

گرانش، حیات و فرگشت

احمد شیخی

استاد فیزیک دانشگاه شیراز و عضو وابسته گروه علوم پایه فرهنگستان علوم ایران

asheykhi@shirazu.ac.ir

نامه علوم پایه شماره ۱۲ و ۱۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

چکیده

در این مقاله به بررسی اثرات نیروی گرانش بر پیدایش کیهان، شکل‌گیری ساختارهای اولیه کیهانی، تشکیل کهکشان راه شیری و سامانه خورشیدی، تشکیل سیاره زمین، پیدایش حیات روی زمین، فرگشت^۱ (تکامل) جانداران و تکامل اندام‌های پیچیده انسان روی سیاره زمین می‌پردازیم.

مقدمه

را کنار همدیگر نگه می‌دارد و تحول آنها را مدیریت می‌کند، منفی است. بنابراین این امکان وجود دارد که مجموع انرژی ماده کیهانی و انرژی میدان گرانشی روی هم صفر شود. این بدان معناست که کیهان ما می‌تواند از هیچ شروع شده باشد!

نیروی گرانش از بدو پیدایش کیهان، در تشکیل ساختارها و تحول آنها نقش ممتازی ایفا کرده است. تشکیل کهکشان‌ها، ستارگان از جمله خورشید و سپس شکل‌گیری سامانه خورشیدی و سیارگان سامانه خورشیدی وابسته به نیروی گرانش بوده است. سرد شدن کره زمین و سپس شکل‌گیری حیات بر روی زمین و فرگشت موجودات زنده نیز وابسته به گرانش بوده است. در بخش‌های بعدی سعی خواهیم نمود برخی از جنبه‌های نیروی گرانش را در پیدایش حیات روی کره زمین و فرگشت موجودات زنده و تکامل انسان و سایر جانداران بررسی نماییم.

۲- نقش گرانش در پیدایش ساختارهای کیهانی

بعد از انفجار بزرگ، پلاسمای کیهانی شامل ذرات گوناگونی بوده است که در اثر انفجار اولیه شروع به دور شدن از یکدیگر کرده و در نتیجه کیهان شروع به گسترش نموده است. ذرات موجود در پلاسمای کیهانی شامل انواع ذرات فرمیونی و بوزونی از جمله فوتون‌ها، نوترینوها، الکترون‌ها، پروتون‌ها، نوترون‌ها و پاد ذره آنها بوده است. انبساط کیهان یک فرآیند بی‌دررو^۲ است، به این معنی که کیهان با محیط دیگری مبادله انرژی ندارد. دلیل این امر آن

مدل استاندارد کیهان شناسی که بر مبنای اصل کیهان شناختی (همگنی و همسان‌گردی کیهان در مقیاس‌های بزرگ) و معادلات میدان نسبیت عام استوار است، توصیفی نسبتاً موفق از تحول کیهان ارائه می‌دهد. بر اساس مشاهدات و داده‌های کیهان شناختی، امروز می‌دانیم که کیهان حدود $13/8$ میلیارد سال قبل با یک انفجار بزرگ از یک نقطه با ابعاد صفر آغاز شده است. از جمله مهم‌ترین مشاهداتی که درستی مدل استاندارد کیهان شناسی را تایید می‌کنند، عبارتند از تابش زمینه کیهانی که شامل یک گاز فوتونی بر جای مانده از کیهان اولیه است. دمای کنونی این تابش در حدود 2.7 درجه کلوین است. شاهد دیگر بر درستی مدل استاندارد کیهان شناسی درصد فراوانی هیدروژن و هلیوم کیهانی است. نتایج طیف سنجی از نقاط مختلف کیهان نشان می‌دهد که در حدود 24 درصد جرم ماده باریونی کیهان از گاز هلیوم و حدود 75 درصد از گاز هیدروژن و سایر عناصر روی هم رفته کمتر از یک درصد جرم ماده باریونی کیهان را تشکیل می‌دهند. انفجار بزرگ سرآغاز شروع زمان و پیدایش مفهوم فضا در کیهان ما بوده است. بر اساس اصل قوی ماخ^۳ در غیاب ماده، صحبت از فضا بی‌معنی است. فضا چیزی جز فاصله انتزاعی بین نقاط مادی نیست. زمان هم مفهومی است که تغییرات (حرکت) ماده را نشان می‌دهد. بنابراین بدون حرکت یا تغییر در ماده اساساً نیازی به تعریف زمان نیست. انفجار آغازین کیهان منجر به پیدایش انبوه انرژی و ماده گردیده است. نکته جالب توجه آن است که کل انرژی ماده موجود در کیهان مثبت است. این در حالی است که انرژی پتانسیل گرانشی که اجزا کیهان

1. Evolution

2. Mach's strong principle

3. Adiabatic

است که فضا و زمان همراه با خلق و گسترش کیهان خلق می‌شوند و صحبت از فضای بیرون کیهان، مفهومی ندارد. در فرآیندهای بی‌دررو همراه با انبساط سیستم، چگالی، دما و فشار آن کاهش می‌یابد. با توجه به اصل کیهان شناسی، قسمت فضایی کیهان، در مقیاس‌های بزرگ، همگن و همسانگرد است. فرض می‌کنیم که این همگنی و همسانگردی از ابتدای کیهان هم وجود داشته است و به همین دلیل پارامترهای اصلی پلاسمای کیهانی را در سرتاسر کیهان مستقل از مکان در نظر می‌گیریم. این بدان معناست که فشار و چگالی انرژی کیهان را تابعی از دما (زمان) کیهانی در نظر می‌گیریم. با گذشت زمان کیهانی، قسمت فضایی آن گسترش می‌یابد. این گسترش به وسیله فاکتور مقیاس کیهانی^۱ مشخص می‌گردد. تغییرات نسبی فاکتور مقیاس کیهانی با پارامتر دیگری تعیین می‌شود که به آن پارامتر هابل^۲ گفته می‌شود. بنابراین پارامتر هابل نرخ انبساط کیهان را نشان می‌دهد. در دماهای بالا و لحظات اولیه بعد از انفجار بزرگ، ذرات موجود در پلاسمای کیهانی با همدیگر برهمکنش شدید داشته‌اند و در تعادل ترمودینامیکی بوده‌اند. با گذشت زمان برخی ذرات به تدریج از حالت تعادل با پلاسمای کیهانی خارج و به صورت مستقل در انبساط آزاد کیهان شرکت می‌کنند. در حدود چند دقیقه بعد از مه‌بانگ، اولین هسته‌های اتم هلیوم شکل گرفته‌اند. تشکیل هسته‌های هلیوم در دقیقه‌های اولیه بعد از مه‌بانگ، برای حفظ نوترون‌ها، و در نتیجه امکان تشکیل هسته‌های سنگین‌تر و تشکیل ساختارهای پیچیده در مراحل بعدی تحول کیهان بسیار مهم و یکی از تنظیم‌های دقیق در کیهان اولیه بوده است.

