

خاستگاهِ فضا و زمان



The origin of space and time¹

فشرده

شواهد تاریخی نشان می‌دهند که دانش فلسفه و علم فیزیک مُدام در حال توسعه هستند. اما آنچه در این میان مشهود و قابل تأمل است ناروشنی منشاء مفهوم‌های مشترک و اساسی آن‌ها، یعنی فضا و زمان، است. به همین خاطر نمی‌توان فلسفه و فیزیک را تا روشن شدن خاستگاه این مفاهیم بنیادی کامل دانست. آنچه در حال حاضر تحت مفهوم فضا و زمان فهمیده می‌شود محدود است به سلوک آن‌ها و نه بیشتر. به بیان دیگر، نظریه‌های بزرگ علم فیزیک، نسبیت و کوانتوم، نیز (با تمامی موفقیت‌های چشمگیری که در طول یک قرن گذشته در عرصه‌های گوناگون علمی و فنی کسب نموده‌اند) قادر به توضیح خاستگاه مفهوم‌های فضا و زمان نیستند.

البته هنوز این امیدواری وجود دارد که بتوان با توسعه‌ی نظریه‌های موجود منشاء مفاهیم فضا و زمان را توضیح داد. در غیر این صورت تنها راه برون‌رفت از وضعیت موجود ارائه نظریه‌ای بنیادی‌تر از آنچه تاکنون می‌شناسیم است. نظریه‌ای که بتوان با یاری آن هم منشاء مفاهیم اساسی فلسفه و فیزیک را توضیح داد و هم به آرزوی دیرینه وحدت میان نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم جامعه عمل پوشاند. با این چشم‌داشت که بتوان از این طریق به مسائلی در نظریه نسبیت، مانند تکینگی (singularity) و سیاهچاله‌ها، پاسخ داد و احیاناً به فیزیک مادون پلانک دست‌یافت (و به مسئله بیگ‌بنگ، چنانچه اصولاً چنین چیزی صحت داشته باشد، پرداخت). به‌منظر برای ارائه یک چنان نظریه‌ای نیاز به مفهوم‌های بنیادی‌تری از فضا و زمان است. اگر چنین باشد از کجا و چگونه می‌توان دانست که چیزی بنیادی‌تر از مفاهیم فضا و زمان وجود دارد؟

کوشش خواهیم کرد به این پرسش‌ها در طول زمان و تا آنجا که علم عصر ما اجازه می‌دهد پاسخ دهم. در مقاله حاضر می‌خواهیم با یکی از راه حل‌ها برای نشان دادن آماری بودن فضا و زمان، ناپیوسته بودن فضا و زمان، آشنا شویم.

پیش‌گفتار

در مقاله "مفهوم فضا"^۲ و مقاله "مفهوم زمان"^۳ توضیحات لازم در باره‌ی فضا و زمان مطلق و فضا و زمان نسبیتی (خاص و عام) همراه با تاریخچه آن‌ها ارائه شدند. در اینجا برای یادآوری به نقل قول‌هایی از مقاله "مفهوم فضا"^۲ اکتفا می‌کنم:

« فضا برای دانش فلسفه یک مؤلفه‌ی اساسی به‌حساب می‌آید. این‌که آیا فضا محدود است یا نامحدود، مطلق است یا نسبیتی، این‌که آیا اصولاً چیزی به نام فضا موجودیت دارد یا صرفاً رابطه‌ای میان موجودیت‌هاست و یا بخشی از یک چارچوب مفهومی، همواره در دانش فلسفه محل مناقشه بوده است. آنتولوژی و متافیزیک سعی در توضیح فضا مستقل از تجربه، و پدیدارشناسی در تجزیه و تحلیل فرم‌های تجربه شده‌ی آن، دارند. فضا در فیزیک نیوتنی مطلق محسوب می‌شود.

