل از انسان‌ها باید همه‌ی عمر خود را در فضا سپری کنند، در نتیجه نمی‌توان مطمئن بود که برای چنین سفر بلند مدتی داوطلبی پیدا بشود. اصول اخلاقی فرستادن انسان‌ها به چنین سفرهایی باید به دقت مورد توجه قرار بگیرد، مگر اینکه ما بتوانیم بطریقی طول عمر بشر را باندازه‌ی کافی افزایش دهیم تا قادر به انجام سفرهای طولانی باشد.

بنظر می‌رسد این فرآیند قبلاً شروع شده است و مثال بارز آن وضعیت کنونی من می‌باشد. اگرچه مغز و چشمانم بخوبی کار می‌کنند اما عضلات من هیچگونه واکنشی نشان نمی‌دهند. با این وجود فناوری به من کمک کرده تا بتوانم حرکت کنم و با دیگران ارتباط برقرار کنم و مسلماً در آینده کارهای بیشتری انجام خواهد داد. در هزاره‌ی پیش رو شاهد تغییرات بی‌نظیری در قابلیت‌های فیزیکی انسان خواهیم بود بطوریکه با استفاده از مهندسی ژنتیک می‌توانیم طول عمر و ضریب هوشی انسان را افزایش دهیم. شاید با استفاده از اصلاح ژن بتوان به پوستی دست یافت که ما را در برابر اشعه‌های مضر محافظت کند و یا توانایی تنفس در اتمسفرهای سمی را برای ما فراهم نماید و ما را در برابر عفونت‌ها مقاوم کند. شاید حتی بتوان با استفاده از دی ان ای مصنوعی نوعی از حیات مصنوعی ساخت و بدین طریق حیاتی دلخواه برای مقابله با مدت زمان طولانی مسافرت‌های فضایی ایجاد نمود. اینگونه پیشرفت‌ها به ما کمک

می‌کند تا در سفرهای طولانی فضایی و در مکان‌هایی که شرایط مساعد جهت ادامه‌ی حیات وجود ندارد دوام بیاوریم. زمانی را تصور می‌کنم که نوادگان ما در سیاراتی که بدور ستاره‌های دیگری از کهکشان راه شیری در حال چرخش هستند سکنی گزیده‌اند و شاید پا به منظومه‌های خورشیدی دیگری بگذارند که ما هنوز موفق به کشف آن‌ها نشده‌ایم. مطمئناً در طول این سفر بشر موفق به رمزگشایی پیچیده‌ترین اسرار جهان خواهد شد. امیدوارم روزی انسان بتواند دریابد که جهان چگونه به پایان خواهد رسید و مهم‌تر از آن موفق به حل بزرگترین معمای هستی یعنی دلیل وجود جهان شود.

پس از گذشت ۱۳/۷ میلیارد سال، کائنات هنوز در دوران جوانی خود به سر می‌برد و نزدیکترین زمانی که کیهان‌شناسان برای پایان آن تخمین زده‌اند ۳۰ میلیارد سال دیگر است. بنظر می‌رسد جهان هنوز رویدادهای زیادی را پیش رو دارد. حتی بعد از آنکه مرگ خورشید ما فرا برسد ستارگان جدیدی متولد خواهند شد و بدور برخی از آن‌ها سیاره‌هایی گردش خواهند نمود، سیاراتی ساخته شده از اتم‌هایی شبیه به اتم‌هایی که من و شما را ساخته‌اند. شاید هم روزی بخشی از اکوسیستم بیگانگان شویم، گرچه این احتمال از شانس کمی برخوردار است. حقیقت این است که ما فقط موقتاً صاحب ذرات تشکیل دهنده‌ی خودمان هستیم و این ذرات در آینده بخش دیگری از عالم وجود را در جهان عظیمی که آن‌ها را ساخته است رهبری می‌کنند. مطمئناً نیروی گرانش، کار خستگی‌ناپذیر و پیوسته‌ی خود را ادامه خواهد داد و به شکل دادن شبکه

عظیم کهکشان‌ها خواهد پرداخت، درست به همان صورت که از لحظه‌ی بیگ‌بنگ تا کنون این کار را انجام داده است (شکل ۱۶-۳). با استفاده از شبیه‌سازی توسط ابرکامپیوترها، می‌توان نشان داد در همین لحظه نیز نیروی گرانش باعث جذب شدن کهکشان‌ها به سمت یکدیگر و نهایتاً برخوردی عظیم و آهسته می‌شود (شکل ۱۷-۳). کهکشان ما در حدود سه میلیارد سال دیگر با نزدیکترین همسایه‌اش یعنی کهکشان آندرومدا به آرامی ادغام خواهد شد بطوریکه این برخورد بیش از دو میلیارد سال به طول خواهد انجامید. هم اکنون نیز فرآیندهای مشابهی در سرتاسر کیهان در حال وقوع می‌باشند. در این برخوردها تمام خوشه‌های این کهکشان‌ها طی



شکل ۱۶-۳: مدلی از شکل‌گیری کهکشان‌ها

برخوردهای عظیمی دائماً تغییر شکل می‌دهند و همچنانکه تریلیون‌ها ستاره بسمت یکدیگر جذب می‌شوند، جرم زیاد آن‌ها صحنه‌ی زیبایی از رقصیدن و چرخیدن آن‌ها بدور یکدیگر را بوجود می‌آورد. در این بین نیروی گرانش باعث عملکرد منظم و خودکار کیهان می‌شود، همچنانکه از لحظه‌ی آغازین جهان بهمین صورت بوده است. سوال اینجاست که آیا این گرداب کیهانی همچون

شکل ۱۷-۳: وقتی دو کهکشان با یکدیگر برخورد می‌کنند این امکان وجود دارد که بدون هیچگونه برخوردی بین ستارگان، دو کهکشان از کنار یکدیگر عبور کنند چرا که ستارگان نسبت به اندازه‌شان در فواصل بسیار دوری از یکدیگر قرار گرفته‌اند. ابرهای گازی و میدان‌های مغناطیسی با یکدیگر برخورد می‌کنند، اما نیروهای جزر و مدی بزرگترین تأثیر را بجا خواهند گذاشت. بطوریکه حتی اگر دو کهکشان از نزدیکی هم عبور کنند نیروی کششی تأثیر چشمگیری بصورت نوارهای کشیده‌ای بنام دنباله‌های جزر و مدی بجا خواهد گذاشت. برخورد دو کهکشان در برخی موارد منجر به شکل‌گیری کهکشان واحدی می‌شود.

گردش بی‌پـایـانی از جرم و انرژی و زمـان و مکان تا ابد ادامه خواهد داشت؟ به گمانم جواب این سوال درست در نقطـــه‌ی آغازین جهـــان یعنی لحظـه‌ی بیگ‌بنگ نهفته است. باید دریافت که اولاً چه چیزی باعث انبساط یا تورم جهان شده است؟ وقتی بتوانیم جوابی برای این سوال پیدا کنیم و از طرفی بیگ‌بنگ را به خوبی درک کرده باشـیم، سرنوشت جهان را نیز مـی‌توانیم بفهمیم. جواب این سـوال‌ها چیزی به نام انرژی تاریک[1] اسـت، فرمی مرموز از انرژی که حتی در زمان جذب شدن اجرام کیهانی بسـمت یکدیگر توسـط نیروی گرانش، همچنان باعث فراخ شدن فضا و دور شدن اجرام درون آن از یکدیگر می‌شود. به نظـــر می‌رسد که همین انرژی باعث شـروع انبسـاط جهان بوده است، اگرچه در مورد چگونگی عملکرد آن به اطمینان نرسـیده‌ایم. آنچه مسـلم اسـت این اسـت که سـرنوشـت جهان بسـتگی به رفتار این انرژی مرموز دارد، بطوریکه اگر انرژی تاریک[2] به آرامی ضـعیف شود، نیروی گرانش برتری می‌یابد و در حدود ۲۰ میلیارد سـال دیگر روند انبسـاط جهان متوقف شـده، فرآیند معکوسـی آغاز می‌شـود و گرانش همه چیز را به همان جایی که از آن آمده‌اند برخواهد گرداند. این قضـیه به لِهشـدگی بزرگ[3] معروف است و در پایان اگر این نظریه درسـت باشـد، در طول ۳۰ میلیارد سـال آینده همه‌ی اجرام موجود در جهان هسـتی توسط سیاهچاله‌ای بلعیده خواهند

---

1 – Dark Energy

2- انرژی تاریک را نباید با ماده‌ی تاریک که غیر قابل دیدن بوده و بیش از ۲۶ درصـد ماده‌ی کائنات را بخود اختصاص داده است اشتباه گرفت.

3 – Big Crunch

شـد و همه‌ی جهان، درست مانند چیزی که در نخستین لحظه‌ی مهبانگ بوده اسـت، تنها در یک نقطه‌ی بسـیار کوچک جمع می‌شود. اگرچه این پایانی بدون نقص اســت، اما من معتقدم احتمال قوی‌تر این اســت که انرژی تاریک تا ابد جهان را منبسط می‌کند تا جائیکه سرانجام جهان سرد و تاریک می‌شــود و همه‌چیز آنقدر ازهم دور می‌شــود که گرانش هم مغلوب خواهد شد. به نظر من که سرد شدن بزرگ[1] در پیش روی جهان است و نه له‌شدگی بزرگ!

