

جلسه هفتم

موضوع این جلسه به یکی از پاسخ‌هایی که در ابتدای جلسه‌ی سوم راجع به فرق دو ضربدر داده شد، برمی‌گردد. آن پاسخ این بود که زمان خلق دو ضربدر فرق است. اما در آن جلسه به این موضوع که اصولاً زمان چیست که این دو ضربدر از منظر آن با یکدیگر فرق دارند پرداخته نشد.

از یک طرف موضوع زمان یکی از چالش‌برانگیزترین موضوعات مطرح برای فیزیکدانان است که هنوز حل نشده است و از طرف دیگر همه‌ی ما به قدری با زمان آشنا و راحت هستیم که از زمان گذشته، حال و آینده سخن می‌گوییم. هدف ما در این جا نیز پیچیده نمودن موضوع زمان نیست، بلکه می‌خواهیم توضیحات و مباحثی راجع به آن ارائه دهیم.

به نظر شما زمان چیست؟ حس و نظریه‌ای که شما نسبت به زمان و گذر زمان دارید چه می‌باشد؟

در قرآن در آیه‌الکرسی گفته می‌شود:

"اللَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْحَيُّ الْقَيُّومُ لَا تَأْخُذُهُ سِنَّةٌ وَلَا نَوْمٌ"^۱

خداوند کسی است که سال و زمان نمی‌تواند او را بگیرد ولی برای ما انسان‌ها سال می‌گذرد و زمانی داریم.

برای بیان ایده و تصور ساده‌ای که ما در مورد زمان داریم، با آن زندگی می‌کنیم و کارهای مربوط به فیزیک را انجام می‌دهیم از یک مثال بهره می‌بریم.

همه ما انسان‌ها طوری به جهان نگاه می‌کنیم که گویی جهان مانند یک فیلم است که از عکس‌های متوالی در لحظات متوالی و متمادی تشکیل شده است که یکی پس از دیگری به نمایش در می‌آیند و کسی نیست که جلوی آن را بگیرد. بدون تصور این فیلم، تصور زمان برایمان غیرممکن است.

اما سوالی که مطرح می‌شود این است که کوچکترین زمان چگونه است؟

کوچکترین زمان برای چشم ما یک بیست و چهارم ثانیه است. به عبارت دیگر چشم ما در هر ثانیه ۲۴ فریم عکس می‌گیرد. از آن جایی که هر ثانیه یک ۳۶۰۰ ام ساعت است و هر ساعت یک ۲۴ ام شبانه‌روز است. بنابراین

^۱ آیه ۲۵۵ سوره بقره

چشم ما هر عکس را در کسر کوچکی از شبانه‌روز می‌گیرد. ولی آیا این کسری از شبانه‌روز کوچکترین زمانی است که وجود دارد. امروزه دوربین‌هایی ساخته شده است که در هرثانیه صدهزار عکس می‌گیرند. به نظر می‌رسد بتوان زمان را از این مقدار نیز کوچکتر نمود.

در قرآن نیز از زمان گذشته با عنوان "ما خلفهم" تعبیر می‌شود و از زمان آینده که هنوز رخ نداده است از تعبیر "ما بین ایدیه‌م" استفاده شده است. همچنین دو موضوع خلق و امر در قرآن کنار یکدیگر در نظر گرفته شده‌اند. این موضوع در آیات زیر دیده می‌شود:

"إِنَّ الْأَمْرَ كُلَّهُ لِلَّهِ"^۲ و "يُدَبِّرُ الْأَمْرَ مِنَ السَّمَاءِ إِلَى الْأَرْضِ ثُمَّ يَعْرُجُ إِلَيْهِ فِي يَوْمٍ كَانَ مِقْدَارُهُ أَلْفَ سَنَةٍ مِمَّا تَعُدُّونَ"^۳

در این آیه به این موضوع اشاره شده است که امر یا همان فرمان را خداوند از آسمان به زمین پشت سر هم می‌گذارد.

بنابراین ما با این تصور و نگاه به زمان زندگی می‌کنیم. پس زمانی وجود دارد که بر همه به جز خداوند و اسماء الهی می‌گذرد. خداوند در قرآن می‌فرماید که شبانه‌روز و ماه را آفریده است تا با زمان آشنا شویم و با شمارش از زمان و سال آگاهی پیدا کنیم (لَتَعْلَمُوا عَدَدَ السِّنِينَ وَالْحِسَابَ).^۴

یکی از واحدهای اندازه‌گیری زمان، شبانه‌روز (زمان بین دو طلوع خورشید یا بین دو غروب خورشید یا بین دو فجر) است و این سایه است که می‌تواند آن را مدرج کند. لازم به ذکر است که تقسیم بندی ۲۴ ساعته یا ۱۲ ساعته‌ی شبانه‌روز نخستین بار توسط دانشمندان دوره شکوفایی اسلامی ارائه شد. سپس هر ساعت را به ۶۰ دقیقه و هر دقیقه را به ۶۰ ثانیه تقسیم‌بندی نمودند.

اما می‌توان تقسیم‌بندی ثانیه را کوچکتر نیز نمود. حدود ده یا بیست سالی است که دانشمندان، شبانه‌روز دیگری در نظر گرفتند که بسیار تندتر از شبانه‌روز ما می‌باشد. نام آن را ساعت اتمی نامیدند. در این ساعت، اتم یک مولکول خاص را در شرایط ثابتی نگه داشته و این شبانه‌روز جدید را با شمارش نوسانات آن اتم معرفی

^۲ آیه ۱۵۴ آل عمران

^۳ آیه ۵ سوره سجده

^۴ آیه ۵ سوره یونس

نمودند. حال سوالی مطرح می‌شود که چرا دانشمندان با وجود شبانه‌روزی که بر اساس طلوع یا غروب خورشید وجود داشت، شبانه‌روز جدیدی معرفی کردند؟

در واقع با الگو قرار دادن شبانه‌روز سعی نمودند با هر چیز تکرارشونده و در تناوب، زمان را تعیین کنند. آن‌ها این موضوع را از همان شبانه‌روز خداوند یاد گرفتند. ما برای اینکه بتوانیم کند یا تند بودن این شبانه‌روزها را بیان نماییم، مجبوریم یکی از آن‌ها را مرجع قرار دهیم. همانطور که سال قمری بر اساس گردش ماه به دور زمین تعریف شده و سال شمسی بر اساس گردش خورشید به دور زمین بیان شده است. اتم سزیم را می‌توان ماه دیگری قلمداد نمود که برای اینکه بتوانیم به درستی نوسانات آن را بشماریم و روز و ماه و سال جدیدی معرفی نماییم مجبوریم شرایط آن را با زحمت ثابت نگه داریم و نوسانات آن را بشماریم. از همین جا می‌توان به شکوه‌مندی خداوند در ثابت نگه‌داشتن عدد روزها و سال‌ها بر اساس ماه و خورشید پی برد.

به این ترتیب برای اینکه بگوییم زمان چقدر است مجبوریم چیزی را به عنوان مرجع زمان برای خودمان قرار دهیم. در حقیقت ما زمان را اندازه‌گیری نمی‌کنیم، بلکه آن را تعیین می‌کنیم. در کتاب فیزیک هالیدی منحنی‌ای رسم شده است که زمان شبانه‌روزمان را با زمان ساعت اتمی مقایسه کرده است. در حقیقت در این منحنی ساعت اتمی را مرجع قرار داده و شبانه‌روز را با آن اندازه‌گیری کردند و اختلاف این دو را ترسیم نمودند. مطابق با این نمودار حداکثر اختلاف شبانه‌روز نسبت به مرجع ساعت اتمی $3/5$ میلی‌ثانیه است. البته اگر متوسط این منحنی را با شبانه‌روز مقایسه کنید هیچ اختلافی وجود ندارد. ولی اینکه سراغ این شبانه‌روز رفتند این است که با استفاده از آن خواستند واحد زمانی خودشان را به کوچکتر از پیکو ثانیه برسانند. این پیمانهای زمانی بسیار کوچک را شمرده و همچنان نیز می‌شمارند و آن را معیاری برای زمان‌مان قرار دادند.

با توجه به توضیحات مطرح شده به نظر می‌رسد با توجه به مثال فیلم تصور زمان گسسته فرض درستی است. ما با این فرض آزمایش کرده، زندگی می‌کنیم و همه‌ی ساعت‌هایمان نیز براساس زمان گسسته هستند. ولی به چه دلیل ما به زمان پیوسته روی آوردیم؟ فرض پیوسته بودن زمان به این معنی است که بین هر دو زمانی که اختیار می‌کنید حتماً زمان دیگری وجود دارد و هر چه این بازه‌های زمانی را کوچک نماییم باز هم زمان کوچکتری وجود خواهد داشت. البته در فیزیک مواردی وجود دارد که تنها فرض زمان گسسته منجر به پاسخ درست می‌شود ولی در کارهایی که ما در این درس انجام می‌دهیم فرض زمان پیوسته مشکلی ایجاد نمی‌کند.

با توجه به مباحثی که راجع به زمان مطرح نمودیم، لازم است به موضوع جابجایی و فرق بین چیزها تبصره‌ای اضافه نماییم. فرق بین چیزها در زمان آن‌ها و همچنین فرقی است که در یک زمان خاص فریز شده با یکدیگر دارند. همان‌طور که قبلاً بیان شد بردار جابجایی که با r نشان داده می‌شود از دید دستگاه‌های مختلف گوناگون دیده می‌شود ولی باید توجه داشته باشید که این بردار جابجایی برای یک لحظه‌ی خاص است. و برای لحظات دیگر باید دید دستگاه‌ها چه برداری را می‌بینند. به همین دلیل آرگومان زمان (t) را برای بردارهای جابجایی بکار می‌بریم. اگر بیان بردار r_{oA}^s در زمان اولیه را با $r_{oA}^s(1)$ و در زمان ثانویه را با $r_{oA}^s(2)$ نشان دهیم، تفاوت این دو بردار به لحاظ فرقی تفاوتی که به خاطر گذر زمان رخ می‌دهد را به صورت زیر نشان می‌دهیم که به صورت زمان گسسته است:

$${}^s r_{oA}(2) - {}^s r_{oA}(1) = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$$

ولی فرض گسسته بودن زمان چه مشکلی دارد که به سراغ زمان پیوسته می‌رویم؟ شاید به اشتباه فکر کنید که زمانی که در اختیاران است پیوسته است. اما این‌طور نیست و زمانی که داریم گسسته است. در زمان پیوسته چیزی به عنوان سرعت تعریف می‌نماییم و به جای اینکه بگوییم تغییرات بردار جابجایی در بازه‌ی زمانی خاصی چقدر است می‌گوییم سرعت آن چقدر است. در حقیقت سرعت لحظه‌ای در زمان پیوسته معنی دارد، چرا که به این معنی است که هر فاصله‌ی زمانی را اگر در نظر بگیرید با دانستن سرعت می‌توانیم مقدار جابجایی را بدست آوریم. برای این که تعبیر سرعت را به زبان ریاضی بیان کنیم از حد استفاده نمودیم و زمان را بسیار کوچک در نظر گرفتیم.

$$\frac{\Delta {}^s r_{oA}(1)}{\Delta t} = v(1) \quad \Leftrightarrow \quad \Delta {}^s r_{oA}(1) = v(1) \Delta t$$

$$\Delta t \rightarrow 0$$

که در آن $v(1)$ همان سرعت در لحظه‌ی ۱ است.

با دانستن این سرعت و ضرب نمودن آن در هر فاصله زمانی، جابجایی در هر لحظه‌ی دلخواه بدست می‌آید. بنابراین به این نکته توجه داشته باشید که اساساً سرعت به دلیل پیوسته فرض نمودن زمان ایجاد شده است. این‌طور نبوده که سرعت از روی مشتق جابجایی نسبت به زمان حاصل شده باشد، بلکه مفهوم ریاضی «مشتق

نسبت به متغیر مستقل» از همان مفهوم سرعت بوجود آمده است. به همین ترتیب شتاب هم سرعتِ سرعت یا سرعت تغییرات سرعت است.

در این جلسه به این نتیجه رسیدیم که بردار جابجایی در هر عکس دیده می‌شود و عکس به عکس این بردار تغییر می‌کند. ولی به یک مورد در این میان دقت کردیم ولی تأکید نکردیم. و آن بالانویس s است. در حقیقت تغییراتی که در بردار جابجایی نسبت به زمان رخ می‌دهد، همه و همه از دید یک دستگاه معین، معنی‌دار می‌شود. اگر دستگاه‌ها نسبت به زمان نسبت به یکدیگر تغییر کنند هر دستگاهی این تغییر بردار جابجایی را به گونه‌ای متفاوت از دیگر دستگاه‌ها می‌بیند.

به عنوان مثال بردار جابجایی از مرکز چرخ و فلک، به کسی که روی چرخ و فلک نشسته است را در نظر بگیرید. زمانی که چرخ و فلک در حال حرکت است، این بردار از دید کسی که روی چرخ و فلک نشسته تغییری نمی‌کند ولی از دید ناظری که بیرون از چرخ و فلک ایستاده و به آن نگاه می‌کند تغییر می‌کند.