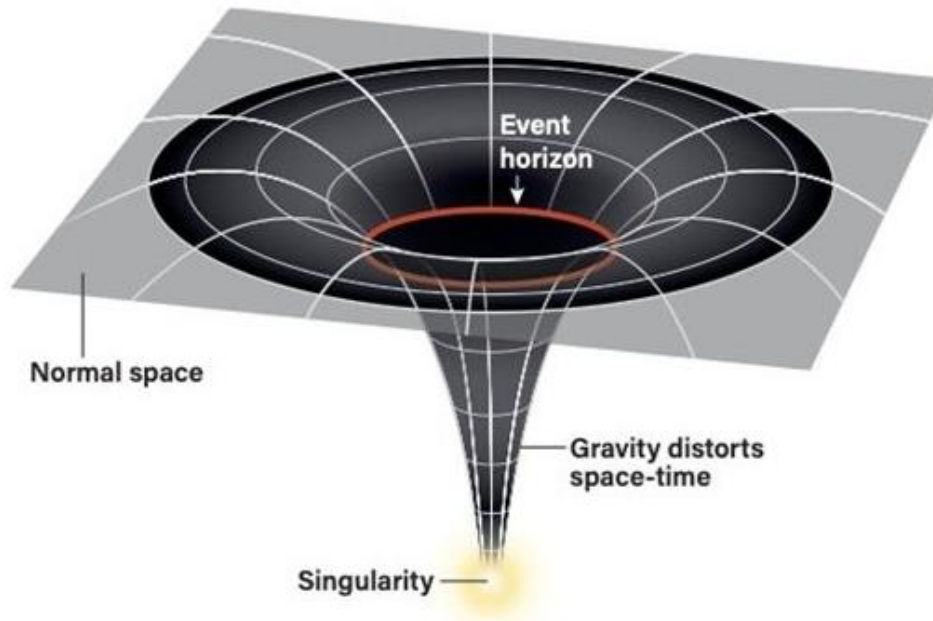


محدودیت‌های شناختِ فضا-زمان



The limitations of our knowledge of spacetime¹

نظریه نسبیت عام می‌گوید: ماده، هندسه فضا-زمان را شکل می‌دهد و فضا-زمان، مسیر حرکت ماده را تعیین می‌کند. اما، این هم‌کنشی ماده و فضا-زمان ناشی از چیست؟

فشرده

توصیف مدرن جهان هستی استوار بر دو نظریه اساسی از قرن بیستم است^۲: نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی. اهمیت این دو نظریه در آنست که می‌توانند، هر کدام در گستره‌ی خود، جهان هستی را با دقت بسیار بالایی توصیف کنند. با این حال، این خواست نیز مطرح است که بتوان جهان هستی را فقط با یک نظریه توصیف کرد. این خواست برخاسته از باور و نگرشی است که جهان هستی را یکتا و درهم‌تنیده می‌داند. اما، اجرای چنین خواستی، اگر اصولن امکان‌پذیر باشد، وابسته به امکان برطرف کردن محدودیت‌های شناخت فضا-زمان^{۳،۴،۵،۶} و کاستی‌های نظریه کوانتومی^{۷،۸} است.

نظریه نسبیت عام براساس اصل هم‌ارزی جرم گرانشی و جرم لختی بنا شده و هم‌کنشی ماده و فضا-زمان را در شکل کلاسیک، با کمیت‌های پیوسته، بیان می‌دارد. این نظریه هیچ هم‌نوایی با نظریه کوانتومی ندارد، با اصل عدم قطعیت ناآشناست و توان توصیف بخش‌هایی از فضا-زمان به نام تکینگی را ندارد. تکینگی، به بخش‌هایی از فضا-زمان گفته می‌شود که نظریه نسبیت عام در آن بخش‌ها اعتبار خود را از دست می‌دهد، مانند محدوده‌ی سیاه‌چاله‌ها و انفجار بزرگ.

نظریه کوانتومی با پیش‌فرض فضا-زمان پیوسته (!؟) و تخت، یعنی کلاسیک، به‌عنوان پس‌زمینه (!؟) آن بنا شده است. مفهوم‌های این نظریه، به‌ویژه مفهوم واقعیت^۹ هم‌چنان از زمان بنای آن مورد تعبیر و تفسیر است. با این همه، باور براین است که توسعه نظریه کوانتومی و به موازات آن کوانتیزه کردن نظریه نسبیت عام می‌تواند زمینه‌ی وحدت این دو نظریه را فراهم کنند. با این استدلال که جهان هستی از ماده و انرژی بنا شده که هر دو کوانتومی (دانه دانه)^{۱۰} هستند. این امکان، یعنی ارایه یک نظریه کوانتومی توسعه یافته‌تر که گرانش را نیز شامل شود، خارج از تصور نیست: نظریه‌ای به نام نظریه گرانش کوانتومی^{۱۱} با توان توضیح هم‌کنشی کوانتومی ماده و فضا-زمان و یکتا و درهم‌تنیده بودن جهان هستی.

در اینجا این پرسش مطرح است که برای رسیدن به خواست‌های نامبرده چه روشی را باید پیشه کرد: روش بازکوشی (استقرایی) یا روش سنجشی (قیاسی)؟ و اصولن، آیا ما در انتخاب یکی از آنها آزادی عمل داریم؟

در این مقاله می‌خواهیم پس از پیشگفتار، به محدودیت‌های شناخت فضا-زمان در رابطه با ماده بسان اختلاف در ساختارهای نظری، محدودیت در مشاهده مستقیم پدیده‌ها، باز بهنجارسازی نظریه میدان‌های کوانتومی و مسئله‌ی زمان بپردازیم

گزاره‌های علمی نیاز به مفهوم، به معنای فهمیده شده، دارند. آیا ما مفهوم‌های ماده و فضا زمان را درست فهمیده‌ایم؟ به نظر چنین نمی‌آید. چرا که اگر چنین بود، بایستی می‌توانستیم این دو مفهوم و هم‌کنشی آنها را با فقط یک نظریه توصیف کنیم. در حالی که اکنون دو نظریه، نظریه نسبیت عام برای توصیف دنیای ماکروسکوپی (جهان فراسوی اتم‌ها) و نظریه کوانتومی برای توصیف دنیای میکروسکوپی (جهان اتم‌ها و زیر اتم‌ها) را داریم. این حالت نشان از درک ناکامل ما از مفهوم‌های فضا زمان، ماده و هم‌کنشی آنها دارد. از جمله و به‌ویژه به این خاطر که نظریه نسبیت عام، کمیت‌ها را پیوسته و نظریه کوانتومی آنها را گسسته می‌دانند. این وضعیت بخوبی ناهم‌نوایی این دو نظریه را نشان می‌دهد.

نظریه نسبیت عام، بدون پس‌زمینه در شکل فضا زمان پیوسته ۴ بعدی انحنادار، یعنی فضا زمان ریمانی ویژه، در رابطه با ماده و انرژی بر اساس اصل هم‌ارزی جرم گرانشی و جرم لختی بنا شده است. این نظریه در مقطع تکینگی، یعنی در محدوده سیاه‌چاله‌ها، اجسام آسمانی مشابه و انفجار بزرگ، با مسئله کمیت‌های بینهایت، مانند چگالی بی‌نهایت و یا انرژی بی‌نهایت، مواجه است که در علم فیزیک، بعکس ریاضیات، بی‌معنا و پذیرفتنی نیستند.

نظریه کوانتومی، با پیش‌فرض فضا زمان پیوسته ۴ بعدی تخت، یعنی فضا زمان مینکوفسکی، به عنوان پس‌زمینه‌ی آن بنا شده است. این در حالی است که بناست این نظریه، با کمیت‌های ناپیوسته، یک نظریه بنیادی و زیربنایی برای کل علم فیزیک و جهان هستی باشد.

نکات ذکر شده نشان می‌دهند که ما مفهوم‌های فضا زمان و ماده و همچنین هم‌کنشی این دو را درست نفهمیده‌ایم. از این‌رو، تلاش برای فهم آنها و در ادامه آمیزه (تلفیق) نظریه نسبیت عام با نظریه کوانتومی در راستای ارایه یک نظریه فراگیر به نام نظریه گرانش کوانتومی و یا تحت هر نام دیگری اجتناب‌ناپذیر است. نظریه‌ای که توان توصیف هم‌کنشی ماده، فضا زمان و محدوده انفجار بزرگ، سیاه‌چاله‌ها و اجسام مشابه را داشته باشد. یعنی، بیانگر حالت‌هایی باشد که در آنها اثر گرانشی و اثر کوانتومی هم‌زمان حضور دارند. بی‌گمان، در صورت بنای یک چنان نظریه‌ای لازم است، درستی یافته‌های آن در تجربه نشان داده شود - حتماً اگر لازم باشد به صورت غیرمستقیم.

توضیحات ارایه شده نشان می‌دهند که جهان هستی، زمانی رضایت‌بخش توصیف شده محسوب می‌شود که شناخت دزستی از مفهوم‌های ماده، فضا زمان، و هم‌کنشی آنها، به‌ویژه در حالت‌هایی هم‌زمان با اثر گرانشی و اثر کوانتومی داشته باشیم.

به نظر، یکی از بایستگی‌ها برای دستیابی به چنان توصیفی وحدت دو نظریه نامبرده از طریق کوانتیزه کردن نظریه نسبیت عام و توسعه‌ی نظریه کوانتومی است. به این خاطر که جهان هستی از انرژی و ماده در شکل کوانتا (ذره‌ها) بنا شده است و نه به شکل پیوسته، آن‌گونه که در نظریه نسبیت عام تصور شده است. اما، دهه‌ها سال تلاش فیزیکدان‌ها در راستا برای برپایی چنان نظریه‌ای تاکنون به نتیجه‌ی دلخواه نینجامیده است.

پیش از ورود به بحث 'محدودیت‌های شناخت فضا زمان' لازم است ابتدا با مفهوم واگرایی (divergence)، دور شونده، جدا شونده) آشنا شویم. سپس توضیحاتی در باره‌ی دو مفهوم مهم در رابطه با نظریه میدان‌های کوانتومی، یعنی مفهوم 'ساماندهی (regularization)' و مفهوم 'باز بهنجارسازی (renormalization)' ارایه دهیم. و در ادامه به مفهوم 'غیر قابل باز بهنجارسازی (not renormalizable)' بپردازیم.

مفهوم واگرایی

مفهوم واگرایی در این مقاله معنای انحراف از یک جهت مشترک، دور شدن از یک نقطه مشترک و یا نبود امکان نزدیک شدن به یک حد مشترک را دارد. این مطلب در ارزیابی کمیت‌های نظریه میدان‌های کوانتومی بسیار حائز اهمیت است. در این ارزیابی‌ها اغلب با نتایج غیر قابل پذیرش، یعنی کمیت‌های بی‌نهایت که در علم فیزیک بی‌معنا هستند، مواجه‌ایم. بروز بی‌نهایت‌ها در نظریه کوانتومی مشکل بزرگی بود که فیزیکدان‌ها در نیمه دوم قرن گذشته با آن مواجه بودند.

برای دوری از واگرایی‌ها، یعنی نتایج بی‌معنا و کسب نتایج معنادار، روش‌هایی نوآوری (ابداع) شدند که در زیر به آنها می‌پردازیم. اما، پیش از آن می‌خواهیم بدانیم دلیل فیزیکی بروز واگرایی‌ها (بی‌نهایت‌ها) در نظریه میدان‌های کوانتومی چیست؟

"واگرایی اغلب در توسعه اختلال نظریه میدان‌های کوانتومی (the disrupted development of the theory) مشاهده می‌شود. البته، توسعه اختلال می‌تواند به یک نظریه مؤثر (effective theory) بیانجامد. نظریه مؤثر، یک نظریه اساسی‌تر را خلاصه یا ساده می‌کند. نظریه مؤثر فقط در محدوده انرژی ویژه‌ای معتبر است. اندازه این انرژی می‌تواند بسیار بزرگ باشد، اما بی‌گمان محدود است. انرژی‌های خارج از محدوده در نظر گرفته نمی‌شوند. این نوع انرژی‌ها در توسعه ریاضی نظریه میدان‌های کوانتومی دخیل‌اند و سبب بروز بی‌نهایت‌ها می‌شوند. روش تعیین مقیاس انرژی که نظریه کوانتومی نسبت به آن فرمول‌بندی می‌شود، باز بهنجارسازی نام دارد." با این روش می‌توان واگرایی‌ها در نظریه میدان‌های کوانتومی را برطرف کرد و به نتایج فیزیکی معنادار دست یافت.

مفهوم ساماندهی

منظور از مفهوم ساماندهی (regularization) در این مقاله، پیرایش عبارات بی‌نهایت نظریه میدان‌های کوانتومی (واگرایی‌ها) است. برای معنابخشی به نتایج ارزیابی‌های کوانتومی، روش‌های مختلفی نوآوری (ابداع) شده‌اند، مانند انتخاب یک گستره (پیمانه، سنج، مقیاس) انرژی.

"ساماندهی، نظریه کوانتومی را محدود به یک گستره انرژی در اندازه بازبهنجارش می‌کند. پیرایش پرتوهای (انرژی‌های) خارج از گستره انرژی در نظر گرفته شده می‌تواند با تعریف دوباره پارامترها، مانند اجرام (masses) یا ثابت‌های پیوند (coupling constants)، بررسی شوند."^{۱۰}

مفهوم بازبهنجارسازی

مفهوم بازبهنجارسازی (renormalization): گفتیم که در نظریه میدان‌های کوانتومی با کمیت‌های بی‌نهایت مواجه هستیم. این کمیت‌ها امکان بازتعریف نظریه میدان‌های کوانتومی را نمی‌دهند. برای قابل بازتعریف (renormalizable) نمودن آنها می‌توان از روش ساماندهی، یعنی برگزیدن یک گستره انرژی ویژه برای یک نظریه میدان (field theory) که نظریه کوانتومی نسبت به آن قابل بازتعریف می‌شود، بهره‌جست. این امکان زمانی وجود دارد که بشود انرژی‌ای را که نظریه میدان در گستره آن فرمول‌بندی می‌شود مشخص کرد.

روش بازبهنجارسازی نخستین‌بار در قرن گذشته در نظریه میدان‌های الکترودینامیک کوانتومی برای حل انتگرال‌های بی‌نهایت بکار گرفته شد. از این روش برای دستیابی به پاسخ‌های تقریبی در مسائلی که پاسخ دقیق آنها قابل دسترسی نیستند یاری‌جسته می‌شود. این روش در فیزیک تحت عنوان نظریه توسعه اختلال و در ریاضیات نظریه اختلال (perturbation theory) معروف است.

غیرقابل بازبهنجارسازی

تجربه نشان می‌دهد که نظریه کوانتومی، بعکس نظریه کلاسیک، غیرقابل بازبهنجارسازی (not renormalizable)، غیرقابل بازتعریف، است. به این دلیل که نظریه کوانتومی با کمیت‌های واگرا، بی‌نهایت‌ها، که در علم فیزیک محلی از اعراب ندارند مواجه است. از این‌رو، بازبهنجارسازی در نظریه کوانتومی امریست اجتناب‌ناپذیر. به‌همین خاطر، برای قابل بازتعریف کردن نظریه کوانتومی روش بازبهنجارسازی نوآوری (ابداع) شد. در این روش، همان‌گونه که پیش‌تر گفتیم از یک نظریه میدان (field theory) با گستره انرژی مشخص که نظریه کوانتومی نسبت به آن قابل بازبهنجارسازی است، استفاده می‌شود.

مسئله‌ی کوانتیزه کردن نسبیت عام

گفتیم، باور بر اینست که جهان هستی یکتا و درهم‌تنیده است. اگر واقعاً چنین باشد، شاید بتوان آن را فقط با یک نظریه علمی توصیف کرد. اما، در حال حاضر ما دو نظریه، یکی برای توصیف جهان ماکروسکوپی، یعنی نظریه نسبیت عام، و دیگری برای توصیف جهان میکروسکوپی، یعنی نظریه کوانتومی، را داریم. و این در حالیست که روشن شده، جهان مادی از انرژی و ماده که هر دو در بنیاد، حالت کوانتومی (دانه دانه) دارند بنا شده و توسط نظریه کوانتومی توصیف‌پذیر می‌باشد. به‌همین خاطر، نظریه کوانتومی، بنیادی‌تر از نظریه نسبیت عام ارزیابی می‌شود. از این‌رو، تلاش برای کوانتیزه کردن نظریه نسبیت عام با هدف ایجاد وحدت با نظریه کوانتومی و ارایه نظریه‌ای با توان توصیف محدوده انفجار بزرگ، سیامچاله‌ها، اجسام مشابه و کل جهان هستی در شکل یک سیستم یکتا و درهم‌تنیده، در جریان است.

با توجه به نکات ذکر شده، می‌پرسیم: آیا نظریه نسبیت عام به‌عنوان یک نظریه کلاسیک، با کمیت‌های پیوسته و ناآشنا با اصل عدم قطعیت، قابل کوانتیزه شدن می‌باشد؟ آیا این‌که این نظریه تاکنون کوانتیزه نشده است به‌خاطر شناخت ناکافی از جمله از مفهوم‌های ماده، فضا-زمان و هم‌کنشی آنهاست؟ آیا این ناشناخته شده‌ها مانع از وحدت نظریه نسبیت عام با نظریه کوانتومی هستند؟

آیا ممکن است بتوان نظریه نسبیت عام را با روش بازبهنجارسازی، کوانتیزه کرد؟ یا این‌که این نظریه اصولاً غیرقابل کوانتیزه شدن است؟

در صورتی‌که کاملان روشن شود که نظریه نسبیت عام قابل کوانتیزه شدن نیست و در عین حال ما همچنان به یکتا و درهم‌تنیده بودن جهان هستی باور داشته و خواهان توصیف آن فقط با یک نظریه باشیم، در این‌صورت طبیعیست که به فکر رامحل‌های دیگری به‌غیر از کوانتیزه کردن نظریه نسبیت عام باشیم.

به‌همین خاطر، بعضی از فیزیکدان‌ها به فکر نظریه‌ای به نام نظریه ریسمان‌ها افتادند. اما، آنها نیز با تمام تلاش‌هایی که تاکنون انجام داده‌اند، نتوانستند نتیجه فیزیکی قابل‌پذیرشی ارایه کنند.

در زیر می‌خواهیم با گروهی از محدودیت‌های شناخت فضا-زمان مرتبط با ماده و مشکلات برطرف کردن آنها و همچنین مسئله زمان آشنا شویم.

محدودیت در مشاهده مستقیم

یکی از محدودیت‌های شتخت فضا زمان، نبود امکان مشاهده هم‌کنشی آن با ماده در ابعاد کوانتومی، یعنی در محدوده مقیاس پلانک حدود 10^{-35} متر است. در این مقیاس، مسائلی مانند شکل‌گیری سیاهچاله‌ها از سازه‌های ریز مطرح است.^۸ برای ارزیابی این محدوده نیاز به انرژی‌های بسیار بالایی است که در اختیار نداریم. از این‌رو، در حال حاضر جز بررسی‌های نظری و آزمایش‌های فکری امکان دیگری برایمان وجود ندارد. روشن است که در صورت کسب نتایجی از این راه، لازم است که درستی آنها در تجربه نشان داده شود تا پذیرفته شوند.

محدودیت در ساختارهای نظری

همان‌گونه که پیش‌تر گفتیم، نظریه نسبیت عام بافت کلاسیک دارد و با پیش‌فرض کمیت‌های پیوسته، مانند فضا زمان پیوسته بنا شده است. این نظریه توان توصیف رویدادهای دنیای ماکروسکوپی در فضا زمان انحنادار (هندسه ۴ بعدی ریمانی ویژه، یعنی با ۳ بعد فضا و ۱ بعد زمان) را دارد.

در مقابل، نظریه کوانتومی بر اساس کمیت‌های فیزیکی ناپیوسته، مانند ذرات و انرژی‌های گسسته، بنا شده است. اما، این نظریه نه بر مبنای فضا زمان کوانتومی بلکه با پیش‌فرض فضا زمان پیوسته (هندسه ۴ بعدی مینکوفسکی) به عنوان پس‌زمینه‌ی آن بنا شده است. با این همه، نظریه کوانتومی به‌طور کلی توان توصیف رویدادهای دنیای میکروسکوپی در ابعاد اتمی و زیر اتمی را دارد.

ناهم‌نوایی ساختار نظریه نسبیت عام با ساختار نظریه کوانتومی مانع از آنست که بتوان این دو نظریه را بر مبنای ساختاری یکسان ارایه نمود.

محدودیت در شناخت دقیق کمیت‌ها

اندازه‌گیری بر روی یک سیستم کوانتومی^{۱۱} باعث فروپاشی تابع موجی سیستم می‌شود، یعنی حالت اولیه سیستم را تغییر می‌دهد. این گفته به معنای آنست که امکان کسب اطلاع از حالت واقعی، حالت اولیه سیستم وجود ندارد. بی‌گمان، چنین وضعیتی نمی‌تواند چه از نظر علم فیزیک و چه از نظر دانش فلسفه رضایت‌بخش باشد. با این حال، باید پذیرفت که این وضعیت واقعیت دارد و هیچ راه گریزی از آن نیست. واقعیتی که بیان از ذات و ویژگی دنیای کوانتومی دارد. دنیایی که نمی‌توان واقعیت‌های آن را آن‌گونه که هستند، تشریح کرد.

در اینجا لازم می‌دانم بر این نکته‌ی مهم تاکید کنم: اصل عدم قطعیت^۹ نظریه کوانتومی برای اندازه‌گیری دقیق و هم‌زمان یک جفت کمیت‌های (ویژگی‌های) فیزیکی یک ذره کوانتومی، برای مثال مکان و تکانه یک ذره الکترون، محدودیت قایل است. بسیار حائز اهمیت است که بدانیم، این محدودیت نه ناشی از ضعف در فن اندازه‌گیری بلکه گویای ذات دنیای کوانتومی است که امکان شناخت دقیق هم‌زمان چنان کمیت‌هایی را نمی‌دهد. این امر مهم را می‌باید همواره در بحث‌ها و تعبیر و تفسیرهای مفهوم‌های کوانتومی، نتایج اندازه‌گیری‌های کوانتومی و واقعیت‌های کوانتومی در نظر داشت. دنیای کوانتومی دنیای عدم قطعیت‌هاست.

محدودیت در نظریه توسعه اختلال

یکی از مسایل مهم و مطرح در نظریه میدان‌های کوانتومی اینست که این نظریه اغلب، بعکس نظریه میدان‌های کلاسیک، قابل بازتعریف نیست.

برای بازتعریف نمودن نظریه میدان‌های کوانتومی، همان‌گونه که پیش‌تر توضیح دادیم، از نظریه‌ی توسعه اختلال بهره جسته می‌شود. ضرورت این کار از آنجا ناشی می‌شود که در نظریه میدان‌های کوانتومی کمیت‌های بی‌نهایت (واگرایی) ظاهر می‌شوند که معنای فیزیکی ندارند. وضعیتی که نشان از غیرقابل بازتعریف بودن نظریه میدان‌های کوانتومی دارد. از این‌رو، برای بازتعریفی آن از روش ساماندهی که نظریه کوانتومی را محدود به یک گستره انرژی در اندازه بازبهنجارش می‌کند استفاده می‌شود.

"دلیل فیزیکی غیرقابل بازتعریف بودن نظریه میدان‌های کوانتومی حضور کمیت‌های واگرا هستند. توسعه‌ی اختلال یک نظریه کوانتومی هم‌کنشی، نظریه‌ایست به نام نظریه مؤثر (effective theory)."

نظریه مؤثر، به نظریه‌ای گفته می‌شود که یک نظریه‌ی اساسی‌تر را به صورت ساده یا خلاصه شده بیان می‌دارد. نظریه مؤثر در محدوده‌ی توسعه داده شده، در محدوده کاربرد، نظریه‌ای است که تقریب خوبی از پدیده‌های مشاهده شده ارایه می‌دهد. اندازه‌ی انرژی‌های در نظر گرفته شده برای توسعه اختلال می‌تواند بسیار بزرگ باشد، اما بی‌گمان (قطعاً) محدود است.

در توسعه‌ی ریاضی نظریه کوانتومی، انرژی‌هایی خارج از محدوده‌ی توسعه حضور دارند. این انرژی‌ها ایجاد نتایج بی‌معنا (واگرایی) می‌کنند...^{۱۲،۱۰}

محدودیت در مسئله زمان

اینشتین می‌گوید:

"توجیه یک مفهوم فیزیکی فقط مبتنی بر رابطه‌ی روشن و بدون ابهام آن با واقعیت‌های ملموس است." ^{۱۳}
از آنجا که توجیه بدون ابهام برای گویه زمان وجود ندارد، اینشتین بدروستی معتقد است که "زمان توهمی بیش نیست." ^{۱۴}
زمان در فیزیک نیوتنی کمیتی مطلق پنداشته شده که خودبه‌خود و یکنواخت روان است. ^{۱۵،۴}
نظریه نسبیت خاص اینشتین، پنداشت نیوتن از زمان مطلق را که ذکری از رازی هفصد سال پیش از نیوتن از آن سخن گفته بود، ^{۴،۴} نادرست می‌داند.
نظریه نسبیت خاص، زمان را همزمان‌سازی ساعت‌ها تعریف و جریان آن را خطی ارزیابی می‌کند. این نظریه نشان می‌دهد:
برای دو سیستم مرجع با سرعت نسبی، (بازه) زمان در سیستم مرجع متحرک کندتر روان است تا در سیستم مرجع ساکن. ^۴
نظریه نسبیت عام اینشتین، (بازه) زمان را در رابطه با شدت میدان گرانشی (یا شتاب) می‌داند. به این معنا که هر اندازه میدان گرانشی در مکانی قوی‌تر باشد، به همان اندازه نیز (بازه) زمان در آن مکان کندتر جاری است و بعکس. ^۴
در نظریه کوانتومی، اصل عدم قطعیت مطرح است. این اصل، برای مثال برای بازه‌ی ΔT و انرژی ΔE این چنین رابطه‌ای قائل است: $\Delta E \Delta T \geq \frac{\hbar}{2}$. این رابطه می‌گوید:

هرچه بازه‌ی زمان دقیق‌تر سنجیده شود به همان میزان اندازه انرژی غیردقیق‌تر سنجیده خواهد شد و بعکس.

در مقاله ^{۱۶} توضیح دادیم که هیچ متغیر شناخته شده‌ای به نام زمان در معادله معروف ویلر - دویت (Wheeler-DeWitt equation) وجود ندارد. در این معادله فقط صحبت از یک فاکتور داخلی به نام زمان درونی ^{۱۷} (بازه‌ی زمان درونی) می‌باشد.

در مقاله ^{۱۶} ذکر شده، نبود زمان را مورد بحث قرار دادیم و گفتیم که منظور از زمان در واقع بازه‌ی زمان است و نه مفهومی به نام زمان.

نکات بیان شده به روشنی نشان از نارسایی‌ها در فهم گویه زمان دارند. به همین خاطر، این گویه در طول تاریخ همواره مورد بحث بوده و می‌باشد، به‌ویژه در دانش فلسفه.

نتیجه

محدودیت‌های ذکر شده در بالا نشان از فهم کاستی‌مند (ناقص) ما از مفهوم‌های ماده، فضا-زمان و هم‌کنشی آنها دارند. به بیان دیگر، در حال حاضر ما توان توضیف عملکرد همه جانبه طبیعت در چارچوب یک نظریه که تمام نیروهای اساسی شناخته شده را دربرگیرد نداریم.

در واقع، آنچه ما اکنون در اختیار و می‌دانیم داریم، دو نظریه اساسی علم فیزیک از قرن بیستم هستند: نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتومی. در عین حال، روشن شده است که هر کدام از این نظریه‌ها فقط بخشی از جهان هستی را توصیف می‌کنند: نظریه نسبیت عام بخش ماکروسکوپی و نظریه کوانتومی بخش میکروسکوپی را.

با این حال، می‌توان امیدوار بود که دیر یا زود موفق خواهیم شد محدودیت‌های برشمرده در بالا را بنحوی برطرف کرده، اسرار گیتی را کشف نموده و آنها را در یک نظریه فراگیرتر از دو نظریه نامبرده توصیف کنیم. به قول اینشتین، شگفت‌انگیز این است که می‌توان کتاب اسرار طبیعت را خواند.

مراجع

1. https://www.astronomy.com/wp-content/uploads/sites/2/2023/02/ASYST0121_02.jpg

2. Hassan Bolouri, The mystery of spacetime, relativity and quantum

۲. حسن بلوری، 'معمای فضا-زمان - نسبیت و کوانتوم'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان. ماه ژوئن سال ۲۰۲۵

3. Hassan Bolouri, The Concept of Space

۳. حسن بلوری، 'مفهوم فضا'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه ژوئیه ۲۰۲۰

4. Hassan Bolouri Time: What is it and how did it come into the world?

۴. حسن بلوری، 'زمان چیست و چگونه به دنیا آمد؟'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه دسامبر سال ۲۰۱۹

5. Hassan Bolouri, The origin of space and time

۵. حسن بلوری، 'خاستگاه فضا و زمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه مارچ سال ۲۰۲۱

6. Hassan Bolouri, The illusion of space and time

۶. حسن بلوری، 'توهم فضا و زمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه نوامبر سال ۲۰۲۱

7. Hassan Bolouri, Quantum gravity

۷. حسن بلوری، 'گرانش کوانتومی'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۳

8. Hassan Bolouri, The day without yesterday, graininess of the space and time, string theory

۸. حسن بلوری، 'روز بدون دیروز، دانه دانه بودن فضا و زمان، نظریه ریسمان‌ها'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه ژوئیه سال ۲۰۲۱

9. Hassan Bolouri, The Concept of Reality in Quantum Theory

۹. حسن بلوری، 'مفهوم واقعیت در نظریه کوانتوم'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه اکتبر سال ۲۰۲۰

10. <https://de.wikipedia.org/wiki/Renormierung>

11. Hassan Bolouri, The concept of measurement in QT

۱۱. حسن بلوری، 'مفهوم اندازه‌گیری در نظریه کوانتوم'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه ژانویه سال ۲۰۲۱

12. [https://en.wikipedia.org/wiki/Regularization_\(physics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Regularization_(physics))

13. <https://archive.spectator.co.uk/article/23rd-april-1921/19/the-einstein-theory>

14. Pierre Speziali (Hrsg.): Albert Einstein – Michele Besso. Correspondences 1903–1955. Hermann, Paris 1972

15. Isaac Newton, Mathematische Prinzipien der Naturlehre, wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1963

16. Hassan Bolouri, The big problems of the universe: The non-existence of time

۱۵. حسن بلوری، 'مسائل بزرگ جهان هستی - عدم وجود زمان'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه می سال ۲۰۲۴

17. Andrei Linde, Elementarteilchen und inflationärer Kosmos, Spektrum Akademie Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford 1993

XX