آیا این پایان ما و پایان حیاتی اســت که می‌شناسیم؟ و آیا ما می‌توانیم قبل از این پایان به جهانی دیگر راه پیدا کنیم؟ به نظر من زمانی می‌توانیم پاســخ این ســوالات را بدهیم که بدرســتی به دلیل وجود جهان پی برده باشـیم. شـاید بعد از آن نه تنها قادر به حل معمای کل کیهان باشـیم و نه فقط کنترل کل جهان هسـتی خودمان، بلکه کنترل جهان هستی مجاور را هم به دست بگیریم!

پایان

---

1 – Big Chill

پیوست ۱: ناحیــه‌ی مو طلایی

این ایده به ناحیه‌ای از فضای پیرامون یک ستاره اشاره می‌کند که حرارت آن نه زیاد ســرد و نه زیاد داغ اســت و درســت در دمایی قرار گرفته که شرایط مناسب برای شکل‌گیری حیات در کنار هم جمع شده باشند. برای درک بهتر این مفهوم آتشــی را که در یک شــب ســرد افروخته‌اید در نظر بگیرید. چنانچه فاصــله‌ی شــما تا آتش زیاد باشــد از سرما یخ می‌زنید و چنانچه خیلی به آتش نزدیک شـــوید حرارت آن می‌تواند بطور جدی به شما آسیب برساند. این قضیه در مورد سیاراتی که بدور ستارگان در حال چرخش هستند نیز صادق است. اگر فاصله‌ی این سیارات تا ستاره‌ی مادر خیلی زیاد باشد آب بر روی آن‌ها یخ می‌زند و امکان پدیدار شدن حیات از بین می‌رود، و از طرفی اگر مدار گردش آن‌ها بســیار نزدیک به ســتاره باشــد، ســیاره مانند گوی بریانی می‌شــود که هیچ موجودی نمی‌تواند بر روی آن زنده بماند. برای مثال زمین در ناحیه‌ی قابل ســکونت خورشــید قرار گرفته اســت و بدیهی اســت از آنجائیکه سیاره‌ی ناهید بسیار نزدیک

به خورشید می‌باشد، سطح آن گداخته است و احتمالاً مریخ درست در لبه‌ی خارجی ناحیه‌ی مو طلایی قرار گرفته بطوریکه سطح آن بسیار سردتر از آن چیزیست که آب به مدت طولانی بصورت مایع باقی بماند.

موقعیت قرارگیری سیاره‌ها و قمرهای آن‌ها در درون ناحیه‌ی مو طلایی یک ستاره‌ی مشخص، تنها یکی از بیشمار معیار برای قابل سکونت بودن یک سیاره است و از لحاظ تئوری وجود یک سیاره‌ی قابل سکونت در خارج از این ناحیه نیز امکان‌پذیر است. عبارت "سیاره‌ی موطلایی" برای هر سیاره‌ای که در ناحیه‌ی مو طلایی پیرامون یک ستاره واقع شده باشد بکار می‌رود. اگرچه وقتی این عبارت در ارتباط با قابلیت سکنی در یک سیاره بکار برده می‌شود، دلالت بر سیارات شبیه به زمین دارد که شرایط آن‌ها را می‌توان بطور تقریبی با زمین مقایسه نمود.

عنوان "موطلایی" برگرفته از داستان "موطلایی و سه خرس" می‌باشد که در آن دختر کوچکی با حذف موارد غایی (برای مثال کوچکی و بزرگی یا سردی و داغی) اقدام به انتخاب مورد میانی می‌نماید که باندازه‌ی مناسبی می‌باشد. به همین ترتیب، یک سیاره‌ی موطلایی از قاعده‌ی موطلایی در این داستان پیروی می‌کند و در نتیجه فاصله‌ی آن تا ستاره‌ی خودش نه خیلی دور و نه خیلی نزدیک است و درست در فاصله‌ای قرار گرفته که مانع از شکل‌گیری فرم مایع آب نمی‌شود.

تعریف دیگری برای ناحیه‌ی مو طلایی تحت عنوان ناحیه‌ی قابل سکونت[1] نیز معرفی شده است که به اختصار آن را HZ می‌نامند و به

---

1 – Habitable Zone

کمربندی در اطراف یک ستاره گفته می‌شود که در آن ناحیه یک سیاره با فشار جوی کافی قادر است آب را بصورت مایع بر روی خود حفظ کند.

از آنجایی که همه‌ی گونه‌های حیات بر روی زمین برای بقای خود به آب نیازمند هستند، لذا دانشمندان در جستجوی حیات در دیگر نقاط جهان نیز اهمیت ویژه‌ای برای آب قائل می‌باشند. ایده‌ی ناحیه‌ی قابل سکونت از این جهت برای دانشمندان مهم است که می‌تواند ما را درست به مکان‌هایی در سیستم منظومه‌ی خورشیدی خودمان و حتی در دیگر منظومه‌های خورشیدی هدایت کند که امکان یافتن حیات در آن‌ها وجود داشته باشد. سیارات بیشماری در ناحیه‌ی قابل سکونت ستاره‌های مختلف کشف شده است، که البته اکثر مواردی که تا به امروز یافت شده‌اند بطور قابل توجهی از زمین بزرگتر هستند. امروزه ارزیابی‌های فضاپیمای کپلر نشان می‌دهد حداقل ۵۰۰ میلیون از این قبیل سیارات در راه شیری واقع شده‌اند.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که ناحیه‌ی قابل سکونت در اطراف یک ستاره ثابت نبوده و با سپری شدن عمر ستاره ماهیت این ناحیه دچار تغییر و انتقال می‌شود. اجسامی که در این ناحیه واقع شده‌اند بنوعی در حال نزدیک شدن به مجاورت ستاره‌ی مادر می‌باشند و همینطور بیشتر و بیشتر در معرض تأثیرات مضر ستاره، نظیر نیروهای مخرب جزر و مدی و طوفان‌های خورشیدی قرار می‌گیرند. ناگفته نماند که آنچه در رابطه با ناحیه‌ی قابل سکونت بیان شده است بر مبنای مشاهدات تجربی قابلیت سکنی در سیاره‌ی زمین و مدار چرخش آن در منظومه‌ی شمسی می‌باشد.

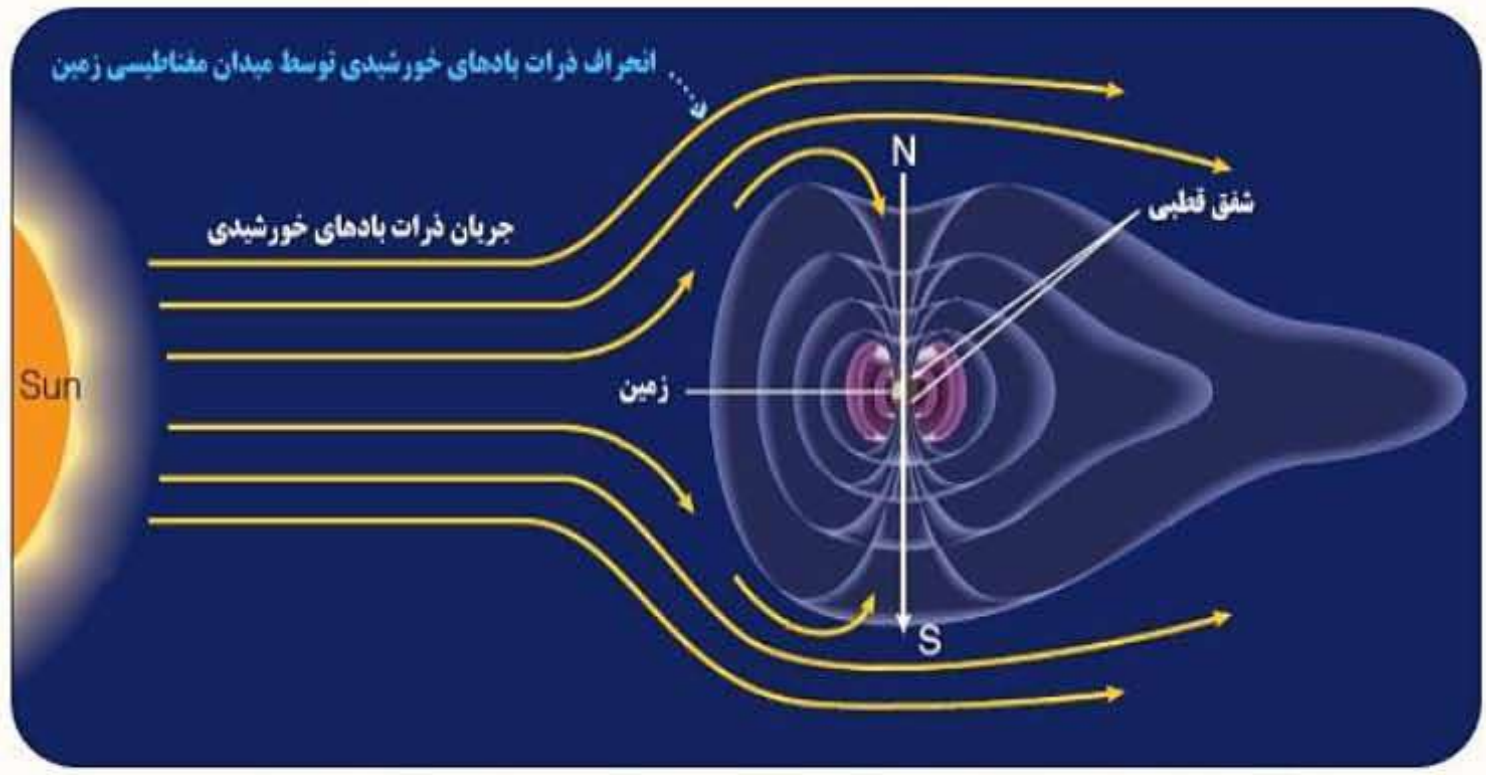
پیچیـدگی‌هـای مختلفی نظیر تـأثیرات گـازهای گلخانه‌ای و تغییر نیروی بازتابش به علت وجود ابرها که بر این تعاریف تأثیر گذار می‌باشـــند نیز باید در نظر گرفته شود.

