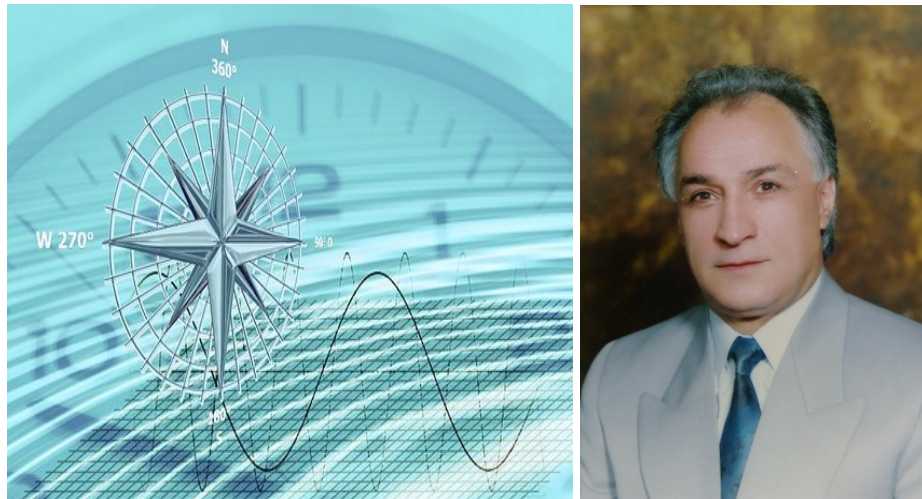


حسن بلوری

زمان چیست و چگونه به دنیا آمد؟

برلین، دسامبر ۲۰۱۹



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 مولفه‌ی اساسی به حساب 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 گره خورده است. برای مثال، ما پروسه‌ی حیات را بازگشت‌ناپذیر و یک‌سویه شاهدیم. آیا این به معنای 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 ذکرهای 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، یا پیشاتجربی، نیز دانسته است. چنین برداشت‌هایی 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 امر فوق‌العاده مهم با یاری علم فیزیک معاصر، عملی می‌باشد. ما از این طریق درمی‌یابیم که باور به زمان مطلق از اساس نادرست است؛ مضافاً این که 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 هستند، اما عینیت ندارند. آیا زمان و جهت 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 داخلی^۲ در دینامیک جهان ارزیابی می‌کند که در آن هر سیستمی ویژه‌زمان^۳ (Eigenzeit, proper time) خود را دارد. یافته‌های جدید از جمله دترمینیستی یا جبری بودن جهان را نیز که قرن‌ها باور عموم بود، مردود می‌دانند.

در این مقاله پس از مقدمه به بیان کوتاه تاریخ زمان، زمان مطلق و نقد آن، جهت و متریک زمان پرداخته و در ادامه مفهوم زمان، هم‌زمانی و نسبیتی بودن زمان و در نهایت قابل تفکیک نبودن زمان به گذشته، حال و آینده را توضیح دهم.

مقدمه:

واژه‌ی زمان در زبان پهلوی:

از نظر واژه‌شناسی، زمان ریشه گرفته از واژه‌ی زروان یا زروان است. زروان نام یکی از ایزدان در ایران باستان است. زروان در نوشته‌های پهلوی به معنای 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 به معنای 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 عمدتاً به‌خاطر مشاهده‌ی رویدادها در محدوده‌ی

سرعت‌های بسیار پائین نسبت به سرعت نور است. یعنی، رویدادهایی که در بررسی آن‌ها الزامی به طرح پرسش‌هایی مانند طول زمان در سیستم‌ها و مکان‌های مختلف نیست. به همین 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 ریاضی‌دان‌هایی مانند ارنست ماخ، آرنی پوانکاره و آلبرت اینشتین مورد سؤال قرار گرفت. در درجه اول به خاطر ذهنی بودن آن. بدین معنا که زمان مطلق قابل ملاحظه و سنجش نبود و نیست. درست به همین 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 بخش‌هایی از علوم و تکنیک، از جمله در مکانیک کلاسیک، مقوله‌ی زمان مطلق بکار می‌رود به معنای تایید و یا عینیت داشتن آن نیست، بلکه صرفاً به خاطر بیان ساده‌ی پدیده‌هایی 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 عملاً راهی جز تعریف دلخواه و قراردادی آن باقی نمی‌ماند. از این‌رو، ماخ، پوانکاره، اینشتین، رایشنباخ، کارناب، گرونباوم و بسیاری دیگر اقدام به بررسی همه‌جانبه‌ی زمان قراردادی کردند. بررسی‌های نظری و تجربی نشان دادند که زمان 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 کوتاه چند مرحله‌ی مهم از تاریخ آن، از یونان قدیم تا زمان کانت، اکتفا می‌کنم:

افلاطون

"زمان چگونه به دنیا آمد؟" پرسشی است که به نظر اولین بار 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، بی‌آن که 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؛ به طوری که بودن، موجود بودن، معطوف به زمان حال، زمان حاضر است. افلاطون، آن چیزی را که ما به عنوان حال تجربه می‌کنیم از مقوله‌ی زمان مجزا می‌کند و آن را به تنها وجه واقعی وجود زمان ارتقاء می‌دهد.

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 اصولاً 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 غیرهستنده‌ها تشکیل شده نمی‌توان انتظار داشت که در بودن سهیم باشد. زمان از یک طرف به خاطر حالا به هم پیوسته است و از طرف دیگر توسط آن به بخش‌هایی تقسیم می‌شود. به نظر 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؟^۵ 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 - در ضمن ما در این جا فرقی میان حرکت و تغییر حالت قائل نمی‌شویم. ما باید کار خود را از آن جا شروع کنیم که می‌پرسیم، زمان چیست. اگر یک 'پیش از آن' و 'بعد از آن' محسوس می‌شود، در این صورت 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 به دست 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

لایب‌نیتز معتقد بود زمان به شکل مستقل وجود ندارد. او استدلال می‌کند: "اگر آفریده شده‌ها نبودند، فضا و زمان فقط در افکار خداوند وجود داشتند. فضا و زمان به هیچ وجه هستنده‌های مستقلی نیستند."^۸

کانت

کانت معتقد بود: "زمان یک مقوله‌ی تجربی نیست که به‌نحوی از تجربه مشتق شود. زمان آپیوری 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 آپیوری کانت می‌نویسد:

"من دارم کم کم تاثیر عظیم تلقین آمیزی که از این آدم - کانت - برخاسته درک می‌کنم. به‌محض تایید آپیوری آرای ساختگی او، اسیر می‌شوی."^{۱۰}

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 معمولاً 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 حرکت 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 معنایی جز نفی وجود تنها یک نوع حرکت یک‌نواخت، یعنی نفی زمان مطلق و متریک زمان جهان‌شمول، نیست.

نقد زمان مطلق:

ذهن آدمی به دلیل شکل‌گیری‌اش در یک محیط زیست 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 نسبتاً 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:

جهت زمان: مشاهدات روزمره‌ی ما نشان می‌دهند که جریان‌های جاری در طبیعت برگشت‌ناپذیر، یک‌سویه، یعنی جهت‌دارند؛ 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 آن دنیای کلاسیک است و نه الزاما از دنیای کوانتوم که زیربنای آن را تشکیل می‌دهد. برگشت‌ناپذیری با قانون دوم علم ترمودینامیک و 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 این صورت آنتروپی آن مدام، تا رسیدن به آنتروپی حداکثر، در حال افزایش خواهد بود. در آنتروپی حداکثر، طبق نظریه‌ی فیزیک کلاسیک، همه چیز از حرکت بازمی‌ماند. این حالت را مرگ گرمایی جهان می‌نامند. البته ما هنوز دریافته‌ایم 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 تنهایی 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 ذرات 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 ملاک‌هایی 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 به معنای 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 میکروسکوپی نانو ثانیه یا پیکوثانیه و برای دنیای ماکروسکوپی ثانیه، دقیقه، ساعت، روز یا سال. ناگفته نماند که قراردادی دانستن زمان از جانب بعضی از پژوهشگران نظریه‌های علمی مانند گروبنام مورد سؤال است. اینان بر این باورند که امتیاز نظریه‌های علم فیزیک، به‌ویژه مکانیک نیوتنی، نه ناشی از ساختار فرمال بلکه ناشی از رابطه‌شان با تجربه، اندازه زمانی معین، است.

به دلیل فقدان واحد زمانی یکتا، جهان شمول 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؟ اصولاً، 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 مبدأ 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 به معنای 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 بدانیم که هم‌زمانی چه معنایی و چه تعریفی دارد. متأسفانه نظریه‌ها و قوانین طبیعی در این‌جا نیز، مانند مورد زمان، هیچ‌گونه

کمکی به ما نمی‌رسانند. لذا لازم است هم‌زمانی را نیز به شکل 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 به شکل قراردادی، چه چیزی را می‌خواهیم تحت عنوان مقوله‌ی زمان بفهمیم. این دو مفهوم مهم پایه‌ای را آلبرت اینشتاین در مقاله‌ی دوران‌ساز خود در سال ۱۹۰۵، با یاری گرفتن 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 داوری‌هایی هستند در باره‌ی هم‌زمانی رویدادها. برای مثال، وقتی من می‌گویم: 'فلان قطار ساعت ۷ وارد ایستگاه می‌شود'، معنایش می‌تواند این باشد که: 'قرار گرفتن عقربه‌ی کوچک ساعت من روی ۷ و وارد شدن قطار به ایستگاه رویدادهایی هم‌زمان هستند'. شاید به نظر برسد که به این ترتیب همه‌ی مشکلات مربوط به تعریف 'زمان' حل می‌شوند وقتی که من به جای '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 آن که بخواهیم سلسله رویدادهایی را که در مکان‌های مختلف رخ می‌دهند از نظر زمانی به هم ربط دهیم، یعنی بخواهیم رویدادهایی را از نظر زمانی به‌سنجیم که در مکان‌های دور از ساعت رخ می‌دهند، دیگر چنین تعریفی کافی نخواهد بود."^۳

و اما در مورد مفهوم هم‌زمانی: ساده‌ترین و گویاترین تعریف هم‌زمانی را آلبرت اینشتاین 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 - می‌خواهیم اضافه کنیم، 'ساعتی دقیقاً مشابه ساعت در نقطه‌ی A' - 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 - A' و یک 'زمان - 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 - B' از فاصله‌ی 'زمان - A' مساوی فاصله‌ی 'زمان - A' از فاصله‌ی 'زمان - B' باشد.

ما فرض می‌کنیم که این تعریف هم‌زمانی برای نقاط دلخواه متعدد بدون هیچ تناقضی قابل اجراست و رابطه‌های زیر به‌طور عام درست هستند:

۱- چنانچه ساعت در B سینکرون (هم‌زمان، هم‌آهنگ) با ساعت در A باشد، آن وقت ساعت در A سینکرون با ساعت در B است.

۲- چنانچه ساعت در A هم با ساعت در B و هم با ساعت در C سینکرون باشد، آن وقت ساعت‌ها در B و C هم نسبت به هم سینکرون هستند.

۳- مهم است بدانیم که ما زمان را با یاری ساعت‌های ساکن در سیستمی ساکن تعریف کردیم؛ از این رو ما این زمان را به‌خاطر تعلقش به سیستم ساکن 'زمان سیستم ساکن' می‌نامیم.^۳

حال این پرسش مطرح است که آیا تعریف‌های ارائه شده برای سیستم‌هایی که نسبت به یکدیگر با سرعت‌های ثابت یک‌نواخت در حرکت هستند نیز صدق می‌کند؟ پرسشی که فیزیک نیوتنی نه آن را طرح کرده و نه توان پاسخ‌بدان 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 به شکل عمودی به طرف بالا پرتاب می کند. ما می دانیم که مسیر برگشت سکه نیز عمود خواهد بود. ناظری که در ایستگاه قطار شاهد این بازی است رفت و برگشت سکه را به همان شکل، یعنی عمودی ملاحظه می کند. مسافر و ناظر زمان رفت و برگشت سکه را نیز به یکسان می سنجند. قطار راه می افتد و پس از چندی با سرعت یک نواخت بالائی روی ریل مستقیمی حرکت می کند. مسافر دوباره سکه را به شکل عمودی به طرف بالا پرتاب می کند. او این بار نیز مسیر برگشت سکه را به شکل عمودی مشاهده می کند. مسافر زمان رفت و برگشت سکه را هم اندازه ی حالت پیشین می سنجد. آیا ناظر ساکن مسیر رفت و برگشت سکه در قطار در حال حرکت را نیز به شکل عمودی در می یابد؟ اگر خیر. چرا؟ آیا او زمان رفت و برگشت سکه را برابر با حالت اول ارزیابی می کند؟ اگر خیر. چرا؟

تصور کنیم که سکه توان پرتوزائی دارد و ناظر می تواند از طریق نور آن هر لحظه سکه را ببیند. با دور شدن قطار، و با آن دور شدن سکه، می باید که نور سکه مدام زمان طولانی تری را برای رسیدن به ناظر طی کند. به همین دلیل ناظر رفت و برگشت سکه را نه عمودی بلکه به شکل مورّب می بیند و زمان رفت و برگشت سکه را هم طولانی تر ارزیابی می کند 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 دقیقاً همان تجربه ی ناظر را خواهد کرد. میان ویژه زمان مسافر و ویژه زمان ناظر رابطه ی خاصی وجود دارد که با بهره گیری از آن و شناخت از یکی از دو زمان ویژه می توان زمان ویژه دیگر را محاسبه کرد. این مثال روشن می کند که زمان نمی تواند مطلق باشد. چرا که مسافر و ناظر به عنوان دو سیستم هر یک ویژه زمان خود را دارند. در مثال ذکر شده ما حرکت قطار را یک نواخت و روی ریل مستقیم در نظر گرفتیم، یعنی حالت خاصی از انواع حرکت های ممکن را. به همین خاطر ویژه زمان مسافر و ناظر را 'زمان نسبی خاص' می نامیم.

زمان نسبی عام

از آن جا که قوانین طبیعی تابع سیستم خاصی که ما انتخاب می کنیم نیستند، لذا لازم است رابطه ی عامی ارائه گردد که بتوان با در اختیار داشتن زمان ویژه ی یک سیستم دلخواهی

زمان ویژه‌ی 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.

تفکیک‌ناپذیر بودن زمان به گذشته، حال و آینده:

در این جا نیز ما یلیم به خاطر بیان و درک ساده‌ی مطلب از یک مثال استفاده کنیم. 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 لکه‌ی خورشید. منجم دیگری در هر سیستم دلخواهی، مثلاً 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، آن وقت 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 و یا ۲- پس از بروز لکه‌ی خورشید و یا ۳- هر دو رویداد را هم‌زمان مشاهده نماید. حالت‌هایی که بی‌شک ما نیز

به‌عنوان سرنشینان سفینه تاییدشان می‌کردیم. به بیان دیگر، با تغییر سرعت و جهت‌گیری سفینه شاهد تفکیک‌ناپذیر بودن 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 زمان‌های 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 دقیقاً 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)
- ۴ 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 Leibniz, in: Der Weg der Physik, Deutscher Taschenbuch Verlag, München 1978
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, wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1963
12. Hassan Bolouri
- حسن بلوری، مرزهای ادراک حسی در کسب شناخت بی واسطه، 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

۱۶. عکس در مقاله از اینترنت