دکتر حسن بلوری

برلین، ۲۰۲۴/۰۵/۲۵

مسائلِ بزرگِ جهانِ هستی

عدمِ وجودِ زمان

The big problems of the universe: The non-existence of time[1]

مفهوم زمان در زندگی، نوع تفکر و جهان‌بینی ما نقش مهمی بازی می‌کند. با این حال ما زمان را هرگز مشاهده نکرده و نمی‌کنیم. علت این امر چیست؟ یافته‌های جدید علم فیزیک[۲] در این‌باره چه می‌گویند؟

فشرده

مفهوم زمان در توصیف ما از جهان هستی نقش بسزایی بازی می‌کند. اما این مفهوم چه معنایی دارد؟ آیا اصولن می‌توان از مفهوم زمان، مفهوم به معنای فهمیده شده، صحبت کرد در حالی‌که نمی‌توان آن را مشاهده و تجربه نمود؟ برای مثال، آیا ما در حین مطالعه، زمان را حس می‌کنیم یا چیزی به نام بازه زمان را؟ چنانچه هر دو کمیت‌های فیزیکی، یعنی واقعی باشند، بایستی بتوان آنها را اندازه‌گیری کرد. اما تجربه نشان می‌دهد که تنها بازه زمان قابل اندازه‌گیری است و نه زمان.

آیا زمان آغاز و پایانی دارد؟ آیا می‌توان بین گذشته، حال و آینده تفکیک قائل شد؟ آیا 'حال' در علم فیزیک معنا دارد؟ آیا جهتِ زمان در همه‌ی عرصه‌های طبیعی (فیزیک) به یک سو است؟ آیا یک سویه بودن زمان در ترمودینامیک کلاسیک در مورد ترمودینامیک کوانتومی نیز صادق است؟ آیا قوانین شناخته شده‌ی فیزیک جوابگوی این نوع پرسش‌ها هستند؟

مفهوم زمان در دو نظریه بزرگِ علم فیزیک از قرن بیستم، یعنی نظریه نسبیت عام و نظریه کوانتوم که هر یک در حوزه عملکرد خود بسیار موفق هستند شدیدن متفاوت است. به این معنا که زمان در نظریه نسبیت عام پویاست و همپا با فضا در شکل‌گیری ساختارها از ماده نقش دارد اما در مکانیک کوانتومی عاری از یک چنین ویژگی است. زمان در فیزیک نیوتنی و در معادله شرودینگر یک عنصر مطلق تلقی می‌شود. نظریه نسبیت عام، فضا و زمان و ماده را درهم‌تنیده و دینامیکی می‌داند. اما مکانیک کوانتومی زمان را در شکل کلاسیک آن پارامتری بیش نمی‌داند. یک چنین ناهمآنگی میان دو نظریه بنیادی فیزیک، مسئله‌ایست که با گذشت یک قرن تلاشِ بی‌وقفه هنوز قادر به برطرف کردن آن نشده‌ایم.

در این مقاله برآنیم با تفکیکِ زمانِ ابژکتیو (فیزیکی) از زمانِ سوبژکتیو (پدیدارشناسی) مفهوم زمان را در علم فیزیک با ملاحظه حالت تعادل و عدم تعادل سیستم‌ها در رابطه با مفهوم آنتروپی[۳] بررسی و نشان دهیم که با چشم‌پوشی از درصدی از اطلاعات[۴] در باره سیستم‌های فیزیکی به یک فاکتور داخلی[۵] به نام *زمانِ درونی* (بازه زمان درونی) دست می‌یابیم.

تفکیکِ زمانِ فیزیکی از زمانِ پدیدارشناسی

زمانِ فیزیکی یا زمان ابژکتیو به زمانی (بازه زمان) گفته می‌شود که به قول اینشتین با ساعت اندازه‌گیری می‌شود (اینشتین: "زمان همان چیزی است که ساعت نشان می‌دهد"[۶]). در مقابل زمان پدیدارشناسی یا زمان سوبژکتیو به زمانی (بازه زمان) گفته می‌شود که متاثر از تجربه، موقعیت، شرایط، و روحیه سنجش‌گر است. به‌همین خاطر بازه زمان سوبژکتیو می‌تواند در مقایسه با بازه زمان ابژکتیو طولانی‌تر و یا کوتاهتر به‌نظر آید، یعنی سریع‌تر یا کندتر طی شود.

اندازه‌گیری زمان فیزیکی با ساعت به چه صورت است و چه معنایی دارد؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها لازم است ابتدا بگوئیم منظور از ساعت چیست تا در ادامه چگونه اندازه‌گیری زمان (دقیق‌تر بازه زمان) با آن را توضیح داده و به معنای آن بپردازیم. ساعت به وسیله‌ای گفته می‌شود که فرایندهای دوره‌ای دارد. وسیله‌ای که می‌تواند اشکال متنوع داشته باشد، مانند ساعت خورشیدی، ساعت‌های چرخ‌دار مکانیکی از قرن پانزدهم (اولین وسیله اندازه‌گیری "دقیق" زمان)، ساعت کوارتز یا ساعت اتمی. دقت اندازه‌گیری آنها در طول تاریخ همواره افزایش یافته است. تا آنجا که اکنون واحد زمان (بازه زمان)، یعنی ثانیه، توسط ثابت بسامد (فرکانس، تعداد ارتعاشات) ایزوتوپِ اتمِ سزیوم ^{133}Cs با دقتی برابر با ۹۱۹۲۶۳۱۷۷۰ هرتز تعیین شده است. در واقع واحد زمان توسط فرایند دوره‌ای (پریودی) تعریف می‌شود. بدون آن‌که پیش از تعیین و تعرف واحد زمان گفته شود که اصولن منظور از زمان چیست. در مقاله[۷] در این‌باره می‌خوانیم:

"زمان چیست و چگونه به دنیا آمد؟ پرسشی که ذهن انسان را از دیرباز تاکنون به خود مشغول کرده است. زمان برای دانش فلسفه یک مؤلفه اساسی به‌حساب می‌آید و فیلسوفان بسیاری از دوران مصر باستان، هند،، اینکاها و یونان قدیم تا عصر حاضر به آن پرداخته و می‌پردازند. ... اما آنچه فیزیک جدید در باره‌ی مفهوم زمان اظهار می‌دارد بسیار متفاوت از آنی است که تا یک قرن پیش مطرح بود. این علم اکنون زمان را یک فاکتور داخلی[۵] در دینامیک جهان ارزیابی می‌کند که در آن هر مکانی (هر سیستمی) ویژه‌زمان[۸] (Eigenzeit, proper time) خود را دارد. ... آیا زمان و جهتِ زمان تنها یک توهم است؟ یعنی، توهم وجود زمان و توهم تفکیک آن به گذشته، حال و آینده؟"[۹]

تفکیک زمان به گذشته، حال و آینده؟

برای تشریح و درک ساده‌ی مطلب مورد نظر مثالی را که در مقاله[۷] آورده شده نقل قول می‌کنیم:
"تصور کنیم منجمی در سیستمی به نام کره‌ی زمین در حال ملاحظه‌ی خورشید با تلسکوپ است. او ناگهان شاهد بروز یک لکه‌ی خورشیدی بر سطح آن می‌شود. این منجم می‌داند که لکه‌ی خورشید را حدود ۸ دقیقه پس از بروز آن بر سطح خورشید در تلسکوپ مشاهده می‌کند. هر عمل ثانوی که منجم پس از مشاهده‌ی لکه‌ی خورشید انجام دهد، برای مثال برداشتن عینک، به‌طور مطلق رویدادی است پس از، دیرتر از بروز لکه‌ی خورشید. منجم دیگری در هر سیستم دلخواهی، مثلاً در یک سفینه‌ی فضایی، که از آن هم بروز لکه‌ی خورشید و هم عمل برداشتن عینک منجم زمینی را ملاحظه می‌کند، برداشتن عینک را به‌عنوان رویداد دوم پس از بروز لکه‌ی خورشید شاهد است. بعکس، او هر عملی را که منجم زمینی حدود ۸ دقیقه پیش از بروز لکه‌ی خورشید انجام داده باشد، به‌طور مطلق آن را رویدادی پیش از، زودتر از بروز لکه‌ی خورشید ارزیابی می‌کند. یعنی، رویدادهای ملاحظه شده که توسط فاصله‌ی زمانی از هم مجزا هستند نمی‌توانند در هیچ سیستمی هم‌زمان مشاهده شوند. به بیان دیگر، در هیچ سیستمی نباید، برای مثال، منجمی شاهد تولد کودکی پیش از تولد مادرش و یا تولد هم‌زمان این دو باهم باشد. اما اگر منجم زمینی میان دو مرز زودتر و دیرتر، یعنی میان بروز لکه‌ی خورشید و برداشتن عینک، عملی انجام دهد، آن‌وقت دیگر بروز لکه‌ی خورشید و برداشتن عینک در سیستم‌های مختلف، برای مثال سفینه، به‌طور مطلق زودتر یا به‌طور مطلق دیرتر مشاهده نخواهند شد. چرا که منجم در سفینه می‌تواند نسبت به منجم زمینی و خورشید طوری حرکت کند، یعنی سرعت و جهت سفینه را طوری تنظیم کند که عمل برداشتن عینک از جانب منجم زمینی را

۱- پیش از بروز لکه‌ی خورشید یا ۲- پس از بروز لکه‌ی خورشید و یا ۳- هر دو رویداد را هم‌زمان مشاهده نماید.

حالت‌هائی که بی‌شک ما نیز به‌عنوان سرنشینان سفینه تاییدشان می‌کردیم. به بیان دیگر، با تغییر سرعت و جهت‌گیری سفینه شاهد تفکیک‌ناپذیربودن زمان به گذشته، حال و آینده می‌بودیم. یعنی، گذشته، حال و آینده همواره تابع سیستمی است که از آن رویدادها ملاحظه می‌شوند.[۱۰]

مشاهده گرانی که نسبت به یکدیگر در حرکت هستند می‌توانند رویداد مشخصی را در زمان‌های مختلف مشاهده کنند. برای مثال رویدادی که برای یک مشاهده‌گر در گذشته جلوه می‌کند، می‌تواند برای مشاهده‌گر دیگری به‌عنوان رویدادی در آینده محسوب شود. هیچ ناظری در گیتی نمی‌تواند مدعی باشد که ارزیابی او درست‌تر از ارزیابی یک مشاهده‌گر دیگر است. در عین حال لازم است بدانیم که هر یک از مشاهده‌گران می‌توانند با برخورداری از داده‌های لازم دقیقا محاسبه کنند که

مشاهده‌گران دیگر همان رویداد را در چه زمانی ملاحظه کرده و یا خواهند کرد."[۷]

بدین ترتیب آیا 'حال' می‌تواند برای فیزیک معنا داشته باشد؟ بی‌شک خیر. در همین رابطه نگاهی داریم به نظر ارسطو در باره‌ی زمان گذشته، حال و آینده، در بیش از بیست قرن پیش. ارسطو در کتاب فیزیک خود در این‌باره در فصل‌های ۱۰تا ۱۴ می‌نویسد:

"زمان اصولا واقعی نیست یا فقط به زحمت و به شکل ناروشن واقعی است. این را می‌توان از واقعیت‌های زیر حدس زد: یک جزء آن گذشته است، لذا وجود ندارد؛ جزء دیگر آن هنوز در پیش است، لذا هنوز وجود ندارد. از چیزی که از غیرهستندده‌ها تشکیل شده نمی‌توان انتظار داشت که در بودن سهیم باشد. زمان از یک طرف به‌خاطر حالا به‌هم پیوسته است و از طرف دیگر توسط آن به بخش‌هائی تقسیم می‌شود. به‌نظر چیزی که توسط حالا محدود می‌شود زمان است و این را ما اساس قرارمی‌دهیم."[۷]

گذشتِ زمان و حسِ جهتِ زمان

مشاهدات نشان می‌دهند که جریان‌های جاری در طبیعت (در دنیای ماکروسکوپی) یک‌سویه و برگشت‌ناپذیر، یعنی جهت‌دار هستند، برای مثال از جوانی به پیری. آیا این به‌معنای وجود زمان است؟ حس ما چنین چیزی را به ما تلقین می‌کند. اما آیا نمی‌توان چنان مشاهداتی را به نوع دیگری، به شکل مستقل و فارغ از حس تعبیر کرد؟ برای مثال، نتیجه عملکرد نیرو یا نیروهای طبیعی دانست؟ و بدین ترتیب از مفهومِ تعریف نشده‌ای به نام زمان دوری جست؟ قوانین فیزیک کلاسیک (ترمودینامیک و قانون دوم آن با مفهوم آنتروپی) و همچنین قوانین فیزیک آماری کوانتومی یک چنین امکانی را به ما می‌دهند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که جهت زمان (حس بازه زمان) ریشه در سیستم‌های دینامیکی باآشوب دارد.

قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید آنتروپیِ سیستم‌های بسته، یعنی بدون تبادل انرژی و ماده با محیط، تا رسیدن به حداکثر رو به ازدیاد دارد. برای مثال اگر کیهان یک سیستم بسته باشد، در این‌صورت آنتروپی آن مدام تا رسیدن به آنتروپی حداکثر رو به افزایش خواهد بود. در آنتروپی حداکثر اما طبق فیزیک کلاسیک (و نه فیزیک کوانتومی) همه چیز از حرکت بازمی‌ماند. این حالت در مورد کیهان به مرگ گرمائی معروف است. البته ما نمی‌دانیم آیا کیهان یک سیستم بسته است یا باز. اما در مورد انسان مطلع‌ایم که سیستمی باز است. به‌همین دلیل او با تغذیه و انتقال آنتروپی خود به محیط امکان زیستن و توسعه دارد. تغییرات پروسه‌های ماکروسکوپی نشان از جهت‌دار بودن زمان دارند. اما این واقعیت در قوانین شناخته شده‌ی فیزیک کلاسیک منظور نشده است. یعنی، تغییر جهت زمان در این قوانین هیچ تغییری در نتیجه آنها یجاد نمی‌کند.

بازگشت‌ناپذیری و بازگشت‌پذیری

آیا ما مجاز هستیم مشاهدات و تجربیات خود از جهت‌دار و بازگشت‌ناپذیر بودن پروسه‌های طبیعی در دنیای ماکروسکوپی را به دنیای میکروسکوپی نیز گسترش دهیم؟ شواهد بدست آمده چنین چیزی را تایید نمی‌کنند، مطلبی که در آزمایش با ذرّات کوانتومی به اثبات رسیده است. برای مثال یک ذره کوانتومی می‌تواند فوتونی را ساطع و جذب کند و یا ذرات ماده و پادماده در برخورد باهم به انرژی تبدیل می‌شوند و بعکس این ذرات را می‌توان از انرژی بدست آورد. این مثال‌ها نشان از دوسویه بودن پروسه‌ها و بازگشت‌پذیری آنها در دنیای کوانتومی دارند. یعنی، جهت زمان در اینجا همواره رو به جلو نمی‌باشد.

مفهوم زمان در فیزیک جدید به شکلی که تا یک قرن پیش فهمیده می‌شد مطرح نیست. فیزیک جدید زمان را یک فاکتور داخلی[۵] می‌داند. در نظریه نسبیت هر سیستمی ویژه‌زمان[۸] (Eigenzeit, proper time) خود را دارد. در مکانیک کوانتومی، معادله شرودینگر، زمان به‌عنوان یک پارامتر در نظر گرفته شده است. یعنی در شکل زمان مطلق، مانند آنچه از فیزیک نیوتنی می‌شناسیم. به بیان دیگر، جهت زمان در معادله شرودینگر از اهمیت خاصی برخوردار نیست. چراکه تغییر جهت زمان (از مثبت به منفی یا بعکس) در توصیف معادله شرودینگر تغییری ایجاد نمی‌کند. چنین توصیفی از تغییر حالت یک سامانه فیزیکی با زمانِ پارامتری نشان از بازگشت‌پذیری و دترمینیستی بودن پروسه‌ها دارد. اما یافته‌های جدید، دترمینیستی بودن جهان هستی را که قرن‌ها باورِ عموم بود مردود می‌داند. به این دلیل که در آن، دو مفهوم اتفاق و احتمال به‌حساب نیامده‌اند، دو مفهومی که نقش بسیار تعیین کننده در رویدادها دارند.

مفهوم آنتروپی در فیزیک کلاسیک و کوانتوم

علم فیزیک با اندازه‌گیری سروکار دارد. هر نوع ادعایی در این علم تنها زمانی مورد قبول است که درستی آن در تجربه و از طریق اندازه‌گیری ثابت شده باشد. و این البته با در نظرگرفتن محدودیت‌های طبیعی ناشی از ذات جهان هستی که

خود را در شکل اصل عدم قطعیت نمایان می‌کند. از طرف دیگر ما می‌دانیم که ویژگی‌های یک سیستم فیزیکی در کنش و واکنش با یک سیستم فیزیکی دیگر ظاهر می‌شود. در این رابطه با توجه به موضوع مقاله پیش‌رو لازم است کوتاه به یکی از اساسی‌ترین مفهوم‌ها، یعنی مفهوم آنتروپی در فیزیک کلاسیک و در فیزیک کوانتوم بپردازیم.

در بارهٔ مفهوم آنتروپی در فیزیک کلاسیک: در این‌باره در مقاله[۱۱] تحت عنوان 'مفهوم اطلاعات در فیزیک' می‌خوانیم:
"آنتروپی یکی از اساسی‌ترین مقوله‌های علم جدید است که در رشته‌های مختلف با معناهای متفاوت بکارگرفته می‌شود، برای مثال در فیزیک و در ریاضیات (انفورماتیک). آنتروپی در فیزیک کلاسیک یک کمیت ترمودینامیکی و در ریاضیات (انفورماتیک، نظریه اطلاعات) به‌عنوان معیاری برای سنجشِ تراکمِ اطلاعات (آنتروپی شانون) گفته می‌شود. ... آنتروپی در فیزیک (آماری) به زبان ساده ولیکن نه چندان دقیق بیان از اندازه‌ی بی‌نظمی در یک سیستمِ (متشکل از ذرات) دارد. به عبارت دیگر، آنتروپی در اینجا تعداد حالت‌های مختلف ذرات یک سیستم را، بی‌آنکه چیزی در حالت اولیه سیستم تغییر کند، مدنظر دارد. ... نظم بیشتر به‌معنای آنتروپی کمتر یا اطلاعات بیشتر است و بعکس. ... آنتروپی یک کمیت قابل اندازه‌گیری است و جهت فرایند را نشان می‌دهد."[۱۱]