از سوی دیگر یکی از ذراتی که در پلاسمای کیهانی وجود داشته، نوترینوها بوده‌اند. نوترینوهای کیهانی زمانی که سن کیهان حدود ۵ ساعت و دمای آن صد میلیون درجه کلوین بوده، از پلاسمای کیهانی جدا شده و رفته رفته سرد شده‌اند. دمای امروزی نوترینوهای کیهانی کمتر از ۲ درجه کلوین است. البته آشکار سازی نوترینوهای کیهانی روی زمین، بدلیل انرژی کم و برهمکنش ضعیف، بسیار مشکل است. هنگامی که سن کیهان در حدود ۳۸۰ هزار سال و دمای آن در حدود ۳۰۰۰ درجه کلوین بوده است، اتم‌های خنثی هیدروژن و هلیوم و به مقدار بسیار اندکی لیتیم شکل گرفته‌اند. بعد از آن برخورد بین اتم‌های خنثی و فوتون‌های کیهانی بسیار کم شده و بنابراین فوتون‌ها بصورت آزادانه به هر سو گسترش یافته‌اند. در این زمان کیهان شفاف شده است، چرا که فوتون‌ها با پلاسمای کیهان برهمکنش ندارند. امروز این گاز فوتونی برجای مانده از کیهان اولیه در همه جهات دیده می‌شود و دمای تقریبی آن کمتر از ۳ درجه کلوین است.

سوال اساسی این است که اگر ذرات پلاسمای کیهانی بدلیل

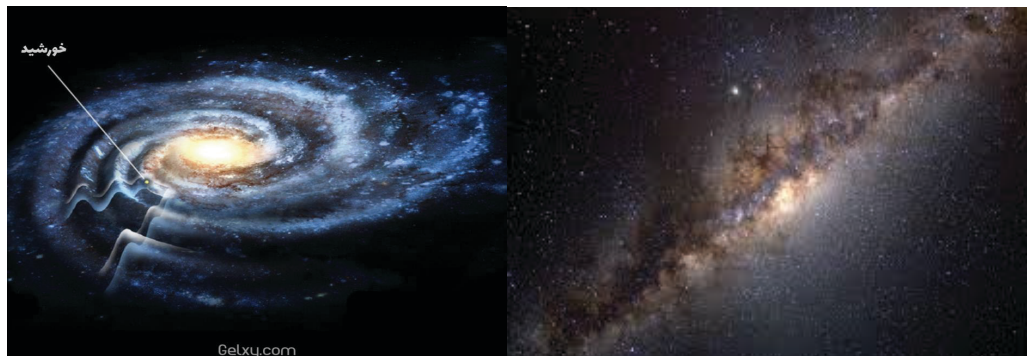
گسترش کیهان در حال دور شدن از همدیگر بوده‌اند، و اگر کیهان اولیه یکنواخت بوده است، ساختارهای کیهانی چگونه شکل گرفته‌اند؟ ساختارهای منظم و پیچیده‌ای که در کیهان وجود دارند چگونه و با چه فرآیندی شکل گرفته‌اند؟ امروزه کیهان شناسان بر این باورند که از بین نیروهای موجود در طبیعت، یگانه نیرویی که می‌توانسته ضد انبساط کیهان عمل کند و موجب تجمع ذرات پلاسمای کیهانی و در نتیجه تشکیل ساختارهای اولیه کیهان گردد، گرانش بوده است. کیهان کنونی ما از میلیاردها کهکشان تشکیل شده است. چرا ما امروزه ساختارهای فراوانی در کیهان می‌بینیم؟ این ساختارها چگونه شکل گرفته و رشد کرده‌اند؟ یافته‌های امروزی نشان می‌دهند پلاسمای کیهانی اولیه اگر چه یکنواخت بوده ولی در برخی قسمت‌ها ناهمگنی‌هایی داشته است. به نظر می‌رسد که همین اختلالات ناچیز چگالی در طول زمان با کمک نیروی گرانش رشد کرده و اولین کهکشان‌ها را در چند میلیون سال پس از مه‌بانگ تشکیل داده‌اند. همان گونه که گفتیم مه‌بانگ، کیهان را به صورت پلاسمای غلیظ داغ و ناآشکاری از ذرات بسیار پرانرژی آغاز کرد. با بیرون آمدن این ماده از انفجار اولیه، ماده سرد شد و ذرات در گاز هیدروژن خنثی جمع و ادغام شدند. برخی از بخش‌ها متراکم‌تر از سایر بخش‌ها بودند و در نهایت گرانش آنها بر انبساط کیهانی غلبه کرد و مواد به سمت داخل فرو ریخت و در نتیجه در فرآیندی به نام رُمیش گرانشی ساختارهای اولیه کیهانی شکل گرفتند.

به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش همان نیرویی است که باعث رشد بذر اولیه ناهمگنی‌ها و در نتیجه موجب تراکم پلاسمای کیهانی گردیده است. وقتی در ناحیه‌ای چگالی انرژی کمی متفاوت شود، در طی میلیون‌ها سال و با کمک نیروی جاذبه گرانشی این مواد بتدریج متراکم‌تر می‌شوند تا در نهایت یک کهکشان متولد شود. کهکشان راه شیری به عنوان یکی از این کهکشان‌های اولیه، به تدریج مواد بیشتری را از محیط بین کهکشانی جذب کرده است. گرانش نه تنها مواد خارجی را به سمت کهکشان جذب می‌کرد، بلکه ستارگان و سیستم‌های ستاره‌ای را نیز در داخل کهکشان به تعادل نگه می‌داشت. در ادامه خواهیم گفت که چگونه گرانش موجب تشکیل سامانه خورشیدی گردیده است.

۳- گرانش و شکل‌گیری سامانه خورشیدی

زمین ما یکی از سیارگان سامانه خورشیدی است که در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید، با سرعت ۳۰ کیلومتر بر ثانیه، هر ۳۶۵ روز یکبار به دور آن می‌گردد. خورشید ما یکی از ستارگان کهکشان راه شیری است که بر روی یکی از بازوهای مارپیچی آن و در فاصله ۲۶۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان قرار گرفته و با سرعت ۲۵۰ کیلومتر بر ثانیه به دور مرکز کهکشان می‌چرخد. هر

و غبار میان ستاره‌ای است که مانع از رسیدن نور ستارگان زمینه به چشم ما می‌شود. قطر صفحه کهکشان راه شیری حدود ۱۰۰ هزار سال نوری است. سال نوری مسافتی است که نور در مدت یکسال طی می‌کند. ضخامت صفحه کهکشان راه شیری در بیشتر قسمت‌ها در حدود ۱۰۰۰ سال نوری است ولی در مرکز به ۱۲۰۰۰ سال نوری هم می‌رسد بنابراین صفحه کهکشان راه شیری در مرکز برجسته‌تر دیده می‌شود. جرم کهکشان راه شیری در حدود ۸۵۰۰ میلیارد برابر جرم خورشید و شامل ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلیارد ستاره است. بیش از ۹۰ درصد جرم کهکشان را ماده تاریک تشکیل می‌دهد که بر همکنش الکترومغناطیسی ندارد ولی از طریق جاذبه گرانشی بر حرکت ستارگان کهکشان تاثیر می‌گذارد. ماده تاریک به صورت هاله‌ای کهکشان را در بر گرفته است و قطر آن ۳ تا ۴ برابر قطر کهکشان است. اخیراً تأیید شده که در مرکز کهکشان راه شیری یک سیاهچاله غول پیکر وجود دارد که همه ستارگان و اجزای درون کهکشان به دور آن می‌چرخند. این ساختار عظیم و پیچیده به وسیله نیروی گرانش در طی میلیون‌ها سال ایجاد شده است و همین نیرو حرکت و تحول کهکشان و همه اجزای درون آن را مدیریت می‌کند.



شکل ۱: سمت راست تصویر بخشی از کهکشان راه شیری که از زمین دیده می‌شود. شکل سمت چپ نمای کلی کهکشان راه شیری و موقعیت خورشید در کهکشان را نشان می‌دهد.

