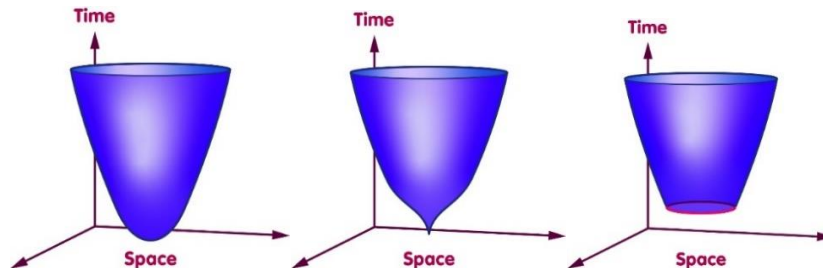


منشاء و لحظه پیدایش کیهان



¹The origin and the moment of the universe's creation

منشاء، شرایط و فرایندهای مراحل آغازین کیهان، ناشناخته شده‌اند. کسب آگاهی از این مسایل بنیادی نیازمند نظریه کیهان کوانتومی^۲ و با آن گراننش کوانتومی^۳ است.

فشرده

کسب اطلاع از منشاء، شرایط و فرایندهای مراحل آغازین کیهان وابسته است به ارایه یک نظریه کوانتومی از کیهان، مرتبط با نظریه گراننش کوانتومی. نظریه‌ای که عرصه‌ی عملش در اندازه‌های غیرقابل تصور ناچیز در مقیاس پلانک، مانند طول پلانک 10^{-33} سانتی‌متر و با زمان پلانک 10^{-44} ثانیه، می‌باشد.

شاید بشود از آنچه در درون سیامچاله‌ها می‌گذرد، یعنی جایی‌که نظریه نسبیت عام بی‌اعتبار می‌شود، نشانه‌هایی برای ردگیری منشاء، شرایط و لحظه پیدایش کیهان شناسایی کرد. اما، در حال حاضر ما هیچ اطلاع واقعی در این زمینه نداریم.

نظریه‌های اساسی علم فیزیک، یعنی نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی، نظریه‌هایی هستند بسیار موفق با کاربردها و نتایج عملی شایان توجه. با این همه، هیچ‌یک از آنها کامل نیست. به این معنا که هر دو نظریه دارای کاستی‌های بنیادی و مفهومی هستند. به همین خاطر، هیچ‌یک و حتا هر دو باهم توان توصیف همه‌جانبه‌ی جهان هستی را ندارند. اما، می‌توانند بخوبی بخش‌های قابل توجهی از گیتی را توصیف کنند.

نظریه نسبیت عام، قادر به توصیف دنیای ماکروسکوپی در چارچوب فضا-زمان کلاسیک^۴ بُعدی شبه ریماننی است. با این محدودیت که در نقطه‌ای به نام تکینگی اعتبار خود را از دست می‌دهد.^۴ به عبارت دیگر، این نظریه از توصیف گراننش در اندازه‌های بسیار ناچیز، در مقیاس پلانک، یعنی در محدوده‌ی نظریه کوانتومی، جایی‌که لازم است اثرات کوانتومی در نظر گرفته شود، ناتوان است. این وضع معنایی جز ناسازگاری نظریه نسبیت عام با نظریه کوانتومی ندارد. نکته مهم دیگر، مسئله زمان است. زمان در نظریه نسبیت عام بخشی از ساختار (متریک) فضا-زمان محسوب می‌شود.

نظریه کوانتومی، بر مبنای فضا-زمان^۴ بُعدی مینکوفسکی، یعنی در چارچوب فضا-زمان^۴ بُعدی نظریه نسبیت خاص بنا شده است. این نظریه توان توصیف دنیای میکروسکوپی (کوانتومی) را دارد. اما، بدور از کاستی‌ها نیست، از آنجمله است عدم سازگاری آن با نظریه نسبیت عام، به‌ویژه مسئله زمان در آن. زمان در نظریه کوانتومی یک پارامتر خارجی (بیرون از سیستم‌های کوانتومی) محسوب می‌شود. نظریه کوانتومی واقعیت‌های عینی دنیای کلاسیک، تجربه و مشاهدات روزمره‌ی ما را بشدت به‌چالش می‌کشد.^۵

نکات ذکر شده بیان از آن دارند که در حال حاضر، نظریه واحدی که توان توصیف دنیای ماکروسکوپی و میکروسکوپی، یعنی کل جهان هستی با^۴ نیروی پایه‌ای^۶ شناخته شده را در یکجا دارا باشد، وجود ندارد. در نتیجه، در حال حاضر امکان ارایه پاسخ نظری و تجربی به پرسش‌های بنیادی، مانند منشاء و مسایل آغازین کیهان، میسر نیست.

با این همه، ما در این مقاله می‌خواهیم پس از پیشگفتار، چالش‌های اصلی و مشکلات مفهومی بنیادی در رابطه با منشاء، شرایط و فرایندهای مراحل آغازین کیهان را بیان و در مورد هر یک از آنها توضیحات کوتاهی ارایه دهیم و در پایان به یکی از برجسته‌ترین مدل‌ها در کیهان‌شناسی کوانتومی به نام 'کیهان بدون مرز آغازین' (تصویر ۱) بپردازیم.

پیشگفتار

ناسازگاری دو نظریه اساسی علم فیزیک حاضر، نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی، و نبود یک نظریه واحد برای توصیف همه جوانب جهان هستی، امکان اظهار نظر در باره منشأ، شرایط و مراحل آغاز گیتی را سخت دشوار کرده است. از این رو، کند و کاو در باره علت یا علل ناسازگاری میان دو نظریه اساسی علم فیزیک و در همین راستا، مسئله شناخت‌شناسی و چارچوب فکری ما دارای اهمیت بسزایی است.

ناسازگاری‌ها زمانی رخ می‌دهند که دو یا چند ایده، گزاره یا تعریف در یک چارچوب فکری باهم تداخل داشته باشند و امکان پذیرش هم‌زمان آنها بدون تناقض وجود نداشته باشد. این مطلب، بسته به حوزه‌ی مورد تجسس (فلسفه، روان‌شناسی یا علم) معنا و کاربردهای متفاوتی دارد. در حوزه فلسفه، ناسازگاری مفهومی اغلب به چالش‌ها در تعریف مفهوم‌ها اشاره دارد، مانند اراده آزاد و جبرگرایی و در روانشناسی، به موضوعاتی مانند خیال‌پردازی، غرق شدن افراطی در خیالات به جای واقعیت و یا اختلال سازگاری، مانند واکنش هیجانی. ناسازگاری در حوزه علمی نیز وجود دارد و گاهی بسیار هم چالش‌برانگیز هستند، گاهی هم زمینه را برای نظریه‌های فراسازگار فراهم می‌کنند و حتی پاره‌ای اوقات برای مدتی کارآمدی دارند. برای مثال:

در فیزیک نظری حاضر، ناسازگاری نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی، به نبود همانگی درونی بین این دو نظریه در نتیجه‌ی برداشت متفاوت از مفهوم‌ها، مفهوم به معنای فهمیده شده، برمی‌گردد. این وضع منجر به محدودیت دایره‌ی عمل و اعتبار دو نظریه گشته است. از این رو، هر یک از آنها فقط بخش‌هایی از جهان هستی را، یکی در شکل کلاسیک و دیگری در شکل کوانتومی، توصیف می‌کنند. به احتمال، ناسازگاری میان نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی ناشی از طرح و درک ناکافی (ناقص) ما از مسایل بنیادی جهان هستی می‌باشد.

واقعیت‌های عینی

- اصلی‌ترین ناسازگاری در فیزیک نظری حاضر، برهم‌کنشی (تقابل) نظریه کوانتومی (در ساختاری با کمیت‌های گسسته) با نظریه نسبیت عام (در ساختاری با کمیت‌های پیوسته) است. این وضع، بنای یک نظریه فراگیرتر را سخت دشوار کرده است.

بررسی‌های بنیادی نشان می‌دهند که کمیت‌های فیزیکی همگی به‌شکل گسسته هستند. به عبارت دیگر، واقعیت‌های فیزیک کوانتومی، نظریه نسبیت عام با ساختار کلاسیک را به چالش می‌کشند. چالشی که اکنون یک قرن پیشینگی (قدمت) دارد، بی‌آن‌که راجع و یا چشم‌اندازی برای رفع آن در افق دید باشد. در زیر، کوتاه به کاستی‌هایمان از واقعیت‌های فیزیکی اشاره می‌کنیم:

۱. نظریه کوانتومی با ناسازگاری‌های مفهومی عمیقی مواجه است. برای مثال، مفهوم زمان در این نظریه نه به‌عنوان یک عملگر (Operator)، بلکه یک پارامتر بیرون از سیستم کوانتومی در نظر گرفته شده است. پارامتری که توصیف تغییرات سیستم‌های کوانتومی با یاری آن عملی است. زمان در اینجا، برخلاف مفهوم فضا (مکان)، کمیت کوانتیده (گسسته) در نظر گرفته نشده است. یعنی، زمان در نظریه کوانتومی نه کوانتومی (گسسته) بلکه پیوسته در نظر گرفته شده است!

۲. در نظریه گرانش کوانتومی^۳، یعنی در بنیادی‌ترین سطح فیزیکی، تصور بر این است که چیزی به نام زمان وجود ندارد.^۴ و این در حالی است که زمان در نظریه نسبیت عام جزئی از ساختار فضا-زمان محسوب می‌شود.

۳. ذرات بنیادی پیش از اندازه‌گیری وضعیت مشخصی ندارند. به این معنا که ممکن است آنها اصولن دارای واقعیت عینی، مستقل از ناظر، نداشته باشند.

۴. در هم‌تنیدگی کوانتومی نشان می‌دهد، ذرات می‌توانند به‌صورت آنی بر یکدیگر تأثیر بگذارند، حتی از فاصله‌های بسیار دور از یکدیگر

۵. اصل برهم‌نهی نظریه کوانتومی نشان می‌دهد که چگونه یک سیستم کوانتومی می‌تواند هم‌زمان در چندین حالت باشد، البته تا زمانی که اندازه‌گیری (مشاهده) صورت نگرفته است.

۶. نظریه نسبیت عام (اخترشناسی و کیهان‌شناسی) و نظریه کوانتومی شناخت ما از پروسه‌های طبیعی را در طول یک قرن گذشته به‌شکل چشم‌گیری تغییر و توسعه داده‌اند. با این همه، باید اذعان کنیم که ما هنوز هیچ شناخت واقعی از منشأ، شرایط و پروسه‌های آغازین جهان هستی نداریم.

اصلی‌ترین چالش‌های کیهان‌شناسی در آغاز کیهان

علم کیهان‌شناسی مدرن با وجود پیشرفت‌های خیره‌کننده‌اش، با چالش‌های مفهومی و پرسش‌های علمی - فلسفی بنیادی در آغاز کیهان مواجه است. اصلی‌ترین این چالش‌ها عبارتند از:

۱. چگونگی وقوع و پیدایش کیهان (خلاء کوانتومی^۷، تلنگر اولیه^۸)، ۲. ویژگی‌های پروسه آغاز کیهان، ۳. فاز تورمی کیهان، ۴. مسئله افق و تخت، همگن و همسانگرد بودن فضا، ۵. شکست تقارن اولیه و پیدایش ماده و پادماده، ۶. مسئله تنظیم ظریف ثابت‌های فیزیکی، ۷. تابع موج کیهان (معادله ویلر - دویت و نبود زمان)، ۸. زمان پیش از مهبانگ؟ در زیر، توضیحات کوتاهی در مورد هر یک از چالش‌های نام‌برده ارائه می‌دهیم. توضیحاتی که نشان از محدودیت‌های دانش ما در علم کیهان‌شناسی دارند.

۱. چگونگی وقوع و پیدایش کیهان

تصور می‌شود که کیهان از یک خلاء کوانتومی^۷ و یا به اصطلاح از "هیچ" فیزیکی، در نتیجه‌ی نواسانات کوانتومی شکل گرفته است. در این‌باره در مقاله^۷ می‌خوانیم:

"کیهان و منشاء آن سخت با ماهیت خلاء کوانتومی گره‌خورده است. پژوهش‌ها در این زمینه ما را از فیزیک کلاسیک به فیزیک ذرات بنیادی سوق می‌دهند. خلاء، بعکس تصور عموم مردم هم در فیزیک کلاسیک و هم در فیزیک کوانتومی به‌عنوان چیزی قابل اندازه‌گیری با اثر و تأثیر متقابل درک می‌شود. تعریف مدرن خلاء و ساختار آن در کنش و واکنش با نیروهای پایه‌ای فیزیک در نظریه کوانتومی ارائه می‌گردد. با یاری این مفهوم بنیادی است که می‌توان برخی از پدیده‌های اساسی طبیعت را توصیف کرد، مانند ایجاد و نابودی ذرات. با این حال، ما هنوز از نظریه گرانش کوانتومی که به‌منظر مرتبط با خلاء کوانتومی است، اطلاع دقیقی نداریم. شواهد علمی نشان از کیهانی دارند که در آغاز بسیار کوچک و احتمالاً به‌صورت خلاء کوانتومی بوده و با "تلنگری" که برایمان ناشناخته است، شروع به انبساط کرده است."^۷

۲. ویژگی‌های پروسه آغاز کیهان:

بر اساس نظریه نسبیت عام و نظریه مهبانگ، کیهان در "زمان صفر"، در حالت تکینگی، یعنی زمانی که تمام انرژی (ماده و پادماده) آن در نقطه‌ای با چگالی و دمای بی‌نهایت متمرکز بوده، شروع به انبساط می‌کند. اما، می‌دانیم که حالت تکینگی نمی‌تواند صحت داشته باشد. به این علت که در علم فیزیک، کمیت‌های بی‌نهایت محلی از اعراب ندارند. در واقع، این بی‌نهایت‌ها سخن از مرز اعتبار نظریه نسبیت عام دارند.

پیش‌تر گفتیم: "شاید بشود از آنچه در درون سیاه‌چاله‌ها می‌گذرد، یعنی جایی که نظریه نسبیت عام بی‌اعتبار می‌شود، نشانه‌هایی را برای ردگیری منشاء، شرایط و لحظه پیدایش کیهان شناسایی کرد." و اضافه کردیم که در حال حاضر، ما هیچ اطلاع واقعی در این زمینه نداریم. از این‌رو، توضیح منشاء، شرایط آغازین و فرایندهای شکل‌گیری کیهان در آغاز اگر ناممکن نباشد، بسیار دشوار است. البته، امکان دارد بر اساس داده‌هایی از کیهان موجود و بنای نظریه گرانش کوانتومی گشایشی در این امر مهم علمی حاصل شود. با آگاهی به این امر مهم که ارایه نظریه گرانش کوانتومی در مقیاس ناچیز پلانک با دو مشکل اساسی مواجه است:

۱. طبیعت در مقیاس پلانک، اطلاعات بسیار اندکی از خود بروز می‌دهد و ۲. بررسی مسایل در این مقیاس نیازمند ابزارهای بسیار پرتوانی است که در اختیار نداریم.

۳. فاز تورمی کیهان

فاز تورمی کیهان، دوره‌ای بسیار کوتاه^{۱۰} اما به‌منظر حیاتی برای شکل‌گیری کیهان، حدود 10^{-34} تا 10^{-32} ثانیه پس از انفجار بزرگ، تصور می‌شود. در این دوران، کیهان با سرعتی فراتر از سرعت نور در کسری از ثانیه، 10^{26} برابر انبساط می‌یابد. نظریه تورمی در سال ۱۹۸۱ از جانب آلن گوث فیزیک‌دان آمریکایی (۱۹۴۷*) برای توجیه یکنواختی کیهان پیشنهاد شد و هم‌چنان مورد بحث است، نظریه گوث، توان توضیح مسایلی مانند تخت، همگن و همسانگرد بودن فضا را دارد. این نظریه امکان شکل‌گیری ساختارهای بزرگ، برای مثال در اندازه کهکشان‌ها از نواسانات کوانتومی اولیه را می‌دهد.

انرژی فاز تورمی کیهان به نوعی میدان اسکالر به نام اینفلاتون (Inflaton) نسبت داده می‌شود. نظریه تورم کیهانی بر یافته‌های «تابش پس‌زمینه کیهانی» کشف شده در سال ۱۹۶۵/۱۹۶۴، صحنه می‌گذارد و امواج گرانشی اولیه^{۱۱} را پیش‌بینی می‌کند. با این همه، باید اذعان کرد که ما هنوز اطلاع دقیقی از چرایی شروع فاز تورمی کیهان و متوقف شدن آن نداریم، یعنی سازوکار دقیق فیزیکی آن را نمی‌شناسیم.

۴. مسئله آفق؛ تخت، همگن و همسانگرد بودن فضا

مسئله آفق کیهانی، به این پرسش می‌پردازد که چرا بخش‌های بسیار دور از هم کیهان، آن‌گونه که 'تابش پس‌زمینه کیهانی'، نشان می‌دهد، بدون داشتن فرصت تبادل انرژی و رسیدن به تعادل گرمایی، دمای یکسان (حدود ۲,۷۲۵ کلوین) دارند. به‌نظر، پاسخ به این پرسش و همچنین چرایی تخت، همگن و همسانگرد بودن هندسه فضا، در گرو شناخت از مراحل اولیه کیهان است.

پاسخ‌هایی که نظریه تورم کیهانی به پرسش‌های ذکر شده می‌دهد، به ترتیب از این قرارند: ۱. مسئله آفق: کل کیهان از یک نقطه ناچیز وابسته آغاز شده است. ۲. چرایی تخت بودن هندسه فضا: انبساط بسیار سریع کیهان پس از مه‌بانگ (دوران تورم). ۳. اصل کیهان‌شناسی: فضا همگن و همسانگرد است. به این معنا که کیهان در اندازه‌های بسیار بزرگ در همه بخش‌ها یکسان (همگن) و در همه جهات مشابه هم (همسانگرد) است. به عبارت دیگر، از هر مکانی که به کیهان بنگریم، چگالی و ساختاری کم و بیش یکسان مشاهده می‌کنیم. این ویژگی‌ها برای همه جهات کیهان صادق می‌کند. اما، برای مقیاس‌های کم و بیش کوچک می‌تواند به‌شکل دیگری هم باشد.

در این‌باره در مقاله^۱ تحت عنوان 'مسائل بزرگ جهان هستی - منشاء و چپستی ماده تاریک' می‌خوانیم:

"هندسه، توسعه و دینامیک کیهان، تابع پارامتر چگالی ماده و انرژی موجود در آن است. پارامتر چگالی برابر است با نسبت 'چگالی نسبی ρ ' به 'چگالی بحرانی ρ_c ' ($\Omega = \frac{\rho}{\rho_c}$) کیهان. در واقع، پارامتر چگالی معیار است برای سنجش ثبات کل کیهان. برای پارامتر چگالی می‌توان ۳ حالت را تصور کرد: مساوی با ۱، بزرگتر از ۱ و کوچکتر از ۱. در حالت اول کیهان تخت و پایدار، در حالت دوم رو به انقباض و در حالت سوم رو به انبساط است. پارامتر چگالی را می‌توان برای مثال از طریق مشاهده نوسانات دمای پس‌زمینه کیهانی تعیین کرد. یافته‌های مربوطه نشان از برابری چگالی متوسط کیهان با چگالی بحرانی دارند (مسئله تخت بودن کیهان). در کیهان‌شناسی 'چگالی بحرانی ρ_c ' به چگالی‌ای از ماده گفته می‌شود که نیروی گرانشی حاکم در کیهان توان کافی برای به نزدیک به صفر رساندن سرعت انبساط کیهان را دارد."^۱

۵. شکست تقارن اولیه و پیدایش ماده و پادماده

شواهد علمی نشان از کیهانی دارند که در آغاز بسیار کوچک، در مقیاس پلانک، و به‌صورت یک سیستم متقارن از خلاء کوانتومی (تقارن اولیه)، بوده است. سیستمی متشکل از ذرات مجازی (با بار الکتریکی منفی و مثبت) که پیوسته ایجاد می‌شوند و از بین می‌روند. به‌نظر، تقارن این سیستم بر اثر نوسانات کوانتومی شکسته شده و منجر به پیدایش تعداد مساوی از ماده و پادماده گشته است. اما، پس از زمان بسیار کوتاهی، ماده بر پادماده غلبه کرده و کیهانی متشکل از ماده شکل می‌گیرد. پرسشی که در این‌جا مطرح می‌باشد، اینست که یک چنین پروسه‌ای چگونه شکل گرفته است؟

در این‌باره در مقاله^۲ از جمله می‌خوانیم:

"اختلاف عمده ماده با پادماده (ذرات با پادذرات) در بار الکتریکی (مثبت یا منفی) آنهاست. در صورت برخورد این ذرات با یکدیگر هر دو نابود (محو) شده به انرژی (پرتو، تابش) تبدیل می‌شوند. برای مثال، می‌توان از پادپروتون (بار الکتریکی منفی) به‌عنوان پادذره‌ی پروتون (بار الکتریکی مثبت) و یا از پوزیترون (بار الکتریکی مثبت) به‌عنوان پادذره‌ی الکترون (بار الکتریکی منفی) نام برد. شاید، بررسی و کسب اطلاع بیشتر از ویژگی‌های پادماده بتواند به درک بهتر ما از مسئله شکست تقارن اولیه و چرایی غلبه ماده بر پادماده یاری رساند.

اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهند که در ازای هر یک میلیارد جفت ذره - پادذره که به انرژی تبدیل شدند تنها یک ذره (ماده) باقی مانده است. نسبت مقدار ذرات باقی‌مانده ناچیز به‌نظر می‌آید، اما، همین مقدار برای شکل‌گیری کیهان کافی بود."^۲

در حال حاضر، علم فیزیک توان توضیح شکست تقارن اولیه و چرایی چیره شدن ماده بر پادماده را ندارد. فیزیکدان‌ها برای یافتن پاسخ علمی به این پرسش مهم، به بررسی ذراتی به نام مزون‌ها، به‌ویژه مزون‌های D و B، پرداختند. این بررسی‌ها نشان از تفاوت رفتاری بین ماده و پادماده دارند که می‌تواند کلید درک چرایی غلبه ماده بر پادماده در آغاز کیهان باشد.

۶. مسئله تنظیم ظریف ثابت‌های فیزیکی

مسئله 'تنظیم ظریف ثابت‌های علم فیزیک' یکی از مسائلی مربوط به مراحل آغازین کیهان است و به این واقعیت اشاره دارد که ویژگی‌های ساختارهای بی‌شمار جهان هستی، برای مثال تخت بودن فضا و یا پیدایش حیات، بدون تنظیم دقیق

ثابت‌های بنیادی فیزیک غیرممکن بود. به عبارت دیگر، کوچکترین انحراف در ثابت‌های بنیادی می‌توانست چنان تغییری در کنش و واکنش‌های طبیعی ایجاد کند که منجر به کیهانی متفاوت از آنچه می‌شناسیم گردد. برای مثال، برای حیات باشد. در این باره در مقاله^{۱۱} تحت عنوان 'ثابت‌های طبیعی و شناخت‌شناسی' آمده است:

"در قوانین اساسی علم فیزیک، پارامترهایی به نام ثابت‌های طبیعی مطرح هستند که بنابر یافته‌ها نقش تعیین کننده در سرنوشت کیهان دارند. طبق این قوانین، کوچکترین انحراف در ثابت‌های طبیعی می‌توانست به شکل‌گیری کیهانی متفاوت از کیهان حاضر منجر شود. در واقع، ما مدعی هستیم که قوانین طبیعی شناخته شده، جهانشمول هستند، آیا این ادعا صحت دارد؟ بی‌تردید، اثبات یک چنان ادعای بزرگی نیازمند پیش‌دانش، پیش‌فرض، است. اما، هر پیش‌دانشی هم به نوبه خود نیازمند پیش‌زمینه‌ای دیگر است. حالتی که نشان از پیوند میان پیش‌فرض و دانش شناخت‌شناسی (epistemology) دارد.

ما تا به امروز کوچکترین اطلاعی از چرایی اندازه‌های ثابت‌های طبیعی نداریم و حتی نمی‌دانیم که آیا این ثابت‌ها به معنای واقعی کلمه ثابت هستند، حاصل اتفاقی نادر، کوتاه زمانی پس از 'بیگ‌بنگ' یا حاصل از علتی که (هنوز) نمی‌شناسیم. چنانچه اندازه‌های مربوطه حاصل از اتفاق باشند، می‌باید آن‌ها را بدون امکان مستدل نمودنشان همان‌گونه که هستند بپذیرفت. اما، اگر ثابت‌های طبیعی معلول علتی باشند لازم است علت را شناسایی کنیم.

بررسی‌های نظری و شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای نشان می‌دهند، چنانچه تنها یکی از ثابت‌های طبیعی اندکی کوچکتر یا بزرگتر از آنی بود که هست، امکان شکل‌گیری ساختارهایی مانند سیارات و با آن حیات وجود نداشت!^{۱۲}

بنیادی‌ترین برهم‌کنش‌های شناخته شده در جهان هستی (در علم فیزیک) ۴ نوع‌اند و تحت عنوان نیروی‌های بنیادی معروف هستند. این نیروها عبارتند از نیروی الکترومغناطیسی، گرانشی (هر دو شناخته شده در دنیای کلاسیک)، نیروی قوی هسته‌ای و نیروی ضعیف هسته‌ای (هر دو ویژه دنیای اتم‌ها).

تذکر: منظور از نیروی بنیادی، نیروئیست که قابل توصیف توسط نیروهای دیگر نیست، یعنی نیروئی منحصر بفرد است. ثابت‌های طبیعی بنیادی علم فیزیک که توان برهم‌کنش‌های اساسی را مشخص می‌کنند عبارتند از:

ثابت گرانش، ثابت زومرفلد، جرم الکترون، ثابت نیروی قوی و جرم کوارک سبک u و d

تذکر: در مقاله^{۱۲} توضیحاتی در باره‌ی هر یک از این ثابت‌های طبیعی (فیزیکی) و اندازه آنها ارائه شده است. در اینجا به این گفته اکتفا می‌کنیم که برای مثال، ثابت نیروی قوی هسته‌ای در محدوده‌ایست که امکان شکل‌گیری ستاره‌ها و حیات را می‌دهند.

قوانین علم فیزیک حاضر وابسته (معطوف) به طبیعت ایده‌آل فرمولبندی شده‌اند.^{۱۳} در این عرصه پرسش‌ها و مسائلی مطرح هستند که هنوز پاسخی برای آنها نداریم. با توجه به آنچه در بالا گفتیم، می‌دانیم که در پس همه تلاش‌هایمان چیزی نهفته است به نام معرفت‌شناسی یا شناخت‌شناسی که توضیحات و استنباط‌های علمی را کموبیش محدود به توان و حوزه شناخت (حواس پنگانه^{۱۴}) ما می‌کند.

۷. تابع موج کیهان (معادله ویلر - دیویت و نبود زمان)

تابع موج کیهان، مفهومی در کیهان‌شناسی کوانتومی، حاصل از ادغام نظریه نسبیت عام با مکانیک کوانتومی، است. در واقع، این تابع حاصل از تصور کیهان در شکل مدلی بسیار ساده بدست می‌آید. کیهان در این مدل از نظر فضا همگن و همسانگرد و از نظر محتوا بنا شده از میدان اسکالر جرم‌دار تصور شده، است. این مدل، یک سیستم کوانتومی غیرنسبیتی است. تابع موج کیهان، معروف به معادله ویلر - دیویت (Wheeler-DeWitt)، یک معادله میدان در فیزیک نظری محسوب می‌شود. این معادله ایستاست. به این معنا که زمان در آن حذف شده است. یعنی، زمان در اینجا به عنوان یک متغیر مستقل ظاهر نمی‌شود. به این ترتیب، در این نظریه گرانش کوانتومی کل کیهان از "نگاه یک ناظر بیرونی" ایستا می‌نماید، در حالی که از نگاه یک ناظر درونی، زمان و تغییرات وجود دارند.

۸. زمان پیش از مهبانگ؟

بنابر دو نظریه اساسی ذکر شده، زمان و همین‌طور مکان پس از مهبانگ پا به عرصه وجود گذاشته‌اند. از این‌رو، پرسش در این نظریه‌ها در باره‌ی 'زمان پیش از مهبانگ' فاقد معنای فیزیکی می‌نماید. به‌ویژه، به این خاطر که قوانین فیزیک موجود کاربریشان را در مرحله مهبانگ، یعنی در اندازه‌های پلانک از دست می‌دهند. در یک چنین حالتی، هر نوع

اظهار نظری در باره‌ی "زمان پیش از مهپانگ"، پایه علمی ندارد. گذشته از این، مدل‌های نظری مختلف، مانند کیهان‌شناسی چرخه‌ای، احتمال انبساط و انقباض ادواری کیهان را مطرح می‌کنند. آیا در این صورت، پرسش در باره‌ی 'زمان پیش از انبساط و انقباض‌ها' منتفی نمی‌باشد؟

کیهان بدون مرز آغازین

پیش‌تر گفتیم که نظریه نسبیت عام در مقطع تکینگی، در نقطه‌ای که انحنای فضا-زمان، دما و چگالی ماده (انرژی) بی‌نهایت هستند، اعتبار خود را از دست می‌دهد. به این دلیل که کمیت‌های بی‌نهایت در علم فیزیک محلی از اعراب ندارند. شاید بتوان مشکل تکینگی را برطرف نمود، چنانچه امکان ارایه دینامیک فضا-زمان از طریق نظریه کوانتومی وجود داشته باشد. بی‌شک، یک چنان امکانی در عمل به معنای بنای 'نظریه گرانش کوانتومی' است. اما، مشکل اساسی در بنای این نظریه، همان‌گونه که پیش‌تر بیان کردیم، عبارتند از:

۱. طبیعت در مقیاس پلانک اطلاعات بسیار اندکی در اختیارمان می‌گذارد. ۲. ما برای بررسی‌ها در این حوزه نیاز به ابزارهای بسیار پرتوانی داریم که در اختیارمان نیستند.

یکی از برجسته‌ترین مدل‌ها در کیهان‌شناسی کوانتومی برای حل مسایل مربوط به مراحل اولیه کیهان، بدون از کمیت‌های بی‌نهایت، یعنی آزاد از مسئله‌ی تکینگی، مدل جیمز هارتل - اسیون هاوکینگ^{۱۴} به نام 'کیهان بدون مرز آغازین' است (تصویر ۱ وسط). هاوکینگ برای این مدل از تشبیه قطب شمال بهره می‌جوید: اگر قطب شمال به عنوان نقطه شروع در نظر گرفته شود، هیچ مرز یا لبه‌ای وجود ندارد. یعنی، می‌توان از هر جهتی به سمت جنوب حرکت کرد. اما، قطب شمال فقط یک نقطه عادی است که در آن خط‌های طول جغرافیایی به هم می‌رسند. این تشبیه در مورد فضا-زمان بدان معناست که در نزدیک‌ترین حالت به "آغاز"، زمان رفتاری شبیه به مکان دارد (بُعدی است مشابه بُعد فضا). و این یعنی، فضا-زمان یک سطح بُعدی بسته و محدود را تشکیل می‌داده است.

"برای توضیح پیشنهاد هارتل - هاوکینگ، ابتدا باید یادآور شویم که در کیهان‌شناسی کوانتومی، احتمال تحول کیهان از یک حالت A به یک حالت B، از نوعی فرمول‌بندی انتگرال مسیر (تابع موج کیهان) استفاده می‌شود. یعنی، با استفاده از نوعی جمع بر روی تمام مسیرهای قابل‌تصور که این تحول می‌توانسته طی کند، محاسبه می‌شود - جمع بر روی تمام مسیرهای ممکن که از حالت A به حالت B می‌روند. در واقع، هارتل و هاوکینگ در سال ۱۹۸۳ پیشنهاد یک شرط مرزی ویژه و بنیادی که مسیرهای طی شده (تاریخ کیهان) را توصیف می‌کنند، مطرح کردند. این طرح به عنوان طرح "کیهان بدون مرز آغازین" شناخته می‌شود. جوهر اصلی این طرح پیشنهادی را می‌توان با در نظر گرفتن یک مدل ساده از کیهان درک کرد که تنها یک بُعد مکانی دایره‌وار دارد و در طول زمان از یک حالت اولیه شروع به توسعه می‌کند."^{۱۴} به‌طور ساده و خلاصه می‌توان شکل‌گیری و توسعه کیهان آغازین را در نظریه هارتل و هاوکینگ چنین توصیف کرد:

۱. کیهان، پایانی در گذشته نداشته است. بلکه از یک مکان (فضای) یک بُعدی دایره‌وار از "هیچ کوانتومی" شروع به توسعه کرده است: تصویر ۱ (شکل سمت راست).

۲. امکان دیگر آنست که کیهان از اندازه‌ای در حد صفر (از یک تکینگی) با انفجار بزرگ رو به توسعه گذاشته است. این حالت در تصویر ۱ (شکل وسط)، نمایش داده شده است.

۳. برخلاف امکان ۲، هارتل و هاوکینگ بر این باورند که فضا-زمان از یک حالت کوانتومی و نه کلاسیک آغاز شده و در ابتدا حالتی صاف و فشرده داشته است، تصویر ۱ (شکل سمت چپ).

در واقع، پیشنهاد هارتل و هاوکینگ اینست که حالت اولیه کیهان از اندازه صفر شروع به انبساط کرده است. اما، این انبساط از این حالت باید به آرامی آغاز شود. تنها مرزی که در محاسبه انتگرال مسیر اعمال می‌شود، مرز مربوط به لحظه‌ی حال است؛ یعنی در لحظه‌ای که ما مشاهداتی از جهان هستی انجام می‌دهیم.

۴. مشاهدات نشان می‌دهند، نرخ انبساط کیهان در حال حاضر در تمام جهات فضا یکسان است. از این‌رو، تصور می‌شود که ریشه این پدیده در شرایط آغازین کیهان نهفته باشد. اگر چنین باشد، معنای آن جز این نیست که کیهان، آغازی از تقارن اولیه داشته است.^{۱۵}

در پایان لازم است گفته شود: فیزیکدانی بر این باورند که امکان دارد مدل هارتل - هاوکینگ پایدار نباشد.

1. https://www.einstein-online.info/en/spotlight/quantum_cosmo_path_integrals/
2. Hassan Bolouri, Quantum Cosmos: The Origin of the Universe
۲. حسن بلوری، 'کیهان کوانتومی - منشاء هستی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه ژوئیه سال ۲۰۲۳
3. Hassan Bolouri, Quantum Gravity
۳. حسن بلوری، 'گرانیش کوانتومی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۳
4. Hassan Bolouri, Classical spacetime
۴. حسن بلوری، 'فضازمان کلاسیک'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه اکتبر سال ۲۰۲۵
5. Hassan Bolouri, Quantum spacetime
۵. حسن بلوری، 'فضازمان کوانتومی - کوانتیزاسیون هندسه'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه دسامبر سال ۲۰۲۵
6. Hassan Bolouri, The big problems of the universe: The non-existence of time
۶. حسن بلوری، 'مسایل بزرگ جهان هستی - عدم وجود زمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۴
7. Hassan Bolouri, Vacuum and its structure – a discussion about “Nothing”
۷. حسن بلوری، 'خلاء و ساختار آن - بحثی در باره "هیچ"'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه آوریل سال ۲۰۲۳
8. Hassan Bolouri, Milkomeda
۸. حسن بلوری، 'پیوندی در غیاب ما - تلنگری به اندیشیدنمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه فوریه سال ۲۰۱۹
9. Hassan Bolouri, Why is there something rather than nothing?
۹. حسن بلوری، 'چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟ - ماده و پادماده'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان ماه آوریل سال ۲۰۲۰
10. Hassan Bolouri, Gravitational Wave and Spacetime
۱۰. حسن بلوری، 'امواج گرانشی و فضازمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه سال ۲۰۲۶
11. Hassan Bolouri, The big problems of the universe - origin and nature of dark matter
۱۱. حسن بلوری، 'مسایل بزرگ جهان هستی - منشاء و چیستی ماده تاریک'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه سپتامبر سال ۲۰۲۴
12. Hassan Bolouri, The natural constants and epistemology
۱۲. حسن بلوری، 'ثابت‌های طبیعی و شناخت‌شناسی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان ماه فوریه سال ۲۰۲۱
13. Hassan Bolouri, Boundaries of Sensory Perception
۱۳. حسن بلوری، 'مرزهای ادراک حسی در شناخت بی‌واسطه'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه نوامبر سال ۲۰۲۰
14. Hartle, J.; Hawking, S. (1983). "Wave function of the Universe". Physical Review D. **28** (12): 2960.
15. Hassan Bolouri, **Symmetry**: the key to recognizing the cosmos
۱۵. حسن بلوری، 'تقارن: کلید شناخت کیهان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۰