از آنجائیکه دی‌اکسـید کربن یک گاز گلخانه‌ای می‌باشد، لذا می‌تواند باعث گرم شـدن یک سـیاره شـود، بدین معنی که در سیاراتی که غلظت گاز دی‌اکســید کربن در جو آن‌ها زیاد اســت، آب مایع می‌تواند بر روی ســطح آن‌ها جاری باشــد، هر چند که ســیاره‌ی مورد نظر در فاصــله‌ی بیشـتری از سـتاره‌ی خود نسبت به آن چیزی که انتظار یافتن آب می‌رود قرار گرفته باشـد. از طرفی فرض بر این اسـت که ناحیه‌ی قابل سکونت بیانگر این نکته اسـت که فشار حاصل از جو سیاره برای نگه داشتن آب مایع بر روی سطح سیاره مناسب است. برای دست یافتن به این مهم لازم اسـت که سـیاره از جرم و نیروی گرانش کافی برخوردار باشـد تا فشـار جوی مورد نیـاز تأمین شـــود و یا بنوعی دارای منبعی برای ذخیره کردن مداوم جو باشـد. اگر نیروی گرانش خیلی کم باشـد، احتمال اینکه سیاره قادر به حفظ فشار جوی مناسب برای نگه‌داشتن آب مایع باشد بسیار کم خواهـد بود و هرگونه آبی بر روی ســـطح آن تبخیر شـــده و احتمالاً به سـرعت فرار از گرانش سـیاره خواهد رسـید و در نتیجه ممکن است به فضا فرار کند (درست بهمان صورت که بنظر می‌رسد در سطح مریخ این اتفاق رخ می‌دهد و اگر چنانچه مریخ کمی بزرگتر از اندازه‌ی کنونی خود بود، می‌توانسـت اتمسـفر را در اطراف خود حفظ کند و اگر این اتمسفر مقدار مناســبی از گازهای گلخانه‌ای را در بر می‌گرفت، ســطح ســیاره‌ی

مریخ گرم و مرطوب می‌شـــد). از طرفی اگر نیروی گرانش بســـیار زیاد باشـد، می‌تواند منجر به متراکم شـدن آب تا نقطه‌ای شود که صرفنظر از درجه‌ی حرارت بصورت جامد باقی بماند.

وضـعیت جوی فضـا مخصـوصـاً نوسـانات و تشعشعات خورشیدی می‌توانند بطور قابل توجهی قابلیت ســیاره را در ناحیه‌ی قابل ســکونت برای حفظ آب مـایع تحـت تـأثیر قرار دهنـد. ســیـاره‌ی ناهید و مریخ نمونه‌هایی از سـیاراتی هسـتند که ممکن است اتلاف نسبتاً سریع و قابل توجهی از آب سطحی را تجربه کرده باشند. فرار گازهای موجود در جو به فضا می‌تواند بعلت برهم کنش با بادهای خورشیدی باشد که به نوبه‌ی خود می‌توانـد باعث افت فشـــار مورد نیاز برای حفظ آب مایع بر روی ســیاره شـــود. بعلاوه تفکیک نور می‌تواند آب موجود در اتمســـفر را به گازهای ســبک‌تری تبدیل کند. ترکیب این دو تأثیر منجر به زدودن کامل آب از روی سطح سیاره می‌شود. همچنین تشعشعات الکترومغناطیسی که از ستاره‌ی مادر ساطع می‌شود می‌تواند بطور مستقیم برای شکل پیچیده‌ی حیات بر روی سیاره خطرآفرین باشد. در نتیجه یک سیاره برای مقابله با تأثیرات جوی فضا احتیاج به یک مکانیزم دفاعی طبیعی دارد. این مکانیزم می‌تواند ترکیبی از یک میدان مغناطیســی، اتمسفر، چرخه‌ی ژئوفیزیکی و زمین‌شـناسی برای حفظ مداوم آب بر روی سطح سیاره باشد. برای مثال سیاره‌ی زمین مجهز به چنین سیستم دفاعی می‌باشد (شکل۱).

پیرامون ســـتاره‌هایی کوچکتر از خورشـــید ما ناحیه‌ای که در آن آب مایع وجود دارد بسـیار نزدیکتر به سـتاره می‌باشد و در نتیجه سیاره‌هایی



شکل۱: اثر میدان مغناطیسی زمین بر روی بادهای خورشیدی

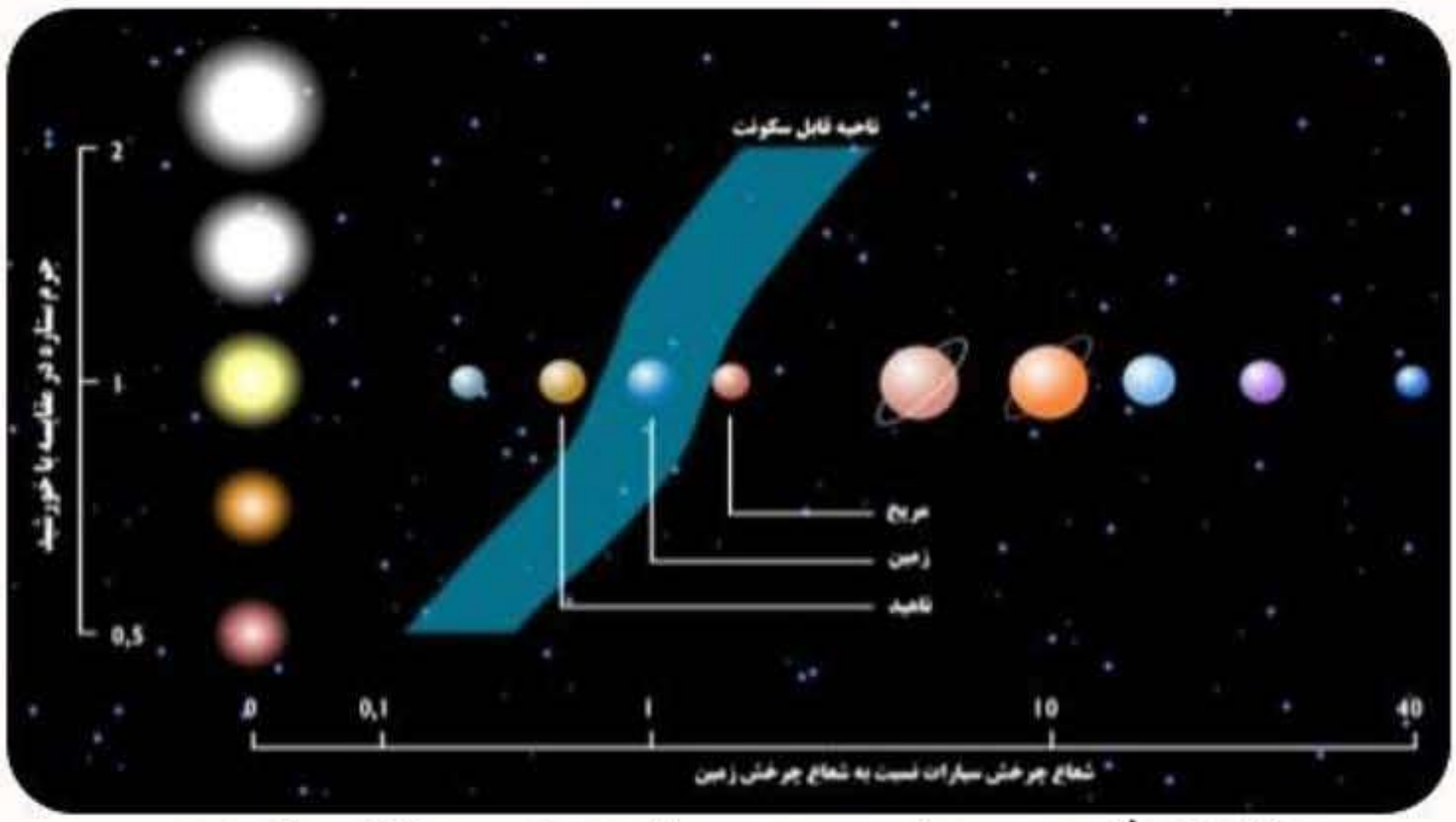
که در ناحیه‌ی قابل سکونت این ستاره‌ها در حال چرخش هستند احتمالاً نیروی جزر و مدی بزرگتری را تجربه می‌کنند که بنوبه‌ی خود می‌تواند باعث جلوگیری از نوسانات محوری سیاره شده و در نتیجه آن سیاره فاقد فصول مختلف خواهد بود. این امر می‌تواند منجر به شکل‌گیری قطب‌های بسیار سردتر و خط استوای داغ‌تری بر روی سیاره شده و در طول زمان آب موجود در سیاره ممکن است سرانجام بجوش بیاید و چیزی از آن باقی نماند. درجاتی چند از قفل شدن جزر و مدی[1] می‌تواند منجر به این شود که نیمی از سیاره برای همیشه رو به ستاره باقی بماند و نیم دیگر آن برای همیشه یخ زده باقی بماند. متناوباً در تمام سال گرمای روز بر نیمی از سیاره طنین می‌اندازد و باعث تبخیر و ته‌نشینی آب در دوره‌های طولانی مدت می‌شود. ممکن است یک قمر نوعی در مدار سیاره‌ی گازی غول پیکری که در ناحیه‌ی قابل سکونت یک ستاره قرار

---

1 – Tidal Locking

گرفتـه اســـت از اقلیم پـایدارتری برای حفظ حالت مایع آب برخوردار باشـد. ثابت ماندن در برابر سـیاره‌ای که برخلاف یک ستاره فاقد هرگونه تشعشعات قابل توجه انرژی می‌باشد، فرصتی را فراهم می‌کند تا مادامیکه قمر بدور سـیاره در حال چرخش اسـت، نور سـتاره به همه‌ی سطح قمر برسـد. چنین ماهواره‌ای ممکن اسـت در کلاس قمرهای قابل سـکونت دسـته‌بندی شـود، حداقل از این نظر که قابلیت حفظ آب مایع بر روی سـطح خود را دارد. همچنین ستاره‌های بزرگتر حرارت بیشتری را ساطع می‌کنند بنابریان ناحیه‌ای که در آن سـیاره‌ای شـبیه به زمین قادر به حفظ آب مایع بر روی سـطح خود باشد، در قیاس با فاصله‌ی سیاره‌ی زمین از خورشـید بایسـتی در فاصله‌ی بیشتری از ستاره‌ی خود قرار گرفته باشد. در نتیجه چنانچه ستاره کوچکتر باشد این فاصله کمتر از فاصله‌ی زمین با خورشید خواهد بود (شکل۲).

ناحیه‌ی قابل سکونت متأثر از زمان هم می‌باشد، چرا که در طول زمان حرارت سـتاره دسـتخوش تغییرات فراوانی می‌شـود و در نتیجه ماهیت ناحیه‌ی قابل سـکونت دچار تغییر و انتقال می‌شـود. سـیر تکامل سـتاره می‌تواند در طول میلیون‌ها سال باعث تغییرات کلانی در اقلیم سیاره شود و بدین ترتیب سیاره را به داخل ناحیه‌ی قابل سکونت انتقال دهد و یا از آن خارج کند. دوام ناحیه‌ی قابل سـکونت بسـته به نوع سـتاره‌ی مادر می‌تواند آهسـته‌تر و یا سـریع‌تر دسـتخوش تغییر شـود. برای مثال درخشـندگی خورشـید ما در مقایسـه با زمانی که پا به عرصـه‌ی وجود



شکل ۲: تأثیر جرم ستاره بر روی موقعیت ناحیه‌ی قابل سکونت

گذاشته است افزایش یافته و امروزه تقریباً ۳۰ درصد داغ تر از زمانی است که در ٤/٦ میلیارد سال پیش متولد شد. بنابراین ناحیه‌ی قابل سکونت می‌بایستی در خلال این سال‌ها که از عمر خورشید گذشته است به سمت خارج منظومه پیش رفته باشد. همچنین پیش‌بینی می‌شود در طول یک میلیارد سال آینده که خورشید به فاز تبدیل شدن به غول سرخ نزدیک می‌شود، سیاره‌ی زمین از ناحیه‌ی قابل سکونت خورشید خارج شود. پیرامون ستاره‌هایی مانند کوتوله‌های قرمز، ناحیه‌ی قابل سکونت ممکن است برای میلیاردها سال همچنان پایدار باقی بماند.

ستاره‌شناسان و متخصصان حیات ستارگان و اجرام آسمانی معتقدند که زمین همواره در قسمت داخلی ناحیه‌ی قابل سکونت خورشید بوده است و این موضوع ایده‌ی جدیدی بنام ناحیه‌ی قابل سکونت پیوسته[1] را به ذهن دانشمندی بنام مایکل هارت القا کرده است. این ناحیه به

---

1 – Continuosly Habitable Zone (CHZ)

کمربندی در اطراف یک ستاره گفته می‌شود که در آن سیاره‌ای شبیه به زمین در یک بازه‌ی زمانی طولانی از عمر ستاره‌اش قادر به حفظ آب بصورت مایع بر روی سطح خود باشد. بنظر می‌رسد ایده‌ی ناحیه‌ی قابل سکونت پیوسته یا CHZ حائز اهمیت فراوانی باشد، چراکه یافته‌های فسیلی نشان می‌دهد زمان نسبتاً زیادی صرف تکامل حیات بر روی زمین از شکل میکربی به شکل پیچیده‌ی خود شده است. متخصصان زمین شناسی از طریق مطالعه‌ی فسیل‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که حیات تک سلولی احتمالاً ٤ میلیارد سال پیش بر روی زمین پدیدار شده است، اما بیشتر از ۳/۵ میلیارد سال طول کشیده که حیات از شکل میکربی خود به صورت اولین حیوانات مبدل گشته است. اگر سیاره‌ی زمین پنج درصد فاصله‌ی کنونی خود به خورشید نزدیکتر و یا ۱۵ درصد از آن دورتر بود، احتمالاً خارج از ناحیه‌ی قابل سکونت قرار می‌گرفت و بنابراین شکل حیوانی حیات قادر به رشد و نمو بر روی زمین نبود، و البته این قضیه نسل انسان را هم در بر می‌گرفت.

بنابراین می‌توان ناحیه‌ی قابل سکونت را به دو نوع مختلف یعنی ناحیه‌ی قابل سکونت حیوانی[1] و ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی[2] تقسیم‌بندی نمود. با توجه به اینکه تکامل جانوران به زمان زیادی احتیاج دارد، احتمالاً ناحیه‌ی قابل سکونت حیوانی نوار باریکی است که در محدوده‌ی ناحیه‌ی قابل سکونت پیوسته یک ستاره قرار گرفته است. احتمالاً ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی (MHZ) کمربند عریض‌تری را در

---

2 – Animal Habitable Zone (AHZ)
3 – Microbial Habitable Zone (MHZ)

اطراف یک ستاره به خود اختصاص داده است، زیرا حیات میکربی فقط به چند صد میلیون سال زمان جهت رشد احتیاج دارد و بنابراین می‌تواند حیات خود را بر روی سیاراتی که ممکن است مدت زمان کوتاهی را در ناحیه‌ی قابل سکونت ستاره سپری می‌کنند حفظ کند. به این ترتیب ممکن است ناهید و مریخ حیات میکربی مختص به خود را در ابتدای پیدایش خود سپری کرده باشند و بنابراین روزگاری را در داخل ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی خورشید گذرانده باشند.

دو اکتشاف دیگر در این زمینه منجر به توسعه‌ی مرزهای ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی شده است. اولین آن‌ها که در دهه‌ی ۱۹۷۰ اتفاق افتاد مربوط به کشف گونه‌ای از حیات تک سلولی می‌باشد که بر شرایط غیرعادی همچون آب در حال جوش، اسید سولفوریک و یا در اعماق پوسته‌ی زمین و درون صخره‌ها فائق آمده‌اند. این گونه از حیات[1] محدوده‌ی شرایطی که در آن می‌توان به نشانه‌های حیات دست یافت و در نتیجه محدوده‌ی ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی (MHZ) را توسعه می‌دهد. دومین کشف وجود آب در زیر سطح اجسام سیاره‌ای می‌باشد که در خارج از ناحیه‌ی قابل سکونت یک ستاره در حال چرخش هستند. شواهد نشان می‌دهد که برخی از قمرهایی که بدور سیاره‌های گازی غول پیکر در منظومه‌ی خورشیدی ما در حال چرخش هستند، مانند قمر اروپا و انسلادوس، ممکن است اقیانوس‌های عظیمی در زیر سطح خود داشته باشند که قادر به حفظ حیات می‌باشند. احتمال اینکه این اقیانوس‌ها

---

1 – Extremophiles

شـــرایط زیســـتی مربوط به خود را داشـــته باشـــند وجود دارد، اما احتمال میکربی بودن این شـــرایط زیســـتی بســـیار بیشـــتر از حیات جانوری آن می‌باشد. وجود این قمرهای خاص نشان می‌دهد که ناحیه‌ی قابل سکونت میکربی می‌تواند خیلی وســـیع‌تر باشـــد و می‌تواند بین مدار دو ســـیاره‌ی ناهید و زحل گسترده شده باشد.

پیوست ۲: ابرسیاهچاله‌ها

چگونه می‌توان چیزی را مشاهده کرد که قادر به دیدن آن نیستیم؟ این پرسش اصلی‌ترین سوالیست که ذهن هر محقق علاقمند به کشف و مطالعه‌ی سیاهچاله‌ها را درگیر خود می‌کند؛ زیرا سیاهچاله‌ها اجرامی هستند با نیروی گرانش بسیار قوی که هیچ چیزی، حتی نور، قادر به گریز از گرانش آن‌ها نیست. بنابراین در جایگاه یک ناظر خارجی، نمی‌توان آن‌ها را بطور مستقیم مشاهد نمود. در این مجال بحث پیرامون سیاهچاله‌ها را محدود به یک سیاهچاله‌ی منحصر بفرد و واقعاً عظیم، یعنی ابرسیاهچاله‌ای که در مرکز کهکشان ما جای گرفته است، می‌کنیم.

در آغاز لازم است که شناختی نسبت به سیاهچاله‌ها داشته باشیم، در اینصورت می‌توانیم دلایل اثبات وجود آن‌ها را نیز درک کنیم. در واقع سیاهچاله‌ها از جهتی اجرام ساده‌ای هستند، زیرا می‌توان آن‌ها را با سه

ویژگی توصیف نمود: جرم، چرخش و شارژ که در اینجا فقط به موضوع جرم پرداخته می‌شود. اما از جهاتی نیز اجرام بسیار پیچیده‌ای می‌باشند، چراکه برای توصیف آن‌ها به فیزیک نامتعارف و عجیب و غریبی نیاز می‌باشد و از جهاتی قادر است که درک فیزیکی ما نسبت به کائنات را کاملاً تخریب کند.

تمامی ایده‌های جدیدی که در مورد سیاهچاله‌ها وجود دارد بر اساس تئوری نسبیت عام انیشتین بنا نهاده شده است. این تئوری بیان می‌کند که چگونه اجرام باعث انحنای فضای اطراف خود می‌شوند و اگر مقدار بسیار زیادی از ماده در همان مکان جمع شود، انحنای فضا رو به بی‌نهایت میل می‌کند و یک سیاهچاله شکل می‌گیرد. هر چیزی که به محدوده‌ی یک سیاهچاله نزدیک شود در درون آن ناپدید خواهد شد. در هسته‌ی هر سیاهچاله یک تکینگی[1] مستقر شده است. در ریاضیات، تکینگی‌ها زمانی بوجود می‌آیند که چیزی تقسیم بر صفر شود که در این صورت جواب بی‌نهایت خواهد بود. اما در فیزیک، تکینگی‌ها همواره بصورت یک معما باقی می‌ماند. شاید آن‌ها دلالت بر فقدان چیزی اساسی در تشریح تئوری نسبیت انشتین دارند. با اینحال یک چیز کاملاً واضح است، سرنوشت همه‌ی اجرامی که در دام یک سیاهچاله گرفتار می‌شوند، ناپدید شدن و مهر و موم شدن در درون آن است: پایانی ناگزیر در تله‌ی مرگ تکینگی! درست مانند چاهیست که ته ندارد و هر چیزی که در درون آن سقوط می‌کند تقریباً بطور کامل نابود می‌شود و در این میان

---

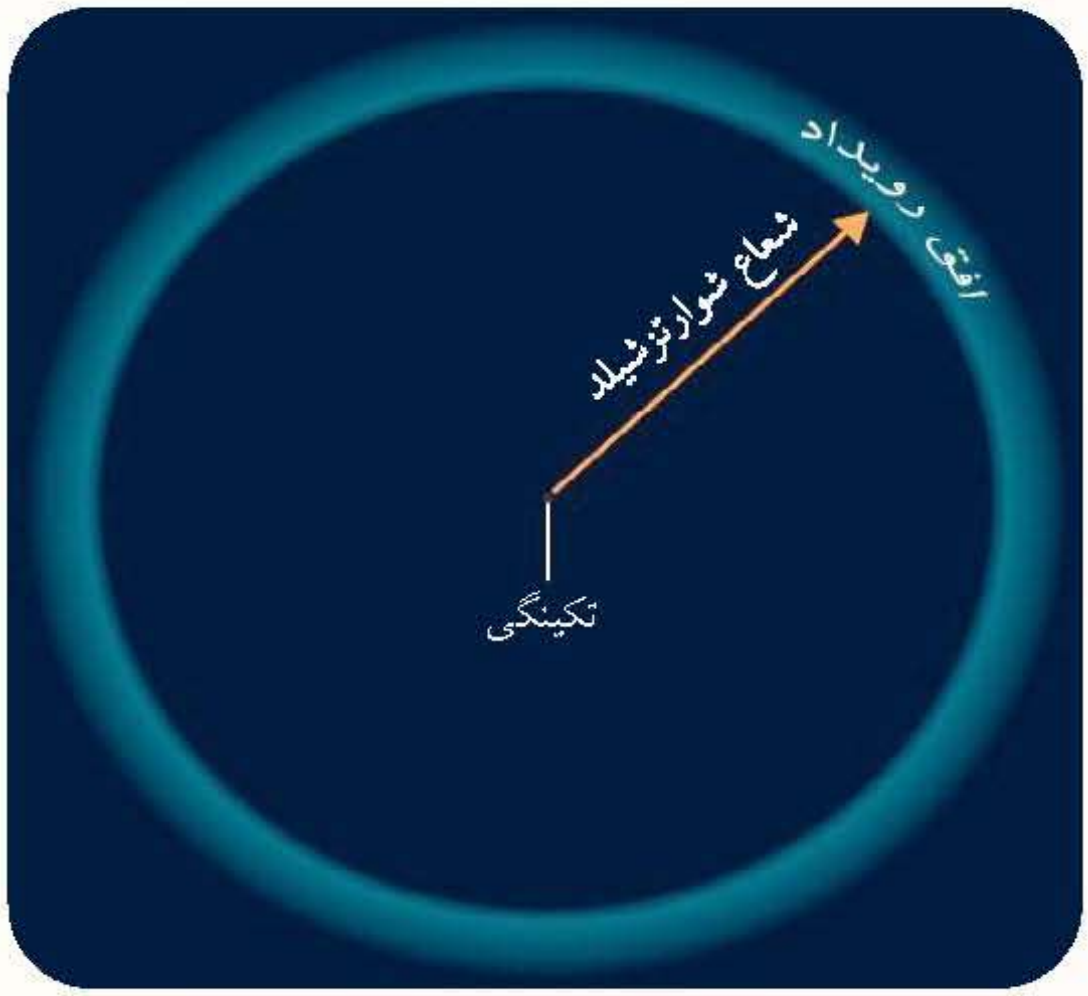
1 – Singularity

هیچ استثنائی وجود ندارد، حتی برای نورا باید اشاره شود که این چاه نه حجمی دارد و نه وسعتی!

کافیست برای درک این پدیده، سیاهچاله را جسمی در نظر بگیرید که جرم آن در حجمی که بسمت صفر میل می‌کند محدود شده است، در واقع هیچ اندازه‌ی متناهی نمی‌توان برای آن تعریف نمود. خوشبختانه مقدار محدودی وجود دارد که می‌توان از طریق آن به تصوری از اندازه‌ی سیاهچاله رسید، این مقدار محدود به شعاع شوارتزشیلد[1] معروف است و این نامیست که بعد از تشخیص اهمیت ویژه‌ی آن توسط کارل شوارتزشیلد بر روی آن گذاشته شده است. شوارتزشیلد نشان داد چنانچه ماده در حجمی که باندازه‌ی کافی کوچک باشد متراکم شود، فضا-زمان بر روی خودش انحنا می‌یابد و یک سیاهچاله شکل می‌گیرد. اجرم می‌توانند مسیری را که بسمت این سیاهچاله منتهی می‌شود دنبال کنند، اما هیچ مسیر برگشتی وجود ندارد، در نتیجه هیچ چیزی نمی‌تواند از آن بگریزد. از آنجائیکه حتی نور هم قادر به گریز از یک سیاهچاله نیست، درون یک سیاهچاله همواره از دید یک ناظر خارجی پنهان است. افق رویداد[2] مرز بین حجم مجزا شده از فضا-زمان و بقیه‌ی کائنات است. شعاع افق رویداد را شعاع شوارتزشیلد (R_s) می‌نامند (شکل۱). برای اینکه یک ستاره‌ی در حال تلاشی تبدیل به یک سیاهچاله شود، لازم است که هسته‌ی آن داخل شعاع شوارتزشیلد منقبض شود. لازم به ذکر

---

۱ – Schwarzschild Radius
۲ – Event Horizon



شکل ۱: سیاهچاله زمانی شکل می‌گیرد که شیئی تا اندازه‌ی بسیار کوچکی دچار فروپاشی می‌شود و سرعت فرار بقدری زیاد می‌شود که نور هم قادر به گریز از آن نیست. مرز یک سیاهچاله را مرز رویداد می‌نامند زیرا هر رویدادی که درون این مرز رخ دهد برای ناظر خارجی غیر قابل روئیت است. شعاع سیاهچاله را که با R_s نشان می‌دهند شعاع شوارتزشیلد می‌نامند.

است که این شعاع یک شعاع مجازی است و نه یک شعاع واقعی، و در واقع همانطور که بیان شد سیاهچاله هیچ اندازه‌ای ندارد. از آنجا که هر جسمی می‌تواند تبدیل به یک سیاهچاله بشود، لذا این شعاع حائز اهمیت است، بدین معنا که تمام وسایل اطراف شما و حتی خود شما می‌توانید تبدیل به یک سیاهچاله شوید بشرط اینکه بتوانید راهی برای فشرده کردن آن‌ها تا اندازه‌ی شعاع شوارتزشیلد پیدا کنید. در آن هنگام نیروی گرانش بر تمامی نیروهای شناخته شده غلبه خواهد کرد و شیء مورد نظر توسط نیروی افسارگسیخته‌ای به متراکم شدن تا جسمی بینهایت کوچک ادامه

می‌دهد و نهایتاً تبدیل به یک سیاهچاله می‌شود. برای مثال اگر بتوان بطریقی سیاره‌ی زمین را تا اندازه‌ی یک نخود فرنگی فشرده ساخت، در اینصورت زمین تبدیل به یک سیاهچاله می‌شود، زیرا اندازه‌ی نخود فرنگی، برابر با شعاع شوارتزشیلد زمین است. در واقع این شعاع برای زمین یک سانتی‌متر است، بنابراین برای اینکه تبدیل به سیاهچاله شود لازم است تا شعاعی کمتر از یک سانتی‌متر فشرده شود. خوشبختانه، این اتفاق هیچ‌گاه برای زمین رخ نخواهد داد، زیرا استحکام صخره‌ها و فلزات لایه‌های درونی زمین برای تحمل وزن زمین کافیست. فقط هسته‌ی ستارگان خاموشی که جرمشان در حدود سه برابر جرم خورشید است می‌توانند متأثر از گرانش خودشان تبدیل به سیاهچاله شوند. شعاع شوارتزشیلد فقط به جرم جسم بستگی دارد، بدینصورت که اجسام بزرگتر شعاع شوارتزشیلد بزرگتری دارند و بالعکس. حال در نظر بگیرید که در صدد تبدیل کردن خورشید به یک سیاهچاله باشیم، در اینصورت بایستی خورشید را تا اندازه‌ی دانشگاه آکسفورد فشرده کنیم.

این مفهوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا نه تنها بیان می‌کند که یک سیاهچاله چه وقتی شکل می‌گیرد، بلکه عوامل کلیدی در خصوص اثبات سیاهچاله‌ها را نیز در اختیار ما قرار می‌دهد و با مشخص شدن آن می‌توان جرم سیاهچاله را محاسبه نمود. بنظر می‌رسد که یک سیاهچاله‌ی معمولی مرحله‌ی پایانی حیات یک ستاره‌ی بسیار بزرگ باشد. بنابراین وقتی حیات ستاره‌ای بسیار بزرگتر از خورشید به پایان می‌رسد، با انفجاری مهیب به زندگی خود خاتمه می‌دهد و بقایای آن

بصـورت ابرنواختر زیبایی جلوه‌گری می‌کند. درست داخل این ابرنواختر اسـت که یک سیاهچاله‌ی کوچک با جرمی تقریباً سه برابر جرم خورشید شـروع به شـکل‌گیری می‌کند. توجه داشـته باشـید که این سـیاهچاله در مقیاس نجومی بسیار کوچک بحساب می‌آید.

در پهنه‌ی کائنات و در اقیانوسـی از صـدها میلیارد کهکشان، تعدادی کهکشـان نسـبتاً مرموز وجود دارد که تا حدی در بین تمامی کهکشـان‌ها خودنمایی می‌کنند. اخترشـناسـان آن‌ها را هسـته‌های کهکشـانی فعال[1] می‌نامند و دلیل نامگذاری آن‌ها این اسـت که هسـته‌ی آن‌ها بسـیار فعال اسـت. مرکز کهکشـان در واقع جائیسـت که بیشترین مقدار نور ستارگان سـاطع می‌شـود و با این وجود چیزی که در این کهکشـان‌های عجیب مشـاهده می‌کنیم میزان نوریسـت که نمی‌توان آن را توسـط نور ستارگان توجیه نمود، چراکه که بطور غیر قابل باوری شـدید اسـت. در واقع در برخی از موارد مانند ستونی از نور از مرکز کهکشان بسمت خارج فوران می‌کند. بنظر می‌رسـد این علائم نشـان دهنده‌ی حضور یک ابرسیاهچاله باشـد که مواد اجرام مجاور بسـمت آن کشـیده می‌شوند. البته مشاهده‌ی مستقیم سیاهچالـه ممکـن نیست امـا می‌توان انرژی گرانشی سیاهچاله را تبدیل به نور مرئی کرد. با اینحال ممکن است که این کهکشان‌های مرموز تنها کهکشـان‌هایی نباشـند که در مرکز خود یک ابرسـیاهچاله را جای داده‌انـد، بلکـه ممکن اسـت مراکز تمامی کهکشـان‌ها پناهگاهی برای ابرسـیاهچاله‌ها باشـد. اگر بدنبال این ابرسـیاهچاله‌های مخفی در مراکز

---

۱ – Active Galactic Nuclei

شکل ۲: مرکز کهکشان راه شیری

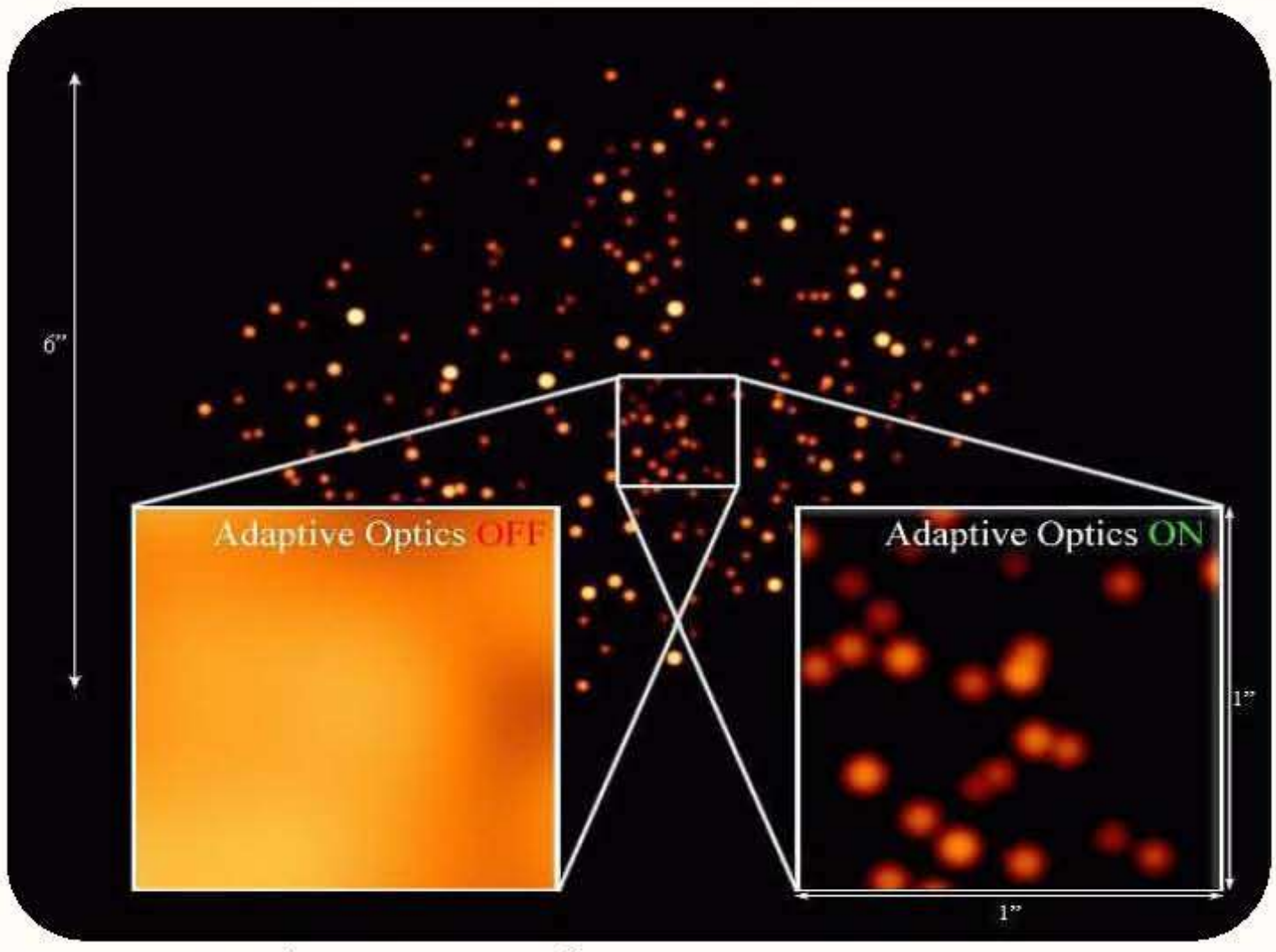
کهکشان‌ها هستیم، بهترین مکان برای گشتن کهکشان خودمان است. شکل۲ تصویری از مرکز کهکشان راه شیری را نشان می‌دهد. چیزی که در این تصویر مشاهده می‌کنیم نواری از ستارگان است، زیرا ما در کهکشانی زندگی می‌کنیم که ساختار مسطح دیسک مانندی دارد و ما در میانه‌ی آن قرار گرفته‌ایم، بنابراین وقتی به مرکز آن نگاه می‌کنیم در واقع نواری که نشان دهنده‌ی صفحه یا خط کهکشان می‌باشد را شاهد هستیم. مزیت مطالعه‌ی کهکشان راه شیری این است که نزدیکترین نمونه ممکن از یک مرکز کهکشان به ماست، در حالیکه مرکز کهکشان بعدی صدها بار دورتر از مرکز کهکشان راه شیری یعنی در کهکشان آندرومدا قرار گرفته است. بنابراین می‌توانیم اطلاعات جزئی‌تری را از مرکز کهکشان خودمان نسبت به دیگر کهکشان‌ها بدست آوریم و واضح است که در اینگونه مطالعات تجربی جزئی بودن اطلاعات اهمیت زیادی دارد.

حال باید فهمید اخترشناسان چگونه ثابت می‌کنند که در چنین حجم کوچکی جرم بسیار زیادی جای گرفته است؟ برای رسیدن به پاسخ این پرسش باید نحوه‌ی چرخش ستارگان بدور ابرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان را مورد بررسی قرار دهیم. همانطور که سیارات بدور خورشید در حال گردش هستند، ستارگان نیز بدور ابرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان می‌چرخند. در مورد سیارات، این نیروی گرانش خورشید است که باعث چرخش سیارات بدور آن می‌شود و اگر چنانچه جسم سنگینی بجای خورشید وجود نداشت، سیارات در فضای کیهان سرگردان و بدون کنترل بودند و یا حداقل با سرعت بسیار کمی به حرکت خود ادامه می‌دادند، زیرا چیزی که تعیین کننده‌ی کیفیت گردش آن‌هاست مقدار جرمیست که در داخل مدار آن‌ها قرار گرفته است. بنابراین این قوانین در مورد گردش ستارگان بدور ابرسیاهچاله هم صادق هستند بطوریکه نیروی جاذبه‌ای که بین یک سیاهچاله و ستارگان نزدیک به آن وجود دارد ستارگان را بسمت خود می‌کشد و آن‌ها را وادار به گردش بدور خودش می‌کند. وقتی از کیفیت گردش ستارگان بدور ابرسیاهچاله آگاه باشیم، می‌توانیم جرمی را که داخل مدار آن قرار گرفته نیز محاسبه کنیم و اگر چنانچه مقیاس آن را داشته باشیم می‌توانیم شعاع آن را نیز بدست آوریم. بنابراین بهتر است به دنبال ستارگانی باشیم که تا حد ممکن به ابرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان نزدیک باشند، زیرا هدف این است که نشان دهیم در یک ناحیه‌ی تا حد ممکن کوچک یک جرم بسیار زیاد قرار گرفته است. در این مطالعه‌ی تجربی از بزرگترین تلسکوپ قرار گرفته بر روی زمین، یعنی رصدخانه‌ی

کِک در هاوایی استفاده شده است که مجهز به دو تلسکوپ با آینه‌هایی به قطر ۱۰ متر است. اما با وجود بزرگ بودن این تلسکوپ یا هر تلسکوپ دیگری بر روی زمین همواره با چالشی اساسی روبرو هستیم و آن حضور اتمسفر در مسیر رصد کهکشان است. اگر چه وجود اتمسفر برای ادامه‌ی حیات بر روی زمین ضروریست اما برای اخترشناسان که مجبور به رصد اجرام کیهانی از میان لایه‌ی ضخیم آن هستند، همواره چالش آفرین بوده است. برای اینکه درک بهتری از این موضوع داشته باشید، سنگریزه‌های کف یک جویبار را در نظر بگیرید، جریان مداوم و آشفته‌ی آب مشاهده‌ی دقیق سنگریزه‌های کف رودخانه را با مشکل مواجه می‌کند. این مثال شباهت زیادی به رصد اجرام کیهانی از ورای لایه‌ی اتمسفر دارد، چراکه اتمسفر نیز دائماً در حال حرکت است. دانشمندان با استفاده از تکنیکی به نام اپتیک انطباقی[1] این مشکل را از پیش رو برداشته‌اند. در شکل۳ وضوح ایجاد شده توسط این تکنیک در تصویری که از مرکز کهکشان تهیه شده است مشاهده می‌شود. مربع وسط تصویر، مرکز کهکشان، یعنی جایی که دانشمندان اعتقاد دارند یک ابرسیاهچاله در آنجا جای گرفته است را نشان می‌دهد. بنابراین برای بررسی ابرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان کافیست حرکت ستاره‌های قرار گرفته در این مربع کوچک را مورد بررسی قرار دهیم. این مطالعات که پانزده سال به طول انجامیده است نشان می‌دهد که این ستارگان در طول مدت تحقیق مسافت زیادی جابجا شده‌اند. در این میان دانشمندان به

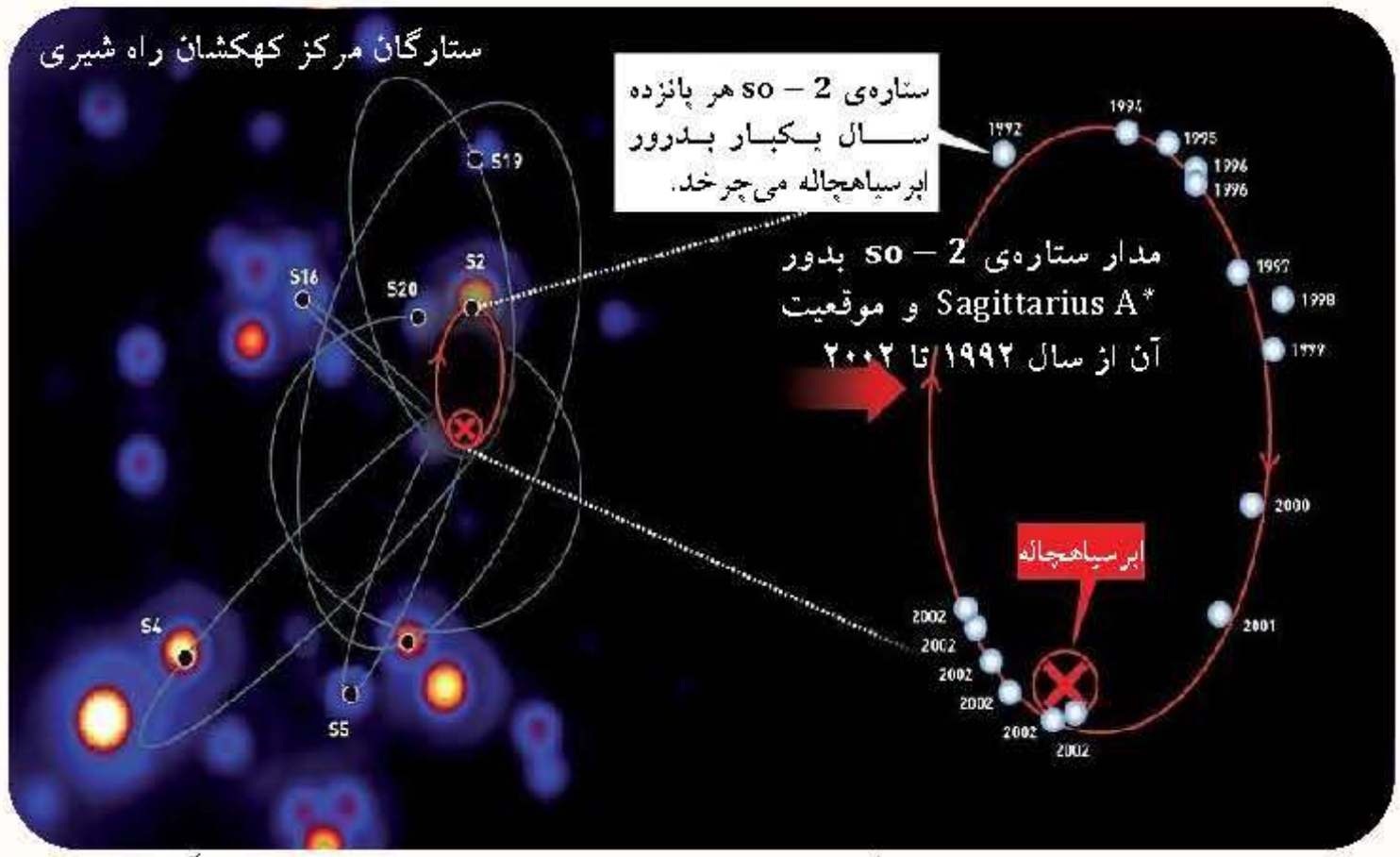
---

۱ – Adaptive Optics



شـکل۳: با استفاده از تکنیک اپتیک انطباقی آئینه‌ی تلسکوپ بگونه‌ای تغییر شکل داده می‌شود که نوسانات اتمسفر زمین را خنثی می‌کند.

بررسی نحوه‌ی حرکت ستاره‌ی خاصی بنام SO-۲ پرداخته‌اند. انتخاب این ستاره به این دلیل بوده که مدت زمان چرخش آن بدور مرکز کهکشان نسبت به دیگر ستارگان زمان بسیار کوتاهی است بطوریکه در مدت ۱۵ سال یکبار بدور مرکز کهکشان می‌چرخد (شکل٤). برای اینکه به کوتاه بودن این زمان پی ببرید کافیست بدانید که این زمان برای خورشید به حدود ۲۳۰ میلیون سال افزایش می‌یابد. فاصله‌ی ما تا سیاهچاله‌ی مرکز کهکشان ۲٦۰۰۰ سال نوری است، یعنی اتفاقاتی که ما امروز در قلب کهکشان شاهد آن هستیم ۲٦ هزار سال پیش رخ داده است و احتمالاً آخرین باری که خورشید در موقعیت کنونی خود در کهکشان بوده دایناسورها بر زمین حکمفرمایی می‌کردند. ستاره‌هایی که تا پیش از این



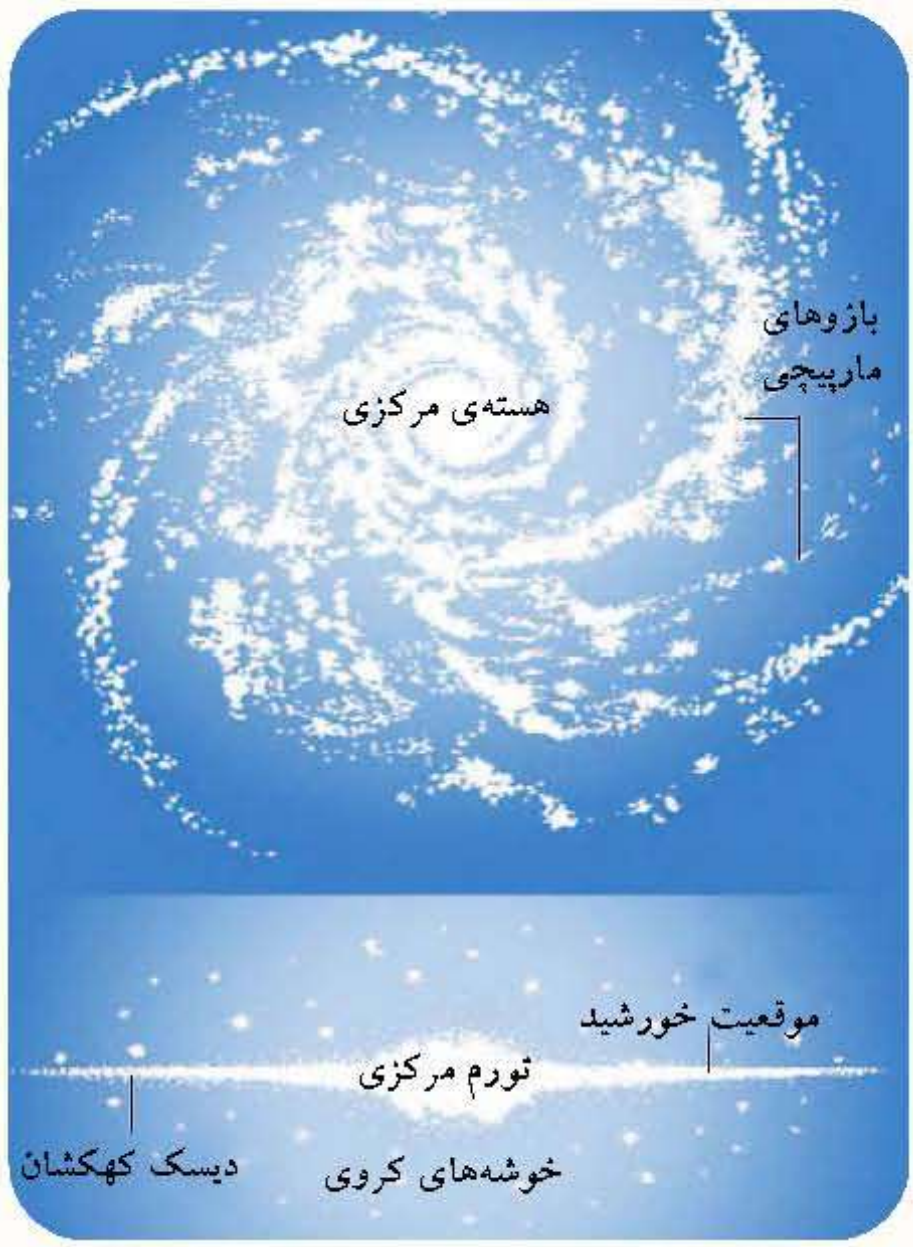
شکل ٤: ابرسیاهچاله‌ی قرار گرفته در قلب کهکشان راه شیری که آن را با نام Sagittarius A* می‌شناسند، ستارگان مرکزی کهکشان را در مداری ناگزیر بدور خود قرار داده است. این مدل بهینه از مدار ستارگان، حاصل چندین دهه تلاش دانشمندان است. یکی از ستارگان بنام ۲ – so که مدار چرخش خود را تنها طی ۱۵ سال کامل می‌کند هدف مطالعه‌ی دانشمندان برای اثبات وجود این ابرسیاهچاله در مرکز کهکشان قرار گرفته است.

مطالعه مورد بررسی قرار گرفته بودند و تا حد ممکن نزدیک به مرکز کهکشان انتخاب شده بودند، تقریباً به ۵۰۰ سال زمان برای گردش بدور کهکشان احتیاج داشته‌اند.

کلید حل این معما مدار چرخش ستاره‌ی so-۲ است که می‌تواند مقدار جرمی که در شعاع کوچک چرخش آن قرار گرفته است را عیان کند. شعاعی که قبل از این مطالعات می‌توانستیم جرم قرار گرفته در مرکز کهکشان را به آن محدود کنیم بسیار بزرگتر از شعاع چرخش ستاره‌ی so-۲ بدور مرکز کهکشان است. چیزی که پیش از این می‌دانستیم این بود که در این دایره جرمی برابر با ٤ میلیون خورشید قرار گرفته است و البته

در این شعاع بسیاری اجرام و ستارگان دیگر نیز قرار گرفته بود. بنابراین، در واقع گزینه‌های بسیاری در رابطه با این ایده که در مرکز کهکشان یک ابرسیاهچاله قرار گرفته وجود داشت، زیرا می‌توانستیم در این شعاع بسیاری اجرام دیگر را نیز قرار دهیم. بررسی‌های اخیر نشان داده است که این جرم بسیار زیاد که برابر با ٤ میلیون خورشید است، در محدوده‌ای بسیار کوچکتر از آن چیزی که پیش از این در نظر گرفته شده بود قرار گرفته است، در واقع این جرم زیاد در محدوده‌ای با شعاعی ده هزار بار کوچکتر قرار گرفته است و بهمین دلیل می‌توان نشان داد که در واقع این محدوده‌ی بسیار کوچک جایگاه یک ابرسیاهچاله است. شعاع این ناحیه کوچک باندازه‌ی منظومه‌ی شمسی است، البته در حالیکه ٤ میلیون برابر جرم خورشید در این ناحیه کوچک متراکم شده باشد.

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که نزدیک به مرکز دیگر کهکشان‌ها نیز ستارگانی وجود دارند که با سرعت زیادی در حال چرخش هستند. برای نگه داشتن ستارگان در چنین مدارهای کوچک با دوره زمانی کوتاه، مراکز کهکشان‌ها باید جرمی برابر با میلیون‌ها و حتی میلیاردها خورشید را در بر گرفته باشند. شواهد نشان می‌دهد هسته‌ی بسیاری از کهکشان‌ها در اشغال ابرسیاهچاله‌ها می‌باشد. همانطور که اشاره شد، از قرار معلوم کهکشان راه شیری در مرکز خود ابرسیاهچاله‌ای را جای داده است، که خود تنها نمونه‌ای از کهکشان‌های موجود در پهنه‌ی کائنات است. چنین ابرسیاهچاله‌ای نمی‌تواند باقیمانده‌ی مرگ یک ستاره باشد، چراکه جرم چنین سیاهچاله‌ای تنها باندازه‌ی چند برابر جرم خورشید خواهد بود.



شکل ۵: تورم مرکزی در کهکشان راه شیری

اینگونه که از شواهد پیداست، یک ابرسیاهچاله همزمان با شکل‌گیری کهکشان و در طول میلیاردها سال و با متراکم‌سازی موادی که بسمت مرکز کهکشان حرکت می‌کنند شکل می‌گیرد. در واقع ارتباط نزدیکی بین ابرسیاهچاله‌ها و خصوصیات کهکشان‌ها وجود دارد که بیان کننده‌ی شکل‌گیری همزمان آن‌هاست. امروزه مشخص شده که آفرینش کهکشان‌ها و ابرسیاهچاله‌های مراکز آن‌ها همزمان اتفاق افتاده و بوجود آمدن آن‌ها بصورت جداگانه امکان‌پذیر نیست. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که جرم ابرسیاهچاله بستگی به تورم مرکزی کهکشان دارد (شکل ۵). یک کهکشان با تورم مرکزی بزرگ نسبت به کهکشانی با تورم مرکزی کوچک دارای ابرسیاهچاله‌ی بزرگتری می‌باشد. این امر نشان دهنده‌ی این موضوع است که شکل‌گیری ابرسیاهچاله‌ها مدت‌ها قبل و همزمان با شکل‌گیری کهکشان آغاز شده است. با وجود اینکه مواد و اجرام کهکشانی همچنان بسمت ابرسیاهچاله‌ها کشیده

می‌شوند، اما بنظر نمی‌رسد که اندازه‌ی ابرسیاهچاله‌ها از زمان شکل‌گیری افزایش یافته باشد.

بنظر می‌رسد سیاهچاله‌ای که یک میلیارد برابر جرم خورشید است، جرم زیادی را در بر گرفته باشد، اما باید توجه شود که این جرم تقریباً یک درصد از جرم کهکشان است. و در پایان باید گفت که ابرسیاهچاله‌ی مرکز کهکشان راه شیری که جرم آن ٤ میلیون برابر جرم خورشید است، تنها یک هزارم یک درصد از جرم کهکشان ماست.

مراجع

[۱] BBC Documentary, "Into the Universe with Stephen Hawking (Aliens, Time Travel, The Story of Everything)", ۲۰۱۰.

[۲] Bennett J., Shostak S., "Life in the Universe", Third Edition, p. cm. ۲۰۱۲.

[۳] Stott D., Dinwiddie S., Hughes D., Sparrow G., "Space - From Earth to the Edge of the Universe", First Edition, DK Publishing, ۲۰۱۰.

[٤] Seeds M., Backman D., "Horizones-Exploring the Universe", Twelfth Edition, CENGAGE Learning, ۲۰۱۲.

[٥] Leif J. Robinson, "Philip's Astronomy Encyclopedia", ۲۰۰۲.

[٦] Sir Patrick Moore, "Philip's Atlas of the Universe", ۲۰۰٥.

[۷]www.ted.com/talks/andrea ghez the hunt for a supermassive black hole.html

[۸] ابراهیم ویکتوری، "اسـرار کائنات بخش اول"، انتشـارات به نگار، چاپ دوم، ۱۳۸۸.