تراکم خود ادامه می‌دهد و تحت فشار زیاد و دمای بالا، پیش‌ستاره در مرکز شکل می‌گیرد. این پیش‌ستاره در نهایت به خورشید تبدیل می‌شود. در دیسک پیش‌سیاره‌ای، ذرات غبار و گاز به هم چسبیده و توده‌های کوچکتری به نام سیاره‌نماها را تشکیل می‌دهند. این فرآیند افزایش، تحت تأثیر گرانش است که توده‌های کوچکتر را به هم جذب می‌کند. این توده‌های کوچک به هم می‌پیوندند و اجرام بزرگتری به نام پیش‌سیارگان را تشکیل می‌دهند. گرانش نقش اصلی را در جذب و ادغام این اجرام ایفا می‌کند. پیش‌سیارگان به تدریج بزرگتر می‌شوند و به سیارگان مختلف تبدیل می‌شوند. سیارگان در ناحیه‌های مختلف از دیسک پیش‌سیاره‌ای شکل می‌گیرند و بر این اساس می‌توان آنها را به سه دسته سیارگان خاکی، غول‌های گازی و سیارگان یخی تقسیم کرد.

سال نوری تقریباً معادل ۹۰۰۰ میلیارد کیلومتر است. کهکشان راه شیری با سرعت ۵۵۰ کیلومتر بر ثانیه نسبت به تابش زمینه کیهانی در حال حرکت است. راه شیری کهکشانی مارپیچی میله‌ای است. شکل کلی کهکشان‌های مارپیچی را می‌توان به یک دیسک یا قرص تشبیه کرد. بخش اصلی اجزای تشکیل دهنده کهکشان (ستاره‌ها، گاز و غبار) در قالب بازوهای مارپیچی در سطح تخت این دیسک قرار دارند. ستارگان کمتری نیز به صورت هاله‌ای اطراف دیسک را دربر گرفته‌اند. این ساختار مارپیچی تنها در صورتی قابل مشاهده است که بیننده‌ای در خارج کهکشان از روبه‌رو به آن نگاه کند. ما به عنوان بیننده‌ای که از داخل صفحه کهکشان به آن می‌نگریم، اجزای واقع در صفحه کهکشان را به صورت نوار دایره‌ای شکل متراکمی از ستارگان، دورتادور خود می‌بینیم. این همان راه شیری است که شب‌ها در آسمان می‌بینیم. علاوه بر نوار شیری رنگ مورد اشاره، تمام ستارگان دیگری نیز که با چشم غیرمسلح در آسمان می‌بینیم، متعلق به کهکشان راه شیری هستند و این نوار نورانی تنها نشانگر آن دسته از ستارگان راه شیری است که در راستای صفحه کهکشان قرار گرفته‌اند. بخش‌هایی از کهکشان راه شیری که تاریک به نظر می‌رسند، به علت وجود گاز

• **تشکیل سامانه خورشیدی:** سامانه خورشیدی ما حدود ۵ میلیارد سال پیش از یک سحابی بزرگ بین‌ستاره‌ای که عمدتاً از هیدروژن و هلیوم و مقادیر کمتری از عناصر سنگین‌تر تشکیل شده بود، پدید آمد. این سحابی می‌توانست توسط گرانش یک ابرنواختر مجاور تحریک شده باشد. به دلیل ناپایداری درون سحابی و بر اثر جاذبه گرانشی، این ابر گازی شروع به رُمبش به درون کرد. وقتی این فرآیند آغاز می‌شود، افزایش فشار و چگالی در مرکز سحابی منجر به رُمبش سریع‌تر گاز می‌شود و پدیده‌های متعددی به وقوع می‌پیوندد. رُمبش گرانشی ماده، باعث چرخش شدیدتر آن می‌شود. به دلیل چرخش بالا، مواد شروع به مسطح شدن کرده و دیسکی چرخان به نام دیسک پیش‌سیاره‌ای تشکیل می‌دهند. این دیسک عمدتاً از گاز و غبار تشکیل شده است. ماده در مرکز این دیسک به

به پراکندن گازها و غبارهای باقی‌مانده در دیسک پیش‌سیاره‌ای کردند. این امر باعث پاکسازی مناطق خالی از ماده باقی‌مانده و تثبیت مدارهای سیارگان گردید. پس از پاکسازی و تثبیت مدارها، سامانه خورشیدی به شکل امروزی خود تکامل یافت. خورشید در مرکز، سیارگان سنگی درونی، غول‌های گازی و سیارگان یخی خارجی به دور آن، جای گرفتند.

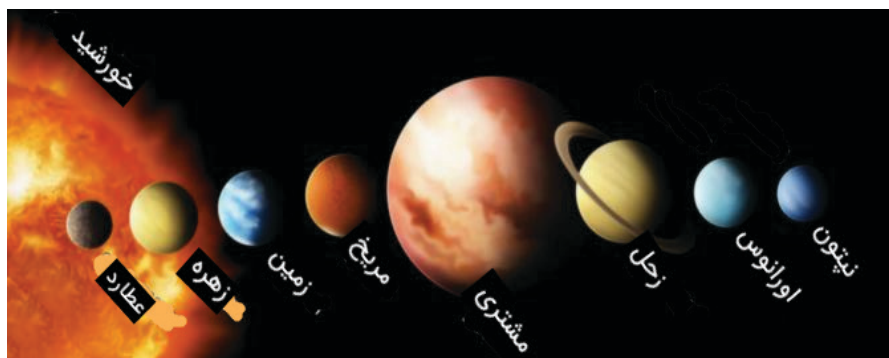
به طور خلاصه گرانش نه تنها عامل اصلی در رمبش^۱ اولیه سحابی و تشکیل دیسک پیش‌سیاره‌ای بود، بلکه نقش کلیدی در جذب و ادغام ذرات گاز و غبار، تشکیل سیاره‌نماها و پیش‌سیارگان، و پاکسازی باقی‌مانده‌ها داشت. گرانش نیروی پیش‌ران اصلی در تمام مراحل شکل‌گیری و تکامل سامانه خورشیدی بوده است. بدون گرانش، نه تنها سامانه خورشیدی بلکه هیچ‌یک از ساختارهای بزرگ‌مقیاس جهان نمی‌توانستند وجود داشته باشند. علاوه بر آن گرانش سیارگان سامانه خورشیدی به ویژه سیاره مشتری مانند سپر دفاعی برای زمین عمل می‌کنند و باعث می‌شوند شرایط برای پیدایش حیات و بقای جانداران روی زمین فراهم شود. در غیاب مشتری، زمین به وسیله شهاب سنگ‌ها و دنباله دارها سرگردان در فضا بمباران می‌شود و به احتمال زیاد محیطی امن برای پیدایش حیات نخواهد بود.

• **سیارگان خاکی:** مانند عطارد، زهره، زمین و مریخ در نزدیکی خورشید، جایی که دما بسیار بالا است و مواد سنگین می‌توانند متراکم شوند.

• **غول‌های گازی:** مانند مشتری و زحل، که دورتر از خورشید و در مناطقی با دمای پایین شکل می‌گیرند و قادر به جمع‌آوری بیشتر گازها و یخ‌های و شهاب سنگ‌های درون سامانه خورشیدی هستند. مشتری به تنهایی جرمی معادل ۲,۵ برابر جرم سیارگان سامانه خورشیدی دارد. نیروی گرانش سیاره مشتری بسیاری از شهاب سنگ‌ها و اجرام فضایی را که به سوی زمین می‌آیند، جذب می‌کند و از این لحاظ مانند یک سپر دفاعی برای سیاره زمین عمل می‌کند و شرایط پیدایش حیات و موجودات زنده را مهیا می‌سازد. اگر سیاره مشتری و گرانش قدرتمندش وجود نداشت، زمین آنقدر در معرض بمباران شهاب سنگ‌ها قرار می‌گرفت و شرایط آن ناپایدار می‌شد که امکان پیدایش حیات در آن منتفی می‌گشت.

• **سیارگان یخی:** مانند اورانوس و نپتون که حتی دورتر از خورشید قرار دارند و حاوی مقادیر زیادی یخ هستند.

با تشکیل سیارگان، بادهای خورشیدی ناشی از خورشید جوان شروع



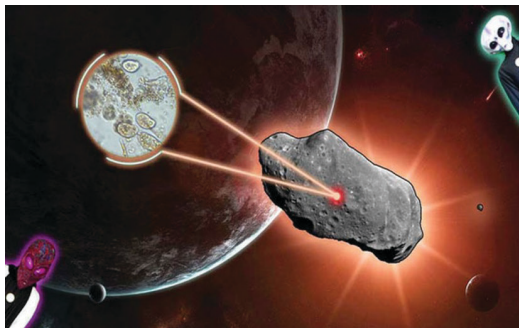
شکل ۲: سیارگان سامانه خورشیدی، مشتری به تنهایی جرمی معادل ۲,۵ برابر مجموع جرم سیارگان سامانه دارد و گرانش آن مانند یک سپر دفاعی برای زمین عمل می‌کند.

در فضای بین‌ستاره‌ای پراکنده شده، وارد ابرهای گازی و غباری می‌شوند که بعدها سیارگان و ستارگان جدیدی را تشکیل می‌دهند. وقتی که سحابی خورشیدی شروع به رمبش کرد، عناصر سنگین نیز در این سحابی حضور داشتند. این عناصر نقش مهمی در تشکیل سیارگان سنگی مانند زمین داشتند. تجمع این عناصر سنگین باعث به وجود آمدن هسته‌های فلزی در سیارگان خاکی شدند. حرارت کره زمین پس از تولد، به تدریج کاهش یافت و جو زمین به حد و نقطه‌ای بحرانی رسید که دیگر نتوانست بر تراکم خود بیافزاید و ابرها به جای ضخیم تر شدن، رطوبت خود را به صورت باران بر زمین سرازیر کردند. بارندگی‌ها تا میلیون‌ها سال ادامه یافت تا

پیدایش سیاره زمین: در مراحل اولیه جهان، بیشتر مواد شامل هیدروژن و هلیوم بودند. فرآیندهای هم‌جوشی هسته‌ای در هسته‌های ستارگان باعث شدند که هیدروژن به هلیوم تبدیل شود. در ستارگان عظیم‌تر، واکنش‌های هم‌جوشی ادامه یافت و عناصر سنگین‌تری مانند کربن، اکسیژن و آهن تشکیل شدند. این فرآیندها در هسته‌های ستارگان در اثر فشار و دمای بسیار بالا رخ می‌دهند. وقتی یک ستاره بزرگ به پایان عمرش می‌رسد، با یک انفجار عظیم به نام ابرنواختر^۲ از هم می‌پاشد. این انفجار باعث پخش شدن عناصر سنگین که در هسته ستاره تشکیل شده‌اند، به فضا می‌شود. عناصر سنگین، شامل آهن، نیکل، طلا و اورانیوم،

1. Collapse
2. Supernova

موجود در فضا حفظ کنند و به صورت سالم به زمین برسانند. این فرضیه، بعنوان یکی از نظریه‌های منشا حیات، تحت نام نظریه پان اسپرمیا شناخته می‌شود و در میان زیست‌شناسان طرفدارانی دارد. عامل اصلی که باعث حرکت دنباله دارها در فضا و جذب آنها توسط سیاره زمین می‌شود، نیروی گرانش است. برخی اخترشناسان معتقدند پذیرش پان اسپرمیا نه تنها معادله منشأ حیات را حل خواهد کرد، بلکه مسیر جستجوهای ما را برای یافتن موجودات زنده ی فرازمینی تغییر خواهد داد. فرایند تشکیل حیات بر روی زمین شاید بسیار پیش‌تر از ۳ تا ۴ میلیارد سال پیش آغاز شده باشد؛ چرا که وقتی هنوز زمین متولد نشده بود- اگر نظریه پان اسپرمی درست باشد- بذره‌ای زندگی سفر طولانی خود را به سمت این سیاره آغاز کرده بودند. بدین ترتیب کار تولید سلول‌های زنده و سازمان‌دهی ارگان‌های آن در جایی دیگر از کیهان اتفاق افتاده است و تحت تاثیر گرانش به زمین رسیده است. بر طبق فرضیه پان اسپرمیا حیات در تمامی نقاط جهان وجود دارد. این که در یک سیاره سامانه خورشیدی، تمدنی هوشمند مانند نوع بشر، تا این حد متعالی می‌شود، ناشی از صلاحیت زمین برای پذیرش بذره‌ای زندگی است. شاید سیارگانی دیگر بسیار دورتر از ما، این شایستگی را میلیون‌ها سال پیش از زمین کسب کرده‌اند. اگر نظریه پان اسپرمیا درست باشد، می‌توان گفت گرانش نیرویی است که بذر اولیه حیات را به سیاره زمین کشانده است.



شکل ۳: بر اساس فرضیه پان اسپرمیا، بذر اولیه حیات از سایر نقاط فضا و بوسیله شهاب سنگ‌ها به زمین منتقل شده است.

• **اخترزیست‌شناسی^۱:** آشکارسازی سیارگان فراخورشیدی در سال‌های اخیر به همراه شبیه‌سازی‌های دقیق برای پی بردن به منشا تشکیل سیارگان و رشد علم زیست‌شناسی و بیوفیزیک از نظر کنکاش فرایندهای تشکیل حیات، منجر به ظهور علم جدیدی به نام اخترزیست‌شناسی شده است. می‌توان گفت اخترزیست‌شناسی مطالعه حیات در کل جهان و جستجوی محیط‌های قابل سکونت در سامانه خورشیدی و سیارگان اطراف ستارگان دیگر است. اخترزیست‌شناسی تلفیقی از چندین حوزه‌ی علمی است که

سرانجام نواحی ژرف و عمیق زمین را پر کرد. موادی که به آسانی در آب حل می‌شوند، در آب دریاها حل و موجب تشکیل رسوبات آهکی گردیدند. بدین ترتیب به‌طور مداوم دی‌اکسید کربن از جو زمین به اقیانوس منتقل شد.

به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش عامل اصل فرایندهای پیچیده‌ای بوده است که به تشکیل سیاره زمین و پیدایش عناصر سنگین انجامید. از رُمِش سحابی خورشیدی و تشکیل دیسک پیش‌سیاره‌ای و ادغام پیش‌سیارگان و تشکیل سیارگان سامانه خورشیدی گرفته، تا تمایز لایه‌های زمین و پخش عناصر سنگین در فضای بین ستاره‌ای، گرانش نقشی اساسی و کلیدی داشته است. این عناصر سنگین که توسط فرایندهای نوکلئوسنتز در ستارگان و ابرنواخترها تولید شدند، برای حیات و ساختاری که امروزه می‌شناسیم ضروری‌اند.