در بارهٔ مفهوم آنتروپی در فیزیک کوانتومی: در همان مقاله[۱۱] در باره‌ی مفهوم آنتروپی در فیزیک کوانتومی آمده است:
"ذرات در نظریه میدان کوانتومی به‌عنوان میدان‌های کوانتومی تفسیر می‌شوند که از حالت‌های ارتعاشاتی مستقل تشکیل شده‌اند. ... جان فون نویمان ریاضیدان مجاری ـ آمریکایی (۱۹۵۷-۱۹۰۳) نشان داد که چگونه می‌توان آنتروپی یک سیستم کوانتومی را محاسبه کرد. شیوه‌ای که او برای این منظور بکارگرفت تا حدودی مشابه روشی بود که پیش‌تر در نیمه اول قرن بیستم فیزیکدان‌ها برای بنای نظریه کوانتوم انجام داده بودند، یعنی بهره‌جویی از مفهوم‌های فیزیک کلاسیک و تعبیر و تفسیر آنها در فیزیک جدید. به عبارت دیگر، فون نویمان توانست با استفاده از مفهومِ کلاسیک، درونمایه‌ی یک مطلب (یک خبر) (Information content) که کلود شانون (Claud Elwood Shannon) مهندس الکترونیک و رمزنگار آمریکایی (۲۰۰۱-۱۹۱۶) آن را در مقاله‌ای از سال ۱۹۴۸ توصیف کرده بود، 'آنتروپی یک سیستم کوانتومی' را محاسبه کند. یعنی، فون نویمان مفهوم کلاسیک (فرمول شانون) را در فرمالیسم کوانتومی بکارمی‌گیرد و از این طزیق به (فرمول) 'آنتروپی سیستم‌های کوانتومی' دست می‌یابد."[۱۱]

مفهوم اطلاعات در فیزیک کلاسیک و کوانتوم

در بارهٔ مفهوم اطلاعات در فیزیک کلاسیک و کوانتوم: در ابتدای مقاله[۱۱] آمده است:
"هیچ انفورماسیونی بدون نمایش فیزیکی نمی‌تواند وجود داشته باشد. اطلاعات همواره از قوانین فیزیکی پیروی می‌کند و برای انتقال به ماده ـ انرژی نیاز دارد. این یک واقعیت بدون استثنا است." در مقاله مزبور نقل قولی از ر. گرمر با این درونمایه ذکر کردیم:
"نتایج اندازه‌گیری‌ها و محاسبات فیزیکی حاوی اطلاعات است. اطلاعات در مثال‌های اندازه‌گیری جریان الکتریکی و آزمایش دوشکاف به‌صورت یک رابطه بین کوانت‌ها (ذرات کوانتومی) ظاهر می‌شود. در مورد جریان الکتریکی این روابط ماهیت زمانی و در مورد آزمایش دوشکاف ماهیت مکانی دارند.
از روابط بین ابژکت‌ها که هر کدام فقط حاوی ۱بیت اطلاعات هستند می‌توان ساختار گیتی را تحقیق‌پذیر کرد. فرض این است که هر کوانتی فقط می‌تواند ۱بیت اطلاعات را انتقال دهد. با این حال، خود اطلاعات در روابط بین کوانت‌ها وجود دارد و تعداد این روابط به‌طور قابل توجهی بیشتر از تعداد کوانت‌ها به تنهایی است. این بدان معناست که کانال‌های اطلاعاتی‌ای وجود دارند که می‌توان از بین آنها یکی را انتخاب کرد و این تاثیر آزمایشگر است (البته نه به‌خواست آزمایشگر، ح. ب.). از تعداد کوانت‌ها و امکان انتخاب اطلاعات، نه فقط دقت نتیجه در توضیحات بلکه همچنین محدوده‌ی تعریف دنیای ما حاصل می‌شود."[۱۱]

ما می‌دانیم که جهان هستی (جهان فیزیکی، جهان مادی) از انرژی و جرم بنا شده است. دستاوردهای جدید علمی نشان می‌دهند که توصیفِ جهان مادی سوای دو مفهوم مهم انرژی و جرم، به‌ویژه مستلزم مفهوم اساسی دیگریست به نام اطلاعات (انفورماسیون). چراکه کیهان در اصل از بیش از ۹۸ % (نودوهشت درصد) روابط، روابط کوانتومی (Quantum relationships)، تشکیل شده است. در واقع عمده‌ی جهان هستی در شکل روابط کوانتومی نمایان می‌شود. روابطی که بیان از عدم وجود مفهوم زمان دارند.

رابطهٔ مفهوم اطلاعات با مفهوم آنتروپی

مفهوم آنترپی در فیزیک بیانگر اندازه‌ی بی‌نظمی در یک سیستم متشکل از ذرات است. به عبارت دیگر، آنتروپی تعداد حالت‌های مختلف ذرات سیستم را، بی‌آنکه داده‌های حالت اولیه سیستم تغییر کند، در نظر دارد. مشاهدات نشان می‌دهند که آنتروپی سیستم‌های بسته به‌طور طبیعی افزایش می‌یابد. افزایش آنتروپی یک ساختار با نظم، یعنی فروپاشی تدریجی

آن، به معنای از بین‌رفتن اطلاعاتی است که آن ساختار نمایانگر آن است. برای روشن شدن این مطلب، مثالی که در مقاله[۲] 'مفهوم اطلاعات در فیزیک' ذکر شده است را بازگویی می‌کنیم:

کتاب مجلدی را به‌عنوان یک سیستم بانظم و برگ‌های کتاب را به‌عنوان ذرات آن در نظر می‌گیریم. تا زمانی که کتاب در وضعیت مجلد است تنها یک حالت وجود دارد. حالتی که در آن کتاب از صفحه ۱ تا صفحه آخر آراسته (مدون) شده است. این ساختار کتاب بیان از اطلاعاتی دارد که در شکل شماره‌گذاری صفحات آن (نه محتوای صفحات) نمایان است. در این حالت (حالت اولیه کتاب) اطلاعات ما از این سیستم، یعنی شناخت ما از وضعیت "ذرات" آن (منظور صفحات کتاب می‌باشد) حداکثر است. حال اگر ما صفحات کتاب را از وضعیت مجلد بودن درآورده و آنها را به هر ترتیب دلخواهی رویهم تلنبار کنیم ـ برای این منظور می‌توان حالت‌های بسیار زیادی را تصور کرد ـ اطلاعات ما از وضعیت "ذرات" آن کاهش می‌یابد. به این معنا که کتاب در حالت مجلد دارای آنتروپی کم (نظم بالا، اطلاعات از "ذرات" بیشتر) و در حالت دوم دارای آنتروپی زیاد (نظم پائین، اطلاعات از "ذرات" کمتر) است.

به این ترتیب ازدیاد آنتروپی به‌طور مستقیم با از بین‌رفتن اطلاعات رابطه دارد. مقدار اطلاعات از بین‌رفته را می‌توان با مفهوم آنتروپی سنجید و به شکل زیر ارائه نمود[۳]:

$$\Delta S = k \cdot \ln W \qquad \text{یا} \qquad dS = \frac{\delta Q}{T}$$

S قدرمطلق آنتروپی، ΔS تغییر آنتروپی (برای یک سیستم بسته)، k ضریب یا ثابت بولتسمن، W احتمالات وضعیت یک سیستم، Q گرما و T دمای مطلق.

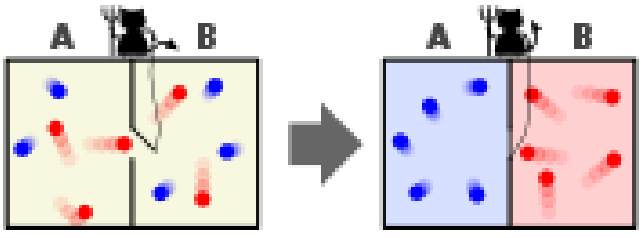
ضریب ثابت بولتسمن k یکی از ۴ ضریب اساسی در علم فیزیک (در طبیعت) جنب ۳ ضریب ثابت دیگر، یعنی ثابت گرانش G، ثابت پلانک h و ثابت سرعت نور c است.

آنتروپی و شیطانک ماکسول

گفتیم، مشاهدات نشان می‌دهند که پروسه‌های جاری دردنیای ماکروسکوپی یک‌سویه و برگشت‌ناپذیر، یعنی جهت‌دار هستند و قانون دوم ترمودینامیک (ازدیاد آنتروپی) نیز این را نشان می‌دهد. در ادامه گفتیم اندازه آنتروپی بیانگر وضعیت حالت‌های ذرات تشکیل دهنده‌ی یک سیستم فیزیکی است. در مثال ذکر شده، در بالا، اطلاعات ما در مورد کتابِ مجلد (به‌معنای آنتروپی پائین). و در حالت دوم، یعنی وقتی صفحات آن به‌صورت دلخواه رویهم تلنبار شده باشند، اطلاعات (شناخت) ما از آن کم است (به‌معنای آنتروپی بالا).

آزمایش فکری معروف به شیطانک ماکسول (Maxwell's demon) از سال ۱۸۶۷:

در این آزمایش فکری "یک شیطانک دَرِ کوچکی را بین دو محفظه گازی کنترل می‌کند. شیطانک بر رد و بدل شدن تک تک ملکول‌ها نظارت می‌کند. به گونه‌ای که اگر مثلا (تصویر ۲) ملکولی با سرعت آهسته بخواهد به سمت چپ برود، یا ملکول سریعی از سمت چپ به سمت راست برود اجازه عبور می‌دهد، در غیر این صورت اجازه عبور نمی‌دهد. از آنجا که ملکول‌هایی با سرعت بالا دمای بالاتری دارند، به مرور زمان مخزن سمت راست گرم‌تر از مخزن سمت چپ می‌شود، لذا انتروپی کل سیستم کاهش یافته و قانون دوم ترمودینامیک نقض می‌گردد. این آزمایش ذهنی مناظره‌ها و کارهای نظری مابین ترمودینامیک و نظریه اطلاعات را موجب گشته که تا به امروز نیز ادامه دارد."[۱۲]



تصویر ۲: شمایی از آزمایش ذهنی ماکسول[۱۲]

البته در این آزمایش فکری یک پیش‌فرض نهفته است که می‌باید در ارزیابی نتیجه آزمایش در نظرگرفته شود. این‌که شیطانک توان تشخیص سرعت آهسته از سریع را دارد، یعنی مجهز به دانش و اطلاعات لازم برای تشخیص سرعت

(انرژی) تک تک ملکول‌ها است. با برخورداری از این توان است که شیطانک می‌تواند در آنتروپی سیستم مداخله نماید و آن را از حالت نانظمی (آنتروپی بالا) به شکل سیستمی با نظم (آنتروپی پائین) درآورد. این‌که شیطانک دانش (اطلاعات) خود را از کجا دارد مطرح نمی‌شود. اما این مطلب بسیار حائز اهمیت و لازم است به آن بپردازیم.

پیش از پرداختن به این مطلب لازم است گفته شود که نکات ذکر شده در مورد سیستم‌های کوانتومی متشکل از ذرات با اسپین‌ها و در درجات مختلف انرژی نیز صادق هستند. یعنی، در این حاللت‌ها نیز می‌توان آنتروپی سیستم‌های کوانتومی را تعیین کرد. البته بایستی در نظر داشت که سیستم‌های درهم‌تنیده طبق اصل عدم قطعیت همواره عناصری را نیز شامل می‌شوند که نامشخص می‌مانند. با این حال قانون دوم ترمودینامیک در این موارد نیز صدق می‌کند.

انسان و شیطانک ماکسسول

در آزمایش فکری ماکسول فرض بر این است که شیطانک توان (دانش) تشخیص ملکول‌های آهسته از ملکول‌های سریع را دارد. یعنی، شیطانک با استفاده از دانش خود قادر است از یک سیستم بی‌نظم (آنتروپی بالا) سیستمی بانظم از ملکول‌های آهسته و سریع (آنتروپی پائین) بسازد (تصویر ۲). حال می‌خواهیم در آزمایش فکری ماکسول، انسان را جایگزین شیطانک دانسته و نتیجه را با ملاحظه دانش او بررسی کنیم.

ما می‌دانیم که انسان یک سیستم بسیار پیچیده و سامان‌یافته بیوفیزیکی و اجتماعی است. این سیستم در طول میلیاردها سال بر اثر بیوژنز از ماده بی‌جان با جذب انرژی و دفع آنتروپی به‌همراه رویش، متابولیسم، تکثیر، موتاسیون، حرکت، تنفس، جریان خون با میلیاردها انواع سلول‌ها در یک هماهنگی شگفت‌انگیز باهم و در راستای تشکیل جوامع شکل‌گرفته است. انسان در طول حیات پیوسته کسب دانش کرده، آن را توسعه داده و از آن بهره جسته است. بی‌شک طی هر یک از این مراحل بهای خاص خود را داشته و دارد.[۱۳] از این‌رو می‌پرسیم، بهایی که انسان تا رسیدن به جایگاه کنونی‌اش پرداخته چیست و از چه منبعی تهیه و تامین کرده است؟

انسان به‌مرور دریافته است که هر نوع ساختاری شامل اجزایی است که بنوبه خود از اتم‌ها و ملکول‌ها تشکیل شده و برای ساخت هر یک از آنها، برای مثال یک ساعت، نیاز به مواد، ابزار لازم و دانش ساخت آن دارد. او برای شناخت از جهان هستی اقدام به مدل‌سازی و ارائه نظریه‌های علمی کرده است. طی تمامی این پروسه‌ها همواره به بهای صرف انرژی همراه با تولید آنتروپی امکان‌پذیر بوده است. او تنها از این راه می‌توانست و می‌تواند در حین تلاش برای بقاء خود به کسب دانش در عرصه‌های مختلف علمی و فنی بپردازد. بی‌گمان ما در اینجا با یک سری پرسش‌های بنیادی مواجه هستیم، از جمله:

۱ـ انرژی‌های لازم برای طی تمامی آن مراحل را از کجا داریم؟ ۲ـ آنتروپی‌های تولید شده در طول پروسه‌های مربوطه به کدام سو سوق داده شده و می‌شوند؟ و در همین رابطه ۳ـ حالت عدم تعادل ترمودینامیکی و تغییرات آن چه نقشی در فهم مفهوم زمان (بازه زمان) دارد؟ ۴ـ آیا تاکنون در یکی از آن پروسه‌ها کوچکترین اثر و نشانه‌ای از مفهوم زمان مشاهده شده است؟

مفهوم زمانِ درونی

پیش‌تر گفتیم، مشاهدات ما نشان می‌دهند که جریان‌های جاری در طبیعت (در دنیای ماکروسکوپی) یک‌سویه، یعنی برگشت‌ناپذیر، جهت‌دار هستند. اکنون می‌پرسیم: جهت پروسه‌ها و با آن حس زمان (حس گذشت زمان در دنیای ماکروسکوپی) ناشی از چیست؟ پاسخ کوتاه: ناشی از عدم تعادلِ حالت سیستم‌های فیزیکی است.
اگر تمامی آنچه در کیهان وجود دارد در حالت تعادل باشد، یعنی در حالت مرگ گرمایی (با چشم‌پوشی از نوسانات کوانتومی)، در این‌صورت طبیعی است که نتوان کوچکترین تغییر و تحولی را در آن مشاهده کرد. این بدان معناست که ما در اینجا با حالت آنتروپی حداکثر مواجه هستیم. این حالتی است که در آن حتا مفهوم بازه زمان نیز بی‌معنا می‌شود. مفهوم بازه زمان همان‌گونه که ذکر شد تنها در رابطه با حالت عدم تعادل سیستم‌های فیزیکی و تغییرات آنها معنا پیدا می‌کند.
شکل‌گیری ساختارهای بانظم در طبیعت همراه با تولید آنتروپی و انتقال آن به محیط عملی است. مثال باز آن جانداران از جمله انسان است.
حس بازه زمان ناشی از تجربه و مشاهده‌ی تغییر حالت سیستم‌ها در حالت عدم تعادل آنها، یعنی به خاطر وجود اختلاف آنتروپی در آن سیستم‌ها می‌باشد. به بیان دیگر، حس بازه زمان به دلیل تغییراتی است که در یک مجموعه از سیستم‌ها با آنتروپی‌های مختلف صورت می‌گیرد. در این حالت‌ها می‌توان از مفهوم *زمان درونی* (بازه زمان درونی) صحبت کرد اما نه از کمیت یا مفهومی به نام مفهوم زمان. معادله معروف به معادله ویلر ـ دیویت گویای این واقعیت است.[۵]

سنجشِ زمان با ساعت؟

اگر زمان به‌عنوان یک کمیت فیزیکی وجود داشت، می‌باید که بتوان آن را با ابزار مناسب اندازه‌گیری کرد، ابزاری که ساعت نامیده می‌شوند. آیا واقعن ساعت زمان را اندازه می‌گیرد؟

نگاهی کوتاه به "سنجش زمان" از طریق ساعت به وضوح روشن می‌شود که این وسیله چیزی جز حرکت منظم (پریودی) عقربه‌ای که ترتیب ضربان آن را خود ما تنظیم کرده‌ایم نیست! در این‌صورت آیا ما مجاز هستیم عملکرد و تعریف خود را به‌حساب طبیعت نوشته و آن را یک کمیت طبیعی بدانیم؟ بی‌شک خیر. در واقع ما با این روش برداشت ذهنی خود از بازه زمان برای مثال بازه زمان چرخش زمین دور خود، بازه زمان چرخش زمین دور خورشید و یا بسامد ایزوتوپِ اتمِ سزیوم ^{133}Cs را منظور داشته و آن را زمان می‌نامیم!

بازه زمان، همان‌گونه که ذکر شد، حاصل از اختلاف آنتروپی سیستم‌های فیزیکی است. اختلاف در آنتروپی سیستم‌ها به‌معنای عدم تعادل ترمودینامیکی میان آنهاست. در نتیجه اگر یک سیستم بسته از جمله کیهان در حالت تعادل کامل ترمودینامیکی باشد، یعنی هیچ اختلاف آنتروپی وجود نداشته باشد، دیگر حتا مفهومی به نام بازه زمان (گذشت زمان) نیز وجود نخواهد داشت. در این حالت امکان شکل‌گیری و ساخت هیچ نوع ساختاری از جمله ساعت وجود ندارد.!

آنتروپی و طول ثانیه‌ها

می‌پرسیم، وقتی آنتروپی کیهان در حال افزایش است آیا این بر نحوه‌ی کار ساعت تاثیر نمی‌گذارد؟ یعنی، آیا ساعت کندتر یا سریع‌تر کار نمی‌کند، برای مثال طول ثانیه‌ها کوتاه‌تر و یا طولانی‌تر نمی‌شوند؟

پاسخ به این پرسش مثبت است. به این معنا که هرچه از حالت عدم تعادل ترمودینامیکی دور شده و به حالت تعادل نزدیک شویم سرعت کار ساعت نیز نسبت به قبل آن کندتر می‌شود. تا آن حد که در حالت تعادل ترمودینامیکی کامل "عقربه ساعت" در بهترین حالت، حالت نوسانی خواهد داشت. صرف‌نظر از این‌که در چنان وضعیتی اصولن ساختار سامان یافته‌ای به نام ساعت یا عقربه ساعت نمی‌تواند وجود داشته باشد.

تذکر: توجه داشته باشیم که ما این مطلب را نه در سطح محلی، برای مثال در سطح سامانه خورشیدی و یا در سطح کهکشان راه شیری، بلکه در مقیاس کیهان و با فرض بسته بودن آن منظور می‌داریم.

آنتروپی و از بین‌رفتن اطلاعات

بنابر نکات ذکر شده، شکل‌گیری یا ساخت هر نوع ساختاری ننها در حالت عدم تعادل ترمودینامیکی امکان‌پذیر است. و این در صورتی امکان دارد که محیط پذیرای آنتروپی تولید شده در پروسه مربوطه را داشته باشد. هرچه یک ساختار از نظم بالاتری برخوردار باشد به‌همان نسبت نیز مقدار تولید آنتروپی در ساخت آن بیشتر است. برای مثال، در ساخت یک ساعت با دقتِ عملکرد بالا، آنتروپی بیشتری تولید می‌شود تا یک ساعت کمتر دقیق. همین مطلب در کسب دانش نیز صدق می‌کند. بعکس، تغییر حالت یک سیستم بانظم بسوی سیستمی با نظم کمتر یا فروپاشی آن به‌معنای کاهش و یا از بین‌رفتن اطلاعات نهفته در آن سیستم است.

در اینجا می‌توان این پرسش را مطرح کرد که آیا شکل‌گیری و از بین‌رفتن اطلاعات امری اجتناب‌ناپذیر است؟ اگر اجتناب‌ناپذیر است، علت آن چیست؟
شکی نیست که ما نمی‌توانیم خواهان از بین‌رفتن اطلاعات نهفته درساختارهای طبیعی باشیم. با این حال ترمودینامیک کلاسیک فروپاشی آنها را اجتناب‌ناپذیر می‌داند. نمونه بارز آن شکل‌گیری ساختارهای مختلف مانند ستارگان و فروپاشی آنهاست.

از بین‌رفتن اطلاعات و مفهوم زمان

ما می‌دانیم که جهان مادی از انرژی و جرم تشکیل شده است. انرژی و جرم اما بنابر فرمول معروف اینشتین $E = m c^2$ قابل تبدیل به یکدیگر هستند (E انرژی؛ m جرم و c سرعت نور). از این‌رو ما در اینجا تنها مفهوم انرژی را بکار می‌بریم. با فرض صحت داشتن فرضیه انفجار بزرگ (بیگ بنگ)، کل انرژی جهان هستی تا آن لحظه، یعنی تا پدیدار شدن فضازمان در "نقطه‌ای" به نام تکینگی متمرکز بوده است.

گفتیم، در جهان هستی هیچ ساختاری به‌ویژه ساختارهای بانظم نمی‌توانستند شکل بگیرند چنانچه کیهان در حالت تعادل ترمودینامکی کامل بود. به عبارت دیگر، در عدم حالت تعادل ترمودینامیکی است که ساختارهایی در حین تغییر حالت

عدم تعادل بسوی حالت تعادل امکان شکل‌گیری پیدا می‌کنند. این امکان، همانگونه که پیش‌تر بیان داشتیم، همواره به بهای افزایش آنتروپی کیهان حاصل می‌شود.

برای مثال وقتی ما ساختاری مانند سامانه خورشیدی (سیستمی متشکل از ذرات، اتم‌ها و ملکول‌های درهم‌تنیده) را بررسی می‌کنیم، درمی‌یابیم که کسب اطلاع کامل (صد در صد) از آن برایمان میسر نیست. مقدار اطلاعات غیرقابل دسترسی را می‌توان در رابطه با مقدار آنتروپی تولید شده در کیهان از جمله توسط خود ما در دوران فرگشت تا رسیدن به دانش و توانایی برای بررسی آن سامانه دید. یعنی، در راه کسب اطلاع از مسائل جهان هستی همواره درصدی از اطلاعات از بین می‌رود. به عبارت دیگر، دستیابی به اطلاعات تمام عیار از جهان هستی ناممکن است.

اگر فرض و تصور ما از منشاء و چگونگی آغاز کیهان صحت داشته باشد، می‌باید که کیهان اولیه در حالت خلاء کوانتومی[۱۴] با انرژی، دما و چگالی بسیار بالا بوده باشد. و احتمالن با تلنگری که برایمان ناشناخته است از حالت تعادل خارج شده و از آن مرحله به این سو در حال توسعه و انبساط می‌باشد. گفتیم، چنانچه کیهان سیستمی بسته باشد توسعه آن در نهایت طبق قانون دوم ترمودینامیک کلاسیک منتهی به مرگ گرمایی، حالت تعادل کامل با حداکثر آنتروپی خواهد شد. بی‌شک در این حالت حتا سخن از بازه زمان مجاز نیست.

