

در حال حاضر پیدایش، انبساط و سرنوشت کیهان، به کمک نظریه بیگ‌بنگ که مورد پذیرش اکثر کیهان‌شناسان قرار گرفته است توضیح داده می‌شود. بیگ‌بنگ توسط نظریه تورم که راه حلی برای مسئله افق و مسطح بودن جهان بود، توسعه داده شد. در این نظریه تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی (Cosmic Microwave Background (CMB)، تابش باقی‌مانده از انفجار بزرگ است که کل جهان را پر می‌کند. کیهان‌شناسان معتقدند فوتون‌های این تابش در عصر نوترکیبی، یعنی زمانی که از عمر کیهان ۳۸۰ هزار سال گذشته بوده و دمایی در حدود ۳۰۰۰ کلوین داشت، ساطع شده‌اند. در این راستا مدل Λ CDM (Lambda- Cold Dark Matter) نیز با توضیح چرایی وجود عناصر سبک در جهان همانند هیدروژن، هلیوم، لیتیوم و ناهمسانگردی در CMB و در نهایت انبساط مداوم مشاهده شده فضا به برخی سوالات که حاصل مشاهدات رصدی در مورد کیهان بود، پاسخ داد. در این مدل، انرژی تاریک به عنوان ثابت کیهانی لامبدا (Λ) با اعمال فشار منفی در فضای خالی که همراه با ایجاد نیروی دافعه می‌باشد، در مقابل اثرات جاذبه وارد عمل می‌شود. از طرفی نیز مدل استاندارد فیزیک ذرات (SMPP) The Standard Model of Particle Physics منشأ ماده در جهان را به ذرات بنیادین که شامل دو دسته کوارک و لپتون است نسبت می‌دهد؛ اما در مورد اینکه خود این ذرات چگونه به وجود می‌آیند توضیحی ارائه نمی‌دهد، چون در لحظه تولد کیهان نسبت عام و مدل استاندارد ذرات بنیادین قابل ادغام با یکدیگر برای توضیح نحوه تولید ماده در نقطه تکینه نیستند. اما کیهان‌شناسی شعوری با معرفی مدل کیهان کروی (Spherical Cosmos Model (SCM) به سوالاتی همچون علت انفجار، انبساط و شکل کیهان، ماهیت ماده و انرژی معمولی و همچنین ماده و انرژی تاریک، سرنوشت کیهان، علت تراکم اجرام در اعماق فضا و...، پاسخ می‌دهد. در این مدل، کیهان کروی دارای پوسته‌ای از جنس ماده مطلق (Taheri Absolute Matter (TAM) می‌باشد که نه تنها آن را ایزوله کرده است بلکه از ابتدای تولد جهان تاکنون با تجزیه از سطح داخلی در حال تولید ماده و انرژی تاریک و به موازات ماده و انرژی معمولی و در نهایت توری‌های فضا به درون کیهان است. پوسته این کره ایزوله شده هم‌اکنون با سرعتی فراتر از سرعت نور در حال حرکت است. در این دیدگاه ماده و انرژی تاریک همان توری‌های فضا می‌باشند که با درجات مختلف فشرده شده‌اند. انرژی تاریک نیز که مدام از پوسته در حین آزادسازی به داخل کیهان است، برخلاف مدل استاندارد کیهان‌شناسی، با ایجاد فشار مثبت در کیهان ایزوله شده، یکی از عوامل افزایش حجم آن می‌باشد. همچنین در این مدل دوره نوترکیبی همواره تا واگرد نهایی کیهان در فاصله معینی از پوسته به صورت کروی قرار خواهد داشت. به عبارتی نه تنها منشأ CMB، مربوط به گذشته کیهان نیست بلکه هم‌اکنون وجود داشته و با توجه به وسعت عظیم کره کیهان و موقعیتی که زمین در این کره دارد، آن را در طول موج مایکروویو با تاخیر چندمیلیاردساله آشکار می‌کنیم. بنابراین کهکشان‌های دور دست رصد شده که در مدل بیگ‌بنگ به دوران‌های اولیه کیهان نسبت داده شده‌اند، طبق مدل کیهان کروی در حال حاضر توسط پوسته ایجاد می‌شوند و ما توسط ذرات و یا اجرامی که همواره در حال تولید هستند، محاصره شده‌ایم.

کلیدواژه‌ها: مدل کیهان کروی - پوسته کیهان - تجزیه TAM - ماده روشن تاریک - ماده تاریک تاریک - ماده تاریک جامدگونه - ماده تاریک مایع‌گونه - ماده تاریک گازگونه - فشار مثبت انرژی تاریک - واگرد فضا.

پوسته کیهان

لحظه اولیه بیگ بنگ غیر ممکن شده و توضیح این مسئله که چگونه ماده و انرژی از نقطه تکینه به وجود آمده‌اند امکان‌ناپذیر خواهد بود.

علی‌رغم این نواقص، بیگ بنگ از دیدگاه کیهان‌شناسان تنها نظریه‌ای است که تاکنون توانسته به مشاهدات رصدی انجام شده، تحلیل درستی ارائه دهد.

کیهان‌شناسی رایج

بیگ بنگ:

از دیدگاه کیهان‌شناسان جهان پس از بیگ‌بنگ چندین مرحله از تکامل را پشت سر گذاشته است که برخی از این مراحل عبارتند از: (شکل ۱)

۱- **تورم (Inflation epoch):** دوره کوتاهی از انبساط نمایی که جهان را با ضریب حداقل 10^{26} برابر، در کمتر از یک تریلیونم ثانیه حجیم نمود. این روند هرگونه بی‌نظمی اولیه را هموار کرد و نوسانات کوچکی در چگالی و دمای ماده کیهانی و تشعشعات ایجاد کرد. شایان ذکر است که این نظریه دارای مخالفانی نیز می‌باشد. [۱]

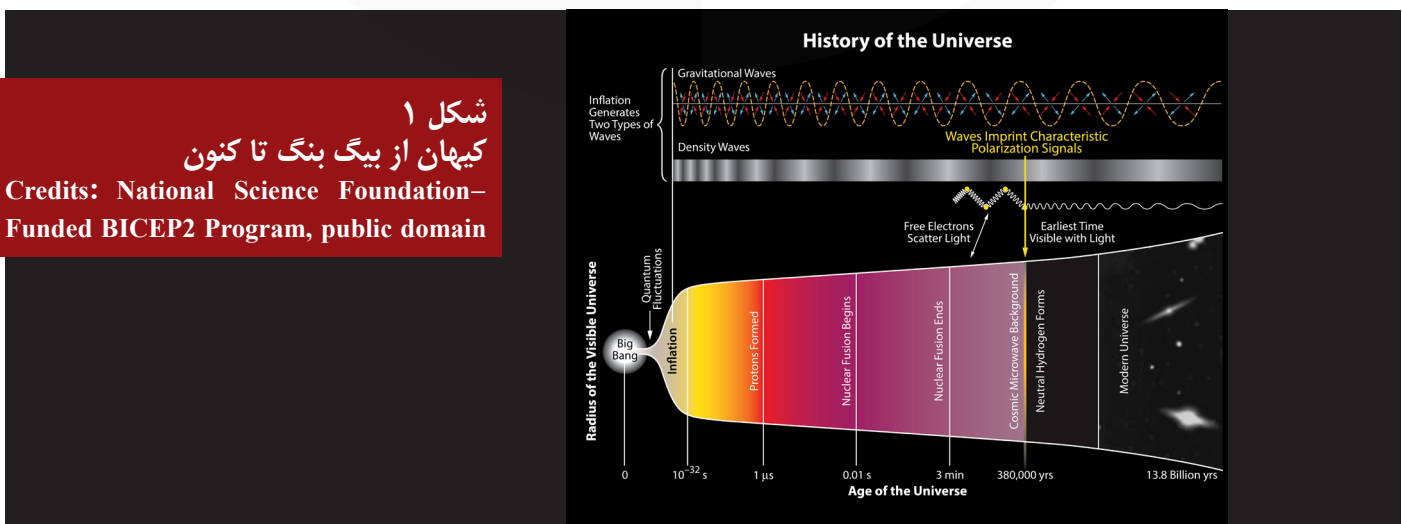
۲- **نوکلئوسنتز (Nucleosynthesis epoch):** دوره‌ای که به گفته اکثر کیهان‌شناسان از ۱۰ ثانیه تا ۲۰ دقیقه پس از انفجار بزرگ رخ داده است. در این دوره، جهان به اندازه‌ای داغ بود که همجوشی هسته‌ای رخ داد و اولین عناصر سبک مانند هیدروژن، هلیوم و لیتیم از پروتون‌ها و نوترون‌ها ایجاد شدند. [۲]

۳- **نوترکیبی (Recombination epoch):** دوره‌ای در حدود ۳۸۰۰۰۰ سال، که در آن جهان به اندازه کافی سرد شد تا الکترون‌ها و پروتون‌های باردار ترکیب شوند و اتم‌های خنثی را تشکیل دهند. در این دوره فوتون‌ها توانستند آزاد شوند. بعد از آزادسازی فوتون‌ها تشعشعات پس‌زمینه مایکروویو کیهانی (CMB) ایجاد شد. طبق نظریه بیگ‌بنگ این تشعشعات، قدیمی‌ترین نوری هستند که می‌توانیم در جهان تشخیص دهیم. [۳]

گسترده‌ترین نظریه‌ای که امروزه از آن حمایت می‌شود، نظریه بیگ‌بنگ است که بیان می‌کند جهان حدود ۱۳/۸۴ میلیارد سال پیش با انفجار خاصی از یک نقطه بسیار داغ، متراکم و بی‌نهایت کوچک، از انرژی و ماده آغاز و به سرعت منبسط شد. این نظریه به تنهایی دارای نواقصی همچون مسئله مسطح بودن جهان و مسئله افق بود که با ورود نظریه تورم در سال ۱۹۸۰ توسط آلن گوث (Alan Guth) برای آنها راه حل نظری ارائه شد. [۱] در این میان، مدل استاندارد کیهان‌شناسی نیز که به مدل Λ CDM (Lambda-CDM) معروف است، با توسعه در طی سالیان متمادی بر اساس یک سری اکتشافات و نظریه‌هایی همچون نظریه نسبیت عام آلبرت انیشتین در سال ۱۹۵۱، کشف تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی در سال ۱۹۶۵ و اولین تصویر ثبت شده از این تابش در سال ۲۰۱۳ که این مدل را تایید کردند، پازل‌هایی همچون ماده تاریک و انرژی تاریک را به نظریه بیگ‌بنگ اضافه کرد. این مدل از سه جزء اصلی ۱- ماده معمولی ۲- ماده تاریک سرد Cold Dark Matter (CDM) ۳- ثابت کیهانی مرتبط با انرژی تاریک Λ تشکیل شده است. در واقع انبساط مداوم مشاهده شده فضا، توزیع عناصر سبک در جهان همانند هیدروژن، هلیوم و لیتیم و در نهایت ناهمسانگردی در تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی در این مدل توضیح داده می‌شوند. [۲]

در مدل Λ CDM، همان‌طور که جهان در طول زمان به گسترش خود ادامه می‌دهد، فشار منفی مرتبط با ثابت کیهانی (انرژی تاریک) به طور فزاینده بر نیروهای گرانشی مخالف، تسلط پیدا کرده و انبساط جهان شتاب می‌گیرد. همچنین این مدل فرض می‌کند که نسبیت عام، نظریه اصلاح شده گرانش در مقیاس‌های کیهانی است.

از طرفی نیز مدل ذرات بنیادین در فیزیک (SMPP)، منشأ ماده در جهان را بر حسب ذراتی که بلوک‌های سازنده اصلی آن هستند، توضیح می‌دهد. [۳] مسئله‌ای که در این میان مطرح می‌شود این است که اگر منشأ جهان را طبق نظریه بیگ‌بنگ از یک نقطه تکینه در نظر بگیریم، ادغام نسبیت عام با مدل ذرات بنیادی در



شکل ۱
کیهان از بیگ بنگ تا کنون

Credits: National Science Foundation –
Funded BICEP2 Program, public domain

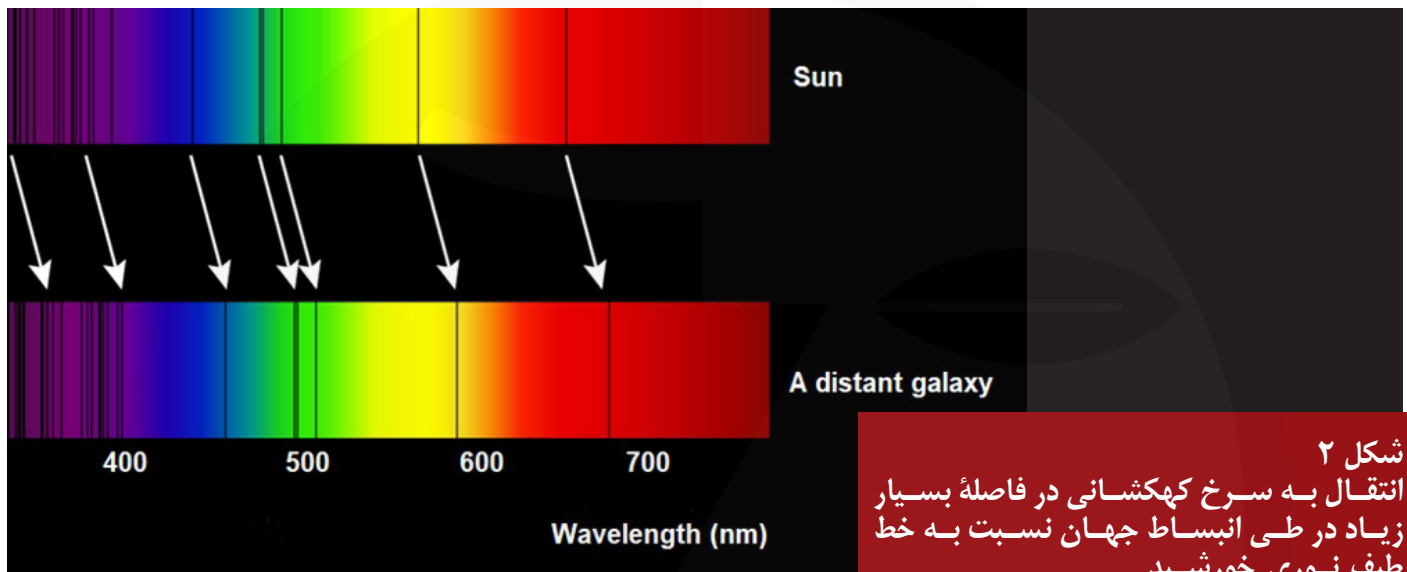
۱- انتقال به سرخ کهکشان‌های دور، که نشان می‌دهد این اجرام از ما دور می‌شوند و جهان در حال انبساط است. (شکل ۲)

۲- تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی، که دمایی تقریباً یکنواختی را در سراسر آسمان نشان می‌دهد و با طیف پیش‌بینی شده تابش یک جهان داغ در حال انبساط، مطابقت دارد. (شکل ۳)

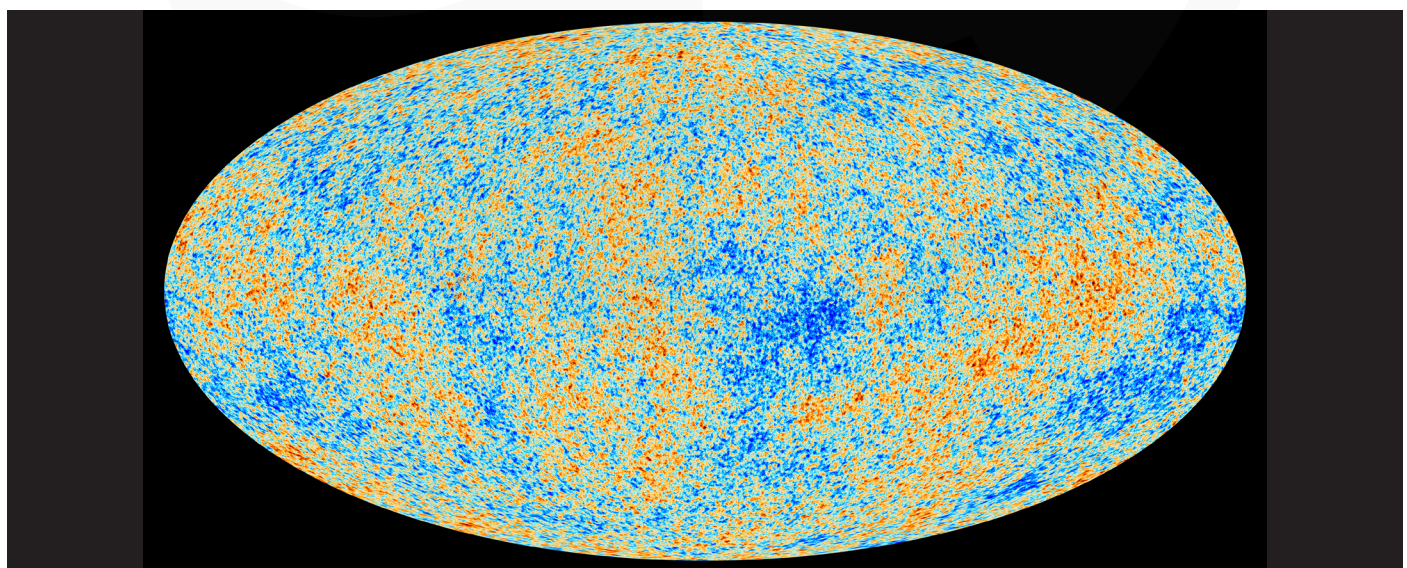
۳- فراوانی عناصر سبک، که با مقدار محاسبه شده سنتز هسته‌ای که در کیهان اولیه رخ داده است، تطبیق دارد.^[۷] (شکل ۴)

۴- تشکیل ساختار: دوره‌ای است به مدت زمان میلیاردها سال که در آن گرانش، نوسانات کوچک در توزیع ماده را تقویت کرد و باعث شد توده‌های گاز در خود رمبش کنند تا ستاره‌ها، کهکشان‌ها، خوشه‌ها و ابرخوشه‌ها را تشکیل دهند. در این دوره بیشتر ساختارهای مرئی که امروزه در کیهان می‌بینیم، شکل گرفتند.^[۶]

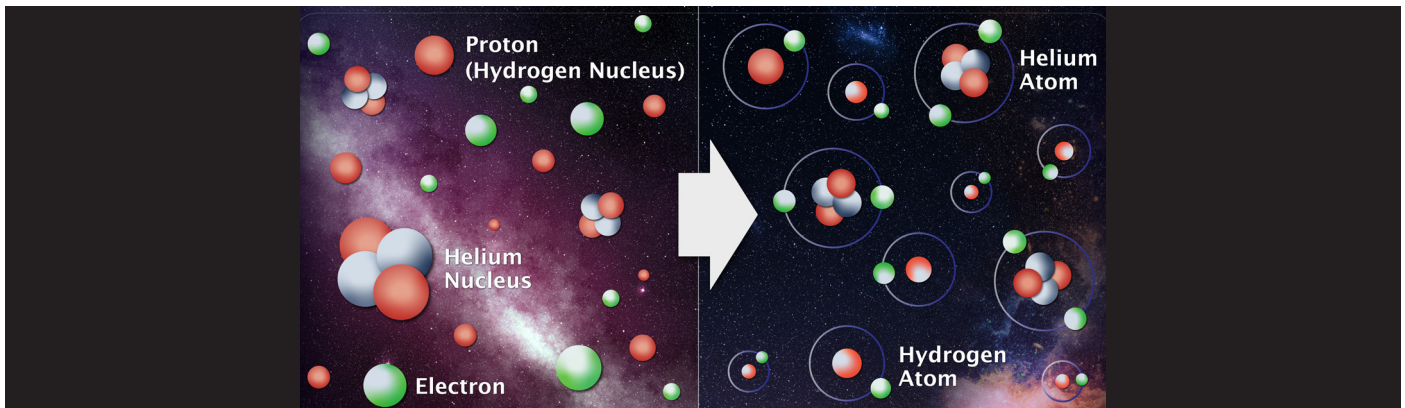
از طرفی نیز طبق گفته کیهان‌شناسان، نظریه بیگ‌بنگ توسط شواهد رصدی مختلفی پشتیبانی می‌شود. از جمله این شواهد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



شکل ۲
انتقال به سرخ کهکشان‌ها در فاصله بسیار زیاد در طی انبساط جهان نسبت به خط طیف نوری خورشید
Adapted from: Georg Wiora (Dr. Schorsch),
CC BY-SA 3.0



شکل ۳
نوسانات دمایی کوچک در تابش پس‌زمینه کیهانی
Credits: ESA and the Planck Collaboration



شکل ۴

تصویر چپ: در جهان اولیه بسیار داغ الکترون‌ها نمی‌توانستند به اتم‌ها متصل بمانند. تصویر راست: اولین عناصر یعنی هیدروژن و هلیوم بعد از حدود ۳۸۰۰۰۰ سال پس از انفجار بزرگ یعنی زمانی که جهان به اندازه کافی سرد شد و هسته‌های آن‌ها الکترون‌ها را جذب کردند، ایجاد شدند.

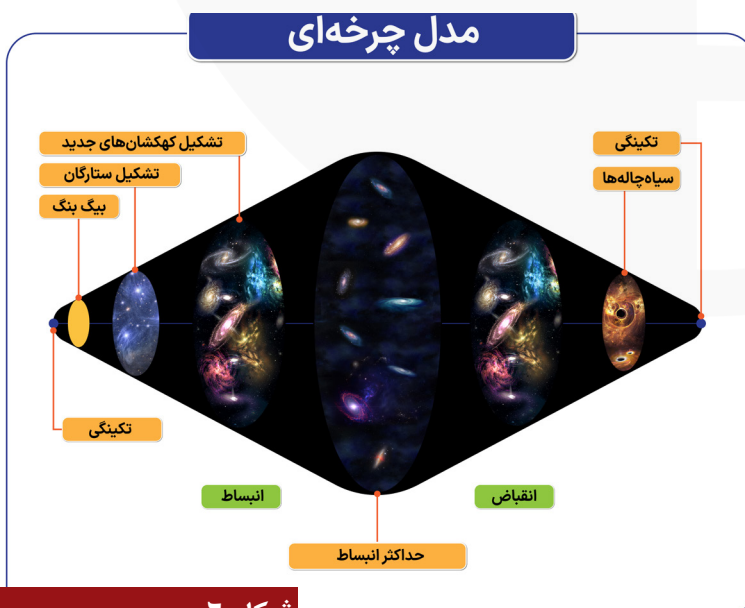
۱- فرضیه چندجهانی، که نشان می‌دهد جهان ما یکی از جهان‌های ممکن است که با قوانین فیزیکی یا ثابت‌های متفاوت ممکن است وجود داشته باشد. (شکل ۵)^[۹]

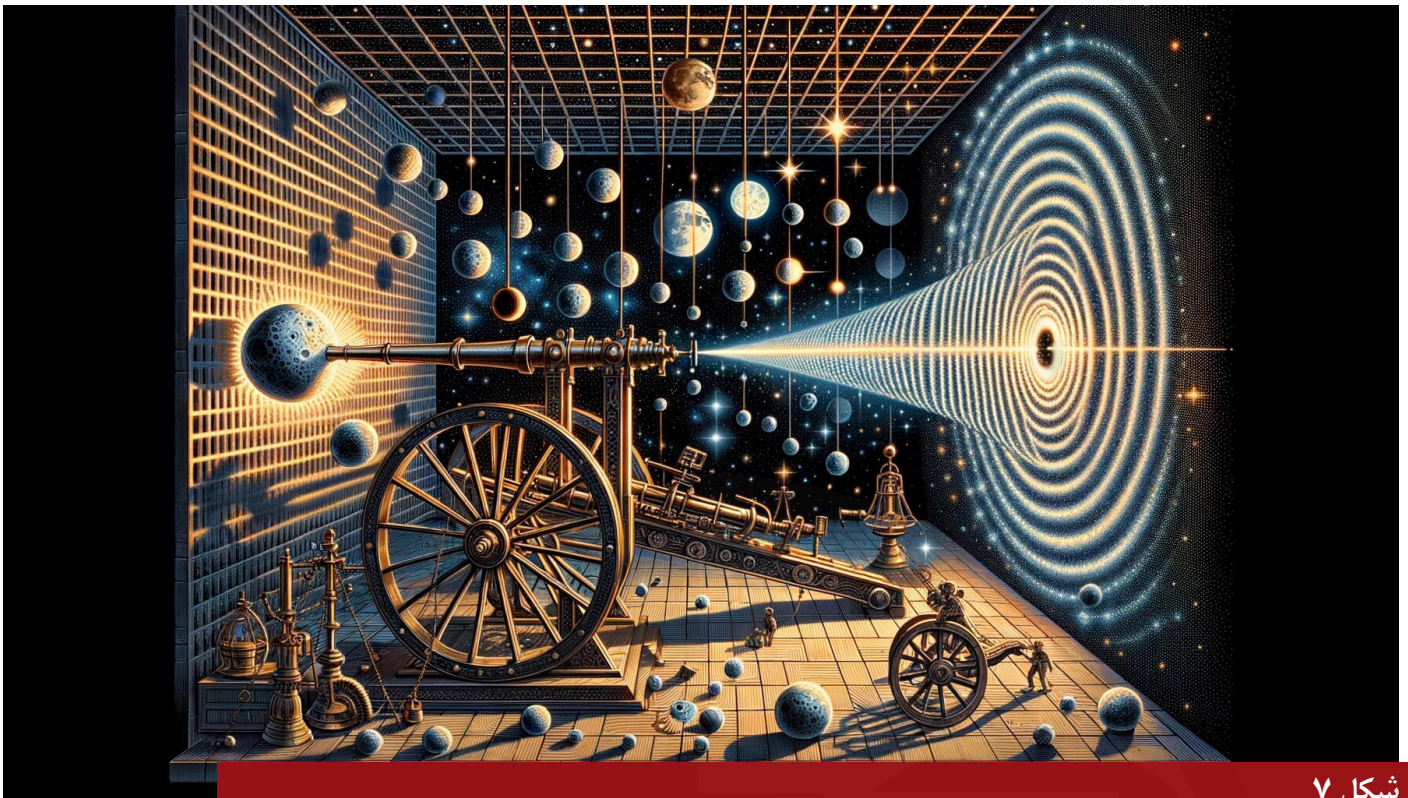
۲- مدل چرخه‌ای، که پیشنهاد می‌کند جهان ما دچار چرخه‌های مکرر انبساط و انقباض است که هر چرخه قبلی با یک انفجار بزرگ پایان می‌یابد و با یک رمبش بزرگ مقدمات چرخه جدید شروع می‌شود. (شکل ۶)^[۱۰]

۳- نظریه گرانش کوانتومی، که تلاش می‌کند مکانیک کوانتوم و نسبیت عام را در چارچوبی واحد متحد کند. این اتحاد می‌تواند رفتار ماده و انرژی را در مقیاس‌های بسیار کوچک و انرژی‌های بالا همانند تکنیکی بیگ‌بنگ توصیف کند. (شکل ۷)^[۱۱]

با این حال از دیدگاه کیهان‌شناسی رایج، نظریه بیگ‌بنگ بی‌عیب نبوده و دارای ایراداتی نیز می‌باشد. یکی از اشکالات این است که نظریه بیگ‌بنگ توضیح نمی‌دهد که چه چیزی باعث انفجار اولیه شده یا اینکه چه چیزی قبل یا در کسری از ثانیه اول اتفاق افتاده است و یا ماهیت و منشأ ماده تاریک و انرژی تاریک که بیشتر جرم و انرژی جهان را تشکیل می‌دهند چیست.^[۸] همچنین تنش‌ها یا ناهنجاری‌هایی بین مشاهدات یا پیش‌بینی‌های مختلف وجود دارد که این مدل را به چالش می‌کشد.

بنابراین، کیهان‌شناسان دائماً در حال آزمایش و اصلاح نظریه بیگ‌بنگ با داده‌ها و آزمایش‌های جدید و بررسی مدل‌های جایگزین یا توسعه یافته هستند که ممکن است برخی از این مشکلات یا سؤالات را حل کند. برخی از نظریه‌های جایگزینی که در این زمینه ارائه شده است عبارتند از:

شکل ۶
جهان چرخه‌ای یا نوسانیشکل ۵
فرضیه چندجهانی



شکل ۷

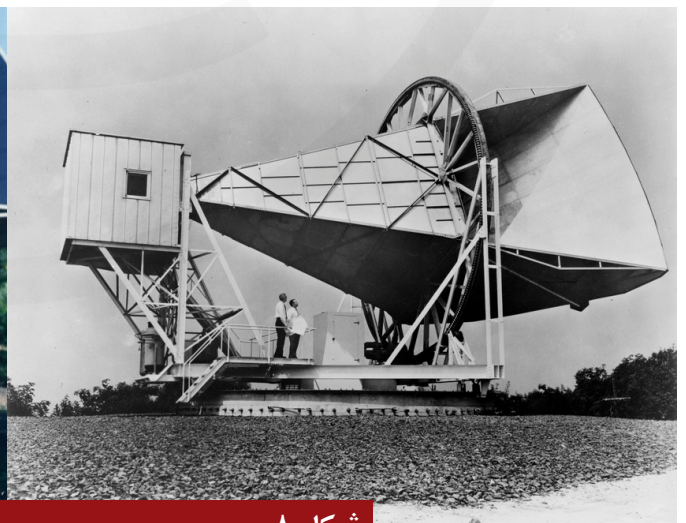
این شکل، آزمایشی را به تصویر می کشد که در آن ذرات سنگین (که به صورت اقمار نشان داده شده اند)، باعث ایجاد یک الگوی تداخلی (اثر کوانتومی) می شوند، در حالی که فضا زمان را نیز خم می کنند. آونگ های آویزان شده نیز اندازه گیری فضا زمان را به تصویر می کشند.

Reprinted with permission from University College London (UCL), Credits: Isaac Young

مهم در مورد مراحل اولیه و تکامل کیهان است که اولین بار در سال ۱۹۶۴ توسط آرنو پنزیاس (Arno Penzias) و رابرت ویلسون (Robert Wilson) شناسایی شد که برنده جایزه نوبل برای کشف خود شدند. (شکل ۸)

CMB از دیدگاه کیهان شناسی رایج

همان طور که قبلا اشاره شد، کیهان شناسی رایج بیان می کند که CMB، تابش باقی مانده از انفجار بزرگ است که کل جهان را پر می کند. در واقع از این دیدگاه، این تابش، منبع اطلاعاتی بسیار



شکل ۸

تصویر چپ: کشف تابش پس زمینه کیهانی در سال ۱۹۶۵ توسط Penzias و Wilson

Reprinted with permission from: Nokia Corporation and AT&T Archives

تصویر راست: آنتن هورن ۱۵ متری Holmdel در آزمایشگاه تلفن بل در Holmdel، نیوجرسی

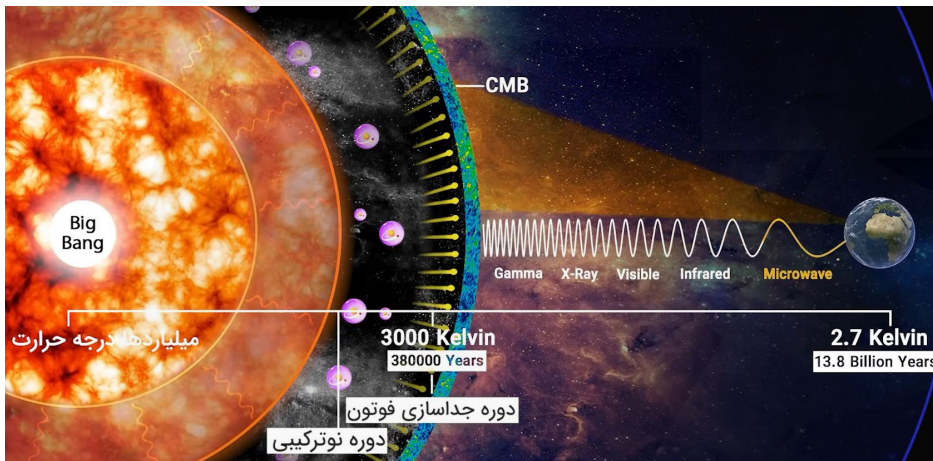
Credits: NASA, restored by Bammesk, Public domain

کیهان‌شناسان معتقدند فوتون‌های CMB در عصر نوترکیبی یعنی زمانی که از عمر کیهان تقریباً ۳۸۰ هزار سال گذشته بوده و دمایی در حدود ۳۰۰۰ کلوین داشته است، ساطع شده‌اند. این فوتون‌ها در طول سفر ۱۳/۸ میلیارد ساله خود، در ناحیه امواج میکروویو، با دمای متوسط ۲/۷ کلوین قابل شناسایی هستند. به عبارتی فوتون‌های جدا شده به دلیل انبساط فضا به طول موجشان افزوده شده که در طی این روند به طول موج نور مرئی، و بعد از آن به مادون قرمز و کم‌کم به طول موج میکروویو رسیده‌اند. (شکل ۹)

بنابراین در کل از دیدگاه کیهان‌شناسی رایج، تابش پس زمینه کیهان بقایایی از پدیده بیگ بنگ بوده و بهترین شاهد برای کیهان‌شناسان است تا نظریه بیگ بنگ را آنطور که مطرح شده بپذیرند و در جهت اثبات زوایای مختلف آن تحقیق و بررسی کنند.

کیهان‌شناسان اظهار می‌دارند که جهان نوزاد در مراحل اولیه بیگ‌بنگ یعنی قبل از تشکیل ستارگان و کهکشان‌ها و سیارات، بسیار داغ‌تر، متراکم‌تر و مملو از پلاسمایی از ذرات یا هیدروژن مات بوده است. با افزایش حجم کیهان، این پلاسما سردتر شد و تشعشعاتی که به صورت تقریباً متراکم در آن وجود داشتند به طول موج‌های بلندتری تبدیل شدند و زمانی که دما به اندازه کافی کاهش یافت، پروتون‌ها و الکترون‌ها با هم ترکیب شدند و اتم‌های هیدروژن خنثی را تشکیل دادند. به دوره‌ای که اتم‌های خنثی برای اولین بار تشکیل شدند، دوره نوترکیبی (Recombinatin epoch) گفته می‌شود.

هنگامی که دمای کیهان به ۳۰۰۰ کلوین رسید، فوتون‌ها توانستند آزادانه در فضا حرکت کنند که به این رویداد جداسازی فوتون (Photon decoupling) می‌گویند. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد،



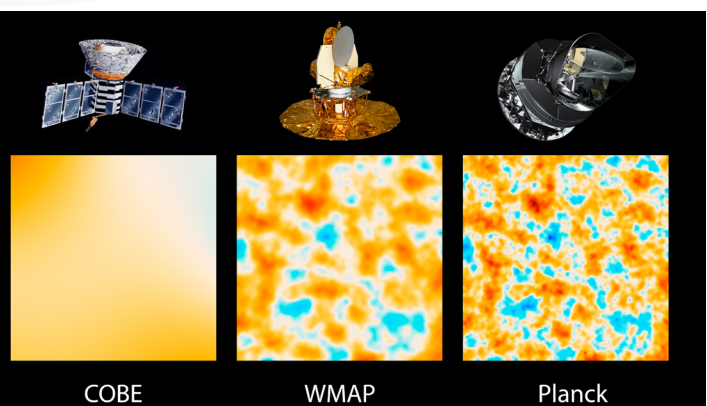
شکل ۹
از دیدگاه کیهان‌شناسی رایج تابش پس زمینه کیهانی نشانی از فعل و انفعالات جهان اولیه می‌باشد. (در این شکل، اندازه طول موج فوتون‌ها صرفاً به صورت شماتیک قرار داده شده است)

نظریه مدل استاندارد کیهان‌شناسی Standard Model of Cosmology (SMC) نیز که منشأ، ساختار و تاریخ کیهان را توصیف می‌کند، فرض می‌کند که جهان در مقیاس‌های بزرگ، همگن و همسانگرد است. به این معنی که در همه جهات و مکان‌ها یکسان به نظر می‌رسد.^[۲] این نظریه پیش‌بینی می‌کند که تابش پس زمینه میکروویو کیهانی باید طیف جسم سیاهی با دمای حدود ۲/۷ کلوین را داشته باشد. این پیش‌بینی توسط چندین ماموریت فضایی مانند

Planck و COBE، WMAP مورد تایید واقع شده است. از طرفی SMC پیش‌بینی می‌کند که این تابش باید در سراسر آسمان تغییرات کوچکی در دما داشته باشد که منعکس‌کننده نوسانات چگالی در کیهان اولیه است که بعدها به کهکشان‌ها و خوشه‌ها تبدیل شده‌اند. این نوسانات توسط آزمایش‌های CMB اندازه‌گیری می‌شوند و اطلاعات زیادی در مورد پارامترهای کیهانی، مانند سن، نرخ انبساط، انحنا و ترکیب جهان ارائه می‌دهند.^[۱۳،۱۴] (شکل ۱۰)

شکل ۱۰
تصویر گرافیکی از تکامل ماهواره‌هایی که برای اندازه‌گیری نور باقی مانده از انفجار بزرگ (مطابق آخرین مدل بیگ‌بنگ)، استفاده شده‌اند.

Credits: NASA/JPL-Caltech/ESA



COBE

WMAP

Planck

که به سوالاتی همچون علت انفجار، ماهیت‌های ماده تاریک، انرژی تاریک، ماده و انرژی معمولی، شکل کیهان، سرنوشت کیهان، علت تراکم اجرام در اعماق فضا و... پاسخ می‌دهد. در این مدل نه تنها بیان می‌شود که شکل کیهان کروی است بلکه دارای پوسته‌ای به نام پوسته کیهانی نیز می‌باشد که در این مبحث به بررسی جنس این پوسته و عملکرد آن پرداخته می‌شود.

پوسته کیهان

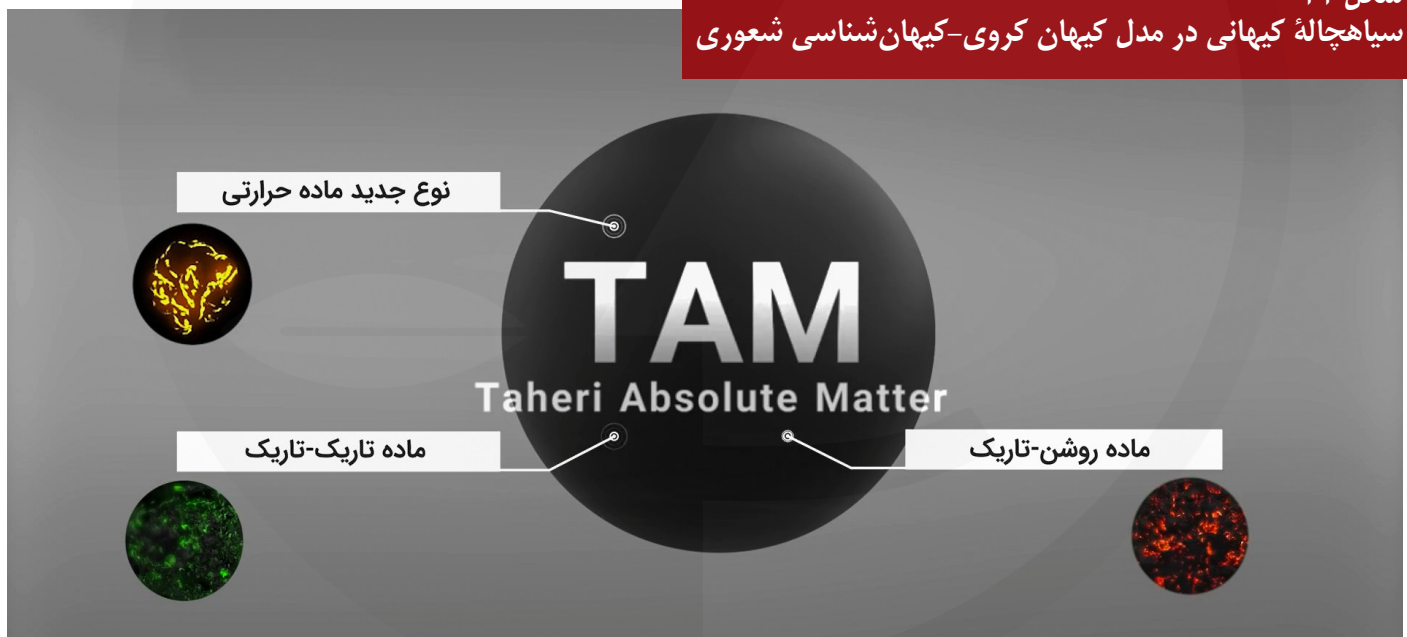
در مدل کیهان کروی جهان از یک نطفه اولیه بی‌نهایت کوچک و بسیار فشرده که همان سیاهچاله کیهانی می‌باشد متولد شده است. این سیاهچاله از ماده مطلق تشکیل شده که کیهان‌شناسی شعوری آن را با عنوان «TAM» یا Taheri Absolute Matter بیان می‌کند. همچنین اشاره شد که TAM وحدتی از ماده روشن تاریک، ماده تاریک تاریک و نوع جدیدی از ماده حرارتی ناشی از فشردگی شدید امواج الکترومغناطیسی و همه نیروهای بنیادین شناخته شده است که بعد از ادغام، دیگر دارای ماهیت قبلی خود نمی‌باشند. (شکل ۱۱)

با این حال، SMC یک نظریه کامل یا نهایی نبوده و دارای مشکلات و محدودیت‌هایی است که نیازمند بررسی و اصلاح بیشتر می‌باشد. برای مثال، یکی از مشکلات اصلی این مدل، «مسئله ثابت کیهانی» است. این موضوع به اختلاف بین مقدار مشاهده شده ثابت کیهانی، که با انرژی تاریک مرتبط است و مقدار پیش بینی شده آن بر اساس نظریه میدان کوانتومی اشاره دارد. در حال حاضر هیچ توضیح پذیرفته شده‌ای برای این اختلاف که ظاهراً بسیار زیاد است وجود ندارد. همچنین این نظریه توضیح نمی‌دهد که چه چیزی باعث انفجار بزرگ شده است و یا ماهیت ماده تاریک و انرژی تاریک چیست و چرا ماده بیشتر از پادماده در جهان وجود دارد. از نواقص دیگر SMC این است که قادر به وحدت رساندن مکانیک کوانتومی و گرانش با یکدیگر نیست. همه این موارد برخی از سوالات بی پاسخ است که انگیزه تحقیقات فعلی و آینده را در کیهان‌شناسی فراهم می‌کند.^[۱۵]

کیهان‌شناسی شعوری

به موازات نظریه فعلی بیگ‌بنگ، کیهان‌شناسی شعوری مدل کیهان کروی (Spherical Cosmos Model (SCM را معرفی می‌کند

شکل ۱۱ سیاهچاله کیهانی در مدل کیهان کروی-کیهان‌شناسی شعوری



طبق مکانیسم واگرد، سیاهچاله کیهانی بخشی از TAM تشکیل دهنده خود را صرف انفجار اولیه کرده و وارد مرحله تجزیه می‌شود. این امر منجر به افزایش حجم این سیاهچاله شده و آن را تبدیل به جهانی با ویژگی‌های امروزی می‌کند که مملو از تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی (CMB) است. به عبارتی قسمت باقیمانده TAM تبدیل به لایه‌ای می‌شود که کره کیهان را در برگرفته و آن را ایزوله می‌کند. اینکه TAM چگونه در مرکز سیاهچاله کیهانی عامل ایجاد انفجار اولیه می‌شود در فرضیه شوک بزرگ بیان خواهد شد. (شکل ۱۲)

طبق این دیدگاه کیهان برای تولد دوباره، نیاز دارد که خود را از این حالت فشرده رها کرده و شرایط لازم برای ایجاد امواج، فضا، و انواع ماده و انرژی را فراهم کند. به عبارتی افزایش حجم و یا همان انبساط کیهان مطابق مدل کیهان کروی دارای مکانیسم قابل توضیحی است که به نام واگرد کیهان معرفی می‌شود. واگرد، روندی است که طبق آن جهان به وضعیت اصلی و طبیعی خود یعنی بدون هیچگونه استرس یا انقباض فضا باز می‌گردد و همه اجرام تبدیل به امواج مطلق می‌شوند.



شکل ۱۲

به ترتیب از چپ به راست، شماتیکی از مراحل تبدیل سیاهچاله کیهانی بعد از شوک بزرگ طی روند تجزیه به پوسته کیهان

همچنین کیهان‌شناسی شعوری بیان می‌کند که اگر ما منشاء این تابش را آنطور که در آخرین مدل بیگ‌بنگ ارائه شده است بدانیم، سوالاتی در این رابطه مطرح می‌شود که می‌توان به پاسخ آنها از زاویه‌ای جدید پرداخت. از جمله این سوالات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- چطور ممکن است تابش پس زمینه کیهانی به جا مانده از مهبانگ، در همه جهت بطور یکسان در فضا پراکنده شود؟

۲- جایگاه ما در کجای کیهان است که طول موج این تابش را به طور یکنواخت آشکار سازی می‌کنیم و طبق نظریه بیگ‌بنگ چگونه هم اکنون منشاء این تابش وجود خارجی ندارد؟

۳- آیا کیهان هندسه ویژه‌ای دارد؟ و چنانچه ما درون این هندسه چهاربعدی فضا-زمان زندگی می‌کنیم بیرون این کیهان چیست؟ یا در کل بیرونی وجود دارد یا خیر؟

۴- اگر بر فرض مثال میلیاردها سال نوری از زمین فاصله بگیریم آیا اندازه‌گیری تابش پس زمینه کیهانی دوباره همسانگردی را نشان خواهد داد؟ و ...

درست است که پاسخ سوالات مطرح شده، با اضافه شدن نظریه تورم طبق مدل استاندارد کیهان‌شناسی و یا آخرین مدل بیگ‌بنگ تقریباً قابل توجیه است، اما از منظر کیهان‌شناسی شعوری رفتار کیهان متفاوت با تفاسیر و محاسبات ریاضی است که کیهان‌شناسی رایج آنها را از بررسی مشاهدات رصدی نتیجه می‌گیرد. در واقع مدل کیهان کروی بیان می‌کند که نه تنها منشاء تابش پس زمینه کیهانی حاصل تجزیه پوسته کیهان است، بلکه این تابش مربوط به گذشته کیهان نیز نبوده و هم‌اکنون از سمت پوسته کیهان مدام در حال ایجاد است. بنابراین ما در رصد اعماق کیهان آناری که حاصل تجزیه این پوسته است را مشاهده می‌کنیم، نه آثار بیگ‌بنگ.

منشاء CMB از دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری

در حالی که نظریه بیگ‌بنگ CMB را آثار باقی مانده از جهان اولیه معرفی می‌کند، کیهان‌شناسی شعوری منشاء این تابش را با نگاهی متفاوت مورد بررسی قرار می‌دهد و در مدل کیهان کروی جایگاه ویژه‌ای برای آن در نظر می‌گیرد. همان طور که بیان شد این تابش در ذهن بشر سوالاتی را ایجاد کرده بود که دانشمندان و نظریه‌پردازان را وادار می‌داشت که با روش‌های مختلف پاسخی برای آنها پیدا کنند. سوالاتی از قبیل اینکه منشاء این امواج کجاست؟ و چگونه ممکن است این تابش، در تمام جهات کیهان بطور همگن و همسانگرد وجود داشته باشد؟

برای پاسخ به علت همگنی و همسانگردی تابش پس‌زمینه کیهانی، نظریه غالبی به نام تورم، علی‌رغم برخی مخالفت‌ها، مدلی برای آن ارائه داد. بدین صورت که جهان در دوره کوتاهی با ضریب حداقل 10^{26} برابر، در کمتر از یک تریلیونم ثانیه حجم شد و همین امر عامل همسانگردی در کیهان امروزی شد.^[۱] اما کیهان‌شناسی شعوری با بیان فرضیه پوسته کیهان علت یکسانی تابش را در مدل خود شرح داده و حتی بیان می‌کند که با گذشت زمان و افزایش حجم کیهان، همسانگردی ماده و انرژی از بین رفته و CMB سرنوشت خاصی پیدا خواهد کرد.

به عبارتی این دیدگاه نظریه تورم را پاسخی مناسب برای همسانگردی تابش و یا دیگر سوالات مطرح شده نمی‌داند. این دیدگاه بیان می‌کند که مشاهده یکنواختی فعلی CMB، به علت جایگاه ویژه کهکشانی راه شیری و بالطبع زمین، در کیهان کروی است که اندازه‌گیری از این ناحیه به خصوص صورت می‌گیرد و با افزایش حجم جهان، همسانگردی ماده و تابش نیز در کیهان از بین خواهد رفت. در این راستا شواهد رصدی مختلفی در کیهان‌شناسی رایج همچون ۱- پیش‌ظریف یا همان نور پلاریزه شده CMB به صورت (B-Mode) ^[۲] ۲- ناهمسانگردی توان چهارقطبی در CMB ^[۳]، همسانگردی کیهان را به چالش کشیده‌اند که این موضوع در فرضیه‌های مرکز کیهان و چرخش کیهان که توسط کیهان‌شناسی شعوری ارائه شده، مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

کنیم، چیزی که می‌توانیم بینیم شعله حاصل از احتراق سوخت جامد است و بدنه موشک را نمی‌توانیم مشاهده کنیم. مساحت سطح مقطع سوخت موشک، میزان سرعت پیش‌روندگی آن را تعیین می‌کند. به این صورت که هر چه سطح مقطع بیشتر باشد، میزان احتراق بیشتر شده و به نسبت، سرعت پیش‌روندگی موشک نیز افزایش می‌یابد. گذشته از سطح مقطع سوخت جامد، طول سوخت جامد نیز مدت زمان پیش‌روندگی موشک را تعیین می‌کند. به این ترتیب هر چقدر طول سوخت جامد بیشتر باشد موشک مدت زمان بیشتری را به جلو حرکت خواهد کرد.^[۱۳] (شکل ۱۳)

کیهان‌شناسی شعوری برای توضیح این مکانیسم که چگونه CMB مدام در حال تولید است، از مثال اشتعال سوخت جامد موشکی که پرتاب شده است، استفاده می‌کند.

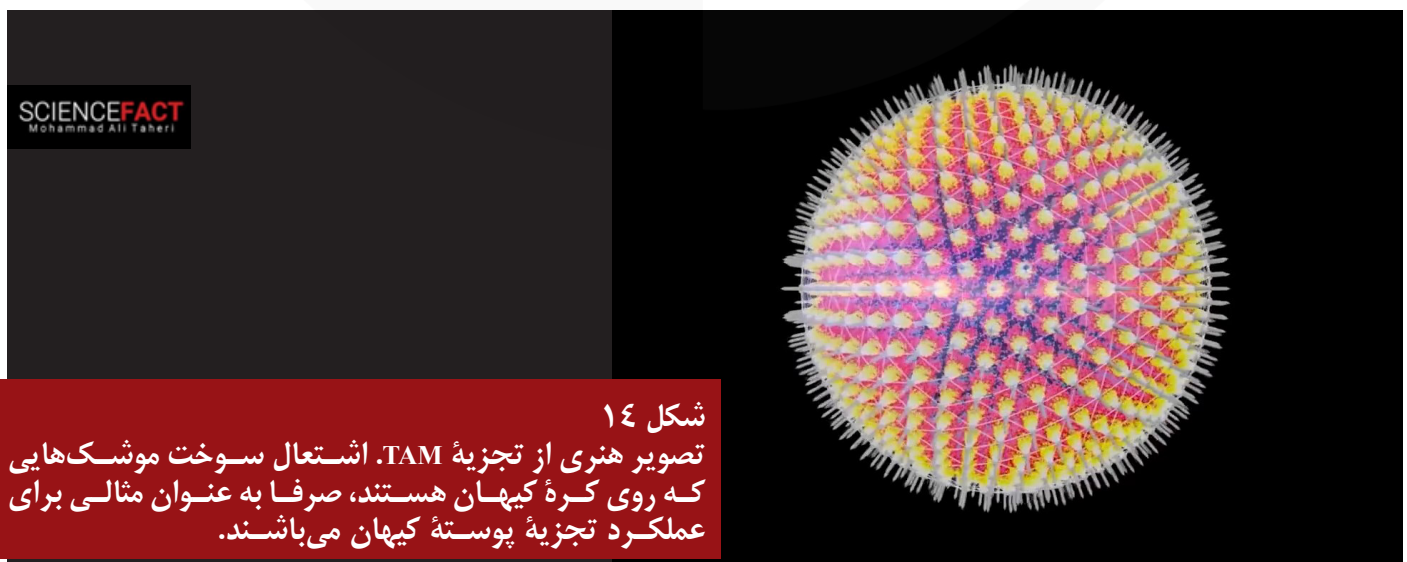
یکی از مکانیزم‌هایی که برای رانش موشک طراحی شده، سوخت جامد است که با سوزاندن آن انرژی لازم برای حرکت آن تامین می‌شود. سوخت جامد در محفظه‌ای قرار می‌گیرد که احتراق آن، نیروی لازم برای حرکت موشک را فراهم می‌کند. به عبارتی بعد از پرتاب این نوع موشک، اگر به سطح مقطع انتهایی آن از پایین نگاه

شکل ۱۳
ساختار موشک با سوخت جامد



پوسته کیهان، همانند احتراق سوخت جامد موشک است و ما صرفاً آخرین بخش حاصل از تجزیه TAM یعنی درست جایی که در ۳۰۰۰ کلوین، جداسازی فوتون صورت می‌گیرد را مشاهده می‌کنیم. (شکل ۱۴)

با بیان این مثال، کیهان‌شناسی شعوری اظهار می‌دارد که تجزیه TAM در پوسته کیهان همانند عملکرد سوخت جامد موشک است. به عبارتی این عمل نه تنها منجر به حرکت پوسته کیهان می‌شود بلکه یکی از فاکتورهایی است که همزمان افزایش حجم کیهان را نیز رقم می‌زند. به طوریکه مکانیزم حرکت و احتراق



شکل ۱۴
تصویر هنری از تجزیه TAM. اشتعال سوخت موشک‌هایی که روی کره کیهان هستند، صرفاً به عنوان مثالی برای عملکرد تجزیه پوسته کیهان می‌باشند.

کمتری از حالت مایع گونه دارد، آنقدر عظیم می‌باشد که نه تنها نیروی لازم برای ادامهٔ باز شدن توری‌های فضا را فراهم می‌کند، بلکه یکی از عوامل افزایش حجم کیهان از ابتدای واگرد تا حد ماکزیمم آن نیز خواهد بود. چون انرژی تاریک با ایجاد فشار مثبت در درون کیهانی که با پوسته ایزوله شده است، عامل افزایش حجم این کره با شتاب افزایش می‌شود. بعد از تولید انرژی تاریک، تراکم آن کامل از بین رفته و به توری‌های فضا تبدیل می‌شوند. بنابراین مادهٔ تاریک و انرژی تاریک همان تراکم فضا با درجات متفاوت می‌باشند.

به موازات تجزیهٔ مادهٔ تاریک، تجزیهٔ مادهٔ روشن تاریک نیز نقش ماده سازی که امروزه آن را به عنوان مادهٔ معمولی می‌شناسیم برعهده دارد. ماده روشن تاریک از دل TAM، ابتدا به امواج فوق متراکمی که در سپاهچاله‌های درون کیهانی می‌توان یافت تبدیل می‌شود، سپس به امواج متراکم، و بعد از آن به صورت امواج غیر متراکم در آمده که تشکیل دهندهٔ انرژی شناخته شدهٔ امروزی هستند.

در ادامه، از برخورد این امواج بی‌نهایت کوچک غیرمتراکم، امواج متراکم یا همان ذرات بنیادین به وجود می‌آیند که در نهایت این ذرات تبدیل به هسته‌های اتم‌های اولیه و ایجاد اتم‌های هیدروژن و غیره می‌شوند. (شکل ۱۵)

بنابراین تابش پس زمینه کیهانی، محصول احتراق داخلی‌ترین سطح پوستهٔ کیهان در اثر عمل تجزیه است. پوستهٔ کیهان همانند موشک در حال اشتعال، در همهٔ جهات پیش می‌رود (درست مانند باد شدن یک بادکنک کاملاً کروی) و ضمن حرکت رو به جلو، در حال تولید ماده و آزاد سازی آن به درون کیهان نیز می‌باشد. در واقع این پوسته دارای ضخامتی است که در داخلی‌ترین سطح آن مراحل تجزیهٔ TAM در حال رخ دادن است.

مراحل تولید انواع ماده و انرژی در جهان، مطابق مدل کیهان کروی

در مراحل اولیهٔ تجزیهٔ TAM، آزاد سازی ماده تاریک تاریک یا همان توری‌های فضای بسیار متراکم اتفاق می‌افتد. مادهٔ تاریک تاریک جدا شده از TAM در مسیر واگرد فضا یا همان روند افزایش حجم کیهان، با رهایی از حالت فوق فشرده تبدیل به مادهٔ جامد گونهٔ تاریک می‌شود که توام با دمای میلیاردها کلوین است. در این روند ماده تاریک جامدگونه نیز کمی حالت فوق متراکمی خود را از دست می‌دهد و به ماده تاریک مایع گونه تبدیل می‌شود. شایان ذکر است که مادهٔ تاریک مایع گونه همان مادهٔ تاریک شناخته شده در کیهان‌شناسی رایج می‌باشد. در ادامه، این نوع ماده با ازدست دادن بیشتر تراکم خود و باز شدن از حالت مچالگی، به انرژی تاریک یا همان مادهٔ تاریک گازگونه تبدیل می‌شوند. میزان تولید انرژی تاریک که به شکل گاز مانند بوده و تراکم بسیار



شکل ۱۵
آزاد سازی انواع ماده و انرژی و توری‌های فضا که حاصل تجزیهٔ پوستهٔ کیهان (TAM) است.

همان طور که بیان شد در فاصلهٔ معینی از پوسته بعد از برخورد امواج غیرمتراکم با یکدیگر، ذرات بنیادین تشکیل شده و پس از آن هستهٔ اتم‌هایی همانند هیدروژن، هلیوم، لیتیم و چند نوع هسته دیگر و همچنین الکترون‌های آزاد، ایجاد می‌شوند. این روند باعث می‌شود که در این ناحیه ذرات کاملاً یونیزه شده و پلاسمای داغی را ایجاد کنند. پلاسمای داغ اجازهٔ ساطع شدن هیچ تابشی از طیف الکترومغناطیسی را نمی‌دهد و دما نیز در ناحیهٔ تجزیهٔ پوسته برای تشکیل اتم‌های خنثی بسیار بالا می‌باشد.

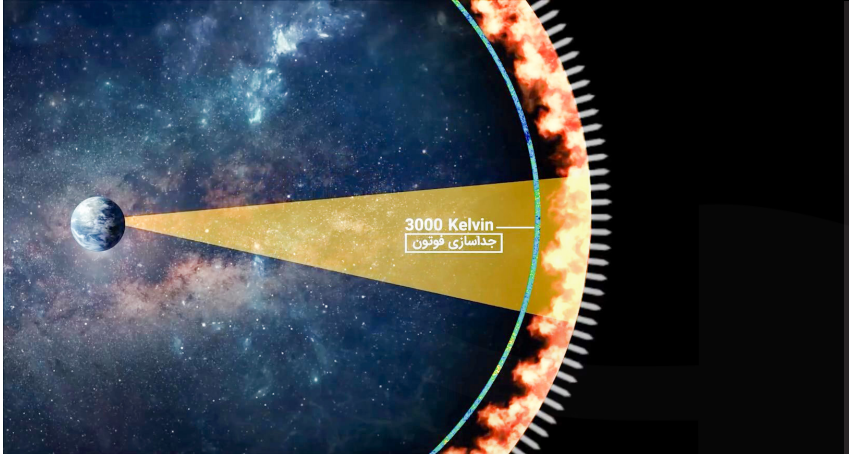
در ادامهٔ تجزیهٔ TAM و یا به عبارتی ماده سازی پوسته که باعث افزایش حجم کیهان می‌شود، با فضا سازی بیشتر فرصت کافی

یکی از نکات مهمی که کیهان‌شناسی شعوری در بیان فرضیات خود به آن اشاره می‌کند این است که نه تنها ماده و انرژی دارای پاد خود هستند که در علم رایج نیز به آن اشاره می‌شود بلکه فضا نیز دارای ضد خود یعنی پاد فضاست که نتیجهٔ این امر منتج به ایجاد پادمادهٔ تاریک و یا پاد انرژی تاریک است.

از طرفی نیروی عظیم انرژی تاریک که از درون کیهان اعمال می‌شود به همراه نیروی حاصل از تجزیه ماده روشن تاریک که منجر به اشتعال TAM می‌شود، باعث می‌شوند که پوستهٔ کیهان به پیش رانده شده و ضخامت آن با توجه به افزایش سطح کروی کیهان کاهش یابد.

آزادانه حرکت کنند. این ناحیه همان منشاء تابش پس زمینه کیهانی است که به صورت ۳۶۰ درجه کره کیهان را از درون احاطه کرده و ما آن را در طول موج مایکروویو که کل کیهان را پر کرده است، مشاهده می‌کنیم. (شکل ۱۶)

برای سرد شدن فراهم می‌شود. اینجاست که هیدروژن و هلیوم شروع به گرفتن الکترونهای آزاد می‌کنند. به عبارتی در این ناحیه از فضای کیهان که همان فاصله معینی از پوسته بوده و دارای دمای ۳۰۰۰ کلوین است، ذرات قابل رویت شده و فوتون‌ها می‌توانند



شکل ۱۶
 تشکیل تابش پس زمینه کیهانی در نزدیکی پوسته کیهان که تا واگرد نهایی کیهان ادامه خواهد داشت.

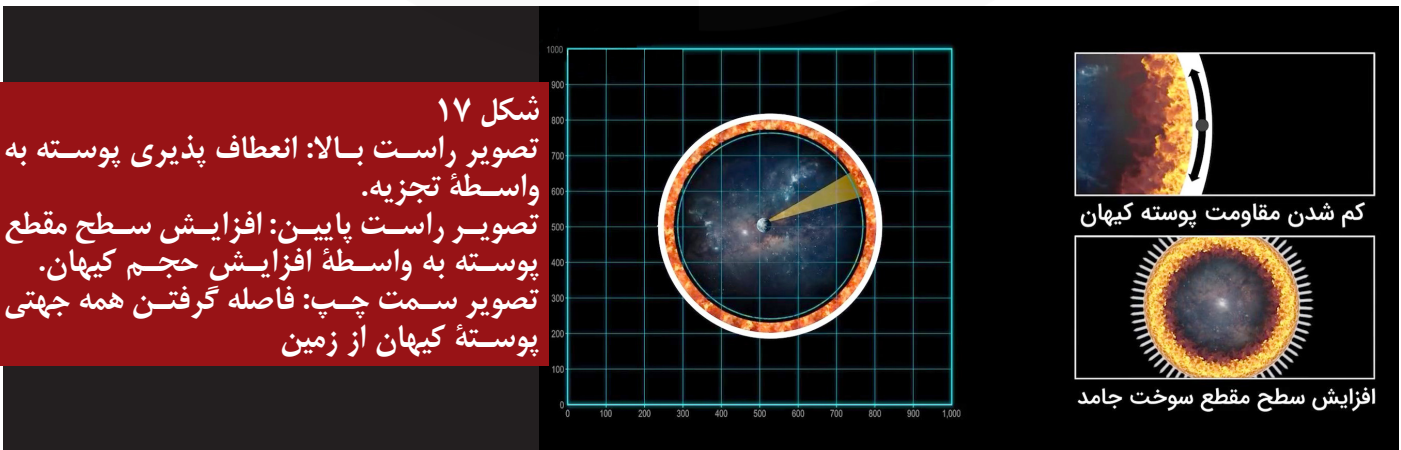
است، فقط همان ضخامت پوسته می‌باشد. به عبارتی کم شدن مقدار ماده TAM در پوسته کیهان، باعث نازکتر شدن و در نتیجه کاهش مقاومت آن در برابر پیشروی می‌شود. این موضوع یکی از دلایل افزایش سرعت واگرد و افزایش حجم کیهان است. در ضمن با بزرگتر شدن شعاع کره کیهان هر لحظه به مساحت پوسته نیز اضافه می‌شود. در واقع مساحت پوسته، تعیین کننده سطح احتراق TAM می‌باشد و با افزایش این سطح به دلیل افزایش احتراق، سرعت پیشروی پوسته کیهان نیز به طور مداوم افزایش می‌یابد. (شکل ۱۷)

با بیان این مکانیسم می‌توان نتیجه گرفت که از یک طرف افزایش سطح مقطع سوخت جامد پوسته کیهان و از طرف دیگر کم شدن مقاومت آن، مطابق با خاصیت انعطاف پذیری، باعث افزایش سرعت دور شدن این پوسته در همه جهات از یک مرکز فرضی که ما به عنوان ناظر در آن محدوده هستیم، می‌شود.

علت شتاب افزایش در روند افزایش حجم کیهان

یکی از سوالاتی که ذهن کیهان‌شناسان را به خود معطوف کرده است، شتابی است که کیهان در روند انبساط خود دارد و ثابت هابل نیز نشان دهنده این امر است. برای توضیح این شتاب، کیهان‌شناسی شعوری مطابق مدل کیهان کروی اینگونه پاسخ می‌دهد:

در مثال موشک به این نکته اشاره شد که سرعت موشک مورد نظر ما به مساحت سطح مقطع سوخت جامد آن بستگی دارد. همچنین اگر بر فرض محال پوسته کیهان را از بیرون مشاهده کنیم، متوجه می‌شویم که فضا و زمان خارج از کره کیهان وجود ندارد. بنابراین محدودیتی هم برای سرعت گرفتن پوسته کیهان در جهت افزایش حجم وجود نخواهد داشت و تنها عامل کنترل کننده سرعت پیشروی که مدام با تجزیه TAM رو به افزایش



شکل ۱۷
 تصویر راست بالا: انعطاف پذیری پوسته به واسطه تجزیه.
 تصویر راست پایین: افزایش سطح مقطع پوسته به واسطه افزایش حجم کیهان.
 تصویر سمت چپ: فاصله گرفتن همه جهتی پوسته کیهان از زمین

اما چرا دما از میلیاردها کلوین از ابتدای واگرد، به ۲,۷ کلوین رسیده است و یا به عبارتی چگونه این میزان از حرارت، بدون اینکه هیچگونه تبادل دمایی بین کیهان و خارج از پوسته آن وجود داشته باشد به دمایی که هم اکنون ما از CMB می‌شناسیم، رسیده است،^[۱۹] پاسخی است که کیهان‌شناسی شعوری آن را چنین بیان می‌کند: محفظه ای بسته و ایزوله را در نظر بگیرید که با محیط بیرون خود هیچ تبادل انرژی و یا دمایی ندارد و درون آن با گازی پر می‌باشد. حال اگر با کوچکتر کردن محفظه، گاز را فشرده کنیم در واقع روی این گاز، کار انجام داده‌ایم. چون محفظه با محیط بیرون خود تبادلی ندارد و انرژی حاصل از انجام این کار به صورت حرارت در گاز فشرده شده، ذخیره می‌شود و دمای گاز درون محفظه بدون آنکه از بیرون به آن انرژی اعمال شود، بالا می‌رود. این روند به نحوی شبیه فرآیند آدیاباتیک می‌باشد. حال اگر با برداشتن عامل فشار که همان حجیم کردن محفظه است گاز را آزاد کنیم، گاز فشرده در محفظه ایزوله، دمای خود را از دست خواهد داد و سرد خواهد شد. فرآیند آدیاباتیک فرآیندی است که گرما در طول مدت زمان انجام واکنش، بین سیستم و محیط مبادله نمی‌شود. در این فرآیند هیچ‌یک از پارامترها ثابت نیستند و همگی تغییر می‌کنند.^[۲۰،۲۱] (شکل ۱۸)

با توجه به توضیحات داده شده می‌توان نتیجه گرفت که مهمترین اختلاف کیهان‌شناسی رایج و کیهان‌شناسی شعوری در برداشتی است که از مشاهدات وجود دارد. به عبارتی کیهان‌شناسی شعوری بیان می‌کند تابشی که در طول موج میکروویو در سراسر کیهان مشاهده می‌شود، هم اکنون در فاصله‌ای معین از پوسته کیهان در حال ایجاد است. اما به علت متغیر بودن سرعت امواج الکترومغناطیسی با توجه به تراکم فضا که در مقوله ویسکوزیته فضا مورد بررسی قرار خواهد گرفت، این امواج میلیارد سال در راه هستند که به ما برسند تا اطلاعات آن نواحی از کیهان را منتقل کنند. در نتیجه ما به عنوان ناظر همواره با گذشته وقایعی مواجه می‌شویم که هم اکنون در حال اتفاق هستند. این وقایع، آینده کیهان رو به جلو یعنی مراحل واگرد فضا، تجزیه پوسته کیهان و... می‌باشند که به خاطر وسعت عظیم جهان، آنها را با تاخیر مشاهده می‌کنیم. به عبارتی اعماق کیهان نشان‌دهنده وقایع آینده‌ای است که با تاخیر به ما می‌رسد.

همچنین این دیدگاه بیان می‌کند که در آغاز، قبل از تولد کیهان، سیاهچاله کیهانی یا همان نقطه اولیه جهان، میلیاردها کلوین حرارت را در درون خود حفظ کرده بود. به این خاطر که امکان تبادل حرارت درون پوسته با خارج از آن به علت عدم وجود فضای بیرون کیهان وجود نداشته است. بنابراین، پوسته کیهان همواره یک محیط ایزوله را برای کیهان فراهم می‌کند.



شکل ۱۸
افزایش فشار به واسطه کاهش حجم محفظه ایزوله، عامل افزایش دمای گاز در درون آن است و برعکس، کاهش فشار به واسطه افزایش حجم محفظه ایزوله، عامل کاهش دمای گاز درون آن می‌شود.

به عبارتی سیاهچاله کیهانی همان نقطه بی‌نهایت کوچک متشکل از TAM است که بیرون از آن، فضا و زمان مفهومی ندارد. (شکل ۱۹)

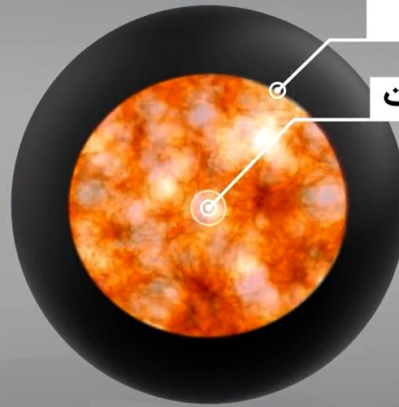
این سیاهچاله، در مکانیسمی به نام **شوک بزرگ** که از فرضیات کیهان‌شناسی شعوری است، با عمل تجزیه TAM از درونی‌ترین لایه خود یعنی بسیار نزدیک به مرکز سیاهچاله کیهانی، به تدریج تبدیل به کیهانی با این عظمت شده و همچنان در حال افزایش حجم نیز می‌باشد تا در آخر به حد نهایت واگرد خود برسد.

با بیان این مثال می‌توان گفت که سیاهچاله کیهانی نیز شبیه به محفظه کاملاً ایزوله عمل می‌کند؛ یعنی پوسته کیهان در طی واگرد و یا بازگشت کیهان، اجازه عبور هیچ دما و یا ماده و انرژی را به بیرون نمی‌دهد. ضمن اینکه بیرون از این محفظه هم چیزی برای مبادله نمی‌تواند وجود داشته باشد.

در روند بازگشت کیهان نیز فشردگی تا جایی ادامه می‌یابد که همه اجزای داخل کیهان به طور کامل، ماهیت خود را از دست می‌دهند و به عنوان یک ماده جدید واحد به نام TAM که به صورت بالقوه میلیاردها کلوین را در خود حفظ کرده است تبدیل می‌شوند.

محیط ایزوله کیهان

میلیاردها درجه حرارت



شکل ۱۹

به واسطه وجود پوسته، کیهان در مراحل آغازین دارای دمای بسیار بالایی بوده و با افزایش حجم با کاهش دما روبرو می‌شود.

دمای رو به کاهش در مدل کیهان کروی

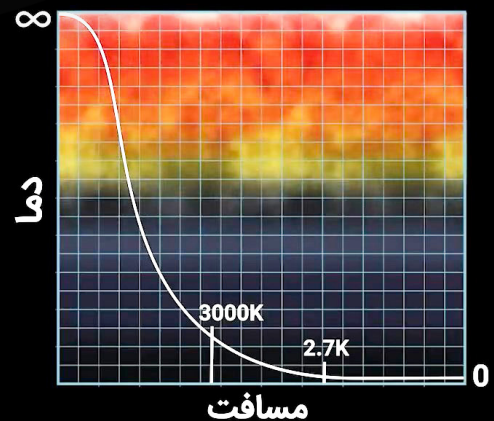
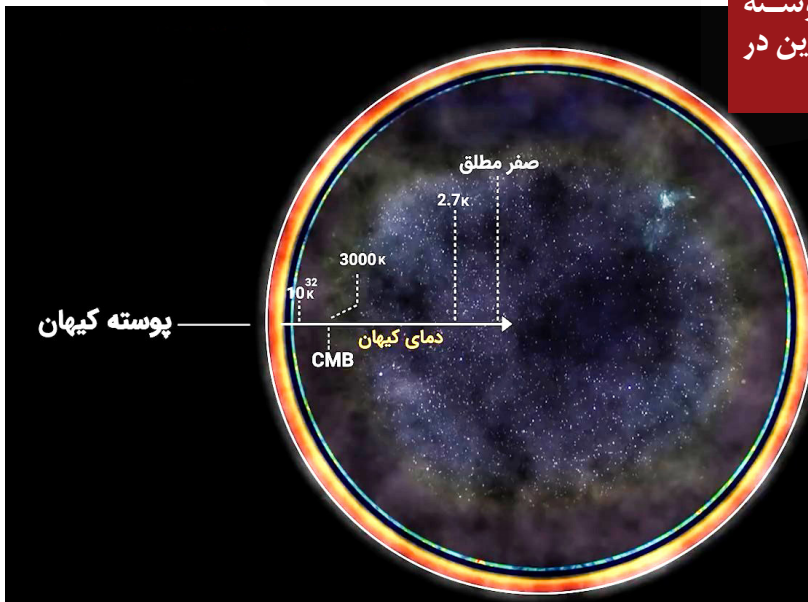
همانطور که گفته شد پوسته کیهان از داخلی‌ترین سطح خود در حال تجزیه است و دمای آن از میلیونها کلوین تا ۳۰۰۰ کلوین که جداسازی فوتون را سبب می‌شود کاهش می‌یابد. در این صورت انتظار ما این است که دمای کیهان رو به افزایش باشد. اما افزایش سطح مساحت سوخت پوسته در مقابل افزایش حجم جهان بسیار ناچیز است که همین امر به مرور باعث می‌شود که نه تنها ما در فضا، با دمای ۲,۷ کلوین مواجه شویم بلکه در نهایت واگرد نیز کیهان به دمای صفر مطلق خواهد رسید. به عبارتی دمای کیهان، پس از عبور از مرحله نوترکیبی که نزدیک به ۳۰۰۰ کلوین است، مسیر کاهش را در فضای داخلی طی کرده و به ۲,۷۲۶ کلوین در مرکز کیهان می‌رسد. این شیب کاهش دما مطابق مدل کیهان کروی، تا جایی که در کل جهان دما به صفر مطلق برسد، ادامه خواهد داشت. (شکل ۲۰)

بنابراین نتیجه می‌گیریم که دمای ۲,۷ کلوین نمی‌تواند عدد ثابتی برای دمای کل کیهان باشد و مابین ما یعنی کهکشان راه شیری تا پوسته کیهان این دما همگن نبوده و متغیر است. به بیان ساده‌تر، فرآیند سرد شدن کیهان از دمای ۳۰۰۰ کلوین به ۲,۷ کلوین، نتیجه پیشروی پوسته کیهان و آزادسازی فضای بسیار زیادی است که بطور مداوم صورت می‌گیرد.

در نتیجه طبق دیدگاه کیهان‌شناسی شعوری شواهدی همچون، ۱- انتقال به سرخ کهکشان‌های دور، ۲- تابش پس‌زمینه مایکروویو کیهانی، که دمای تقریباً یکنواختی را در سراسر آسمان نشان می‌دهد و در نهایت ۳- فراوانی عناصر سبک که با مقدار محاسبه شده سنتز هسته‌ای که در کیهان اولیه رخ داده است تطبیق دارد، همگی از تجزیه TAM یا همان پوسته کیهان و ماده سازی آن نشأت می‌گیرند که مطابق مدل کیهان کروی قابل بررسی مجدد توسط کیهان‌شناسان می‌باشد.

شکل ۲۰

نمودار کاهش دما از میلیونها کلوین در نزدیکی پوسته تا ۲,۷ کلوین در فضای درون کیهان و صفر کلوین در مرکز و لبه نهایی کیهان (واگرد نهایی فضا)



منابع

- [1] Guth, A. H. (2004). Inflation. In Freedman, W. L. (Eds.), *Measuring and Modeling the Universe* (pp. 31-51). Cambridge: Cambridge University Press.
- [2] Brian Albert, R. (2019). Introductory Chapter: Standard Model of Cosmology. In R. Brian Albert (Ed.), *Redefining Standard Model Cosmology* (pp. Ch. 1). Rijeka: IntechOpen.
- [3] Oerter, R. (2005). *The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics*. New York: Pi Press.
- [4] Coc, A., & Vangioni, E. (2017). Primordial nucleosynthesis. *International Journal of Modern Physics E*, 26(08), 1741002.
- [5] Olive, K.A., Peacock, J.A. (2018). *Review of Particle Physics: 21- Big-Bang Cosmology*. Retrieved from <https://pdg.lbl.gov/2018/reviews/rpp2018-rev-bbang-cosmology.pdf>
- [6] Jõeveer, M., & Einasto, J. (1978). Has the Universe the Cell Structure? In M. S. Longair & J. Einasto (Eds.), *The Large Scale Structure of the Universe* (pp. 241-251). Dordrecht: Springer Netherlands.
- [7] Schools' Observatory. (n.d.). *Evidence for the Big Bang*. https://www.schoolsobservatory.org/learn/astro/cosmos/bigbang/bb_evid
- [8] Siegel, E. (2021, May 6). *Why Isn't Anyone Seriously Challenging The Big Bang?* *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2021/05/06/why-isnt-anyone-seriously-challenging-the-bigbang/>
- [9] Carr, B. (Ed.). (2007). *Universe or Multiverse?* Cambridge: Cambridge University Press.
- [10] Steinhardt, P. J., & Turok, N. (2002). A Cyclic Model of the Universe. *Science*, 296(5572), 1436-1439.
- [11] Bojowald, B. (2012). Loop quantum gravity and cosmology. In Murugan, J., Weltman, A. & George F. R. Ellis (Eds.), *Foundations of Space and Time: Reflections on Quantum Gravity* (pp. 211-256). Cambridge: Cambridge University Press.
- [12] Penzias, A.A., & Wilson, R.W. (1965). A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s. *The Astrophysical Journal*, 142, 419-421.
- [13] Chen, S. (2018). *Hubble Trouble: A Crisis in Cosmology?* APS Advancing Physics, 27(5). <https://www.aps.org/publications/apsnews/201805/hubble.cfm>
- [14] European Space Agency. (n.d.). *Planck and the cosmic microwave background*. ESA. Retrieved from https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Planck/Planck_and_the_cosmic_microwave_background
- [15] Lopez-Corredoira, M. (2023). History and Problems of the Standard Model in Cosmology. *EdgeScience*, 53, 6-11.

- [16] Ade, P. A. R., et al. (BICEP2 Collaboration). (2014). Detection of B-Mode Polarization at Degree Angular Scales by BICEP2. *Physical Review Letters*, 112(24).
- [17] Chang, Z., Li, X., & Wang, S. (2013). Quadrupole–octopole alignment of CMB related to primordial power spectrum with dipolar modulation in anisotropic spacetime. *arXiv*, *arXiv:1307.4542*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1307.4542>
- [18] Gruntman, M. (2004). *Blazing the Trail: The Early History of Spacecraft and Rocketry*. Reston, VA: AIAA.
- [19] Fixsen, D. J. (2009). The Temperature of the Cosmic Microwave Background. *The Astrophysical Journal*, 707, 916–920.
- [20] Bailyn, M. (1994). *A Survey of Thermodynamics*. New York: American Institute of Physics Press.
- [21] Carathéodory, C. (1909). Untersuchungen über die Grundlagen der Thermodynamik. *Mathematische Annalen*, 67(3), 355–386.