نوشته‌ی: استفن هاوکینگ
برگردان: دکتر روح‌اله عباسی؛ دکتر سعید اسحاقی

فضا و زمان (۲)

امروز، ما این روش را برای اندازه‌گیری فاصله‌ها به‌کار می‌بریم، زیرا می‌توانیم زمان را با دقتی بیش‌تر از طول اندازه‌گیری کنیم. در واقع، متر عبارت است از فاصله پیموده‌شده به‌وسیله‌ی نور در «۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳۳۳۵۶۴۰۹۵۲ ثانیه.» که به‌وسیله‌ی ساعت سزیوم اندازه‌گیری شده است. (دلیل این عدد ویژه آن است که متناظر و برابر است با تعریف تاریخی متر، دو نشان بر روی یک شمش از جنس پلاتین که در پاریس ضبط و نگه‌داری شده است.) به‌همین ترتیب می‌توانیم واحد دیگری را برای طول انتخاب کنیم که خیلی عملی‌تر است و آن را ثانیه ـ نور نامیده‌اند. تعریف آن واحد عبارت است از مسافت پیموده‌شده به‌وسیله‌ی نور در یک ثانیه.

در نظریه نسبیت، ما فاصله‌ها را بر حسب زمان و سرعت سیر نور اندازه‌گیری می‌کنیم، که بدیهی است معنای آن، این است که هر ناظر (راصد) اندازه سرعت را همان سرعت بر حسب تعریف را یعنی «۰۰۰۰۰۰۰۰۰۳۳۳۵۶۴۰۹۵۲ ثانیه.» اندازه‌گیری خواهد کرد. دیگر نیازی هم به اثر، که وجودش، چنان‌چه آزمایش تجربی میکلسون ـ مورلی ثابت کرده، به‌هرحال اثبات و معلوم نشده است، نداریم.

بنابراین، نظریه (نظریه نسبیت) ما را مجبور می‌کند که اعتقادات اساسی خود را درباره‌ی فضا و زمان عوض کنیم. ما باید قبول کنیم که زمان از فضا به‌طور کامل جدا نبوده و مستقل از آن هم نیست، ولی باید قبول کنیم که زمان با فضا ترکیب می‌شود و چیزی را می‌سازد که «فضا ـ زمان» نام دارد.

می‌دانیم که می‌توان موضع یک نقطه را در فضا، به‌وسیله سه عدد که مختصات نامیده می‌شوند، معین کرد. به‌طور مثال می‌توان گفت که یک نقطه در یک اتاق، در دو متری یک دیوار، و یک متری دیوار دیگر و یک و نیم متری بالای کف اتاق قرار دارد.

به‌همین ترتیب می‌توان معین کرد که یک نقطه، در طولی مفروض، عرضی مفروض و ارتفاعی از تراز دریا، قرار گرفته است. می‌توان با وجود کاربرد محدود هر دستگاه، مختصات مناسب را برگزید؛ البته نمی‌توان موضع (موقعیت،) کره‌ی ماه (ماه ـ زمین) را با مشخصات کیلومتر (واحد) در شمال و

شرق «پیکادلی سیرکوس» و ارتفاع بر حسب پا (واحد) بالای تراز دریا معین کرد.

از طرف دیگر، خیلی آسان‌تر است که موضع بر حسب فاصله با خورشید، فاصله با سطح مسیر سیارات (منطقه البروج) و زاویه و اصل خورشید و ستاره‌ای نزدیک از قبیل «آلفا سانتور» مشخص شود. این مختصات نیز خود برای توضیح و ترسیم موضع خورشید در کهکشان ما یا موضع کهکشان ما در مجموعه گروه کهکشان‌های محلی، اعتبار استعمال ندارد. در حقیقت می‌توان تمام کیهان هستی را بر حسب مجموعه‌ای از مختصات مرجع، به‌هم مربوط کرد. بر روی هر یک از آن‌ها می‌توان مجموعه‌ای مختلف از سه مختصات برای تعیین موضع یک نقطه به‌کار برد.

یک حادثه عبارت از چیزی است که در نقطه‌ای خاص در فضا، در لحظه‌ای خاص، به‌وقوع می‌پیوندد. بدین جهت می‌توانیم آن را با چهار عدد یا مختصات تعیین کنیم. باز هم گزینش مختصات اختیاری است؛ می‌توان هر مختصات فضایی به‌طور کامل مشخص و هر نوع واحد اندازه‌گیری زمان را انتخاب کرد. در نسبیت، تمایزی حقیقی میان فضا و مختصات زمانی و همچنین اختلافی حقیقی میان دو مختصات فضایی وجود ندارد. می‌توان مجموعه مختصات جدیدی را چنان انتخاب کرد که در آن نخستین مختصات فضایی قبول کنیم ترکیبی از نخستین و دومین مختصات قدیمی باشد. به‌طور مثال به‌جای اندازه‌گیری موضع یک نقطه در روی زمین که برحسب کیلومتر در شمال و بر حسب کیلومتر در مشرق پیکادلی باشد، می‌توان کیلومتر در شمال شرقی پیکادلی و بر حسب کیلومتر در شمال غربی پیکادلی را به‌کار برد.

به‌همین ترتیب، در نسبیت، می‌توان مختصات جدیدی از زمان که همان زمان قدیمی (بر حسب کیلومتر) به اضافه فاصله (بر حسب ثانیه ـ نور) در شمال پیکادلی را به‌کار برد. بی‌دردسرتر آن است که انسان به‌فکر چهار مختصات یک حادثه برای مشخص کردن موضع در یک فضای چهار بعدی به‌نام «فضا ـ زمان» بیفتد. تصور یک فضای چهار بعدی غیرممکن است. برای من تصور یک فضای سه بعدی هم دشوار است. ترسیم دیاگرام‌های دو بعدی، بسان سطح زمین، آسان است. (می‌گوییم که سطح زمین دو بعدی است، زیرا موضع یک نقطه در روی آن ممکن است با دو مختصات، یعنی عرض و طول، مشخص شود.) من به‌طور معمول دیاگرام‌هایی را به‌کار می‌برم که در آن‌ها زمان به‌طور عمود نمو می‌کند و در آن یکی از ابعاد افقی مشخص شده است. دو بعد دیگر کنار گذاشته می‌شوند، یا بعضی اوقات، یکی از آن‌ها با طرح منظری (Perpective) نموده می‌شود. (آن‌ها را دیاگرام‌های فضا ـ زمان می‌نامند. مانند شکل ۲-۱ به‌طور مثال، روی شکل ۲-۲ زمان بر حسب سال نموده شده است و فاصله در طول خطی که از خورشید به آلفای سانتور می‌رود افقی بر حسب کیلومتر نموده شده است. مسیر خورشید و آلفای سانتور از معبر «فضا ـ زمان» با خطوط عمودی در

سمت راست و چپ دیاگرام، نموده شده است. یک شعاع نوری از خورشید در طول و تر حرکت می‌کند و پس از چهار سال طو. راه به آلفای سانتور می‌رسد.

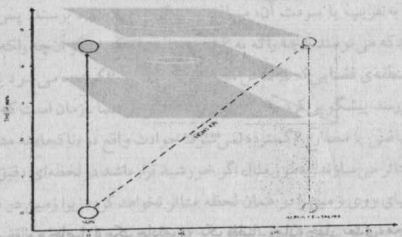


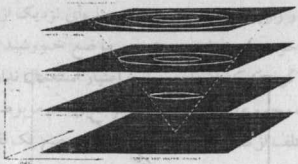
FIGURE 2.2

شکل ۲-۲

همان‌طور که دیدیم، معادلات ماکزوئل نشان دادند که سرعت سیر نور، باید به ازای همه سرعت‌های منبع، مقداری ثابت باشد و این قضیه به‌وسیله‌ی اندازه‌گیری‌های دقیق محقق شود. نتیجه آنکه اگر برقی نورانی در لحظه‌ای خاص در نقطه‌ای خاص از فضا صادر شده باشد، با گذشت زمان، این برق همانند کره‌ای از نور که بزرگی و موقع (موضع) آن مستقل از سرعت منبع نور است، بزرگ خواهد شد: پس از یک ملیونیوم ثانیه، گسترش نور تا کره‌ای به شعاع سیصد متر خواهد رسید، پس از دو ملیونیوم ثانیه، این شعاع ششصد متر خواهد بود و به‌همین ترتیب ادامه می‌یابند، همانند چین‌هایی که بر سطح یک مرداب در اثر پرتاب یک سنگ‌ریزه تشکیل می‌شود. چین‌ها به صورت یک دایره، که با گذشت زمان وسیع می‌شوند، گسترش می‌یابند.

اگر نمونه‌ای (مدل) را در نظر بگیریم که از سه بعد حاصل از سطح دو بعدی مرداب و بعد زمان تشکیل شده باشد، دایره‌ی موردبحث مخروطی را تشکیل خواهد داد که راس آن محل برخورد سنگ با آب خواهد بود (شکل ۲-۳).

به‌همین ترتیب، نور حاصل از یک حادثه، در یک «فضا ـ زمان» چهار بعدی، مخروطی سه بعدی تشکیل خواهد داد. این مخروط را «مخروط نور مضارع» حادثه می‌نامند. با همین روش می‌توانیم مخروط دیگری را ترسیم کنیم. موسوم به «مخروط نورماضی» که عبارت است از مجموعه حوادثی که از آن، برقی (پرتوی) نورانی می‌تواند به حادثه مورد بحث برسد. (شکل ۲-۴).

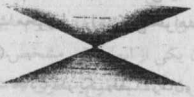


(شکل ۲-۳)

به‌همین ترتیب، نور حاصل از یک حادثه، در یک «فضا ـ زمان» چهار بعدی، مخروطی سه بعدی تشکیل خواهد داد. این مخروط را «مخروط نور مضارع» حادثه می‌نامند. با همین روش می‌توانیم مخروط دیگری را ترسیم کنیم. موسوم به «مخروط نورماضی» که عبارت است از مجموعه حوادثی که از آن، برقی (پرتوی) نورانی می‌تواند به حادثه مورد بحث برسد. (شکل ۲-۴).

(شکل ۲-۴).

مخروط‌های نور ماضی و مضارع مربوط به حادثه P «فضا ـ زمان» را به سه منطقه تفسیم می‌کنند



(شکل ۵-۲).

«مضارع مطلق» حادثه، منطقه‌ی داخلی مخروط نور مضارع P است. این مجموعه همه حوادثی هستند که می‌توانند تحت تاثیر وارده بر P قرار گیرند. حوادث خارج از مخروط نور P نمی‌توانند

مورد اصابت علایمی که از درون می‌آیند قرار گیرند، زیرا هیچ چیز نمی‌تواند سریع‌تر از نور مسافرت کند. بدین جهت تحت‌تاثیر آن چیزی واقع می‌شوند که به P می‌رسد. «ماضی مطلق» P عبارت از منطقه درون مخروط نورماضی است. این مجموعه تمام حوادثی است که از آن‌جا علایمی که با سرعت سیر نور یا به‌تقریب با سرعت آن، مسافرت می‌کنند، می‌توانند برسند. پس این مجموعه همه حوادثی هستند که می‌توانند آن‌چه راکه به P می‌رسند، متاثر کنند. اگر آن‌چه راکه در هر لحظه‌ی خاص همه جا در منطقه‌ی فضایی که در داخل مخروط نور ماضی P گسترده می‌شود بدانیم، می‌توان آن‌چه راکه به P می‌رسد پیشگویی کرد. «ناکجا» عبارت از منطقه فضا ـ زمان است که در هیچ‌کدام از مخروط‌های نور ـ ماضی یا مضارع P گسترده نمی‌شود. حوادث واقع در «ناکجا» نه متاثر می‌شوند و نه حوادث را در P متاثر می‌سازند. به‌طور مثال اگر خورشید قرار باشد در لحظه‌ای دقیق از تشعشع باز ماند، این حادثه اشیای روی زمین را در همان لحظه متاثر نخواهد کرد، زیرا زمین در ناکجای حادثه «خورشید ـ در حال خاموش‌شدن» است. (شکل ۲ـ۶) ما، بعد از هشت دقیقه واقف خواهیم شد، زمانی که نور خورشید به ما می‌رسد، از این لحظه است که حوادث روی زمین در مخروط نور مضارع حادثه که ناظر خاموش شدن خورشید بوده است، گسترش می‌یابند؛ به‌همین سان ما آن‌چه که در این لحظه در نقاط دور جهان پیش می‌آید نمی‌دانیم. نوری که از کهکشان‌های دوردست به ما می‌رسد و ما آن را دریافت می‌کنیم هشت میلیارد سال گذشته فرستاده شده است. به این طریق آن‌چه راکه ما در منطقه‌ای از جهان می‌نگریم، بدانسان که در گذشته بوده است، می‌بینیم.

(شکل ۲ـ۶)