از آنجا که هر نوع فعل و انفعالی آنی صورت نمی‌گیرد (نبود "حال") بلکه کم یا زیاد به اصطلاح 'زمان‌بر' است، یعنی با گذشت زمان میسر است، در نتیجه در غیاب بازه زمان سخن از مفهوم زمان گفتن چه معنایی دارد؟

جمعبندی

در آغاز مقاله این پرسش را مطرح کردیم که "آیا اصولن می‌توان از مفهوم زمان، مفهوم به معنای فهمیده شده، صحبت کرد در حالی‌که نمی‌توان آن را مشاهده و تجربه نمود؟" در طول مقاله تلاش کردیم به این پرسش پاسخی درخور متکی بر مشاهده، تجربه، حس و ادراک دهیم و دریافتیم:

۱. در بخش تفکیک زمان فیزیکی از زمان پدیدارشناسی گفتیم زمان فیزیکی یا زمان ابژکتیو با ساعت که فرایندهای دوره‌ای دارد اندازه‌گیری می‌شود. در مقابل زمان پدیدارشناسی یا زمان سوبژکتیو را زمانی دانستیم متاثر از تجربه، موقعیت، شرایط و روحیه سنجش‌گر که می‌تواند در مقایسه با زمان فیزیکی کوتاه‌تر یا طولانی‌تر به‌نظر آید.

۲. تجربه نشان می‌دهد، تنها کمیتِ قابل اندازه‌گیری مفهوم بازه زمان است و نه مفهوم زمان.

۳. برای مفهوم زمان (بازه زمان) می‌توان آغاز و پایانی را تصور کرد: آغاز زمان با انفجار بزرگ و پایان آن با مرگ گرمایی کیهان.

۴. بازه زمان به‌عنوان یک کمیت فیزیکیِ قابل اندازه‌گیری در جریان پروسه‌هایی در حالت عدم تعادل ترمودینامیکی پدیدار و مشاهده می‌شود.

۵. حالت عدم تعادل ترمودینامیکی پایدار نیست. این حالت به‌طور طبیعی بسوی حالت تعادل ترمودینامیکی حرکت می‌کند.

۶. حرکت بسوی حالت تعادل ترمودینامیکی به‌معنای حرکت از حالت با نظم بیشتر بسوی حالت با نظم کمتر است.

۷. نظم بیشتر سیستم‌ها به‌معنای برخورداری آنها از آنتروپی کمتر است و بعکس.

۸. "حال"، یعنی بازه زمان برابر با صفر. و این یعنی نبود بازه زمان. نبود بازه زمان اما تعبیری جز عدم وجود زمان ندارد.

۹. تفکیک میان گذشته، حال و آینده تنها معنای یک توهم محال را دارد (آلبرت اینشتین، چهار هفته پیش از مرگش).

۱۰. جهت زمان در فیزیک کلاسیک یک سویه و در فیزیک کوانتومی دو سویه است.

۱۱. مفهوم زمان در نظریه کوانتوم متفاوت از آنی است که نظریه نسبیت بیان می‌دارد. زمان در نظریه کوانتوم به شکل یک پارامتر است. درنتیجه پروسه‌ها در این نظریه بازگشت‌پذیرند. اما زمان در نظریه نسبیت پویا و درهم‌تنیده با فضا مطرح است. لذا پروسه‌ها در این نظریه بازگشت‌ناپذیرند.

۱۲. در سیستم‌های فیزیکی می‌توان به یک فاکتور داخلی دست یافت که به زمان درونی (دقیق‌تر!: بازه زمان درونی) میان سیستم‌ها معروف است.

مراجع

1. https://www.freepik.com/premium-ai-image/man-stands-front-sunset-with-clock-wall_63124858.htm#page=6&query=time&position=25&from_view=keyword&track.

2. Werner Vogd, Quantentheorie und Soziologie im Dialog, Springer Verlag, Berlin, New York, 2022

3. Hassan Bolouri, Is our universe a hologram?

۳. حسن بلوری، 'آیا کیهان یک هولوگرام است؟'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه سپتامبر سال ۲۰۲۳

4. Hassan Bolouri, The concept of information **(**in physics)

۴. حسن بلوری، 'مفهوم اطلاعات (در فیزیک)'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه فوریه سال ۲۰۲۴

5. Andrei Linde, Elementarteilchen und inflationärer Kosmos, Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford 1993

6. Albert Einstein, Mein Weltbild, Herausg. Carl Seelig, Ulstein Verl., Frankfurt a. M., Berlin, Wien, 1979

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

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

8. Albert Einstein, Zur Elektrodynamik bewegter Körper, Annalen der Physik und der Chemie, Jg 17 (1905)

9. Albert Einstein – Michele Besso, Correspondance 1903 –1955, Pierre Speziali (Hrsg.), Hermann, Paris 1972

10. L. D. Landau, Ju. B. Rumer, Was ist Relativität?, Physik Verlag, Mosbach - Baden, 1968

11. Hassan Bolouri, The concept of information; The concept of information in physics

۱۱. حسن بلوری، 'مفهوم اطلاعات در فیزیک'، منتشر شده در سایت‌های پارسی‌زبان، ماه فوریه سال ۲۰۲۴

12. https://fa.wikipedia.org/wiki/%D8%B4%DB%8C%D8%B7%D8%A7%D9%86%DA%A9_%D9%85%D8%A7%DA%A9%D8%B3%D9%88%D9%84

13. Hassan Bolouri, The Science of Thinking – Principles and Methods

۱۴. حسن بلوری، 'علم اندیشیدن ـ ریشه‌ها و روش‌ها'، نشر هزاره سوم، زنجان، ۱۳۹۴

14 Hassan Bolouri, Vacuum and its structure – a discussion about "Nothing".

۱۵. حسن بلوری، 'خلاء و ساختار آن ـ بحثی در باره "هیچ"'، منتشر شده در سایت های پارسی زبان، ماه آوریل سال ۲۰۲۳

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx