

بِنَامِ خَدَا

# از مهبانگ تا انسان

احمد مصدر

چند سال پیش یک سری مقالات به نام " تاریخ علمی جهان " در برخی سایتها منتشر کردم که با استقبال خوبی از سوی خواننده ها مواجه شد. البته این سریال به پایان نرسیده بود که به پیشنهاد یکی از دوستان تصمیم گرفتم که این مقالات پراکنده را گردآوری، ویرایش و به پایان برسانم. ابتدا قصد داشتم نسخه دیجیتالی آن را در فضای مجازی منتشر کنم، اما به پیشنهاد همان دوست قرار شد که به صورت کتاب چاپ شود. متاسفانه نسخه ارسالی به وزارت ارشاد با برخی اشکالات از سوی ایشان مواجه شد. در نهایت با تمام اصلاحات و رفت و برگشت هایی که انجام شد و یک سال به درازا کشید، مشکل مربوطه حل نشد. سرانجام به تصمیم اول خود مبنی بر انتشار دیجیتالی آن بازگشتم. حداقل فواید نسخه دیجیتالی ، رنگی بودن عکس های کتاب است که رضایت بیشتری را برای خواننده به همراه خواهد داشت. در ضمن دسترسی به آن نیز راحت تر خواهد بود.

در پایان از تمام دوستانی که این کتاب را دانلود کرده و از خواندن آن رضایت داشتند، خواهشمندم در صورت تمایل مبلغ ۴۰۰۰ تومان به این شماره کارت به حساب مولف واریز نمایند : ۵۰۲۲ - ۳۰۳۰ - ۸۶۱۰ - ۶۲۱۹

البته این مبلغ قطعاً صرف خیریه مخصوصی خواهد شد، اما بیشتر از آن خیلی کنجدگاوی که بدانم آیا هنوز موجی از فرهنگ احترام به حقوق مولف در این جامعه باقی مانده است یا خیر!

در ضمن اینجانب ادمین کanal علمی و آموزشی emrozeman در تلگرام هستم. در صورت تمایل می توانید با تایپ @emrozeman و لمس آن عضو این کanal شوید.

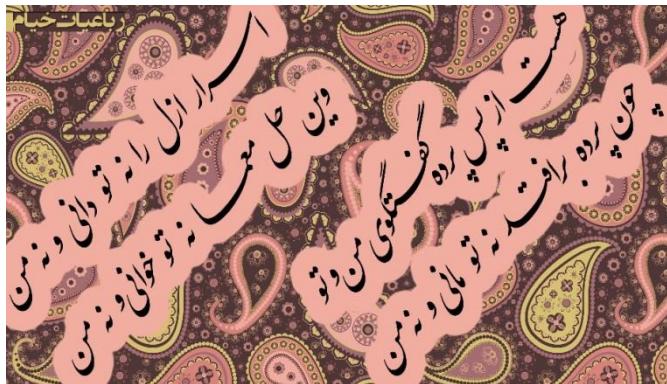


## فهرست

۵	پیشگفتار
۹	فصل ۱ / مهیانگ
۲۳	فصل ۲ / تولد جهان
۳۳	فصل ۳ / تولد ستاره‌ها
۴۷	فصل ۴ / تولد زمین
۶۵	فصل ۵ / حیات و فرگشت
۸۱	فصل ۶ / تکامل گیاهان
۹۳	فصل ۷ / تکامل گل‌ها و علف‌ها
۱۰۳	فصل ۸ / تکامل جانوران
۱۱۷	فصل ۹ / پیدایش انسان
۱۲۹	فصل ۱۰ / انسان مهاجر
۱۴۵	فصل ۱۱ / انسان متmodern

## پیشگفتار

یکی از بزرگترین پرسش‌های هر انسان کنجکاوی در طول تمدن، این بوده که جهان و خود انسان از کجا آمده است. این پرسش عمیق ابتدا با پاسخ‌های افسانه‌ای مواجه شد و طولی نکشید که به حوزه فلسفه رسوخ کرد. اما چه کسی باور می‌کرد که علم بخواهد



با روش‌های سخت  
گیرانه خود، برای  
پاسخگویی به این  
پرسش‌های بسیار  
عمیق اعلام آمادگی  
کند! در هر حال علم

وارد این قلمرو نیز شد و در سال‌های اخیر دانشمندان زیادی در رشته‌های مختلف، پرده از رازهای زیادی برداشته‌اند و معماهای زیادی نیز برای نسل آینده باقی گذاشته‌اند.



در این کتاب سعی کرده‌ام تاریخچه‌ای از بدو تولد جهان تا پیدایش انسان را با زبانی نسبتاً ساده به خواننده‌های علاقمند عرضه کنم. با توجه به گوناگونی مطالب، ادعایی بر حرفه‌ای بودن کار نیست، اما بدون شک تلاش زیادی صورت گرفته است که دچار اشتباها سطحی نشود. طبعاً نوشه‌های این کتاب کاربرد مستقیمی در زندگی حرفه‌ای بسیاری از ما ندارد. هدف اصلی من، علاقمند کردن عموم به علم و تقویت فرهنگ علمی است که اثرات بزرگ و مفیدی برای اعلای یک اجتماع در تمامی زمینه‌ها دارد.

با مطالعه این کتاب ممکن است پرسش‌های بسیاری برای افراد کنجدکاو بدون پاسخ بماند، لذا سعی کرده‌ام از رفرنس‌های قابل دسترس استفاده کنم تا خواننده برای تکمیل اطلاعات خود به آنها رجوع کند. اگرچه برحی از این رفرنس‌ها همچون ویکی پدیا برای کار حرفه‌ای چندان مناسب نیستند؛ اما برای هدفی که من دنبال می‌کنم، کاملاً مفید واقع می‌شوند. در آخرین تحقیقاتی که صورت گرفته است، درصد اشتباها ویکی پدیا با بریتانیکا برابری کرده است و تنها در اشتباها جزیی از بریتانیکا برتری دارد! طبق تجربه خودم در ویکی پدیای انگلیسی درصد کمی اشتباه به چشم می‌خورد، اما در این کتاب حتی سعی شده است که از رفرنس‌های درج شده در ویکی پدیا نیز به منظور حذف این اشتباها استفاده شود.



با این وجود، هم اکنون که من در حال اتمام این تاریخچه هستم، دانشمندان در حال مشاهدات، کشفیات و ارائه نظریات جدید می‌باشند.

پیشگفتار / ۷

بنابراین، همیشه این احتمال وجود دارد که برخی فرضیه‌ها و نظریات ارائه شده در کتاب‌ها مورد تردید قرار گرفته و حتی مردود شوند. برای افراد کنجدکاوی که اطلاعات خود را به روز می‌کنند، این موضوع به خوبی قابل درک است. در علم اصل مهم، داشتن انعطاف برای پذیرش نظرات جدیدتر و مستحکم‌تر است. با داشتن چنین روحیه‌ای، اشتباه معنا ندارد، بلکه رشد و بهبود جای آن را می‌گیرد. با این اوصاف از تمامی خواننده‌های عزیز خواهشمندم هرگونه پیشنهاد یا انتقادی دارند، به آدرس ایمیل زیر برای من ارسال نمایند تا اگر چاپ دومی صورت گرفت، بتوانم از آنها استفاده لازم را ببرم.

ahmad.masdar@gmail.com





## فصل اول

### مهبانگ

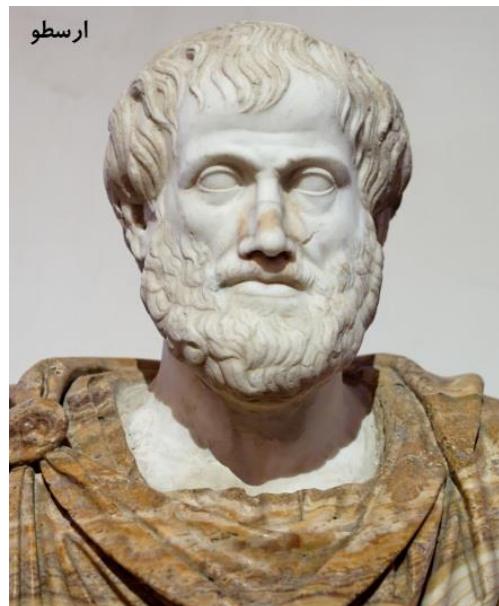
همه چیز با یک انفجار آغاز شد! ...



این یکی از جنجالبرانگیزترین نظریه‌های علمی است که برخلاف نظریه داروین، عموم مردم آشنایی چندانی با آن ندارند! در این سری از نوشه‌ها، سعی می‌شود خلاصه‌ای از بدرو تولد جهان تا به امروز مكتوب شود. به همین خاطر چراهای زیادی برای افراد کنجکاو، بی‌پاسخ می‌ماند! البته افراد کنجکاو در پی این چراها هستند و اگر هم چندان کنجکاو نباشند، همین مختصر نوشه‌ها برای آنها کافی است.



از زمانی که مغز و ذهن بشر به اندازه‌ای رشد کرد که بتواند به سرآغازها و پایان‌ها بیندیشد، چند پرسش عمیق و اساسی همیشه همراه وی بود: هستی چگونه آغاز شد؟ خالق جهان کیست؟ چه کسی انسان را آفریده است؟ سرنوشت آدمی پس از مرگ چگونه رقم خواهد خورد؟ این پرسش‌ها به اندازه‌ای مهم و حتی آزاردهنده بوده است که در طول تاریخ با پاسخ‌های افسانه‌ای روبرو شده است و طبعاً این پاسخ‌های داستان‌گونه توانسته بسیاری را قانع و راضی نماید! فیلسوفان نیز مدت‌های زیادی به این پرسش‌ها فکر کردند و به شکلی فلسفی دستاوردهایی را ارائه دادند که باز هم مبهم بوده و ذهن خستگی‌ناپذیر دانشمندان را راضی نمی‌کرد. امروزه علم به این قلمرو نیز نفوذ کرده و با شیوه مخصوص به خودش که آمیخته‌ای از تلاش و تحقیق و تحلیل و مشاهده است، سعی کرده به پرسش‌های باستانی ذهن آدمی پاسخ دهد. البته هدف علم، یافتن یک پاسخ سریع نیست؛ بلکه واقعیت مهم است.



ارسطو

### مرکز عالم:

یکی از دوره‌های استثنایی شکوفایی اندیشه بشری، مربوط به عصر یونان باستان است. اندیشمندان بزرگی همچون اقلیدس، ارشمیدس، دموکریتوس، زنون، بقراط، سقراط، افلاطون و در رأس آن‌ها ارسطو در این برمه زمانی ظهرور کردند. سوفسٹاییان به زیرکی فهمیده بودند که فن سخنوری تعیین کننده واقعیت

است! ارسطو برای مقابله با این گروه، اولین بنیانگذار منطق شد! به زحمت می‌توان

شاخه‌ای از علم را پیدا کرد که ارسطو به آن سرک نکشیده باشد! در ارتباط با بحث ما، ایشان برخلاف بعضی از فیلسفان هم‌عصر خویش، زمین را مرکز عالم قرار داد. حتی امروزه نیز چشم‌های ما به خوبی این موضوع را تأیید می‌کنند! همه چیز از ماه و خورشید گرفته تا ستاره‌ها به دور زمین می‌چرخد!

چند قرن بعد بطلمیوس این فرضیه را با هندسه درآمیخت و آن را علمی کرد. این دانشمند تمامی مشاهدات چشمی را به ویژه در مورد سیارات جمع‌آوری نمود و مسیرها را رسم کرد (حتیماً به دشواری این کار با چشم غیرمسلح پی برده‌اید)! اگرچه مدار



سیارات شناخته شده در نظام وی علاوه بر چرخش به دور زمین، حرکت مستدیری (مسیر حلقوی علاوه بر حرکت دایره‌ای) نیز داشتند و این باعث پیچیدگی و زشتی هندسه آن می‌شد، با این حال این نظام قابلیت پیش‌بینی نسبتاً خوبی داشت! در آینده پاپ‌های مسیحی به شدت به مرکزیت زمین در عالم چسبیدند و آن را بخشی از کتاب

قدس جلوه می‌دادند! اکنون هم چشم‌ها آن را تأیید می‌کردند و هم یک پوشش علمی برای آن وجود داشت!

جیورданی برونو با نظام زمین مرکز مخالفت داشت و این عقیده همراه با دیگر باورهای وی که در تضاد با کلیسا بود، به قیمت جانش تمام شد! کپنیک که اتفاقاً خود یک کشیش لهستانی بود، مشاهدات بیشتری را گردآوری نمود و با قراردادن خورشید در مرکز، بسیاری از پیچیدگی‌ها و زشتی‌های هندسه بطلمیوس را رفع نمود (البته چون مدار

سیارات به دور خورشید، دایره در نظر گرفته شده بود، هنوز چند حرکت مستدیر باقی مانده بود). نظام وی پیش‌بینی‌های دقیق‌تری نیز فراهم می‌آورد، با این حال وسوس کپرنيک در جمع‌آوری مدارک بیشتر و نیز خطر در افتادن با کلیسا باعث شد وی کتاب ارزشمندش را تا رسیدن به آخرین سال عمر خود منتشر نکند!

در همین جا گفتن یکی از موضوعات مهم فلسفه‌ی علم، خالی از لطف نیست! اگرچه نظام کپرنيک تا حدودی پیش‌بینی‌های دقیق‌تری ارائه می‌دهد، اما فرض کنیم از این لحاظ تفاوتی با نظام بطلمیوس ندارد. پس چرا باید نظام کپرنيک را پذیرفت؟! جواب آن سادگی نظریه است! اگر دو نظریه علمی قابلیت‌های یکسانی داشته باشند، آن که ساده‌تر است، می‌ماند! به همین راحتی! بحث اینکه خورشید بزرگ‌تر و محترم‌تر است یا کتاب مقدس زمین را مرکز جهان می‌داند، هیچ‌کدام علمی نیست!

### کپلر



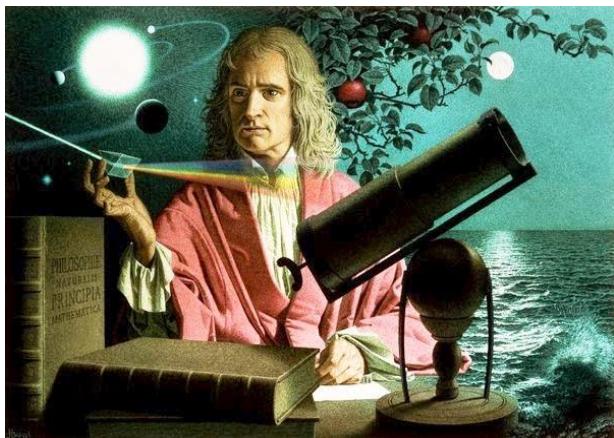
### از کپلر تا انشیتین:

یوهانس کپلر با اقتباس از کتاب کپرنيک، تیر خلاص را به نظام زمین مرکز وارد آورد! این دانشمند آلمانی به کمک اطلاعاتی که گردآوری کرده بود، مدار دایره‌ای سیارات را به شکل بیضی اصلاح کرد. دقت کنید که خورشید در کانون این مدارات بیضی قرار می‌گیرد نه در مرکز. در این حالت هم پیش‌بینی‌ها دقیق‌تر شد و هم حرکات مستدیری ناپدید شدند! البته کپلر

نتوانست بفهمد که چرا سرعت سیارات در هنگام نزدیکی به خورشید بیشتر می‌شود، اما

قوانينی که برای سیارات وضع نمود، در آینده کمک بزرگی به نیوتن کرد. امروزه می‌دانیم که احتمال یک مدار دایره‌ای برای سیارات در میان هزاران مدار بیضی بسیار کوچک است. در ضمن اغتشاشات گرانشی دیگر سیارات، همان احتمال کوچک را نیز از بین می‌برد!

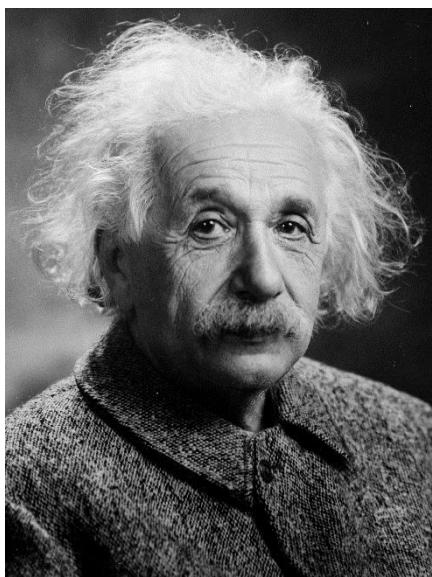
با آغاز قرن شانزدهم، گالیله نظریه کپلر را پذیرفته و با تلسکوپ اختراعی خود مهر تأیید بر آن می‌زند! در واقع گالیله نظریه زیباشناسانه کپرنيک و ریاضی‌گونه کپلر را مشاهده و اثبات کرد. انتشار این موضوع از سوی گالیله در نهایت با مخالفت کلیسا روبرو شد و او مجبور شد در کلام حرفش را پس بگیرد! این دانشمند در اواخر عمرش به موضوع گرانش پرداخت، اما دستاوردهای نیوتن بود که این معما را حل کرد.



ظاهراً سقوط یک سیب، جرقه‌ای برای مفرز نیوتن شد تا او را در مسیری طولانی برای نشان دادن ارتباط این سقوط با گردش سیارات قرار دهد! او از گنجینه اطلاعات کپلر

و گالیله به خوبی استفاده کرد. نیوتن سردمدار توصیف تجربیات و مشاهدات با زبان ریاضی است. معادلات خیره‌کننده او، سقوط اجسام و گردش سیارات را تحت سلطه مفهومی یگانه به نام گرانش درآورد! تمام اجرام دارای نیروی جاذبه هستند. اگر کپرنيک این را می‌دانست به راحتی می‌توانست جواب مخالفانش را که چرا با چرخش زمین به دور خود، ما به فضا پرتاب نمی‌شویم، بدهد! معماً کپلر نیز در مورد تغییر سرعت سیارات حل شده بود. به راستی می‌توان نیوتن را بنیان‌گذار فیزیک دانست!

حدود ۲۰۰ سال بعد انیشتین اصول بدیهی نیوتن را به چالش کشید! زمانی که فیزیکدانان در پی یافتن یک حامل برای امواج نور بودند (اتر) و عده‌ای نیز برای توجیه آزمایش مایکلسون مورلی (که نشان می‌داد برای تمام ناظرین، سرعت نور یکی است!)



تلاش می‌کردند، انیشتین مسیری ساده‌تر،  
اما علمی را انتخاب کردا! او همانند بقیه  
فیزیکدانان تعصی به اصول بدیهی و  
قدرتمند نیوتن نشان نداد و به راحتی آن‌ها  
را مچاله کرد و کنار گذاشت! بدین‌گونه دیگر  
نه نیازی به یافتن اتر بود و نه ثابت بودن  
سرعت نور مشکلی ایجاد می‌کردا! انیشتین  
یک بار دیگر نشان داد که مشاهدات علمی  
حرف آخر را می‌زنند، نه بدیهیات و باورهای  
ذهنی! انیشتین به جای اصل بدیهی نیوتن

در مورد گذر یکنواخت زمان در تمام دنیا، ثابت بودن سرعت نور را یک اصل در نظر گرفت و بدین ترتیب نسبیت خاص را بنیان نهاد.

### کیهان و نسبیت عام:

در نسبیت خاص، گرانش در کار نبود و لذا در ادامه، انیشتین نسبیت عام را پایه گذاری کرد و در این نظریه نیز شتاب و گرانش را در یک مفهوم جای داد. در این نظریه، هندسه‌ی ریمانی جایگزین هندسه‌ی اقلیدسی برای فضا می‌شود و در نهایت، این انحنای فضای زمان است که به آثار گرانش منجر می‌شود. چندین مشاهده و از جمله خمث نوری که از نزدیک خورشید می‌گذرد، مهر تأیید بر نسبیت عام انیشتین گذاشت. خود این دانشمند در همین مرحله قانع شده بود، اما خبر نداشت که معادلات نظریه او

به ایده‌هایی ختم می‌شوند که برای خود وی نیز ناخوشایند بود! البته برخلاف پشمیمانی وی در مورد نامه به رئیس جمهور وقت آمریکا و توصیه به ساخت بمب اتم قبل از آلمان نازی، به نظر نمی‌رسد که او از طرح نظریه‌ای که همچون اژدها به باورهای فلسفی او آتش می‌افکند، پشمیمان شده باشد! در مورد مخالفت با نظریه کوانتموم، ظاهراً زمانی انيشتین تسلیم شد که بور و هایزنبرگ برای پاسخ به یکی از پرسش‌های خود او جهت به چالش کشیدن نظریه کوانتموم، از نظریه نسبیت استفاده کردند!

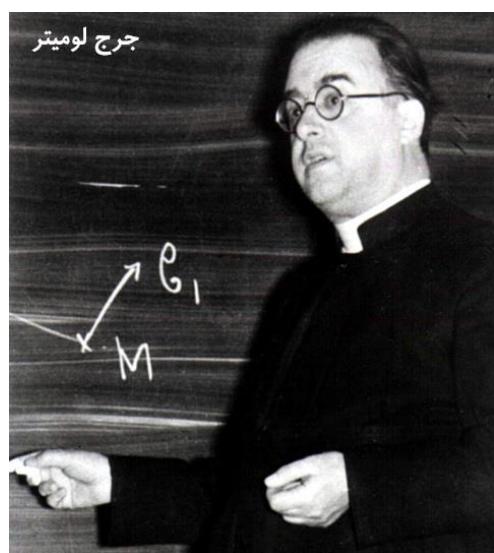
مورد دوم مربوط به خود جهان بود! انيشتین به جهانی ایستا و نامحدود باور داشت، بدون آغاز و پایان یعنی ازلی و ابدی ... اما....!



باور انيشتین به یک جهان ایستا اگرچه با مشاهدات آن زمان تطابق کامل داشت، اما با معادلات نسبیت عام خود وی در تضاد بود! چراکه در چنین حالتی اجرام می‌بایست جذب همدیگر می‌شدند که نتیجه‌ی آن فروپاشی دنیا بود! در حدود سال ۱۹۱۷ ایشان برای رسیدن به یک جهان پایدار، ثابتی را وارد معادلات خود کرد. این ثابت کیهانی که نمایی از چگالی انرژی خلاً بود، همچون نیروی مساوی در مقابل جاذبه اقدام کرده و سبب ایستایی جهان می‌شد. اقدام بعدی این دانشمند تلاشی بیهوده برای یافتن این ثابت در دل معادلات نسبیت عام بود! البته نسبیت عام، چهره‌ی دیگری از جهان را نیز

پیش‌بینی می‌کرد: انبساط جهان! معادلاتی که با فرضیه‌ی همگن و همسان بودن فضا چنین نتیجه‌ای را ایجاد می‌کردند، اولین بار توسط الکساندر فریدمن روسی و ویلیام دستر (Willem de Sitter) هلندی بنیان گذاشته شدند.

ظاهراً روح کپرنیک در همکارش حلول کرد! این بار نوبت یک کشیش دیگر بود که پایه‌گذار یک نظریه جنجالی در کیهان شود. در حدود سال ۱۹۲۰ کشیش جرج لومیتر (Georges Lemaître) بلژیکی و دارای درجه دکترای فیزیک، به معادلات انبساط جهان گرایش پیدا کرد، اما وی مفهوم عمیقی را از دل آن‌ها بیرون کشید! اگر جهان در



حال انبساط است، پس در گذشته متراکم‌تر و کوچکتر بوده است. با سفر به گذشته‌ی بسیار دور، این تراکم و کوچکی تا بینهایت ادامه خواهد یافت و سپس ...!

با یک انفجار، جهان متولد می‌شود! لحظه‌ای برای خلقت جهان توسط یک کشیش! اما اینیشتین ایده‌ی وی را ساده‌لوحانه می‌خواند تا اینکه ...

### مشاهده انبساط کیهان:

حدود سال ۱۹۲۵ ادوین هابل آمریکایی با پیشرفته‌ترین تلسکوپ زمان خود، همچون گالیله به نقاط دورتری از جهان چشم دوخت! تا آن زمان کیهان محدود به کهکشان راه شیری بود. محاسبه فاصله ستاره‌های دور امکان‌پذیر نبود، چون نور یک ستاره تابع دو متغیر است که یکی فاصله است و دیگری اندازه‌ی خود ستاره! معلوم نیست که نور کم یک ستاره به خاطر دوری آن است یا کوچکی خود ستاره. اما هابل

برای رفع این مشکل چاره‌ای اندیشید: شمع استانداردا! یعنی ستاره‌های نادری که اندازه و میزان تابندگی آن‌ها مشخص است! ایده شمع استاندارد ابتدا در سال ۱۹۱۲ توسط خانم هنریتا سوان لویت و برای ستاره‌های قیف‌اووسی مطرح شد که متأسفانه متناسب با اهمیت کارش مشهور نشد! امروزه از شمع‌های استاندارد دقیق‌تری به نام ابر نو اخترها استفاده می‌شود. ابر نو اخترها در اثر انفجار ستاره‌های بزرگی تشکیل می‌شوند که به پایان عمر خود رسیده‌اند و در این لحظات، درخشندگی آن‌ها با حدود ۱۰ میلیارد ستاره برابر می‌کند!



ادوین هابل

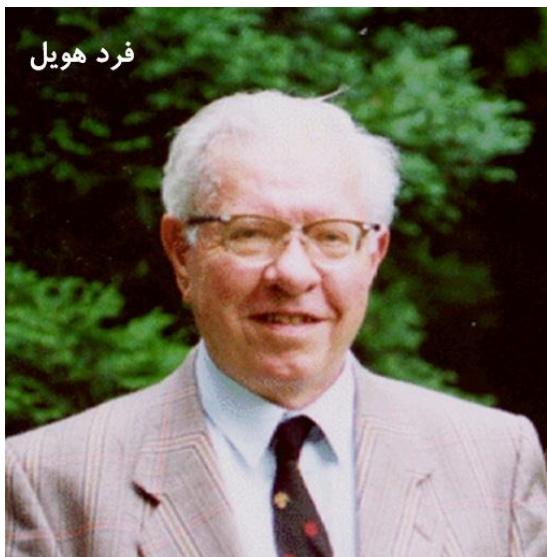
بدین ترتیب هابل ستاره‌های را کشف کرد که فراتر از کهکشان راه شیری (به قطر ۱۰۰ هزار سال نوری) قرار داشتند! او اکنون کهکشان‌های جدید را یافته بود! کشفی خارق العاده! بنابراین جهان بسی بزرگ‌تر از آن چیزی بود که پنداشته می‌شد. هیجان این کشف بزرگ برای هابل کافی نبود. او به بررسی رفتار کهکشان‌های جدید مشغول شد و متوجه شد که تمامی کهکشان‌ها از همدیگر دور می‌شوند. به عبارتی جهان در حال انبساط است!

پدیده داپلر که سبب زیر و گوشخراش شدن صدای یک موتور سیکلت هنگام نزدیک شدن به ما و آسودگی هنگام دور شدنش می‌شود، برای نور نیز رخ می‌دهد. همانطور که نزدیکی منبع صوت باعث کوتاه شدن طول موج آن و برعکس می‌شود، نزدیک شدن یک ستاره نیز، طول موج نور مریبی آن را به سمت آبی می‌کشاند و برعکس. هابل کشف

کرد که طول موج ستاره‌های تمامی کهکشان‌ها به سمت قرمز کشیده شده است و  
نتیجه آن ... : دور شدن کهکشان‌ها و انبساط جهان!

با کشف هابل، اینیشتین استفاده از ثابت کیهانی را بزرگترین اشتباه علمی خود خواند، دقیقاً شبیه اعتراف هاوکینگ به اشتباهی که در مورد نابودی اطلاعات در سیاهچاله‌ها مرتكب شد! (نکته عجیب این است که سال‌ها بعد در ۱۹۹۸ دوباره دانشمندان برای توجیه انبساط فرازینده جهان، پای ثابت کیهانی جدیدی را به معادلات گشودند که نمایانگر انرژی تاریک است)!

با این حال نظریه لومیتر به جایی نرسید، چون اندازه‌گیری‌های نه چندان دقیق هابل به ویژه در مورد سرعت انبساط جهان با فرمول صحیح وی برای تعیین سن کیهان به رقمی حدود ۲ میلیارد سال می‌رسید، درحالیکه قبلًا عمر زمین بیشتر از این اندازه گیری شده بود! بدین ترتیب نظریه رقیب «حالت پایا» پا به میدان گذاشت که فرد



هویل، ستاره‌شناس مشهور انگلیسی خالق آن بود. در این نظریه، جهان بدون آغاز و پایان با چگالی جرم یکسان به کار خود ادامه می‌داد. وی برای مشکل رقیق شدن کیهان توسط انبساط، پیشنهاد خلق ماده جدید را داد که البته با استقبال دیگر فیزیکدانان مواجه نشد! در

میان این بحث‌ها، فیزیکدان دیگری نیز حضور داشت: جرج گاموف روسی!

این دانشمند به صورت حرفة‌ای تر راه لومیتر را ادامه داد. گاموف همچون مایکل فارادی، نظریه‌پرداز قابلی بود، اما ریاضیدان برجسته‌ای نبود و برای پیشبرد بخش

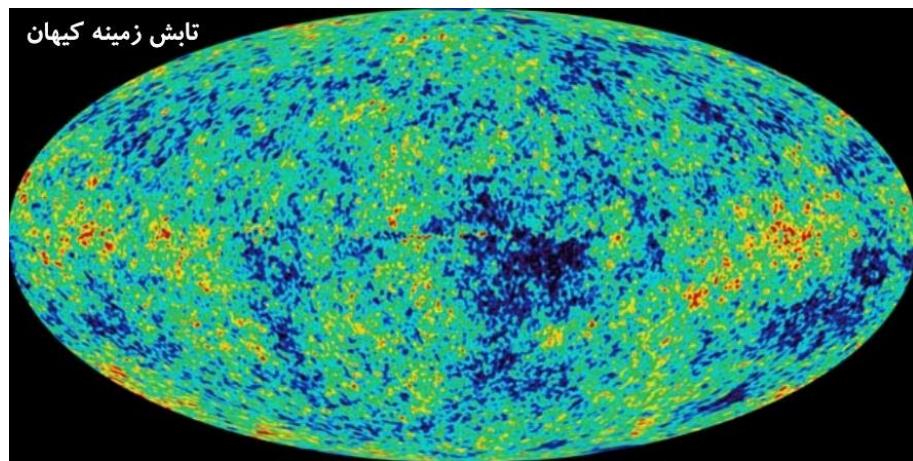
ریاضی نظریه‌اش از دانشجوی ممتازش، رالف آلفر آمریکایی کمک گرفت. نوعی همکاری علمی که در جامعه ما بسیار کمیاب است! گاموف معتقد بود که اتم‌های هیدروژن و هلیوم که بیشتر ماده جهان را تشکیل می‌دادند، در اثر انفجار همان ابر اتم لومیتر به وجود آمده‌اند. او و دانشجویش به این نتیجه رسیدند که هیدروژن باشد ۱۰ برابر هلیوم باشد. این اولین نتیجه مهم نظریه انفجار بود که مشاهدات آن را تأیید می‌کردند!

### تصویر کودکی کیهان:

همکاری آلفر با رابت هرمان آمریکایی، پیش‌بینی لومیتر در مورد گرمای فسیل باقیمانده از لحظه انفجار را کامل کرد. چون انفجار با دمای فوق العاده زیادی آغاز شده بود، می‌بایست هنوز پسمانده‌های گرمای آن در کیهان موجود باشد و هر گرمایی، امواج الکترومغناطیس با طول موج ویژه خود را دارد. البته این لفظ گرما در سطح کیهان یا جسم سیاه، معنای فیزیکی دارد، در حالیکه برای ما به معنای کشنده‌ترین سرما ممکن است، چون دمای آن حدود ۲/۷ کلوین معادل ۲۷۰ درجه زیر صفرمی باشد! طبق محاسبات، این گرمای فسیل شده با تابش زمینه ماکروویو (Cosmic microwave background radiation) پیوند خورده و به عنوان پیرترین تابش کیهان، از حدود ۳۸۰ هزار سال پس از تولد جهان تاکنون وجود دارد. این زمانی پس از انفجار بزرگ است که اولین اتم‌های هیدروژن ساخته شده و فوتون‌ها توانستند از اسارت ماده در آمده و آزادانه در کیهان سیر کنند! بر اساس پیش‌بینی رالف و آلفر، این نور در تمامی کیهان به صورت تقریباً یکنواخت جا خوش کرده است و می‌تواند توسط یک تلسکوپ رادیویی حساس کشف شود!

اگرچه محاسبات هابل به تدریج اصلاح شد و چالش اولیه نظریه تولد جهان رفع شده بود، اما بزرگترین پیروزی برای این نظریه در حدود ۱۵ سال بعد یعنی در ۱۹۶۵ به دست آمد! در حالیکه گروهی از محققین دانشگاه پرینستون به دنبال کشف قدیمی

ترین امواج الکترومغناطیس کیهان بودند، پتزیاس و ویلسون آمریکایی که بر روی مخابره‌های ماهواره‌ای کار می‌کردند، با پارازیت دیوانه‌کننده‌ای روبرو شده بودند که از هر جهتی آنتن آن‌ها را هدف قرار داده بود. کشف این پارازیت برای ایشان جایزه یک میلیون دلاری نوبل را به همراه آورد! این پارازیت در واقع همان تابش زمینه کیهانی بودا امواجی که توسط ضبط و ثبت آن‌ها می‌توان یک عکس فوری از لحظات اولیه تولد جهان را چاپ و مشاهده نمود!



لومیتر در واپسین لحظات عمر خود، و نیز گاموف و گروهش از شنیدن این خبر شاد شدند! این مهمترین مدرک تجربی برای نظریه انفجار بزرگ و خلق کیهانی است که با آن ارتباط داریم!

### منابع و برای مطالعات بیشتر:

- ساعت سرمستی، هیوبرت ریوز، ترجمه رضا فرنود و سیروس سهامی، چاپ اول، نشر قطره، ص ۷۲
- جهان رمبند، ایزاك آسیموف، ترجمه مجتبی جعفرپور
- در جهان علم، ایزاك آسیموف، ترجمه هوشنگ شریفزاده
- جهان، جوسيپ کلچک، ترجمه بهزاد قرمان
- نسبیت برای همگان، مارتین گاردنر، ترجمه محمود مصاحب
- نظریه نسبیت اینشتین، ماکس بورن، ترجمه هوشنگ گرمان

- The Universe: Beyond The Big Bang , Documentary movie by Luke Ellis
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bang](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolaus\\_Copernicus](http://en.wikipedia.org/wiki/Nicolaus_Copernicus)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Giordano\\_bruno](http://en.wikipedia.org/wiki/Giordano_bruno)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Aristotle>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Johannes\\_Kepler](http://en.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Galilei](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Newton](http://en.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton)
- <https://www.youtube.com/watch?v=Sh2sXruYMLo>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Albert\\_Einstein](http://en.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein)
- <https://www.youtube.com/watch?v=KcXxHZssCh4>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmological\\_constant](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmological_constant)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bang](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic\\_microwave\\_background\\_radiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background_radiation)



## فصل دوه

### تولد جهان

اکنون بیایید در زمان به عقب برویم تا به لحظه تولد جهان برسیم. پس از حدود ۱۳/۸ میلیارد سال بازگشت به گذشته، کیهانی که امروزه مشاهده می‌کنیم با یک انفجار متولد شد. نام این رخداد را بیگ بنگ گذاشته‌اند که در لغت به معنای صدای خیلی بلند یا انفجار بزرگ است، اما همانطور که می‌چیو کاکو می‌گوید، این انفجار نه بزرگ بوده و نه صدایی داشته است! انفجار از حجمی بسیار کوچکتر از اتم آغاز شده است و در ضمن خارج از این حجم چیزی وجود نداشته است که امواج صدا را حمل کند! حتماً می‌پرسید قبل از بیگ بنگ چه خبر بوده است؟ با دانش امروزین فیزیک هیچ! چون فضا و زمان نیز با همین انفجار متولد شده و منبسط شده‌اند. برای ما و حتی تخیلات ما نیز عجیب است که چگونه جهانی به این وسعت از یک حجم بسیار کوچک متولد شده است. چگونه ۱۰ به توان ۸۵ تن ماده اینقدر فشرده بوده است؟ قطعاً عجیب است، اما نه به دلیل غیرممکن بودن آن، بلکه به خاطر دور بودن از پدیده‌هایی که مورد شناخت ماست!

### پیش از مهبانگ!

احتمال می‌رود در پس پرده بیگ بنگ حتی دیدگاه عجیب‌تری انتظار ما را می‌کشد.