۴- منشا فرازمینی حیات

برخی دانشمندان معتقدند که ممکن است حیات در نقطه دیگری خارج از سیاره زمین آغاز شده باشد و بعدها خود را از طریق شهاب سنگ‌ها یا دنباله دارها به زمین رسانده باشد. اگر این فرضیه درست باشد، نیروی گرانش در انتقال بذره‌ای حیات به سیاره زمین نقش مستقیم داشته است، زیرا که شهاب سنگ‌ها و دنباله دارها تحت تاثیر گرانش اجرام کیهانی در فضا حرکت می‌کنند و وقتی به نزدیکی زمین می‌رسند، گرانش زمین آنها را جذب می‌کند.

• **فرضیه پان اسپرمیا^۲:** زمانی که فیلسوف یونانی آناکساگوراس^۲ در قرن پنجم پیش از میلاد اعلام کرد که امکان دارد نطفه‌های حیات برای نخستین‌بار از فضا وارد سیاره زمین شده باشند، مورد توجه کسی قرار نگرفت؛ زیرا نظریه‌ی ارسطو، مبنی بر زایش خود به خودی جانداران، سایه‌ای سنگین بر جامعه‌ی علمی آن روزگاران افکنده بود. این باور پس از آناکساگوراس بیش از دو هزار سال راکد باقی ماند تا اینکه در سال ۱۷۴۳ میلادی، این ایده مجدد مطرح شد که موجودات زنده‌ی کوچک ممکن است نخستین‌بار از فضا بر پهنه ی اقیانوس‌های خالی از حیات زمین وارد شده باشند و بعد از طی مسیر تکامل، جانداران امروزی را به وجود آورده باشند. در سال ۱۸۶۴، لوئی پاستور^۳، دانشمند مشهور فرانسوی، با آزمایش‌های تاریخی خود نشان داد نظریه‌ی زایش خود به خودی خیالی بیش نیست. امروزه اخترشناسان با رصد ستارگان دوردست و تجزیه‌ی طیف نوری آن‌ها به شواهدی از امکان وجود مولکول‌های حیاتی در غبار پیش منظومه‌ای بدست آورده‌اند. آن‌ها عنوان کردند که دنباله‌دارها و شهاب‌سنگ‌هایی که از این غبارها به وجود می‌آیند، می‌توانند حامل ترکیبات آلی و هاگ باکتری‌ها باشند. این اجرام که از سنگ و یخ تشکیل شده‌اند، قادرند این مواد را از فشارهای

1. Panspermia
2. Anaxagoras

3. Louis Pasteur
4. Astrobiology

وجود دارد. این پدیده در طی میلیاردها سال، به شکلی چشم‌گیر در حال تکامل بوده است. با توجه به شواهد علمی و کشف‌های جدید، می‌توان گفت که حیات بر روی سیاره زمین بیش از $\frac{3}{8}$ میلیارد سال پیش شکل گرفته است. شرایط پیشینی برای پیدایش حیات، شامل ترکیبی از شرایط فیزیکی و شیمیایی بود که توانایی ایجاد و حفظ زندگی را داشت. برای پیدایش حیات، به دو شرط اساسی نیاز است: منبع انرژی و محیط پایدار برای حفظ زندگی. منبع انرژی اولیه برای پیدایش حیات، آفتاب بود که از آن برای تولید انرژی و تامین نیازهای زندگی استفاده می‌شد. در حالی که منابع انرژی دیگری مانند گرما، انرژی شیمیایی و رادیواکتیویته نیز برای حفظ زندگی مهم هستند، اما انرژی خورشیدی مهم‌ترین منبع انرژی برای زندگی در کره زمین است.

به طور مشابه، پایداری محیط نیز برای پیشرفت و حفظ حیات ضروری است. تعادل بین شرایط غیرمستقر و پایدار در محیط زیست، باعث شده است که حیات بتواند در محیط‌های مختلفی مانند دریا، خشکی و قطب‌ها برقرار بماند. این تعادل به دلیل تأثیرات متقابل بین موجودات زنده و محیط زیست به وجود آمده است. اگرچه گرانش به عنوان تنها نیروی موثر در فراهم آوردن شرایط لازم برای حیات روی زمین نیست، اما نقشی بسیار حیاتی و چندجانبه در این فرآیند ایفا کرده است. در زیر به برخی از نقش‌های کلیدی گرانش در فراهم کردن این شرایط اشاره می‌کنیم.

• **حفظ جو زمین:** زمین جاذبه‌ای کافی برای نگه داشتن لایه‌هایی گسترده از گازهای مختلف دارد. گرانش باعث نگه داشتن جو در اطراف زمین می‌شود. بدون گرانش زمین، جو به فضا فرار می‌کرد و شرایط حیات غیرممکن می‌شد. لایه‌ای از گازها که توسط گرانش نگه داشته می‌شوند، شامل اکسیژن، نیتروژن، و دی‌اکسید کربن است که برای فرآیندهای زیستی ضروری هستند. علاوه بر آن جو زمین، که شامل لایه اوزون است، توسط گرانش نگه داشته می‌شود و از سطح زمین در برابر تابش‌های مضر خورشید و اشعه‌های کیهانی محافظت می‌کند. این محافظت برای نگهداری و توسعه مولکول‌های آلی، پیدایش و بقاء حیات ضروری است.

• **حفظ آب‌های سطحی:** بیشتر آب‌های سطحی زمین، شامل دریاها، دریاچه‌ها و رودها نیز توسط گرانش زمین در محل خود نگه داشته می‌شود. بدون جاذبه زمین، آب به فضا پراکنده می‌شد و سطح زمین خشک و غیرحیات‌بخش می‌شد. آب نیز یکی از اساسی‌ترین نیازهای حیات است و برای واکنش‌های شیمیایی و زیستی ضروری است.

• **اثرات جزر و مدی:** تعامل گرانشی بین زمین و ماه باعث پدید آمدن جزر و مدهایی می‌شود که تأثیر بسیاری بر محیط‌های ساحلی و چرخه‌های زیستی دارند. جزر و مد‌ها باعث مخلوط کردن آب‌های سطحی و عمیق می‌شوند و تغذیه‌های موردنیاز دیگر

کاوش حیات برون‌زمینی و مطالعه درباره دیگر سیارگان سامانه خورشیدی و قمرهایشان از منظر زیست‌شناسی، وضعیت حیاتی فضا‌نوردان در شرایط خارج از زمین و نیز پی بردن به این که حیات روی زمین از کجا نشأت گرفته است را در بر می‌گیرد. این دانش به ما اجازه می‌دهد تا یافته‌های مربوط به اخترشناسی و زیست‌شناسی را در کنار هم بررسی کنیم. یک نمونه‌ی عالی از دستاوردهای اخترزیست‌شناسی را می‌توان در مأموریت‌های مریخ‌نوردان دانست که توانستند داده‌های بسیاری از شرایط محیطی حاکم بر مریخ نظیر ویژگی‌های جوی، شیمیایی، دما و سایر موارد جمع‌آوری و به زمین مخابره نمایند. ترکیب دو علم اخترشناسی و زیست‌شناسی منجر به پی بردن به این حقیقت شده است که برخی میکروب‌ها قطعاً می‌توانند در محیط سیاره مریخ بقا یابند، ولی با این حال هنوز موجود دارای حیاتی روی مریخ یافت نشده است. اخترزیست‌شناسی همچنین در پی یافتن مکان‌هایی است که حیات را در خود جای داده‌اند. برخی پرسش‌هایی که در اخترزیست‌شناسی مطرح می‌شوند عبارتند از: منشأ حیات در سیاره زمین چیست؟ چرا تاکنون موجود زنده‌ای در سایر سیارگان یافت نشده است؟ آیا حیات پیش‌تر در سیارگان دیگر نابود شده است؟ آیا ما تنها موجودات زنده در این گیتی پهناور هستیم؟

به طور خلاصه می‌توان گفت فرستادن کاوشگرهای فضایی به سایر سیارگان سامانه خورشیدی به منظور پی بردن به ترکیب شیمیایی موجود در آنها و بررسی شرایط وجود حیات، استفاده از تلسکوپ‌های پیشرفته فضایی مانند تلسکوپ جیمز وب برای رصد سیارگان فراخورشیدی و پی بردن به ساختار و مواد تشکیل دهنده آنها همگی با دخالت و کمک نیروی گرانش امکان پذیر است. یکی از مأموریت‌های اصلی تلسکوپ فضایی جیمز وب جستجوی نشانه‌های حیات در سایر سیارگان است. این تلسکوپ در فاصله ۱٫۵ میلیون کیلومتری زمین و تحت تأثیر نیروی گرانش خورشید و زمین در مدار خود مستقر است. اشیاء در این فاصله می‌توانند هماهنگ با زمین، تحت تأثیر نیروی گرانش خورشید، به دور آن بچرخند. این امر اجازه می‌دهد که تلسکوپ در یک فاصله تقریباً ثابت از زمین باقی بماند. برای محافظت تلسکوپ از گرما و نور خورشید از یک سپر خورشیدی استفاده می‌شود. این باعث می‌شود که دمای فضایی زیر ۲۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد نگه داشته شود که برای رصد امواج مادون‌قرمز مورد نیاز است. در همه این اکتشافات فضایی تأثیر نیروی گرانش آشکار است. بدون این نیرو نه کاوشگرهای فضایی می‌توانستند به نقاط دور دست سامانه خورشیدی بروند و نه تلسکوپ‌های فضایی مانند جیمز وب می‌توانستند در مکان خود مستقر شوند.

۵- نقش گرانش در پیدایش حیات روی زمین

زندگی، یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌هایی است که در جهان طبیعی

جریان‌ها نه تنها به تأمین آب و مواد غذایی کمک می‌کنند بلکه به تنظیم دما و تعادل اکوسیستم نیز کمک می‌کنند.

• **فتوستتز:** گرایش زمین به حفظ جو و توزیع مناسب گازها کمک می‌کند. این جو باعث می‌شود که نور خورشید به سطوح مختلف زمین برسد. این فرآیند برای فتوستتز، که اساس تولید انرژی برای بسیاری از گونه‌های حیات روی زمین است، ضروری است.

• **ژئوشیمی و ژئوفیزیک:** گرایش زمین باعث ایجاد فشار و دمای بالا در لایه‌های داخلی زمین می‌شود. این شرایط می‌تواند واکنش‌های شیمیایی پیچیده‌تری را تسهیل کند که به تشکیل مولکول‌های آلی پیچیده منجر می‌شود. گرایش نقش مهمی در تفکیک و توزیع مواد معدنی در زمین دارد. مواد معدنی می‌توانند به عنوان کاتالیزور در واکنش‌های شیمیایی عمل کنند و به تشکیل مولکول‌های آلی کمک می‌کنند. واکنش‌های رادیواکتیو در هسته زمین تحت تأثیر گرایش باعث تولید گرمای پایدار در طول زمان می‌شود که می‌تواند به فرآیندهای شیمیایی اولیه کمک کند. انرژی گرمایی داخلی زمین می‌تواند منبع انرژی برای واکنش‌های شیمیایی اولیه باشد که به تشکیل مولکول‌های پیچیده‌تر و ظهور حیات اولیه کمک می‌کند. گرایش به نگهداری و پایداری پوسته‌های زمین کمک کرده که به نوبه خود باعث حفظ میدان مغناطیسی زمین می‌شود. میدان مغناطیسی از سطح زمین در برابر تابش‌های مضر کیهانی محافظت می‌کند، که نقش مهمی در حفظ شرایط مناسب برای تشکیل حیات دارد.

خلاصه اینکه گرایش به عنوان یکی از نیروهای بنیادی جهان، نقش بسیار مهمی در فراهم آوردن شرایط لازم برای حیات روی زمین ایفا کرده است. از حفظ جو و آب‌های سطحی گرفته تا ایجاد و تثبیت فصول و تأمین منابع معدنی، گرایش به کلیه فرآیندهای زیستی و محیط‌زیستی که برای حیات ضروری هستند، کمک کرده است. بدون نیروی گرایش، این شرایط به احتمال زیاد هرگز فراهم نمی‌شد و حیات به شکل کنونی آن نمی‌توانست پا به عرصه وجود بگذارد.

۶- نقش گرایش در فرگشت موجودات زنده

گرایش نقش بسیار مهمی در فرگشت موجودات زنده روی کره زمین ایفا کرده است. این نقش‌ها شامل تأثیرات فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی^۱ و رفتاری بر موجودات زنده است. در اینجا به برخی از نقش‌های اصلی گرایش در فرگشت موجودات زنده می‌پردازیم:

• **توسعه ساختارهای بدنی و ریخت‌شناسی:** گرایش فشار مکانیکی مداومی بر موجودات زنده اعمال می‌کند که موجب توسعه و تقویت سیستم‌های اسکلت‌بندی و استخوانی شده است. مثلاً،

بخش‌های اکوسیستم‌های دریایی را فراهم می‌آورند. همچنین جزر و مد‌ها به شکل‌گیری محیط‌های بین جزر و مدی کمک می‌کنند که ممکن است مکان‌های مناسبی برای تشکیل مولکول‌های آلی و واکنش‌های شیمیایی اولیه باشند.

• **پایداری اقلیمی:** گردش زمین به دور محور خودش و همچنین گردش زمین به دور خورشید در اثر نیروی گرایش خورشید، باعث پیدایش فصول و تغییرات دما می‌شوند. این تغییرات فصلی برای بسیاری از فرآیندهای زیستی و الگوهای زندگی حیاتی هستند. همچنین گرایش ماه و خورشید به حفظ زاویه انحراف محور زمین کمک می‌کند، که به نوبه خود تأثیر بسزایی در اقلیم و فصول دارد. بدون انحراف زاویه چرخش زمین و شرایط فصلی که توسط این زاویه به وجود می‌آید، حیات به شکل کنونی غیرممکن می‌شد.

• **تأمین مواد غذایی و مواد معدنی:** گرایش نقش عمده‌ای در تشکیل و تأمین مواد معدنی و غذایی برای حیات دارد. حرکت آب در چرخه هیدرولوژیک، که شامل تبخیر، تراکم، بارش، جریان رودخانه‌ها و جریان‌های زیرزمینی است، توسط گرایش تسهیل می‌شود. این چرخه‌ها امکان توزیع آب تازه در سطح زمین را فراهم می‌کنند و منابع آبی و معدنی را در دسترس موجودات زنده قرار می‌دهند و به حفظ اکوسیستم‌ها کمک می‌کنند. جریان رودخانه‌ها از ارتفاعات و کوهستان‌ها به سمت دشت‌ها و دریاها به وسیله نیروی گرایش و به دلیل اختلاف انرژی پتانسیل گرانشی بین نقاط پست و نقاط مرتفع فراهم می‌شود. همچنین رودخانه عناصر گوناگون مورد نیاز برای فرگشت جانداران را از کوهستان به دشت‌ها، جنگل‌ها و دریاها منتقل می‌کند و از این حیث نقش اساسی در گونه‌زایی و پیدایش گونه‌های مختلف دارد. حیات از موجودات تک سلولی شروع شده است که از نظر سازمانی پیچیدگی کمتری در ساختار بدن آنها- به عنوان یک موجود زنده مستقل- وجود دارد. فعل و انفعالات در موجودات پیچیده‌تر مستلزم وجود عناصر گوناگون در ساختار اندام‌های آنهاست. بررسی‌ها نشان می‌دهند که بیش از ۹۳ درصد عناصر تشکیل دهنده بدن انسان از خاکستر برجای مانده از انفجار ستارگان تشکیل شده است. به عنوان نمونه انتقال پیام‌های عصبی در موجودات عالی مانند انسان شامل یک سلسله پیچیده از فرآیندهای الکتروشیمیایی است که از ترکیب‌های شیمیایی متعدد و یون‌های مختلف استفاده می‌کند. یون‌های سدیم، پتاسیم، کلسیم، کلر، انتقال‌دهنده‌های عصبی، کانال‌های یونی و آنزیم‌ها همه نقش‌های حیاتی در این فرآیند ایفا می‌کنند. بدون وجود این عناصر در بدن امکان تشکیل ساختار پیچیده عصبی و انتقال پیام وجود ندارد. بنابراین جریان آب رودخانه‌ها و دریاها، که توسط گرایش ایجاد می‌شوند، نقش کلیدی در فراهم نمودن عناصر مورد نیاز برای پیدایش موجودات با ساختارهای مختلف را داشته است. این

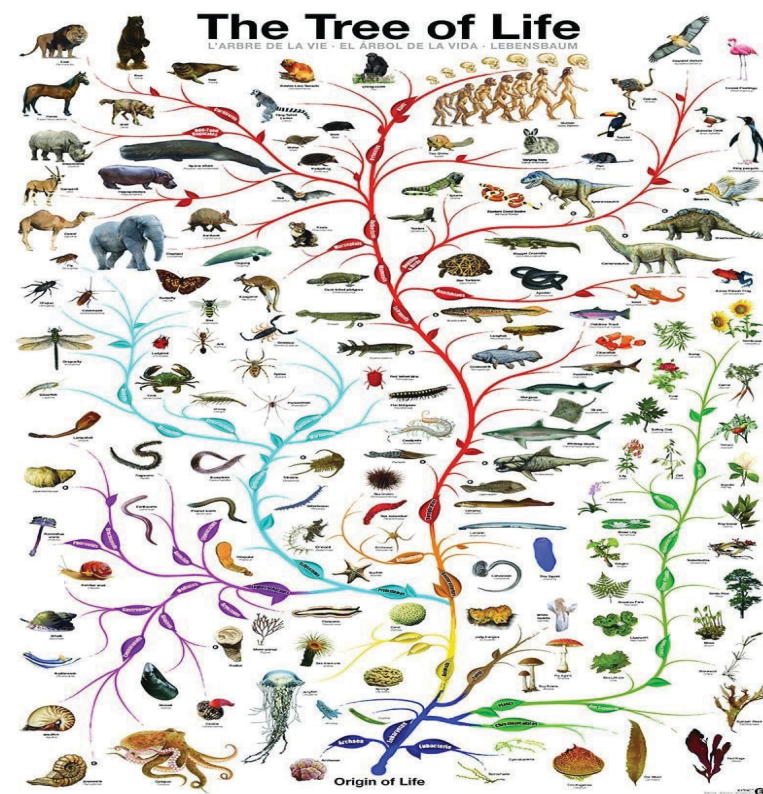
که کارایی تنفس در برابر نیروی گرانش حفظ شود.

• **رفتارها و راهبردهای بقا:** موجودات زنده راهبردهای مختلفی برای سازگاری با نیروی گرانش زمین و جابجایی در اطراف زمین اتخاذ نموده اند. از ماهی‌های شناگر در آب گرفته تا پرندگان و حشرات پرنده، هر کدام سازوکارهای خاصی برای مقابله با گرانش دارند. نحوه جستجوی غذا و منابع غذایی نیز تحت تأثیر گرانش قرار دارد. برای مثال، حیوانات چراگر برای چرا باید به طور مداوم سر خود را به سمت پایین نگه دارند، در حالی که جانوران شکارچی ممکن است نیاز داشته باشند برای تعقیب شکار به سرعت بدوند. علاوه بر آن، گرانش تعیین کننده نوع زیست بوم‌ها نیز بوده است. گونه‌هایی که از محیط‌های آبی به محیط‌های خشکی مهاجرت کرده‌اند، مجبور به تطابق با شرایط جدیدی از جمله نیروی گرانش بیشتر بوده‌اند. این تطابق شامل تغییرات فیزیولوژیکی، ریخت شناسی و رفتاری بوده که در نهایت منجر به پیدایش گونه‌های جدید و ایجاد تنوع زیستی بزرگتری شده است.

به طور خلاصه، گرانش به عنوان یک عامل محیطی ثابت، تأثیرات گسترده و چند بعدی بر فرگشت موجودات زنده روی کره زمین داشته است. این نیرو باعث تغییرات در ساختارها، رفتارها و حتی راهبردهای بقا شده است و نقش کلیدی در شکل‌گیری تنوع زیستی بازی کرده است.

موجوداتی که بیشتر زمان عمر خود را بر روی خشکی می‌گذرانند، دارای استخوان‌های قوی‌تر و محکم‌تری هستند. موجوداتی که در آب زندگی می‌کنند، به دلیل نیروی شناوری (آرشمیدس)، نیروی گرانشی کمتری را تحمل می‌کنند و به همین دلیل می‌توانند بدن‌ها و استخوان‌های نرم‌تری داشته باشند. نیروی شناوری به موجودات دریا کمک می‌کند که به طور مؤثرتری در آب حرکت کنند و انرژی کمتری برای مقابله با گرانش مصرف کنند. همچنین تلاش برای کاهش وزن بدن و تقویت شناوری ممکن است منجر به ایجاد ساختارهای بدن خاصی مانند کیسه‌های گازی در ماهی‌ها شود که به آنها کمک می‌کند وزن خود را تنظیم کنند و در عمق‌های مختلف آب به راحتی حرکت کنند. به علاوه گرانش به طور مستقیم بر اندازه و شکل بدن موجودات تأثیر می‌گذارد. برای مثال، جانوران بزرگ‌تر نیاز به استخوان‌ها و عضلات قوی‌تری دارند تا بتوانند وزن خود را حمل کنند.

• **توسعه سیستم‌های فیزیولوژیکی:** سیستم گردش خون باید به گونه‌ای کار کند که خون را به سمت بالا و در برابر نیروی گرانش پمپاژ کند. این موضوع به ویژه در موجودات بلندتر مانند درختان بلند (برای جریان شیره‌های گیاهی) یا حیواناتی مانند زرافه‌ها که باید خون را به ارتفاعات زیادی پمپاژ کنند، اهمیت پیدا می‌کند. سیستم تنفسی نیز تحت تأثیر گرانش قرار دارد. برای مثال، حجم و شکل ریه‌ها و مجاری تنفسی باید به گونه‌ای باشد



شکل ۴: بر اساس فرضیه پان اسپرمیا، بذر اولیه حیات از سایر نقاط فضا و بوسیله شهاب سنگ ها به زمین منتقل شده است.

۷- نقش گرایش در فرگشت انسان

گرایش نه تنها در پیدایش حیات و فرگشت موجودات زنده نقش داشته است، بلکه در پیدایش گونه انسان روی سیاره زمین و سازگار نمودن وی با محیط طبیعی به منظور طی مسیر تکامل اندام‌های پیچیده و فراهم نمودن شرایط بقای این گونه نقش داشته است. در زیر به برخی کارکردهای نیروی گرایش در فرگشت گونه انسان اشاره می‌کنیم.

• **نقش گرایش در تکامل فیزیولوژیکی انسان:** گرایش نیرویی است که باعث می‌شود استخوان‌ها و ماهیچه‌ها برای مقابله با آن تقویت شوند. پیدایش استخوان‌های قوی‌تر و ماهیچه‌های کنترل‌کننده نیازمند مقابله با نیروی گرایش بوده است، و این یکی از دلایل اصلی توسعه ستون فقرات و عضلات محکم در انسان است. به علاوه یکی از تغییرات بزرگ در تکامل انسان، راه رفتن روی دو پا بوده است. ایستادن و راه رفتن روی دو پا نیازمند تعادل و تغییرات ساختاری وسیعی در اسکلتی و عضلانی بوده است. این تغییرات شامل تعدیل مفاصل، تقویت استخوان‌های پا و تغییرات در ساختار لگن بوده‌اند. دپا شدن همچنین باعث آزاد شدن دست‌ها و امکان استفاده از ابزار شد، که به نوبه خود باعث تکامل بیشتر مغز شده است. مغز بزرگ‌تر به فرآیندهای پیچیده‌تری مانند تفکر، حل مسئله و پیچیدگی‌های اجتماعی منجر شده است. نیروی گرایش بر سیستم گردش خون تأثیر می‌گذارد. بدن انسان سیستم‌های مختلفی مانند پمپاژ قوی قلب و دریچه‌های وریدی را توسعه داده است تا خون را به مؤثرترین شکل ممکن به سراسر بدن برساند. وزن سر و مغز باعث شده است که ساختار جمجمه و گردن برای تحمل این وزن به شکلی بهینه تکامل یابد. ساختار استخوانی جمجمه باید مقاوم باشد تا بتواند مغز را که بخش حساسی از بدن است، محافظت کند. توانایی جابجایی بر روی دو پا و مقاومت در برابر نیروی گرایش به انسان‌ها امکان مهاجرت و کشف مناطق جدید را داده است. این مهاجرت‌ها باعث تنوع ژنتیکی و سازگاری با محیط‌های گوناگون شده‌اند.

• **گرایش و هضم غذا:** گرایش نقش مهمی در فرآیند هضم غذا ایفا می‌کند. گرچه سیستم گوارشی انسان به طور عمده به توانایی‌های عضلانی و آنزیمی برای هضم و جذب غذا وابسته است، گرایش نیز اثرات خود را دارد. در اینجا به برخی از نقش‌های گرایش در هضم غذا اشاره می‌شود: گرایش به طور مستقیم در جابجایی و حرکت غذا در سیستم گوارشی تأثیر گذار است. در هنگام بلع، غذا از دهان وارد مری می‌شود و گرایش به همراه انقباضات موجی شکل عضلانی به حرکت آن به سمت معده کمک می‌کند. گرایش همچنین به تخلیه تدریجی معده کمک می‌کند. وقتی غذا وارد معده می‌شود، ترکیب آن با آنزیم‌ها و اسید معده آغاز می‌شود. با کمک گرایش، محتویات معده به سمت روده کوچک

هدایت می‌شوند. این فرایند، که به تخلیه معده معروف است، به طور جزئی تحت تأثیر نیروی گرایش قرار دارد. در روده کوچک، که محل اصلی جذب مواد مغذی است، گرایش به حرکت غذا و محتویات مایع به سمت جلو کمک می‌کند. این باعث می‌شود تا غذا به دیواره‌های دستگاه گوارش برخورد کرده و جذب مواد مغذی بهینه‌تر انجام شود. گرایش همچنین در حرکت فضولات به پایین‌تر بخش‌های روده بزرگ و در نهایت به راست‌رونده و مقعد برای حذف از بدن تأثیرگذار است. خروج مدفوع از بدن (دفع) با کمک گرایش و انقباضات عضلانی انجام می‌شود. به طور کلی، گرچه سیستم گوارشی انسان می‌تواند در غیاب گرایش نیز به کار خود ادامه دهد (به عنوان مثال، شرایط بی‌وزنی در فضا)، وجود گرایش این فرآیندها را تسهیل و بهبود می‌بخشد.

• **اثرات زیست محیطی گرایش:** انتخاب زیستگاه‌ها و مهاجرت‌های انسان‌ها تا حد زیادی تحت تأثیر عوارض طبیعی زمین و گرایش بوده است. انتخاب مکان‌های نزدیک به منابع آب و غذا، و همچنین استفاده از ارتفاعات برای مواقع دفاعی، همگی تحت تأثیر گرایش قرار داشته‌اند. انسان‌های اولیه با استفاده از ابزارها، شکار و کارهای بدنی بر علیه نیروی گرایش کار می‌کردند، که این عوامل محیطی به توسعه توانایی‌های فیزیکی و ذهنی و تکامل انسان کمک کرده است. این عوامل همگی به شکل‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیکی و تکامل انسان کمک کرده‌اند و نشان می‌دهند که گرایش نقش مهم و چند بعدی در زندگی و تکامل انسان داشته است.

۸- خلاصه و نتیجه گیری

نیروی گرایش نقشی کلیدی، در تمام سلسله مراتب و مراحل تکوین کیهان، از تشکیل ساختارهای کیهانی، تا تشکیل کهکشان‌ها از جمله کهکشان راه شیری، تشکیل سامانه خورشیدی و شکل‌گیری منزلگاه ما یعنی سیاره زمین داشته است. گردش ماه به دور زمین، گردش زمین به دور خورشید، تثبیت زاویه انحراف محور چرخش زمین به دور خودش که موجب پیدایش شب و روز و فصل‌ها می‌شود، نتیجه عملکرد نیروی گرایش است. بدون پیدایش فصل‌ها امکان شکل‌گیری حیات به شکل کنونی آن روی زمین منتفی می‌شد. نگهداری جو در اطراف زمین، حفظ آب دریاها و دریاچه‌ها بر روی سطح زمین، بارش برف و باران، جاری شدن نهرها، رودخانه‌ها و چشمه‌سارها بر روی زمین که جملگی پیش‌نیاز ظهور حیات، تنوع اقلیمی و گونه‌زایی می‌باشند، تحت تأثیر نیروی گرایش است. همین‌طور تشکیل عناصر سنگین در مرکز ستارگان غول پیکر، وابسته به نیروی گرایش است. این ستارگان غول پیکر بعد از انفجار، عناصر سنگین را در فضا منتشر کرده‌اند و از آنجا به وسیله نیروی گرایش جذب سیاره زمین شده و در طی میلیون‌ها سال وارد چرخه حیات و بدن موجودات زنده شده است. امروزه ثابت

شده است که بیش از ۹۳ درصد عناصر موجود در بدن ما از خاکستر برجای مانده از ستارگان تشکیل شده است. گرانش همچنین برای بارش برف و باران و به جریان انداختن چرخه آب روی کره زمین بسیار اهمیت دارد. همه این عوامل در کنار همدیگر منجر به ظهور حیات روی سیاره زمین، فرگشت موجودات زنده و پیدایش گونه انسان شده است. به طور خلاصه می‌توان گفت گرانش از

طریق تأثیرات چندانگانه‌اش بر محیط زیستی، فیزیولوژیکی، از نگه داشتن جو و آب‌های سطحی گرفته تا افزایش فشار برای سازگاری‌های فیزیولوژیکی، به شکل‌گیری ویژگی‌های منحصر به فرد انسان کنونی کمک کرده است. بدون نیروی گرانش، فرگشت انسان به شکل کنونی خود امکان‌پذیر نمی‌بود.