دکتر حسن بلوری برلین، ۲۰۱۹٫۱۲٫۶

**زمان**

**چیست و چگونه به دنیا آمد؟**



**Time: What is it and how did it come into the world?**

**چکیده:**

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 مؤلفه‌ی اساسی به‌حساب می‌آید و فیلسوفان بسیاری از دوران مصر باستان، هند،، اینکاها و یونان قدیم تا عصر حاضر به آن پرداخته و می‌پردازند......................... مقوله‌ی زمان سخت با تجارب روزمره‌ی ما گره‌خورده است. برای مثال، ما پروسه‌‌‌ی حیات را بازگشت‌ناپذیر و یک‌سویه‌ شاهدیم. آیا این به‌معنای وجود زمان، یک‌سویه و جهت‌دار بودن آن است؟ حواس ما یک چنان حالتی‌ را به ما القاء می‌کنند: در شکلِ زمانِ مطلق و جاری شدن یک‌نواخت آن. حالتی که ذکریای رازی و هفتصد سال بعد از او نیوتن آن را با چنان مشخصاتی توصیف نموده‌‌ و سپس کانت آن را نه تنها مطلق بلکه آپریوری، پیشاتجربی، نیز دانسته است. چنین برداشت‌هائی از مقوله‌ی زمان بسیار ساده و در نهایت نادرست و نیازمند تجدید نظر است. برای این منظور لازم است مقوله‌ی زمان را مستقل از حواس بررسی نمود. این امرِ فوق‌العاده مهم با یاری علم فیزیک حاضر عملی می‌باشد. ما از این طریق درمی‌یابیم که باور به زمان مطلق از اساس نادرست است؛ مضافا این‌که الزامی هم برای تصور یک‌سویه بودن آن نیست. از نگاه قوانین پایه‌ای این علم، زمان مطلق و یک‌سویه بودن آن، هرچند در مغایرت با برداشت حسی ما، عینیت ندارند. آیا زمان و جهتِ زمان تنها یک توهم است؟ توهم وجود زمان، توهم تفکیک آن به گذشته، حال و آینده؟۱

آن‌چه علم فیزیک جدید در باره‌ی مقوله‌ی زمان اظهار می‌دارد بسیار متفاوت از آنی است که تا یک قرن پیش مطرح بود. این علم زمان را یک فاکتور داخلی۲ در دینامیک جهان ارزیابی می‌کند که در آن هر سیستمی ویژه‌زمان۳ (Eigenzeit, proper time) خود را دارد. یافته‌های جدید از جمله دترمینیستی، جبری، بودنِ جهان را نیز که قرن‌ها باورِ عموم بود مردود می‌دانند. در این مقاله می‌خواهم پس از مقدمه به بیان کوتاهِ تاریخِ زمان، زمان مطلق و نقد آن، جهت و متریکِ زمان پرداخته و در ادامه مفهومِ زمان، هم‌زمانی و نسبیتی بودن زمان و در نهایت قابلِ تفکیک نبودن زمان به گذشته، حال و آینده را توضیح دهم. . ـ۱ـ