نظریه‌های جاری فیزیک و از جمله نسبیت عام، با رسیدن به لحظه تولد جهان دچار آشفتگی شده و کارایی خود را از دست می‌دهند. به این دلیل تاکنون هیچ دانشمندی در مورد لحظه تولد تفسیری علمی بیان نکرده است. اما نظریه‌هایی تصمیم دارند بیگ بنگ را به جهان‌های موازی ارتباط دهند! در یکی از این نظریه‌ها که به نظر جالب است، برخورد جهان‌های موازی سبب انفجار بزرگ شده است. جهان‌های موازی، بسیار به هم‌دیگر نزدیکند، اما ظاهراً همچون خطوط موازی تعاملی با یکدیگر ندارند تا اینکه



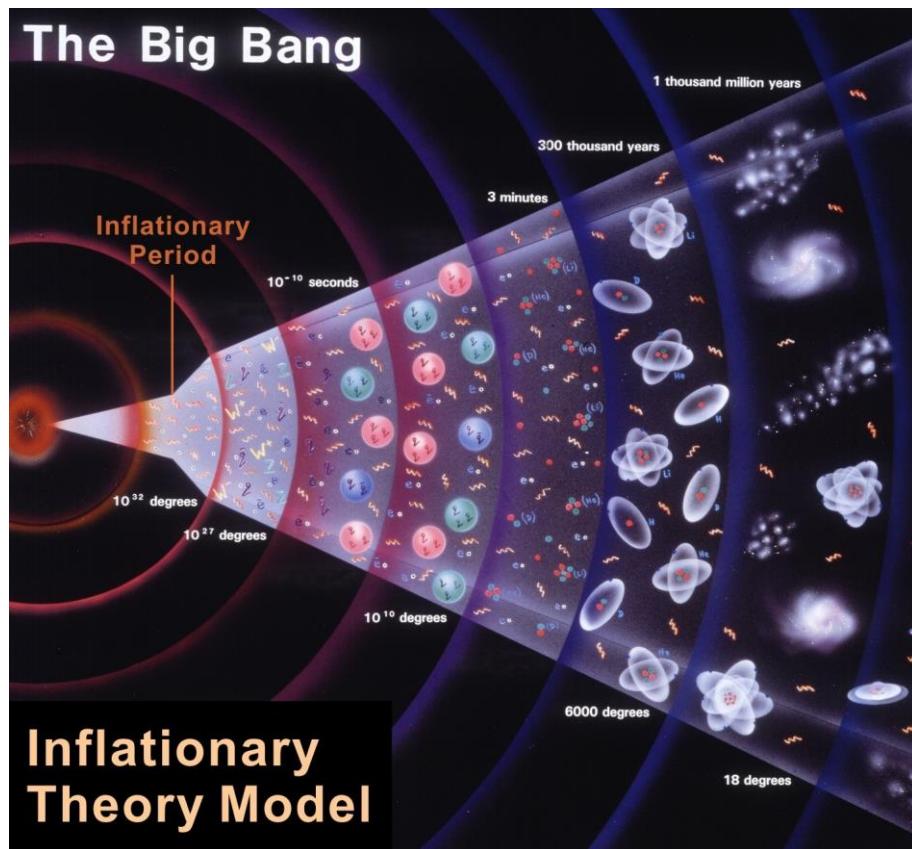
سیاهچاله‌ای شبیه  
یک پل دو جهان را  
به یکدیگر وصل کند.  
در واقع یک  
سیاهچاله چرخان با  
پیچش فضا - زمان،  
راه را برای تولد یک  
سفیدچاله یا دنیایی

جدید در ابعاد جدید فضا هموار می‌کند! بنابراین بیگ بنگ آغاز سفیدچاله‌ای است که از سیاهچاله‌ای در دنیای دیگر سرچشمه می‌گیرد! به نظر می‌رسد آن لحظه‌ای که تکینگی رخ داده و انحنای فضا - زمان به سمت بی‌نهایت می‌رود، ناگهان دنیایی جدید متولد می‌شود! در هر حال این نظرات هنوز خیلی تئوریک هستند و باید به انتظار آینده نشست، اما در مورد بیگ بنگ همانطور که گفته شد، شواهدی همچون تابش زمینه کیهانی

## تولد جهان / ۲۵

و فراوانی اتم‌های هیدروژن و هلیوم آن را تأیید می‌کنند. البته چالش‌هایی نیز وجود داشت که باعث اصلاح آن شد.

با توجه به اینکه هیچ چیز برای لحظه تولد روش نیست، چقدر می‌توان به لحظه انفجار نزدیک شد؟



قوانين فیزیکی از  $10^{-43}$  ثانیه پس از تولد کیهان (زمان پلانگ) معنا پیدا می‌کند. در این لحظه تعادل ماده و پادماده به نفع ماده که جهان ما را تشکیل داد، تمام می‌شود. همچنین تمام نیروهای حاکم بر جهان شامل گرانش، الکترومغناطیس، هسته‌ای ضعیف و هسته‌ای قوی در وحدت کامل به سر می‌برند و تفاوتی میان آنها موجود نیست. در واقع تنها یک ابر نیروی واحد وجود داشت.

**نیروها:**

با توجه به اینکه چند بار از نیروها صحبت شد، بهتر است بدانید که فعلاً در جهان چهار نیروی شناخته شده وجود دارد. اولی گرانش است که همه ما با آن آشناییم. دومی نیروی الکترومغناطیس است که دافعه و جاذبه بارهای همسان و غیرهمسان از این نوع هستند. نیروی بین مولکول‌ها که از کره‌ی زمین گرفته و تمامی مواد و حتی بدن ما را تشکیل می‌دهند از نوع الکترومغناطیس است. نیروی مشت به دیوار و بر عکس، چکش به میخ، پا به توپ، نیروی فشار، اصطکاک، مغناطیس، چسبیدن چسب و ... همه از جنس نیروی الکترومغناطیس هستند. نیروی سوم و چهارم عبارتند از هسته‌ای قوی و هسته‌ای ضعیف که در زندگی روزمره برای ما ملموس نیستند. نیروی هسته‌ای قوی مسئول نگهداری پروتون‌ها و نوترون‌ها در هسته اتم است. نیروی هسته‌ای ضعیف نیز سبب متلاشی شدن هسته اتم‌ها و رادیو اکتیویته می‌شود.

### The Four Fundamental Forces

One of the most popular theories accepted by the current mainstream scientific community is that all the fundamental forces can be classified into four categories:

- (i) The Strong;
- (ii) The weak;
- (iii) Electromagnetic; and
- (iv) Gravitation.

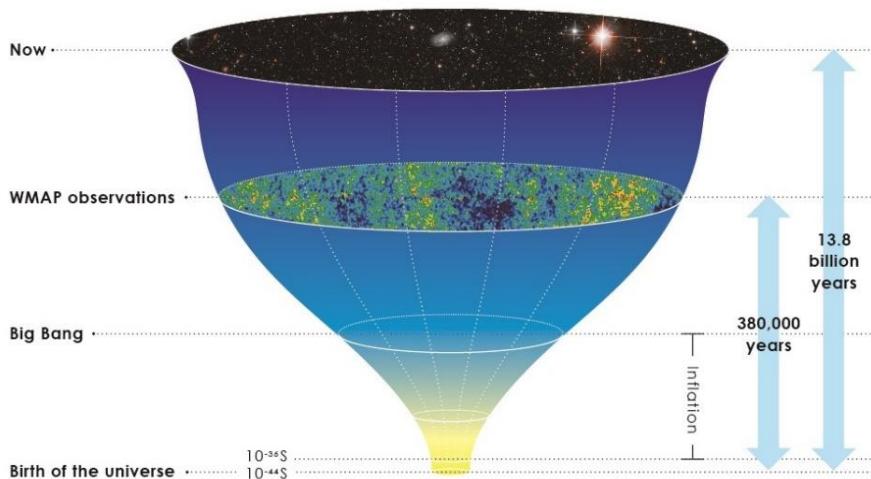
### نیروهای حاکم بر کیهان

The diagram illustrates the four fundamental forces with corresponding examples:

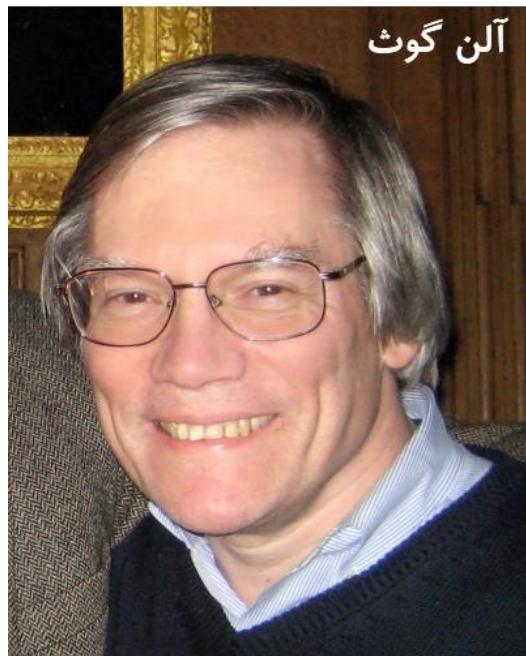
- STRONG:** Binding nucleii (represented by a cluster of orange and green spheres).
- WEAK:** In radiation process (represented by two orange spheres with a blue arrow between them).
- ELECTROMAGNETIC:** Binding atoms (represented by a model of an atom with a central nucleus and three elliptical orbits around it).
- GRAVITATION:** (represented by a red apple).

### انشقاق نیروها:

در  $10^{-35}$  ثانیه پس از تولد، گرانش از بقیه نیروها جدا می‌شود. در  $10^{-10}$  ثانیه پس از تولد، نیروی هسته‌ای قوی نیز از سه نیروی دیگر جدا می‌شود، اما هنوز نیروی هسته‌ای ضعیف و الکترومغناطیس در وحدت به سر می‌برند. یک هزارم ثانیه پس از تولد، وحدت تمامی نیروها از بین رفته و کوارک‌ها به ذرات بنیادی مانند پروتون، نوترون و ... تبدیل می‌شوند. پس از سه دقیقه از لحظه تولد، هسته اتم‌ها تشکیل شده و در یک پلاسمای خیلی داغ با دمای یک میلیارد درجه سرگردانند! این پلاسما پس از ۳۸۰۰۰ سال به اندازه‌ای سرد می‌شود که هسته‌ها و الکترون‌های موجود در آن به اتم‌های هیدروژن، هلیوم و کمی لیتیم تبدیل شوند. سرعت انبساط ساده‌ترین اتم‌ها را تشکیل می‌دهد، نه پایدارترین آنها که آهن و سرب می‌باشد. همانطور که قبل‌گفته شد، پیش بینی فراوانی این اتم‌ها، اولین موفقیت اساسی نظریه انفجار بزرگ بود. در همین لحظه بود که فوتون‌ها توانستند از دام پلاسمای فرار کنند تا پس از  $13/8$  میلیارد سال سرگردانی در فضا به عنوان پیرترین فوتون‌های کیهان توسط ماهواره WMAP شکار شده و عکسی از کودکی جهان را به نمایش بگذارند!



این تصویر در ابعاد کیهانی، جهان را به شکل عجیبی یکنواخت و همدم (همسان گرد و همگن) نشان می‌دهد. بیشترین اختلاف دما در فضای بین کهکشان‌ها، ۱/۰۰۰۰۱ درجه است! از دید یک چشم غول‌آسا، توزیع ماده و انرژی در کیهان به صورت حیرت انگیزی یکنواخت است. نتیجه‌ای که به هیچ وجه با یک انفجار همخوانی ندارد! کدام انفجار حتی خیلی کوچک می‌تواند مواد و انرژی را به طور یکنواخت به اطراف پراکنده کند؟ این موضوع از مدت‌ها قبل، یکی از مشکلات نظریه بیگ بنگ را رقم می‌زد. در اوایل ۱۹۸۰ آلن گوث آمریکایی متمنز این مشکل شد و آن را حل کرد.



آلن گوث

در نظریه‌ی وی، جهان در لحظات اولیه به حدی کوچک بوده که فرصت کافی برای تبادل گرمایی و یکنواختی دما را داشته است و پس از آن نیز با سرعتی بیشتر از سرعت نور متورم شده است! البته این انبساط سریع در فضارخ داده و ارتباطی به اصل نسبیت خاص که در مورد محدودیت سرعت ماده در فضا سخن می‌گوید، ندارد. محاسبات نظریه تورم که در آن انفجار از یک

حجم کوچک آغاز و با سرعتی بیش از سرعت نور منبسط می‌شود، یکنواختی کیهان را توجیه می‌کند.

جهان به تدریج سردرمی‌شود و با گذشت ۳۸۰ هزار سال، الکترون‌ها می‌توانند ملاقاتی پایدار با هسته داشته باشند. پس از پیدایش اتم‌ها، در طی یک دوره زمانی طولانی بخش‌هایی از جهان تقریباً یکنواخت که اندکی چگالت‌بودند به تدریج توسط

گرانش، مواد نزدیک خود را جذب کرده و چگالتر شدند. با ادامه تدریجی این فرآیند نهایت ابرهای گاز، ستاره‌ها، کهکشان‌ها و سایر ساختارهای نجومی که امروز قابل مشاهده هستند شکل گرفتند. این موضوع به نظر بدیهی می‌رسد. ظاهراً برای این قسمت نیازی به درک روابط ریاضی نداریم. در یک ابر فضایی، اگر تصادفاً یک بخش چگال‌تر شود، باعث تمرکز گرانش در آن ناحیه شده و مواد اطراف را به خود جذب می‌کند و خود باعث افزایش قدرت گرانش می‌شود و ...، اما معادلات ریاضی - فیزیکی با این تصور ساده همخوانی ندارد! تا مدت‌ها فیزیکدانان هیچ مکانیسمی که منجر به پیدایش کهکشان‌ها شود را پیدا نمی‌کردند. مهمترین شبیه‌سازی کامپیووتری جهان پس از بیگ بنگ که توسط کیهان‌شناس مکزیکی- بریتانیایی؛ کارلوس فرنک انجام پذیرفت، نشان می‌داد که ستاره‌ها، غبار فضایی و قوانین جاذبه نمی‌توانند از واپاشی یک کهکشان جلوگیری کنند. بنابراین، همه چیز حکایت از ناپایداری و واپاشی کهکشان‌ها داشت تا اینکه ...



### ماده تاریک:

بیش از ۴۰ سال پیش خانم ستاره‌شناسی به نام ورا روبن (Vera Rubin) آمریکایی مطالعه‌ای را بر روی سرعت چرخش ستاره‌ها در کهکشان آندرومدا آغاز کرد. او متوجه شد سرعت ستاره‌های دور از مرکز با آنهایی که نزدیک بودند، تفاوتی ندارد! این کاملاً برخلاف قوانین گرانش نیوتون است. گرانش با افزایش فاصله کاهش پیدا می‌کند. در واقع همانند سیاره‌های سامانه خورشیدی، ستاره‌های دورتر می‌باشند سرعت کنترلی داشته باشند. در ادامه وی متوجه شد که این پدیده رازگونه برای کهکشان‌های دیگر نیز صادق است. این موضوع به حدی عجیب بود که دیگر اخترشناسان را وادار به تکرار این مشاهدات نمود، اما نتیجه همان بود!

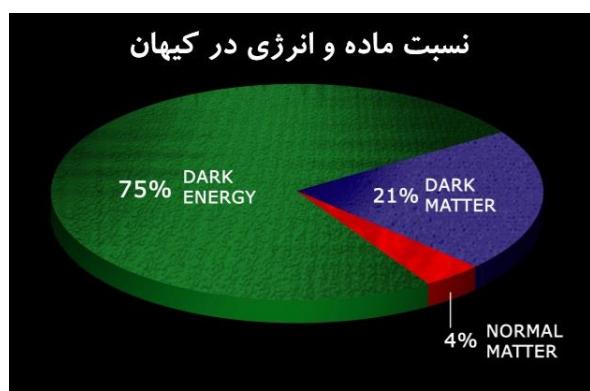
اکنون معماً بسیار بزرگ برای دانشمندان به وجود آمده بود. تنها یک چیز می‌تواند این پدیده را توجیه کند: ماده تاریک! ماده‌ای که همچون نامش نامرئی بوده و از طریق روش‌های موجود قابل کشف و مشاهده نیست. شکل زیر توزیع ماده تاریک را در



کیهان نمایش می‌دهد. اگر این ماده به میزان مناسبی در کهکشان‌ها گنجانده شود، به خاطر نیروی جاذبه‌اش می‌تواند سرعت ستاره‌ها را به دور مرکز توجیه کند.

نحوه توزیع ماده تاریک در یک کهکشان برعکس ماده مرئی است. هرچه به سمت مرکز کهکشان پیش می‌رویم، مقدار و چگالی ماده معمولی بیشتر می‌شود، درحالیکه مقدار ماده تاریک با دور شدن از مرکز افزایش می‌یابد!

همانطور که قبلاً گفتیم، یکی از مهمترین شواهد برای اثبات نظریه نسبیت عام، انحراف نور از کنار توده‌های پر جرم فضایی است. ستاره‌ها، کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی، شبیه یک لنز، نور را منحرف می‌کنند. میزان این انحراف به جرم این توده‌ها بستگی دارد. با تلسکوپ‌ها و روش‌های دقیق می‌توان میزان انحراف نوری که از کنار یک کهکشان می‌گذرد را اندازه گرفت و بدین ترتیب جرم آن کهکشان را محاسبه کردا با مشاهده انجراف نور کهکشان‌هایی که از نزدیک کهکشان‌های دیگر عبور می‌کنند، معلوم شد که جرم کهکشان‌ها ۶ برابر بیشتر از آن چیزی است که دیده می‌شود. نتیجه



اینکه ماده‌ی تاریک ۵ برابر ماده‌ی معمولی یا باریونی است که شامل پروتون‌ها و نوترون‌ها شده و مرئی می‌باشد. جالب‌تر اینکه همان شبیه‌سازی کارلوس فرنک بر اساس میزان ماده و قوانین

جادبه نشان داد، زمانی کهکشان‌ها به شکل امروزین خود تشکیل می‌شوند که ماده‌ی تاریک، بیش از ۵ برابر ماده‌ی قابل مشاهده باشد!

طبق این محاسبات، حدود یک میلیارد سال پس از بیگ بنگ، خوشه‌هایی از ماده‌ی تاریک تشکیل شد. گازهای مملو از هیدروژن جذب این خوشه‌ها شده و ستاره‌ها متولد شدند. سپس این خوشه‌ها جذب یکدیگر شده و چند میلیارد سال بعد کهکشان‌ها و از جمله کهکشان چرخشی راه شیری تشکیل شدند. اگر ماده‌ی تاریک و جاذبه‌ی آن نبود، نه کهکشانی بود، نه ستاره‌ای، نه سیاره‌ای و طبعاً نه موجود زنده‌ای! اینجاست که مرز علم و تخیل در هم می‌شکند! ظاهرآ تمامی ساختار جهانی که ما می‌شناسیم و حتی وجود خود ما به یک شیخ تاریک وابسته است! آیا رد پایی از ماده‌ی تاریک وجود دارد؟

طبعاً این ماده بدون بار الکتریکی بوده و با نور و الکترومغناطیس تعاملی ندارد، اما آیا



انرژی تاریک

می‌توان صرفاً برای فرار از مشکل جاذبه آن را وارد تالار علمی و معادلات فیزیکی کرد؟ چقدر باید در انتظار یافتن رد پایی از آن صبر کنیم؟ شاید این قوانین گرانش یا ماهیت فضا - زمان

است که به تعریف جدیدی نیاز دارند!

#### منابع و برای مطالعات بیشتر:

- جهانی از عدم، لاورنس کراوس، ترجمه سیامک عطاریان، نشر الکترونیک توسط سایت بیگ بنگ
- لحظه آغاز، جیمز ترفیل، ترجمه بهزاد قرمان و فرامرز صبوری، چاپ اول، نشر نما
- سه دقیقه اول، استیون واینبرگ، ترجمه خواجه پور
- کیهان در پوست گردو، استیون هاوکینگ، ترجمه محمد قصاع، به نشر
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmological\\_constant](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmological_constant)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bang](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic\\_microwave\\_background\\_radiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background_radiation)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bang](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Guth](http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Guth)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy#Formation\\_and\\_evolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy#Formation_and_evolution)

## فصل سوم

### تولد ستاره‌ها

با نگاهی به آسمان شب، ستاره‌های بی‌شماری را می‌توان دید. هر کهکشان و حتی کهکشان خودمان از میلیارد‌ها ستاره تشکیل شده است. اما پرسش این است که یک ستاره چگونه متولد می‌شود؟ چگونه زندگی می‌کند و چه زمانی می‌میرد؟



در همین کهکشان راه شیری سالانه هفت ستاره متولد می‌شود. ستاره‌ها در دل سحابی‌هایی تشکیل می‌شوند که در فضای کهکشان‌ها قرار داشته و مملو از گازهای

هیدروژن با حدود ۲۵ درصد هلیوم هستند. این گازها یادگار بیگ بنگ هستند. برای ذهن ما ساده است که چگونگی تولد یک ستاره را درون این سحابی تصور کنیم. کافی است یک گوشه از این سحابی چگال‌تر شود تا گازهای مجاور را به سمت خود بکشد و به رشد خود ادامه داده و درنهایت یک ستاره متولد شود. اما موضوع اصلاً به این سادگی نیست! حتی بر روی زمین، ابرهایی که خود از قطرات ریز آب تشکیل شده‌اند بدون ذرات گرد و غبار که نقش نطفه را بازی می‌کنند، به باران تبدیل نخواهند شد، چه بررسد به یک سحابی که چگالی گازهای آن از یک محفظه کاملاً وکیوم شده کمتر است!

چگالی بخشی از ابر یک سحابی باید به اندازه‌ای زیاد شود (حد Jean) که فروپاشی گرانشی برای تولید یک پیش‌ستاره آغاز گردد. این اتفاق خود به خود نمی‌افتد. در حال حاضر، دانشمندان سه عامل را در تشکیل یک نطفه چگال دخیل می‌دانند. یکی، برخورد متفاوت ابرهای مولکولی؛ دیگری، تصادف کهکشان‌ها با یکدیگر و سومی و مهمترین عامل، شوک امواج ضربه‌ای سوبر نواها یا ابر نو اخترها است. یک سوبر نوا، ستاره‌ای بزرگ است که به پایان عمر خود رسیده و منفجر می‌شود. انرژی این انفجار، همان انرژی پتانسیل گرانشی است که در اثر رمیش ستاره به درون خود آزاد می‌شود.

در هر حال این عوامل باعث می‌شود که ابتدا گویچه‌ای درون سحابی تشکیل شود که خود باعث جذب ابرهای گازی اطراف خود در شعاع چندین سال نوری می‌شود! با سقوط تدریجی مولکول‌ها و تراکم آنها، این گویچه بزرگتر و گرم‌تر می‌شود. اگر جرم این توده به اندازه‌ی کافی بزرگ شده و از حدود ۱۰ به توان ۲۹ کیلوگرم (۰/۰۵ کجم خورشید) بیشتر شود، دمای درونی آن به مقدار لازم، یعنی ده میلیون درجه برای شروع همچوشی هسته‌ای خواهد رسید و در ادامه یک ستاره متولد می‌شود. جرم‌های کمتر از این به ستاره بدل نمی‌شوند، بلکه پس از سرد شدن به کوتوله سیاه و کمتر از آن به سیاره‌های سرگردان تبدیل خواهند شد.

با توجه به اینکه تمام مواد درون کهکشان به دور مرکز آن در حال گردشند، این اتفاق برای پیش‌ستاره نیز می‌افتد. به همین خاطر، این توده معمولاً گشتاور زاویه‌ای گرفته و به دور خود می‌چرخد. بدین ترتیب، هسته پیش‌ستاره به شکل یک صفحه چرخان درمی‌آید که در صورت داشتن جرم بالا، ممکن است خود به چند ستاره تجزیه شود. انقباض گرانشی تا رسیدن به تعادل و پایداری ادامه خواهد یافت. این فرآیند ممکن است ۱۰ تا ۱۵ میلیون سال به طول انجامد. در بسیاری موارد این ستاره‌ها با یک صفحه (protoplanetary) احاطه شده‌اند که می‌تواند به سیاره‌های آن ستاره تبدیل شوند. این اتفاق برای خورشید ما افتاده است.



تولد ستاره

### کوره کیهانی:

هر ستاره یک کوره بزرگ هیدروژنی است که در آن دمای لازم برای جوش هسته‌ای وجود دارد. نیروی تراکم چیست؟ گرانش! با توجه به جرم زیاد یک ستاره طبعاً نیروی گرانش نیز خیلی قوی است. کار گرانش نیز معلوم است: متراکم کردن! این تراکم همین طور ادامه پیدا می‌کند و فشردگی اتم‌ها سبب بالا رفتن دما و فشار می‌شود. گرانش ...

تراکم ... افزایش دما و فشار تا اینکه!... سرانجام دما و فشار به حدی زیاد می‌شود که هم جوشی هسته‌ای رخ می‌دهد.

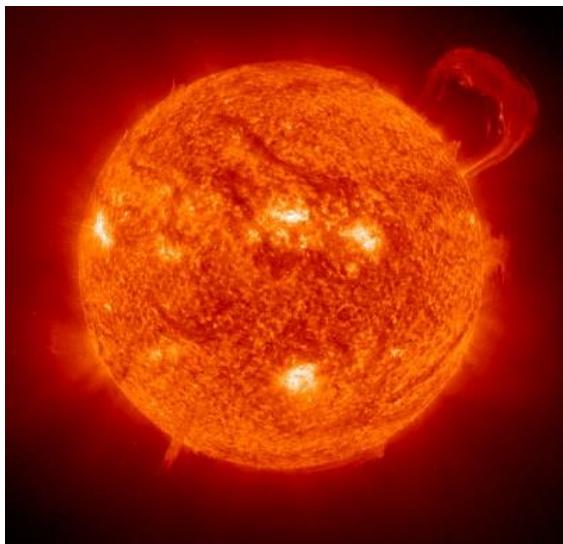
اما چه عاملی باعث تعادل یک ستاره می‌شود؟ چرا فروپاشی گرانشی ستاره‌ای چون خورشید که بیش از ۳۰۰ هزار برابر زمین جرم دارد و نیز ستاره‌هایی که میلیون‌ها برابر از خورشید بزرگ‌ترند، متوقف می‌شود؟ چه نیرویی در مقابل این گرانش بزرگ می‌ایستد؟ پاسخ: انرژی و نیروی حاصل از واکنش هم‌جوشی هسته‌ای! در واقع نیروی انفجار میلیون‌ها بمب هیدروژنی در هر ثانیه از فروپاشی گرانشی ستاره جلوگیری می‌کند! تعادل در فشار رو به بیرون این انرژی با فشار رو به درون گرانش باعث پایداری ستاره‌ها تا چند میلیون یا چند میلیارد سال می‌شود!

### **خلق عناصر سنگین:**

در هم‌جوشی هسته‌ای، چه عناصری در ستاره‌ها تشکیل می‌شود؟ ستاره‌های نسل اول عمدتاً از تراکم غبار هیدروژنی و مقداری هلیوم تشکیل شده‌اند. طبعاً اولین واکنش هم‌جوشی هسته‌ای، تبدیل هیدروژن به هلیوم است. این اتفاقی است که هم اکنون در تمامی ستاره‌ها و از جمله خورشید ما در حال رخ دادن است. در هسته خورشید که شامل ۲۵ درصد شعاع درونی آن می‌شود، دما بیش از ۱۰ میلیون درجه است! در چنین دمایی، سد انرژی برای جوش هسته‌ای هیدروژن شکسته می‌شود. جرم هلیوم تشکیل شده، حدود ۷/۰ درصد از هیدروژن‌های مورد واکنش سبک‌تر است. این مقدار جرم باقی مانده، طبق معادله نسبیت اینشتین به انرژی و از جمله نور دگرگون می‌شود. مثلاً برای خورشید در هر ثانیه بیش از ۴ میلیون تن جرم به انرژی نورانی تبدیل می‌شود! فوتون های حاصل شده در مرکز خورشید به خاطر چگالی فوق العاده زیاد (حدود ۲۰ برابر چگالی آهن)، پس از بارها جذب و دفع شدن، به آهستگی راه خود را به سمت بیرون باز

می‌کنند و پس از گذشت چندین هزار سال به سطح خورشید رسیده و به سوی آسمان بی‌کران پرواز می‌نمایند.

بنابراین، ستاره‌هایی به اندازه‌ی خورشید و کوچکتر از آن در طول زندگی خود فقط قادرند هیدروژن را به هلیوم تبدیل کنند. با این حال درون ستاره‌های نسل دوم و سوم



مانند خورشید، عناصر سنگین‌تر مانند اکسیژن، کربن، نئون و حتی آهن نیز وجود دارد. حتی سنگین‌ترین ستاره‌ها نیز در زمان حیات خود قادر نیستند همچو شی هسته‌ای را برای خلق عناصر سنگین‌تر از آهن پیش ببرند. اما در سیاره‌ای چون زمین که خود تکه‌ای از خورشید است،

عناصر سنگین‌تر از آهن نیز وجود دارد! این عناصر از کجا آمدند؟!

### مرگ ستاره‌ها:

تعادل نیروها در یک ستاره که زندگی آن را رقم می‌زنند، توسط جوش هسته‌ای انجام می‌پذیرد. اما با تمام شدن ذخایر مورد استفاده در همچو شی هسته‌ای به ویژه هیدروژن، این تعادل به هم ریخته و در واقع ستاره به مرگ خود نزدیک می‌شود. مرگ ستاره‌ها با توجه به ابعاد آنها با فرآیندهای متفاوتی اتفاق می‌افتد. بزرگی و در واقع جرم یک ستاره تعیین‌کننده اتفاقاتی است که پس از اتمام هیدروژن رخ می‌دهد. موضوع اینجاست که آیا در این مرحله دما و فشار ستاره برای ادامه جوش هسته‌ای با دیگر عناصر باقیمانده

کفایت می‌کند یا خیر. در مورد ستاره‌های کوچک‌تر از نصف خورشید این اتفاق نمی‌افتد. این ستاره‌ها پس از مرگ خود به یک کوتوله سفید تبدیل می‌شوند. خورشید و ستاره‌هایی با جرمی حدود نصف آن، قادرند پس از اتمام هیدروژن، هلیوم را نیز بسوزانند. این مرحله نسبت به عمر ستاره بسیار کوتاه است. جوش هسته‌ای هلیوم به کربن ختم می‌شود. اما انرژی حاصله بیشتر از سوختن هیدروژن است. حتیاً حدس زده‌اید که چه اتفاقی می‌افتد. فشار این انرژی از گرانش بیشتر است و نتیجه: انبساط ستاره! این رخداد باعث می‌شود که خورشید در پایان عمر خود، یعنی حدود ۵ میلیارد سال دیگر به یک غول سرخ که  $250$  برابر بزرگ‌تر است منبسط شود. سرخی آن به خاطر تورم است که باعث کاهش دمای لایه‌های سطحی آن می‌شود. این غول داغ که اکنون چندین هزار برابر درخشش‌تر از خورشید کنونی است، سیاره تیر، ناهید و احتمالاً زمین را بلعیده و درون خود بخار می‌کند!

زمین حتی اگر بلعیده نشود، عاری از اقیانوس و جو خواهد شد و گرمای شدید، آن را عاری از هرگونه موجود زنده خواهد نمود. حدود  $30\%$  جرم خورشید پف کرده و برای همیشه از آن جدا می‌شود. بدین ترتیب یک سحابی سیاره‌ای تشکیل می‌شود.  $70\%$



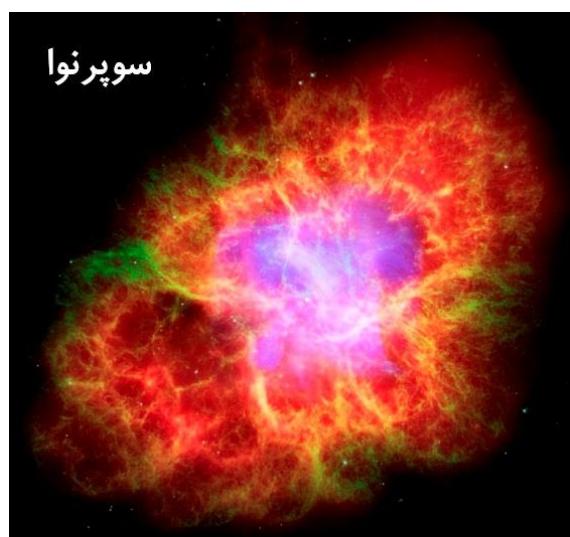
به سرد شدن کرده و در نهایت پس از گذشت چندین میلیارد سال به کوتوله سیاه

## ٣٩ / تولد ستاره‌ها

تبديل می‌شود. یک کوتوله سفید تقریباً به اندازه زمین است و آنچه در مقابل فشار گرانش آن مقاومت می‌کند، نیروی دافعه گاز الکترونی است. سرد شدن کوتوله نمی‌تواند از فشار الکترون‌های تجزیه شده کم کند، چرا که این فشار تا صفر مطلق نیز تغییر نمی‌کند!

**ستاره نوترونی:**

برای ستاره‌های سنگین‌تر از دو برابر خورشید نیز، ابر غول‌های سرخ تشکیل می‌شود، با این تفاوت که هسته چنین ستاره‌ای، هم‌جوشی هسته‌ای را از کربن فراتر می‌برد و بسته به جرم ستاره عناصری همچون نئون، اکسیژن، سیلیکون و ... تشکیل می‌شوند. برای ستاره‌های پرجرمی که بیش از ۹ برابر خورشید وزن دارند، جوش هسته‌ای تا ساخت عنصر آهن در مرکز ستاره پیش می‌رود. جوش هسته‌ای آهن گرم‌آگیر بوده و گرمای سنگین‌ترین ستاره‌ها نیز قادر به انجام آن نیست. در این مرحله، تولید انرژی ستاره به پایان می‌رسد و با افزایش مقدار آهن تا  $1/4$  جرم خورشید، هسته دچار یک

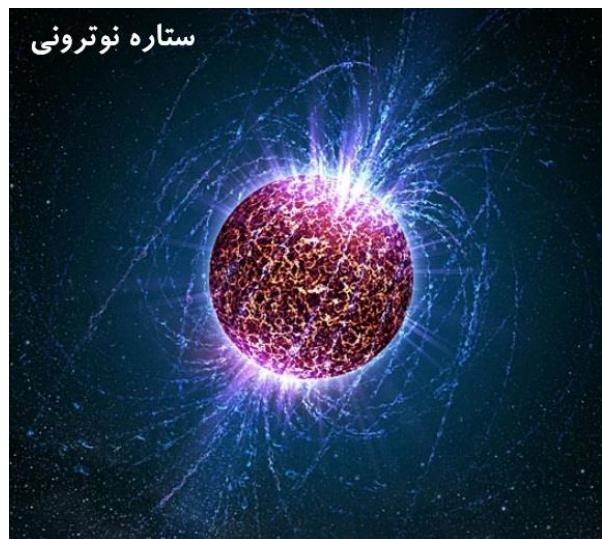


رمبیش ناگهانی بزرگ می‌شود. انرژی حاصل از این رمبیش گرانشی، یک موج ضربه‌ای بسیار قدرتمند تولید می‌کند که باعث انبساط پوسته ستاره می‌شود. کل این فرآیند در واقع همان انفجار سوپرنواست که درخشش آن می‌تواند از یک کهکشان فراتر رود! هسته

رمبیده در خود با فشار شدید گرانش متراکم می‌شود و حتی نیروی دافعه الکترون‌ها نیز

یارای مقاومت در برابر آن را ندارد. در نتیجه الکترون‌ها به درون هسته اتم‌ها فرو ریخته و آنچه حاصل می‌شود، نوترون، نوتريینو و اشعه گاماست. به همین سبب به هسته حاصل از این انفجار، ستاره نوترونی می‌گویند. اکنون فشار تبهگنی نوترون‌ها در مقابل گرانش مقاومت می‌کند. باقی‌مانده پرتاپ شده به فضای درون کهکشان که درصد بیشتری از ستاره را به خود اختصاص می‌دهد نیز به یک سحابی تبدیل می‌شود. شعاع یک ستاره نوترونی حدود ۱۰ کیلومتر است و می‌تواند با سرعت ۷۰۰ دور در ثانیه به دور خود بچرخد!

از گذشته‌های دور به وجود سوپر نواها پی برده شده است. در کتاب‌های تاریخچه چین، شرح مفصلی از این پدیده که در سال ۱۰۵۴ میلادی در کهکشان خودمان رخداده، آمده است. لفاف این سوپر نوا هنوز در فضا وجود دارد و به سحابی خرچنگ مشهور است. در سال ۱۹۶۷ یک ستاره نوترونی که منبع ضربان‌های امواج رادیویی



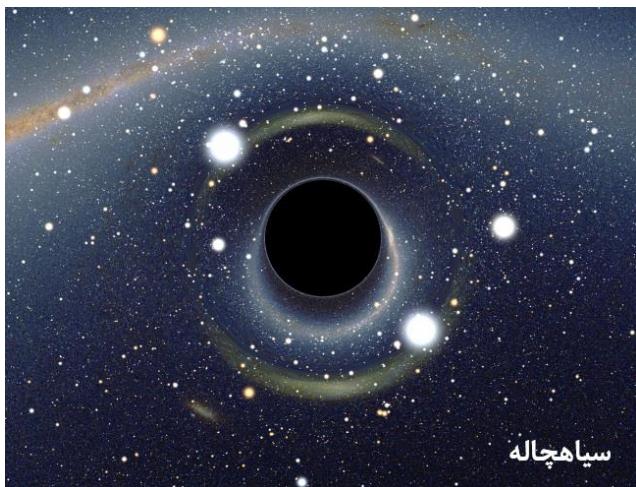
کوتاه است در مرکز این سحابی کشف شد. شیوه‌ی کشف آنها ناشی از تپندگی آنهاست که به خاطر چرخش سریع این ستاره‌هاست. در واقع آنها همانند یک فانوس دریایی، پرتو باریکی از امواج رادیویی ارسال می‌کنند. یک ستاره‌ی

معمولی نمی‌تواند با چنین سرعتی بچرخد، زیرا به خاطر اینرسی از هم می‌پاشد. قدرت انفجار سوپر نوا به حدی است که جوش هسته‌ای آهن را نیز به پیش می‌برد و بدین ترتیب عناصر سنگین‌تر از آهن خلق می‌شوند. عناصر باز هم سنگین‌تر همچون

طلا، از طریق برخورد ستاره‌های نوترونی تولید می‌شوند و در نهایت طیفی از عناصر سبک و سنگین در سحابی پراکنده می‌شود تا اینکه از این سحابی، ستاره‌ای نسل دوم یا سوم به نام خورشید زاده شده و سیاره‌های آن عناصر لازم برای خلق یک موجود متمدن را دارا می‌باشند!

### سیاهچاله:

ستاره‌های بسیار سنگین با جرمی حدود  $4 \times 10^{30}$  کیلوگرم برابر خورشید پس از انفجار سوپر نوا، هسته‌ای از خود باقی می‌گذارند که بیش از  $4 \times 10^{27}$  کیلوگرم وزن دارد. این فشار گرانشی بر مقاومت نوترون‌ها نیز غلبه کرده و انقباض گرانشی تا مرحله ساخت یک سیاهچاله



سیاهچاله

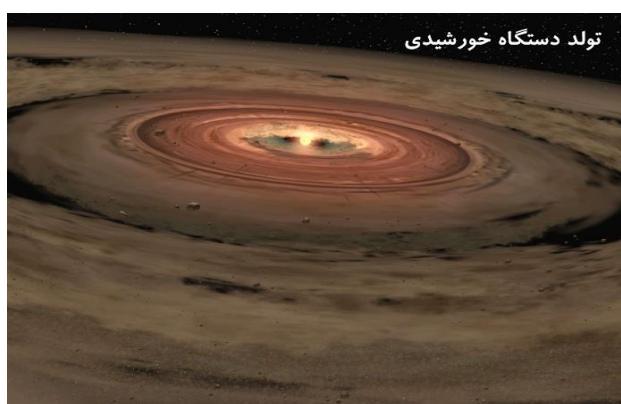
پیش می‌رود! قدرت  
گرانش سیاهچاله‌ها به  
قدری زیاد است که نور  
نیز یارای گریز از آن را  
ندارد! با این حساب به  
نظر می‌رسد که  
سیاهچاله‌ها زندان ابدی  
ماده و انرژی باشند، اما

استیون هاوکینگ با استناد به قوانین و خلاصه کوانتومی نشان داد که سیاهچاله‌ها نیز تبخیر می‌شوند و سرعت این تبخیر برای سیاهچاله‌های کوچک بیشتر است. به نظر می‌رسد هنوز عجایب و معماهای زیادی در مورد سیاهچاله‌ها وجود دارد که علم به دنبال اکتشاف آنهاست!

### تولد سامانه خورشیدی:

اولین فرضیه قابل توجه در مورد منشأ سامانه خورشیدی توسط یک دانشمند فرانسوی به نام کنت دو بوفن در سال ۱۷۷۹ ارائه شد. وی اظهار کرد که احتمالاً سیارات از برخورد یک ستاره دنباله‌دار با خورشید پدید آمده‌اند. حتماً حدس زده‌اید که مشکل این نظریه این است که دنباله‌دارها نسبت به خورشید، اجرام کوچکی هستند و نمی‌توانند باعث چنین اتفاقی شوند. کمی پس از آن فیلیسوف مشهور آلمانی، امانوئل کانت و توماس رایت انگلیسی اظهار داشتند که سیارات از ابرها و مواد تشکیل‌دهنده دوران جوانی خورشید پدید آمده‌اند. این فرضیه که معقولانه‌تر به نظر می‌رسید در سال ۱۹۷۶ توسط لایپلاس، ریاضیدان بزرگ فرانسوی کامل‌تر ارائه شد.

به گمان لایپلاس، سامانه خورشیدی در ابتدا از توده گازها و ابرهای دیسک مانندی پدید آمد که به آرامی گرد خود می‌چرخید. نیروی گرانش باعث تراکم این توده و بقای اندازه حرکت زاویه‌ای، سبب افزایش سرعت چرخش آن شد. سرانجام سرعت چرخش به حدی افزایش یافت که باعث جدا شدن حلقه‌هایی از لبه این دیسک شد. در ادامه، این حلقه‌های جدا شده به سیارات بدل گشتند. این فرضیه در عین سادگی، چه از لحظه منطقی و چه به صورت احساسی به خوبی در ذهن جا می‌افتد! با این حال دیگر دانشمندان به رخدادهای پیچیده‌تری نیز فکر کردند و در آینده فرضیات دیگری مطرح

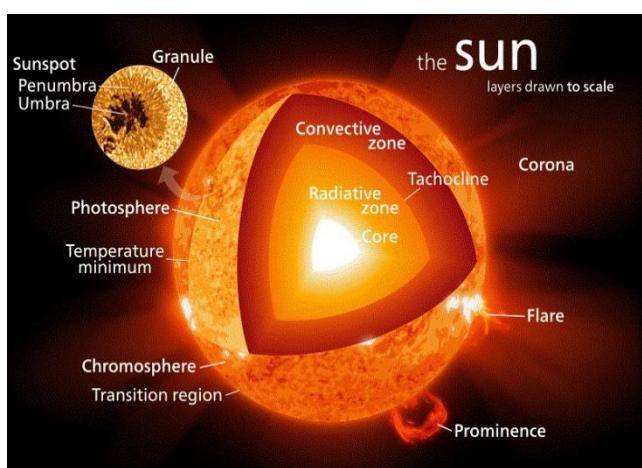


شد. تصادف یک ستاره رهگذر با خورشید توسط چمبرلین و مولتون در سال ۱۹۰۰ بیان شد. فرضیه دیگر که برای خورشید یک ستاره همزاد اختیار می‌کرد، توسط

راسل آمریکایی مطرح شد. وی نیز پیدایش سیارات را به خاطر تصادف این همزاد با خورشید می‌پنداشت. لیتلتون بر این گمان بود که عبور یک ستاره سرگردان، همزاد خورشید را دور کرده و باعث تجزیه آن و تشکیل سیارات شده است. فرد هویل انگلیسی نیز باور داشت که همزاد خورشید به یک سوپر نوا دگرگون شده و قبل از ترک خورشید، خرده ریزهایی را پیرامون خورشید به جا گذاشته است. کوئیپر نیز فرض کرده بود که دستگاه خورشیدی از تقسیم یک توده به دو بخش پدید آمده که بخش بزرگ به خورشید و بخش کوچکتر به سیارات بدل گشته‌اند.

تمامی این فرضیات و نظرات دیگری که بیان شد، دارای اشکال بودند و این نظریه کانت-لاپلاس بود که به تدریج پیروز میدان شد. گرایش به این نظریه توسط اتو اشمیت روسی و ویتسزکر آلمانی صورت گرفت. این دو دانشمند در سال ۱۹۵۰ کلیات نظریه را پذیرفته و شروع به تکمیل آن نمودند.

وجود عناصر سنگین در خورشید و سیاراتش دلالت بر یک چیز دارد: این ستاره از نسل دوم یا سوم است. بدین معنا که غبار فضایی ناشی از انفجار سوپر نواها در تشکیل آن نقش داشته است. دستگاه خورشیدی حدود  $4/5$  میلیارد سال پیش از یک فروپاشی



گرانشی درون یک سحابی کهکشان راه شیری متولد شد. در حالیکه بیش از  $99/8\%$  ابر مولکولی به مرکز این سامانه فرو پاشید و خورشید را تشکیل داد، باقیمانده آن به سیارات

چرخان تبدیل گشت. فوران فوتون‌ها و ذرات باردار از سطح آن توسط بادهای

خورشیدی سبب پراکنده شدن غبار اطرافش شد. در ابتدا صدها پیش‌سیاره تشکیل شد که برخی در هم ادغام شده، برخی از بین رفته و برخی نیز رشد نکرده و سیارک‌ها را شکل داده‌اند.

### سیارات زمین:

برای تشکیل هسته یک پیش‌سیاره، به ترکیبات جامد و متراکم نیاز است. با توجه به اینکه بیرونی‌ترین لایه غار تشکیل دهنده سیارات، سردترین قسمت آن نیز بوده است، موادی چون آب، آمونیاک، متان و مانند آن به صورت جامد و فراوان در آنجا وجود داشته و هسته بزرگ سیارات بیرونی از همین مواد تشکیل یافته‌اند. در ادامه، هسته بزرگ و حجمی این سیارات با جذب هیدروژن و هلیوم اطراف خود، به سیارات بزرگ دستگاه خورشیدی بدل گشته‌اند که شامل مشتری، زحل، اورانوس و نپتون می‌باشند.

آن بخشی از ابرها که به خورشید نزدیک‌تر بوده است، به خاطر دمای بیشتر، سیارات متفاوتی را پدید آورده است. زمانی که دمای آن بخش از سحابی خورشید حدود ۱۰۰۰ درجه بوده است، آهن متراکم، هسته این سیارات را تشکیل داد و پس از کاهش دما، مواد سیلیکاته باعث رشد و تکامل آنها شد. کم بودن درصد عناصر فلزی، اندازه‌ی کوچکتر این سیارات درونی را رقم می‌زند. این سیارات شامل زهره، عطارد، زمین و مریخ می‌باشند.

عدم تشکیل سیاره در مرز میان سیارات دور و نزدیک، یعنی خلأیی که میان مشتری و مریخ وجود دارد نیز بدین ترتیب توجیه می‌شود. نیروی گرانش ابر سیاره مشتری، شانس تشکیل هسته یک سیاره را در این کمربند از میان برده است و در عوض، تعداد بسیار زیادی از سیارک‌های سرگردان در این ناحیه شکل گرفته‌اند. برخی دیگر از سیارک‌ها نیز به کمربند کوئیپر و ابر اورت منتقل شده‌اند. سیارک‌های میان مریخ و مشتری بزرگ‌ترین پتانسیل خطر برای بقای حیات بر روی زمین را رقم می‌زنند، با این حال، برخورد یکی از آنها در ۶۵ میلیون سال قبل، دایناسورها را از میان برد و زمین

را آماده‌ی تکامل ما انسان‌ها نمود. بنابراین، لازم است که وجود مشتری و آن سیارک را نیز به لیست تمام عواملی که برای پیدایش انسان دست در دست یکدیگر نهادند اضافه کنیم! سیاره غولپیکر مشتری، هم‌اکنون نیز محافظت ماست، چون با جذب بسیاری از انواع سیارک‌های سرگردان، خطر برخورده‌شان با زمین را بسیار کاهش می‌دهد!



سامانه خورشیدی اکنون در بازوی شکارچی کهکشان و در فاصله ۲۷۰۰۰ سال نوری از مرکز آن واقع شده است. این سامانه با ۸ سیاره، ۴۳۹ ماه، ۵ سیاره کوتوله و بیش از ۳۳۰۰ ستاره دنباله‌دار شناخته شده؛ با سرعت ۲۲۰ کیلومتر در ثانیه به دور مرکز کهکشان در حرکت است. با این محاسبات این گردش حدوداً هر ۲۵۰ سال یکبار کامل می‌شود!

..... ۴۶ / از مهبانگ تا انسان

### منابع و برای مطالعات بیشتر:

- تحول ستارگان، میدوز، ترجمه یوسف ثبوتی
- ستارگان: ساختار و تحول آنها، آر جی تیلر، ترجمه تقی عدالتی
- اسرار کهکشان‌ها، گورویچ و چرنین، ترجمه نوکلای، چاپ اول، انتشارات آستان قدس
- <http://azmoonnews.com/ArticelDetail/2128>
- [http://www.iranjewish.com/NahadHa/khanejavanjan/maghalat/Matana\\_2\\_6\\_Setaregan.htm](http://www.iranjewish.com/NahadHa/khanejavanjan/maghalat/Matana_2_6_Setaregan.htm)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Star>
- <http://www.haftaseman.ir/webdb/article.asp?id=1255>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Sun>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Star>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_System#Discovery\\_and\\_exploration](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_System#Discovery_and_exploration)

## فصل چهارم

### تولد زمین



زمین نیز همانند دیگر سیارات، از تراکم نسبتاً سریع گازها و غبار پیرامون خورشید آغازین پدید آمد. حدود ۴/۵ میلیارد سال قبل، زمانی که حجم زمین به حدود ۱۰ درصد حجم امروزیش رشد کرد، با نیروی جاذبه خود توانست سیارکان و خردهریزهای اطراف را جذب کرده و با سرعت بیشتری رشد کند. گرمای شدید حاصل از این برخوردها سبب تبخیر شهاب‌سنگ‌ها شد. با ادامه این فرآیند که احتمالاً چندین میلیون بار تکرار شد، مواد فرار و سبک از سطح زمین تبخیر شده و جوّ آغازین آن را بنا

نهاد. مواد سنگین نیز که در پوسته زمین باقی ماندند، لایه خارجی گداخته زمین را به عمق احتمالاً ۱۰۰۰ کیلومتر پیدید آورد.

با گذشت زمان، ایزوتوب‌های رادیو اکتیو به بخش‌های درونی این سیاره نفوذ کرده و با افزایش دما، مواد متسلکه آن را به حالت گداخته و مذاب درآورده. در نهایت نیروی گرانش، مواد چگال‌تر را به درون خود کشید و هسته آهنی زمین را که در آینده باعث پیدایش میدان مغناطیسی زمین شد، به وجود آورد. پیرامون این هسته آهنی را نیز لایه‌ای از سنگ‌های سیلیسی احاطه کرد. این فرآیند حدود ۱۰ تا ۲۰ میلیون سال به طول انجامید.

### پیدایش ماه:

تاریخ نگاری رادیو متریک از سنگ‌های ماه، پیدایش آن را حداقل ۳۰ میلیون سال



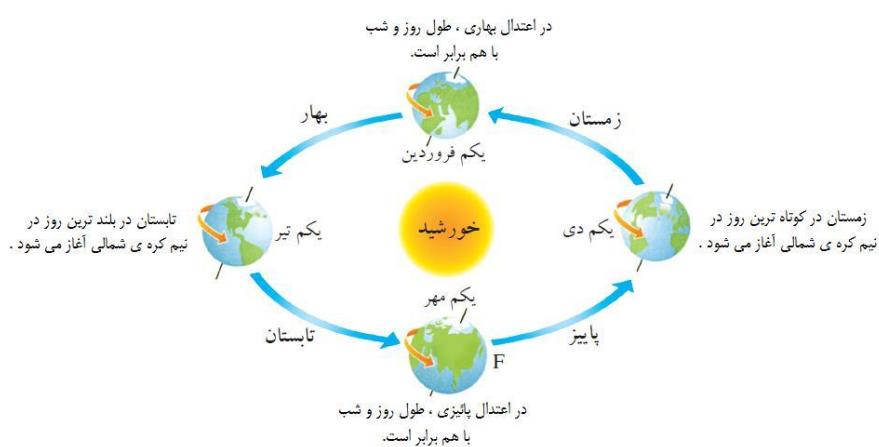
پس از سامانه خورشیدی نشان می‌دهد. مدارک جدید این تاریخ را به ۷۰ تا ۱۱۰ میلیون سال افزایش داده است. ماه نسبت به سیاره خود، در دستگاه خورشیدی بزرگ‌ترین سیاره است. تئوری چگونگی تشکیل ماه باید

چند واقعیت را توضیح دهد: چگالی ماه ( $\frac{3}{3}$  g/ml) در مقایسه با چگالی زمین (g/ml ۵/۵) کم بوده و تنها یک هسته فلزی کوچک دارد. نشانی از آب و مواد فرار دیگر بر روی ماه نیست. فراوانی ایزوتوب‌های اکسیژن بر روی ماه و زمین یکی است!

## تولد زمین / ۴۹

از این رو، بهترین تئوری ارائه شده، موسوم به برخورد بزرگ، ماه را تکه‌ای جدا شده از زمین می‌داند که در اثر برخورد با یک سیاره به نام تیا که هماندازه مریخ بوده به وجود آمده است. طبق محاسبات، این برخورد ۱۰۰ میلیون بار قوی‌تر و پرانرژی‌تر از شهاب‌سنگی بوده که باعث انقراض دایناسورها شد! این انرژی باعث ذوب لایه‌های بیرونی هر دو سیاره و پرتاب آنها به مدار خارج زمین شده است. بیشتر این مواد از عناصر فلزی تخلیه شده و در عرض چند هفته جذب یکدیگر گشته و ماه را تشکیل داده اند. ماه پس از پیدایش، به تدریج از زمین دور و دورتر شد. بر هم کنش جاذبه ماه و زمین باعث ایجاد جزر و مد در اقیانوس‌ها، پایداری شب محوری زمین و کاهش بسیار تدریجی سرعت چرخش زمین به دور خود می‌شود. به نظر می‌رسد بدون وجود ماه، انسان بر روی زمین قدم نمی‌گذاشت.

در حال حاضر زمین سومین سیاره سامانه خورشیدی است که در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید با سرعت حدود ۳۰ کیلومتر در ثانیه به دور آن و با سرعت حدود ۱۷۰۰ کیلومتر در ساعت به دور خود می‌چرخد. تنها یک انحراف ۲۳ درجه‌ای از محور چرخش موضعی باعث شده که هنگام حرکت سالانه، زاویه تابش خورشید به نیمکره شمالی و جنوبی زمین تغییر کرده و فصل‌ها به وجود بیایند.



این سیاره چگال‌ترین و از نظر بزرگی پنجمین سیاره است. همچنین در میان چهار سیاره سنگی، یعنی تیر، ناهید، زمین و مریخ، زمین بزرگترین آنهاست. نزدیک به ۷۱٪ از سطح زمین با اقیانوس‌ها پوشیده شده است و باقیمانده آن را قاره‌ها و جزیره‌ها تشکیل می‌دهند که خود آنها نیز تعداد زیادی دریاچه و دیگر سرچشمه‌های آبی را در خود جای داده‌اند. بیشتر سطح قطب‌های زمین از بخ یا دریایی یخ زده پوشیده شده است. ساختار درونی زمین پویاست و لایه‌های آن عبارتند از لایه ضخیم گوشه‌جامد، لایه هسته بیرونی که مایع است و میدان مغناطیسی را تولید می‌کند و لایه هسته درونی که آهنی و جامد است. پوسته زمین نیز عمدتاً از اکسیدهای فلزی، به ویژه سیلیکا، آلومینا، آهک و اکسیدهای آهن و پتاسیم تشکیل شده و جو آن شامل نیتروژن، اکسیژن و مقادیر کمی دی اکسید کربن، بخار آب و آرگون می‌باشد.



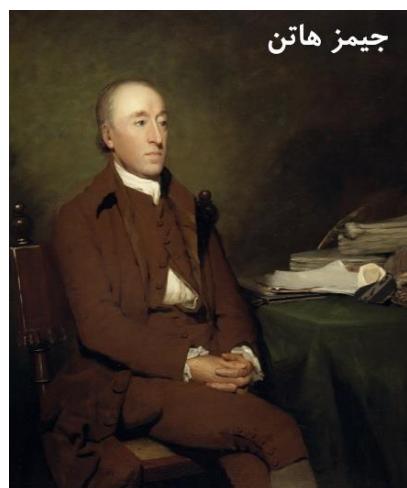
### تاریخ زمین:

زمین از بدو تولدش تاکنون دچار آشوب‌های فراوانی شده است؛ زمانی گویی از آتش و گاهی سرتاسر یخ، زمانی کاملاً پوشیده از آب‌های خروشان و گاهی دارای اتمسفر مسموم، با این اوضاع این سیاره چگونه به تنها مسکن شناخته شده برای موجودات زنده تبدیل شد؟ اگرچه امروزه زمین، خانه‌ی ۱۰ تا ۱۴ میلیون گونه از زندگی است، اما این تعداد فقط حدود ۰/۱٪ از موجودات زنده بسیار خوششانسی هستند که باقی مانده‌اند. بیش از ۹۹/۹٪ آنها منقرض شده‌اند! در هر صورت خیلی عوامل دست به دست هم داده اند تا حیات و به ویژه انسان قدم بر روی زمین بگذارد.



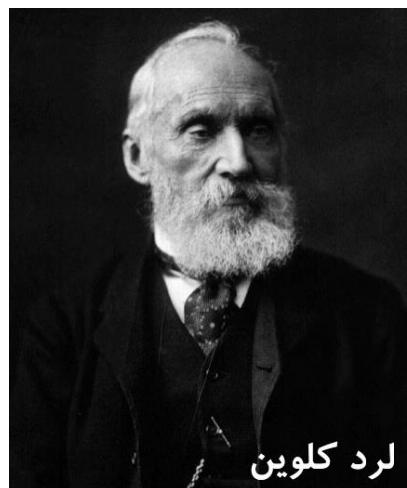
بیش از ۲۰۰ سال است که دانشمندان به شکلی خستگی‌ناپذیر در تلاش برای شناخت تاریخ و چگونگی شکل‌گیری زمین هستند. اگرچه سال‌های متتمادی کشیشان با استناد به انجیل به عنوان یگانه مرجع دانش، عمر زمین را ۶۰۰۰ سال بیان می‌کردند، اما حدود اوخر قرن هفدهم یک زمین‌شناس اسکاتلندي به نام جیمز هاتن با مشاهده لایه‌های سنگی به این نتیجه رسید که آنها خیلی به کندی در اثر رسوبات شکل گرفته اند. او حدس می‌زد که تشکیل لایه‌های سنگی در زیر دریاها بیش از صدها هزار سال

طول کشیده است. تحقیقات او نشان می‌داد که سنگ‌ها قابل اعتمادتر از انجیل می‌باشند!



در بدو تولد، زمین همچون یک گوی آتشین با اقیانوسی از سنگ مذاب و دمایی حدود  $450^{\circ}$  درجه سانتیگراد بوده است. چنین تولدی برای زمین، اولین بار توسط کلوین پیشنهاد شد. وی با مشاهده آتشفسان‌ها به این نتیجه رسید که زمانی تمامی زمین همچون درونش مذاب بوده و آهسته و پیوسته، پوسته آن خنک شده و به صورت امروزین در آمده است.

بدین ترتیب وی از ترمودینامیک برای محاسبه عمر زمین استفاده کرد. در یک آزمایش ساده، شما نیز می‌توانید دو گوی کروی با قطرهای مختلف را به دمای اولیه



زمین رسانده و اختلاف زمان سرد شدن آنها را تا دمای محیط اندازه بگیرید. از طریق مناسب کردن این اختلاف قطر گوی‌ها با قطر زمین می‌توان زمان سرد شدن این سیاره را به دست آورد. کلوین با روش‌های دقیق‌تر، عمر زمین را  $20$  میلیون سال محاسبه کرد. آنچه که سبب اشتباه محاسبات کلوین می‌شد، بی‌اطلاعی طبیعی ایشان از یک منبع گرمایی درون زمین بود که از خنک شدن زمین مطابق آنچه کلوین می‌پندشت، جلوگیری می‌کرد: رادیو

اکتیویته!

**عمر دقیق زمین:**

در ابتدای پیدایش زمین، عناصر رادیو اکتیو اورانیوم، توریوم و پتاسیم فراوان بود. تجزیه این عناصر، زمین را به مدتی بسیار طولانی گرم نگه می‌داشت. نکته جالب اینکه در نهایت همین عناصر رادیو اکتیو بودند که به دقیق‌ترین روش برای تعیین طول عمر زمین و سنگ‌ها تبدیل شدند در سال ۱۹۱۱ یک دانشجوی ۲۱ ساله زمین‌شناسی به

نام آرتور هولمز بریتانیایی پیشگام این روش شد. تجزیه اورانیوم به سرب که با سرعت ویژه‌ای انجام می‌پذیرد، اساس کار را تشکیل می‌دهد. هولمز نیز با اندازه گیری نسبت اورانیوم به سرب در بلورهای سنگی می‌توانست قدمت آنها را محاسبه کند. بدین ترتیب عمر زمین از میلیون به سمت میلیارد سال جهش کرد. محاسبات از یک میلیارد سال آغاز

شد و با بهبود فرآیند کار به سه و در نهایت به ۴/۵ میلیارد سال افزایش یافت! عدد آخر به اندازه‌ای تکرار پذیر بود که از سوی جامعه علمی کاملاً پذیرفته شد. این دنیای شیرین علم در پس تمام دشواری‌های لذت‌بخش جستجوی واقعیت است. اطلاعات و واقعیت‌های علمی گم نمی‌شوند، فقط خود را چنان مخفی می‌کنند که تنها افراد کنجکاو، خستگی ناپذیر و تشنه علم می‌توانند آنها را بیابند!



آرتور هولمز

**پیدایش اقیانوس‌ها:**

آب از مهمترین اجزایی است که سیاره زمین را آماده پذیرش حیات نمود. یک میلیارد سال پس از تولد زمین، سرتاسر این سیاره را آب فرا گرفته بود. اما قبل از آن

هم آب وجود داشته است و دانشمندان اثراًن را حتی در ۱۰۰ میلیون سال اولیه زمین یافته‌اند! این سنجش توسط بلورهای زیرکون حامل اورانیوم صورت می‌گیرد که علاوه بر قدمت‌سنگی زمین، آثار شیمیایی آب را نیز در خود نگه می‌دارند. با تولید اتم اکسیژن توسط سوپرنواها و ترکیب آن با هیدروژن موجود در سحابی‌ها، آب به وجود می‌آید و بخشی از آن نیز در زمین اولیه محبوس بوده است، اما این همه آب بر روی زمین از کجا آمده است؟! هنوز توافقی علمی در این زمینه حاصل نشده است! برخی دانشمندان خواستگاه اصلی آب را در فضای خارج زمین جستجو می‌کنند: سیارک‌ها و ستاره‌های دنباله‌دار! اینها منابعی غنی از آب بوده و می‌توانسته‌اند با سقوط خود، زمین را آبیاری کرده باشند. در هر صورت همراه با خنک شدن زمین، مقادیر زیادی دی‌اکسید کربن و



بخارآب، جو غلیظ زمین را تشکیل دادند. فرآیند چند صد میلیون ساله نشت تدریجی آب ذخیره شده در مواد معدنی و فوران

آتشفشنان‌ها، منبع تولید بخار آب بوده‌اند. بدین ترتیب ضخیم‌ترین ابرهای تاریخ زمین در جوّ شکل گرفته بودند. با خنکتر شدن زمین در حدود ۴ میلیارد سال قبل ... در پیرامون‌ترین منطقه دنیا یعنی چراپونجی هندوستان حتی ۶ ماه باران بی‌وقفه گزارش شده است. اما این در مقابل باران ۴ میلیارد سال قبل، آب بازی هم محسوب نمی‌شود! در آن زمان توفان‌های تندری آغاز شده و برای هزاران هزار سال باران می‌بارد! در پایان این بارش ۹۰٪ سطح زمین از اقیانوس‌های عمیق پوشیده شده بود. اقیانوس‌هایی که به خاطر مقادیر زیاد آهن، رنگشان سبز زیتونی بود. در همان زمان، آسمان به خاطر

غلظت بالای دی اکسید کربن سرخ رنگ می‌نمود. فشار اتمسفر می‌توانست بدن آدمی را له کند و دما به نزدیکی نقطه جوش آب می‌رسید. این شرایط حدود ۵۰۰ میلیون سال دیگر دوام آورد تا اینکه ...



فعالیت آتشفشن‌ها از سر گرفته شد. این بار سنگ‌های سخت و سبک گرانیت از دل آنها به بیرون فوران می‌کرد. سبکی گرانیت باعث قرار گرفتن آن روی پوسته بازالتی اقیانوس‌ها شد و سختی و مقاومت آن در برابر

فرسایش و نیروی خروشان اقیانوس‌ها، باعث تشکیل قاره‌ها شد! بنابراین نخستین قاره‌ها حدود ۳/۴ میلیارد سال قبل پیدا شده و توسعه یافته‌ند. این قاره‌ها تا همین امروز نیز در حال تغییر و جابجایی می‌باشند.

از این زمان به بعد، استرو ماتولیت‌ها که معمولاً در نواحی کم‌عمق تشکیل می‌شدند،



چهره زمین را دگرگون کردند. این توده‌های زنده که عمدها از سیانو باکتری‌ها تشکیل می‌شدند و به آنها جلبک‌های آبی نیز می‌گویند، برای اولین بار با عمل فتوسنتر، گاز اکسیژن را تولید و روانه اقیانوس‌ها و جو زمین

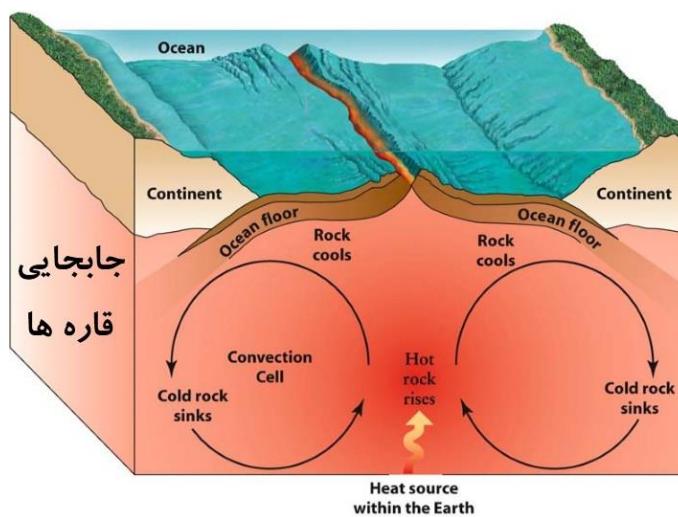
کردند. این اکسیژن با اکسید کردن آهن اقیانوس‌ها و رسوب آنها، رنگ این آبهای را از سبز به آبی تغییر داد. همچنین رقیق شدن جو توسط اکسیژن، رنگ آن را از سرخ به

آبی متمایل ساخت و بدین ترتیب پس از حدود دو میلیارد سال با تولید اکسیژن، سیاره آبی رنگ خلق شد.

### جابجایی قاره‌ها:

در ۱/۵ میلیارد سال قبل تقریباً ۲۵٪ زمین از قاره‌ها پوشیده شده بود. حیات در حال تکامل بود. اما این قاره‌ها به شکلی آرام و نامحسوس در حال حرکت و جابجایی بودند! حتی تا اوایل قرن بیستم، باور بر این بود که قاره‌ها ثابت هستند. اما فسیل‌هایی مانند تریلوبایت‌ها که قادر به انتقال از طریق اقیانوس‌ها نیستند و در چند قاره پیدا شده اند، معماً عجیبی را پیش روی زمین‌شناسان می‌گذارد! در سال ۱۹۱۲ این آفراد واگنر آلمانی بود که برای اولین بار جابجایی قاره‌ها را مطرح کرد. وی با اشاره به فسیل‌های پراکنده و تناسب در برآمدگی و فرورفتگی قاره‌ها، بیان داشت که قاره‌ها در گذشته به یکدیگر چسبیده بوده و سپس از هم جدا شده‌اند.

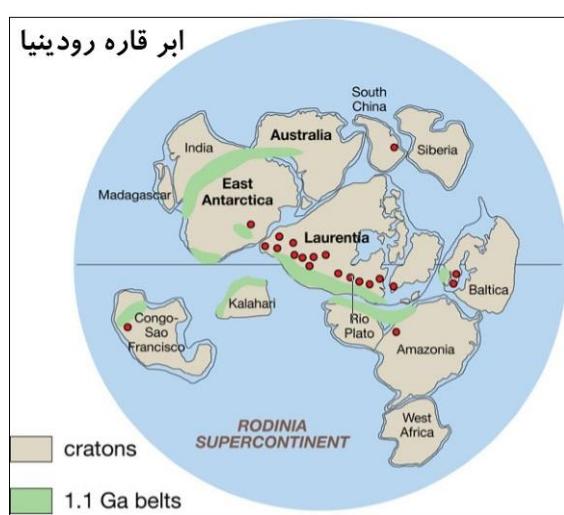
در اعماق زمین، جایی که جبه وجود دارد، یک جریان همرفتی از گرما به واسطهٔ سنگ‌های مذاب شکل می‌گیرد. در ناحیه‌ای که این جریان به سطح نفوذ می‌کند؛ صفحات شکاف خورده و گسل پدید می‌آید. در این شکاف، پوسته جدید اقیانوسی



تشکیل می‌شود. در بخشی از زمین که جریانات جبه به سمت اعماق زمین می‌روند، همچون چسب روان، پوسته اقیانوسی قدیمی را نیز همراخ خود به

داخل می‌کشند. تشکیل پوسته جدید و فرو رفتن پوسته قدیم، فرآیندی است که جابجایی صفحات اقیانوسی را سبب می‌شود. قاره‌ها بر روی این صفحات قرار دارند و بدین ترتیب، قاره‌ها نیز حرکت می‌کنند. چنین فرآیندی امروزه در ایسلند به خوبی قابل مشاهده است. جابجایی قاره‌ها حدود ۲/۵ سانتی‌متر در سال است.

در زمان جنگ جهانی، نیروی دریایی آمریکا نقشه نسبتاً کاملی از کف اقیانوس‌ها به منظور جنگ زیردریایی‌ها تهیه کرد. این نقشه نمایشگر کوه‌ها، گسل‌ها و آتش‌شان‌هایی بود که در کف اقیانوس‌ها وجود داشته و پوسته آنها را به صفحات عظیمی تقسیم کرد. همین صفحات، زیربنای علم جدید تکتونیک صفحه‌ای را بنا گذاشت. علم تکتونیک صفحه‌ای می‌تواند تا یک میلیارد سال گذشته را ردیابی کند. در این زمان تمام قاره‌ها به



یکدیگر نزدیک شده و در قطب جنوب به یکدیگر می‌چسبند و بزرگترین صحرای خشک و بی جان تاریخ زمین را به نام رودینیا تشکیل می‌دهند. رودینیا نه تنها خود عاری از حیات بود، بلکه می‌رفت که حیات اقیانوس‌ها و کل زمین را نیز منقرض کند! در آن زمان

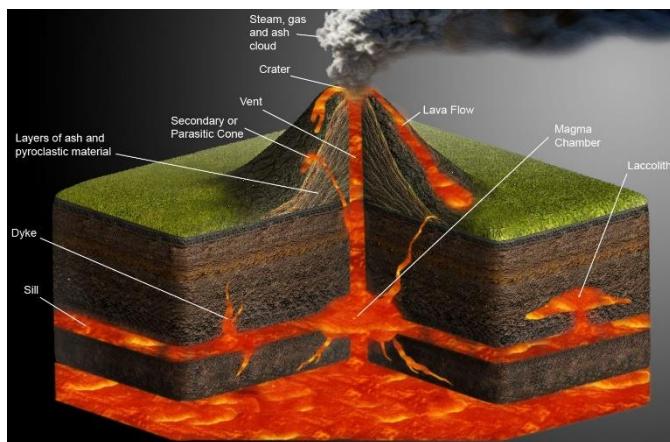
اشکال نخستین زندگی به موازات استرو ماتولیت‌ها در حال رشد بودند، اما ... !

حدود ۷۰۰ میلیون سال پیش، ابر قاره رودینیا مسیر جریان آب گرم استوا به سمت قطب‌ها را مسدود می‌کند. بدون این جریان گرم، مناطق قطبی منجمد شدند. همین‌که بخش بزرگی از قطب‌های زمین یخ زد و به رنگ سفید درآمد، یک واکنش زنجیره‌ای ادامه یافت. بخش یخزده، نور خورشید را منعکس کرد و به نوبه خود باعث سردتر شدن

زمین شد. سرمای بیشتر معادل با افزایش سطح یخی بود که به نوبه خود نور بیشتری را منعکس می‌کرد. سطوح یخی از قطب‌ها پیشروی کردند و در استوا به یکدیگر رسیدند. نتیجه اینکه بزرگترین انجماد تاریخ زمین رقم خورد و سطح زمین به یک گلوله برفی سفید با دمای  $-40^{\circ}\text{C}$  درجه تبدیل شد! حیات در زیر یک لایه یخی به ضخامت بیش از  $1/5$  کیلومتر و در تاریکی مطلق به دام افتاده بود. بیشتر ارگانیسم‌های زنده در آن زمان نابود شدند و بقیه نیز منتظر چنین سرنوشتی بودند، تا اینکه ...

### آتشفشنان‌ها:

آتشفشنان‌ها به داد زندگی رسیدند! حدود ۶۳۰ میلیون سال قبل، آنها رودینیا را تکه



پاره کردند و با ارسال مقادیر زیادی دی اکسید کربن، همچون گلخانه‌ای زمین را دوباره گرم کردند. صفحات یخی عقبنشینی کردند و حیات از انقراض کامل نجات یافت. پس از این دوره و حدود ۵۰۰ میلیون سال قبل، همراه با افزایش غلظت اکسیژن، ارگانیسم‌های زنده دریابی نیز پیچیده‌تر شدند. عصر کامبریان آغاز شده بود و جانوران شکارچی نیز پا به عرصه حیات گذاشته بودند. در همین زمان جانوران به شکلی تقریباً ناگهانی مجهز به پوسته‌های سخت، اسکلت، دندان و چشم شدند. همین روند سریع پیچیده شدن جانوران، باعث شد که این دوره، انفجار کامبریان نام بگیرد!

تولد زمین / ۵۹



افزایش اکسیژن همراه با تشکیل لایه ازن به نقطه عطفی دیگر در تاریخ زمین تبدیل شد تا جانوران از دریا به خشکی پا بگذارند. لایه ازن با جذب نور خطرناک ماورای بدنفس خورشید، سپر محافظتی جانداران برای مهاجرت به خشکی را کامل کرد. بدین ترتیب ابتدا حشرات بزرگ، دوزیستان و سرانجام خزندگان ابتدایی پا به عرصه خشکی گذاشتند.

### دوره کاربونیفرس:

حدود ۴۰۰ میلیون سال پیش قاره‌ها دوباره به سمت یکدیگر حرکت کرده و پس از ۱۰۰ میلیون سال به یکدیگر پیوستند. آن زمان سطح زمین مملو از مرداب‌های گرم بود. در آن زمان سطح خشکی را انبوهی از درختان و گیاهان بزرگ پوشانده بود. آن دوره موسوم به کاربونیفرس (Carboniferous) بوده و حدود ۶۰ میلیون سال به درازا کشید. حافظه‌ی آن دوره چیست؟ زغال سنگ! چرا زغال سنگ تشکیل می‌شود؟ چون آب شیرین مرداب‌ها از تخمیر و فساد شاخ و برگ و ریشه‌های انباشته شده روی هم جلوگیری می‌کند. گرما، فشار و تراکم این مواد گیاهی زیر لایه‌های سنگی، طی میلیون‌ها سال، زغال سنگ تولید می‌کند. از طرفی آبهای کم‌عمق کنار قاره‌ها، میلیون‌ها

نسل از ارگانیسم‌های دریایی مرده را درون خود حفظ می‌کردند که اینها نیز به نفت و گاز تبدیل شدند.

۲۵۰ میلیون سال پیش یک بار دیگر، زندگی بر روی زمین با تهدید بزرگی روبرو شد. منطقه‌ای که امروزه سیبری نام دارد، آتشفسانی مهیب رخ داد و حدود یک میلیون سال ادامه یافت. به دلیل ناشناخته‌ای توده‌ای بزرگ از جبهه داغ زمین به سمت بالا حرکت کرده، پوسته زمین را شکافته و به دنبال آن مقادیر بسیار زیادی سنگ مذاب و گازهای سمی فوران کرد. این گازها در تمام جو زمین پخش شده و در نهایت بیش از ۹۵٪ گونه‌های زنده نابود شدند!

در این دوره، یعنی حدود ۲۴۰ میلیون سال پیش، ابر قاره پانجیا بر زمین حکم‌فرما شده بود. از میان گونه‌هایی که شанс بقا یافتند، جانورانی سر برآوردند که خطرناک ترین و غول پیکرترین شکارچیان تاریخ لقب گرفتند: دایناسورها! خون نیمه گرم این جانوران، جو سرشار از اکسیژن و محیط گرم ناشی از آتشفسانهای آن دوره سبب رشد بیش از اندازه آنها شده بود. حدود ۱۸۰ میلیون سال قبل یک خیزش جدید آتشفسانی، ابر قاره را از هم گسیخت و تکه‌های حاصله، حرکت خود را برای رسیدن به جایگاه



قاره‌های امروزین آغاز کردند. بدین ترتیب دایناسورها در تمام قاره‌ها پخش شدند. غلظت بالای دی‌اکسید کربن، سبب گرمی هوا شده و جنگلهای گرمسیری، زمین را فرش کرده بودند. این بهترین شرایط برای حکم‌فرمایی دایناسورها بر روی، خشکی، دریا و هوا بود. با این حال شرایط زمین برای همیشه یکسان نمی‌ماند.

### شهاب‌سنگ سرنوشت‌ساز:

حدود ۶۵ میلیون سال پیش، دایناسورها به همراه بیش از ۷۰٪ گونه‌های زنده روی



زمین به طور ناگهانی منقرض شدند. مدت‌ها این اتفاق یک معماً بزرگ برای دانشمندان بود. اکنون بیشتر آنها باور دارند که این بار حمله از فضا صورت گرفته است:

برخورد یک سیارک به زمین! شواهد کدامند؟ لایه‌ای از سنگ با قدمت ۶۵ میلیون سال و غلظت بالایی از عنصر ایریدیم! این عنصر بر روی زمین کمیاب است و منبع آن سیارک‌ها می‌باشد. چنین لایه‌ای که به لایه سنگ قبری مشهور است، نشانگر حمله یک شهاب‌سنگ می‌باشد! سند بعدی کشف دهانه انفجاری چیکسلوب (Chicxulub) در مکزیک است که حدود ۱۸۰ کیلومتر قطر دارد. عمر این قیف چقدر است؟ ۶۵ میلیون سال! میزان ایریدیم در لایه سنگ قبری نشان می‌دهد که قطر شهاب‌سنگ مرگ حدود ۱۰ کیلومتر یعنی چیزی شبیه کوه اورست بوده که با سرعت ۲۰۰ کیلومتر در ثانیه به زمین برخورد نموده و قیف چیکسلوب را به وجود آورده است!

نکته عجیب این است که در همان زمان، آتشفسان‌های بزرگی در هند نیز رخ داد و گازهای سمی آن به اندازه برخورد سیارک به زمین برای موجودات زنده مرگ‌آور بود. در رویداد فاجعه‌آفرین در یک زمان! کدامیک تأثیر بیشتری داشت؟ معلوم نیست! آنچه واضح است، ابر غباری که از این دو فاجعه در آسمان پخش شد، مدت‌ها جلوی نور خورشید را گرفت و در نهایت تعداد بی‌شماری از موجودات زنده همراه با دایناسورها از میان رفتند. انقراض دایناسورها، محیط زمین را برای رشد پستانداران و از جمله انسان آماده ساخت!

### شکل گیری امروزین زمین:

زمین طی ۱۰۰ میلیون سال اخیر به سمت اشکال امروزین خود حرکت کرد. رشته کوههای زمین در اثر نکتونیک‌های صفحه‌ای به وجود آمدند و رشد کردند. برخی از آنها همچون رشته کوههای آلپ در اثر برخورد صفحات دو قاره اروپا و آفریقا به وجود آمدند. فرسایش کوهها نیز توسط یخچال‌ها، باد و باران صورت گرفت. رودخانه‌ها دره‌ها را شکل دادند.

حدود دو میلیون سال پیش فوران آتشفسان‌های پاناما، آمریکای شمالی و جنوبی را به هم متصل کرد. نتیجه آن دگرگونی در جریان‌های اقیانوسی و به دنبال آن عصر یخ‌بندان جدیدی در زمین بود که ده‌ها هزار سال به طول انجامید. همراه با نوسانات دمای



زمین در دو میلیون  
سال اخیر، عقب گرد  
یا پیشروی صفحات  
یخی نیز تأثیر بسزایی  
در کندن، خرد کردن و  
شکل دادن سطح زمین  
داشت. آخرین عقب‌گرد

یخچال‌ها در ۱۰ هزار سال پیش اتفاق افتاد. در همین دوره، انسان به عصر کشاورزی پا گذاشت و تمدن شد. تمدنی که چهره‌ای جدید به زمین بخشید!

به نظر می‌رسد حدود ۱۵۰۰۰ سال بعد، عصر یخ‌بندان جدیدی پدید می‌آید که حتی نیویورک را در بر می‌گیرد. ۲۰۰ میلیون سال دیگر ابر قاره جدیدی حاصل خواهد شد که دوره جدیدی از انقراض موجودات زنده را در پی خواهد داشت. همزمان با سرد شدن اعماق زمین در حدود دو میلیارد سال آینده، چرخه تکتونیک صفحه‌ای نیز متوقف شده و زمین، اتمسفر و اقیانوس‌ها ایش را از دست داده و همچون مریخ دیگر مکانی مناسب برای رشد موجودات زنده نخواهد بود!



..... ۶۴ / از مهبانگ تا انسان

### منابع و برای مطالعات بیشتر:

• سرگذشت زمین، پاتریک مور و پیتر کترمول، ترجمه عباس جعفری، نشر موسسه  
گیتاشناسی

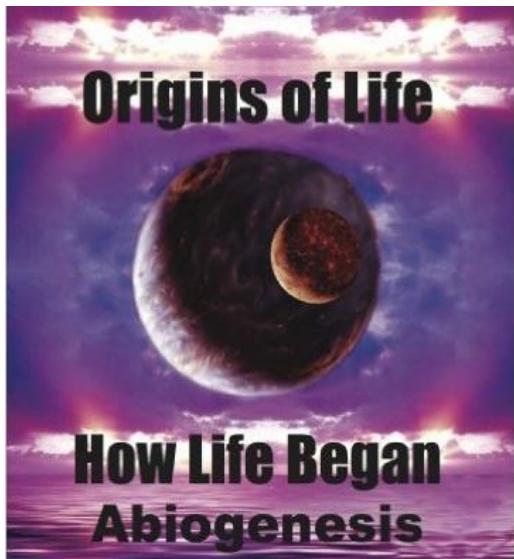
- How the Earth Was Made , Documentary movie by Peter Chinn
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Earth>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_the\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_the_Earth)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/James\\_Hutton](http://en.wikipedia.org/wiki/James_Hutton)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Arthur\\_Holmes](http://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Holmes)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Origin\\_of\\_water\\_on\\_Earth](http://en.wikipedia.org/wiki/Origin_of_water_on_Earth)

## فصل پنجم

### حیات و فرگشت

پیدایش حیات:

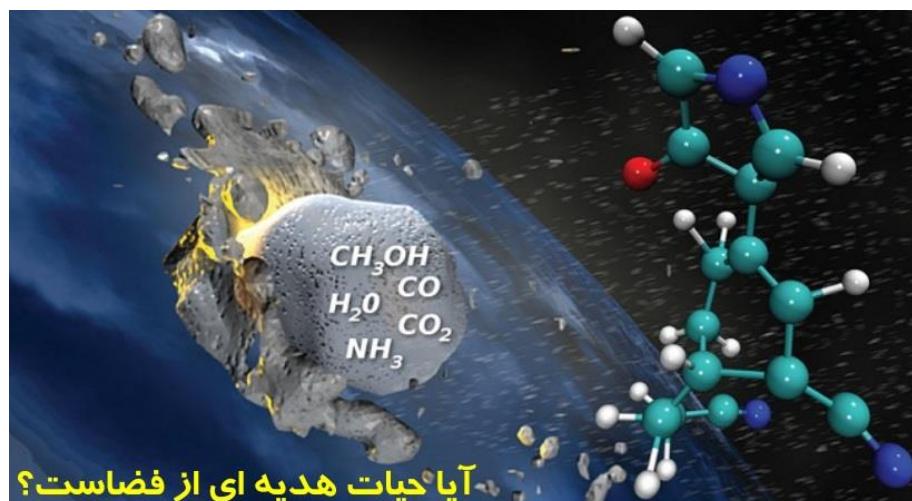
معماه بزرگ و پیچیده‌ای در مورد منشا حیات وجود دارد و ذهن تمامی کنجکاوان خستگی ناپذیر را به سمت خود می‌کشد: چگونه مولکول‌های شیمیایی بی‌جان به موجود



جاندار تبدیل می‌شوند؟! دانشی که در بی یافتن فرآیند طبیعی شکل گیری حیات از مواد بی‌جان است را گویند. Abiogenesis یا حیات‌زایی گویند. این شاخه از دانش اصولاً ارتباطی با فرگشت یا نظریه داروین ندارد. دانش فرگشت به فرآیند تغییرات طبیعی موجودات زنده در طول زمان می‌پردازد. دو ویژگی بسیار مهم که

در تئوری‌های حیات‌زایی مورد توجه است، عبارتند از: همانندسازی و متابولیسم (سوخت و ساز). تاکنون یک تئوری قابل قبول برای پاسخ به پرسش

حیات‌زایی ارائه نشده است. آدمی هنوز نتوانسته است در آزمایشگاه از مولکول‌ها به سلول برسد. البته عدم توانایی انسان در ساخت کارخانه‌ای که علف را به شیر تبدیل کند، دلیلی بر این نیست که شیر گاوها به واسطه معجزه ساخته می‌شود! وجود پرسش و معماهای علمی یکی از جذابیت‌های علم است. اگر همه پرسش‌ها پاسخ داده شوند، با یک بن بست علمی روبرو خواهیم شد و دیگر کنجکاوی معنایی نخواهد داشت! اولین موجود زنده چه زمانی و چگونه در زمین پیدا شد؟ آیا اصولاً روی زمین تولید شد یا از فضا آمد؟!



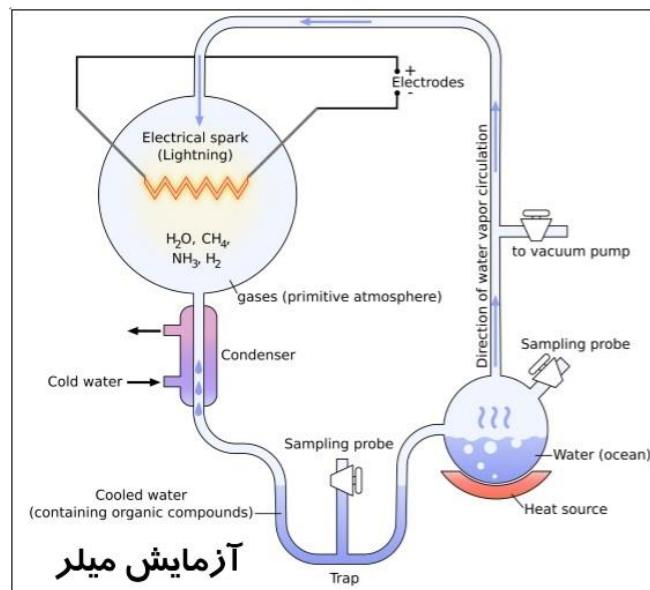
پاسخ علمی به این پرسش‌ها بسیار دشوار است. هرچه در تاریخ زمین عقب‌تر می‌رویم، یافتن مدارک و شواهدی که همچون فسیل‌ها با قاطعیت همه را راضی کند، دشوارتر می‌شود. در ضمن، شرایط اولیه زمین یا دوره هادین (Hadean) که همچون گویی داغ و مذاب بوده است، تقریباً مدرکی از خود باقی نگذاشته است. با این حال زمین‌شناسی به نام استیون مویزش (Stephen Mojzsis) معتقد است که حیات حتی در اواخر این دوره نیز وجود داشته است! وی صخره‌هایی را با قدمت  $\frac{3}{8}$  میلیارد سال یافته که نشانه‌هایی از حیات را درون خود حفظ کرده‌اند! در این صخره‌ها توده‌هایی از کربن وجود دارد که نسبت ایزوتوب آن ویژه موجودات زنده است! تشخیص اینکه این

موجودات زنده چه شکلی بوده‌اند، امکان‌پذیر نیست. اما آنها می‌بایست در شرایط بسیار خشن آن دوره دوام می‌آوردن. موبیزش بر طبق یک شبیه‌سازی کامپیوتری، معتقد است که در اواخر دوره هادین، آب مایع می‌توانسته در برخی نقاط زمین وجود داشته باشد و این مکان‌ها شانسی برای زندگی گونه‌های زنده در اختیار می‌گذاشتند.

### زنگی چگونه آغاز شد؟

پس از شکل‌گیری زمین حدود چند صد میلیون سال، آتشفسان‌های زیادی در حال فعالیت بودند و از آنها پیوسته گدازه و خاکستر فوران می‌کرد. جو زمین سرشار از نیتروژن، هیدروژن، دی‌اکسید کربن، آمونیاک، متان و بخار آب بود. مرداب‌های گرمی نیز بر روی سطح زمین خودنمایی می‌کردند. از اینجا به بعد اتفاقی می‌افتد که هر شیمیدانی قادر به تکرار آن است.

اولین بار دو شیمیدان آمریکایی به نام‌های استنلی میلر و هارولد یوری در سال



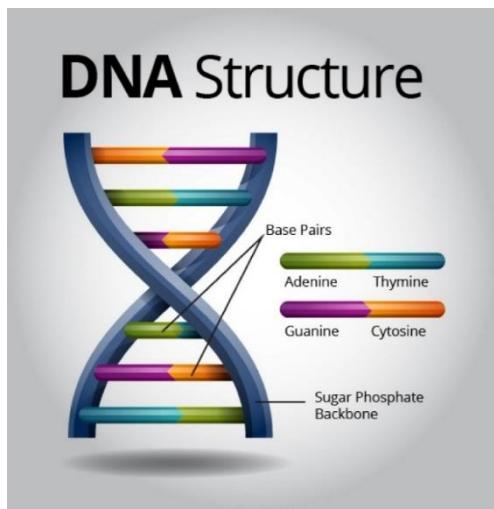
۱۹۵۳ شرایط آن دوره زمین را در آزمایشگاه شبیه‌سازی کردند. آنها گازهای اتمسفر اولیه زمین یعنی هیدروژن، آمونیاک و متان را در یک بالون توزیق کرده و به بالون دیگری در زیر آن که حامل آب گرم بود، متصل کردند.

سپس بالون بالایی را که مشابه اتمسفر آن زمان بود، تحت تأثیر تخلیه الکتریکی و اشعه

ماورای بدن قرار دادند. این تخلیه الکتریکی کار رعد و برق‌های آن زمان را انجام می‌داد. پس از گذشت هفت روز...

یک ترکیب چسبنده قهوه‌ای و سمی در بالن زیرین حاصل شد. پس از آزمایش معلوم شد که در این ترکیب سمی مولکول‌های زندگی وجود دارد: اسیدهای آمینه! این ترکیبات زیربنای پروتئین‌هایی هستند که استخوان، مو و پوست را می‌سازند. با این حال در هیچ کدام از این آزمایش‌ها، اسیدهای آمینه به سمت ترکیب با یکدیگر و تولید پروتئین پیش نرفته‌اند.

یک تئوری مهم بر مبنای این آزمایش بیان می‌کند که شبیه این اتفاق در مرداب



های گرم زمین از طریق رعد و برق و اشعه ماورای بدن قرار خورشید رخ داده است. ظاهراً تراکم مولکولی، طی میلیون‌ها سال سعی و خطاب سرانجام به ترکیبی به نام ریبو نوکلئیک اسید و پس از آن به دئوكسی ریبو نوکلئیک اسید می‌رسد! این ترکیب همان DNA است! از این پس با معجزه پیدایش ماده زنده و زندگی بر روی زمین روبرو هستیم!

تئوری دیگری که جنیفر بلنک (Jennifer g. Blank) به آن معتقد است، منشاء حیات را هدیه‌ای آسمانی می‌داند، یعنی زمانی که ستاره‌های دنباله‌دار به همراه سیارک‌ها زمین را بمباران می‌کردند. در سال ۱۹۹۹ فضاییمای ناسا تکه‌ای از یک ستاره دنباله دار را به زمین آورد. با آنالیز مواد آن، دانشمندان ترکیبات حیات را در آن یافتند: اسیدهای آمینه! اما کدام عقل سلیم باور می‌کند که موجود زنده یا حتی ترکیبات

## حیات و فرگشت / ۶۹

سازنده حیات، سوار بر یک ستاره دنباله‌دار با سرعتی بالغ بر ۳۲۰۰۰ کیلومتر بر ساعت به زمین بخورد کنند و جان سالم به در برد؟! جنیفر با شبیه‌سازی کامپیوتری متوجه شد که اگر بخورد با زاویه ۱۵ درجه صورت گیرد، چنین احتمالی وجود دارد. در آزمایش واقعی تر وی گلوله‌ای را که حاوی آب و اسید آمینه بود با سرعتی بیش از ۲۵۰۰ کیلومتر بر ساعت شلیک کرد و باز هم بخشی از اسید آمینه باقی مانده بود!

**واحد حیات:**

اینکه اسیدهای آمینه از فضا آمدند یا بر روی زمین تولید شده‌اند یا هر دو، پاسخ پرسش اصلی ما نیست. پرسش اصلی، چگونگی خلق سلول زنده است. برای پیشروی به سوی حل این معما، در نظر گرفتن یک موضوع مشترک در تمامی گونه‌های زنده خیلی مهم است. آنچه که یک موجود زنده را به یک سیستم با مرزبندی مشخص نسبت به محیط تبدیل می‌کند: پوسته!

واحد حیات، یعنی سلول نیز دارای پوسته‌ای است که ورودی‌ها و خروجی‌ها را کنترل می‌کند. جک شاستک (Jack Shostak)، زیست‌شناس آمریکایی با الهام از حباب‌های صابون که از اسیدهای چرب و در اثر کاهش نیروی کشش سطحی آب ساخته



می‌شوند، معتقد است که پوسته‌های نخستین سلول‌ها نیز از اسیدهای چرب حاصله در همان مرداب‌های گرم به وجود آمده‌اند. وی شرایط شیمیایی یک چشمۀ آب گرم را در آزمایشگاه بازسازی کرد و نتیجه اینکه :

اسیدهای چرب تشکیل شدن! او این اسیدها را با آب، نمک و اسیدهای آمینه مخلوط

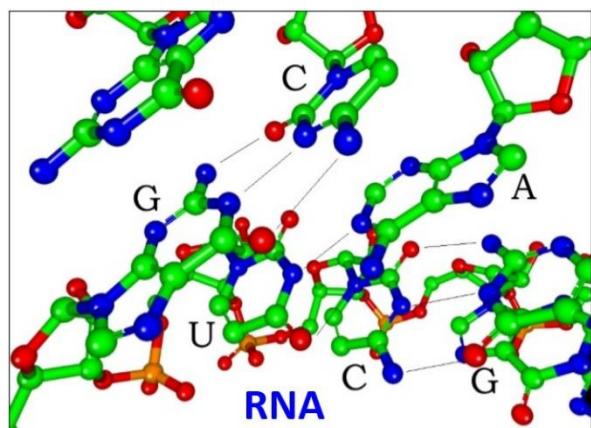
کرده و در زیر میکروسکوپ به مشاهده این سوب پرداخت و حباب‌های ریزی که شبیه پوسته سلول بودند را مشاهده نمود! نکته عجیب اینکه با تکان دادن این حباب‌ها، پوسته آنها رشد کرده و همانند یک حباب صابون تقسیم شدند. شبیه تقسیم سلولی! اما یک سلول واقعی چگونه تقسیم و تکثیر می‌یابد؟

درخت زندگی از DNA شکل گرفته است. هر سلولی برای تکثیر خود به DNA نیاز دارد. هرگاه سلولی تقسیم می‌شود، یک کپی از DNA یا همان اطلاعات خود را در هر دو



سلول نسل جدید باقی می‌گذارد! اما DNA چگونه خلق شد؟ این مولکول از میلیاردها اتم تشکیل شده و بسیار پیچیده است، اما نسخه ساده‌تری از آن نیز وجود

دارد: RNA یا ریبو نوکلئیک اسید که بیشتر دانشمندان زیستی معتقدند پیش ماده DNA است.

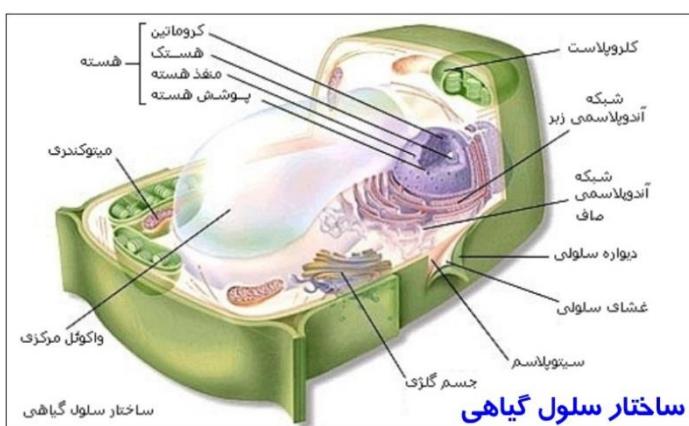


حقان زیادی تلاش کردند تا با ترکیب قندهای ریبوz، پایه‌های اتمی RNA را در آزمایشگاه بسازند، اما موفق نشدند. بیشتر آنها از حرارتی مشابه چشم‌های گرم زمین اولیه برای رسیدن

به این هدف استفاده می‌کردند، اما جان ساترلند (John Sotherland) شرایط دیگر آن دوره همچون سرما، نور خورشید و ... را نیز اعمال کرد. در کمال شگفتی وی موفق شد

به نیمی از ساختار RNA دست یابد! او معتقد است در آینده خواهد توانست RNA را در آزمایشگاه سنتز کند. با محصور کردن RNA در یک غشای فسفولیپیدی که آن هم در آزمایشگاه قابل سنتز است، یک شبه سلول به دست می‌آید. فرآیندی که به نظر می‌آید طبیعت نیز برای رسیدن به سلول آن را طی کرده است! آیا در آینده، منشأ حیات در آزمایشگاه به دست خواهد آمد؟ آیا اصولاً حیات، یک منشأ و یک درخت دارد، یا آنطور که برخی دانشمندان باور دارند دارای دو درخت یا حتی بیشتر است؟ اینها پرسش‌ها و معماهایی برای آینده هستند!

اگرچه ما هنوز منشأ حیات را نیافتیم، اما به خوبی می‌دانیم که DNA ترکیبی از مولکول‌های شیمیایی است که به سلول زندگی می‌دهد. به احتمال زیاد DNA بر روی سیاره زمین تولید شده و درخت زندگی، تحت بنیان نظریه داروین رشد کرده است! DNA حامل کد ژنتیکی یا رمز منحصر به فرد هر موجود زنده برای تکثیر خویش است. با محصور شدن DNA در پوسته یا غشا، ما شاهد پیدایش سلول هستیم که به عنوان واحد حیات شناخته می‌شود. یک سلول اگرچه خیلی کوچک است، اما تمام رفتارهای یک موجود زنده را دارد. غذا می‌خورد، هضم می‌کند، انرژی غذا را جذب و پسمندها را

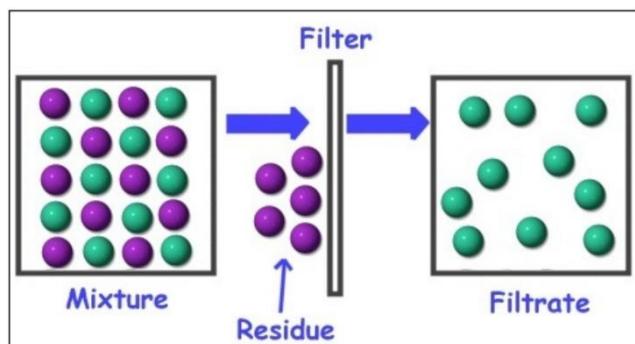


دفع می‌کند و از  
همه مهم‌تر اینکه  
مشابه خود را  
تکثیر می‌کند!  
معماهی حیات را  
باید درون یک  
سلول جستجو  
کرد!

### فرگشت:

آیا امکان پیدایش حیات و فرگشت آن از لحاظ فلسفی وجود دارد؟ این پرسش را می‌توان این‌گونه مطرح کرد: آیا نظم یا سیستم منظم می‌تواند خود به خود به وجود آید؟ در مقاله آنتروپی نوشه خودم، به این پرسش پاسخ داده شده است. اگر نیروی گزینشگری وجود داشته باشد، از دل تصادف نیز نظم حاصل می‌شود. مثال آن حرکات لرزشی و تصادفی در یک جعبه میوه است که نیروی گزینشگر جاذبه سبب بالا آمدن میوه‌های بزرگتر می‌شود، به طوریکه هر بیندهای احساس می‌کند این یک چیدمان است نه حاصل تصادف! نمونه دیگر ریختن مقداری شن و ماسه در یک غربال و تکان دادن تصادفی آن است. تنها ماسه‌هایی که از سوراخ‌های غربال کوچکترند از درون آن رد شده و بقیه فیلتر می‌شوند. کار فرگشت چیست؟ عبور موجوداتی که با شرایط محیط سازگارند و منقرض کردن

آنها بایی که ناسازگارند.  
مثال را می‌توانید تا حد  
امکان ساده کنید.  
موجودات زنده‌ای را در  
نظر بگیرید که هر چند  
وقت به درون غربالی



هدایت و فیلتر می‌شوند. یک سری از غربال عبور کرده و راه زندگی را پیش می‌گیرند و بقیه که درون غربال باقی مانده‌اند، نابود می‌شوند.

ما با شنیدن نام غربال فقط اندازه در ذهنمان مرور می‌شود. اما این یک استعاره است. شرایط محیطی، فیلترهای گوناگونی سر راه موجودات زنده قرار می‌دهد: مقدار و نوع کالری، دما، اتمسفر، آب، خشکی، آفتاب، آتشفسان، سیل، زلزله، شکارچی‌ها، دشت، جنگل، کویر، کوهستان و بسیاری دیگر که در ذهن ما نیز نمی‌گنجد! به قدری این فیلترها متنوع و زیادند که انتظار بر این است که تمامی موجودات زنده منقرض شوند،

اما زندگی و حیات نیز حقه‌های خود را دارد: متنوع‌تر از فیلترها! چگونه؟ با جهش‌های ژنتیکی، شارش ژنی و نیز جنسیت و نوترکیبی! موضوع جنسیت که از صفات خود ماست، جالب‌تر است. جنسیت، بی‌جهت خلق نشده است. گونه‌های دو جنسی، تنوع

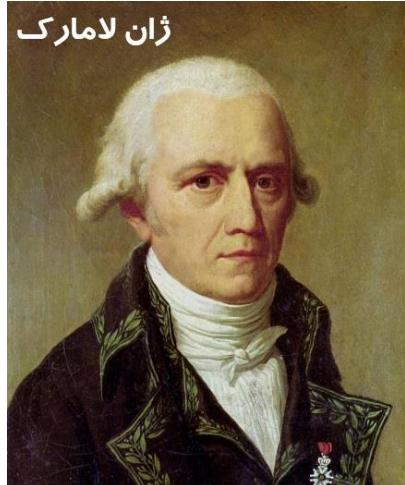


بیشتری در ژن‌ها ایجاد نموده و در بالا رفتن از شاخه‌های درخت تکامل موفقیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. با تنوعی که موجودات زنده با این روش‌ها از خود ایجاد می‌کنند، موفق شده‌اند چندین میلیارد سال از غربال‌های

پیش روی خود در زمین عبور کنند. هر چند که ۹۹/۹٪ آنها از میان رفتند!

### نظریه فرگشت:

اولین تئوری نوین و وسوسه‌انگیز تکامل در سال ۱۸۰۹ توسط ژان لامارک، زیست

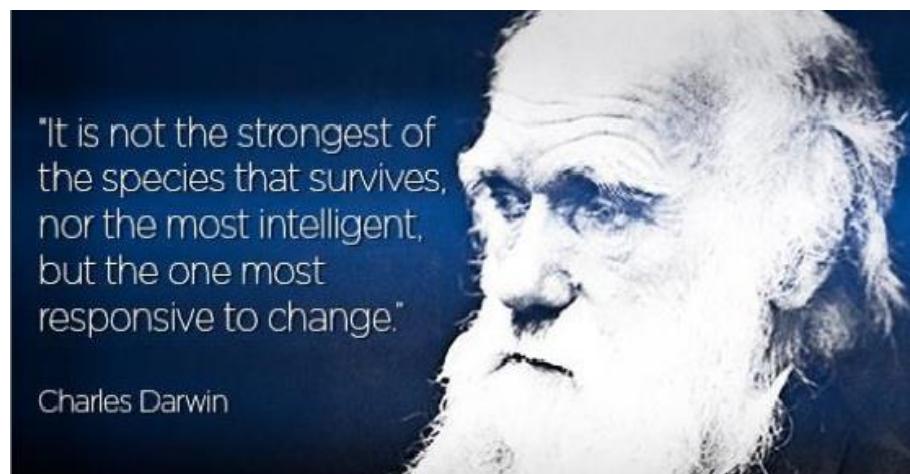


شناس فرانسوی بیان شد. وی معتقد بود، صفات و اندوخته‌های اکتسابی به فرزندان و نسل‌های بعدی به ارث می‌رسد. در یک نگاه ساده، این تئوری صحیح به نظر می‌رسد. جانوری برای خوردن برگ‌های درختان بلند تلاش می‌کند و گردن و پاهایش کمی بلندتر می‌شود. این خصوصیات به فرزند او منتقل شده و او نیز آنها را تقویت کرده و به نسل بعد ارث می‌دهد. پس از چندین نسل، سرانجام زرافه خلق می‌شود!

اما این تئوری جذاب از بنیان غلط است! امروزه یک شخص مستعد می‌تواند همچون آرنولد، هر روز چند ساعت بدنسازی کار کند و ماهیچه‌هایش را تا چند برابر بزرگ و قوی کند، اما درینگا که فرزند او ذرها از این همه تلاش را به ارث نخواهد بردا! یک ماهیگیر سفیدپوست جنوبی پس از ساعتها ماهیگیری در مقابل آفتاب، پوستش تیره می‌شود، اما ذرها از این تیرگی پوست به فرزند او منتقل نخواهد شد. آزمایش مشهوری که لامارکیسم را باطل ساخت، بریدن دم چندین نسل از موش‌ها توسط واهیمان زیست‌شناس بود. دم آخرین نسل این موش‌ها، هنوز طبیعی و به اندازه بود. این موضوع البته جای خوشبختی نیز دارد، چرا که هرگونه جراحت و معلولیت به فرزندان منتقل نمی‌شود. موضوع بسیار بدیهی است. ژن‌ها کار خودشان را می‌کنند! در واقع به جز موارد استثنایی، صفات اکتسابی و پرورشی در حافظه ژن‌ها تأثیری نمی‌گذارد.

لامارکیسم کنار گذاشته شد و داروین در سال ۱۸۵۸ بنیان‌گذار علم فرگشت شد.

البته نه در حد یک تئوری با اندکی شواهد، شبیه کاری که آلفرد والاس همزمان با او انجام داد. وی با اشتیاق فراوان و سفرهای متعدد، تمام عمر خود را صرف گردآوری شواهد نمود. امروزه مولای درز نظریه فرگشت نمی‌رود!



بنیان نظریه داروین بر خلاف فیزیک نیوتونی، هر روز قوی‌تر و محکم‌تر شد. عصاره کتاب منشأ انواع داروین به سه نکته اشاره می‌کند: اول اینکه حیات از صدها میلیون سال قبل وجود داشته است. دوم اینکه حیات از یک یا تعداد کمی ارگانیسم ساده کار خود را آغاز کرده و به گوناگونی فزاپنده‌ای رسیده است. شبیه بذری که به درخت تبدیل شده و هر شاخه آن بیانگر یک گونه مختلف است. سومین نکته اشاره می‌کند که فرآیند خلق و بقای این گونه‌ها ناشی از نیروی طبیعت است. داروین این فرآیند را انتخاب طبیعی نامید.



امروزه می‌توان نظریه تکامل را به صورت ساده و منطقی توضیح داد: گوناگونی ژنتیکی برای انواع ارگانیسم‌ها وجود دارد. این ارگانیسم‌ها بیش از تعدادی که بتوانند زنده بمانند، فرزند تولید می‌کنند و این فرزندان به همان دلیل اختلاف ژنتیکی، در توانایی تطبیق خود با محیط و در نتیجه بقا و تولیدمثل با یکدیگر متفاوتند. اکنون

محیط، عملیات فیلترسازی را میان این فرزندان آغاز می‌کند. آنها یکی که به خاطر ژن‌های ویژه سازگار پذیرترند، باقی مانده و ژن‌های موفقیت‌آمیز خود را به نسل بعد منتقل می‌سازند.

نکته‌ای که گفتن آن همین جا ضروری است، در مورد شیوه گفتار علم فرگشت است. بسیاری افراد و حتی دانشمندان، هنگام صحبت در مورد تکامل طوری حرف می‌زنند که آدمی را به یاد لامارکیسم می‌اندازند! مثلاً گفته می‌شود که در ناحیه‌ای از آفریقا به خاطر تغییرات آب و هوایی، از تراکم درختان کم شد و میان آنها علفزار حاکم شد. در این شرایط گونه‌ای از شامپانزه‌ها ناچار شدند بر روی دو پا راه بروند و از همان زمان، انشقاق آدمی از شامپانزه اتفاق افتاد! شاید این شیوه گفتار منطقی نباشد، اما کاملاً جا افتاده است و قطعاً گوینده یا نویسنده به دنبال تأیید لامارکیسم نیست و ایشان برای خلاصه‌گویی به چنین گفتاری روی می‌آورند. در واقع باید گفته شود که مثلاً در میان تنوع ژنتیکی انواع شامپانزه، آن گونه‌ای که روی دو پا راه می‌رفته با محیط پیرامون خود سازگارتر گشته و شاخه جدیدی از یک گونه موفق خلق شده و به سمت انسان شدن پیش رفته است. در مثالی دیگر عنوان می‌شود که انسان‌ها به تدریج موهای خود را از دست دادند. آدمی با اراده خود موبی را از دست نداده است! آن گونه‌ای از انسان‌ها که به خاطر ژنتیک ویژه، موی کمتر و در واقع عدد عرقی بیشتری داشته‌اند، موفق‌تر عمل کرده‌اند و انواع پر مو از این فلیتر عبور نکرده‌اند. در بخش تکامل گیاهان گفته می‌شود که گیاهان برای مقابله با جانوران و حفظ برگ‌هایشان بلندتر شدند. گفتار صحیح این است که جهش‌های ژنتیکی منجر به ایجاد درختان بلند می‌شود و این نوع درختان در مقابله با جانوران غول‌پیکر گیاهخوار موفق‌تر عمل می‌کنند و انواع کوتاه‌تر توسط جانوران گیاهخوار رو به کاهش گذاشته و یا حتی از بین می‌روند.

### درخت زندگی:

اینکه طبیعت چقدر سعی و خطا کرده و چقدر زمان صرف تولید اولین سلول زنده کرده است، به درستی مشخص نیست. به نظر می‌رسد که در ابتدا چندین نوع موجود زنده تکسلولی شبیه باکتری‌ها در دریاها زندگی می‌کرده‌اند. این باکتری‌ها از ترکیبات کربنی موجود در دریاها استفاده می‌کردند، اما با گسترش آنها مواد غذایی آماده کمیاب شد و تنها باکتری‌هایی موفق به ادامه زندگی شدند که انرژی خود را از خورشید می‌گرفتند و بدین ترتیب فتوسنتر آغاز شد! فتوسنتر نیاز به هیدروژن داشت که از سولفید هیدروژن آتشفسان‌ها تأمین می‌شد، اما محدودیت این منبع هیدروژن راه را برای موجودات زنده پیچیده‌تری از باکتری‌ها هموار کرد: سیانو باکتری‌ها یا همان جلبک‌های آبی! این جلبک‌ها با دارا بودن کلروفیل توانایی آن را داشتند که هیدروژن لازم برای فتوسنتر را از تجزیه آب بگیرند و در نتیجه ...

اکسیژن تولید شد! کلروفیل، ماده‌ای شیمیایی است که تمامی گیاهان امروزی با آن عمل فتوسنتر را انجام می‌دهند. به طور خلاصه در فتوسنتر، آب و دی اکسید کربن به قند و اکسیژن تبدیل می‌شود. البته قند در ادامه واکنش‌ها در گیاهان می‌تواند به سلولز، نشاسته، پروتئین و چربی نیز تبدیل شود. بنابراین گیاهان، منبع غذایی تمامی جانوران محسوب می‌شوند! آثار جلبک‌های آبی هنوز نیز بر روی زمین قابل مشاهده است:

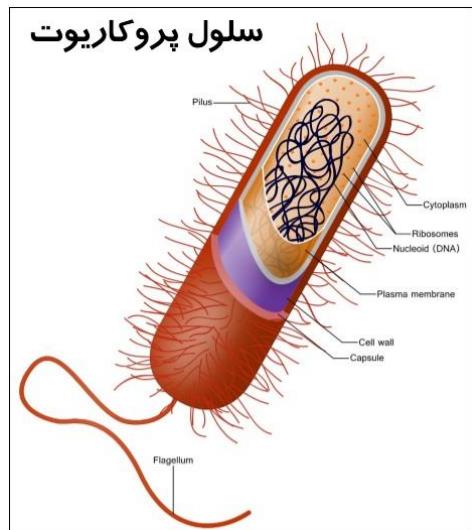


استروماتولیت‌ها

استروماتولیت‌ها!

استروماتولیت‌ها همان سنگ‌های رسوبی حاصل از عملکرد سیانو باکتری‌ها هستند که همراه با برخی فسیل‌های میکروسکوپی، قاطعانه نشان می‌دهند که آثار

حیات ابتدایی در گونه‌های تک سلولی بدون هسته، حتی در دوره پرکامبرین و بیش از ۳/۵ میلیارد سال پیش وجود داشته است. به این جانداران، پروکاریوت می‌گویند که شامل آرکی‌ها و باکتری‌ها می‌شود. این دو به لحاظ ساختاری و ژنتیکی از یکدیگر متمایز می‌شوند. به نظر می‌رسد که آرکی‌ها که حدود ۱۰۰ گونه را تشکیل می‌دهند، حتی قدیمی‌تر از باکتری‌ها با حدود ۴۰۰۰ گونه باشند. سلول‌های پروکاریوت، فاقد هسته و میتوکندری بوده و اجزای آنها همچون آنزیم‌ها، ریبوزوم‌ها، DNA و ... در تماس مستقیم با مایع سیتوپلاسم قرار دارند.



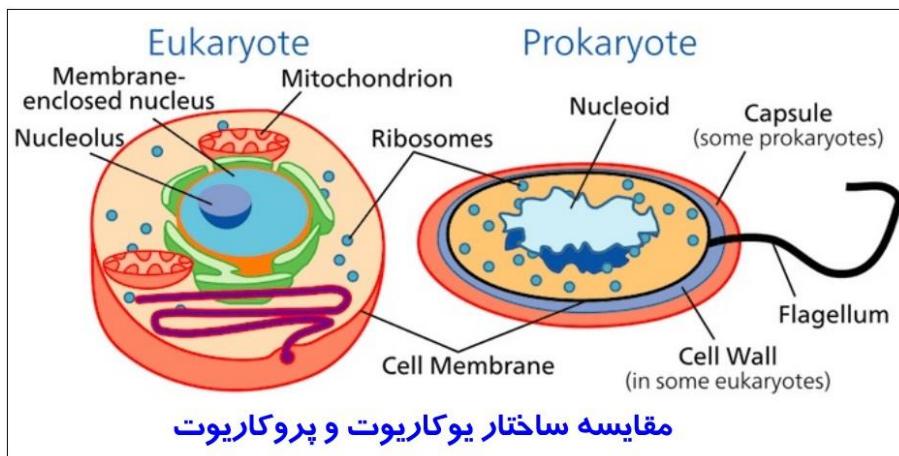
این سلول‌های ابتدایی توانایی خلق گونه‌های پیچیده حیات را نداشتند. آنها میلیاردها و میلیاردها بار برای بیش از ۱/۵ میلیارد سال تشکیل شدند و از بین رفتند. در طول این زمان بسیار طولانی، هیچ جاندار پیچیده‌تری خلق نشد تا اینکه سرانجام با یک جهش بزرگ در درخت حیات روبرو می‌شویم: خلق سلول دارای هسته!

### خلق سلول دارای هسته!

احتمالاً با بلعیده شدن یک باکتری توسط یک آرکی و ترکیب این دو با همدیگر، در حدود ۲ میلیارد سال قبل، سلول پیچیده و پیشرفته‌تری که دارای هسته بود، ایجاد می‌شود: یوکاریوت! البته این زمان بر اساس شواهد فسیلی اعلام شده است، در حالی که مدارک ژنتیکی، ایجاد یوکاریوت را تا ۳ میلیارد سال عقب می‌برد! این نوع سلول‌ها می‌توانستند انرژی بیشتری از طریق باکتری بلعیده شده ذخیره کنند. در نتیجه اندازه

سلول و تعداد زنوم آن بزرگتر شده، سازگاری آنها با محیط افزایش یافته و قادر بودند مدت زمان بیشتری زنده بمانند و تولید مثل کنند!

از این زمان به بعد، علاوه بر یوکاریوت‌ها یا آغازیان (تکسلولی‌های هسته‌دار)، شاهد پیدایش گیاهان، قارچ‌ها و جانوران هستیم، به طوری که تولید یوکاریوت را می‌توان مبدأ حیات پیشرفتی و گونه‌های چندسلولی دانست. بهترین گواه در مورد ترکیب شدن باکتری با آرکی چیست؟ توالی ژنومی که امروزه مثلًا در سلول یک انسان وجود دارد. ۲۰۰ ژن در اطراف کروموزوم‌های ما وجود دارد که مشابهت بالایی با ژنوم آرکی‌ها دارد. در عوض DNA موجود در میتوکندری شباهت زیادی به انواع موجود در باکتری‌ها دارد.



### حرکت به سوی چند سلولی‌ها:

با افزایش تولید مثل، برخی از انواع تکسلولی‌ها گرد هم جمع شدند و کلونی سلولی را به وجود آوردند. به تدریج پس از گذشت ۱۵۰ میلیون سال، میان این جمعیت تک سلولی تقسیم کار انجام گرفته و سرانجام آن خلق چند سلولی‌های است! این جریان تا تشکیل گیاهان و قارچ‌های چندسلولی و نیز جانوران چندسلولی پیش می‌رود.

### منابع و برای مطالعه بیشتر:

- فرگشت و ژنتیک، بهنام محمد پناه
- تکامل چیست؟، ارنست مایر، ترجمه سلامت رنجبر
- The gene code, The book of life, Documentary movie by Tim Usborne
- The gene code, Unlocking the code, Documentary movie by Tim Usborne
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Abiogenesis>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Evolution>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Miller%2080%93Urey\\_experiment](http://en.wikipedia.org/wiki/Miller%2080%93Urey_experiment)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Jack\\_W.\\_Szostak](http://en.wikipedia.org/wiki/Jack_W._Szostak)
- <http://bigbangpage.com/?p=18368>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/RNA>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste\\_Lamarck](http://en.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_Lamarck)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Prokaryote>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Precambrian>
- [http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/side\\_0\\_0/origsoflife\\_01](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/side_0_0/origsoflife_01)
- [http://simple.wikipedia.org/wiki/Origin\\_of\\_life](http://simple.wikipedia.org/wiki/Origin_of_life)



## فصل ششم

### تکامل گیاهان

#### زمین - سیاره گیاهان!

زمین در واقع سیاره گیاهان است! آنها مستقل از جانوران هستند؛ در حالی که جانوران کاملاً به اکسیژن و کالری حاصل از آنها وابسته هستند. برخی تصور می‌کنند که گیاهان نیز به دی اکسید کربن تولید شده توسط جانوران وابسته‌اند، اما این تصور کاملاً اشتباه است! دی اکسید کربن، از طریق آتش‌سوزی‌ها و از آن مهم‌تر توسط تخمیر خود گیاهان حاصل می‌شود. البته در طول تکامل برخی گیاهان و از جمله گل‌ها به خاطر وجود جانوران با آنها روابط برد برد ایجاد کرده‌اند. در واقع گیاهان زمین را زنده کردند، اما

چگونه؟!

حدود سه میلیارد سال قبل، سیاره ما دنیایی ناآشنا بود. اکسیژن خیلی کم بود. در عوض جوّ زمین پر از گازهای سمی بود که آتشفشاران‌ها بیرون





می‌دادند. زمین سترون و خالی از حیات بود، زیرا اتمسفر آن زمان نمی‌توانست جلوی اشعه نیرومند ماورای بنفسخ خورشید را بگیرد. هر جانداری بر روی زمین در نطفه می‌سوخت! اما این وضع در حال تغییر بود و دلیل آن اتفاقی مهمی بود که سبب پیدایش حیات بر روی زمین شد. این اتفاق که بین  $\frac{2}{5}$  تا  $\frac{3}{5}$  میلیارد سال پیش اتفاق افتاد، بزرگ‌ترین نقطه عطف در ایجاد حیات روی کره زمین بود و عامل آن هم اولین اجداد گیاهان بودند.

اگر به معادن استخراج آهن سری بزنیم، با مشاهده رنگ سنگ‌های آهن اطلاعات زیادی درباره اولین اکسیژن آزاد شده در اتمسفر به دست می‌آوریم. آهن، در شکل عادی و خالص خود تقریباً خاکستری و براق است، اما اگر بخش‌هایی از آن قرمز رنگ باشد به دلیل ترکیب آن با اکسیژن است.



این اکسیژن را اجداد گیاهان تولید کرده‌اند و از آن زمان لابلای این سنگ‌ها به دام افتدۀ‌اند. آنها ثابت می‌باشند که دلیل ترکیب آن با اکسیژن است.

کنند که برای اولین بار حدود دو و نیم میلیارد سال پیش، اکسیژن وارد جوّ زمین شد و همین اکسیژن، گازهای سمی را از بین برد و برای اولین بار آسمان را صاف و آبی کرد! زمین‌شناسان به این واقعه، اکسیداسیون بزرگ می‌گویند. واقعاً هم اتفاق بزرگی بود! تغییری غیرقابل بازگشت در دو دنیاً متفاوت اتفاق افتاده بود. سیاره‌ای بدون اکسیژن آزاد و سیاره‌ای سرشار از اکسیژن. اما این اتفاق بزرگ چگونه رخ داد؟!

پاسخ به این سؤال، در اولین جرقه حیات نهفته است. جرقه‌ای که نه در زمین سترون، بلکه در زیر آب زده شد. در آن زمان، آب مانع نفوذ اشعه خط‌ناک ماورای‌بنفسخ خورشید

می‌شد. زیر این پوشش آبی، اولین ارگانیسم‌های زمین به شکل باکتری‌های ریز تکامل



یافتند. این باکتری‌ها ویژگی عجیبی داشتند. رنگ آنها بنفسن بود! یک میلیارد سال پیش، بیشتر اقیانوس‌ها از این باکتری‌ها پر بودند! حتماً می‌توانید تصور کنید که زمین از فضا چه شکلی بود: سیاره‌ای بنفسن!

باکتری‌های بنفسن با مهار کردن انرژی خورشید زندگی می‌کردند؛ اما آنها فقط

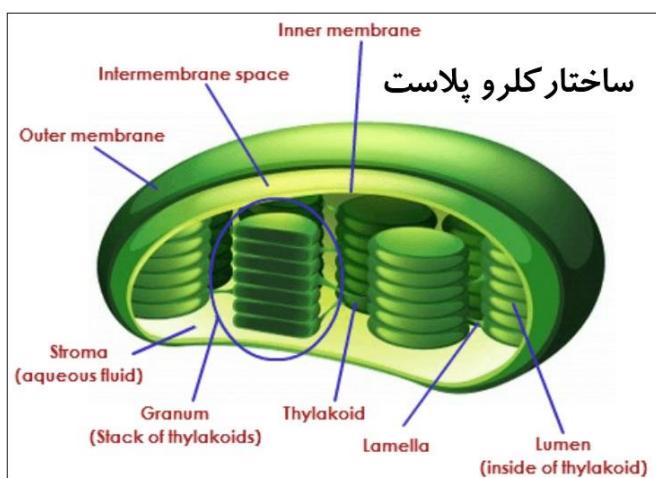


بخشی از نور را مصرف می‌کردند. باقیمانده اشعه‌های نور به نقاط عمیق‌تری از اقیانوس می‌رسید. به مرور زمان نوع دیگری از باکتری‌ها پدیدار شدند. این باکتری‌ها باید از نور

باقیمانده تغذیه می‌کردند. به همین دلیل آنها به رنگ سبز در آمدند. به آنها سیانوباکتر می‌گویند. در نهایت، این میکرو ارگانیسم‌های سبز رنگ، تبدیل به اجداد تمام گیاهان زمین شدند و چون رنگشان سبز بود، همه گیاهان امروز نیز سبز هستند. اما موضوع اصلی رنگ آنها نبود. باکتری‌های سبزرنگ کاری می‌کردند که از اقوام بنفسن رنگشان ساخته نبود. آنها اکسیژن تولید کردند! بدون آنها سرگذشت سیاره ما مثل مریخ می‌شد.

### فتوسنتز: جادوی گیاهان!

گیاهان برای زندگی کردن و رشد و از همه مهمتر برای تولید اکسیژن، فتوسنتز می‌کنند. برای درک این موضوع باید وارد یک دنیای ناشناخته جادویی شویم؛ درون هر برگ و هر گیاه روی زمین، نواحی اولین باکتری‌های سبز وجود دارند. اگر یک برگ را هزار بار بزرگتر کنید، آنگاه می‌توانید آنها را ببینید! به اینها که به تعداد زیاد در سلول گیاهان وجود دارند، کلروپلاست می‌گویند که هنوز کمی مانند باکتری رفتار می‌کنند.

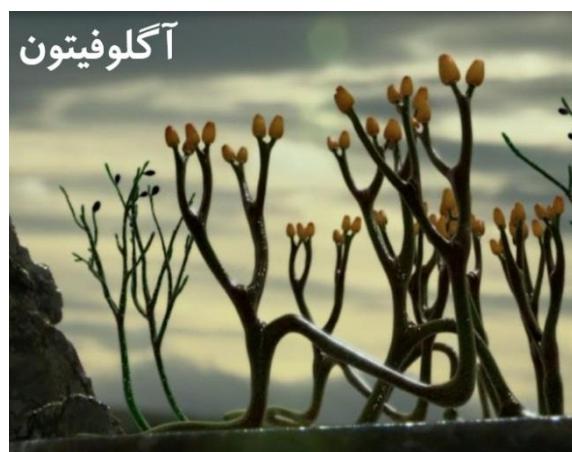


اندازه آنها پنج هزار میلی‌متر است. درون همین کلروپلاست‌ها فتوسنتز اتفاق می‌افتد. هنگامی که فوتون‌های نور خورشید به سطح گیاه برخورد می‌کنند،

حلقه‌ای به نام سیستم جمع‌کننده نور، انرژی آنها را جذب می‌کند. درون این حلقه، انرژی حاصل از دوازده فوتون برای تجزیه مولکول آب به کار می‌رود. آب به دو عنصر تشکیل دهنده‌اش یعنی اکسیژن و هیدروژن تجزیه می‌شود. گیاهان برای رشد خود از هیدروژن استفاده می‌کنند. بخش دیگری از آب که گیاهان به صورت ماده زائد دفع می‌کنند، چیزی نیست جز اکسیژن!

اکسیژن آزاد شده توسط گیاهان در سطوح بالای اتمسفر، لایه اوزون را ایجاد کرد. این لایه مانند پوششی محافظ، جلوی بیشتر پرتوهای مضر خورشید را گرفت. این بدان معنا بود که برای اولین بار در طول تاریخ سیاره زمین، گیاهان می‌توانستند وارد خشکی شوند و این تحول بزرگی بود. پس از میلیاردها سال پناه گرفتن در آب، رفتن به

خشکی، شوک بزرگی محسوب می‌شود. اما چهارصد و ده میلیون سال پیش، گیاهان سرانجام به این موفقیت دست یافتند. به این گیاهان بی‌برگ و ریشه که تنها چند سانتیمتر بلندی داشتند، آگلوفیتون (aglaophyton) می‌گویند؛ یکی از اولین گیاهانی



که گامی بزرگ برداشتند و زمین را قابل زیست کردند. البته این یک هجوم تمام عیار نبود و تنها گام اول محسوب می‌شد. گیاهان همچنان به لبه آب وابسته بودند و نمی‌توانستند در خاک سفت و خشک نفوذ کنند. اما این وضع برای همیشه

باقی نماند. گیاهان در روند تکاملی خود برای نفوذ در زمین سخت یک راه حل عالی پیدا کردند. آنها ابزاری فوق العاده برای جذب آب و مواد غذایی درست کردند: ریشه!



ریشه‌ها برای اولین بار حدود چهارصد میلیون سال پیش آفریده شدند و به گیاهان این توانایی را دادند که سطح سنگی سیاره را خرد کنند. ریشه‌ها با شکستن سنگ‌های سطح زمین، ماده‌ای

فراهم کردند که برای تمام گیاهان کاملاً مفید است: خاک!

ریشه‌ها با نفوذ به درون سنگ، آن را تکه تکه می‌کنند و این تکه‌ها در اثر سایش تدریجی به خاک تبدیل می‌شوند. خاک ماده‌ای عالی برای ذخیره آب است و برای

۸۶ / از مهبانگ تا انسان



خاک : فرآورده ریشه گیاهان

چیرگی گیاهان بر خشکی، نقشی  
حیاتی را بازی کرده است! ریشه و  
حاکی که گیاهان ساختند، به آنها  
چنان قدرتی داد که برای اولین بار  
زمین را به زیر سلطه خود در  
آورند. یک هجوم انقلابی برای  
ایجاد حیات در سرتاسر زمین!

### راه حل گیاهان برای نجات از خفگی!

اولین گیاهانی که پا به خشکی گذاشتند، با اتمسفری روبرو شدند که میزان دی<sup>اکسید کربن</sup> بالایی داشت. لذا این گیاهان نه برگ داشتند و نه به آن نیازی داشتند. اما طولی نکشید که غلظت این گاز خیلی افت کرد و در نتیجه گیاهان در حال خفه شدن بودند! اگر گیاهان راهی برای تنفس راحت‌تر دی اکسید کربن پیدا نمی‌کردند، همگی از



میان می‌رفتند. اما گیاهان در این بازی مرگ پیروز شدند! آنها موفق به راه حلی بکر شدند و دستگاهی را ساختند که باعث جذب حداقل دی اکسید کربن و نجات آنها از خفگی شد: برگ!

برگ‌ها میزان جذب دی اکسید کربن را صد برابر بیشتر کردند و بدین ترتیب گیاهان برای شرایط جدید سازگار شدند. اکنون برای اولین بار گیاهانی مثل سرخس‌های دیکسونیا بر زمین سایه انداختند. سرخس‌هایی که امروزه در اطرافمان می‌بینیم،

در واقع از همان نسل اول گیاهانی هستند که برگ در آوردند. کلید این دستگاه تنفسی پیچیده در پشت برگ‌های سرخس نهفته است. هزاران روزنه میکروسکوپی روی هر برگ باعث می‌شوند که سرخس روزانه پنج لیتر دی اکسید کربن جذب کند. سلطه گیاهان بر خشکی، این سیاره را برای انقلاب بعدی آماده کرد: مهاجرت جانوران از دریا به خشکی!

میلیون‌ها سال بود که جانوران در اقیانوس‌ها و رودخانه‌ها محبوس بودند اما حالا به لطف گیاهان می‌توانستند از آب خارج شوند. فسیل‌ها نشان می‌دهند که حدود چهارصد میلیون سال پیش خرچنگ‌های نعل اسبی جزو اولین جانورانی بودند که پا به ساحل



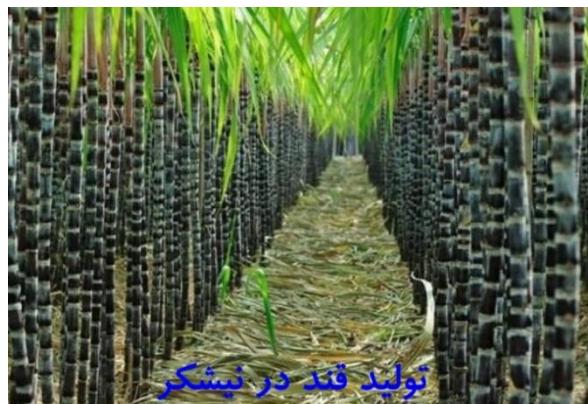
گذاشتند. دوزیستان و حشرات هم بعد از آنها خشکی را جولانگاه خود ساختند. آنها به خاطر وجود اکسیژن توانستند قدم به خشکی بگذارند، اما کالری این جانوران

چگونه تامین می‌شد؟ توسط گیاهان!

دلیل اصلی فتوسنترز در گیاهان، تولید قند است. قند برای زندگی گیاهان حیاتی است؛ اما برای جانوران حیاتی‌تر! قند، که در ادامه توسط گیاهان به سلولز، نشاسته، پروتئین و چربی تبدیل می‌شود، منبع اصلی غذای جانوران است. گیاهان قند خود را از آب، دی اکسید کربن موجود در هوا و نور خورشید می‌سازند و این کارخانه عجیب نیز در کلروپلاست‌های ریز واقع شده است! گیاهان، هیدروژن ناشی از تجزیه آب را می‌گیرند، با دی اکسید کربن ترکیب می‌کنند و قند می‌سازند. دانشمندان به واسطه دی اکسید کربن علامت‌گذاری شده با مواد رادیواکتیو، توانسته‌اند این تحول را درون گیاه

## ۸۸ / از مهیانگ تا انسان

مشاهده کنند! به محض اینکه دی اکسید کربن وارد گیاه می‌شود، شروع به درخشیدن



می‌کند. این دقیقاً همان زمانی است که فتوسنتز، دی اکسیدکربن را به قند تبدیل می‌کند. ظرف پانزده دقیقه، قند تازه تولید شده به ریشه فرستاده و در آنجا ذخیره می‌شود و گیاه می‌تواند این قند

را برای رشد و نمو خود استفاده کند.

اولین جنگل‌های روی زمین که در مرداب‌های سراسر استوا یافت می‌شدند، آنقدر بزرگ بودند که از فضا به شکل نواری با رنگ سبز تیره دیده می‌شدند. تمام این درختان اکسیژن تولید می‌کردند، به حدی که میزان اکسیژن به دو برابر میزان امروز آن رسید. این موضوع تأثیر جالبی روی حشرات و خویشاوندانشان داشت. بی‌مهرگان بجای شش، لوله‌های تنفسی ساده‌ای دارند که برای رساندن اکسیژن به اندام‌هایشان، از پدیده پخش مولکولی بهره می‌گیرند. به همین خاطر افزایش اکسیژن موجود در هوا سبب بزرگ



شدن جثه این جانوران می‌شود. بیشتر سنjacکهای کنونی کوچکتر از ده سانتیمتر هستند، اما در آن زمان، طول برقی از آنها به یک متر می‌رسید! اینها بزرگ ترین حشرات پرنده بودند.

فیل آرتروپلوراپتریس (arthropleura petris) همچنین نشان می‌دهند که اجداد هزارها

تکامل گیاهان / ۸۹

بیش از دو متر طول داشته‌اند! جنگل‌های آن دوره حتماً ترسناک بوده‌اند! پر از عقرب‌ها، عنکبوت‌ها و حشرات غول‌پیکر. با این حال، هنوز هم گیاهان فرمانروای مطلق زمین بودند.

### نبود گیاهان با جانوران!

دویست و سی میلیون سال قبل، گروه جدیدی از جانوران غول‌پیکر از اعماق جنگل‌های باطلaci سر برآوردند: دایناسورها! اگرچه امروزه دایناسورهای گوشتخوار معروف‌ترند، اما پژوهش‌های تازه نشان می‌دهد که در میان ۷۰۰ گونه کشف شده دایناسورها، بیش از دو سومشان گیاهخوار بوده‌اند و بزرگ‌ترین گیاهخواران تاریخ از این گروه، سوروپادها (Sauropod) هستند!

سوروپادها بخارط جثه بزرگ با وزن ۹۰ تن اشتها را زیادی هم داشتند و تقریباً



پانزده برابر یک فیل بزرگ گیاه می‌خوردند! در ضمن آنها در گله‌های سی تایی یا بیشتر حرکت می‌کردند. بنابراین یک گله سوروپاد می‌توانست صدمه زیادی به بافت گیاهی منطقه وارد کند، به طوری که

زمان زیادی نیاز بود تا گیاهان آن منطقه دوباره احیا شوند. بدین ترتیب حدود ۱۵۰ میلیون سال پیش، دایناسورها در حال خالی کردن زمین از پوشش گیاهی‌اش بودند و این برای اولین بار بود که قلمرو گیاهان از سوی جانوران در معرض تهدید قرار می‌گرفت! اما گیاهان بیکار ننشتند و در پاسخ به این حمله ویران کننده، سلاح‌های دفاعی خود را به ویژه برای محافظت از برگ‌هایشان ابداع نمودند! از جمله این دفاع‌ها، تجهیز

## ۹۰ / از مهیانگ تا انسان

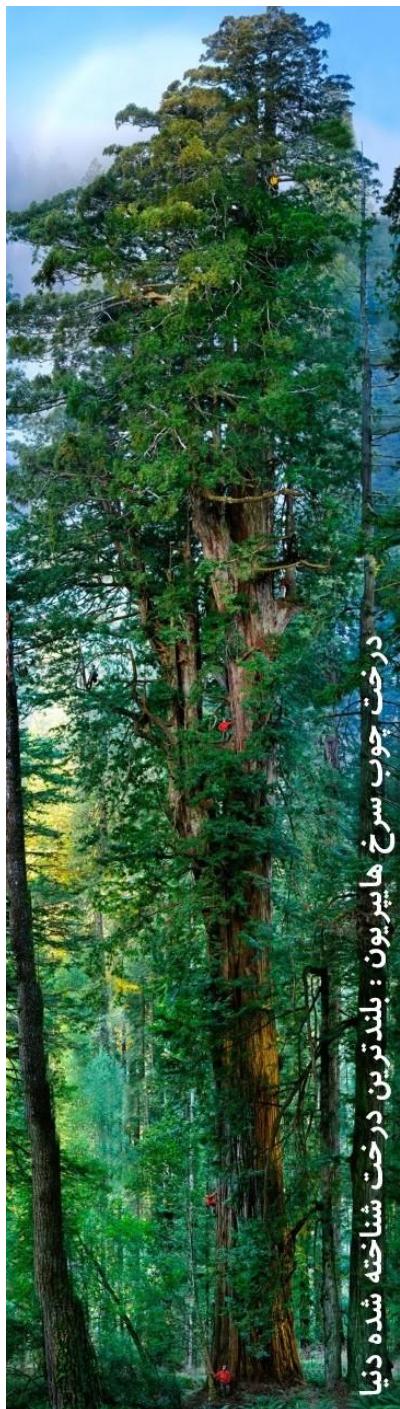
گیاهان به برگ‌های سوزنی و خار بود. بعضی از گیاهان هم از سلاح شیمیایی بهره گرفتند. برای مثال؛ درون برگ‌های سرخس نخلی نوعی ماده سمی هست که وقتی

بلعیده می‌شود باعث اسهال،  
تهوع، فلچ و در نهایت مرگ  
می‌شود. بعضی گیاهان وقتی  
مورد حمله قرار می‌گیرند به  
سرعت نوعی سم از خود  
ترشح می‌کنند که  
گیاهخواران را از خود می-



رانند. این مسابقه تسلیحاتی حتی شامل تاکتیک‌های جدید گیاهان برای برقراری ارتباط با یکدیگر نیز شد! برخی گیاهان قادرند به بقیه هشدار بدهنند که موجود گیاهخواری در حال خوردن آنهاست. دانشمندان همه جزئیات این زبان گیاهی را نمی‌دانند اما رفته رفته بیشتر اطمینان می‌یابند که گفتگویی دائم بین گیاهان اطراف ما در جریان است.

به همین ترتیب در دویست میلیون سال قبل، دایناسورها و گیاهان در گیر نبرد تکاملی عظیمی با یکدیگر بودند! هر یک سعی داشت بر دیگری چیره شود. اما اینجا بود که گیاهان برگ برنده اصلی خود را روکردند: آنها با استفاده از چوب، بلند و بلندتر شدند! در حال حاضر، سکویای غولپیکر از بلندترین گیاهان جهان است. هفتاد میلیون سال پیش اجداد این گونه از گیاهان، یعنی مخروطیان حتی از این هم بلندتر شدند. این اوج ساخت و ساز در دنیای گیاهان بود. مخروطیانی از این دست، توانستند برگ‌های ارزشمند خود را از هر نوع تهدیدی دور نگه دارند. اکنون دایناسورها بزرگ‌ترین موجودات روی کره زمین نبودند و این عنوان تماماً متعلق به مخروطیان عظیم و در واقع گیاهان شده بود.



سکویاهای قدرتمند امروزی فقط در بخش هایی از سیرا نوادا آمریکا یافت می‌شوند، اما حدود ۷۰ میلیون سال پیش که هوا گرم و مرطوب بود، همه جای کره زمین بودند. در سراسر ساحل اقیانوس آرام و در جنوب تا استرالیا و حتی قطب‌ها نیز پوشیده از مخروطیان بود!

درخت چوب سرخ هایپریون را خوب مشاهده کنید! واقعاً حیرت‌انگیز است که چطور با استفاده از یک گاز یعنی دی‌اکسیدکربن، یک مایع یعنی آب و انرژی حاصل از نور خورشید می‌توان چنین کاخی از چوب بنا کرد؟! کاخی به بلندی ۱۱۵ متر!

گیاهان و اجداد آنها از زمانی که روی زمین پدیدار شدند سیاره ما را دگرگون کردند. آنها برای جو، اکسیژن ساختند. همین گاز به آنها امکان داد بر زمین خشک غلبه کنند و سنگ‌ها را به خاک تبدیل کرند و از آن کل زندگی را پدید آورند. گیاهان از سیاره خالی و سترون ما زمینی زنده ساختند. اگر زمین به حال خود باقی می‌ماند، زیر سلطه دایناسورها و جنگل‌های بی‌پایان ادامه حیات می‌داد؛ اما ۶۵ میلیون سال پیش حادثه‌ای غیرمنتظره همه

## ۹۲ / از مهیانگ تا انسان

چیز را تغییر داد؛ برخورد یک شهاب سنگ، دایناسورها را از بین برد و در نهایت باعث پیروزی گروهی دیگر از گیاهان شد: گل‌ها! گیاهان گلدار رابطه بین گیاهان و جانوران را دگرگون کردند و حتی شکل سیاره را هم تغییر دادند. در نهایت این گیاهان بودند که باعث پیدایش انسان و تولد تمدن شدند!

### منابع و برای مطالعه بیشتر:

- <http://www.bbactivevideoforlearning.com/1/TitleDetails.aspx?TitleID=24192>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary\\_history\\_of\\_plants](https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_history_of_plants)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Photosynthesis>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Aglaoophyton>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Root>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Leaf>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Horseshoe\\_crab](https://en.wikipedia.org/wiki/Horseshoe_crab)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Arthropleura>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sauropoda>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Sequoiadendron\\_giganteum](https://en.wikipedia.org/wiki/Sequoiadendron_giganteum)

## فصل هفتم

### تکامل گل‌ها و علف‌ها

#### چرا و چگونه گل‌ها تکامل یافته‌اند؟

تا حدود ۱۴۰ میلیون سال پیش، زمین فقط یک ابر قاره داشت به نام پانجیا.

قلمری گیاهان در آن زمان به دو گونه محدود بود: یکی مخروطیان بلند (گونه‌های

ماقبل تاریخی کاج) و دیگری

سرخس‌ها. گرده افسانی و

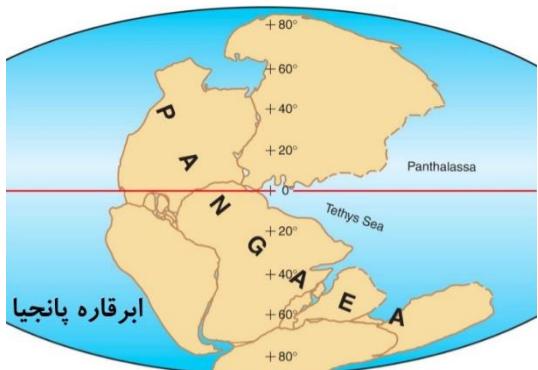
تولیدمثل این دو نوع گیاه به

ترتیب وابسته به باد و آب بود. به

خاطر همین محدودیتها قاره

پانجیا خالی از تنوع بود و تنها یک

درصد از گونه‌های گیاهی امروز



یافت می‌شد! قلمرو حیوانات نیز محدود و در اختیار دایناسورها بود. در واقع فقط شواهد

۷۰۰ نوع دایناسور کشف شده است که در مقایسه با ۵۵۰۰ نوع پستاندار کنونی

بسیار ناچیز می‌باشد! در همین دوران، حیات گیاهی و جانوری خود را برای جهش مهمی آماده می‌کرد تا به تنوع برسد!

۱۴۰ میلیون سال پیش، در نقطه‌ای از پانجیا گونه‌ای از گیاه، روشی جدید برای تولید مثل پیدا کرد تا حیات برای همیشه بر روی زمین دگرگون شود! آمیورلا تریکوپودا از خویشاوندان اولین گل به وجود آمده بر روی زمین است. این گونه را از نوادگان



مستقیم جد مشترک گیاهان گلدار می‌شناشد. گیاه‌شناسان معتقدند که این گل زمانی پا به عرصه وجود گذاشت که یک گیاه مانند آمیورلا به جای برگ‌های سبز، برگ سفید داد. همین شکل ظاهری و رنگ متفاوت گل‌ها باعث

جذب حشرات و گرده افشاری بهتر آنها و افزایش شانس باروری گیاهان می‌شد. از این دوره به بعد، گیاهان برای تولید مثل خود وابسته به عوامل غیرقابل پیش‌بینی همچون باد برای مخروطیان و آب برای سرخس‌ها نبودند! حشرات گرده‌ها را جابجا می‌کردند و بدین ترتیب گل‌ها متولد و متكامل شدند!

### چرا گل‌ها رنگی شدند؟

در همین دوره، ابر قاره پانجیا در حال تکه پاره شدن بود. قاره‌های کوچکتری شکل می‌گرفتند و اقلیم‌های گوناگون با محیط‌های متنوع و متفاوتی از جمله کوه‌ها و صحراءها حاصل می‌شد. اقلیم‌های جدید برای مخروطیان و سرخس‌های وابسته به باد و آب، سترون بود، اما برای گل‌ها همان فرصتی بود که منتظرش بودند! آنها بهره‌برداری از این محیط‌های خشن را آغاز کردند. اما چگونه؟

## ٩٥ تکامل گل‌ها و علفها /

بیابان تانکاواکارو در آفریقای جنوبی مثال خوبی برای پاسخ به این پرسش است. در



زیر این صحرا فرشی از گل پنهان است! در این منطقه، سالانه فقط دو ماه باران می‌بارد و این تنها فرصت گیاهان برای تولیدمثل است! آنها چطور گرده افشاری خود را زمان‌بندی می‌کنند؟ با استفاده از رنگ! گل‌ها از رنگ‌های متفاوت و متنوع برای این منظور سود جستند. نارنجی، بنفش، قرمز، سفید، زرد و ...! این رنگ‌ها باعث جذب حشرات می‌شوند و بدین ترتیب گرده‌ها با برنامه‌ریزی به گیاه مناسب منتقل می‌شوند، حتی اگر آن گیاه در دوردست‌ها بود!

گلبرگ‌ها مملو از برجستگی‌های میکروسکوپی هستند که هر یک شبیه یک منشور، نور را منعکس و پراکنده کرده و سبب رنگی شدن آنها می‌شود. رنگ‌ها همچون تابلوهای نئون، حشرات را به سمت گلبرگ‌ها و در واقع غذای مجانی هدایت می‌کنند. یک ارتباط برد برد میان گل‌ها و حشرات! ارتباطی که باعث تنوع حیات روی زمین و حتی پیدایش انسان شد!

### چگونه گل‌ها در شرایط سخت باقی می‌مانند؟!

گل‌ها در گرده افشاری و تولید مثل موفق عمل کردند، اما فرزندان آنها چگونه می‌توانستند در شرایط سخت و خشک بقیه سال دوام بیاورند؟ گل‌ها ترفند بعدی خود را رو کردند: تولید دانه! توانایی‌های خارق‌العاده دانه‌ها برای بیشتر ما ناشناخته است. مثلاً دانه‌های گل کانا ایندیکا می‌توانند نقش ساچمه‌های سربی یک تفنگ شات‌گان را بازی

## ۹۶ از مهیانگ تا انسان

کنند! پوسته این دانه‌ها پس از شلیک نه تنها سالم می‌ماند، بلکه هسته آنها پس از کاشت، جوانه زده و رشد می‌کنند!



امتیاز دانه‌های گل‌ها فقط پوسته سخت آنها نبود؛ آنها قابلیتی به دست آورده که گیاهان دیگر از آن بی‌بهره بودند؛ این امتیاز از لحظه گرده افشاری خودنمایی می‌کند. دو سلول از گرده‌هایی که حشره آنها را

آورده به عمق تخمک گیاه فرو می‌روند. یکی از سلول‌ها تخمک را بارور می‌کند؛ اما سلول دوم به جای تولید یک گیاه جدید، تبدیل به منبع غذایی برای تخمک بارور شده می‌شود! به این پدیده باروری مضاعف گویند که مختص دانه گل‌هاست. با همین ترددات دانه‌ها می‌توانند ماههای و حتی سال‌ها نهفته بمانند تا شرایط برای رشد آنها مهیا شود!

### ارتباط گل‌ها با پستانداران:

۶۵ میلیون سال پیش روی زمین عصر جنگل‌های بارانی بود. در این دوره حدود سه



چهارم گیاهان زمین را گل‌ها تشکیل می‌دادند و همه چیز برای متنوع شدن جانوران مهیا بود! اما در همین زمان شهاب‌سنگی به قطر ۱۰ کیلومتر به زمین خورد و انفجاری معادل یک میلیارد برابر بمث اتمی هیروشیما را سبب شد! ۷۰ میلیارد

تن خرد سنگ و غبار به هوا برخاست! برخورد این ذرات با جو، زمین را ۲۰۰ درجه گرم‌تر کرد و سرتاسر زمین آتش گرفت! یکی از بزرگ‌ترین انقراض‌های زمین به وقوع پیوست و دایناسورها نیز از بین رفتند. این رخداد برای گیاهان نیز بسیار ویرانگر بود. نه تنها همه جا آتش گرفت، بلکه سنگ‌های معلق، ابرهایی از اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد تشکیل دادند که به صورت باران اسیدی می‌باریدند و گیاهان را از ریشه می‌سوزانند! با تمام این ویرانگری یک بار دیگر دانه‌ها موفق عمل کردند و زمین را به خانه گل‌ها تبدیل کردند! دایناسورها از بین رفتند تا شرایط برای تکامل پستانداران کوچک مهیا شود. این بار گیاهان از پستانداران برای انتقال دانه‌هایشان استفاده کردند. اما چگونه؟!

### چرا گل‌ها میوه دادند و چرا میوه‌ها رنگی شدند؟

گل‌ها در راستای استفاده مناسب از پستانداران برای انتقال دانه‌هایشان، حرکت جدید دیگری را آغاز کردند: تولید میوه! شیرینی و کالری مجانی میوه‌ها برای پرندگان و پستانداران بسیار جذاب بود! آنها میوه‌ها را به همراه دانه‌ها می‌خوردند، اما دانه‌های سخت به همان شکل، همراه مدفوع خارج می‌شدند و با استفاده از همان کود مجانی رشد می‌کردند! دلیل تنوع میوه‌ها همین است: ترغیب حیوانات برای خوردن آنها! میوه یکی از عجایب زیبای طبیعت است. گل که ابتدا جاذب حشرات است، تبدیل به پوسته ای محافظ برای دانه‌های درون آن می‌شود! سپس لایه‌ای گوشتشی و غنی اطراف آن رشد می‌کند تا میوه حاصل شود!



۵۵ میلیون سال قبل گروهی از پستانداران در حال شکل‌گیری بودند که تقریباً به طور کامل وابسته به میوه‌ها بودند. نخستی‌ها، لیمورها، میمون‌ها و بوزینه‌ها از این دسته بودند. آنها توانستند یک رابطه عمیق با میوه‌های حاصل از

## ۹۸ / از مهیانگ تا انسان

گل‌ها برقرار کنند و همین رابطه، شکل فیزیکی آنها را تعیین کردا! شکل ویژه بدن نخستی‌ها یعنی دست‌های قوی در کنار سینه و عضلات شانه‌هایشان به آنها اجازه می‌دهد که به راحتی از درخت‌ها بالا روند. ما نیز در نهایت همین ویژگی‌ها را به ارث بردیم. با این وجود در شروع این ارتباط، گیاهان به دردسر افتادند، چرا که نخستی‌ها به



خاطر گرسنگی زیاد، میوه‌ها را پیش از رسیدن دانه‌ها یشان می‌خورند! ارتباط برد برد از میان رفته بود! اما گل‌ها به چاره دیگری روی آورند: رنگی شدن! فقط زمانی که میوه‌ها می

رسیدند و دانه‌هایشان رشد می‌کرد، آبدار، شیرین و خوش‌نگ می‌شدند! بدین ترتیب رنگ‌ها، میوه‌های کاملاً رسیده را نشان می‌دادند و نخستی‌ها را برای خوردن جذب خود می‌کردند.

### چگونه میوه‌های رنگی باعث تکامل بینایی و دید رنگی شدند؟



با رنگی شدن میوه‌ها، بینایی پستانداران نیز می‌بایست متكامل‌تر می‌شد! در آن زمان اغلب پستانداران و از جمله نخستی‌ها فقط با دو رنگ می‌دیدند. این حالت، شبیه کورنگی در انسان است. در واقع در

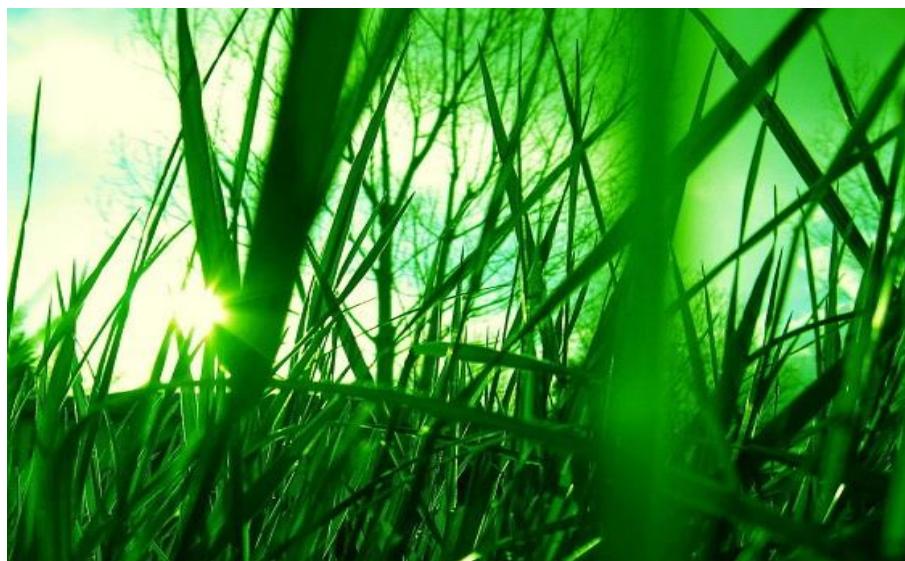
آن زمان در شبکیه چشم نخستی‌ها فقط دو نوع سلول مخروطی برای دریافت تصاویر

## ٩٩ تکامل گل‌ها و علفها /

رنگی وجود داشت: یکی حساس به رنگ سبز و دیگری برای آبی. اما در همین روند تکامل، نخستی‌ها به سلول مخروطی حساس به قرمز نیز دست یافتند! اکنون آنها قادر به یافتن میوه‌های سرخ نیز بودند. دید رنگی ما نیز یادگار همین دوران است! خلاصه اینکه گل‌ها با تولدشان در ۱۴۰ میلیون سال پیش، سیاره زمین را تسخیر کردند و سرنوشت جالبی را برای آن رقم زدند. گل‌ها تنوع جانوری را رقم زده و از همه مهم‌تر باعث تکامل نخستی‌ها شدند؛ پستاندارانی که در نهایت باعث پیدایش انسان شدند!

### علف‌ها:

چگونه علف‌ها زمین را تسخیر کردند؟



وقتی صحبت از عوامل مختلفی که موجب پیدایش و تکامل انسان بر روی زمین می‌شود، شما به کدامیک اشاره می‌کنید؟ طبعاً اولین اشاره‌ها به سوی عوامل مهمی همچون وجود آب و به ویژه فاصله خاص زمین از خورشید برای نگهداری آب مایع خواهد بود. افراد ریزبین به وجود ماه، مشتری، کمربند سیارکها، حشرات و ... نیز اشاره

## ۱۰۰ / از مهیانگ تا انسان

خواهند کرد. اما آیا کسی می‌داند که حتی بدون وجود علف‌ها نیز آدمی مسیر تکامل خود را طی نمی‌کرد؟!

در گذشته دور علف‌ها گیاهان مظلوم کوچکی در زیر پای درختان بودند که از معده نور رد شده از برگ‌های درختان تغذیه می‌کردند. اما شرایط زمین تغییر کرد و علف‌ها تهدیدهای طبیعی پیش روی خود را به بهترین فرصت تبدیل کردند. این خرد پاها با استفاده از همین فرصت‌ها، بزرگترین انتقام را از درختان گرفتند و با نابود کردن میلیون‌ها درخت، بخش وسیعی از زمین را به قلمرو خود افزوده و در نهایت به سلطان گیاهان زمین تبدیل شدند! نکته عجیب اینکه در نهایت این علف‌ها بودند که تکامل و حتی تمدن آدمی را رقم زندن! بدون علف‌ها آدمی نبود! اما این داستان علمی عجیب چگونه اتفاق افتاد؟

اولین خوششانسی علف‌ها، کاهش گاز دی اکسید کربن در جوّ زمین تا یک ششم قبل بود. سازگاری علف‌ها در جذب این گاز اولین قدم در طول این راه بود. با این حال بزرگترین قدم زمانی برداشته شد که حدود ۸ میلیون سال قبل خشکسالی بیشتر نقاط زمین را فرا گرفت و علف‌ها !....

علف‌ها با یک جرقه آتش می‌گرفتند. آنها در ابتدا خود و سپس همه چیز از جمله

درخت‌ها را می‌سوزانند! نکته جالب اینجاست که علف‌ها پس از آتش‌سوزی و این خودکشی دسته جمعی به سرعت رشد می‌کرند و قلمرو درختان را از آن خود می‌کرند. آنها در طول سال‌ها، میلیون‌ها درخت را



سوزانند و جای پای خود را محکم نموده و این‌گونه اقلیم زمین را دگرگون کردن.

### چگونه علف‌ها پیدایش انسان را رقم زدند؟

محیط سرخست علفزار نسبت به جنگل، چه از جهت کمبود منابع غذایی و چه از



انشقاق انسان از شامپانزه در محیط علفزار

لحاظ امنیت کمتر، سبب باهوش‌تر شدن گونه‌ای از شامپانزه‌ها شد. این گونه در شرق آفریقا به تدریج ناچار به ایستادن و راه رفتن شدند و از اینجا بود که شاخه انسان از شامپانزه جدا شد و مسیر تکاملی خود را پیش گرفت و طی ۵ میلیون سال

بعدی گونه هموساپینس یا انسان عاقل که خود ما هستیم منشعب شد.

### چگونه علف‌ها تمدن آدمی را نیز رقم زدند؟

حدود ۱۲۰۰۰ سال قبل در ناحیه‌ای در ترکیه امروزی یک جهش ژنتیکی در علفی



به نام گندم وحشی موجب نقطه عطفی در تاریخ انسان شد! این جهش باعث اتصال محکم دانه‌های گندم به ساقه آن شد. اکنون دانه‌ها به راحتی جدا و پراکنده نمی‌شوند. این جهش مناسبی نیست و می‌توانست در

مدت کوتاهی سبب انقراض این نوع گندم شود، اما آدمی نهایت استفاده را از این علف برداشت کرد. چون گندم‌ها جدا و پراکنده نمی‌شدند، انسان‌ها آن را پرورش دادند و پس از کاشت

## ۱۰۲ / از مهیانگ تا انسان

و برداشت، از آن آرد و نان درست کردند و به یک منبع بزرگ و قابل ذخیره از انرژی دست یافتند و این آغاز جهش آدمی از عصر شکار به عصر کشاورزی بود! عصری که به تمدن انسان امروزی ختم شد.

### منابع و برای مطالعه بیشتر:

- How to Grow a Planet , The Power of Flowers
- <http://www.bbactivevideoforlearning.com/1/TitleDetails.aspx?TitleID=24192>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Flower>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Fruit>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Amborella>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Seed>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Poaceae>



## فصل هشتم

### تکامل جانوران

تکامل جانوران نیز همچون حیات در آب‌ها آغاز شد. در پایان دوره پرکامبرین یعنی حدود ۵۳۰ میلیون سال قبل، اغلب بی‌مهرگان نظیر اسفنج‌ها، ستاره‌های دریایی، عروس‌های دریایی، طنابداران، کرم‌های حلقوی، بندپایان، کرم‌های پهن و ... متکامل شده بودند. چون آنها فاقد پوشش سخت بیرونی بودند، عملًا فسیل زیادی از این دوران کشف نشده است. این پرسش مطرح می‌شود که بدون فسیل‌های کافی چگونه می‌توان این‌گونه نظر داد؟ پاسخ: توسط اطلاعات جمع‌آوری شده از علوم مورفولوژی (ریخت‌شناسی) و زمان‌سنجی ژنتیک.

#### انججار کامبرین و جهش به سوی مهره‌داران:

یکی از پرسش‌های مهم فرگشت این است که چگونه نرم‌تنان به مهره‌داران یا جانورانی که ستون فقرات دارند، مانند ماهی‌ها، خزندگان، پرندگان و خود ما تبدیل شدند؟ پاسخ این معما در یک کرم دریایی کوچک به نام لنسلت یا آمفیوکسوس است که در مرز جانوران بی‌مهره و مهره‌دار قرار دارد! این جانور اگرچه استخوان ندارد، اما در پشت خود نوعی اسکلت تکامل نیافته شبیه شاسی یک مهره‌دار را یدک می‌کشد. از طرفی رمزگشایی ژنتیک نشان می‌دهد که در ۴۵۰ میلیون سال قبل یک جهش مهم و بنیادی



## ۱۰۴ / از مهبانگ تا انسان

در ژنتیک، باعث چهار برابر شدن زنجیره ژنوم برخی جانوران شده است. این زمان طبق



شواهد فسیلی، تقریباً  
معادل همان دوره‌ای  
است که مهره‌داران  
پدید آمدند و انفجار  
камبرین را رقم زدند.

اکنون به آخرین قطعه پازل می‌رسیم. با نگاهی به توالی ژنوم آمفیوکسوس متوجه می‌شویم که ژنوم مهره‌داران و حتی خود ما، همان ژنوم آمفیوکسوس است که ۴ برابر شده است! ژن‌ها یک حافظه قوی و غیرقابل انکار در تاریخ فرگشت محسوب می‌شوند.  
چهار برابر شدن ژنوم یک کرم معادل شد با خلق تمامی مهره‌داران زمین!



ژن‌های اصلی، دستور  
ساخت یک عضو بدن را  
می‌دهند و ژن‌های میانی  
زمان‌بندی رشد اجزای  
آن عضو را تعیین  
می‌کنند. از این‌رو مثلاً  
جمجمه جانورانی

همچون نهنگ، اسب آبی، شتر، خفاش، میمون، تمساح، لاک پشت، انسان و ... یک مشابهت کلی به یکدیگر دارند که ناشی از ژن‌های کنترل‌کننده یا هومئو باکس برای ساخت آنهاست. اما تفاوت جمجمه‌ها با هم به خاطر اختلاف در ژن‌های میان رتبه می‌باشد. این ژن‌ها، طول زمان رشد نواحی مختلف جمجمه را تعیین می‌کنند. بنابراین مثلاً در یک جمجمه، پیشانی کشیده‌تر می‌شود و در دیگری بینی رشد بزرگ‌تری خواهد داشت. ما می‌دانیم که اختلاف‌های کوچک ژنتیکی حتی در یک گونه جانوری و خود ما

نیز تفاوت‌های کمی را در این زمینه ایجاد می‌نماید. همین اختلاف‌های کوچک ژنتیکی که توسط جهش‌ها ایجاد می‌شوند، یکی از مهمترین راهکارهای فرگشت برای تطبیق جانوران با محیط زیست خویش است! اما جهش‌های ژنتیکی چگونه پدید می‌آیند؟ توسط کپی‌هایی که شبیه اصل نیستند و اصولاً کپی نمی‌تواند کاملاً شبیه اصل باشد! کپی‌های ژنتیکی پر از اشتباهند که انتخاب طبیعت، برخی از آنها را به سمت موفقیت و بقا رهنمون می‌دارد! فرگشت و حتی خود ما محصول چنین اشتباهاتی هستیم!

### مهاجرت از دریا به خشکی:

در دوره کامبرین، حیات واپستگی کامل به دریاها داشت تا اینکه سرانجام در ۴۲۰ میلیون سال پیش، برخی از جلبک‌ها با پوشش موئیایی خود توانستند تا حدودی از دریاها مستقل شوند! اما در واقع اولین گیاهان خشکی به ۴۰۰ میلیون سال قبل تعلق دارند. این گیاهان که همچون خزه‌ها فاقد ریشه، اما دارای آوندهای گیاهی بودند، فرشی سبز و انبوه را در کناره دریاها و رودها تشکیل داده و به سمت خشکی گسترش یافتدند. نخستین جانورانی که خود را تقریباً با خشکی وفق دادند مفصل‌داران (اجداد هزار پایان) بودند که با پوشش زره مانند خود قادر به حفظ آب در بدن خود بودند. اینها در میان همان خزه‌های مرطوب گسترش یافتدند. اما یکی از مهمترین جهش‌های فرگشت در حدود ۳۸۰ میلیون سال قبل رخ داد که در طی آن برخی از ماهی‌ها به عنوان نخستین مهره‌داران به خشکی نفوذ کردند. دوزیستان یادگار این سفر هستند! این مهاجرت سبب پیدایش تمامی جانوران خشکی و از جمله خود ما شد. فسیلی که نشانگر مهاجرت گونه‌ای ماهی از دریا به خشکی است در سال ۲۰۰۴ توسط نیل شوبین (Neil Shubin) پس از ۵ سال جستجو در یکی از جزایر کانادا کشف شد. نام این جانور را تیک تالیک گذاشتند. جانوری دارای فلس، شبیه ماهی و دارای بالهایی شبیه پا برای راه رفتن. اما چرا چنین

۱۰۶ / از مهیانگ تا انسان

جانورانی به خشکی مهاجرت کردند؟ برای فرار از دست شکارچی‌های بی‌رحم!  
خشکی‌های آن زمان بسیار امن بود.



تیک تالیک

جهش مهم بعدی به  
جانورانی تعلق دارد که با  
پوست و تخم‌های غیرقابل نفوذ  
خود توانستند به معنای واقعی  
کلمه خشکی را جولانگاه خود  
سازند! این جانوران، خزندگان

بودند! دایناسورها محصول همین گروه از جانوران بودند!

حشرات حدود ۳۵۰ میلیون سال قبل، یعنی در دوره کربونیفر پدید آمدند و تحقیقات نشان می‌دهد که گروه‌های اولیه آنها به سنجاقک‌ها شباهت داشته‌اند! اما پس از مدتی در انواع گوناگون پدید آمدند و اغلب نیز از انواع امروزی بزرگ‌تر بودند! یک سنجاقک می‌توانسته بزرگی یک عقاب را داشته باشد! فراوانی اکسیژن دلیل بزرگ بودن اندازه آنها بوده است. غلظت اکسیژن، در بالاترین حد تاریخ زمین و تقریباً دو برابر امروز بوده و چون حشرات از طریق روزنه‌های بدن خود تنفس می‌کنند، می‌توانستند اکسیژن را به اندام‌های داخلی بدن خود رسانده و تا این حد بزرگ شوند. حشرات بالدار اولین

جاندارانی بودند که پرواز کردند و تا ۱۰۰ میلیون سال در پرواز رقیب نداشتند! بزرگ‌ترین خطر برای آنها عنکبوت‌های دام‌گستر بود.

پرندگان جهش بعدی خزندگان و نوادگان دایناسورها هستند! فسیل آرکئوپتریکس که ۱۴۰ میلیون سال



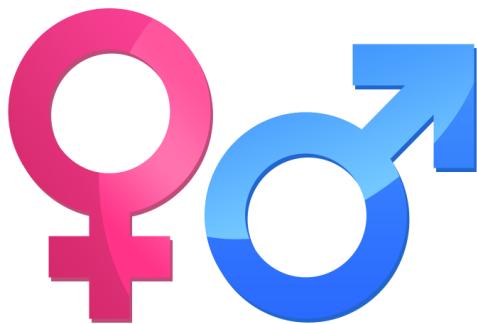
آرکئوپتریکس

قبل می‌زیسته حد واسط خزندگان و پرندگان را نمایش می‌دهد!

سلط خزندگان و به ویژه دایناسورها بر خشکی و حتی دریا حدود ۱۸۵ میلیون سال به درازا کشید تا اینکه حدود ۶۵ میلیون سال پیش به یکباره ناپدید شدند! بیشتر دانشمندان دلیل این موضوع را برخورد یک شهاب‌سنگ بزرگ به زمین می‌دانند! انقراض دایناسورها راه را برای فرگشت پستانداران و از جمله انسان هموار کرد!

### جنسیت و فرگشت:

جنسیت یکی از مهم‌ترین ابداعات فرگشت برای تنوع ژنتیک و حفظ بقا و تکامل است. بنابراین، لازم دیدم که به طور جداگانه به آن بپردازم. چرا جنسیت برای بقای گونه‌ها اینقدر مهم است؟!



گونه خاصی از مارمولک وجود دارد که برای تولیدمثل، روشی متفاوت نسبت به بیشتر جانوران روی زمین دارد. نوعی حیوان که فقط از جنس مؤنث تشکیل شده و بدون جفت‌گیری فرزند به دنیا می‌آورد! هر تخم حاوی

سری کامل از ژن‌های مادر است و تشکیل و رشد آن بدون دخالت حیوان مذکور به سرانجام می‌رسد. بنابراین به استثنای جهش‌های ژنتیکی، هر چه مارمولک یک کپی کامل از مادرش می‌باشد. اگر این جانور می‌تواند این گونه تولیدمثل کند، این پرسش پیش می‌آید که چرا جنسیت وجود دارد؟

آیا وجود نرها لازم است؟ نرها نمی‌توانند بچه بزایند و در بیشتر موارد سهم چندانی در تحمل بار سنگین پرورش بچه‌ها ندارند. از طرفی جنس ماده فقط می‌تواند ۵۰ درصد ژن‌هایش را منتقل کند. جفت‌یابی و جفت‌گیری هم که همیشه انرژی و دردسر خود را

۱۰۸ / از مهبانگ تا انسان

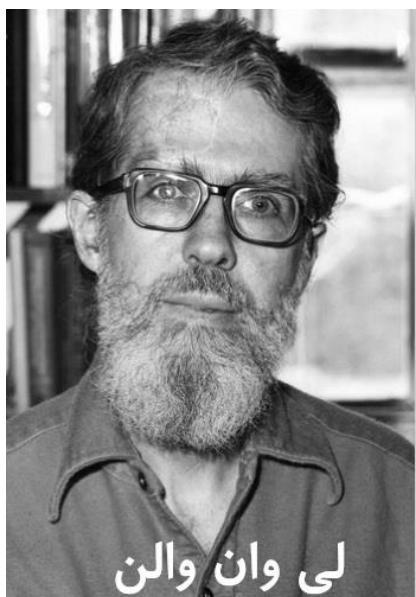
داراست. با این اوصاف و توجه به توانایی همانندسازی غیرجنسی، چرا ماده‌ها باید فرآیند



پیچیده تولید مثل جنسی را تحمل کنند؟

رابرت راین هوک به منظور یافتن پاسخ این پرسش‌ها به مدت ۲۵ سال در تپه‌های سونورا در مکزیک رفت و آمد داشته است! او به دنبال یافتن سرخ‌هایی برای این پرسش در ماهی‌های سرخ است. وی متوجه شد که چهل درصد ماهی‌ها در برکه‌های این منطقه شدیداً به انگلی آلوده شده‌اند که باعث پیدایش لکه‌های سیاه در آنها می‌شود. راین هوک متوجه شد که در تولیدمثل کننده‌های غیرجنسی، مقادیر بسیار بیشتری انگل به نسبت

تولیدمثل کننده‌های جنسی یافت می‌شود این در حالی بود که همه آنها در کنار هم زندگی می‌کنند. چرا؟



پاسخ در فرضیه‌ای به نام "ملکه سرخ" نهفته است. "ملکه سرخ" تغوری لی وان والن (Leigh Van Valen) است که سؤال بسیار مهمی را مطرح کرد: آیا سیر تکامل در صورت فراهم شدن شرایط ایده‌آل بین محیط و موجودات متوقف می‌شود؟ و پاسخ: البته که نه! سیر تکامل یک مسابقه است در دنیایی پر از انگل، پر از ویروس، مملو از باکتری‌ها، شکارچی‌ها و گونه‌هایی در حال رقابت و در حال تکامل. هر لحظه که گونه‌ای از تکامل باز

بماند، در مقابل این همه خطر و تهدید محکوم به فناست.

ماهی‌های تکثیر شده به روش غیرجنسی، از تکامل باز مانده‌اند. آنها طعمه‌هایی آسان هستند، به ویژه برای انگل‌هایی که عمری کوتاه و تکاملی سریع دارند. اما ماهی‌های تولیدمثل‌کننده جنسی طعمه‌هایی سخت‌ترند، چرا که هر کدامشان ترکیبی جدید از والدین خود هستند. بنابراین هر عضوی از گروه تولیدمثل‌کننده‌های جنسی، یک مبارز منحصر به فرد است و این امر سبب کند شدن انتقال انگل در اجتماع تولیدمثل‌کننده‌های جنسی ماهی‌هاست.

پس در اینجا جوابی برای معماهی جنسیت وجود دارد. تولیدمثل جنسی بهترین دفاع در برابر تکامل سریع دشمنان است. این شیوه باعث گوناگونی و تنوع در بین نسل‌های بعد می‌شود و در نتیجه امکان رقابت و مبارزه را با محیط خشن پیرامون می‌سازد. تولیدمثل جنسی پدید آورنده تنوع و تغییری است که باعث بالارفتن احتمال ادامه حیات یک گونه در دنیاگی می‌شود که رقابتی بی‌رحمانه در آن حکم‌فرماست. ماهی‌های کوچک راین هوک نشان می‌دهند که انتقال فقط نیمی از ژن‌ها به فرزندان از طریق تولیدمثل جنسی، ارزش طی کردن این مسیر پیچیده را دارد.

### منشاً پیدایش جنسیت!

اگر امروزه دلیل سکس هنوز اندکی مبهم است، منشاً پیدایش آن بیشتر در حدس و گمان است. بعضی معتقدند همه چیز از چند میلیارد سال پیش شروع شد، وقتی که دو موجود تکسلولی در شبی جاودانه یک برخورد اتفاقی با هم کردند. آنها پس از این برخورد ژن‌های خویش را با هم مبادله کردند و این دقیقاً ماهیت سکس است. حتی همین تبادل کم ژن‌ها باعث کمی قوی‌تر شدن این جانداران در ادامه حیات و تولیدمثل شد. جنسیت پس از این ماجرا پدید آمد. ارگانیزم‌هایی که سلول‌های تکثیرکننده

## ۱۱۰ / از مهبانگ تا انسان

داشتند، جنس نر را ایجاد کردند. هدف آنها یافتن ارگانیزم‌هایی بود که مواد لازم برای زندگی و رشد سلول را داشته باشند. اینها ماده نامیده شدند.

این پیشگامان اولیه با گذر زمان به اسپرم و تخمک تکامل یافتند. نرها میلیون‌ها



اسپرم با قابلیت تکثیر نسل‌های بعد را تولید می‌کنند. به نظر می‌رسد که اسپرم در انتخاب تخمک برای آمیزش، وسوسی ندارد، اما تخمک از اسپرم پیچیده‌تر است و انرژی بیشتری را در خود ذخیره می‌کند. بنابراین جنس ماده فقط تعداد

کمی تخمک تولید می‌کند و حساسیت بیشتری به آنها نشان می‌دهد. تخمک کمتر به معنای احتمال کمتر برای انتقال ژن‌هاست و این یعنی ماده‌ها برخلاف نرها با دقت و وسوس بیشتری انتخاب می‌کنند.

### آفرینش زیبایی توسط جنسیت!

چارلز داروین اولین کسی بود که به اهمیت سکس در سیر تکامل پی برد. او به این دلیل متوجه موضوع شد که تئوری او در ارتباط با انتخاب گونه منطبق با طبیعت، مشکل بزرگی داشت. با گذر زمان هر ویژگی که باعث افزایش احتمال بقای عضوی از



یک گونه شود، در تمام جمعیت آن گونه گسترش می‌یابد. اما ظاهراً تئوری او جوابی برای تعداد زیادی از تکامل‌های اغراق‌آمیز همچون پرهای دم طاووس نداشت. داروین می‌گفت: دیدن یک طاووس مرا دیوانه می‌کند! در واقع دم یک

طاووس نر، چیزی بیش از یک مانع برای ادامه حیاتش نیست! حرکت و پرواز با وجود این دم سنگین سخت است. ضمن اینکه انرژی زیادی برای رشد می‌گیرند و باعث جلب توجه شکارچی‌ها می‌شوند. علاوه بر اینها به صورت چشمگیری در هنگام فرار از یک شکارچی باعث کند شدن این پرنده می‌شوند.

چیزهای دیگری نیز شبیه دم طاووس هست: پوسته زیبا و پر زرق و برق برخی حشرات، زیبایی عجیب و بیش از حد پروانه‌ها، پرهای رنگین و حتی آواز باشکوه برخی

پرنده‌گان. داروین بر این باور بود که باید در این مورد توضیحی در سیر تکامل باشد و همینطور برای این موضوع که به چه دلیل بسیاری از تزیینات و زیبایی‌ها در طبیعت فقط در نرها دیده می‌شود.

پرسش اصلی این بود: اگر طبیعت در انتخاب گونه‌های بزرتر در تمامی موارد یکسان عمل می‌کند، پس چرا در طبیعت بین نر و ماده‌ها اینقدر تفاوت وجود دارد؟ گویی آنها دو مسیر متفاوت را رفته‌اند و اگر شما تغوری انتخاب اصلاح را در طبیعت پذیرفته باشید، این تفاوت منطقی و قابل قبول نیست.

دلیل این تفاوت از این روست که طبیعت برای تولیدمثل، بهترین‌ها را انتخاب می‌کند! اگرچه زیبایی و تزیینات موجود در نرها دست و پا گیر بوده و به نفعشان نیست، اما نشان‌دهنده شایستگی و لیاقت آنها برای جفت‌گیری با جنس مخالف می‌باشد. در گونه‌هایی که به طریق جنسی تولیدمثل می‌کنند، حیات یک جنس مانند نر چه اهمیتی دارد اگر او نتواند ماده‌ای را برای جفت‌گیری بیابد؟ اگر جانوری لیاقت کافی برای جفت‌گیری نداشته باشد، زن‌هایش نیز همراه خودش از بین می‌رود و ادامه نسلی



## ۱۱۲ / از مهبانگ تا انسان

نخواهد داشت. بنابراین نرها برای کسب لیاقت جفت‌گیری و انتخاب شدن توسط ماده‌ها، تا حد اغراق‌آمیزی پیش رفته و خطر می‌کنند. خطر دست و پا گیر شدن این مقدار زیبایی به ویژه در مواجهه با شکارچی‌ها، بهتر از مقطوع‌النسل شدن است! در آزمایشی بر روی طاووس‌ها، به خوبی معلوم شد که جنس ماده تمایلی برای جفت‌گیری با نرها دم کوتاه ندارند، حتی اگر دم آنها توسط انسان کوتاه شده باشد! داروین دو شیوه متفاوت را در انتخاب جفت گونه‌های مختلف یافت. این انتخاب برای نرها یک مبارزه است و برای ماده‌ها یک انتخاب! نرها برای به دست آوردن ماده‌ها به شکل‌های مختلف رقابت و مبارزه می‌کنند. این مبارزه‌ها گاهی کاملاً بی‌رحمانه شده و به خشونت و حتی کشتار رقبا می‌انجامد، اما برای انتقال ژن‌های سالم‌تر در روند



فرگشت با ارزش است. اما آیا فقط نرها در تکامل تولیدمثل جنسیتی نقش بازی می‌کنند؟ خیر! ماده‌ها با استراتژی‌های ویژه‌ای دست به انتخاب همسر می‌زنند. حتی مبارزه نرها نیز به

خاطر انتخاب ماده‌های است! همین انتخاب‌های است که سبب تکامل زیبایی در حد اغراق‌آمیز می‌شود! تخمک‌های ماده، کم و با ارزشند و لذا انتخاب وسوسی جنس نر از اهمیت بالایی برای به ثمر رسیدن تخمک‌ها برخوردار است. ماده‌ها در درجه اول برای تولید بهترین نسل، شایسته‌ترین‌ها را برمی‌گزینند. با این وجود هدف آنها فقط داشتن فرزند سالم نیست. فرزندان باید حداقل تا رسیدن به بلوغ زنده بمانند. بنابراین گاهی ممکن است یک ماده جفتی را انتخاب کند که به جای داشتن ژن‌های برتر، پا به پای او در رشد فرزندان سهیم باشد!

### تک همسری و خیانت!

سیر تکامل در بسیاری از گونه‌ها، وظیفه نگهداری فرزندان را به ماده‌ها و نرها به طور مشترک واگذار می‌کند. مثلاً در پرنده‌های آواخوان اگر نرها در مراقبت از جوجه‌ها



سهمیم نمی‌شدن، آنها می‌مردند و انتقال نسل به سرانجام نمی‌رسید. بنابراین پرنده نر پس از جفت‌گیری می‌باشد تمرکزش را به خانواده‌اش معطوف کند و از فکر جفت‌گیری با دیگر

پرنده‌ها بیرون بیاید. اما چگونه این امر حاصل می‌شود؟ جواب در تک همسری است! این یک راه حل خوب برای این نوع تکامل است، با این حال برخی نیروها آن را تهدید می‌کنند! مثلاً همین پرنده‌های آواخوان اگرچه تک همسر هستند، اما برخی از ماده‌ها به ناچار در هوس همسایگان خود هستند! چرا؟

در منطقه محافظت شده ایتاكا، پرنده‌ای ماده از مهاجرت باز می‌گردد. از میان ۱۰۰ پرنده گونه خودش در پارک، او شصت و پنجمین پرنده‌ی بازگشته است. او به خوبی می‌داند که اغلب نرهای شایسته‌تر تاکنون صاحب جفت شده‌اند. با این حال او نر خود را انتخاب می‌کند، اما با تمرکز بر استراتژی خیانت! اکنون این پرنده ماده یک همسر دارد که در یافتن غذا و بزرگ کردن جوجه‌ها به او یاری می‌رساند. ولی نرهای همسایه از لحاظ ژنتیکی سالم‌تر و قوی‌ترند. او خواهان خیانت برای دستیابی به جوجه‌های سالم‌تر است، اما می‌داند که دست به خطری بزرگ می‌زنند! اگر همسرش متوجه شود، ترکش می‌کند و او به تنها‌ی نمی‌تواند جوجه‌ها را بزرگ کند. با تمام این اوصاف، آزمایشات

DNA نشان داده است که حدود ۴۰ درصد از پرندگان آوازخوان این خطر را می‌پذیرند!

### آیا مغز بزرگ و پیچیده ما نتیجه جنسیت است؟!

جفری میلر معتقد است که مغز انسان نیز همانند دم باشکوه طاووس نر، به خاطر جنسیت و به صورتی اغراق‌آمیز تکامل یافته است. به نظر می‌رسد مغز انسان به عنوان پیچیده‌ترین سیستم شناخته شده، بیشتر از آن چیزی که برای زنده ماندن در



دشت‌های آفریقا نیاز داشته بزرگ شده است. به واقع مغز انسان به قدری پیشرفته است که بسیاری نمی‌پذیرند که طبیعت با فرآیندهای تکاملی و انتخاب بهترین، توانسته باشد مغز انسان را

به وجود آورده باشد. در ظاهر همه جانوران دیگر در زمین با داشتن دستگاه عصبی نسبتاً ساده‌ای زنده مانده‌اند و مغز طوری برنامه‌ریزی شده که فقط ساز و کار بقا و تولیدمثل جاندار را انجام دهد.

جفری میلر باور دارد که در اینجا نیز انتخاب بهترین‌ها برای جفت‌گیری، باعث بزرگ شدن مغز ما شده است. اجداد ما همسران خود را با توجه به فکر و هوششان انتخاب می‌کردند و پس از نسل‌ها، مغز آدمی همچون دم طاووس بزرگ و پیشرفته شد! او متلاعده شده که تمام خودنمایی‌ها، جلوه‌های هنری و حتی شوخ‌طبعی‌ها، ریشه در غرایز ما برای تحت تأثیر قرار دادن و جلب توجه جنس مخالف دارند. البته با توجه به کوچک و پست دانستن سکس در بسیاری از فرهنگ‌ها، بسیاری از باور این موضوع طفره می‌روند و امر

به ایشان مشتبه شده که خلاقیت‌های فکری و هنری ایشان ارتباطی با جنسیت ندارد.



اما جفری میلر می‌گوید که تمام اینها در واقع نمایش غرایز جنسی به صورت ناخودآگاه است. توانایی ما در خلاقیت‌های هنری به این دلیل است که اجداد ما از آنها برای انتخاب مناسب شریک جنسی خود سود می‌برده‌اند!

#### منابع و برای مطالعه بیشتر:

##### • تکامل چیست؟ ارنست مایر، ترجمه سلامت رنجبر

- <https://en.wikipedia.org/wiki/Lancelet>
- [http://simple.wikipedia.org/wiki/Origin\\_of\\_life](http://simple.wikipedia.org/wiki/Origin_of_life)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Tiktaalik>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Archaeopteryx>
- <http://www.pbs.org/wgbh/evolution/about/show05.html>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sex>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution\\_of\\_sexual\\_reproduction](https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_of_sexual_reproduction)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Gender>



## فصل نهم

### پیدایش انسان

پس از انقراض ناگهانی دایناسورها جانوران کوچک و خزداری که در گذشته از ترس دایناسورها روزها مخفی می‌شدند و شبها شکار می‌کردند، به آزادی رسیدند! دسته‌ای



از این جانوران برای تغذیه به برگ و میوه درختان روی آوردند و گروه بزرگی از پستانداران گیاهخوار را تشکیل

دادند. آدمی از همین گروه انشقاق و تکامل یافت!

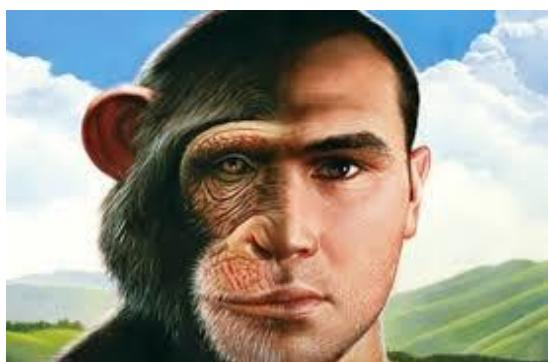
پس به طور خلاصه می‌توان گفت: حدود ۴ میلیارد سال قبل حیات با پیدایش جانداران تکسلولی در دریاها آغاز شد. حدود ۶۰۰ میلیون سال پیش، صدفها و سایر جانداران بی‌مهره و در ۵۰۰ میلیون سال قبل مهره‌داران به وجود آمدند. با جهش جانوران از دریا به خشکی، دوزیستان در ۴۲۵ و نخستین خزندگان و دایناسورها در ۲۵۰ میلیون سال پیش پدید آمدند. پستانداران در ۲۵۰ و نخستین پرنده‌گان در ۱۵۰ میلیون سال قبل بوجود آمدند. دایناسورها در ۶۵ میلیون سال قبل ناگهان از میان

۱۱۸ / از مهبانگ تا انسان

رفتند و پس از آن پستانداران برتری یافتند و نهایتاً موجودی به نام انسان از این گروه سر بر آورده!

### پیدایش انسان:

بحثانگیزترین شاخه‌ی فرگشت زمانی آغاز می‌شود که درخت تکامل به سرشاخه‌ی انسان نزدیک می‌شود. اگر علم فرگشت فقط با انسان کاری نداشت، شبیه علم شیمی و فیزیک با مخالفتی روبرو نمی‌شد. برخی به خاطر ترسیم آدمی در درخت فرگشت با کل



این علم به مخالفت بر می‌خیزند  
و برخی نیز به خاطر شواهد  
انکارناپذیر و به ویژه مدارک  
ژنتیکی، مخالفت خود را تنها به  
تکامل این چنینی انسان محدود  
کرده‌اند. حافظه پرقدرت کودکی

تاریخ تمدن که با تقدس آب دیده شده است، به راحتی پاک نخواهد شد. بسیاری تصور می‌کنند که عدم توانایی در درک موضوعات علمی و واقعیت‌های آن ناشی از ضریب هوشی است، اما به نظرم بزرگ‌ترین مانع برای تحلیل و پذیرش علم به خاطر اشغال و گاهی قفل شدن بخشی از مغز با باورهای دوران کودکی تاریخ تمدن و به ویژه ایدئولوژی‌های مختلف است!

بهتر است به جای بحث مهمی که می‌توان در ارتباط با روانشناسی مخالفان تکامل طبیعی انسان داشت، به اصل موضوع بپردازیم. چرا ما آدمها برخی تفاوت‌های بین‌النسلی با دیگر جانوران داریم؟ چه عواملی ما را در مسیر انسان شدن قرار دادند؟ آدمی در کدام شاخه از درخت فرگشت قرار دارد و چه زمانی اولین گام‌ها به سوی انسان شدن برداشته شد؟

مهمترین جهش در این زمینه به چند میلیون سال قبل و به شمال شرق آفریقا باز می‌گردد؛ یعنی زمانی که عوامل محیطی و به ویژه علفزارهای کم درخت، بستری فراهم ساختند تا شاخه‌ای از شامپانزه‌ها بر روی دو پا راه بروند. در یک کلام، از این زمان به بعد انشقاق آدمی از شامپانزه اتفاق افتاد. این شاخه از درخت فرگشت و قسمت شد تا سرانجام یکی از آنها به ما ختم شود! فسیل مهمی که زرای آلسگد (Zeresenay) در سال ۲۰۰۰ در اتیوپی کشف کرد، یک بار دیگر نگاه دانشمندان را



برای یافتن منشأ انسان به این سمت دنیا خیره نمود. این فسیل، جمجمه یک کودک ۳ ساله با قدمت  $\frac{2}{3}$  میلیون سال است. زرای که متولد همان کشور است، نام این فسیل را "سلام" گذاشت.

این دانشمند فقط ۸ سال وقت گذاشت تا هر نوع ماسه و سنگ و آلودگی را از این فسیل جدا کند! این جمجمه و باقی استخوان‌هایی که در نزدیکی همان محل پیدا شدند، به هیچ جانور شناخته شده‌ای شباهت ندارند و در واقع به گونه‌ای از اجداد انسان به نام استرالوپیتکوس آفارنسیس مربوط می‌شوند؛ گونه‌ای کوچک و شبیه شامپانزه که



بر روی دو پا راه می‌رفته است. مهم‌ترین گواه در مورد راه رفتن بر روی دو پا به استخوان لگن و زانو مربوط می‌شود. می‌توان گفت: این گونه از کمر به پایین مشابه آدمی و از کمر به بالا شبیه

## ۱۲۰ / از مهبانگ تا انسان

شامپانزه است. شباهت نیم‌تنه بالای آنها به شامپانزه، لازمه گذران بیشتر وقت‌شان و به ویژه هنگام خواب بر روی درختان بوده که برای امنیت الزامی است. اما چرا آنها راست قامت شدند؟!

پاسخ : احتمالاً به خاطر یک انشقاق تاریخی در دره گریت ریفت (شکاف بزرگ)!

## چرا انسان راست قامت شد؟!

به دره گریت ریفت در مرز کنیا می‌رویم که در حال حاضر یک صحرای خشک، داغ



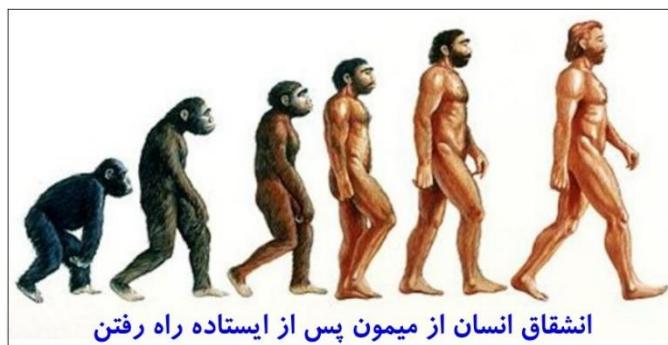
و بی‌آب و علف می‌باشد. اما گذشته‌ی این منطقه بسیار متفاوت و متغیر بوده است، به طوریکه محیط آنجا آماده فیلتر کردن برخی از گونه‌های جانوران برای خلق گونه‌های متفاوت گشته است. مثلاً دره سوگاتا که

بخشی از دره ریفت محسوب می‌شود، کاملاً پوشیده از آب بوده و یک دریاچه‌ی کاملاً عمیق را تشکیل می‌داده است. در واقع کل آفریقا گرم، مرطوب و پوشیده از جنگل‌های بارانی بود؛ محیطی مناسب برای اجداد سلام، یعنی شامپانزه‌ها و مشابه آنها. اما به تدریج بخش‌هایی از آفریقا شروع به خشک شدن کرد و جنگل انبوه جایش را به درخت‌ها و درختچه‌های پراکنده داد. حدود ۳ تا ۴ میلیون سال قبل دره ریفت بسترها مختلفی شامل چمن‌زار، جنگل‌های پراکنده، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها شکل گرفت. فسیلهای باقی‌مانده از انواع حیوانات در این منطقه، گواه بر این واقعیتند. این دگرگونی‌ها و به ویژه کاهش درختان و وجود علف‌ها باعث خلق گونه‌ای از جانوران شد که بر روی دو پا راه می‌رفتند. اما چگونه؟

انسان تنها پستانداری است که همیشه بر روی دو پا راه می‌رود. چرا گونه‌ای از شامپانزه‌ها ناچار شدند بر روی دو پا ایستاده و راه بروند؟  
چند فرضیه ارائه شده است:

- آنها راست ایستادند تا بتوانند از بالای علف‌های بلند اطراف خود را ببینند. این موضوع برای دیدن محیط اطراف و امنیت آنها مهم بود.
- آنها راست ایستادند تا گرما را بهتر دفع کنند. در حالت ایستاده تماس بدن با نور خورشید کمتر می‌شود.

اما همانطور که دانیل لیرمن مطرح می‌کند، بهترین فرضیه این است که آنها راست ایستادند تا ارزی بیشتری را ذخیره نمایند. منظور چیست؟ شامپانزه‌ها بر روی درختان خیلی چابکند؛ اما آنها هنگام راه رفتن روی زمین ارزی زیادی از دست می‌دهند. آنatomی آنها بدین منظور طراحی نشده است و معمولاً پس از حدود ۲ تا ۳ کیلومتر راه رفتن آنها کاملاً خسته می‌شوند. البته آنها به خاطر وجود جنگل نیازی به اینقدر پیاده

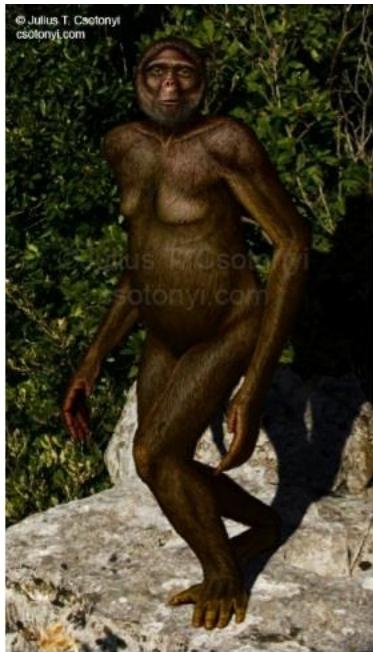


روی نداشته‌اند! راه  
رفتن بر روی دو پا  
ارزی کمتری مصرف  
می‌کند، بنابراین، در  
زمان ناپدید شدن  
جنگل‌ها و کاهش

درختان، گونه‌ای که ایستاده راه می‌رفتند، موفق‌تر عمل کرده‌اند. آنها برای رسیدن به میوه‌ها ناچار به راه رفتن در مسافت‌های طولانی بوده‌اند. امروزه مشخص شده که یک شامپانزه هنگام راه رفتن حدود ۴ برابر بیشتر از انسان ارزی مصرف می‌کند! این مقدار برای انشقاق یک گونه جدید راست قامت، کاملاً قابل توجه است!

کشف فسیل جدیدی در اتیوپی در سال ۱۹۹۴ به نام آردیپیتکوس رامیدوس (Ardipithecus ramidus) با قد ۱۲۰ سانت و وزن ۵۰ کیلو فرضیه جدیدی را مطرح

می‌کند. قدمت ۴/۴ میلیون ساله این فسیل، آن را به قدیمی‌ترین هومونید کامل کشف



**آردیپیتکوس رامیدوس**

شده بدل می‌کند. نیم‌تنه بالایی این هومونید شبیه شامبانزه و نیم‌تنه پایین شبیه انسان بوده است، به‌طوری‌که هم توانایی آویزان شدن از درختان را داشته و هم قادر بوده ایستاده راه برودا! این موضوع فرضیه ساوانا را که کاهش تراکم درختان و علفزار را باعث تکامل گونه ایستاده می‌داند، رد می‌کند.

این فرضیه با توجه به همزمانی تقریبی این فسیل با پیدایش گسل بزرگ شرق آفریقا در ۵/۳ میلیون سال پیش، همین شکاف بزرگ را عامل راه رفتن بر روی دو پا می‌داند. در حالیکه تشکیل گسل، زمین صاف را به کوه‌ها و تپه‌ها تبدیل می‌کند، گونه‌ای خلق می‌شود که قادر است از زمین‌های شیبدار صعود کند و به این ترتیب نه تنها از شکارچی‌های چهار پا در امان است، بلکه به محیط و منابع غذایی جدید دسترسی پیدا می‌کند! تلاش برای حفظ تعادل هنگام صعود و فتح مکان‌های مرفوع به تکامل پاهای قوی‌تر و دست‌های کوتاه‌تر کمک کرده و نتیجه نهایی آن پیدایش گونه راست قامت است!

### زمان انشقاق انسان از میمون و جدّ واقعی انسان!

با تکنیک ساعت مولکولی در علم ژنتیک به شیوه‌ای کاملاً علمی می‌توان نشان داد که چه زمانی گونه‌های متفاوت از نیای مشترک خود جدا شده‌اند. با این روش معلوم شده که جدایی انسان از میمون حدود ۶ میلیون سال قبل اتفاق افتاده است. یعنی بر

خلاف تصور، حتی لوسی حلقه گمشده انسان و میمون محسوب نمی‌شود! اکنون این پرسش پدید می‌آید: جدّ واقعی ما کیست؟

شکارچیان فسیل برای یافتن پاسخ این پرسش دره گریت ریفت را مورد جستجوی دقیق‌تری قرار دادند، اما چیزی پیدا نشد. در سال ۱۹۹۷ یک انسان‌شناس فرانسوی به نام میشل برونه تصمیم گرفت جستجوی خود را به سمت غرب یعنی در حوالی شمال کشور چاد متمرکز کند. او و تیمش سرانجام پس از ۴ سال جستجو توانستند جمجمه‌ی

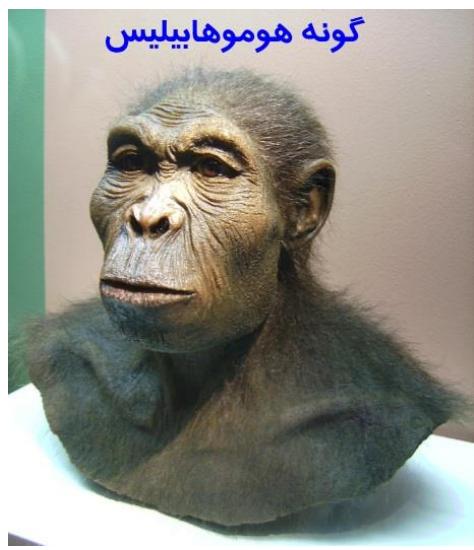


از شکل افتاده‌ای با قدمت ۶ میلیون سال را بیابند! لحظه‌ی هیجان‌انگیزی بود، اما آیا این جمجمه اجداد ما بود یا فقط به یک میمون تعلق داشت؟ این جمجمه تومای نامگذاری شد و بررسی‌های علمی دقیقی بر روی آناتومی آن انجام پذیرفت. در نهایت، میشل پذیرفت که این جمجمه متعلق به یک راست قامت است؛ اما برخی دانشمندان نسبت به این موضوع تردید دارند. اگر حق با میشل باشد، تومای را می‌توان به عنوان جدّ آدمی در نظر گرفت.

اگرچه راست قامتان، شاخه انسان را از شامپانزه‌ها جدا کردند، اما این‌گونه برای حدود ۴ میلیون سال با مغز کوچکی شبیه شامپانزه‌ها به شکل موفقیت‌آمیزی به حیات خود ادامه داد! در واقع راه رفتن روی دو پا ارتباط خاصی با بزرگ شدن مغز نداشته است! با این حال، برخی تفاوت‌های جزئی بین مغز این‌گونه با شامپانزه در همین دوران شکل گرفت. مانند رشد آهسته‌تر مغز در دوران پیش از بلوغ و نیز نئوکورتکس کمی بزرگ‌تر که هوش و تفکر را در بر می‌گیرد. این ادعا در جمجمه سلام توسط دانشمندان اثبات شده است.

## ۱۲۴ / از مهبانگ تا انسان

در ۵۰۰ سال بعد، فسیلی در این رابطه یافت نشده است، اما پس از این دوره ناشناخته، سنگ‌هایی با قدمت ۲/۵ میلیون سال کشف شده‌اند که طبیعی نیستند! این سنگ‌ها توسط افرادی شکل داده شده‌اند و در واقع آنها نخستین ابزارهای سنگی تاریخ محسوب می‌شوند!



فسیل جدید و متفاوتی کشف شد و نتیجه: پیدایش انسان ابزارساز و گونه هומו ...! گونه هوموهابیلیس با قدمتی بین ۱,۶ تا ۲/۵ میلیون سال پیش؛ یعنی پیدایش عصر هומו یا انسان! اگرچه هوموهابیلیس هنوز خیلی شبیه میمون‌ها و گونه لوسی (استرالوپیتنکوس) بود، اما یک تفاوت اساسی وجود داشت؛ مغز آنها حدود دو برابر بزرگ‌تر شده بود! اما چرا پس از میلیون‌ها سال، این افزایش حجم به شکلی نسبتاً ناگهانی در حدود دو میلیون سال قبل اتفاق افتاد؟

### نبود انسان با آب و هوای وحشی آفریقا:

دانشمندان سرتاسر آفریقا را برای یافتن پاسخ این پرسش جستجو کردند! سرانجام آنها در انتهای جنوبی دره گریت ریفت واقع در کنیا چیزهایی یافته‌اند. لایه‌های سنگی این منطقه حکایت از فعالیت‌های تکتونیکی فراوانی دارد که نتیجه آن نوسانات شدید و سریع آب و هواست. گاهی سبز با دریاچه‌ای عمیق و پرآب و گاهی خشک و بی‌آب و علف! دره گریت ریفت چندین بار به دریاچه‌ای بزرگ و پر از آب مبدل گشته و سپس خشک شده است. نتیجه این نوسانات، محیطی مرطوب همراه با جنگل و رودخانه بوده که پس از مدتی به چمنزارهای خشک تبدیل می‌شده و تکرار این تغییرات سریع در محیط نقش یک کاتالیزور را برای تکامل آدمی بازی کرده است!

## دره شکاف بزرگ در آفریقا



بررسی لایه‌های رسوبی کف اقیانوس‌ها نیز مهر تأییدی بر ناپایداری آب و هواي شرق آفریقا دارد. گرد و غبارهایی که توسط باد از آفریقا به سمت اقیانوس‌ها پرواز کرده‌اند، در اعماق آب‌ها رسوب کرده و اطلاعات جالبی را برای دانشمندان ذخیره نموده‌اند. در دوره مرطوب، غبار کمتری بر می‌خواست و لایه‌های رسوبی نازک‌تری تشکیل می‌داد؛ اما در زمان خشکسالی این لایه‌ها ضخیم‌تر می‌شوند. با تعیین سن این لایه‌ها پرده‌ای راز مهمی برداشته می‌شود!

به مدت سه میلیون سال بین تومای و سلام با مغز کوچکشان، آب و هواي آفریقا، پایدار و نسبتاً خشک بود؛ اما پس از آن به مدت ۲۰۰ هزار سال آب و هواي منطقه، وحشی و پرنوسان شد، به طوریکه به صورت غیرقابل پیش‌بینی مرطوب و سپس خشک می‌شد! در همین زمان بود که ابزارهای سنگی یافته شده و در واقع انسان ابزارساز با مغز بزرگش پا به عرصه وجود گذاشته است! یک نتیجه‌گیری منطقی از این تحقیقات و همزمانی رشد ناگهانی مغز با تغییرات شدید آب و هوا به دست می‌آید: آفریقا گهواره گونه‌های انسان نمای فراوانی بوده است؛ اما آب و هواي وحشی و ناپایدار همچون آزمونی سخت، شرایط قبولی را دشوارتر می‌سازد. بدین ترتیب، فیلترهای محیطی،

۱۲۶ / از مهبانگ تا انسان

خشن‌تر شده و بسیاری از گونه‌ها همچون لوسی و سلام که نتوانستند سازگار شوند، از میان رفته‌اند. در عوض گونه‌هایی همچون هوموهابیلیس که از مغز بزرگ‌تری برای حل مشکلات برخوردار بودند، به مسیر تکامل خود ادامه دادند!

بدین ترتیب در واقع پیدایش مغز بزرگ و گونه انسان، مدیون آب و هوای وحشی آفریقا بوده است! تغییر و سازگاری با این تغییرات، تکامل آدمی را رقم زده است. این تغییرات آب و هوایی در طی این دو میلیون سال نیز ادامه یافت و اجداد ما با موفقیت



### تطبیق پذیری

توانستند از تمامی این شرایط سخت عبور کنند. انسان امروزی به عنوان باهوش‌ترین موجود شناخته شده، در واقع محصول سخت‌ترین آزمون های طبیعت در راستای تطبیق‌پذیری است! کاش می‌توانستیم بفهمیم که زمین، طبیعت، موجودات زنده و خود

ما چه جواهرات بسیار کمیاب و شاید نایابی در کیهان هستیم!

۱۲۷ / پیدایش انسان .....

### منابع و برای مطالعات بیشتر:

- <http://www.pbs.org/wgbh/nova/evolution/becoming-human.html#becoming-human-part-1>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Zeresenay\\_Alemseged](http://en.wikipedia.org/wiki/Zeresenay_Alemseged)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Ardipithecus>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Suguta\\_Valley](http://en.wikipedia.org/wiki/Suguta_Valley)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Rift\\_valley](http://en.wikipedia.org/wiki/Rift_valley)
- <http://yon.ir/yu71>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Sahelanthropus>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Homo\\_habilis](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_habilis)



## فصل دهم

### انسان مهاجر

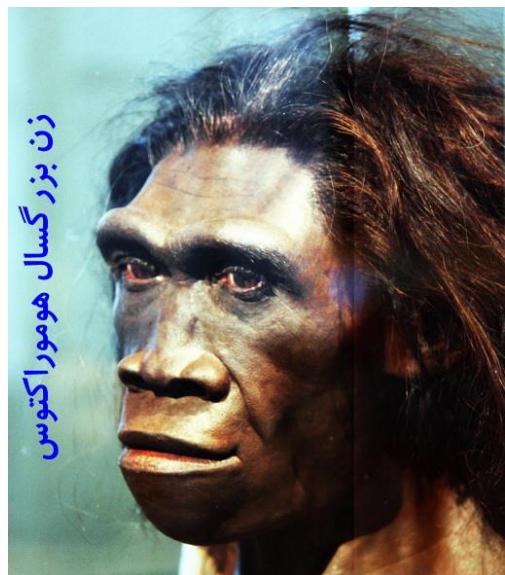
انسان راست قامت:

دو میلیون سال قبل، دره گریت ریفت شاهد پیدایش نخستین نیایی است که می توان آن را واقعاً انسان نامید. در ادامه گونه‌ای آشکار می‌شود که به طرز شگفتی شبیه ماست: یک مهاجر دنیا، ابزارساز، شکارچی و از همه مهم‌تر رام‌کننده آتش و برپا کننده نخستین جوامع انسانی! شگفت اینکه این گونه تمام عیار انسانی، از شاخه خود ما یعنی هموسایپینس جدا بودند! گونه هوموراکتوس به عنوان اصلی‌ترین نیایی ما حدود ۱/۵ میلیون سال قبل در همان دره گریت ریفت پا به عرصه وجود گذاشت. اسکلت کامل یک هوموراکتوس در شمال کنیا و نزدیک دریاچه تورکانا توسط ریچارد لیکی و تیمش کشف شد. قدیمی‌ترین اسکلت یک گونه کاملاً انسانی موسوم به پسر تورکانا کشف شده بودا!



۱۳۰ / از مهیانگ تا انسان

در مورد توانایی صحبت کردن گونه هموراکتوس، اختلاف نظر وجود دارد و برخی



دانشمندان در این مورد شک و تردید دارند، اما در مورد ابزارسازی شکی نیست. ساخت ابزارهای سنگی در واقع نشانگر تولد تکنولوژی با این گونه می‌باشد. داشتن ابزار که نشان‌دهنده هوش بالاست، بسیاری از نقص‌های فیزیکی را جبران می‌کند. با ابزار به هر نوع خوراکی می‌توان دست یافت و هیمن تکنولوژی بسیار ابتدایی راز بقای گونه هوموساپیانوس است!

با پیدایش گونه هومو، بازوها نسبت به میمون‌ها باریک‌تر، پاها بلند‌تر و مغزها بزرگ‌تر شد. با افزایش حجم مغز، هوش، خلاقیت و مراقبت از یکدیگر به گونه هومو گره خورد! هرچه مغز آدمی بزرگ‌تر شد، دوران کودکی و زمان رسیدن به بلوغ افزایش یافت. شامپانزه‌ها حدود ۷ سالگی بالغ می‌شوند، در حالیکه این عدد برای انسان‌ها به بیش از ۱۲ سال می‌رسد. اما چرا باید اینطور باشد؟ چرا فرگشت دوره ناتوانی و آسیب‌پذیری آدمی را تا رسیدن به بلوغ افزایش داد؟

پاسخ این است: برای رسیدن به مغز بزرگ‌تر! داشتن هوش تمام نقص‌ها را جبران می‌کند و فرگشت نیز به خوبی این موضوع را فهمیده است! آدمی بزرگ‌ترین مغز را نسبت به بدنش در میان جانوران دارد. اگر قرار بود رشد مغز داخل رحم اتفاق بیفتد، مغز کودک متولد شده از لگن عبور نمی‌کرد! قطر لگن زنان به طرز شگفت‌انگیزی تقریباً با مغز کودک در هنگام تولد برابری می‌کند! پس از تولد، رشد مغز و توانایی‌های

یادگیری ادامه پیدا می‌کند و هرچه دوران رسیدن به بلوغ بیشتر باشد، رشد مغز کامل‌تر است.



### هوش و مغز بورتو:

اما مغز بزرگ هزینه‌های پنهانی خاص خود را دارد و یکی از دردسرهای آن مصرف بیشتر انرژی است! امروزه مغز ما ۲۵٪ انرژی بدن را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین، هوموراکتوس‌ها می‌بایست با مصرف

کالری بیشتر، این هزینه را نیز جبران می‌کردند. طبعاً گیاهان به تنها یکی از عهده تأمین این کالری برنمی‌آمدند و در نتیجه گونه انسان به سمت منابع گوشتی کشیده شد. کالری گیاهی را باید پیدا کرد و خورد، اما منابع گوشتی را باید شکار کرد. شکار یک حیوان، نیازمند قدرت و سرعت است. نیاکان ما هیچ‌کدام را نداشتند! جانداری کند، بدون چنگال و دندان قوی که تنها می‌توانست شکار آسانی برای بقیه باشد! با این تفاسیر، گونه هموراکتوس چگونه می‌توانست گوشت خود را به دست آورد؟

پاسخ شگفت‌انگیز: آنها متخصص دوی استقامت بودند، حتی در وسط روز! همانند انسان امروزی، گونه هموراکتوس نسبت به اجداد خود راحت‌تر و طولانی‌تر



می‌دوید. این‌گونه همچون ما بیشتر موهای خود را از دست داده بود و از طریق عرق کردن خنک می‌شد، لذا مشکلی برای دویدن طولانی نداشت. عدد عرق، کلید موفقیت آنها بوده است! اما دوی استقامت چه مزیت ویژه‌ای به هوموراکتوس بخشد؟

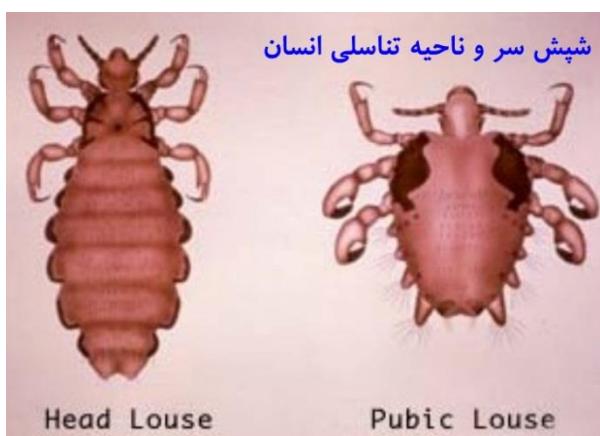
بگذارید قبل از پاسخ این پرسش به یک موضوع جالب بپردازیم. اگرچه برخی چشم بسته هر مطلب علمی را می‌پذیرند، برخی نیز چشم بسته واقعیت‌های علمی را رد می‌کنند! زمانی به یکی از دوستان می‌گفتم که چند میلیارد سال قبل در تاریخ زمین، بیش از یک میلیون سال باران باریده است. وی با این استدلال که فهمیدن چنین چیزی امکان‌پذیر نیست، به راحتی از پذیرفتن آن امتناع کرد. مشکل این چشم بسته پذیرفتن یا رد کردن چیست؟ آنهایی که می‌پذیرند، اصولاً نه شگفت زده می‌شوند، نه پرسشی برایشان پدید می‌آید و نه درگیر تحلیل، تفکر و تحقیق علمی می‌شوند. افرادی که رد می‌کنند، هنوز با روش‌های شگفت‌انگیز علمی برای درک و کشف واقعیت‌ها آشنایی ندارند و حاضر نیستند حتی یک موضوع را مورد کنجکاوی قرار دهنند.

حتی بزرگ‌ترین دانشمندان نیز از تمامی مکانیسم‌های کشف و درک وقایع علمی در شاخه‌های دیگر آگاه نیستند، اما می‌دانند که بهترین کار اعتماد به فکتهایی است که توسط روش‌های علمی بدست می‌آیند. کاش می‌شد که همه ما در دوران دانش‌آموزی و دانشجویی حداقل با چند روش شگفت‌انگیز علمی برای اکتشاف به شکل عمیقی خو می‌گرفتیم تا راحت‌تر با این موضوع کnar بیاییم.

با این مقدمه بد نیست حداقل با مکانیسم یک واقعیت فرگشت که به آن اشاره شد، آشنا شویم. گفته شد گونه هومو بیش از یک میلیون سال پیش، بیشتر موهای خود را از دست داده بود. پوست و مو به ندرت در فسیل‌ها حفظ می‌شوند. پس چگونه دانشمندان به این واقعیت رسیدند؟!

پاسخ: توسط حشره‌ای به نام شپش! حتی برای مردم عادی نیز ناخودآگاه کلمه شپش با مو گره می‌خورد! اگرچه بیشتر جانوران تنها یک نوع شپش را به عنوان انگل

حمل می‌کنند، اما آدمی میزبان دو نوع شپش است! یکی لابلای موهای سر و دیگری در ناحیه تناسلی! شپش ناحیه تناسلی بسیار شبیه شپش گوریل هاست. منطقاً زمانی که



اجداد ما پر مو بودند، شبیه دیگر جانوران حامل یک نوع شپش بوده‌اند، اما با از دست دادن موهای بدن، موهای سر و ناحیه تناسلی از یکدیگر دور افتادند. منطقاً در این دوره، شپش

اصلی انسان در موهای باقیمانده سر سکنی گزید و ناحیه تناسلی خالی از این حشره شد. اما زمانی که آدمی به گوریل‌ها نزدیک شد، شپش گوریل به ناحیه تناسلی انسان راه یافت و در آنجا باقی ماند.

با تاریخ‌گذاری ژنتیکی معلوم شد که شپش انسان و شپش گوریل حدود سه میلیون سال قبل از یکدیگر انشقاق یافته‌اند. نتیجه اینکه شروع کاهش موى بدن اجداد ما به این دوران باز می‌گردد که در این صورت، حتی به زمان لوسی نیز می‌رسد و در دوره پسر تور کانا به بیشترین مقدار خود رسیده است.

### شکار یا شکارچی؟!

اکنون باز گردیم به این پرسش که خنک شدن آدمی توسط غدد عرق که هوموراکتوس را متخصص دوی استقامت کرد، چگونه این شکار ضعیف را به شکارچی تبدیل نمود؟

بیشتر حیوانات در میانه روز به خاطر گرما از دویدن طولانی عاجزند و تنها می‌توانند دوی سرعت کوتاه داشته و برخی از آنها حداقل ۱۵ دقیقه بدوند.

۱۳۴ / از مهیانگ تا انسان

گونه انسان با وجود غدد عرق و بدن کم مو که گردش هوا را بر روی پوست



امکان‌پذیر می‌سازد، از تمام بدن خود برای خنک شدن بهره می‌برد. نتیجه اینکه، آدمی می‌توانست برای مدت طولانی بدود و تبدیل به شکارچی مقاومتی شود! اما چگونه؟

حتی امروزه بوشمن‌های صحرای کالاهاری می‌توانند به این پرسش پاسخ دهند! آنها در میانه روز شکاری مانند کودو (Kudu) را انتخاب کرده و تعقیب و گریز آغاز می‌شود!



اگرچه سرعت کودو بیشتر است، اما بوشمن‌ها او را دنبال می‌کنند. زمان استراحت و خنک شدن کافی برای کودو باقی نمی‌ماند. این ماراتن در گرمای طاقت فرسا برای حدود ۴ ساعت ادامه می‌یابد و نتیجه: کودو در

اثر حمله گرمایی از پا می‌افتد و بوشمن‌ها به شکار خود می‌رسند!

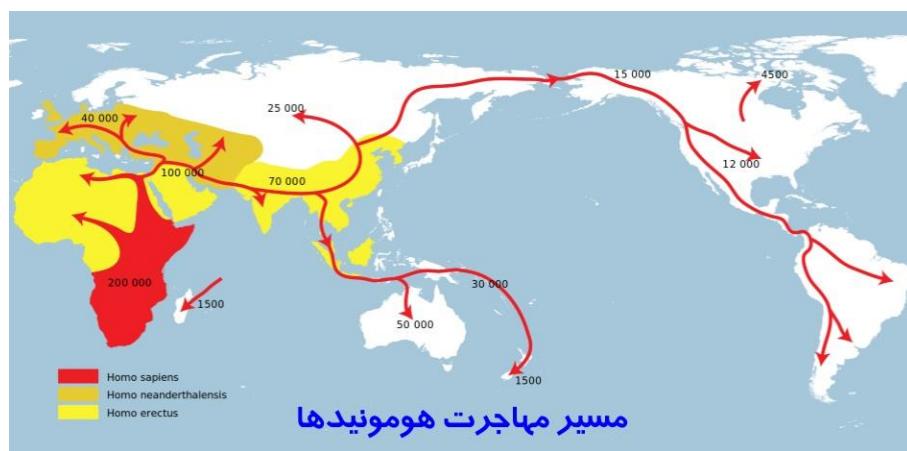
### مهاجرت هومونیدها:

کنترل آتش نه تنها به هضم غذا و بزرگتر شدن مغز آدمی کمک بزرگی کرد، بلکه امنیت آدمی را نیز در مقابل دیگر جانوران افزایش داد. اجداد ما به دور آتش حلقه می‌زدند و در این مکان امن و راحت احساس آسودگی می‌کردند. برخی دانشمندان معتقدند

که این نوع گردهمایی، خود کمک شایانی به اجتماعی شدن گونه انسان کرده است. ظاهراً نیاز به جمع شدن دور آتش در ما نهادینه شده و امروزه یکی از تفریحات محسوب می‌شود!

اجتماعی شدن در نهایت راه را برای تحولی اساسی در مسیر تکامل آدمی باز کرد: مهاجرت! پس از میلیون‌ها سال زندگی در آفریقا سرانجام، گونه انسان تصمیم به ترک وطن خود می‌گیرد! اگرچه به احتمال زیاد این یک مهاجرت اجباری بوده است، اما عمل بسیار جسورانه‌ای بوده که شجاعت انجام آن تنها با تکیه به خصلت اجتماعی انسان به دست آمده است!

فسیل‌های دمانیسی کشف شده در گرجستان، نشان می‌دهد که هموراکتوس‌ها بلافاصله و بسیار زودتر از آنچه قبل‌اپنداشته می‌شد، آفریقا را ترک کرده‌اند. حتی کشف فسیل‌هایی مانند گونه هومو فلورزینسیس در اندونزی، معماهایی را در مورد زمان مهاجرت ایجاد کرده است! با این حال، به نظر می‌رسد که دلیل اصلی مهاجرت اجداد ما یک تغییر آب و هوایی بوده که علفزارها را از سمت آفریقا به سوی آسیا گسترش داده است. همراه با علفزارها، حیوانات و منابع غذایی نیز به سمت آسیا رانده شده‌اند. آدمی نیز به تبع آنها مهاجرت بسیار تدریجی و کند خود را آغاز کرده است. صحراي سینا پلی بوده تا آنها خود را به خاورمیانه و آسیا برسانند.



کندی این حرکت باعث شده برخی دانشمندان نام مهاجرت را نامناسب بدانند. در هر صورت، در طول یک میلیون سال، گونه هومو سرتاسر آسیا از قفقاز تا اندونزی و حتی اروپا را پوشش داد. اکنون هومو راکتوس فاتح دنیای قدیم شده بود! دانشمندان حدس می‌زنند که این گونه به مدت دو میلیون سال دوام آورده و آخرین گروه کوچک آنها حدود ۵۰۰۰ سال پیش در آسیا منقرض شده است! این عدد شگفت‌انگیزتر می‌شود اگر بدانید که قدمت گونه خود ما فقط ۲۰۰۰۰ سال است! راز بقای طولانی و شگفت‌انگیز هومو راکتوس چه بود؟

پاسخ: غریزه مراقبت از یکدیگر در آنها کامل بود! فسیلی از این گونه در همان دمایی‌سی گرجستان نشان می‌دهد که یک پیرمرد تا دو سال بدون دندان زنده مانده است. یعنی قبیله از او مراقبت می‌کرده و احتمال دارد که حتی غذای او را می‌جویدند و تحويلش می‌دادند! یک زندگی گروهی باکیفیت و پراحساس! حتی می‌توان ساعات پایانی زندگی پسر تورکانا را حدس زد که چگونه با درد دندان و عفونت بدن و نوازش‌های هم‌گروهی‌های خود جان



تجسمی از لحظات پایانی زندگی پسر تورکانا

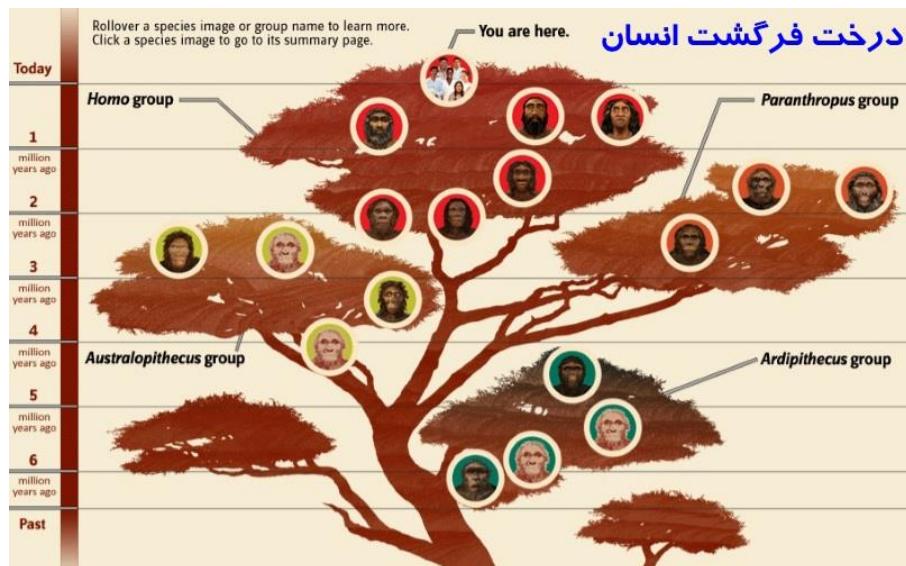
می‌دهد! آنها غم را حس  
می‌کردند و غم‌خوار  
همدیگر بودند. ظاهراً جسد  
این پسر توسط قبیله در  
یک مرداب شستشو داده  
می‌شد و توسط طغیان  
رودخانه همانجا دفن شده

و اسکلت کامل وی پس از حدود دو میلیون سال کشف می‌شود!  
این بود داستان موفق‌ترین گونه انسان در تاریخ! انسان‌هایی که بدون مذهب، ایدئولوژی،  
سیاست و حکومت یکدیگر را می‌فهمیدند! همدیگر را احساس می‌کردند و زندگی پراحساس

آنها، التیامی بوده بر تمام خطرات، سختی‌ها، رنج‌ها، غم‌ها و دردهای ناشناخته‌ای که این گونه از آدمی در طول زندگی خود با آنها دست و پنجه نرم می‌کرده است! کاش می‌شد که حتی برای چند ساعت، تک تک ما انسان‌های به اصطلاح مدرن، دوشادوش هموراکتوس‌ها و با همان کیفیت و طبیعت واقعی زندگی حرکت می‌کردیم تا شاید از این خواب عادت‌گونه تن‌آسایی و حرص و خشونت می‌پریدیم و !!!....

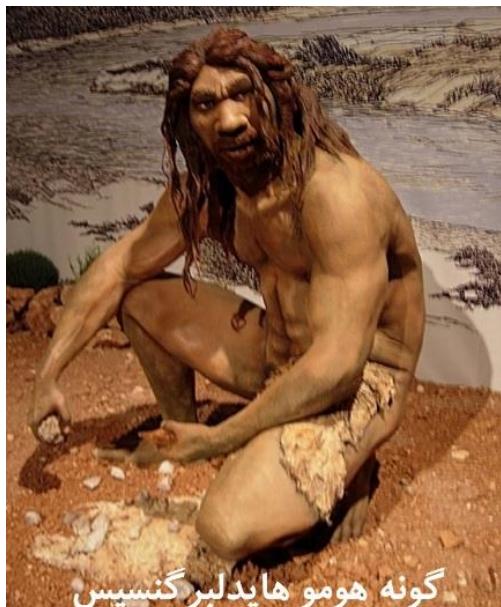
### انقراض هومونیدها:

حدود ۶ میلیون سال پیش، اجداد ما از شامپانزه‌ها جدا شدند. از آن زمان تاکنون حداقل ۲۰ گونه از نیاکان انسان در درخت فرگشت شناخته شده‌اند. به نظر می‌رسد که همین اواخر و حدود ۵۰۰۰۰ سال قبل، چهار گونه متفاوت از انسان، همزمان زندگی می‌کرده‌اند! اما چرا تمام این گونه‌ها منقرض شدند و فقط ما به عنوان گونه هوموساپینس باقی ماندیم؟!



بررسی‌های ژنتیکی نشان می‌دهد که تمام انسان‌های امروزی در واقع نوادگان یک گروه ۶۰۰ نفری هستند که از آفریقا به تمام دنیا مهاجرت کردند و دیگر گونه‌ها همچون نئاندرتال‌ها را به عقب راندند! نئاندرتال‌ها گونه‌ی کاملاً پیشرفته و موفقی بودند که اجدادشان بعد از هوموراکتوس‌ها، آفریقا را به مقصد اروپا ترک کردند. نئاندرتال‌ها کاملاً پیشرفته بودند و برای حدود ۴۰۰۰۰ سال در اروپای عصر یخبندان زندگی کردند. اما چرا با ورود گونه ما آنها ناپدید شدند؟

با کشف یک جمجمه در هایدلبرگ آلمان، گونه هومو‌هایدلبرگنسیس کشف شد. یک



**گونه هومو هایدلبرگنسیس**

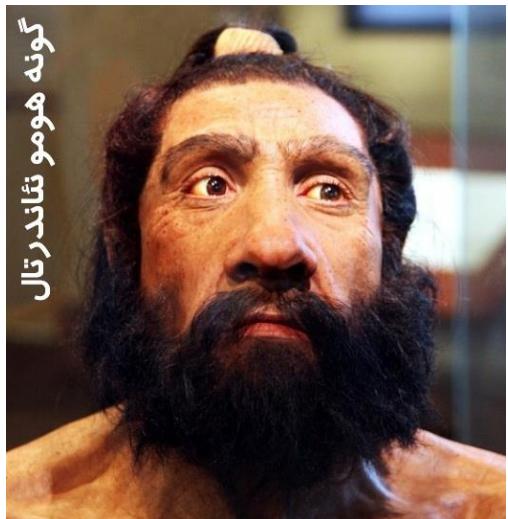
چاه غار در آتابوئر کا واقع در شمال اسپانیا پرده از رازهای مهمی بر می‌دارد. در این چاه چندین قطعه استخوان یافت می‌شود که با کنار هم قرار دادن آنها ۳۰ اسکلت کامل نیم میلیون ساله هومو‌هایدلبرگنسیس پدیدار می‌شود! اما چرا ۳۰ اسکلت کنار هم؟ به نظر می‌رسد که آنها توسط خویشاوندانشان دفن شده‌اند! کشف مراسم تدفین توسط یک گونه پیشرفتی!

در همین مدفن یک تبر سنگی دست ساخته نیز پیدا شد. یک پیشکش برای مردگان! همه اینها نشان می‌دهد این گونه قادر به نمادگرایی بوده و ذهن آنها به باورهای پیچیده دست یافته است! آنها برنامه‌ریزی کرده و خودآگاه بودند. آغاز تکامل فکری در نیم میلیون سال پیش!

این گونه به زندگی خود ادامه داد و با فتح اروپا به هomo نئاندرتال تکامل یافت که نزدیک‌ترین گونه به ما هستند. اولین فسیل نئاندرتال در ۱۸۲۹ در دره میوز بلژیک

انسان مهاجر / ۱۳۹

کشف شد. فسیل‌های دیگری نیز در سرتاسر اروپا به دست آمد که بررسی‌های دقیق



آنها نشان می‌دهد مغز آنها حتی  
کمی از ما بزرگ‌تر بوده، اما به نظر  
می‌رسد بخش‌هایی از مغز که به  
زبان، حافظه و تفکر مربوط می‌شود،  
از ما کوچک‌تر بوده است. بدن کوتاه  
و زمخت آنها برای مقابله با عصر  
یخنдан طراحی شده بود! رژیم  
اصلی آنها را گوشت شکارهای بزرگ  
مانند گاویش و گوزن شمالی

تشکیل می‌داده است. این گونه در حدود ۲۵۰۰۰ سال پیش منقرض می‌شود. اما چرا؟

### انسان خردمند:



به دره شکاف بزرگ و انسان‌ساز آفریقا باز  
می‌گردیم. حدود ۲۰۰۰۰ سال قبل در  
همینجا گونه جدیدی پیدا شد: هوموساپینس!  
انسان مدرن و گونه خود ما. همانطور که  
جمجمه‌ها و ابزار سنگی نشان می‌دهند، در آغاز  
تفاوت چندانی میان مغز و هوش هوموساپینس  
و نئاندرتال‌ها وجود نداشت، اما به تدریج، مغز  
این گونه پیشرفته‌تر از نئاندرتال‌ها شد. چرا؟  
تمام شواهد به تحولات آب و هوایی اشاره  
می‌کند! در همین دوره، زمین و گونه ما وارد

یکی از طولانی‌ترین عصر یخنдан شد. حدود ۲۰۰۰۰ سال قبل صفحات وسیع یخی

از شمال زمین به سمت پایین آمدند و خشکسالی، بیشتر مناطق آفریقا را به بیابان تبدیل کرد. انتظار می‌رفت که جمعیت آفریقا به شدت تحلیل یابد. آیا مدارک ژنتیکی این موضوع را تأیید می‌کند؟

تمامی انسان‌های روی زمین به طرز شگفت‌انگیزی ۹۹/۹ شباهت ژنتیکی دارند! این در حالیست که انسان ریخت‌هایی همچون گوریل‌ها، شامپانزه‌ها و اورانگوتان‌ها بین ۴ تا ۱۰ برابر ما تنوع ژنتیکی دارند. این عدم تنوع ژنتیکی در میان انسان‌ها می‌تواند نشان‌دهنده یک بحران تحلیل جمعیتی در طول تاریخ باشد. حدود ۱۴۰۰۰ سال قبل بیشتر مناطق آفریقا غیرقابل سکونت شد و نیاکان ما به پناهگاه‌های محدودی در خط سواحل و مناطق کوهستانی رو آوردند. در همین زمان بود که گونه ما تا مرز انقراض پیش رفت! شواهد ژنتیکی نشان می‌دهد که کل جمعیت نیاکان ما تا حدود ۶۰۰ نفر تحلیل رفت! کورتیس مارین معتقد است که آنها در خط ساحلی آفریقای جنوبی پناه گرفته بودند و این زندگی ساحلی باعث تغییر رفتار آنها گردید، که خود منشاء تفاوت‌های بعدی و از جمله هوش و مغز پیشرفته‌تر شد. آنها صد جمیع آوری می‌کردند و برای این کار رفتار ماه و جزر و مد را تحت نظر قرار می‌دادند. از غذاهای دریایی استفاده می‌کردند و در عین حال به دور از ساحل شکار کرده و دانه‌ها و ریشه‌ها را گردآوری می‌نمودند. این شیوه متنوع برای جمیع آوری غذا و ادامه زندگی، هوش و استعداد بیشتری را می‌طلبید! تطبیق‌پذیری جدید برای یک زندگی جدید!



نیاکان ما بیش از ۱۴۰۰۰ سال پیش از مغز بدین گونه زیستند و مدارکی از پیشرفت‌تر را از خود به جای گذاشتند! ابزارهای سنگی پیچیده‌تر نمونه‌ای از این مدعاست. ابزارهای تخصصی‌تر لازمه بهره‌گیری بیشتر از محیط اطراف و بقای آنها بود. آنها

همچنین ابزارهای سنگی نمادین می‌ساختند! اولین مدرک تاریخی استفاده از هنرهای زینتی با گل اخراج سرخ مربوط به ۷۵۰۰۰ سال قبل در طول همان ساحل آفریقای جنوبی کشف شد! در همین مکان صدف‌های سوراخ‌داری کشف شد که احتمالاً به عنوان گردنبند استفاده می‌شد. آنها احتمالاً بدن خود را نیز رنگ‌آمیزی می‌کردند. انسان در این دوره برای اولین بار اطلاعات را خارج از ذهن خود ثبت و ذخیره نمود!

### انقراض نئاندرتال‌ها:

بدین‌گونه نیاکان ما در ۶۰۰۰۰ سال پیش با فرهنگ و تکنولوژی جدیدی پدیدار شدند. یک بار دیگر شرایط سخت آب و هوایی و هزاران سال خشکسالی در آفریقا موجب جهشی جدید در هوش و مغز گونه انسان شد! با بهبود آب و هوای این گونه جدید اکنون آماده فتح دنیا شده بود. آنها از مسیر خاورمیانه آسیا را درنوردیدند. یک موج مستقل نیز از همین مسیر به سمت اروپا رفت و به نئاندرتال‌ها برخورد نمود و در نهایت باعث انقراض آنها شد. اما چگونه؟ برخی معتقدند این کار از طریق آمیزش و ادغام آنها در گونه ما صورت گرفته است. آیا همینطور است؟

پاسخ این پرسش در ژنتیک است، اما چه کسی می‌تواند از استخوان‌های ۳۰۰۰۰ ساله نئاندرتال‌ها نقشه ژنتیکی تهیه کند؟ اسوانتی پابو و تیمش از مؤسسه ماکس پلانگ



موفق به این کار افسانه‌ای شدند! با کشف ژنوم نئاندرتال‌ها و با استفاده از ساعت مولکولی معلوم شد که حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ هزار سال پیش، آنها و گونه ما نیای مشترکی داشتند. این زمان

گونه‌ای را هدف قرار می‌دهد که حدود نیم میلیون سال پیش آفریقا را ترک کردند؛ هموهای دلبر گنسیس! این گونه همانطور که گفته شد در اروپا به نئاندرتال‌ها تکامل

۱۴۲ / از مهبانگ تا انسان

یافتند و در آفریقا به گونه هرموساپینس تبدیل شدند. اما آیا این دو گونه با یکدیگر در حد ادغام نئاندرتال‌ها در انسان مدرن آمیزش داشتند؟

علیرغم باور برخی دانشمندان، شواهد ژنتیکی این موضوع را رد می‌کند! البته اکتشافات اخیر آمیزش این دو گونه را تأیید می‌کند، اما ظاهراً آمیزش به وسعت ادغام و حذف نئاندرتال‌ها نبوده است. بنابراین محتمل‌ترین نظر این است که گونه ما به تدریج نئاندرتال‌ها را از سرزمین خود عقب راندند. تمام شواهد، اعم از بدن کشیده و لاغرتر و نیاز به انرژی کمتر، رشد سریع‌تر جمعیت، تکنولوژی پیشرفته‌تر، به ویژه در استفاده از نیزه و ... حکایت از برتری گونه ما در مقابله با نئاندرتال‌ها دارد. با این حال نوسانات آب و هوایی اروپا نیز به گرفتاری نئاندرتال‌ها دامن زده بودا!



نئاندرتال‌ها به تدریج به سمت مناطق مرزی اروپا رانده شدند. طبق شواهد کنونی آخرین پناهگاه آنها صخره جبل‌الطارق در مرز جنوبی اسپانیا و در ۲۸۰۰۰ سال قبل بوده است. پس از این زمان آنها ناپدید شدند. در این دوره تنها یک نوع انسان بر زمین حاکم شد. گونه ما به تمام قاره‌ها مهاجرت کرد و نسل بقیه هومونیدها را نیز از زمین برچید! این بار نیز فرگشت تطبیق‌پذیرترین انسان را دست چین کرد. فرگشت هرگز

انسان مهاجر / ۱۴۳

متوقف نشده و نخواهد شد و هیچکس به درستی نمی‌داند که این نیروی مرموز آینده ما را چگونه رقم خواهد زد!

#### منابع و برای مطالعات بیشتر:

- <http://www.pbs.org/wgbh/nova/evolution/becoming-human.html#becoming-human-part-2&3>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Leakey](https://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Leakey)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Turkana\\_Boy](https://en.wikipedia.org/wiki/Turkana_Boy)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Homo\\_erectus](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_erectus)
- <http://trueorigins.us/human-lice-human-history/4581821444>
- <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/homo-erectus-a-bigger-smarter-97879043>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Early\\_human\\_migrations](https://en.wikipedia.org/wiki/Early_human_migrations)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Homo\\_floresiensis](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_floresiensis)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Homo\\_heidelbergensis](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_heidelbergensis)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Neanderthal>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Homo\\_sapiens](https://en.wikipedia.org/wiki/Homo_sapiens)



## فصل یازدهم

### انسان متمن

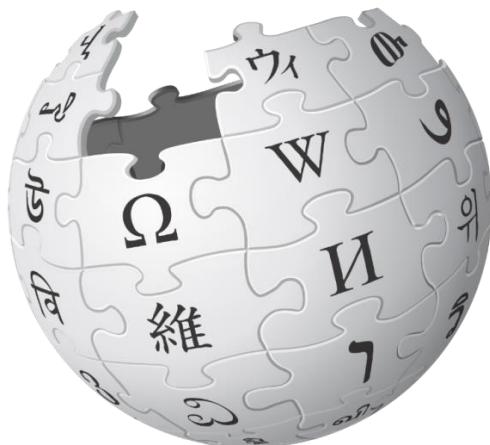
دانش جمعی:

حدود ۶۰۰۰ سال پیش، اجداد ما با انسان‌های امروزین تفاوت چندانی نداشتند.

مغز و اسکلت آنها مشابه ما بود، اما هنوز راه درازی تا رسیدن به تمدن باقی‌مانده بود. بقا و پیشرفت انسان در گرو دو راز بزرگ و وابسته به یکدیگر است که منشأ آن در مغز پیشرفت‌های آدمی نهفته است. راز اول در استعدادهای ویژه‌ای است که این مغز به انسان

اعطا می‌کند و البته در برخی افراد این استعدادها به شکل درخشانی در می‌آید. افراد باهوش و ماجراجو دست به خلاقیت می‌زنند، برای مشکلات راه حل پیدا می‌کنند، کشف می‌کنند، اختراع می‌کنند. با این حال، این دستاوردهای مهم افراد باهوش بی‌ارزش بود اگر راز دومی در کار نبود: انتقال

دانش و تجربه! وقتی معملاً حل شد، آسان می‌شد. اکنون این دانش و



## ۱۴۶ / از مهیانگ تا انسان

تجربه و تکنولوژی در قبیله و اجتماع منتشر و از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌شود. این روند باعث صعود و رشد پله به پله آدمی می‌شود. تمام این فرآیند را می‌توان در دو کلمه خلاصه نمود؛ دانش جمعی!

خیلی خوب می‌توان تصور کرد که جهش‌های انقلابی اجداد ما همچون کنترل آتش، پخت گوشت، ساخت ابزارهای سنگی، اختراع سوزن، کشاورزی، ساخت باروت، تفنگ، دستگاه چاپ و انواع تجربیات و مهارت‌ها، همگی با ساز و کار دانش جمعی میسر شده است. حتی امروزه نیز رشد جوامع با این دو راز گره خورده است. رشد سریع‌تر از آن اجتماعاتی است که در مرحله اول از استعدادهای ویژه خود برای خلاقیت، اکتشاف، اختراع و تولید علم و دانش نهایت استفاده را می‌برند. در مرحله دوم انتقال سریع‌تر و راحت‌تر دانش و تجربه ایجاد شده در سطح اجتماع است که باعث پیشرفت بنیادین آن می‌شود. این موضوع برای شرکت‌ها و سازمان‌های مختلف نیز به خوبی صادق است.

**خواستگاه نژادها:**

عصر یخ‌بندان و سرما عامل گوناگونی نژادها و حتی باهوش‌تر شدن انسان شد. رنگ اولیه پوست انسان تیره بود. خواستگاه انسان‌ها در آفریقا بوده و پوست تیره و ضخیم برای محافظت در مقابل آفات ضروری بوده است. پس از مهاجرت انسان به دیگر نواحی حدود ۲۰۰۰۰ سال قبل، عصر یخ‌بندان و سرما آدمی را به سمت استفاده از پوشак سوق می‌دهد. راز دستیابی به پوشак و نجات آدمی از سرما چه بود؟ اختراع سوزن! پوشاك، آدمي را گرم کرد؛ اما از رسیدن نور خورشيد به بدن جلوگيري نمود. اين موضوع خود عامل کمبود ویتامين D می‌شود. لذا تیره‌ای از انسان‌ها طبق فرگشت دگرگون شده و سر بلند بیرون آمدند: سفید پوست‌ها! یعنی آنهایی که پوست نازک‌تر و سفیدتری برای جذب بیشتر نور خورشید و تولید بیشتر ویتامین D داشتند. بدین ترتیب نژاد سفید حاصل شد! این دگرگونی ژنتیکی، در نهایت رنگ‌های مختلفی را برای

پوست انسان رقم زد.



عصر یخبندان همچنین پلی یخی در سیبری فراهم آورد تا دسته‌ای از انسان‌ها بتوانند به آمریکای شمالی مهاجرت کنند. حدود ۱۲۰۰۰ سال قبل با ذوب شدن این مسیر یخی، انسان‌های این قاره برای هزاران سال از بقیه دنیا جدا می‌شوند. با این حال، این انزوا خود گویای شباهت زیاد انسان‌ها به یکدیگر است، چون در آمریکای منزوی نیز ما شاهد فعالیت‌های اجتماعی مشابه سایر قاره‌ها هستیم: برپایی امپراتوری‌ها، ساخت سازه‌های بزرگ و اهرام و دست‌یابی به دانش، تجربیات و تکنولوژی‌های مشابهی که آدمی را به سمت تمدن سوق می‌دهد!

### عصر کشاورزی و آغاز تمدن:



حدود ۱۲۰۰۰ سال قبل، یک جهش ژنتیکی اشتباه در علفی به نام گندم وحشی آدمی را به سوی تمدن سوق داد! این بار زن‌ها در ناحیه‌ای از ترکیه کنونی نقش استعدادهای درخشان را بازی

کردند. آنها این علف را پرورش دادند و بدین‌گونه آدمی به یک منبع بزرگ و قابل

## ۱۴۸ / از مهیانگ تا انسان

ذخیره از انرژی دست یافت و این آغاز جهش آدمی از عصر شکار به عصر کشاورزی بود! عصری که سبب سکونت انسان در یک منطقه و ساخت روستاهای، شهرها و در نهایت مدنیت انسان شد! کشاورزی گسترش یافت و ذرت، جو، برنج و دیگر غلات به سبد محصولات قابل ذخیره اضافه شد. کشاورزی در واقع بزرگ‌ترین دخالت انسان در طبیعت برای گسترش منافع خویش بودا آدمی بدون آگاهی از علم ژنتیک، در طول چندین نسل، ژن‌های علف‌های وحشی را در راستای کاشت و برداشت بیشتر تغییر داد.

در همین راستا آدمی به سمت اهلی کردن حیوانات پیش رفت. تبدیل گرگ وحشی به سگ، قرقاول به مرغ، گراز به خوک و یا گاو وحشی به گاو اهلی نمونه‌هایی از تغییر



ژنتیک جانوران در راستای منافع انسان هستند. در این میان اهلی کردن اسب یک انقلاب محسوب می‌شود. حیوانی که سرعت جابجایی انسان را به طور چشمگیری افزایش داد. اسب توسط قبایلی آسیایی که به زبان

باستانی نیا هند و اروپایی (proto-indo-european) حرف می‌زندند، رام شد. آنها به خاطر همین افزایش سرعت جابجایی، در دنیا پخش شده و زبان خود را نیز به مناطق مختلف رساندند. پس از سال‌ها این زبان به صدها زبان که ویژه نیمی از ساکنان کنونی جهان است، تقسیم می‌شود! زبان‌های فرانسوی، ایتالیایی، اسپانیایی، یونانی، روسی، هندی، آلمانی، پارسی و انگلیسی بخش کوچکی از این شاخه محسوب می‌شوند. افزایش سرعت جابجایی توسط اسب، خود کمک بزرگی به سرعت انتقال دانش نموده است، به طوریکه یکی از عوامل مهم توسعه کندر آمریکای باستان نسبت به اروپا و آسیا، نبود اسب و دیگر حیوانات باربر بوده است! در نهایت همان‌طور که می‌دانیم، اروپایی‌ها به

لطف کشتهای اقیانوس‌نورد خود به آمریکا رسیده و توسط اسب، تفنگ و میکربهای بیماری‌زایی که ناخودآگاه همراه خود داشتند، آنجا را فتح کردند.

ذخیره منابع غذایی پس از انقلاب کشاورزی باعث شد تا آدمی برای اولین بار در تاریخ بتواند انرژی خود را صرف کارهایی غیر از بقا و تولیدمثل کند و این آغاز طبقه بندی مشاغل برای انسان است! اکنون کارها تقسیم شده و افراد در شغل‌های گوناگون

حرفه‌ای می‌شوند. در میان انواع شغل‌ها مانند کشاورز، دامدار، صنعتگر، تاجر، سرباز و ... عصر حاکمان نیز آغاز می‌شود! اکنون حاکمان بزرگ و موفق، امپراطوری‌ها را می‌سازند و قلمروهای وسیعی را تحت سلطه خود می‌گیرند.



### انقلاب مدرن:

به نظر می‌رسد که سرعت انتقال دانش، خود به سریع‌تر شدن انتشار آن نیز کمک بزرگی می‌کند. اختراع دستگاه چاپ نقطه عطفی در این داستان است. بنابراین، رشد علم و تکنولوژی به صورت تصاعدی پیش می‌رود و نه خطی. در واقع انقلاب مدرن نشانگر همین موضوع است. با یک نگاه به تاریخ می‌بینیم که با گذشت چند هزار سال از شروع تمدن، ناگهان انفجاری در توسعه دانش و تکنولوژی صورت می‌گیرد و آدمی به مدرنیته می‌رسد! اسب و کشتی، سرعت جابجایی انسان و سرمایه ذهنی او را افزایش داد، اما آدمی با یک اختراق انقلابی این سرعت را به حد انفجار رسانید: موتور بخار! اکنون آدمی برای اولین بار از محدودیت نیروی خود، حیوانات، باد و آب جاری خارج شده و از انرژی شیمیایی ذخیره شده در سوخت‌های فسیلی، کار تولید می‌کند. بدین

## ۱۵۰ / از مهبانگ تا انسان

ترتیب، توان تولید و سرعت جابجایی و اطلاعات چند برابر می‌شود. تا سال ۱۹۰۰



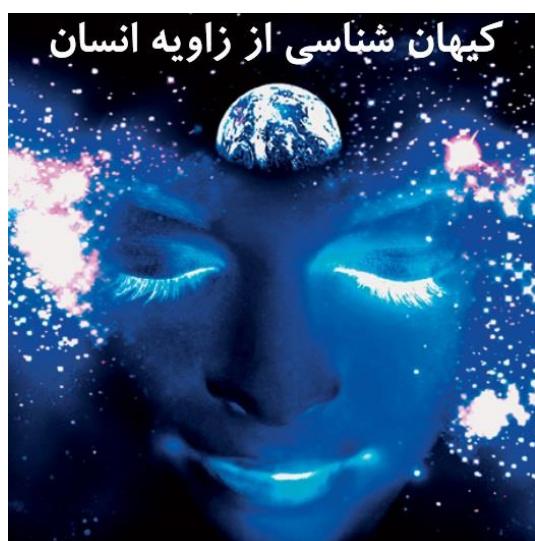
موتورهای بخار جهان،  
نیرویی معادل ۵ میلیارد  
انسان تولید می‌کنند!  
امروزه انتقال دانش و  
اطلاعات به سرعت نور  
رسیده است و تقریباً همه  
انسان‌ها به یک شبکه  
جهانی متصل شده‌اند. در طول عصر موتور بخار ۱۵۰ سال طول کشید تا دانش جمعی  
انسان دو برابر شود، اما این زمان اکنون دو سال است و تا سال ۲۰۲۰ به ۷۲ ساعت  
خواهد رسید!

## عجایب کیهان در خلق انسان!

هرگاه به عواملی بیندیشیم که در نهایت باعث پیدایش انسان شدند، حیرتی عمیق و شگرف سراپای وجودمان را فرا خواهد گرفت! احتمالاتی که سبب شدند تا زمین بستر حیات و به ویژه انسان شود، بسیار بسیار کوچک هستند! این احتمالات عجیب از لحظه خلقت جهان آغاز می‌شوند و تا سال‌ها پس از آفرینش زمین و حتی پس از پیدایش حیات ادامه می‌یابند. بیایید تنها به بخش کوچک اما مهمی از این عوامل بپردازیم.

تمامی کیهان با یک انفجار به نام مهبانگ متولد می‌شود و قبل از ثانیه اول، نیروهای بنیادین کیهان که تا امروز نیز حاکمند، به وجود می‌آیند. مهبانگ قوانین و ثابت‌های بنیادینی همچون قدرت نیروها، سرعت نور، جرم الکترون و بسیاری از این نوع را بنا نهاد که کوچکترین انحرافی از آنها سرنوشت کیهان را به گونه‌ای دیگر رقم می‌زد و هیچ شناسی برای تشکیل حیات باقی نمی‌ماند! مثلاً اگر نیروی گرانش کمی قوی‌تر بود،

کیهان به جای انبساط و گسترش در هم فرو می‌ریخت و اگر کمی ضعیفتر بود،  
ستاره‌ها و خورشید هرگز تشکیل نمی‌شند!



علاوه بر تراز دقیق نیروی  
گرانش، شبیه به نام ماده تاریک  
باعث تشکیل ستاره‌ها و کهکشان  
ها شد. ستاره‌های نسل اول با  
همجوشی هسته‌ای و تولید نور،  
جهان را روشن نمودند تا گام‌های  
اصلی به سوی انسان برداشته شود.  
ستاره‌ها نه تنها با تولدشان که با  
مرگشان نیز بستر حیات را آماده

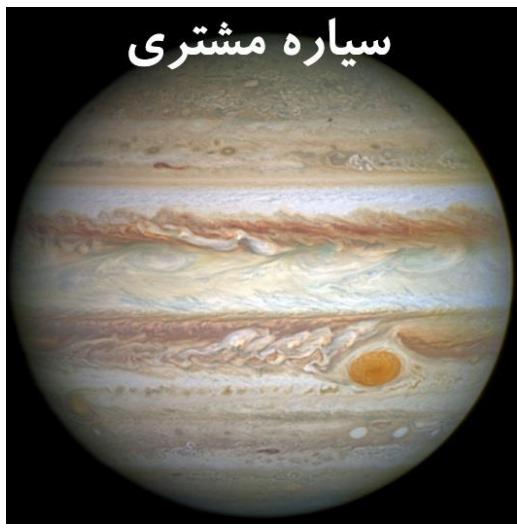
نمودند. مرگ ستاره‌های نسل اول باعث تشکیل عناصر سنگینی می‌شود که بدون شک  
برای ایجاد حیات و پیدایش انسان الزامی است. باور کنید یا نه برخی عناصر درون بدن  
ما بیش از ۱۳ میلیارد سال قدمت دارند! با این حال مرگ یک ستاره، اتفاق مهم بعدی  
را رقم می‌زند. موج قدرتمند ناشی از مرگ یک ستاره، باعث تولد دستگاه خورشیدی می‌  
شود. چند سیاره در پیرامون خورشید متولد می‌شود، اما یکی از آنها در فاصله‌ای  
جادویی قرار می‌گیرد تا آب نه از سرمای زیاد یخ بزند و نه از گرمای زیاد بخار شود!

## حمله‌های فضایی انسان‌ساز!

با پیدایش زمین، یک تهدید بزرگ به یک فرصت بزرگ تبدیل شد! این تهدید،  
برخورد یک سیاره به زمین در روزهای آغازین بود که می‌توانست به عمر زمین تا ابد  
پایان دهد؛ اما این برخورد در کمال تعجب با زاویه خاصی صورت گرفت تا بزرگ‌ترین  
ماه سیستم خورشیدی زاده شده و با تعادل بخشیدن به محور چرخش زمین و ثبیت

## ۱۵۲ / از مهیانگ تا انسان

شرایط اقلیمی و آب و هوا، یکی از بسترها میم تکامل انسان را رقم بزندا! خلق مشتری به عنوان یک سیاره غولآسا نیز به دو طریق بستر حیات و انسان را روی زمین فراهم میکند؛ ابتدا با خلق شهابسنگها در روزهای آغازین تولد سیارهها. گرانش قوی

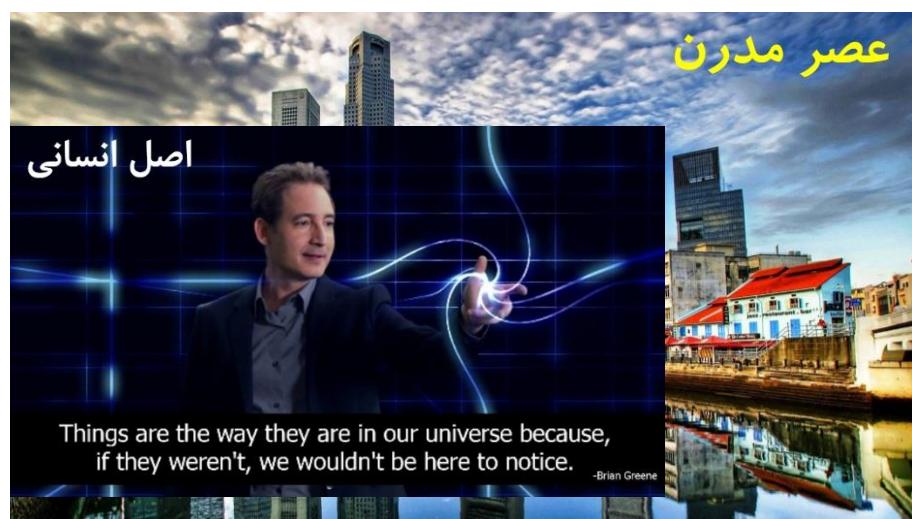


مشتری از تشکیل یک سیاره در فاصله میان مریخ و مشتری جلوگیری میکند، در عوض، تعداد بسیار زیادی شهابسنگ در این کمربند باقی میماند. هجوم برخی از این شهابسنگها به زمین، منابع حیاتی آن را تکمیل میکند. اما یکی از این شهابسنگها به سرنوشت انسان گره خورده است. شهابسنگی

به اندازه اورست که ۶۵ میلیون سال قبل به زمین خورد و با انقراض دایناسورها زمینه تکامل پستانداران و در نهایت انسان را فراهم آوردا اما این پایان کار مشتری نبود. این سیاره غولآسا هم‌اکنون نیز محافظت حیات روی زمین است! گرانش قوی این سیاره سبب جذب بسیاری از شهابسنگها شده و خطر برخورد آنها را به زمین بسیار کاهش می‌دهد.

با خنک شدن زمین و شکل‌گیری اقیانوس‌ها، حیات به شکل مرموزی در اعماق آبها شکل می‌گیرد و نخستین باکتری‌ها زندگی خود را آغاز می‌کنند. در ادامه گیاهان، حشرات، گل‌ها، علف‌ها و حتی آب و هوای پرنوسان آفریقای شرقی نیز سهم می‌خود را در تکامل انسان عاقل بازی می‌کنند! انسان عاقل دانش و تجربه خود را با جمع به اشتراک می‌گذارد. دانش جمیعی سبب نجات انسان اولیه هوشمند به ویژه در مقابله با عصر یخ‌بندان می‌شود! حفظ دانش و تجربه و ارتقای تدریجی آن، آدمی را به سمت تمدن سوق می‌دهد. در نهایت، انسان از مهاجرت دست کشیده و با تولید غذا از طریق

کشاورزی متمدن می‌شود! آدمی با کشاورزی و اهلی کردن حیوانات، کنترل طبیعت را به دست می‌گیرد. سرعت انتقال دانش، رشدی تصاعدی به خود می‌گیرد و سرانجام، انسان از انرژی‌های مدفعون شده زمین به نفع خود استفاده می‌کند. نیروی ماشین، جانشین قدرت انسان و حیوان شده و اطلاعات با سرعت نور منتقل می‌شود! اما آیا واقعاً این سلسله رخدادهای که منجر به پیدایش انسان می‌شوند، عجیب و



حیرت‌انگیزند؟ شاید ما آنها را مغرورانه شگفت‌انگیز می‌پنداشیم تا وجود چنین کیهانی را به پیدایش خودمان گره بزنیم! مطابق اصل انسانی می‌توان گفت: اگر کیهان این‌گونه نبود، ما نبودیم که بپرسیم چرا کیهان این‌گونه است! شاید کیهان‌های بسیاری بوده‌اند که به خاطر انحراف‌های کوچک در مقایسه با جهان ما قادر به تشکیل حیات و موجود هوشمند نشده‌اند و بسیاری شایدهای دیگر! آنچه واضح است که با پرده‌برداری از هر شگفتی، رازهای دیگری در مقابل ما قرار می‌گیرد و ذهن خستگی‌ناپذیر ما نیز به دنبال شگفتی‌هاست!

۱۵۴ / از مهیانگ تا انسان

### منابع و برای مطالعه بیشتر:

- <https://archive.org/details/Big.History.S01E17.The.Big.History.of.Everything.720p.HDTV.x264DHD>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Race\\_\(human\\_categorization\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Race_(human_categorization))
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Agriculture>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Proto-Indo-European\\_language](https://en.wikipedia.org/wiki/Proto-Indo-European_language)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Steam\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Steam_engine)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial\\_Revolution](https://en.wikipedia.org/wiki/Industrial_Revolution)

از زمانی که مغز و ذهن بشر به اندازه‌ای رشد کرد که بتواند به سرآغازها و پایان‌ها بیندیشد، یک پرسش عمیق و اساسی همیشه همراه وی بود: هستی چگونه آغاز شد و به ما رسید؟ این پرسش به اندازه‌ای مهم و حتی آزاردهنده بوده که در طول تاریخ با پاسخ‌های افسانه‌ای روبرو شده است! فیلسوفان نیز مدت‌های زیادی به این پرسش فکر کردند و به شکلی فلسفی دستاوردهایی را ارائه دادند که باز هم مبهم بود. امروزه علم به این قلمرو نیز نفوذ کرده و با شیوه مخصوص به خودش که آمیخته‌ای از تلاش و تحقیق و تحلیل و مشاهده است، سعی کرده به پرسش‌های باستانی ذهن آدمی پاسخ دهد. البته هدف علم، یافتن یک پاسخ سریع نیست؛ بلکه واقعیت مهم است.

From the Big Bang  
To the human

Ahmad Masdar