دکتر حسن بلوری* ۱۳۹۱,۱۲,۱۰

# چگونگی پیدایش ماه

***این مقاله اولین‌بار در تاریخ ۱۳۹۱,۱۲,۱۰ به صورت سخنرانی ارائه شده است.**

**چکیده:**

چگونگی پیدایش ماه موضوعی است که بسیار در باره‌ی آن بحث شده و می‌شود. اما هنوز پاسخی قطعی به آن داده نشده است. البته فرضیه‌های گوناگونی درباره‌ی پیدایش ماه ارائه شده‌اند.که قبول یا رد آن‌ها منوط می‌شود به ارائه‌ی دلایلی روشن برای هریک از آن‌ها. در حال حاضر یکی از این فرضیه‌ها به نام 'فرضیه‌ی تصادم' از بیشترین درجه‌ی تأیید برخوردار است. با این حال ما نمی‌توانیم به دلیل پرسش‌های بی‌پاسخ در رابطه با این فرضیه احتمال وجود فرضیه‌ی دیگری را که با داده‌های عینی همخوانی بیشتری داشته باشد منتفی شده بدانیم. به بیان دیگر، هنوز یک نظریه‌ی کامل درباره‌ی چگونگی پیدایش ماه وجود ندارد.

**مقدمه**

ماه اغلب رب‌النوع الهی بسیاری از اقوام و ملل محسوب می‌شود. چگونگی پیدایش آن اما تاکنون دقیقاً روشن نشده است. نظریه‌ی دکارت یکی از اولین تعمق‌ها درباره‌ی پیدایش ماه بود که پس از مرگ او منتشر شد. اولین بررسی‌های تجربی در باره‌ی ماه را گالیله انجام داد. از هنگامی که گالیله برای نخستین بار بلندی‌های ماه را با یاری دوربین مشاهده کرد. بسیاری چیزها مورد سوال قرار گرفت. از جمله معلوم شد که ماه مانند زمین است و تنها یک کیهان وجود دارد (ارسطو معتقد به دو جهان بود، جهان زیر ماه و جهان زَبر ماه). چند دهه بعد ایساق نیوتن نیروئی را که ماه را در مدار زمین به گردش درمی‌آورد همان نیروئی دانست که زمین را دور خورشید می‌چرخاند.

برای توضیح چگونگی پیدایش ماه مدل یا فرضیه‌های زیادی، به‌ویژه از قرن نوزدهم به این طرف، ارائه شده است. مهمترین آن‌ها ۷ فرضیه هستند که در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرند. یکی از این فرضیه‌ها به نام 'فرضیه‌ی تصادم' بیشترین همخوانی را با داده‌های موجود، برای مثال با نتایج حاصل از بررسی سنگ‌های کره ماه، دارد.

یک مدل مناسب برای ماه می‌باید نه تنها از نظر فیزیکی امکان‌پذیر بلکه همچنین قادر به توضیح ویژگی‌های آن، مانند

چکالی و عناصر فرّار و ترکیبات آن، در مقایسه با کمیت‌های مربوطه در زمین و تفاوت‌های‌شان باشد. برای مثال بتواند توضیح دهد که چرا ترکیباتی مانند آب و آهن در ماه کمیاب هستند، چرا ماه در یک جهت و با سرعتی ثابت دور زمین می‌چرخد. تذکر: در نظر داشته باشیم اگر ما ساکنان کره ماه بودیم چرخیدن زمین به دور ماه را مشاهده می کردیم.

**تاریخچه‌ی پیدایش ماه**

فیلسوفان در یونان قدیم در باره‌ی "عنصرهای اولیه" (آخشیجان: چهار عنصر آب، باد، خاک و آتش) که به زعم آن‌ها حاکم بر کیهان بودند سخن رانده‌اند. ارسطو کیهان را تشکیل شده از دو بخش می‌دانست: جهان 'زِیر ماه' (جهان ما) که دستخوش تغییر است، جائی که چوب می‌پوسد و فلز زنگ می‌زند، و فضای 'زَبر ماه'، جائی که اجرام آسمانی در منتهای تغییرناپذیری و جاودانگی قرارگرفته‌اند.[۱]

بعد از گذشت نزدیک به دو هزار سال از دوران ارسطو، گالیله با شیوه‌ی جدید بررسی مسائل علمی، شیوه تجربی و نظریه‌ای که می‌توان آن را شیوه‌ی اقلیدسی ـ گالیله‌ای نیز نامید، روشی را نشان داد که تا به امروز با موفقیت روزافزون به‌کارگرفته می‌شود. این روش اکنون به‌خاطر اتکاء به داده‌های تجربی و قوانین اندیشیدن به‌عنوان یک روش علمی، روش علوم طبیعی، در سایر علوم نیز کارائی خود را نشان می‌دهد.

> از آن هنگام که گالیله برای نخستین‌بار بلندی‌های ماه را با یاری دوربین مشاهده کرد همه چیز مورد سئوال قرارگرفت: ''ماه مانند زمین است. زمین یک سیاره است. نه دو جهان بلکه تنها یک جهان وجود دارد که تحت قوانین ثابتی عمل می‌کند.'' نیوتن از این هم فراتر رفت: به عقیده او، نیروئی که عامل سقوط سیب از درخت می‌شود همان نیروئی است که ماه را در مدار زمین به گردش در می‌آورد و باز همان نیروئی است که زمین را دور خورشید می‌چرخاند. این نیروی جاذبه عام بوده و برای توجیه حرکت سیاره‌ها بر آن استناد می‌شود.[۲]

کهن‌ترین مدرک اروپائی در باره‌ی کره‌ی ماه سنگی است. در نُوس Knowth در ایرلند از ۵ هزار سال پیش که در سال ۱۹۹۹ توسط منجم کانادائی فیلیپ استوک Philip Stooke کشف شد. بر روی این سنگ خطوطی دیده می‌شود که شباهت‌هائی به آنچه از کره‌ی ماه مشاهده می‌شود دارند (تصویر۲)

تصویر۲: نمای ماه بر روی سنگی از ۵۰۰۰ سال قبل

سند تاریخی دیگر نمائی است از کره ماه، جنب خورشید و ستارگان، روی صفحه‌ی برنزی مدوری مشهور به صفحه‌ی نبرا (تصویر۳). قدمت نبرا بالغ بر ۳۷۰۰ تا ۴۱۰۰ سال است و در ۴ ژوئیه ۱۹۹۹ در نبرا Nebra، آلمان، کشف شد. نبرا اکنون در موزه‌ی باستانی شهر هاله (آلمان) نگهداری می‌شود. قطر این صفحه حدود ۳۲ سانتیمتر، ضخامت آن بین ۱٫۷تا ۴٫۵میلیمتر و وزن آن برابر با ۲٫۳ کیلوگرم است. طلاکاری‌های روی این صفحه قدمت تاریخی کمتری دارند.

تصویر۳: صفحه‌ی نبرا

ماه در زمان‌های گذشته‌ی دور اغلب رَب‌النوع اِلهی بسیاری از اقوام و ملل محسوب می‌شد. برای مثال، خدای مؤنث مصریان آیزیس Isis نام داشت، یونانیان آن را آرتیمس Artemis، سلن Selene و هکات Hekate می‌خواندند و رومیان لونا Luna و دایانا Diana . سومری‌ها آن را خدای مذکر می‌دانستند و نانا Nana می‌نامیدند.

**مدل یا نظریه‌ی مناسب**

یک مدل یا نظریه‌ی مناسب برای توضیح چگونگی پیدایش ماه می‌باید نه تنها از نظر فیزیکی امکان‌پذیر باشد، بلکه همچنین می‌بایستی با ویژگی‌های ماه و یا سیستمی به نام 'سیستم زمین و ماه' همخوانی داشته باشد و توضیح دهد که چرا برای مثال:

۱. چگالی ماه $3,3\ g/cm^3$ کمتر از چگالی زمین $5,53\ g/cm^3$ است؟

۲. عناصر فرّار در ماه در مقایسه با زمین نادر و در نتیجه ترکیباتی مانند آب و آهن در آن کمیاب هستند؟

۳. ترکیبات ایزوتوپی سنگ‌های پوسته‌ی زمین و سطح ماه، برعکس مابقی اجرام منظومه‌ی شمسی، حدوداً مشابه یکدیگر

۴. هستند؟

تکانه‌ی زاویه‌ای 'سیستم زمین و ماه' بطور غیرعادی بالاست؟

۵. ماه در یک جهت و با سرعتی یکسان به دور خود و زمین می‌چرخد. چرا ماه همواره یک طرف خود را به ما نشان می‌دهد؟

**'سیستم زمین و ماه'**

در منظومه‌ی شمسی هیچ سیاره‌ای به جز زمین وجود ندارد که نسبت بزرگی آن با یکی از قمرهایش قابل مقایسه با نسبت بزرگی زمین و ماه باشد؛ نسبت خاصی که به ما امکان می‌دهد تا از زمین و ماه به‌عنوان یک سیستم واحد، یعنی 'سیستم

زمین- ماه،' صحبت کنیم. بی‌شک پیدایش ماه یا 'سیستم زمین- ماه' را می‌باید در راستای پیدایش کل منظومه‌ی شمسی مطالعه کرد، منظومه‌ای که از رُمبش گرانشی مِه‌های گازی خورشیدی به‌وجود آمده است. مرکز این منظومه را جرم عظیمی به نام خورشید، دربرگیرنده‌ی بخش عمده‌ی مه‌های گازی، تشکیل می‌دهد. از مِه‌های گازی باقیمانده شبه سیاره‌های کوچکی شکل می‌گیرند که در طول زمان با گردهمائی‌شان سیاره‌های دوران اولیه را به‌وجود می‌آورند.

در ادامه‌ی این پروسه‌های نسبتاً طولانی اغلبِ شبه سیاره‌های کوچکِ باقی‌مانده یا به سیاره‌های نوظهور سقوط می‌کنند و یا توسط آن‌ها به حاشیه‌ی منظومه‌ی شمسی و یا حتی به بیرون از آن پرتاب می‌شوند. در این دوران و اوضاع و احوال بود که ماه و با آن سیستم زمین – ماه به‌وجود آمد. در این‌باره فرضیه‌های مختلفی وجود دارند

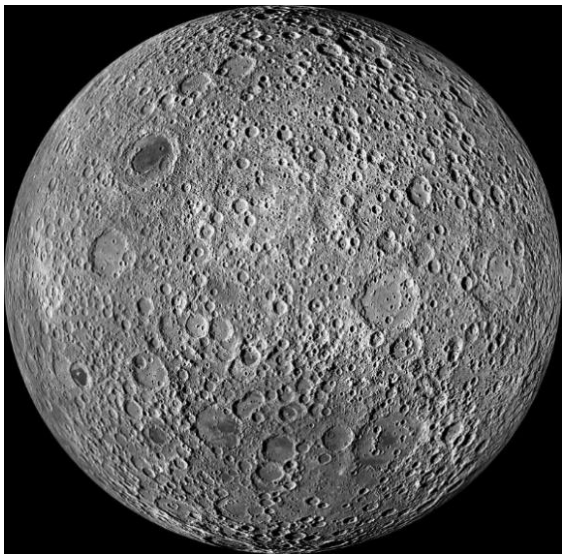
**فرضیه‌ها درباره‌ی چگونگی پیدایش ماه**

به نظر می‌رسد یکی از اولین تعمق‌ها درباره‌ی پیدایش ماه نظریه‌ی رنه دکارت است که در سال ۱۶۶۴، یعنی چندی پس از فوت دکارت، منتشر شد. از قرن نوزدهم تاکنون چندین فرضیه (که گاهی از آن‌ها به اشتباه به‌عنوان نظریه نام‌برده می‌شود) درباره‌ی پیدایش ماه و یا سیستم زمین ـ ماه ارائه شده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها ۷ فرضیه‌ی زیر هستند:

**فرضیه‌ی ماه کوچک و ماه بزرگ**

این فرضیه در اصل معتقد به وجود دو ماه برای سیاره‌ی زمین در گذشته‌ی دور است. بدین صورت که جنب یک ماه نسبتاً بزرگ یک ماه کوچک با قطر ۱۲۰۰ کیلومتر نیز وجود داشته است. پس از گذشت میلیون‌ها سال این دو با یکدیگر تصادم کرده تشکیل یک ماه، یعنی ماه کنونی، را داده‌اند. این فرضیه به ما امکان آن را می‌دهد تا اختلاف نمای دو طرف ماه کنونی را توضیح دهیم (تصویر۴و۵).

تصویر۴: روی ماه



تصویر۵: پشت ماه

**فرضیه‌ی ماه‌های زیاد**

در سال ۱۹۶۲ توماس گُلد Thomas Gold فرضیه‌ی ماه‌های زیاد را مطرح کرد. این فرضیه در همان سال‌ها توسط گُوردن مک دونالد Gorden J. F. MacDonald به‌شکل فرمال (صوری) ارائه شد و مدت زمان کوتاهی از محبوبیت خاصی نیز برخوردار بود.[۳] اما در عمل، یعنی پس از بررسی ترکیبات ایزوتوپی سنگ‌های ماه (انتقال یافته به زمین توسط سفینه‌ی آپُلو) ، تکذیب شد. فرضیه‌ی ماه‌های زیاد بر این اساس بنا شده بود که زمین قادر است اجسام کوچک آسمانی را به‌طرف

خود بکشاند اما نه یک جسم بزرگ را. اجسام کوچک، پس از شروع به چرخش دور زمین، مدارشان به‌خاطر جزر و مدها مدام به دورتر از زمین رانده شده و در طول حدود یک میلیارد سال با یکدیگر تصادم کرده و از قطعات‌شان ماه کنونی شکل گرفته است. این فرضیه اما توضیح نمی‌دهد چرا یک چنین پروسه‌ای تنها در مورد زمین اتفاق افتاده است و نه همچنین در مورد سیاره‌ی مریخ با دو ماه کوچک و یا چرا سیاره‌های داخلی اصولاً فاقد ماه هستند.

**فرضیه‌ی کِشِشی**

این فرضیه بر آن است که زمین و ماه در نواحی مختلف منظومه‌ی شمسی به‌وجود آمده‌اند و در یک برخورد نزدیک به هم زمین ماه را توسط نیروی گرانشی به‌طرف خود کشانده است. این فرضیه را توماس ج. جکسون سی Thomas J, Jackson See قریب یک قرن پیش، در سال ۱۹۰۹، پیشنهاد کرد.[۴] فرضیه‌ی کششی قادر است تکانه‌ی بالای سیستم زمین ـ ماه و همچنین اختلاف چگالی‌های زمین و ماه را به خوبی توضیح دهد. اما قبول حادثه‌ای که منجر به تشکیل سیستم زمین ـ ماه گردد مشروط می‌شود به وجود یک مدار کاملاً خاص و یک چنین چیزی رویدادی بسیار نادر به‌نظر می‌آید، به این خاطر که چنان رویدادی به‌معنای آن است که ماه می‌بایستی در یک زمان نسبتاً کوتاهی به مرز ’رُش Edouard Albert Roche ‘ رسیده باشد. ”رُش“ ملاکی است برای تعیین میزان پایداری درونی یک جسم آسمانی در حال چرخش به دور یک جسم آسمانی دیگر که در آن نیروهای گرانشی با نیروهای جزر و مدی در مقایسه با یکدیگر قرار می‌گیرند. فرضیه‌ی کششی هیچ توضیحی در باره‌ی کمیابی عناصر فرّار و عنصر آهن در ماه، در مقایسه با مقدار آن‌ها در زمین، نمی‌دهد. این فرضیه همچنین قادر به توجیه شباهت ترکیبات ایزوتوپی زمین و ماه نیست.

**فرضیه‌ی دوخواهران**

این فرضیه را کارل فریدریش فون وایتزَکر Carl Friedrich von Weizsäcker، فیزیکدان آلمانی ۲۰۰۷ـ۱۹۰۲، در سال ۱۹۴۴، پس از پژوهش‌های عمده از جانب رُش، ارائه کرد.[۵و۶] البته اولین طرح کیفی مربوط به این فرضیه از امائول کانت Immanuel Kant فیلسوف معروف آلمانی است که در کیهان‌شناسی خود در سال ۱۷۵۵ به رشته‌ی تحریر درآورده بود. بنا بر توضیحات کانت، زمین و ماه از تراکم مه‌های گازی و گرد و غبار ماقبل خورشیدی به‌صورت دو سیاره‌ی مستقل از هم به‌وجود آمده‌اند. سهم عمده‌ی مواد نامبرده نصیب زمین شده و از مابقی آن کره‌ی ماه شکل گرفته است. در این فرضیه نیز پرسش‌هائی هست که تاکنون بی‌پاسخ مانده‌اند، از آن‌جمله این پرسش: اگر زمین و ماه در جوار یکدیگر از تراکم مواد مشترک به‌وجود آمده باشند، چرا چگالی و مقدار عناصر فرّار آن‌ها اختلاف زیادی با یکدیگر دارند؟ و همین‌طور پرسش‌های مربوط به زاویه‌ی شیب ۵ درجه‌ای سطح مدار ماه نسبت به سطح مدار زمین و سهم بالای تکانه‌ی زاویه‌ای ماه در مقایسه با تکانه‌ی زاویه‌ای زمین.

**فرضیه‌ی جدایش**

فرضیه‌ی جداشدن ماه از زمین را جورج داروین George Howard Darwin، فرزند چارلز داروین، در سال ۱۸۷۸ مطرح کرد.[۷و۸] بنا بر این فرضیه، زمین در آغاز پیدایش خود به شکل یک مایه‌ی غلیظ و در حال چرخش سریع به دور خود بوده است. به دلیل حالت‌های بی‌ثبات آن دوران، بخشی از زمین یا به اصطلاح ”قطره‌ای“ از مایه‌ی غلیظ جداشده و با گذشت زمان به‌شکل ماه کنونی درآمده است. در سال ۱۸۸۲ اُسموند فیشر Osmond Fisher، زمین‌شناس، در تایید این فرضیه[۹] اظهار می‌کند که اقیانوس آرام هنوز هم جراحت وارده به زمین در نتیجه‌ی چنان واقعه‌ای را نشان می‌دهد و بزرگی ماه با حجم موادی که از ناحیه‌ی خط استوا جدا شده است مطابقت دارد. همخوانی چگالی ماه با چگالی پوسته‌ی زمین نیز تایید دیگری است بر فرضیه‌ی جدا شدن ماه از زمین. اما این فرضیه هیچ دلیل قانع کننده‌ای درباره‌ی سرعت

مشخص و زیاد زمین به دور خود ارائه نمی‌دهد، سرعتی که در آن دوران به‌خاطر وجود اصطکاک زیاد جزر و مد برای تکانه‌ی زاویه‌ای امروز سیستم زمین ـ ماه لازم است. اما نتایج به‌دست آمده از تحقیقات بر روی صفحات تکتونیک نادرستی ادعای جدا شدن ماه از ناحیه‌ی خط استوای زمین را رد می‌کند.

**فرضیه‌ی اُپیک**

شکل‌گیری ماه از مواد بخارشده‌ی زمین پیشنهادی بود از جانب ارنست اوپیک Ernst Oepik[۱۰] در سال ۱۹۰۰. این فرضیه معتقد است زمین در آغاز پیدایش خود خرده تکه‌هائی را که در اطراف آن در گردش بودند توسط نیروی گرانشی بسوی خود کشانده است و بر اثر اصابت آن‌ها با زمین به مرور زمان دمای زمین تا ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد بالا می‌رود. در نتیجه مقدار زیادی از مواد پوسته‌ی زمین بخار شده و از آن دور می‌شوند. عناصر سبک مواد بخارشده توسط بادهای خورشیدی به دورتر دمیده شده و عناصر سنگین‌تر تقطیر می‌شوند. مواد تقطیر شده با مجموعه‌ای از خرده اجسام موجود در اطراف زمین تشکیل ماه ابتدائی را داده که با گذشت زمان به‌صورت ماه کنونی درآمده است. از آنجا که این پروسه‌ها پس از شکل‌گیری هسته‌ی زمین به‌وقوع پیوسته‌اند، یعنی زمانی که مقدار آهن در پوسته‌ی زمین تقلیل یافته بود، قابل فهم است که چرا فرضیه‌ی اوپیک به‌طرز جالبی با خواص ژئوشیمی ماه مطابقت دارد. اما این فرضیه قادر نیست به‌عنوان مثال مسئله‌ی تکانه‌ی زاویه‌ای زمین ـ ماه را توضیح دهد.

**فرضیه‌ی تصادم**

طبق فرضیه‌ی تصادم، زمین اولیه با یک جسم بزرگ تصادم کرده و از مواد جدا شده از این دو کره‌ی ماه شکل‌گرفته است. فرضیه‌ی تصادم داده‌های موجود را در مقایسه با فرضیه‌های پیشتر ذکر شده بهتر توضیح می‌دهد، بی‌آنکه کامل و یا قطعی تلقی شود. فرضیه‌ی تصادم را از جمله ویلیام هارتمن William Hartman و دونالد دِیوِیس Donald R. Davis ارائه کردند. بنا بر این فرضیه، در مرحله‌ی آغازین شکل‌گیری سیارات یکی از آن‌ها به نام Theia، یعنی مریخ اولیه که اندکی بزرگتر از حال حاضر بود، با سیاره‌ی دیگری به نام Gaia، زمین کنونی ما، تصادم می‌کنند.[۱۱] Gaia در آن دوران حدود نود درصد جرم کنونی زمین را داشت. تصادم این دو باهم نه بطور مستقیم بلکه به شکل برخوردی لغزشی بوده است. به‌طرزی که مقدار زیادی از مواد پوسته‌ی آن‌ها به مدار دور زمین پرتاب شده و از آن‌ها در زمانی کمتر از صد سال ماه شکل‌گرفته و نیروی گرانشی آن مابقی مواد اطراف را به خود جذب و پس از قریب ده هزار سال به شکلی که اکنون ملاحظه می‌کنیم درآمده است. ماه در آغاز در فاصله‌ای نزدیک به صدهزار کیلومتر به دور Gaia می‌چرخیده است. سرعت چرخش آن به دور خود پس از تصادم با Theia می‌باید که بیشتر شده باشد. به این دلیل که شرایط حاکم آن زمان سبب تولید نیروهای جزر و مدیِ بالائی شده که به‌نوبه‌ی خود زمین و ماه را به‌شکل کنونی‌شان درآورده‌اند. طبق فرضیه‌ی تصادم سرعت چرخش زمین به دور خود بر اثر اصطکاک سنگ‌های مایع و سیّال سریعاً کاهش یافته و همزمان مدار ماه به دلیل انتقال بخشی از تکانه‌ی زاویه‌ای زمین به آن گسترش می‌یابد. به بیان دیگر، سرعت کنونی چرخش زمین به دور خود و مدار کنونی ماه نتیجه چنان پروسه‌هائی می‌باشد. اما مسئله چرخش هماهنگ ماه به دور زمین می‌باید دلیل دیگری داشته باشد. اولین پیشنهاد مربوط به‌شکل‌گیری ماه بر اثر تصادم را د. ا. دیلایس R. A. Dalys در مقاله‌ای در سال ۱۹۴۶ ارائه داد. در دهه‌ی شصت قرن گذشته منجم روسی ویکتور سافرونوف Victor Safronov بر این نظر بود که سیّاره‌ها از طریق گردهمائی تعداد زیادی از شبه سیّاره‌های کوچک به‌وجود آمده‌اند. این نظریه را هارتمن و دِیوِیس با شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای پیگیری کرده توسعه دادند. آن‌ها نتایج تحقیقات خود را در سال ۱۹۷۵ منتشر و چنین توصیف کردند: در مرحله‌ی پایانی شکل‌گیری سیّاره‌ها یکی از آن‌ها با سیّاره‌ی ما برخورد لغزشی کرده و از خرده قطعات‌شان ماه به‌وجود آمده است.

مستقل از این دو دانشمند، در سال ۱۹۷۶، آلستر کامرون Alster Cameron و ویلیام وارد William Ward با تعمّقات خود بر روی تکانه‌ی زاویه‌ای زمین ـ ماه به نتایج مشابهی دست‌یافتند. در سال ۱۹۸۳، ا. سی. تومپسون A. C. Thompson و دیوید استیونسون David Stevenson در مقاله‌ای نتایج پژوهش‌های خود درباره‌ی چگونگی شکل‌گیری اجسام کوچک از مواد متلاشی شده بر اثر تصادم در مدار سیّاره‌ها را به چاپ رساندند.

در کنفرانس بین المللی ۱۹۸۴ در Kailva-Kona در هاوائی و بحث و گفتگو درباره‌ی منشاء ماه، با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی سنگ‌های ماه که از مأموریت آپُلو به‌دست‌آمده بودند، اغلب دانشمندان بر این عقیده بودند که فرضیه‌ی تصادم بیشترین خوانائی را با داده‌های موجود دارد و پیدایش ماه را به مراتب بهتر از سایر فرضیه‌ها توضیح می‌دهد. در این همایش نشان داده شد که ترکیبات ایزوتوپی عناصر سنگ‌های ماه عمدتاً شبیه سنگ‌های زمین هستند. برای مثال، نسبت ایزوتوپ اکسیژن سنگ‌های زمین و نمونه‌های آپُلو و شهاب سنگ‌ها نشان می‌دهند که عنصر اکسیژن، به‌عنوان یک عنصر غالب در سیستم زمین ـ ماه، در همه‌ی آنها از یک منبعِ مشترک است.

در سال ۲۰۰۱ رُبین کاناپ Robin M. Canup و اریک اسفاج Erik Asphaug موفق شدند مقدار جرم ماه، ژئوشیمی و تکانه‌ی زاویه‌ای سیستم زمین را با فرضیه‌ی تصادم توضیح دهند. طبق شبیه‌سازی‌های انجام گرفته، بهترین نتایج از تصادمی حاصل می‌شود که در آن سرعت جسم ۱۴۴۰۰ کیلومتر در ساعت و زاویه‌ی تصادمی آن با زمین حدود ۴۵ درجه است. مقایسه‌ی نسبت Niob-Tantal ماه و زمین با نسبت آن با بقیه اجرام منظومه‌ی شمسی نشان می‌دهد که حداقل نیمی از ماه از مواد زمینی تشکیل شده است.

عمر ماه در بررسی‌های سال ۲۰۰۵ بر روی سنگ‌های آن توسط دانشمندان دانشگاه فنی زوریخ و دانشگاه‌های کلن، مونستر، اکسفورد به‌طریق رادیولوژی با ایزوتوپ ۱۸۲ وُلفرام، برابر با ۴/۵۲۷ میلیارد سال تعیین شد.

نکات ذکر شده نشان می‌دهند که فرضیه‌ی تصادم بیشترین مطابقت را با مشاهدات دارد. به‌همین دلیل اغلب دانشمندان به فرضیه‌ی تصادم تمایل بیشتر نشان می‌دهند. با این حال باید در نظر داشت که هنوز بسیاری از جزئیات مربوط به چگونگی پیدایش ماه نامعلوم است. در این راستا، توجه به این امر نیز لازم است که شبیه‌سازی‌های صورت گرفته تاکنون از آن مدل‌های بسیار ساده بوده‌اند. یعنی، هنوز هیچ مدل ریاضی تایید شده‌ای برای چگونگی شکل‌گیری ماه و صفحه‌ی مدار آن پس از تصادم Theia با Gaia وجود ندارد.

شاید بشود توضیحات لازم و بیشتر برای چگونگی پیدایش ماه را از طریق بررسی خاک کره‌ی ماه به‌دست‌آورد. برای مثال از طریق حفاری در کره‌ی ماه و پژوهش بر روی ترکیبات آن.

**اگر ماه نبود، چه می‌شد؟**

ماه حدوداً یک چهارم بزرگی زمین را دارد و در فاصله‌ای نزدیک به ۳۸۴۰۰۰ کیلومتری زمین قرار گرفته است. با این حال تأثیر آن بر زمین و ساکنان آن حیاتی است. تأمین انرژی زمین با خورشید است. اما زمین توسط ماه و نیروی گرانشی آن به‌شکل یکنواخت دور یک محور ثابت در حال چرخش است. به بیان دیگر، همکرداری این دو جسم آسمانیِ نزدیک به هم سبب شده که در طول میلیون‌ها سال وضعیت آب و هوائی ثابتی در سیّاره ما به‌وجودآید، وضعیتی که بسیار حیاتی برای انواع جانداران است. بی‌تردید آنچه با اطمینان خاطر باید گفت این است که وجود ما انسان‌ها در آینده نیز بدون کره‌ی ماه غیرقابل تصور است.

به دلیل وجود ماه است که بسیاری از جانوران دریایی در هنگام مَد روانه‌ی خشکی شده در آنجا تخم گذاشته و آن‌ها را، به‌خاطر حفاظت از گزند ماهی‌های درّنده، زیر شن‌ها مخفی می‌کنند. این همان نسخه‌ی قدیمی ۲۵۰ میلیون سال است که

عمل می‌کند. شاید هم از این طریق بوده است که اولین دوزیستان به خشکی راه یافتند و در آن ماندگار شدند.
اگر ماه و نیروی گرانش آن نبود، چرخش زمین به دور خود "ترمز" نمی‌شد. در این‌صورت زمین سریعتر به دور خود می‌چرخید و یک شبانه‌روز تنها ۶ساعت به طول می‌انجامید.
به دلیل همکرداری زمین و ماه با یکدیگر است که شرایط لازم برای شکل‌گیری حیات از ماده‌ی بی‌جان و تکامل آن به‌وجود آمده است. به‌همین خاطر شاید گاهی اوقات نگاهی به ماه برای یادآوری رابطه‌ی پیدایش حیات با مِه‌های اولیه پیش از پیدایش منظومه‌ی شمسی تا شکل‌گیری سیستم زمین- ماه و مغز انسان به عنوان پیچیده‌ترین ساختار شناخته شده تاکنون در جهان بی‌فایده نباشد.

**منابع**


1. H. Reeve, J. de Rosnay, et. al.: La Plus belle historical du monde, Seuil, Paris 1996.
*زیباترین سرگذشت جهان*، ترجمه‌ی دکتر هوشنگ گرمان، تهران ۱۲۷۶، ص۴۶

2. همانجا، ص۴۷.

3. Gordon J. F. MacDonald: Origin of the Moon: Dynamical Considerations In: Annals of the New York, Academy of Sciences, vol. 118, 1965, S. 742-782.

4. Thomas Jefferson Jackson See: Origin of the lunar terrestrial system, In: Astronomische Nachrichten vol. 181, Nr. 23, 1909, S. 365-386.

5. Carl Friedrich von Weizsäcker: Über die Entstehung des Planetensystems. In: Zeitschrift für Astrophysik, Bd 22, 1944, S. 319-355.

6. Edouard Roche: Essai sur la constitution et l'orgine du system Solaire. In: Academic des sciences et letters de Montpellier. Memories de la Section des sciences, vol. 8, 1783, S. 235-324.

7. George Howard Darwin: On the Precession of a Viscous Spheroid. In: Nature, vol. 18, 1878, S. 580-582.

8. George Howard Darwin: On the Precession of a Viscous Spheroid, and on the Remote History of the Earth. In: Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 178, 1879, S. 447-538.

9. Osmond Fisher: On the Physical Cause of the Ocean Basins, In: Nature vol. 25, 1882, S. 243-244.

10. Ernst Öpik: the Origin of the Moon. In: Irish Astronomical Journal vol. 3, Nr. 8, 1955, S. 245-248.

11. William K. Hartman, Donald R. Davis: Satellite-sized planetesimals and lunar origin. In: Icarus, vol. 24, N. 4, 1975, S. 504-515.


تصویرها از اینترنت، از جمله از ویکی‌پدیا دانشنامه آزاد