**مقدمه:**

واژه‌یِ زمان: . از نظر واژه‌شناسی، زمان ریشه‌گرفته از واژه‌ی زَروان یا زُروان است. زروان نام یکی از ایزدان در ایران باستان است. زروان در نوشته‌های پهلوی به‌معنای الهه‌ی زمان است. این نام در اوستا نیز ذکر شده است. آئین زروانی صورتی از آئین زرتشتی بوده و زروان برای زروانیان وجود غایی محسوب می‌‌شده است.۴ . نکاتی کلی در باره‌ی مقوله‌ی زمان: . زمان به‌معنای مطلق آن از دوران‌های دور تا یک قرن پیش در عرصه‌های مختلف زندگی از جمله و به‌ویژه در فلسفه و از دوران نیوتن در نظریه‌های علم فیزیک مطرح بوده و هنوز هم می‌باشد. طول عمر دراز این مقوله عمدتا به‌خاطر مشاهده‌ی رویدادها در محدوده‌ی سرعت‌های بسیار پائین نسبت به سرعت نور است. یعنی، رویدادهائی که در بررسی آن‌ها الزامی به طرح پرسش‌هائی مانند طول زمان در سیستم‌‌ها و مکان‌های مختلف نیست. به‌همین علت مسائل فراوانی در رابطه با مقوله‌ی زمان برای قرن‌ها ناشناخته شده بودند. با این حال این وضعیت مانع از آن نشد که نیوتن مکانیک علمی خود را، برای سرعت‌های پائین، ارائه کند. زمان مطلق از اواخر قرن نوزدهم از جانب فیزیک‌دان‌ها و ریاضی‌دان‌هائی مانند ارنست ماخ، آنری پوانکاره و آلبرت اینشتین مورد سؤال قرار گرفت. در درجه اول به‌خاطر ذهنی بودن آن. بدین معنا که زمان مطلق قابل ملاحظه و سنجش نبود و نیست. درست به‌‌همین ‌دلیل زمان مطلق فاقد ارزش علمی است. علم به ویژه علم فیزیک با سنجش سروکار دارد و هرآن‌چه قابل اندازه‌گیری نیست نمی‌تواند و نبایستی در آن دخیل باشد. اگر اکنون نیز در بخش‌هائی از علوم و تکنیک، از جمله در مکانیک کلاسیک، مقوله‌ی زمان مطلق بکار می‌رود به‌معنای تایید و یا عینیت داشتن آن نیست، بلکه صرفا به‌خاطر بیان ساده‌ی پدیده‌هائی است که در سرعت‌های بسیار پائین نسبت به سرعت نور رخ می‌دهند. . به دلیل آن‌که قوانین طبیعی هیچ نشانی برای تعریف زمان از خود بروز نمی‌دهند، لذا عملاٌ راهی جز تعریف دلخواه و قراردادی آن باقی ‌نمی‌‌ماند. از این‌رو، ماخ، پوانکاره، اینشتین، رایشنباخ، کارناپ، گرونبام و بسیاری دیگر اقدام به بررسی همه‌جانبه‌ی زمان قراردادی کردند. بررسی‌های نظری و تجربی نشان دادند که زمانِ قراردادی توان توضیح مسائل حل نشده را دارد و قادر است بگوید که چرا اندازه‌های زمان در حرکت‌ها و یا در مکان‌های مختلف در مقایسه باهم یکسان نیستند.

**تاریخچه‌ی زمان:**

مقوله‌ی زمان، تاریخی بسیار طولانی دارد. بی‌شک بیان همه‌جانبه‌ی آن خارج از محدوده‌ی این مقاله است. از این‌رو به‌‌ذکر کوتاهِ چند مرحله‌‌ی مهم از تاریخ آن، از یونان قدیم تا زمان کانت، اکتفا می‌کنم:

افلاطون . "زمان چگونه به دنیا آمد؟" پرسشی است که به‌نظر اولین‌بار افلاطون مطرح می‌کند. او در متن کوتاه دیالوگ تیمائوس که به مقوله‌ی زمان اختصاص دارد، می‌نویسد: . "’بود‘ و ’خواهد بود‘ اشکال صورت یافته‌ی زمان هستند، که ما آن‌ها را، بی‌آن‌که آگاه باشیم، به غلط به بودن ابدی تعمیم می‌دهیم."۵ . " تنها ’هست‘ به بودن ابدی تعلق می‌گیرد، زیرا از این طریق ما تکرار می‌کنیم که آن‌چه گذشته دیگر وجود ندارد، آن‌چه مربوط به آینده است هنوز وجود ندارد؛ به‌طوری که بودن، موجود بودن، معطوف به زمان حال، زمان حاضر است. افلاطون، آن چیزی را که ما به‌عنوان حال تجربه می‌کنیم از مقوله‌ی زمان مجزا می‌کند و آن را به تنها وجه واقعی وجود زمان ارتقاء می‌دهد. . ـ۲ـ

ارسطو . ارسطو، شاگرد افلاطون، مقوله‌ی زمان را در فصل‌های ۱۰ تا ۱۴ فیزیک خود کتاب چهارم مورد بحث قرار می‌دهد. او در پاسخ به این پرسش که آیا زمان تعلق به هستنده‌ها یا غیرهستنده‌ها دارد، ابتدا به این برهان می‌پردازد: ..

"زمان اصولا واقعی نیست یا فقط به‌زحمت و به‌شکل 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 یک‌طرف 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 قرار می‌دهیم."۶

پرسش ارسطو تنها محدود به این نمی‌شود که آیا زمان تعلق به هستنده‌ها دارد یا غیرهستنده‌ها. بلکه او هم‌چنین این پرسش مهم را نیز مطرح می‌کند که "جوهر واقعی آن چیست؟". ارسطو برای یافتن پاسخی به این پرسش بر رابطه‌ی میان زمان و حرکت متمرکز می‌شود و می‌نویسد: .

