عالم قابل مشاهده

ترجمهٔ هما قائدشرف
پژوهشکدهٔ معلم شیراز

کلیدواژه‌ها: عالم، عالم قابل مشاهده، قانون هابل

عالم قابل مشاهده از کهکشان‌ها و مادهٔ دیگری تشکیل شده است که می‌توان اصولاً آن را اکنون از زمین دید زیرا نور و دیگر سیگنال‌های ناشی از این اجسام زمان کافی برای رسیدن به زمین را از آغاز **انبساط کیهان‌شناختی** داشته‌اند. با فرض اینکه **عالم همسانگرد باشد،** فاصله تا لبه عالم قابل مشاهده تقریباً در تمام جهت‌ها یکسان است. یعنی عالم قابل مشاهده، بدون توجه به شکل کلی آن، حجمی کروی (یک‌گوی) به مرکز ناظر است. هر محل در عالم یک عالم قابل مشاهدهٔ مربوط به خود را دارد که ممکن است با عالم قابل مشاهدهٔ به مرکز زمین همپوشی داشته باشد یا نداشته باشد. واژهٔ *قابل مشاهده* که به این منظور به‌کار رفته است به اینکه آیا **فناوری** جدید در واقع امکان آشکارسازی **تابش** ناشی از یک جسم در این منطقه را فراهم می‌سازد (یا اینکه اصلاً تابشی وجود دارد که آشکار شود) بستگی ندارد. بلکه صرفاً نشان می‌دهد که نور و سایر سیگنال‌های جسم *اصولاً* امکان رسیدن به زمین را دارند. در عمل، فقط می‌توانیم نور را از زمانی مشاهده کنیم که فوتون‌ها در **عصر بازترکیب** واجفتیده شده‌اند. این زمانی است که ذرات قادر به گسیل **فوتون‌هایی** بودند که ذرات دیگر به سرعت آن‌ها را جذب نمی‌کردند. پیش از آن، عالم پر از **پلاسمای** مات برای فوتون‌ها بود.

سطح آخرین پراکندگی مجموعه نقاط فضا درست در فاصله‌ای است که فوتون‌های زمان واجفتیدگی فوتون آن درست امروز به ما می‌رسند. این‌ها فوتون‌هایی هستند که ما اکنون به‌صورت **تابش زمینهٔ ریزموج کیهانی**[1] (CMBR) آشکارسازی می‌کنیم. اما، با فناوری آینده شاید بتوان **بقایای زمینهٔ نوترینو**، یا حتی رویدادهای قدیمی‌تر را از طریق **امواج گرانشی** (که آن هم باید با سرعت نور حرکت کند) مشاهده کرد. گاهی اختر فیزیک‌دانان بین عالم *مرئی*، که شامل فقط سیگنال‌های گسیل شده از زمان بازترکیب است ـ و عالم *قابل مشاهده*، که شامل سیگنال‌های گسیل شده از زمان شروع انبساط کیهان‌شناختی (مهبانگ در کیهان‌شناسی سنتی، پایان **عصر تورمی** در کیهان‌شناسی جدید) فرق می‌گذارند. طبق محاسبه‌ها، **فاصلهٔ همراه** (ویژه فاصلهٔ کنونی) ذرات ناشی از CMBR که شعاع عالم مرئی را نشان می‌دهد، حدود ۱۴/۰ میلیارد **پارسک** (حدود ۴۵/۷ میلیارد سال نوری است)، در حالی‌که فاصلهٔ همراه تا لبهٔ عالم قابل مشاهده حدود ۱۴/۳ میلیارد پارسک (۴۶/۶ میلیارد سال نوری) یعنی حدود ۲ درصد بیشتر است.

بهترین برآورد **سن عالم** در سال ۲۰۱۳ برابر ۰/۰۳۷± ۱۳/۷۹۸ میلیارد سال به‌دست آمده است. اما به‌دلیل **انبساط فضا** انسان‌ها اجسامی را مشاهده می‌کنند که (طبق تعریف **ویژه فاصلهٔ** کیهان‌شناختی، که اکنون برابر **فاصلهٔ همراه** است) ابتدا بسیار نزدیک‌تر بودند اما اکنون به‌طور قابل ملاحظه‌ای دورتر از فاصلهٔ ایستای ۱۳/۸ میلیارد **سال نوری** هستند. **قطر** عالم قابل مشاهده حدود ۲۸ میلیارد سال نوری (۹۳ میلیارد **سال نوری**) برآورد شده است، که لبهٔ عالم قابل مشاهده را در حدود ۴۷ـ۴۶ میلیارد سال نوری قرار می‌دهد.

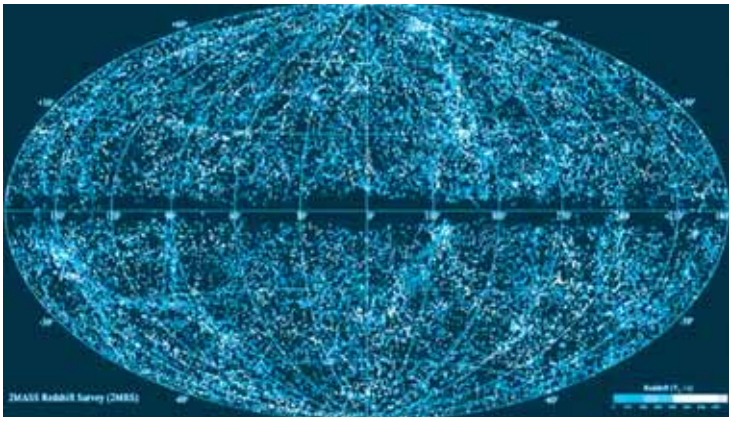
عالم در برابر عالم قابل مشاهده

شاید برخی از بخش‌های عالم به اندازه‌ای دور باشند که نور گسیل شده از آن‌ها از زمان مهبانگ تا کنون زمان کافی برای رسیدن به زمین را نداشته باشد، بنابراین قسمت‌هایی از عالم فعلاً در بیرون عالم قابل مشاهده قرار دارند. در آینده، نور کهکشان‌های دوردست زمان بیشتری را در اختیار خواهد داشت. بنابراین برخی نواحی که اکنون قابل مشاهده نیستند در آینده قابل مشاهده خواهند شد. با این همه، طبق **قانون هابل** نواحی به اندازهٔ کافی دور از ما با سرعت بیشتر از سرعت نور از ما دور می‌شوند (**نسبیت خاص** مانع از حرکت اجسام نزدیک به هم واقع در یک ناحیهٔ با سرعت بیشتر از سرعت نور نسبت به هم می‌شود، ولی این محدودیت برای اجسام دوردست که فضای بین آن‌ها منبسط می‌شود وجود ندارد! نگاه کنید به **موارد استفادهٔ ویژه فاصله**) و به‌علاوه، به علت **انرژی تاریک ظاهراً آهنگ انبساط شتاب می‌گیرد.** با فرض ثابت ماندن انرژی تاریک (ثابت کیهان‌شناختی نامتغیر) شتاب گرفتن آهنگ انبساط تداوم دارد و یک حد قابلیت رؤیت آینده، وجود دارد که فراتر از آن اجسام هرگز در آینده نامحدود در هیچ زمانی وارد عالم قابل مشاهده نمی‌شوند، زیرا نور گسیل شده از اجسام بیرون این حد هرگز به ما نمی‌رسد. (یک نکتهٔ ظریف آن است که چون **پارامتر هابل** با گذشت زمان کاهش می‌یابد، مواردی می‌تواند وجود داشته باشد که در آن یک کهکشان که با سرعت اندکی بیشتر از سرعت نور از ما دور می‌شود سیگنالی گسیل کند که سرانجام به ما برسد). این حد قابلیت رؤیت آینده در **فاصلهٔ همراه** ۱۹ میلیارد پارسک (۶۲ میلیارد سال نوری) با این فرض محاسبه می‌شود که انبساط عالم همواره تداوم یابد، این موضوع ایجاب می‌کند که تعداد کهکشان‌هایی که به‌لحاظ نظری در آیندهٔ نامحدود می‌توان مشاهده کرد (با کنار گذاشتن این موضوع که شاید مشاهدهٔ برخی به واسطهٔ انتقال به سرخ ناممکن باشد) فقط با ضریب ۲/۳۶ بیشتر از تعدادی است که

اکنون مشاهده می‌شود.

گرچه اصولاً کهکشان‌های بیشتری در آینده قابل مشاهده می‌شوند، در عمل تعداد فزاینده‌ای از کهکشان‌ها به اندازه‌ای به‌خاطر انبساط **انتقال سرخ** می‌یابند که از دید پنهان و نامرئی می‌شوند. نکته ظریف دیگر آن است که یک کهکشان در فاصلهٔ همراه معین در صورتی در عالم قابل مشاهده، تعریف می‌شود که بتوانیم سیگنال‌های گسیل شده از آن را در هر عصری از تاریخ گذشته (مثلاً) سیگنالی که ۵۰۰ میلیون سال پس از مهبانگ فرستاده شده است) دریافت کنیم، اما به واسطهٔ انبساط عالم، شاید یک عصر بعدی وجود داشته باشد که در آن سیگنال گسیل شده از همان کهکشان هرگز در هیچ نقطهٔ آینده نامحدود به ما نرسد (به‌طوری که مثلاً شاید هرگز مشاهده نکنیم که کهکشان ۱۰ میلیارد سال پس از مهبانگ چگونه به نظر می‌رسیده است) گرچه در همان فاصلهٔ همراه باقی بماند (برخلاف ویژه فاصله که برای توصیف سرعت عقب‌نشینی به علت انبساط فضا به‌کار می‌رود، فاصله همراه به‌صورت ثابت برحسب زمان تعریف می‌شود)، که کمتر از شعاع همراه عالم قابل مشاهده است. از این واقعیت می‌توان برای تعریف نوعی **افق رویداد** کیهانی استفاده کرد که فاصله‌اش از ما با گذشت زمان تغییر می‌کند. به عنوان مثال، فاصله کنونی این افق حدود ۱۶ میلیارد سال نوری و به معنی آن است که سیگنال رویدادی که *اکنون* به وقوع می‌پیوندد در صورتی می‌تواند سرانجام به ما برسد که فاصلهٔ آن کمتر از ۱۶ میلیارد سال نوری باشد، اما اگر فاصلهٔ آن بیشتر از ۱۶ میلیارد سال نوری باشد، سیگنال هرگز به ما نمی‌رسد.

هم در مقاله‌های همگانی و هم در مقاله‌های پژوهشی حرفه‌ای کیهان‌شناسی واژه «عالم» اغلب به‌معنای «عالم قابل مشاهده» به‌کار می‌رود. این موضوع را می‌توان به این صورت توجیه کرد که هرگز نمی‌توانیم چیزی را با آزمایش کردن مستقیم دربارهٔ بخشی از عالم بدانیم که با ما **از نظر علمی ناهمبند** است، اگرچه بسیاری از نظریه‌های معتبر به عالم کل بسیار بزرگ‌تر از عالم قابل مشاهده نیازمند باشند. هیچ دلیلی وجود ندارد که نشان دهد مرز عالم قابل مشاهده مرز کل عالم را تشکیل دهد، و نه هیچ نشانه‌ای دال بر آن است که مدل‌های کیهان‌شناختی رایج حاکی از وجود مرزی فیزیکی برای عالم باشد، اگرچه برخی مدل‌ها مطرح می‌کنند که عالم می‌تواند محدود ولی بدون مرز باشد، مثل یک مانسته با بُعد بالاتر سطح دوبعدی کره‌ای که گرچه دارای سطح محدود است ولی لبه‌ای ندارد. منطقی است که **کهکشان‌های** موجود در عالم قابل مشاهده فقط کسر کوچکی از کهکشان‌های موجود در عالم را تشکیل دهند. طبق نظریهٔ **تورم کیهانی** و بنیان‌گذار آن **آلن گوت**[2]، اگر فرض شود که تورم حدود 10^{-37} ثانیه پس از مهبانگ آغاز شده باشد، با این فرض منطقی که اندازهٔ عالم برحسب زمان تقریباً عامل ضرب سرعت نور در سن آن است، اندازهٔ کنونی کل عالم دست‌کم 3×10^{23} برابر عالم قابل مشاهده خواهد شد. برآوردهای کمتری نیز وجود دارد که مدعی بزرگ‌تر



تجسم ۹۳ میلیارد سال نوری ـ یا ۲۸ میلیارد پارسک ـ عالم قابل مشاهدهٔ سه‌بعدی. مقیاس به‌گونه‌ای است که دانه‌های ریز نشانگر مجموعه‌های متشکل از تعداد زیادی ابَرخوشهٔ کهکشانی‌اند. ابَرخوشهٔ سنبله ـ جایگاه راه شیری ـ در مرکز مشخص شده ولی کوچک‌تر از آن است که در این تصویر دیده شود.

بودن ۲۵۰ برابری کل عالم از عالم قابل مشاهده است. اگر کل عالم دست‌کم ۲۵۰ برابر عالم قابل مشاهده باشد، پس قطر کل عالم ۱۷۶ گیگاپارسک (۵۷۵ میلیارد سال نوری خواهد بود.)

اگر عالم محدود ولی بدون مرز باشد، این امکان هم وجود دارد که از عالم قابل مشاهده کوچک‌تر باشد. در این صورت، آنچه آن‌ها را به‌صورت کهکشان‌های دوردست می‌بینیم در واقع تصاویر تکثیر شدهٔ کهکشان‌های نزدیک است که بر اثر دور زدن نور در عالم تشکیل شده‌اند. آزمودن این فرض به‌صورت تجربی دشوار است، زیرا تصاویر مختلف یک کهکشان دوران‌های متفاوت در تاریخ آن را نشان می‌دهند، و در نتیجه شاید کاملاً متفاوت به‌نظر برسند. بیلوتیز[3] و همکاران مدعی تثبیت حد پایین ۲۷/۹ گیگاپارسک (۹۱ میلیارد سال نوری) بر قطر آخرین سطح پراکندگی هستند (چون این فقط یک حد پایین است مقاله امکان خیلی بزرگ‌تر بودن، حتی نامحدود بودن عالم را نفی نمی‌کند). این مقدار بر مبنای تحلیل داده‌های گردآوری شده WAMP در طی ۷ سال است.

برداشت‌های غلط

بسیاری از منابع ثانویه گستره وسیعی از اعداد نادرست دربارهٔ اندازه عالم قابل مشاهده را گزارش کرده‌اند. یکی از این اعداد ۱۳/۸ میلیارد سال نوری است. **سن عالم** ۱۳/۸ سال نوری برآورد شده است در حالی که معمولاً تصور می‌شود که هیچ چیز نمی‌تواند تا سرعت‌های برابر یا بیشتر از سرعت نور شتاب بگیرد، بنابراین یک برداشت غلط متداول آن است که شعاع عالم قابل مشاهده باید فقط ۱۳/۸ میلیارد سال نوری باشد. این استدلال فقط در صورتی منطقی است که مفهوم **فضازمان مینکوفسکی**[4] تخت و ایستای نسبیت خاص درست می‌بود. در عالم واقعی، فضازمان طوری خمیده شده است که طبق **قانون هابل** با **انبساط فضا** متناظر باشد. فاصله‌های به‌دست آمده به‌صورت حاصل‌ضرب سرعت نور در بازهٔ زمانی کیهان‌شناختی هیچ‌گونه اهمیت فیزیکی مستقیم ندارند.

پی‌نوشت‌ها

1. Cosmic microwave background radiation
2. Alan Guth
3. Bielewicz
4. Minkowski

مرجع

1. en. wikipedia. org/wiki/Observable univers