این نظریه را ابتدا جرج برکلی G. Berkeley، فیلسوف و کشیش ایرلندی (۱۶۸۵-۱۷۵۳)، ۲۰ سال پس از انتشار کتاب *اصول ریاضی علم طبیعت* از جانب نیوتن در سال ۱۶۸۶ نقد و رد نمود. علم فیزیک نوین فضا را مقوله‌ای نسبیتی می‌داند و آن را در نظریه‌های از اوایل قرن بیستم به نام نظریه‌ی نسبیت به اثبات رسانده است. ... یک مقوله در علم فیزیک تنها زمانی واقعی محسوب می‌شود که چیزی در جهان پدیده‌ها، قابل تعیین از طریق اندازه‌گیری، با آن مطابقت کند. با این معیار و با در نظر گرفتن اصل نسبیت خاص می‌توان نشان داد که هیچ نقطه‌ای در فضا نیست که بشود آن را علامت‌گذاری کرد، یعنی هیچ نقطه‌ای نیست که دارای عینیت مطلق باشد. ... نظریه‌ی گرانشی نشان می‌دهد که فضا (فضازمان) در اصل نه اقلیدسی، مسطح، بلکه نامسطح، ریمانی، یعنی خمیده است. اندازه‌ی خمیدگی فضا نمایانگر اندازه‌ی نیروی گرانشی است، نیروئی که تابع ماده‌ی موجود است...»^۲

مقاله‌های نامبرده نشان می‌دهند که نظریه نسبیت اینشتین یک‌بار برای همیشه بر باور به فضای یکسان و جاری شدن زمان بطور مساوی در گیتی، خط بطلان کشید.

در رابطه با مفهوم ماده و مفهوم واقعیت در مقاله "مفهوم ماده در فلسفه و علم"^۳ و مقاله "مفهوم واقعیت در نظریه کوانتوم"^۴ می‌خوانیم:

« تلاش برای برطرف کردن تضادهای بروز نموده از اواخر قرن نوزدهم و قرن بیستم در فهم و توضیح پدیده‌هایی از طبیعت که تا آن زمان عمدتاً با قوانین قرن هفدهم بررسی می‌شدند در نهایت منتهی به ارائه دو نظریه‌ی کاملاً جدید با پتانسیل بسیار بالا به نام نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم گردید. این نظریه‌ها نه تنها توانستند تضادهای موجود را برطرف کنند بلکه در طول تنها چند دهه سبب دست‌آوردهای علمی - صنعتی چنان عظیمی شدند که در کل تاریخ بشر بی‌نظیر است. با این حال باید گفت که نظریه‌های مزبور با مسائل نظری، تعبیری و ساختاری حل نشده‌ای مواجه هستند...»^۵

« فیزیک کوانتومی می‌کوشد با نظریه‌ها، مدل‌ها و طرح‌های کوانتومی اشکال مختلف ساختارها و عملکردها در دنیای میکروسکوپی را کشف کند. با آگاهی از این زیرساختارها می‌توان دنیای ماکروسکوپی را ریشه‌ای‌تر، مستدل به فیزیک استاتیستیکی (آماری) تشریح کرد و در ادامه گیهان را به‌عنوان یک سیستم واحد و در هم‌تنیده‌ی کوانتومی ملاحظه نمود...»^۶

حال پس از این توضیحات می‌خواهیم به موضوع مقاله‌ی حاضر، یعنی آماری یا ناپیوسته بودن فضا و زمان بپردازیم. این مطلب می‌تواند به حل موضوعی که تحت عناوین مختلف از جمله 'نظریه همه‌چیز' (theory of everything)، فرمول جهان (گیهان)، وحدت میان نظریه کوانتوم و نظریه نسبیت و یا 'مسئله‌ی وحدت نیروهای بنیادی' معروف است، یاری رساند. موضوعی که بزرگترین و دشوارترین مسئله‌ی فیزیک قرن گذشته و قرن حاضر محسوب می‌شود. تلاش فیزیکدان‌ها برای حل آن در طول صد سال گذشته به نتیجه‌ی مطلوب نیانجامیده است. سوی این‌که آیا چنان هدفی دست‌یافتنی است یا خیر، فیزیکدانانی معتقد هستند که اصولاً 'نظریه همه‌چیز' نمی‌تواند وجود داشته باشد.

جستجو برای پیدا کردن راه حلی برای مسئله وحدت میان نظریه کوانتوم و نظریه نسبیت از جمله به‌خاطر برطرف نمودن ناهنجاری‌های بروز نموده در این دو نظریه (بی‌اعتبار شدن نظریه نسبیت در مقطع تکنیکی از جمله به‌خاطر چگالی و دمای بی‌نهایت در این مقطع) و احیاناً کامل نبودن نظریه کوانتوم (غایب بودن جرم نویتروینو در مدل استاندارد، رفتار غیرمنتظره‌ی ذره کوارک بی و در این رابطه مطرح شدن نیروی بنیادی پنجم) ضروری است. احتمال داده می‌شود که این مسائل می‌توانند ریشه در تصور و تعریفی داشته باشند که ما از فضا و زمان، به‌ویژه در مقطع تکنیکی و بیگ‌بنگ، داریم. از این‌رو فیزیکدانانی معتقد هستند که شاید لازم است مفهوم‌های فضا و زمان کنار گذاشته شوند و از این طریق مشکل مشترک فیزیک و فلسفه (منشاء فضا و زمان) را با نوعی نظریه حل نمود که در آن اصولاً مفهوم‌های فضا و زمان محلی از اعراب ندارند، خواستی که به‌قول آلبرت اینشتین بی‌شبهات به نفس کشیدن در جایی بدون هوا نیست.

تذکر: به‌دلیل کوانتومی بودن ساختارها و همچنین پروسه‌ی اندازه‌گیری، کل دانش ما اساساً بطور بنیادی مبتنی بر داده‌های ناپیوسته (discrete)، داده‌هایی قابل شمارش (countable events) است. با این حال تجارب روزمره‌ی ما پیوسته بودن آن‌ها را به ما القاء می‌کنند، از جمله و به‌ویژه پیوسته بودن فضا و زمان را (تا مقیاس پلانک حدود 10^{-35} متر). تصور پیوسته بودن این دو مفهوم بی‌شبهات به تصویری نیست که ما از مفهوم انرژی تا آغاز قرن بیستم داشتیم. ولیکن فیزیک کوانتوم (پلانک) ناپیوسته بودن آن را نشان داد و این امر اکنون جزو بدیهیات محسوب می‌شود.

در جستجوی راه حل

در ابتدای مقاله مسئله ناروشن بودن منشاء مفاهیم فضا و زمان را مطرح کردیم و پرسیدیم که چگونه می‌توان از آن مطلع شد. از آنجا که تلاش فیزیکدان‌ها در طول یک قرن گذشته در این‌باره به نتیجه‌ی مطلوب نرسیده است نمی‌توان صحبت از پاسخ نهائی کرد. با این حال نتایج بدست‌آمده تاکنون چندان هم ناامید کننده نیستند. بی‌تردید راه حل‌ها یا نظریه‌های ارائه شده هر یک دارای نکات قوت و ضعف خاص خود هستند. در عین حال آن‌ها این شانس را هم دارند که از طریق توسعه قادر به پاسخ صحیح به پرسش ذکر شده باشند. در زیر به معرفی و توضیح یکی از این نظریه‌ها می‌پردازیم.

رابطه‌ی نسبیت و کوانتوم با علم ترمودینامیک

موضوع علم ترمودینامیک بررسی تغییرات خواص ماده و پرتو با دما است. چنانچه سیستم مورد بررسی از آن دنیای میکروسکوپی باشد در این صورت کنش و واکنش‌های میان اتم‌ها و مولکول‌ها با تغییر دما مدنظر هستند. اما اگر منظور پدیده‌های ماکروسکوپی باشند (حیطه عملکرد ترمودینامیک کلاسیک) در این صورت رفتار ماده و پرتو در شکل یک مجموعه، به‌عنوان یک سیستم واحد، بررسی می‌شود. یعنی، در این‌جا آگاهانه از ساختار درونی سیستم‌های ماکروسکوپی چشمپوشی می‌شود.^۶

لازم است تاکید شود که ترمودینامیک کلاسیک از جایگاه خاصی در میان بخش‌های مختلف علوم پایه (طبیعی) برخوردار است. اینشتین در باره آن می‌گوید:

«یک نظریه همان‌قدر شگفت‌انگیزتر است، هرچه فرضیه‌هایش ساده‌تر است، هرچه چیزهای متفاوتی را بهم ربط می‌دهد و هرچه دامنه‌ی کاربردش گسترده‌تر است. به‌همین دلیل ترمودینامیک کلاسیک تأثیر عمیقی بر من داشت. این تنها نظریه فیزیکی با محتوای عمومی است که مطمئن هستم مفهوم‌های اساسی آن در حیطه کاربردش هرگز اعتبار خود را از دست نخواهند داد.»^۷ (آلبرت اینشتین ۱۹۴۹)

پیش از معرفی و بیان نتایج حاصل از درهم‌تنیدگی سه حوزه علمی نامبرده (نسبیت، کوانتوم و ترمودینامیک) لازم است توضیحاتی را که در بخش تاریخچه سیاهچاله‌ها و قوانین مربوط به آن‌ها در مقاله "مفهوم ماده در تراکم‌های بسیار بالا"^۸ بیان کردم، یادآوری کنم. در آن‌جا می‌خوانیم:

«در سال ۱۹۷۱ Stephen Hawking ایده‌ی سیاهچاله‌ها را دقیق‌تر مورد بررسی قرار می‌دهد. در ادامه استفن هاوکینگ در سال ۱۹۷۴ به این نتیجه رسید که عملکرد سیاهچاله‌ها یک‌سویه نیست، یعنی آن‌ها تنها ماده‌ی اطراف خود را به‌خاطر نیروی گرانشی فوق‌العاده بالایشان به طرف خود نمی‌کشند، بلکه در طول زمان بسیار طولانی جرم خود را در شکل تابش گرمایی از دست می‌دهند، تبخیر می‌کنند. هرچه سیاهچاله بزرگتر باشد تبخیر محتوای آن کندتر و در نتیجه زمان‌برتر است. این گفته معنای آن نیز دارد که سیاهچاله‌ها به‌صورت ایده‌آل سیاه نیستند.»^۹

به این ترتیب معلوم می‌شود که نظریه نسبیت عام (نیروی گرانش) و نظریه کوانتوم و علم ترمودینامیک بنوعی باهم گره‌خورده و درهم‌تنیده هستند. این درهم‌تنیدگی امکان خاص و جالبی را برای بررسی پدیده‌های کوانتومی در اطراف سیاهچاله‌ها از جمله تابش گرمایی^۶ آن‌ها در اختیار ما قرار می‌دهد.

در ارتباط با این درهم‌تنیدگی مطلب مهمی آشکار می‌شود که برای درک بهتر آن لازم است نکاتی را پیشاپیش از مقاله "سازوکارها"^{۱۰} نقل قول کنم:

«سیستم‌های ایزوله همواره در تلاش برای دستیابی به حالت تعادل هستند، نیروی محرکه‌ی مربوطه را آنتروپی می‌گویند. در یک سیستم ایزوله حالت تعادل زمانی برقرار است که آنتروپی سیستم به بیشترین مقدار خود رسیده باشد. برای مثال وقتی دو گاز متفاوت ("زرد و آبی") در یک ظرف ایزوله شده قرارگیرند شروع به مخلوط شدن می‌کنند و این پروسه تا زمانی ادامه دارد که آنتروپی سیستم به حداکثر برسد، یعنی به حداکثر نانظمی به معنای مخلوط شدن کامل دو گازها.»^{۱۱} و در ادامه آمده است:

«قانون سوم ترمودینامیک: این قانون تحت نام قضیه نرنست (فیزیک و شیمیدان آلمانی Walter Nernst) نیز معروف است و می‌گوید: وقتی که انرژی یک سیستم به حداقل مقدار خود نزدیک می‌شود، آنتروپی سیستم نیز به مقدار حداقل نزدیک می‌شود. در حالت خاص در یک بلور کامل (تک-کریستال کامل و بی‌نهایت گسترش یافته) در دمای صفر کلونین، صفر مطلق، ذرات هیچ نوع نوسانی ندارند (یعنی انرژی آن‌ها برابر با صفر است) و در نتیجه نمی‌توان انتظار تغییراتی را در آنتروپی آن داشت (یعنی آنتروپی آن برابر با صفر است، پلانک). با کوچکترین انحراف در حالت بلور ایده‌آل محیط اطراف ذرات از حالت یکسان بودن خارج شده و ذرات دارای نوساناتی هرچند نازل خواهند بود (یعنی دارای انرژی و تغییرات آنتروپی).»^{۱۲} و در بخش پایانی همان مقاله می‌خوانیم:

«قوانین ترمودینامیک در نظریه نسبیت عام نشان می‌دهند که می‌توان سیاهچاله‌ها را با کمیت‌ها و قوانین مشابه آنچه از ترمودینامیک کلاسیک و جسم سیاه می‌شناسیم بررسی نمود. به این‌صورت که کمیت‌هایی، پارامترهایی، را تعریف کنیم که مطابقت با کمیت‌های شناخته شده در ترمودینامیک کلاسیک مانند دما و آنتروپی دارند.»^{۱۳}

در زیر پارامترها و قوانین مربوط به ترمودینامیک سیاهچاله‌ها را که در همان مقاله ذکر شده‌اند نقل قول می‌کنم:

«۱. قانون صفر (م) ترمودینامیک سیاهچاله‌ها: در یک سیاهچاله‌ی ثابت (stationary) گرانش سطح افق رویداد ثابت است.

(مطابقت گرانش سطح surface gravity با دما؛ مطابقت با طیف انرژی حرارتی اشعه هاوکینگ)^{۱۴}

۲. قانون اول ترمودینامیک سیاهچاله‌ها: پیوند کمیت‌های ترمودینامیکی دما، آنترپی، جرم و چرخش سیاهچاله باهم. (مطابقت با قانون بقاء انرژی)

۳. قانون دوم ترمودینامیک سیاهچاله‌ها: سطح افق رویداد یک سیاهچاله‌ی شکل‌گرفته از دو سیاهچاله، بزرگتر از جمع سطوح افق رویداد دو سیاهچاله است.

(مطابقت فرمال: آنترپی سیاهچاله‌ها را متناسب با سطح افق رویداد سیاهچاله‌ها دانستن. شبیه این بیان را در قانون دوم ترمودینامیک کلاسیک در مورد آنترپی دو سیستم، برای مثال دو گاز "زرد و آبی" داشتیم.)

۴. قانون سوم ترمودینامیک سیاهچاله‌ها: غیرقابل دسترسی بودن حالت گرانش سطح سیاهچاله برابر با صفر. (مطابقت با غیرقابل دسترسی بودن دمای صفر مطلق، صفر کلون).^۹

خبررسانی سیاهچاله‌ها

قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید یک ابژکت زمانی تابش گرمایی دارد که همزمان آنترپی آن رو به کاهش باشد. همین رابطه در مورد سیاهچاله‌ها نیز صدق می‌کند. یعنی، همزمان با تابش گرمایی آنترپی سیاهچاله کاهش می‌یابد و متناسب با کاهش آنترپی سطح افق رویداد سیاهچاله نیز تغییر می‌کند، کوچکتر می‌شود. اما زمانی که دو سیاهچاله باهم برخورد می‌کنند و تشکیل یک سیاهچاله را می‌دهند طبق قانون دوم ترمودینامیک سیاهچاله‌ها « سطح افق رویداد یک سیاهچاله‌ی شکل‌گرفته از دو سیاهچاله، بزرگتر از جمع سطوح افق رویداد دو سیاهچاله است.»^{۱۰} خواهد بود. یعنی، سطح افق رویداد متناسب با آنترپی تغییر می‌کند. لذا کاهش (و یا ازدیاد سطح افق رویداد) را می‌توان به مثابه نوعی گزارش، خبررسانی، از درون سیاهچاله تلقی نمود.

پیشتر گفتیم که استفن هاوکینگ در سال ۱۹۷۴ به این نتیجه رسید که عملکرد سیاهچاله‌ها نمی‌تواند یکسویه باشد، یعنی تنها ماده اطراف را بسوی خود بکشاند. او معتقد بود که اثرات کوانتومی در نزدیکی یک سیاهچاله سبب تابش گرمایی، تابش هاوکینگ، می‌شوند. به عبارت دیگر، در صورت صحت نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم، تابش هاوکینگ اجتناب ناپذیر است.

این مطلب حتی به فضای کاملاً خالی (خلاء کوانتومی) نیز قابل توسعه می‌باشد! برای مثال یک فضانورد شتابدار (accelerated astronaut) در فضایی کاملاً خالی می‌تواند در اطراف خود دمای ثابتی (heat bath, thermal bath) را حس کند. گرچه دمای مربوطه بسیار ناچیز و عملاً قابل اغماض است ولیکن از نظر علمی بسیار اساسی می‌باشد.^{۱۱} درک این موضوع که بیان از رابطه میان نظریه نسبیت و نظریه کوانتوم دارد نیازمند توضیح بیشتری است.

ویلیام آنرو، فیزیکدان نظری کانادایی متولد ۱۹۴۵، در سال ۱۹۷۶ پیش‌بینی شگفت‌انگیزی از رابطه نظریه میدان کوانتومی با تابش هاوکینگ ارائه داد که به اثر آنرو (Unruh effect) معروف است. این اثر می‌گوید:

یک آشکار ساز شتابدار یا یک ناظر شتابدار خواهد توانست تابش یک جسم سیا (ذراتی مانند فوتون، الکترون و پوزیترون) با دمای متناسب با شتاب را ملاحظه نماید و این در حالی است که یک آشکار ساز آخت یا یک ناظر آخت (دستگاه مرجع آخت، یعنی دستگاه مختصاتی که دارای شتاب نیست) قادر به مشاهده‌ی چنان پدیده‌ای نیست.

برای مثال یک آشکار ساز در فاصله ناچیزی از افق رویداد^{۱۲} یک سیاهچاله در معرض میدان گرانش قوی سیاهچاله است. معنای این گفته با در نظر گرفتن اصل هم‌ارزی گرانش و شتاب آن است که آشکار ساز مربوطه از شتاب بالایی برخوردار است. یعنی، می‌تواند نمایانگر (شاهد) تابشی با دمایی به نام دمای آنرو، اندکی کوچکتر از دمای زمینه ماکروویو کیهانی، باشد.

اثبات اثر آنرو به‌آسانی میسر نیست. به این دلیل که برای نمایش آن نیاز به شتابی است که قادر باشد آشکار ساز را در عرض یک میکروثانیه به سرعتی نزدیک سرعت نور برساند و این عملاً غیرممکن است. با این‌حال فیزیکدان‌ها از دانشگاه فنی وین (اتریش) با همکاری ویلیام آنرو و دیگر همکاران آزمایشی را در نظر گرفته‌اند تا بتوانند اثر آنرو را در سطح آزمایشگاهی بررسی نمایند. البته این آزمایش می‌باید در محیطی فوق سرد چگالش بور- اینشتین (۲۷۳/۱۴- درجه سانتی‌گراد، نزدیک صفر مطلق، Bose-Einstein condensate) صورت گیرد. در این حالت دیگر لازم نیست آشکار ساز را تا نزدیک سرعت نور شتاب داد بلکه می‌توان در سرعت و شتاب‌های پائین نیز اثر آنرو را نشان داد.^{۱۱} و^{۱۲}

فضازمان ناپیوسته (کوانتومی؟)

پیشتر گفتیم که طبق ترمودینامیک کلاسیک تابش گرمایی یک جسم سیاه همراه است با کاهش آنترپی جسم مربوطه و اضافه کردیم که این مطلب در باره سیاهچاله‌ها نیز صادق است. همچنین گفتیم که سطح افق رویداد سیاهچاله‌ها متناسب

است با آنتروپی آن‌ها. یعنی، هر چه سطح افق رویداد یک سیاهچاله بزرگتر است به همان نسبت نیز آنتروپی آن بیشتر است و بعکس. به بیان دیگر، کاهش آنتروپی سیاهچاله همراه است با تابش هاوکینگ و با آن کوچکتر شدن سطح افق رویداد و اضافه کردیم که تغییرات اندازه‌ی سطح افق رویداد یک سیاهچاله در رابطه با آنتروپی آن را می‌توان نوعی اطلاع‌رسانی سیاهچاله از درون خود ارزیابی کرد.

مشابه این وضعیت را از هولوگرام (hologram) دو بُعدی یک جسم سه بُعدی می‌شناسیم که در آن ساختار سه بُعدی جسم توسط دو بُعد رمزگذاری می‌شود.

بطور خلاصه: ما از یک طرف اثر آنرو را داریم و از طرف دیگر رابطه میان سطح افق رویداد و آنتروپی سیاهچاله را. در سال ۱۹۹۵ تئودر جاگلسون Theodore Jacobson، فیزیکدان آمریکایی متولد ۱۹۵۴، از این دو شناخت به این نتیجه رسید که هر نقطه از فضا زمان روی "افق رویداد سیاهچاله کوچکی" است. بر مبنای این برداشت او توانست معادلات نسبیت عام اینشتین را بدون بهر مجویی از ایده‌ی فضای خمیده (هندسه ریمانی) از نظر ریاضی استخراج کند! شگفتی و جالبی این روش در آن است که او توانسته است با یاری مفهوم‌های ترمودینامیکی به یک شناخت مهمی دست یابد.^{۱۰} این شناخت را می‌توان چنین خلاصه نمود:

نیروی گرانش ماهیت آماری دارد.

به این علت که قوانین بکارگرفته شده برای استخراج آن (قوانین ترمودینامیک) مبنای آماری دارند. به این ترتیب نیروی گرانش (فضا زمان خمیده اینشتین) تقریباً میکروسکوپی اجزاء نامرئی فضا زمان است.^{۱۱}

پیشتر گفتیم که تجارب روزمره‌ی ما پیوسته بودن فضا زمان (تا مقیاس پلانک، حدود 10^{-35} متر) را به ما القاء می‌کنند و این در حالیست که ما می‌دانیم بنیاد دنیای میکروسکوپی را دنیای کوانتومی تشکیل می‌دهد.^{۱۲} لذا انتظار می‌رود که دیر یا زود بتوانیم ساختار فضا زمان را روشن کنیم. برای این منظور می‌توان از فوتون‌های با انرژی بالا، مانند فوتون‌های ابرنواخترها، استفاده نمود. احتمال دارد که طول موج این نوع فوتون‌ها، که کوتاه‌ترین طول موج‌ها را دارند، در طول طی مسیر خود، از مبدأ تا زمین، تاخیر جزئی از خود نشان دهند. تاخیر جزئی فوتون‌ها به معنای حس ناهمواری‌های موجود در راه طی نموده، ناپیوسته بودن فضا زمان، می‌باشد. این ناهمواری‌ها سبب کاهش جزئی سرعت (انرژی) و در نتیجه از دیاد جزئی طول موج فوتون‌ها می‌گردد.

در این‌جا نیز، مانند مورد اثر آنرو، فیزیکدان‌ها تلاش می‌کنند ناپیوسته بودن فضا زمان را در سطح آزمایشگاهی نشان دهند.

مراجع

۱. لینک تصویر مقاله

1. <https://pixabay.com/de/illustrations/fantasie-zeit-weltraum-mann-alt-4401089>

2. Hassan Bolouri, The Concept of Space

۲. حسن بلوری، 'مفهوم فضا'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه جولای ۲۰۲۰

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

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

4. Hassan Bolouri, The concept of matter in philosophy and science

۴. حسن بلوری، 'مفهوم ماده در فلسفه و علم'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه می ۲۰۲۰

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

۵. حسن بلوری، 'مفهوم واقعیت در نظریه کوانتوم'، منتشر شده در سایت‌های فارسی‌زبان، ماه اکتبر ۲۰۲۰

6. Malcolm S. Longair, Theoretische Konzepte der Physik, Springer. Verlag, Berlin Heidelberg, 1991

7. Albert Einstein in Charles Kittel, Thermal Physics, John Wiley and Sons, New York, 1969, Physik der Wärme, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien, GmbH, Frankfurt, 1973

8. Hassan Bolouri, White hole, Wormhole, Black hole

۸. حسن بلوری، 'مفهوم مادّه در تراکم های بسیاربالا - سفیدچاله، گرمچاله، سیاهچاله'، منتشر شده در سایت های فارسی زبان، ماه اوت ۲۰۲۰

9. Hassan Bolouri, mechanisms

۹. حسن بلوری، 'سازوکارها'، منتشر شده در سایت های فارسی زبان، ماه سپتامبر ۲۰۲۰

10. Theoretical physics: The origins of Space and time in Nature 500, 2013, Or in: Spektrum der Wissenschaft, 37, 2013

11. Wikipedia, The free Encyclopedia, Farsi

۱۱. ویکی پدیا، دانشنامه آزاد، فارسی

12.

<https://science.orf.at/stories/3203450/#~:text=Der%20kanadische%20Physiker%20William%20Unruh,nun%20eine%20einfachere%20Alternative%20vor>

XX