"روشن است که زمان را نمی‌توان برابر با حرکت دانست ـ در ضمن ما در این‌جا فرقی میان حرکت و تغییر حالت قائل نمی‌شویم. ما باید کار خود را از آن‌جا شرووع کنیم که می‌پرسیم، زمان چیست. اگر یک ’پیش از آن‘ و ’بعد از آن‘ محسوس می‌شود، در این‌صورت آن را زمان می‌نامیم: اندازه‌ی حرکت در رابطه با ’پیش از آن‘ و ’بعد از آن‘."۶

محمد ذکریای رازی . رازی در کتاب خود تحت عنوان ’شرح علم الهی‘ پس از ذکر دیدگاه ارسطو در باره‌ی زمان به مخالفت با او برخاسته و می‌نویسد: .

"من بر این نظرم که زمان به دو بخش تقسیم می‌شود: زمان مطلق و زمان محدود. زمان مطلق دائمی و بی‌‌پایان است. این زمان از ابد وجود داشته و لاینقطع جاری است. زمان محدود آنی است که از حرکت اجسام سماوی و سیر خورشید و ستارگان به‌دست می‌آید."۷

نیوتن . نیوتن در کتاب ’اصول ریاضی علم طبیعت‘، اولین کتاب فیزیک نظری جهان، زمان را مطلق دانسته و تعریفی را در آن ارائه می‌دهد که ذکریای رازی هفتصد سال قبل از او در کتاب ’شرح علم الهی‘ بیان کرده است. در زیر، بخش زمان مطلق و نقد آن، بیش‌تر به نیوتن می‌پردازم.

لایب‌نیتز . لاب‌نیتز معتقد بود زمان به‌شکل مستقل وجود ندارد. او استدلال می‌کند: . "اگر آفریده شده‌ها نبودند، فضا و زمان فقط در افکار خداوند وجود داشتند. فضا و زمان به‌هیچ‌وجه هستنده‌های مستقلی نیستند."۸

کانت . کانت معتقد بود: "زمان یک مقوله‌ی تجربی نیست که به‌نحوی از تجربه مشتق شود. زمان آپریوری داده شده است. ما می‌توانیم به‌گوئیم: این را تجربه به ما می‌آموزد، اما نه آن‌که چنین می‌بایستی باشد."۹ اینشتین در نامه‌ای به دوست دیرینه‌اش ماکس بورن در باره‌ی نظریه‌ی آپریوری کانت می‌نویسد:

"من دارم کم کم تاثیر عظیم تلقین‌آمیزی که از این آدم ـ کانت ـ برخاسته درک می‌کنم. به‌محض تایید آپریوری آرای ساختگی او، اسیر می‌شوی."۱۰ . ـ۳ـ

**زمان مطلق و نقد آن:**

زمان مطلق: در این‌جا باور بر این است که می‌توان برای مثال فاصله‌ی زمانی دو رویداد را به‌طور روشن تعیین کرد و این فاصله‌ی زمانی همواره یک‌سان می‌ماند، صرف‌نظر از این‌که از چه مکانی و از چه سیستمی اندازه‌گیری ‌شود. نیوتن در کتاب ذکر شده‌اش زمان مطلق را چنین تعریف می‌کند:

"زمان مطلق در اصل روان است و بنا بر ماهیت‌اش یک‌نواخت و بدون رابطه با چیزی خارجی. بیان بیرونی آن اندازه‌ی دقیق یا نا‌دقیق دوام است که معمولاٌ از آن بجای زمان حقیقی بهره‌جسته می‌شود، مانند ساعت، روز، ماه، سال."۱۱ . نیوتن در کتاب خود به نکته‌‌ی مهمی در رابطه با زمان مطلق اشاره می‌کند. او می‌نویسد: :

"شاید حرکت یک‌نواختی که بشود با آن زمان را به‌طور دقیق سنجید وجود نداشته باشد."۱۱ .

این بیان بسیار با اهمیت است و نشان می‌دهد که نیوتن تصور درستی از معیاری برای سنجش زمان مطلق داشته است. چرا که در یک جرکت یک‌نواخت، مسافت‌های مساوی در زمان‌های مساوی طی می‌شوند. اگر در جهان تنها یک حرکت یک‌نواخت وجود داشت، می‌شد آن را معیار قرار داد. اما مشاهده‌ی حرکت‌های یک‌نواخت بی‌شمار با سرعت‌های متفاوت معنائی جز نفی وجود تنها یک نوع حرکت یک‌نواخت، یعنی نفی زمان مطلق و متریک زمان جهان‌شمول، نیست.

 نقد زمان مطلق: ذهن آدمی به‌دلیل شکل‌گیری‌اش در یک محیطِ زیستِ ویژه،۱۲ حرکت‌‌های یک‌نواخت مختلف را تنها معطوف به یک زمان، زمان مطلق، می‌انگارد. به این علت که سرعت‌های‌ مطرح در محیط زیست او امکان تجربه‌ی بی‌واسطه‌ی پدیده‌هائی را که در محدوده‌ی سرعت نور، به‌عنوان سرعت حداکثر، به‌وقوع می‌پیوندند به وی نمی‌دهند. بخش قابل توجهی از مشکلات انسان در درک درست مفهوم زمان ریشه در تجربه‌ی او، محدود به سرعت‌های پائین، دارد. اگر انسان به‌طور طبیعی شانس تجربه و مقایسه با سرعت‌های بالا، نزدیک به سرعت نور، را می‌داشت متوجه اتساع زمان و لذا مطلق نبودن آن، می‌شد. زمان مطلق، همان‌گونه که ارنست ماخ به‌درستی معتقد بود، یک مقوله‌ی انتزاعی بیش نیست. او می‌نویسد: .

"زمان مطلق در هیچ حرکتی قابل سنجش نیست. لذا نه ارزش عملی دارد و نه ارزش علمی. هیچ کسی مجاز نیست ادعا کند از آن چیزی می‌فهمد. زمان مطلق مقوله‌ای زائد و ’متافیزیکی‘ است."۱۳

با توسعه‌ی دانش و فن اندازه‌گیری کمیت‌ها، به‌مرور نقطه ضعف‌ها و مسائل پنهان و نادیده‌ شده در مقوله‌ی زمان هرچه بیش‌تر بارز و غیرقابل انکار شدند. راه‌ حل‌های ارائه شده در فاصله‌ی زمانی نسبتاٌ اندکی منجر به دگرگونی شگرف و جهش‌واری در علوم گوناگون، به‌ویژه در علم فیزیک، دانش فلسفه و هم‌چنین در تکنیک شده امکان توسعه‌ی علم نجوم و کسمولوژی و در نهایت تولید ابزار روزمره‌ مانند جی پی اس GPS را فراهم آورده‌اند.

**جهت و متریک زمان:**

جهتِ ‌زمان: مشاهدات روزمره‌‌ی‌ ما نشان می‌دهند که جریان‌های جاری در طبیعت برگشت‌ناپذیر، یک‌سویه‌، یعنی جهت‌داراند؛ برای مثال، از نوجوانی بسوی پیری و نه هرگز بعکس. برگشت‌ناپذیری پروسه‌ها جهت‌دار بودن زمان را به ما تلقین می‌کنند. بی‌تردید بازگشت‌ناپذیر‌ی جنبه‌ مهمی از عمل‌کرد طبیعت را نشان می‌دهد. اما بایستی توجه داشت که این عمل‌کرد از آنِ دنیای کلاسیک است و نه الزاما از دنیای کوانتوم که زیر‌بنای آن را تشکیل می‌دهد. برگشت‌ناپذیری با قانون دوم علم ترمودینامیک و ـ۴ـ

مقوله‌ی آنتروپی، در رابطه با گرما و دما، توضیح داده می‌شود. قانون دوم ترمودینامیک می‌گوید که آنتروپی، نانظمی، سیستم‌های بسته، بدون تبادل با محیط اطراف خود، رو به ازدیاد است. برای مثال اگر ما جهان را سیستمی بسته تصور کنیم، در این‌صورت آنتروپی آن مدام، تا رسیدن به آنتروپی حداکثر، در حال افزایش خواهد بود. در آنترپی حداکثر، طبق نظریه‌ی فیزیک کلاسیک، همه چیز از حرکت بازمی‌ماند. این حالت را مرگ گرمائی جهان می‌نامند. البته ما هنوز درنیافته‌ایم که آیا جهان سیستمی بسته یا باز است. اما این را می‌دانیم که انسان یک سیستم باز است. او با انتقال آنتروپی خود به محیط امکان زیستن و توسعه دارد. به‌نظر نتیجه‌گیری از بازگشت‌ناپذیری پروسه‌های کلاسیک، مستدل بر قانون دوم ترمودینامیک، به تنهائی برای قبول جهت‌ و یک‌سو بودن زمان کافی نیست. به این علت که در یک چنان استدلالی کنش و واکنش‌های دنیای کوانتوم که در اصل دنیای ماکروسکپی را سبب می‌گردند منظور نشده است. مهم است بدانیم که بازگشت‌پذیری، یعنی یک‌سویه نبودن، در دنیای کوانتوم امری است که در آزمایش‌ها کوتاه با ذرّات کوانتومی، برای مدت زمان کوتاهی، به اثبات رسیده است.

متریک زمان: گفتیم که اگر در جهان تنها یک حرکت یک‌نواخت وجود داشت می‌شد از آن برای تعریف متریک زمان، متریک زمان مطلق، استفاده کرد. اما ما شاهد یک چنان حرکت بارزی نیستیم. به‌همین علت ناچاریم متریک زمان را با ملاک‌هائی که خود تعیین می‌کنیم تعریف نمائیم: تعریفی قراردادی! برای این منظور می‌توان از پروسه‌های مختلف از جمله فعل و انفعالات در علم شیمی، زیست‌شناسی، نجوم (چرخش زمین دور محور خود یا دور خورشید) و به‌ویژه جریان‌های متناوب با بسامدهای ثابت بهره جست. روشن است که مناسب‌ترین زمان‌سنج (ساعت) آنی است که نسبت به مابقی دقیق‌تر عمل می‌کند. و بهینه‌سازی زمان‌سنج به‌معنای تضعیف هرچه بیش‌تر عوامل مخل کار دقیق ساعت است. . واحد زمان لازم است طوری انتخاب شود که کار و محاسبه با آن تا حد ‌ممکن ساده باشد. برای مثال، برای پروسه‌های دنیای میکروسکپی نانو‌ثانیه یا پیکوثانیه و برای دنیای ماکروسکپی ثانیه، دقیقه، ساعت، روز یا سال. ناگفته نماند که قراردادی دانستن زمان از جانب بعضی از پژوهشگران نظریه‌های علمی مانند گرونبام مورد سؤال است. اینان براین باوراند که امتیاز نظریه‌های علم فیزیک، به‌ویژه مکانیک نیوتنی، نه ناشی از ساختار فرمال بلکه ناشی از رابطه‌شان با تجربه، اندازه زمانی معین، است. به‌دلیل فقدان واحد زمانی یکتا، جهان‌شمول و معتبر در همه‌ی نقاط جهان، این پرسش مطرح است که پس چگونه می‌توان اندازه‌ی زمان‌های مختلف در نقاط گوناگون را ارزیابی و با یکدیگر سنجید؟ چگونه می‌توان هم‌زمانی دو پدیده در مکان‌ها و سرعت‌های مختلف را تعریف کرد؟ اصولا، چه پاسخی به این پرسش داریم: زمان چیست و چه تعریفی دارد؟

**مفهوم زمان و هم‌زمانی:**

زمان تا حدود یک قرن پیش مطلق، با متریکی جهان‌شمول، تصور می‌شد. از این‌رو نیازی برای تنظیم (synchronization) ساعت‌ها با یکدیگر در سیستم‌های مختلف نبود. به بیان دیگر، تصور آن بود که برای مثال دو پدیده‌ی هم‌زمان در یک سیستم همواره در سیستم‌های دلخواه دیگر نیز هم‌زمان هستند. مثال: گسیل نور خورشید و "طلوع" آن در گذشته‌ای نه چندان دور هم‌زمان تصور می‌شد. اما ما اکنون می‌دانیم که نور خورشید پس از طی فاصله‌ی مبداُ تا زمین حدود هشت دقیقه بعد به ما می‌رسد؛ ناگفته نماند که خورشید نه طلوعی دارد و نه غروبی (این غلط مصطلحی بیش نیست). ما گاهن علائم چند رویداد را هم‌زمان مشاهده می‌کنیم. آیا این نوع مشاهدات همواره ‌به‌معنای آن است ‌که آن رویدادها هم‌زمان رخ داده‌اند؟ آیا می‌توان از مشاهده‌ی هم‌زمانی چند رویداد دوردست نتیجه گرفت که آن‌ها در فاصله‌‌ای یکسان از ما قرار دارند؟ بی‌تردید خیر! برای درک صحیح این نوع مسائل لازم‌ است ابتدا ـ۵ـ

بدانیم که هم‌زمانی چه معنائی و چه تعریفی دارد. متاسفانه نظریه‌ها و قوانین طبیعی در این‌جا نیز، مانند مورد زمان، هیچ‌گونه کمکی به ما نمی‌رسانند. لذا لازم است هم‌زمانی را نیز به‌‌شکل قرارداری تعریف کنیم، مطلبی که ابتدا از جانب آنری پوانکاره مطرح شد. پیش از پرداختن به تعریف هم‌زمانی اما لازم است تعریفی از خود مقوله‌ی زمان ارائه دهیم. یعنی بگوئیم، البته به‌شکل قراردادی، چه چیزی را می‌خواهیم تحت عنوان مقوله‌ی زمان به‌فهمیم. این دو مفهوم مهم پایه‌ای را آلبرت اینشتین در مقاله‌ی دوران‌ساز خود در سال ۱۹۰۵، با یاری‌گرفتن از بعضی تجربه‌های فیزیکی، چنین توضیح می‌دهد:

مفهوم زمان: "باید در نظر داشته باشیم، تمامی داوری‌های ما که زمان در آن‌ها ایفای نقش می‌کند همواره داوری‌هائی هستند در باره‌ی هم‌زمانی رویدادها. برای مثال، وقتی من می‌گویم: ’فلان قطار ساعت ۷ وارد ایستگاه می‌شود‘ معنایش می‌تواند این باشد که: ’قرارگرفتن عقربه‌ی کوچک ساعت من روی ۷ و وارد شدن قطار به ایستگاه رویدادهائی هم‌زمان هستند‘. شاید به‌نظر برسد که به این ترتیب همه‌ی مشکلات مربوط به تعریف ’زمان‘ حل می‌شوند وقتی که من به‌جای ’زمان‘ ’حالت عقربه‌ی کوچک ساعت خود را‘ منظور می‌دارم. در واقع یک چنین تعریفی کافی است اگر منظور فقط زمان برای مکانی باشد که ساعت در آن‌جا قرار دارد؛ اما به محض آن‌که بخواهیم سلسله رویدادهائی را که در مکان‌های مختلف رخ می‌دهند از نظر زمانی به‌هم ربط دهیم، یعنی بخواهیم رویدادهائی را از نظر زمانی به‌سنجیم که در مکان‌های دور از ساعت رخ می‌دهند، دیگر چنین تعریفی کافی نخواهد بود." ۳

. و اما در مورد مفهومم هم‌زمانی: ساده‌ترین و گویاترین تعریف هم‌زمانی را آلبرت اینشتین در ادامه‌ی مقاله‌ی ذکر شده چنین بیان می‌کند:

مفهوم هم‌زمانی: "با ساعتی که در نقطه‌ی A‌‌ی فضا قرار دارد، یک مشاهده‌گر می‌تواند در نقطه‌ی A رویدادهای بلافاصله‌ی اطراف A را از نظر زمانی به‌صورت هم‌زمانی رویدادها و موقعیت‌های عقربه‌ی ساعت به‌سنجد. با ساعتی هم که در نقطه‌ی B‌ی فضا قرار دارد ـ می‌خواهیم اضافه کنیم، ’ساعتی دقیقا مشابه ساعت در نقطه‌ی A‘ ـ نیز سنجش زمانی رویدادهای بلافاصله‌ی اطراف B توسط مشاهده‌گری در B امکان‌پذیر است. اما بی‌هیچ تعیین دیگری امکان مقایسه‌ی زمانی پدیده‌ای در A با پدیده‌ای در B وجود ندارد؛ ما تا حالا فقط یک ’زمان ـ A‘ و یک ’زمان ـ B‘ را داریم، اما یک ’زمان‘ مشترک برای A و B را تعریف نکرده‌ایم. . زمان مشترک را می‌توان اکنون تعریف کرد، تعریفی قراردادی: ’زمان‘ی که نور لازم دارد از A به B برسد مساوی ’زمان‘ی است که نور لازم دارد از B به A برسد. دو ساعت A و B وقتی هم‌زمان (synchronous)، کار می‌کنند که فاصله‌ی ’زمان ـ B‘ از فاصله‌ی ’زمان ـ A‘ مساوی فاصله‌ی ’زمان ـ A‘ از فاصله‌ی ’زمان ـ B‘ باشد. . ما فرض می‌کنیم که این تعریف هم‌زمانی برای نقاط دلخواهِ متعدد بدون هیچ تناقضی قابل اجراست و رابطه‌های زیر به‌طورعام درست هستند: . ۱ـ چنانچه ساعت در B سینکرون (هم‌زمان، هم‌آهنگ) با ساعت در A باشد، آن‌وقت ساعت در A سینکرون با ساعت در B است. . ۲ـ چنانچه ساعت در A هم با ساعت در B و هم با ساعت در C سینکرون باشد، آن‌وقت ساعت‌ها در B و C هم نسبت به‌هم سینکرون هستند. . ۳ـ مهم است بدانیم که ما زمان را با یاری ساعت‌های ساکن در سیستمی ساکن تعریف کردیم؛ از این‌رو ما این زمان را به‌خاطر تعلق‌اش به سیستم ساکن ’زمان سیستم ساکن‘ می‌نامیم." ۳

حال این پرسش مطرح است که آیا تعریف‌های ارائه شده برای سیستمم‌هائی که نسبت به یکدیگر با ـ۶ـ

سرعت‌های ثابت ‌یک‌نواخت در حرکت هستند نیز صدق می‌کند؟ پرسشی که فیزیک نیوتنی نه آن را طرح کرده و نه توان پاسخ بدان را دارد. پاسخ به این پرسش را آلبرت اینشتین در نظریه‌ای معروف به ’نظریه نسبیت خاص‘۳ در همان مقاله‌ی ۱۹۰۵ ارائه ‌داده است که در زیر کوتاه به آن می‌پردازیم.

**زمان نسبیتی خاص:**

برای بیان و درک ساده‌ی موضوع مورد نظر از یک مثال استفاده می‌کنم. تصور کنیم مسافری در داخل قطار منتظر حرکت آن است. او سکه‌ای در دست دارد و آن را به‌شکل عمودی به‌طرف بالا پرتاب می‌کند. ما می‌دانیم که مسیر برگشت سکه نیز عمود خواهد بود. ناظری که در ایستگاه قطار شاهد این بازی است رفت و برگشت سکه را به‌همان شکل، یعنی عمودی ملاحظه می‌کند. مسافر و ناظر زمان رفت و برگشت سکه را نیز به یکسان می‌سنجند. قطار راه می‌‍‌افتد و پس از چندی با سرعت یک‌نواخت بالائی روی ریل مستقیمی حرکت می‌کند. مسافر دوباره سکه را به‌شکل عمودی به‌طرف بالا پرتاب می‌کند. او این‌بار نیز مسیر برگشت سکه را به‌شکل عمودی مشاهده می‌کند. مسافر زمان رفت و برگشت سکه را هم‌اندازه‌ی حالت پیشین می‌سنجد. آیا ناظر ساکن مسیر رفت و برگشت سکه در قطار در حال حرکت را نیز به‌شکل عمودی در می‌یابد؟ اگر خیر. چرا؟ آیا او زمان رفت و برگشت سکه را برابر با حالت اول ارزیابی می‌کند؟ اگر خیر. چرا؟ . تصور کنیم که سکه توان پرتوزائی دارد و ناظر می تواند از طریق نور آن هر لحظه سکه راببیند. با دور شدن قطار، و با آن دور شدن سکه، می باید که نور سکه مدام زمان طولانی‌تری را برای رسیدن به ناظر طی کند. به همین دلیل ناظر رفت و برگشت سکه را نه عمودی بلکه به شکل مورّب می‌بیند و زمان رفت و برگشت سکه را هم طولانی‌تر ارزیابی می‌کند تا مسافر که خود با آن در حال حرکت است. و برعکس، یعنی اگر ناظر سکه را به بالا پرتاب کند و مسافر شاهد بازی او باشد، مسافر دقیقا همان تجربه‌ی ناظر را خواهد کرد. میان ویژه‌زمان مسافر و ویژه‌زمان ناظر رابطه‌ی خاصی وجود دارد که با بهره‌گیری از آن و شناخت از یکی از دو زمان‌ویژه می‌توان زمان‌ویژه دیگر را محاسبه کرد. این مثال روشن می‌کند که زمان نمی‌تواند مطلق باشد. چرا که مسافر و ناظر به‌عنوان دو سیستم هر یک ویژه‌زمان خود را دارند. در مثال ذکر شده ما حرکت قطار را یک‌نواخت و روی ریل مستقیم در نظر گرفتیم، یعنی حالت خاصی از انواع حرکت‌های ممکن را. به‌همین خاطر ویژه‌زمان مسافر و ناظر را ’زمان نسبیتی خاص‘ می‌نامیم.

**زمان نسبیتی عام** .

از آن‌جا که قوانین طبیعی تابع سیستم خاصی که ما انتخاب می‌‌کنیم نیستند، لذا لازم است رابطه‌ی عامی ارائه گردد که بتوان با در اختیار داشتن زمان‌ویژه‌ی یک سیستم دلخواهی زمان‌ویژه‌ی هر سیستم دلخواه دیگری را محاسبه کرد. این کار بزرگ و بی‌نظیر را آلبرت اینشتین ۱۹۱۵ در ’نظریه نسبیت عام‘۱۴ عملی نمود. با یاری این نظریه می‌توان، با در اختیار داشتن داده‌های ضروری، ویژه‌زمان هر سیستم دلخواهی را در هر گوشه‌ای از جهان محاسبه نمود.

**تفکیک‌ناپذیر‌بودن زمان به گذشته، حال و آینده:**

در این‌جا نیز مایلم به‌خاطر بیان و درک ساده‌ی مطلب از یک مثال استفاده ‌کنم. تصور کنیم که 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 ـ۷ـ

لکه‌ی خورشید. منجم دیگری در هر سیستم دلخواهی، مثلاٌ یک سفینه‌ی فضایی، که از آن هم بروز لکه‌ی خورشیدی و هم عمل برداشتن عینک منجم زمینی را ملاحظه می‌کند، برداشتن عینک را به‌عنوان رویداد دوم پس از بروز لکه‌ی خورشیدی 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، 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 ۱ـ پیش از بروز لکه‌ی خورشید و یا ۲ـ پس از بروز لکه‌ی خورشید و یا ۳ـ 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.۱۵ . مشاهده گرانی که نسبت به یکدیگر در حرکت هستند می‌توانند رویداد مشخصی را در زمان های مختلف مشاهده کنند. برای مثال رویدادی که برای یک مشاهده‌گر به‌عنوان گذشته جلوه می‌کند، می‌تواند برای مشاهده‌گر دیگری به‌عنوان رویدادی در آینده محسوب شود. هیچ ناظری در جهان 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.

**منابع:**

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

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

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

4. هنریک ساموئل نیبرگ، ادیان قدیم ایران، ترجمه‌‌‌ی س. نجم آبادی، تهران، ۱۳۶۰

5. Platon, Timaios, Reclams Universal-Bibliothek, Ausgabe 2009, Stuttgart 2013

6. Aristoteles, Physik bearbeitet von Michael Holzinger, Berliner Ausgabe 2016

7. Muhammad Zakariyya Razi, in: Der Weg der Physik, Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1978

8. Gottfried Wilhelm Leipniz, in: Der Weg der Physik, Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1978 ـ۸ـ

9. Immanuel Kant, Kritik der reinen Vernunft, Verlag Philipp Reclam jun., Leipzig 1979

10. A. Einstein - M. Born, Briefwechsel 1916-195, Edition Erbrich, Frankfurt, 1982

11. Isaac Newton, Mathematische Prinzipien der Naturlehre, wissenschaftlische Buchgesellschaft, Darmstadt 1963

12. Hassan Bolouri

حسن بلوری، مرزهای ادراک حسی در کسب شناخت بی‌‌واسطه، در: هشت جستار در باره‌ی فضا، زمان، ماده ...، نشر هزاره‌ی سوم، زنجان، ۱۳۹۷

13. Ernst Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Xenomoi Verlag, Berlin 2012

14. Albert Einstein, Die Grundlagen der allgemeinen Relativitätstheorie, in: Das relativitätsprinzip, Teubner Verlag, 8. Auflage, Stuttgart 1982

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

16. عکس در مقاله از اینترنت

ـ۹ـ

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx