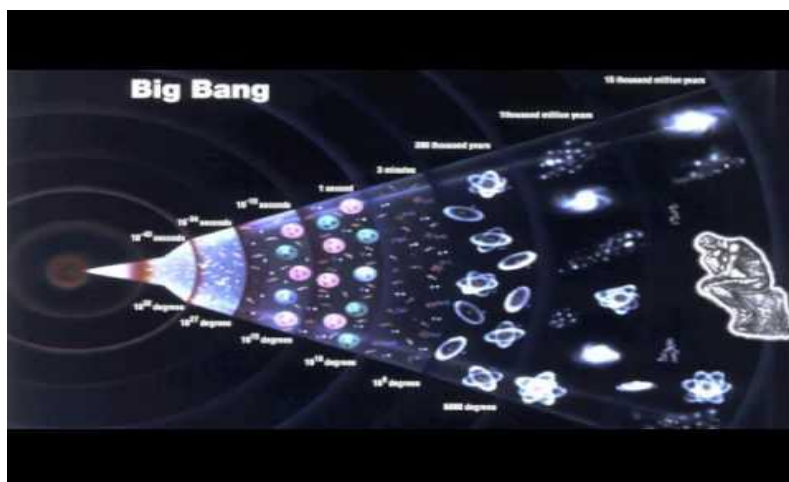


مهبانگ و پیدایش کیهان

پیش از مهبانگ چه بود؟ مهبانگ در کجا بود؟



*این مقاله اولین بار در تاریخ ۱۳۹۲، ۱۲، ۰۱ به صورت سخنرانی ارائه شده است.

چکیده

مدل یا فرضیه‌های ارائه شده برای مهبانگ هیچ‌یک تاکنون به درجه‌ی اثبات ارتقاء نیافته‌اند. با این حال ما در این مقاله نه تنها از مهبانگ بلکه از ”پیش از مهبانگ چه بود؟“، ”مهبانگ در کجا بود؟“ و ”پس از مهبانگ چه تحولاتی رخ داد؟“ نیز صحبت می‌کنیم. استدلال و همچنین حدس و گمان‌های ما متکی به شواهدی عینی هستند که در طول قرن بیستم و اوایل قرن حاضر به دست آورده‌ایم. این دست‌آوردها جهت پژوهش ما را در راستای مهبانگ و تشریح مراحل اولیه کیهان با ملاحظه‌ی شرایط کوانتومی آن تعیین می‌کنند. مدل یا فرضیه‌ای که ما در اینجا منظور داریم مدل متعارف مهبانگ است. مدل‌های به اصطلاح سوداگرانه در پایان مقاله به اختصار معرفی خواهند شد. اما پیش از ورود به اصل موضوع لازم است پس از مقدمه، کوتاه به تاریخچه و مفهوم مهبانگ پرداخته و توضیحاتی را در باره‌ی دو اصل متعارف در رابطه با مهبانگ و مقوله‌های تقارن و شکست تقارن ارائه دهیم که به نظر می‌توانند به فهم بهتر مسئله‌ی مهبانگ یاری رسانند.

مقدمه

مسئله‌ی مهبانگ موضوع پژوهش روز است و تاکنون صدها مقاله و کتاب درباره‌ی آن نگاشته شده است. بی‌شک این وضع بار سنگین دوگانه‌ای را بر دوش من می‌گذارد. به این معنا که از یک طرف سعی کنم از تکرار نوشته‌های همکاران تا جایی که ممکن است خودداری کنم و از طرف دیگر با حفظ منش علمی، به معنای ”نباید بیشتر از آنچه جای گفتن دارد، گفت“، نکاتی را بیان دارم که ما را بهتر و بیشتر با مسئله‌ی مهبانگ و مشکلات آن آشنا کند.

اذعان می‌کنم که آدمی وسوسه می‌شود برخی از مفاهیم این مقاله را باطل شمارد، زیرا که ’عقل سلیم‘ ما را خدشه‌دار می‌کنند. اما باید یادآور شد که برای مثال ارسطوئیان نیز نسبت به مکانیک جدید گالیله در ۵۰۰ سال پیش – مکانیکی که امروز به نظر ما کاملاً طبیعی می‌نماید – همین احساس را داشتند:

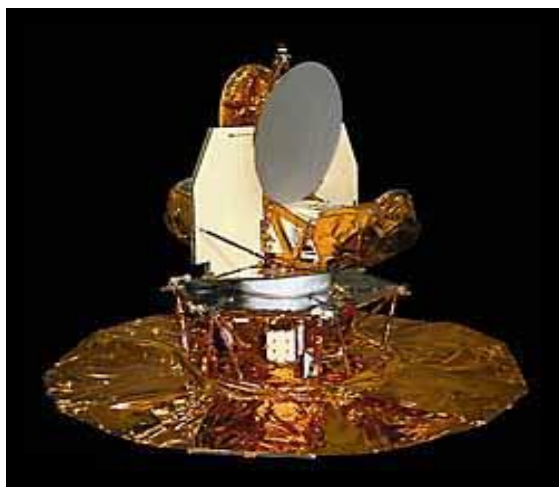
در علم بارها ثابت شده است که 'عقل سلیم' همان افکاری است که ما پیش از دستیابی به دانش زرفتر داشته‌ایم. لازم به ذکر است که تاکنون هیچ‌یک از مدل یا فرضیه‌های ارائه شده برای مهبانگ به درجه‌ی اثبات نرسیده‌اند. با این حال ما از مهبانگ صحبت می‌کنیم، چرا که توانسته‌ایم در طول قرن بیستم و اوایل قرن حاضر به شواهدی عینی دستیابیم که توضیح شکل‌گیری کیهان را اندک زمانی پس از "تلنگر به تقارن اولیه"، به 'هیچ کوانتومی' فارغ از تکنیکی گرانشی، با یاری نظریه کوانتوم امکان‌پذیر می‌کنند. مهم‌ترین شواهد عینی که تاکنون برای مهبانگ به‌دست آورده‌ایم عبارت‌اند از:

۱. انبساط کیهان،
۲. تابش زمینه‌ی کیهانی،
۳. توزیع عناصر شیمیایی در کیهان،
۴. نواسانات دمای تابش زمینه‌ی کیهانی

تاریخچه‌ی مهبانگ

۱. سنگ بنای اولیه‌ی کیهان‌شناسی مدرن را آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۵ با ارائه‌ی نظریه نسبیت عام بنا نهاد.
۲. در سال ۱۹۲۲ آلکساندر فریدمان Alexander Friedmann، فیزیک و ریاضیدان روسی (۱۸۸۸-۱۹۲۵)، با استفاده از معادلات نسبیت عام اینشتین به حل آن‌ها برای یک کیهان همگن و همسانگرد مبادرت ورزید. او از این طریق، یعنی صرفاً به طرز نظری، به کیهانی در حال انبساط دست‌یافت. فریدمان با تصور این پروسه در جهت معکوس، یعنی انقباض، به سرآغازی به نام مهبانگ رسید. اما یافته‌های نظری او، به دلیل فقدان شواهد عینی در آن زمان، مورد توجه قرار نگرفتند.
۳. در سال ۱۹۲۷، ژورژ لومتر Georges Lemaitre، کشیش، فیزیکدان و اخترشناس بلژیکی (۱۸۹۴-۱۹۶۶)، مستقل از فریدمان، به نتایج مشابهی دست‌یافت. لومتر برای اولین بار اصطلاح "اتم اولیه" را برای حالت آغازین کیهان بکار برد. اما دست‌آوردهای نظری وی نیز، به علت نبود شواهد عینی، اقبال چندانی نیافتند.
۴. در سال ۱۹۲۹، ادوین پاول هابل Edwin Powell Hubble، اخترشناس آمریکایی (۱۸۸۹-۱۹۵۳)، "پدیده‌ی انتقال به سرخ" را کشف کرد که بیان از وجود یک رابطه‌ی مستقیم میان سرعت دور شدن کهکشان‌ها با فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر دارد. کشف هابل نشان می‌دهد که کیهان در حال انبساط است.
۵. در سال ۱۹۴۸، جورج گاموف George Gamow، فیزیکدان روسی (۱۹۰۴-۱۹۶۸)، و همکارانش فرضیه‌ی پیدایش کیهان از یک حالت بسیار گرم اولیه را ارائه دادند.^۱ این فرضیه امکان پیش‌گویی هلیوم کیهان و تابش زمینه‌ی کیهانی را می‌داد. تخمین آن‌ها برای دمای امروزی تابش زمینه‌ی کیهانی میان ۵ تا ۵۰ کلوین بود.
۶. در سال ۱۹۶۴ آرنو الان پنزیاس Arno Allan Penzias، فیزیکدان آلمانی - آمریکایی (۱۹۳۳ -)، و رابرت وودرو ویلسون Robert Woodrow Wilson، ستاره‌شناس آمریکایی (۱۹۳۶ -)، بطور تصادفی تابش زمینه‌ی کیهانی را کشف و سال‌های بعد دمای آن را با ۳ کلوین مشخص کردند.
۷. در سال ۱۹۶۷ راینر کورت ساکس Rainer Kurt Sachs، فیزیکدان آلمانی - آمریکایی (۱۹۳۲ -)، و مایکل آرتور ولف M. Arthur Wolf، فیزیکدان آمریکایی (۲۰۱۴ - ۱۹۳۹)، افت و خیز دمای تابش زمینه‌ی کیهانی را پیش‌گویی کردند.^۲
۸. در سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ کاوشگر زمینه‌ی کیهانی کوب [COBE] و در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ دبلیومپ [WMAP] تابش زمینه‌ی کیهانی را با دقت بالا اندازه‌گیری، افت و خیز و طیف مربوطه‌اش را تعیین نمودند^۳ (تصویرهای ۳ و ۲).
۹. مشاهدات دهه‌های اخیر نشان می‌دهند که سرعت انبساط کیهان رو به افزایش است. این پدیده به‌نوعی انرژی، به اصطلاح انرژی تاریک، رجعت داده می‌شود.
۱۰. در ماه نوامبر ۲۰۱۳، سازمان ناسا اعلام کرد که در کیهان حدود پانصد میلیارد کهکشان وجود دارد و در کنار هر ۵ ستاره می‌تواند یک سیاره شبیه سیاره‌ی زمین باشد. از طرف دیگر طبق نظر پژوهشگران دانشگاه اوکلند در امریکا حدود صد میلیارد سیاره مشابه زمین با قابلیت سکونت در کهکشان ما وجود دارند. طبق این ارقام و با یک حساب ساده

به این نتیجه می‌رسیم که در کیهان می‌تواند حدود پنجاه هزار میلیارد میلیارد سیاره مشابه سیاره‌ی زمین وجود داشته باشد. به این ترتیب و با توجه به قوانین آماری بسیار بعید به نظر می‌رسد که ما تنها ساکنان این کیهان بی‌کران باشیم.



تصویر ۳: کاوشگر اشعه‌ی زمینه‌ی کیهانی دلبیوماپ WMAP



تصویر ۲: کاوشگر اشعه‌ی زمینه‌ی کیهانی کوب COBE

مفهوم مهبانگ

نخست لازم است بدانیم که به چه چیز مهبانگ گفته نمی‌شود و یا چه چیزی معنای مهبانگ را ندارد. بی‌شک آنچه مهبانگ نیست و یا معنای مهبانگ را ندارد، انفجار بزرگ در یک فضای موجود است. درک این مطلب برای برداشت صحیح از مفهوم مهبانگ، پرسش‌ها و نتیجه‌گیری‌ها از آن بسیار پراهمیت است. مهبانگ لحظه‌ی پیدایش فضا، زمان و ماده و پادماده، آغاز کیهان، پیدایش کیهان، است؛ پیدایش کیهان از یک به اصطلاح 'تکینگی گرانشی' و یا از یک 'خلاء کوانتومی'، از یک 'هیچ کوانتومی' تصور می‌شود. چرائی و چگونگی وقوع مهبانگ هنوز نامعلوم است.

تصور مهبانگ به عنوان آغاز کیهان به این خاطر است که می‌توانیم پروسه‌ی مشاهده شده‌ی انبساط کیهان را در جهت معکوس در نظر گیریم و با یاری معادلات نسبیت عام گذشته‌ی آن را برای زمان‌های مختلف محاسبه نمائیم. طبق نظریه‌ی نسبیت عام^۴ در مقطع مهبانگ مسئله 'تکینگی گرانشی' مطرح است. معنای تکینگی گرانشی این است که مقدار کمیت‌های فیزیکی، مانند انرژی، دما و فشار، در این مقطع بی‌نهایت می‌شوند. اما در حقیقت آن‌ها می‌باید فوق‌العاده بزرگ ولیکن نه بی‌نهایت باشند. این مطلب نشان می‌دهد که نظریه‌ی نسبیت عام به تنهایی قادر به تشریح مهبانگ نیست. به عبارت دیگر، بررسی مهبانگ ملاحظه نظریه‌ی کوانتوم را نیز می‌طلبد. این نظریه پیدایش کیهان از یک خلاء کوانتومی یا هیچ کوانتومی را ممکن می‌داند. تذکر: "هیچ" کوانتومی یا 'خلاء کوانتومی' به معنای 'هیچ' فلسفی نیست.

بنابراین حل مسئله مهبانگ نیازمند نظریه‌ای وسیع‌تر از نظریه‌ی نسبیت و یا نظریه‌ی کوانتومی است. احتمالاً این مسئله در قرن حاضر از طریق نظریه‌ای به نام 'نظریه گرانش کوانتومی' که محیط بر نظریه‌ی نسبیت عام و نظریه‌ی کوانتومی باشد و یا توسط نظریه‌ی ریسمان‌ها و یا نظریه‌ی دیگری که هنوز برایمان شناخته شده نیست حل خواهد شد. در اینجا اما این سؤال مطرح است که چرا نمی‌توان مهبانگ را با قوانین شناخته شده‌ی فیزیک کنونی توضیح داد. در پاسخ باید گفت که قوانین موجود جملگی حضور فضا، زمان و ماده را پیش شرط خود می‌دانند. به بیان دیگر، این کمیت‌ها جوهر اصلی فیزیک ما را تشکیل می‌دهند. قوانین این علم از زمانی معتبر است که از عمر کیهان بیش از 'زمان پلانک' برابر با $10^{-44} \times 5,391$ ثانیه گذشته باشد. این مقدار زمان به نظر ما ناچیز می‌نماید، اما با ملاحظه دو مفهوم 'اتساع زمان' و

‘انقباض فضا’ متوجه می‌شویم که کمیت مزبور بخودی خود ناچیز نیست، بلکه از نگاه امروزی ما چنان جلوه می‌نماید.

پیش از مهبانگ چه بود؟

همان‌گونه که پیش‌تر گفتیم ‘زمان’ پیش‌فرض علم فیزیک کنونی است. درست به‌همین خاطر نمی‌توان به سؤال ‘پیش از مهبانگ چه بود؟’ پاسخ علمی داد. با این حال تخیل ما امکان طرح یک چنان پرسشی را می‌دهد که بنوبه خود سبب اظهار نظرهایی مانند شکل‌گیری کیهان از انقباض کیهانی پیش‌تر موجود، کیهانی که تا حد “تکینگی” منقبض شده و در مقطعی از طریق مهبانگ دوباره رو به انبساط گذاشته شده است. بررسی‌های نظری چنین امکانی را مردود نمی‌داند. اما بطور تجربی هیچ نشانی که دال بر صحت داشتن چنان چیزی باشد بدست نیامده است. به‌همین منوال است ایده‌ی کیهان‌های موازی. بنا بر این ایده، کیهان ما تنها کیهان موجود نیست بلکه بخشی از یک کیهان بزرگتر است که در آن کیهان‌های فراوانی وجود دارند “به مانند ستارگانی در کهکشان ما”، کیهان‌هایی که بوجود می‌آیند و دوباره “نابود” می‌شوند. کیهان‌های موازی الزاماً نیابستی تنها از یک نوع فیزیک پیروی کنند. یعنی، فیزیک آن‌ها می‌تواند بسیار متفاوت از یکدیگر از جمله از فیزیک کیهان ما باشد. برای مثال، فاقد میدان الکترومغناطیسی باشند و یا انبساطشان سریع‌تر یا کندتر از کیهان ما باشد. همه‌ی این حات‌های تخیلی، حتی در صورت صحت داشتن آن‌ها، پاسخ به پرسش ما ‘پیش از مهبانگ چه بود؟’ نیستند، چرا که در این حالت‌ها پرسش ما به‌شکل ‘پیش از کیهان اولیه و یا کیهان‌های موازی چه بود؟’ مطرح است و درواقع تغییری در ماهیت پرسش ما ایجاد نمی‌کنند. البته توجه داریم که پرسش “پیش از مهبانگ چه بود” بی‌شباهت به پرسش فردی که در شمالی‌ترین نقطه قطب شمال ایستاده نیست که می‌پرسد ‘یک متر شمال‌تر چیست؟’. یک متر شمال‌تری وجود ندارد.

مهبانگ در کجا بود؟

پیش‌تر گفتیم که مهبانگ به‌معنای انفجاری بزرگ در یک فضای موجود نیست. مهبانگ هیچ شباهتی به انفجار یک نارنجک ندارد. نارنجک در فضای موجود منفجر می‌شود. اما مهبانگ نقطه‌ی آغاز و علت شکل‌گیری فضا است. از این‌رو همه‌ی نقاط کیهان مرکز آن است. هر نقطه و گوشه‌ای از کیهان، برای مثال ایران، شهر تهران، سالنی که شما در آن حضور دارید و تک‌تک شما، خلاصه هر جا که چیزی هست مرکز دنیاست. درست به‌همین دلیل است که اشعه‌ی زمینه‌ی کیهانی از همه‌ی جهات کیهان تقریباً یکنواخت به ما می‌رسد.

وقتی فضا با مهبانگ پا به‌عرصه‌ی وجود گذاشته باشد، دیگر این سؤال که “مهبانگ در کجا بود؟” هیچ معنایی ندارد. ولیکن اگر لازم است حتماً پاسخی ارائه شود باید گفت هر نقطه‌ای از کیهان از آن مهبانگ است. در مورد زمان نیز می‌گوئیم، مهبانگ لحظه‌ی آغاز تاریخ کیهان است. آنچه هنوز بر ایمان ناروشن است، چگونگی عملکرد “تلنگریست” که سبب شکل‌گیری کیهان و با آن ماده و فضا زمان شده است، اگر اصولاً “تلنگری” وجود داشته است. شاید با روشن شدن این مطلب بتوان به فیزیک زمان‌های مادون زمان پلانک نیز دست‌یافت.

دو اصل متعارف برای مهبانگ

فرضیه مهبانگ متکی به دو اصل است: اصل جهانشمول بودن قوانین فیزیک و اصل کیهان‌شناسی؛

اصل جهانشمول بودن قوانین فیزیک

این اصل می‌گوید قوانین علم فیزیک جهانشمول‌اند. یعنی، قوانینی که در محدوده‌ای از کیهان، برای مثال در سیاره‌ی ما حاکم هستند در هر نقطه‌ی دیگر کیهان نیز، تحت شرایط مشابه، معتبر می‌باشند. مشاهدات ما همواره این ادعا را، البته تنها تا زمان پلانک، تایید کرده‌اند. به عبارت دیگر، از آنچه از زمان پلانک تا مقطع بیگ‌بنگ رخ داده است هیچ اطلاعی نداریم و در نتیجه فیزیک و قوانین مربوط به آن دوره را نمی‌شناسیم..

نظریه‌ی نسبیت عام نشان می‌دهد که فضا زمان در چگالی‌های بسیار بالا فوق‌العاده خمیده است، به‌ویژه در محدوده‌ی سیاهچاله‌ها. در اینجا ما با حالتی مواجه می‌شویم که به آن تکنیکی می‌گوئیم، حالتی که کامل بودن نظریه نسبیت عام را به دلیل چگالی، انرژی و دمای بی‌نهایت زیر سوال می‌رود. برای تشریح حالت این مقطع لازم است از نظریه‌ی فیزیک کوانتومی یاری جسته و آن را برای مثال از طریق برپائی نظریه‌ای به نام 'نظریه‌ی گرانش کوانتومی' توضیح دهیم.

اصل کیهان‌شناسی

این اصل می‌گوید که کیهان در هر نقطه‌ای از آن در همهی جهات برای فاصله‌های بزرگ یکسان دیده می‌شود. با در نظر گرفتن این اصل می‌توان، همانگونه که در بالا ذکر شد، معادلات نسبیت عام اینشتین را به‌شکل معادلات فریدمان نوشت و برای حالت انقباض کیهان حل کرد. حل این معادلات تابع کمیت‌های ثابت هابل و پارامترهای چگالی‌های مختلف جرم و انرژی است. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که کیهان در گذشته متراکم‌تر و گرم‌تر بوده است و هرچه بیشتر به عقب برگردیم کمیت‌های مزبور بزرگ‌تر و بزرگ‌تر شده و در نهایت در نقطه‌ای به نام تکنیکی بی‌نهایت می‌شوند. بررسی و توضیح این حالت یکی از مسائل حاد پژوهش حاضر است.

تقارن و شکست تقارن

تقارن

احتمال داده می‌شود که نیروی گرانشی، به دلیل یا دلایلی که هنوز برای ما روشن نیست، زمانی از یک نیروی اولیه، از یک حالت فیزیکی کاملاً همگن، از یک خلاء کوانتومی یا هیچ کوانتومی، مشتق شده باشد. در اینجا لازم است بدانیم که مقوله‌ی خلاء کوانتومی مترادف با مقوله‌ی خلاء فیزیک کلاسیک و یا هیچ فلسفی نیست. خلاء کوانتومی یا هیچ کوانتومی حالت تحریک نشده‌ی انرژی محسوب می‌شود. در این حالت اصل عدم قطعیت هایزنبرگ امکان تشکیل "ذرات مجازی" و میدان‌ها از آن را می‌دهد. ذرات مجازی و پادذرات می‌توانند برای زمان کوتاهی از انرژی به‌وجود آیند و دوباره "نابود" شوند، یعنی دوباره به انرژی تبدیل شوند. خلاء کوانتومی واقعاً وجود دارد و قابل توضیح است. خلاء کوانتومی از میدان‌های کوانتومی تشکیل شده است، میدان‌هایی که منشاء اصلی ماده هستند. خلاء کوانتومی پایه‌ای‌ترین سیستم‌های فیزیکی به حساب می‌آیند. تنها در صورت فقدان میدان‌های کوانتومی است که می‌توان از خلاء واقعی به‌معنای 'هیچ' صحبت کرد. خلاء کوانتومی ناپایدار، تجربی ثابت شده و قابل سنجش است.

کسب اطلاع از یک سیستم کاملاً همگن، متعادل و بسته ناممکن است. اما از لحظه خوردن "تلنگری" به آن، به اصطلاح شکستن تقارن آن، امکان دستیابی به اطلاعاتی از آن وجود دارد.

علت و چگونگی "تلنگری" به حالت تقارن فرضی کیهان در مقطع مهبانگ، اگر چنین بوده باشد، هنوز برای ما روشن نیست. البته امکان دارد که کیهان اولیه فارغ از حالت همگن، متعادل و بسته بوده و در نتیجه نیازی هم به "تلنگری" برای "آغاز" نداشته است.

برای سیستمی که در حالت تعادل، تقارن، کامل باشد مقوله‌ی زمان ناشناخته و بی‌معناست. برای یک چنان سیستمی پرسش از تاریخ ماقبل "تلنگر" موضوعیت ندارد. در مورد پیدایش کیهان نیز، با فرض تقارن کامل، پرسش از "پیش از" مهبانگ هیچ معنایی ندارد. به بیان ساده، مهبانگ "روز ماقبل" نمی‌شناسد. تصور حالت تقارن کامل برای کیهان اولیه به‌معنای غیرممکن بودن کسب هرگونه اطلاعی از آن است.

شکست تقارن

شکست تقارن منجر به پدید آمدن وضعیتی جدید می‌شود همراه با ذراتی مشتق شده از حالت تقارن. ذراتی که دیگر انرژی کافی برای برگشت به حالت اولیه را ندارند. غیرقابل تصور نیست که در سلسله مراتبی از شکست تقارن‌ها ذراتی در

زمان‌های مختلف بوجود آمده‌اند ولیکن بر اثر شکست تقارن در مرحله‌ی بعدی از صحنه زودده شده و در نتیجه برای ما ناشناخته مانده‌اند. برای کسب اطلاع از آن‌ها و نمایش صحت این ادعا نیاز به آزمایشگاه‌هایی داریم که انرژی لازم را برای تولید و کشف آن ذرات در اختیار ما بگذارند. سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای در سوئیس، شتاب دهنده سرن، بزرگترین و پرهزینه‌ترین نوع این آزمایشگاه می‌باشد که تاکنون ساخته شده است. در سال ۲۰۱۲ فیزیکدان‌ها موفق شدند در این آزمایشگاه ذره هیگز را کشف کنند. 'هیگز' نام ذره‌ی 'میدان هیگز' است، مانند 'فوتون' به‌عنوان ذره‌ی 'میدان الکترومغناطیسی'.

تصور می‌شود که شکست تقارن اولیه، نیرو یا میدان گرانشی با ذراتی به نام گراویتون را در پی داشته است. شکست در تقارن باقیمانده، به نام تقارن بزرگ، سبب شکل‌گیری نیروی قوی و نیروی الکتروضعیف، با ذراتی که در فیزیک هسته‌ای مطرح هستند، شده است. از شکست نیروی الکتروضعیف نیروی ضعیف و نیروی الکترومغناطیسی، هر یک با ذراتی خاص، به‌وجود آمده‌اند. از آن جمله‌اند فوتون‌ها، ذرات تشکیل‌دهنده‌ی نیروی الکترومغناطیسی. از چهار نیروی نامبرده، سوای نیروی گرانشی، نیروی قوی و نیروی ضعیف و نیروی الکترومغناطیسی در فیزیک کوانتومی قابل توصیف هستند. باور به شکل‌گیری چهار نیروی پایه‌ای فیزیک از یک نیروی اولیه‌ی فیزیکدان‌ها را بر آن داشته است که به وحدت این نیروها همت گمارند. آرزوی به وحدت رساندن نیروهای پایه‌ای در فیزیک از همان دوران که فقط دو نیرو، یعنی نیروی گرانشی و الکترومغناطیسی، مطرح بودند وجود داشت.^۴ اولین موفقیت در به وحدت رساندن نیروهای چهارگانه در نیمه‌ی دوم قرن بیستم با وحدت نیروی الکترومغناطیسی و نیروی ضعیف به نیروی الکتروضعیف حاصل شد. به احتمال، وحدت نیروی الکتروضعیف با نیروی قوی، یعنی دستیابی به تقارن بزرگ، قدم بعدی خواهد بود. وحدت تقارن بزرگ با نیروی گرانشی به نیروی اولیه، همان‌گونه که ذکر شد، شاید از طریق 'نظریه گرانش کوانتومی' و یا احیاناً نظریه‌ی 'ریسمان‌ها' عملی شود.

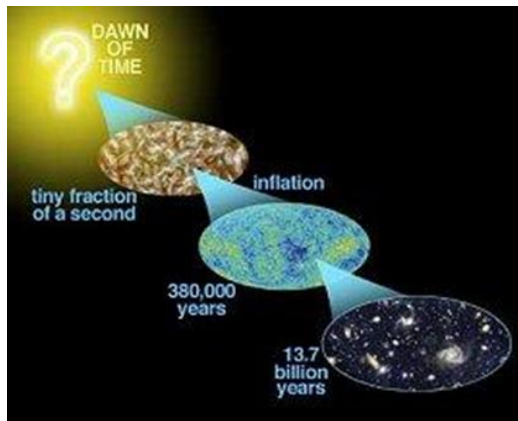
فرضیه‌ی تورم

در سال ۱۹۸۱، آلن گوت فرضیه‌ی تورم را برای حل مسئله‌ی افق رویداد و توضیح همگنی و همسانگردی بخش قابل رؤیت کیهان ارائه کرد. فرضیه‌ی تورم متکی به مشاهدات همسانگردی تابش زمینه‌ی کیهانی است. این فرضیه بعدها از جانب آندری لاینده توسعه یافت و اکنون به‌عنوان مدلی برای فاز تورمی کیهان پذیرفته شده است.^۵ اما به دلیل آنکه این فرضیه خود سبب پرسش‌های تازه‌ای شده، فرضیه‌ی دیگری به نام 'فرضیه‌ی خمش وایل' (Weyl Curvature Hypothesis) نیز پیشنهاد شده است.

طبق اصل کیهان‌شناسی، بعد از 'زمان پلانک' عصر تورم آغاز می‌گردد. کیهان در این عصر با سرعتی بسیار بالا، در طول زمان 10^{-32} تا 10^{-30} ثانیه با ضریبی برابر با 10^{30} الی 10^{50} انبساط می‌یابد. این کمیت‌ها نشان می‌دهند که سرعت انبساط کیهان در عصر تورم مافوق سرعت نور بوده است!

سرعت مافوق سرعت نور برای انبساط کیهان در تضاد با نظریه‌ی نسبیت که حداکثر سرعت در آن سرعت نور است قرار نمی‌گیرد. به این دلیل که نظریه‌ی نسبیت، سرعت نور در فضا زمان را مدنظر دارد در حالی‌که ما در این‌جا سرعت انبساط خود فضا زمان را در نظر داریم.

بزرگی بخش قابل رؤیت کنونی کیهان در عصر تورم کوچکتر از قطر یک ذره‌ی پروتون بود و در طول تورم تا نزدیک به 10^{10} سانتیمتر انبساط می‌یابد. جزئیات این دوران و علت پایان یافتن آن هنوز روشن نیست. اما مسلم شده است که تابش زمینه‌ی کیهانی "سنگواره‌ای" از دوران 'کیهان جوان' می‌باشد.^۶ عمر این سنگواره تنها سیصد و هشتاد هزار سال کمتر از عمر کیهان با حدود $13/8$ میلیارد سال است.



تصویر ۴: فازهای مختلف تکامل جهان

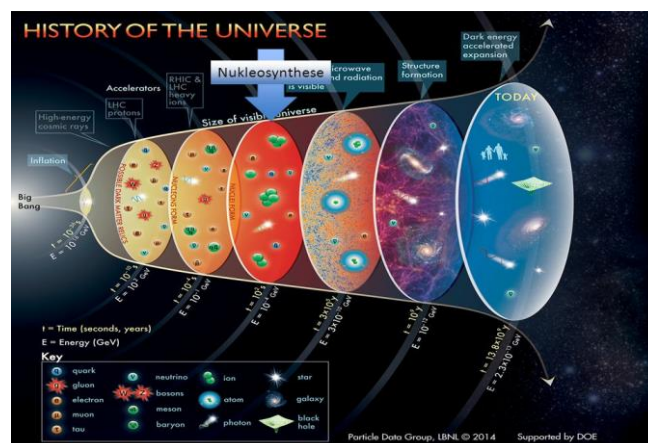
فرضیه‌ی تورم قادر است مشاهدات عینی زیر را توضیح دهد:

۱. همگنی کیهان؛ ۲. انحنای کیهان؛ ۳. تک قطبی بودن مغناطیس؛ ۴. ساختارهای عظیم در کیهان و ۵. طیف نوسانات دمای تابش زمینه کیهانی.

انبساط

دوران پس از تورم عصر انبساط نامیده می‌شود. عصر انبساط با نظریه‌ها و قوانین فیزیک موجود قابل توضیح است. اغلب مدل‌های ارائه شده برای مه‌بانگ در توضیح عصر انبساط با یکدیگر همخوانی دارند. ما می‌توانیم عصر انبساط را در شکل دوران‌های ۹ گانه‌ی زیر به اختصار چنین بیان کنیم:

۱. در پایان عصر تورم، یعنی حدود 10^{-30} ثانیه پس از مه‌بانگ، دمای کیهان تا 10^{25} K نزول می‌کند. در این زمان ذراتی به نام کوارک‌ها و پادکوارک‌ها به وجود می‌آیند که پلاسمائی را با ذرات موجود از جمله گلوئون‌ها تشکیل می‌دهند.
۲. دمای کیهان پس از یک میلیونم ثانیه به 10^{12} K سقوط می‌کند و ذرات هادرونی، یعنی پروتون‌ها و نوترون‌ها که اجزاء تشکیل دهنده‌ی هسته‌ها هستند، و همچنین پادذرات آن‌ها از پلاسمای موجود بوجود می‌آیند.
۳. پس از 10^{-4} ثانیه دمای کیهان به 10^{12} K می‌رسد. در این دما دیگر امکان شکل‌گیری هادرون‌های جدید وجود ندارد. همزمان اما اغلب پروتون‌ها و نوترون‌ها بر اثر تصادم با پادذرات خود به انرژی تبدیل شده و چیزی کمتر از یک میلیارد از پروتون‌ها و نوترون‌ها باقی می‌مانند. به این دلیل است که کیهان عمدتاً از ماده تشکیل شده و نسبت به پادماده نامتقارن است. علت این نامتقارنی روشن نیست. قابل توجه این‌که در این دوران مقدار زیادی هم ذرات نوترینو تولید می‌شود.



تصویر ۵: انبساط و سرگذشت جهان

۴. یک ثانیه پس از مهبانگ، دمای کیهان به 10^{10} K نزول می‌کند. در این دوران است که ذرات الکترون و پادالکترون، پوزیترون، باهم تصادم کرده به انرژی تبدیل می‌شوند. از این ذرات نیز تنها حدود یک میلیارد الکترون‌ها باقی می‌مانند. به عبارت دیگر، ذراتی که ما اکنون در کیهان ملاحظه می‌کنیم همان ذراتی هستند که در یک ثانیه‌ی اول بعد از مهبانگ نیز وجود داشتند.

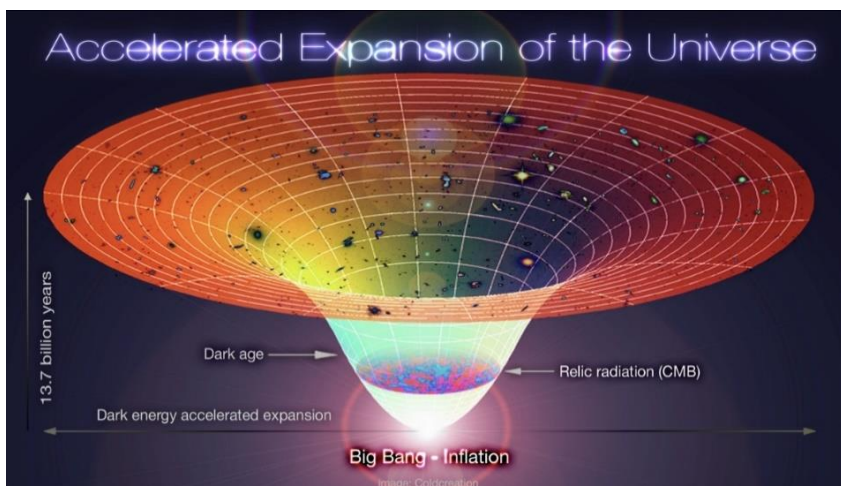
۵. با رسیدن دمای کیهان به زیر یک میلیارد کلوین، 10^9 ثانیه بعد از مهبانگ، امکان هم‌گذاری پروتون‌ها با نوترون‌ها به اولین هسته‌های هیدروژنی، یعنی دترونها که اغلب به هسته‌های هلیوم-۴ تبدیل می‌شوند، به‌وجود می‌آید.

۶. بعد از گذشت حدود ۳ دقیقه از مهبانگ، دما و چگالی کیهان به درجه‌ای نزول می‌کنند که دیگر امکان گدازش هسته‌ای وجود ندارد و نوترون‌های باقیمانده در دقایق بعدی به پروتون و الکترون‌ها فرو افت می‌کنند.

۷. پس از حدود ۳۸۰ هزار سال، با تنزل بیشتر دمای کیهان، امکان شکل‌گیری اتم‌های سبک و با ثبات از هسته‌ها و الکترون‌ها به وجود می‌آید. از گردهم‌آئی اتم‌ها بر اثر نیروی گرانشی ابر گازها و از این‌ها کهکشانه‌ها و ستارگان شکل می‌گیرند. اتم‌ها یا عناصر شیمیایی سنگین‌تر در زمان‌های بعدی در داخل ستارگان به وجود می‌آیند؛ از آن‌جمله عناصر لازم برای حیات.

همزمان با تشکیل اتم‌ها، ذرات نور، فوتونها، امکان آن می‌یابند که فاصله‌های بیشتری را طی کنند، بی‌آنکه جذب ذرات دیگر شوند. در نتیجه کیهان از این طریق به روشنائی دست می‌یابد. به عبارت دیگر، کیهان بیش از آن تاریک بوده است. طول موج نور آزاد شده از همان زمان همسو با انبساط کیهان گسترش پیدا کرده و اکنون به طیف رادیویی با دمای 2.73 کلوین رسیده است. برای مقایسه، دمای همین نور در گذشته چهار هزار کلوین بوده است. این نور، این سنگواره، در سال ۱۹۶۴ بطور تصادفی کشف و به تابش زمینه‌ی کیهانی معروف شد. تابش زمینه‌ی کیهانی یکی از مهم‌ترین شواهد عینی برای فرضیه‌ی مهبانگ به شمار می‌رود.

۸. در اواخر قرن بیستم و اوایل قرن حاضر، نوسانات تابش زمینه‌ی کیهانی کشف و طیف آن اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از این مشاهدات از جمله امکان توضیح چگونگی شکل‌گیری ساختارهای عظیم در کیهان را فراهم کرده است.



تصویر ۶: انبساط رو به افزایش جهان

۹. شتاب انبساط کیهان، انبساط رو به افزایش کیهان، می‌تواند در رابطه با انرژی تاریک باشد. قبول این ادعا اما نیازمند شواهد عینی است. برای نمایش اهمیت انرژی تاریک و ماده‌ی تاریک کافی است به سهم این دو از کل انرژی و ماده‌ی

کیهان اشاره کنیم. سهم انرژی تاریک با حدود ۷۳ درصد به مراتب بیشتر از سهم ماده‌ی تاریک، حدود ۲۳ درصد، است. سهم این دو با هم از کل انرژی و ماده‌ی کیهان بیش از ۹۵ درصد است. به عبارت دیگر، سهم ماده با حدود ۴/۵ درصد و سهم نوترینو با ۰/۳ درصد ناچیز است. سهم ماده‌ی قابل رؤیت کیهان، یعنی ستارگان، فقط حدود ۰/۵ درصد است.^{۸ و ۱۰}



نصویر ۷: مقادیر انرژی و ماده‌ی کیهان

مدل‌های سوداگرایانه [speculative] برای مه‌بانگ

مدل و فرضیه‌های زیادی برای تشریح مه‌بانگ ارائه شده‌اند که اغلب آن‌ها حدسی می‌باشند. ما در اینجا کوتاه و تنها به سه نوع از این فرضیه‌ها می‌پردازیم و از توضیح فرضیه‌های دیگر مانند آنچه اخیراً در کانادا (سقوط ستاره‌ی چهاربعدی به سیاهچاله) مطرح کردند صرف‌نظر می‌کنیم.

فرضیه‌ی چندکیهانی

فرضیه‌ی چندکیهانی یا درهمی، و یا کیهان‌های موازی، در سال ۱۹۸۶ از طرف آندری لاینده پیشنهاد شد. این فرضیه، کیهان را پیوسته در حال منبسط شدن به شکل توری تصور کرده و آن را تنها برای بخش‌های معینی به اصطلاح ”حباب‌ها“ توقف‌پذیر می‌داند. در این مدل هر یک از این حباب‌ها یک کیهان مجزا از مابقی به‌شمارد می‌آیند. کیهان‌های موازی می‌توانند هر یک از شرایط فیزیکی خاصی، از ثابت‌های فیزیکی متفاوت، برخوردار باشند. در این صورت هر کدام از آن‌ها می‌توانند فیزیک ویژه‌ی خود را دارا باشند. برای مثال، امکان دارد یکی از آن‌ها دارای میدان الکترومغناطیسی، نور، و دیگری فاقد آن باشد.

فرضیه‌ی غشاء

فرضیه‌ی غشاء یا مدل رانال - ساندروم در سال ۱۹۹۹ از جانب این دو پژوهشگر پیشنهاد شد. این مدل در ارتباط تنگاتنگ با نظریه‌ی ریسمان‌هاست که حداقل پنج بعد دارد و کیهان ما با چهار بعد فضازمان در آن مستتر است. این فرضیه قادر به توضیح چرایی ضعیف بودن نیروی گرانشی در مقایسه با سه نیروی پایه‌ای دیگر فیزیک است. اما توان توضیح توسعه‌ی کیهان از جمله انبساط و تابش زمینه‌ی کیهانی را ندارد. در نتیجه نمی‌توان این فرضیه را واقعی دانست. شکل کامل‌تر فرضیه‌ی غشاء یعنی مدل اشتینهارد - توراک از سال ۲۰۰۲، بدیلی است برای فرضیه‌ی تورم، با پیش‌گویی متفاوت از قطبش افت و خیز تابش زمینه‌ی کیهانی.

فرضیه‌ی گرانش کوانتومی حلقه‌ای

فرضیه‌ی ’گرانش کوانتومی حلقه‌ای‘ (Loop Quantum Gravity) قادر به توضیح انبساط جهان فارغ از مقوله‌ی تکینگی گرانشی برای مه‌بانگ است. این فرضیه در سال ۲۰۱۱ از جمله از جانب مارتین بئوالد پیشنهاد شد. این مدل ’اصل

کیهان‌شناسی، را پیش‌شرط خود می‌داند. اما معلوم نیست که این پیش‌شرط تا چه حد با 'گرانث کوانتومی حلقه‌ای' همخوانی دارد. در این مدل، کیهان ماقبل تا چگالی بیشینه انقباض می‌یابد. اما نه تا مرحله‌ی تکینگی گرانشی، چرا که در این‌جا طبق این فرضیه پدیده‌های کوانتومی مانع از آن می‌شوند. در مقطع چگالی ماکسیموم، کیهان دوباره شروع به منبسط شدن می‌کند. شکل توسعه یافته‌ی این مدل نشان از کیهانی پرودیوار دارد که تا ماکسیموم انبساط و سپس تا مینیوم انقباض پیدا می‌کند.^{۱۱}

سخن پایانی

فرضیه‌ی متعارف مهبانگ نشان می‌دهد که می‌توان از طریق امواج الکترومغناطیسی گذشته‌ی کیهان را تا دوران آزاد شدن ذرات نور، یعنی حدود ۳۸۰ هزار سال پس از مهبانگ، پی‌گیری کنیم. احتمال داده می‌شود که در آینده‌ای نه چندان دور بتوانیم گذشته‌ی کیهان را از طریق 'کیهان‌شناسی نوترینو' تا زمان آزاد شدن ذرات نوترینو، یعنی تا یک ثانیه بعد از مهبانگ و از طریق 'کیهان‌شناسی گرانشی' تا 10^{-32} ثانیه پس از مهبانگ، توضیح دهیم.

در پایان مایلم در ارتباط با مطالب ذکر شده نقل قولی را از کتابی که اخیراً به زبان فارسی با عنوان 'علم/اندیشیدن - ریشه‌ها و روش‌ها' به چاپ رسانده‌ام به‌عنوان کلام پایانی بیان دارم:

تصور دوران باستان از کیهان بس ساده بود. در این تصور زمین و همراه با آن انسان، مرکز یک کیهان قابل تجسم و هم‌آهنگ به‌شمار می‌رفت و کره‌ی ماه رب النوع الهی بسیاری از اقوام و ملل محسوب می‌شد. در چنین کیهانی همه‌چیز پیشاپیش تعیین شده بود و چیزی غیرجبری، غیردترمینیستی، وجود نداشت. درست به‌همین دلیل، نوع تفکر در یونان قدیم به‌عنوان جرعه‌های اولیه‌ی شک و تردید نسبت به نوع برداشت‌ها از پدیده‌ها در تاریخ بشر بی‌سابقه و بسیار پراهمیت است.

اما اکنون انسان با گذشت زمان به کیهانی دست یافته است که بزرگی و تصورناپذیری آن لرزه به اندام آدمی می‌اندازد. با این حال، کیهان عصر ما یک تصور دلخواه نیست، بلکه حاصل کنجکاوی‌ها و تلاش‌های پژوهشی پایان‌ناپذیر خود انسان است. تصویری که ما اکنون از کیهان داریم متکی به نظریه‌های بنیادی، به‌ویژه نظریه‌ی فیزیک کوانتومی و فیزیک نسبیت و فیزیک آماری؛ است. که صحت هر یک از آن‌ها به کرات به اثبات رسیده است، نظریاتی مربوط به ماده و تحولات آن، از "آغاز" تا به امروز.

انسان در راهی گام برداشته است که بسیار پیچیده و احتمالاً پایان‌ناپذیر است. او با جمع‌آوری اطلاعات و تنظیم آن‌ها سعی در ارائه تصویری کامل از کیهان دارد. بی‌شک تلاش او در این عرضه بدون شناخت واقعی از شیوه‌ی کار دستگاه ادراک خود، یعنی علم اندیشیدن، نتیجه‌ی مطلوب را نخواهد داد. چرا که شناخت دستگاه ادراک انسان به‌عنوان ابزار شناخت، که همواره و همزمان و همسو با کسب شناخت‌های تازه در حال تغییر و تحول است و باید هم باشد تا اصولاً شناختی امکان‌پذیر شود، بی‌تردید امری است بسیار ضروری و غیرقابل اغماض.

منابع:

1. R. A. Alpher, H. Bethe, G. Gamow: *The Origin of Chemical Elements*, in: Physical Review 73, Nr. 7, 1948.
2. R. K. Sachs, A. M. Wolfe: Perturbations of a Cosmological, Journal 147, 1967.

3. David Spergel et al.: first-year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters, In: ApJs, 148, 2003.
4. Albert Einstein: Die Grundlage der allgemeinen Relativitätscheorte, In: Das Relativitätsprinzip, 8. Auflage, Teubner Verlag, Stuttgart 1982.
5. Andrei Linde: Elementarteilchen und inflationärer Kosmos, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, 1993.
6. Steven Weinberg: The First Three Minutes, Basic Books, inc., Publishers, New York, 1977.
7. Steven Weinberg: Cosmology, Oxford University Press, New York 2008.
8. Stephen W. Hawking: A Brief History of Time, Banatam Books, New York, 1988.
9. Stephen W. Hawking, Roger Penrose: The Nature of Space and Time, Princeton University Press, New York, 1996.
10. Simon Singh: Big Bang, München, Hanser, 2005.
11. Martin Bojowald: Zurück vor dem Urknall, Frankfurt a. M., S. Fischer Verlag 2009.

12. تصویر ها از اینترنت

برای مطالعه و کسب اطلاعات بیشتر می‌توان از جمله به کتاب‌های زیر مراجعه نمود:

13. جیمز اس. ترفیل، لحظه‌ی آغاز، ترجمه‌ی بهزاد قهرمان و فرامرز صبوری، نشر نما، مشهد، ۱۳۷۰
14. جوسپ کلچگ، جهان، ترجمه‌ی بهزاد قهرمان، معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی، مشهد، ۱۳۶۷
15. رضا منصوری، فلک را سقف... (کیهان‌شناسی برای همه) - تهران: طرح نو، ۱۳۷۸
16. کریگ هوگان، انفجار بزرگ، ترجمه‌ی علی فعال پارسا، به نشر، مشهد، ۱۳۸۳

XX