

نگاهی به تلاش های اینشتین برای وحدت نیروها

نیروهای جهان متحد شوید

جورج موسر
ترجمه: احسان لطفی



وقتی آلبرت اینشتین در اوایل دهه ۱۹۲۰ تلاش هایی را برای ارائه یک نظریه وحدت بخش در فیزیک آغاز کرد، اوضاع خیلی امیدوارکننده بود. نظریه های موجود - یعنی نسبیت و مکانیک کوانتومی نوظهور - همانقدر پرسش تازه مطرح می کردند که به آنها جواب می دادند و به همین خاطر بیشتر فیزیکدان ها نیاز به یک چارچوب نظری بزرگتر را احساس می کردند. اولین ایده ها در این راه به چهره هایی مثل هرمان ویل، آرتور استنلی ادینگتون و تئودور کالوتزا مربوط بود که هر چند تلاش هایشان نیروها را متحد نکرد اما باعث شد نظریه پردازان با مفاهیم مفیدی مثل تقارن پیمانه ای و ابعاد اضافه آشنا شوند.

اینشتین سه سال بعد از ارائه و انتشار مجموعه ای از نظریه های وحدت بخش تنها مانده بود. بقیه دانشمندان رهیافت او را به بن بست رسیده می دیدند، اظهارنظری که میزان پیشرفت این شاخه از فیزیک بعد از مرگ او در ۱۹۵۵ نیز آن را تایید می کند. در حالی که اینشتین می خواست نظریه وحدت بخش را روی نسبیت عام بنا کند، اتفاقات بعدی نشان داد که مکانیک کوانتومی بهترین نقطه شروع این راه است.

اواخر سال ۱۹۴۹ بود که اینشتین فرمول بندی نظریه وحدت بخش اش را منتشر کرد و دبیران مجله ساینتیفیک آمریکن بلافاصله از او خواستند تا یک نسخه عامه فهم تر از آن را هم تهیه کند. این مقاله که در شماره آوریل ۱۹۵۰ مجله به چاپ رسید، دو تا مانده به آخرین مقاله ای بود که او درباره یک موضوع علمی و به زبان ساده نوشت. اصل مطلب را اینشتین به صورت یک دست نویس شتابزده و بد خط به زبان آلمانی به مجله داد و چیزی که منتشر شد یک ترجمه تقریباً ویرایش نشده بود: متنی خشک و فنی که خواندنش اصلاً راحت و خوشایند نیست و هیچ اثری از آزمایش های فکری درخشان اینشتین - قطارها، پرتوهای نور، آسانسورها - که نوشته های قبلی اش را جذاب و ساده فهم می کرد در آن دیده نمی شود. توضیحات و توصیفاتش از جزئیات این نظریه وحدت بخش هم آنقدر گنگ و مبهم است که کسی تقریباً چیزی از آن نمی فهمد. دنیس فلاناگان، سردبیر آن موقع مجله یادآوری می کند که: «مقاله از آن چیزهایی که معمولاً چاپ می کردیم، بسیار دشوارتر و پیچیده تر بود و بنابراین چندین تغییر ویرایشی را به دکتر اینشتین پیشنهاد کردیم. اما او احساس می کرد که متن باید بدون تغییر چاپ شود.»

مقاله به خوانش چندین باره نیاز دارد، به ویژه اگر خواننده به چشم مطلبی درباره فلسفه علم به آن نگاه کند تا علم. مجرد و انتزاعی بودن مقاله هر چند مانعی تقریباً غیرقابل عبور برای خواننده عادی به حساب می آید، در واقع یکی از مهم ترین جنبه های آن است که از جابه جایی و تغییر اهداف کار اینشتین حکایت می کند: علاقه تحقیقاتی اصلی او دیگر تلاش برای توضیح پدیده های مشاهده شده در طبیعت نبود. نظریه نسبیت عام گرانش را توضیح می داد و معادلات ماکسول هم از پس دیگر نیروی مهم طبیعت یعنی الکترومغناطیس برمی آمد. اینشتین حالا دیگر تلاش می کرد که این دو نظریه را با یکدیگر پیوند دهد. به این ترتیب این ساختار محض و انتزاعی این نظریه ها بود که برایش اهمیت داشت. اینشتین در قسمتی از این مقاله می گوید: «نیاز به نظریه های تازه در درجه اول آنجا مطرح می شود که پدیده های جدید را نتوان با نظریه های موجود توضیح داد اما این انگیزه برای ساخت و ارائه نظریه های جدید بیش از حد بدیهی است. انگیزه دیگری هم هست که اهمیتی لاقابل برابر دارد و آن حرکت به سوی یکپارچگی و ساده سازی کل نظریه است.»

فیزیکدانان تا آن موقع میوه های نزدیک به زمین را چیده بودند (کاری که نتیجه اش قوانین برای توصیف تجربیات مستقیم بشر در رابطه با طبیعت بود) و بنابراین گام بعدی همین طور که اینشتین می گوید، خواه ناخواه دشوارتر می شد: «یکی از مزیت های مهم هر نظریه ای این است که مفاهیم اصلی و اصول بنیادی اش «به تجربه نزدیک» باشد. خطر اینکه چنین نظریه ای به کلی پرت و اشتباه از آب درآید، کمتر است؛ مخصوصاً به این دلیل که رد کردن یا نقض آن در هر مرحله ای به وسیله آزمایش، زمان و کوشش بسیار کمتری می طلبد. با این حال هر چه دانش ما عمیق تر می شود باید این مزیت را به نفع سادگی منطقی و یکپارچگی اصول یک نظریه فیزیکی کنار بگذاریم.» این نکته ها حتی امروز هم وارد هستند. افراد زیادی شکایت می کنند که نظریه ریسمان آنقدر از حیثه تجربه به دور افتاده است که دیگر نمی توان آن را علم خواند. اما در واقع هر نظریه ای که ارزش بنیادی نامیدن را داشته باشد، لاقابل در ابتدا دور از دسترس به نظر می آید. دیگر کسی نمی تواند چند مشاهده و آزمایش انجام دهد و با رعایت مجموعه ای از قوانین یک توضیح برسد. باید ایده ای به ذهن تان برسد، آن را جلو ببرید و بسط دهید و تازه آن موقع بفهمید که چطور باید به طریق تجربی امتحانش کرد. از این دیدگاه علم هم نوعی هنر است. اینشتین می نویسد: «ایده نظری جدا و مستقل از تجربه به ذهن نمی آید و البته با یک فرآیند کاملاً منطقی هم نمی شود از تجربه استخراجش کرد. چنین ایده ای حاصل یک عمل خلاقانه است.»

در نظریه های اینشتین جرقه خلاقانه، ایده تقارن بود. یک جسم متقارن حتی تحت مجموعه ای از تبدیل ها (انعکاس، چرخش، جابه جایی) یکسان باقی می ماند. از نظر ریاضی یک تبدیل مثل این است که معادله مربوطه را در یک نرم افزار تایپ بنویسید و بعد عملیات جست و جو و جایگزینی را در آن انجام دهید. اگر معادله دارای نوع خاصی از تقارن باشد، عملیات جست و جو و جایگزینی هیچ اثری روی آن نمی گذارد.

مثال ساده اش معادله هذلولی است: $xy=1$ اگر در این معادله به جای x ، y و به جای x, y بگذاریم معادله تغییری نمی کند. این توصیف روش مجردی است برای گفتن اینکه دو بازوی هذلولی، تصویر آینه ای یکدیگر هستند. هدف اینشتین، رسیدن به معادلاتی بود که تا حد ممکن تحت تاثیر عملیات متعدد جست و جو و جایگزینی، یکسان باقی بمانند. ایده اصلی این است که هرچه معادلات متقارن تر باشند، پدیده های بیشتری را در خود جای می دهند. مثلاً در مورد نسبیت خاص می توان هر نمونه ای از x, y, z و t (مختصاتی که فضا- زمان را مشخص می کند) را تابع ریاضی خاصی از x, y, z و t جایگزین کرد و به همین دلیل هم به آن نسبیت خاص می گویند این تقارن فضا را با زمان یکپارچه می کند و برای محاسبه فاصله میان دو نقطه دیگر نمی توان از رابطه فیثاغورثی معمول که شامل x, y و z و t است، استفاده کرد. حالا به یک نسخه چهار بعدی از این رابطه نیاز داریم که t را هم دربرگیرد. نسبیت عام دامنه عملیات جست و جو و جایگزینی های ممکن را گسترش می دهد. یعنی به جای یک تابع خاص از x, y, z و t تقریباً هر تابعی از این مولفه ها مجاز است برای اینکه معادلات فیزیک یکسان باقی بمانند، یک نیرو را باید وارد بازی کرد و این نیرو چیزی نیست جز گرانش. در این شرایط فاصله میان دو نقطه با قانونی به مراتب پیچیده تر از رابطه فیثاغورث- به نام متریک- محاسبه می شود. متریک فضا را می توان یک ماتریس عددی 4×4 نمایش داد.

یکسان بودن فاصله A تا B و A تا B ایجاب می کند که این ماتریس حول قطر اصلی اش متقارن باشد و به این ترتیب ماتریس با 10 عدد غیرتکراری مشخص می شود. استدلال اینشتین این بود که چرا باید داستان همین جا خاتمه پیدا کند؟ چرا هر ماتریسی- نه فقط متقارن ها- را مجاز ندانیم؟ کافی است به ماتریس متقارن (با 10 عدد غیرتکراری) یک ماتریس پادمتقارن (با شش عدد غیرتکراری) اضافه شود. اتفاقاً معادلات ماکسول را می توان با یک ماتریس پاد متقارن نوشت و بنابراین طبیعی است که امیدوار باشیم این رهیافت، گرانش و الکترومغناطیس را یکپارچه کند.

اما متأسفانه همه چیز های طبیعی الزاماً درست از آب در نمی آیند. اینشتین در تلاش برای هماهنگی دو ماتریس به مشکل برخورد. مشکلی که برخلاف تصورش گذر او موضعی نبود و در یک ناهمگونی عمیق ریشه داشت. برخلاف شباهت های بیرونی گرانش و الکترومغناطیس بررسی ها نشان داد که این دو اساساً متفاوتند. غیر از این در طول سه دهه ای که اینشتین نظریه وحدت بخش را رواج می داد، محققان نیروهای جدیدی پیدا کردند که در این چارچوب نمی گنجید: نیروهای هسته ای ضعیف و قوی. الکترومغناطیس بیشتر از آنکه به گرانش نزدیک باشد، به این نیروها شباهت دارد هر چند که گزینه های اینشتین درباره تقارن درست بود، اما او داشت این ابزارهای کارآمد را بر ورودی های نامناسب اعمال می کرد. وی در بخشی از مقاله مورد نظر نوشته است: «هیچ دلیلی نمی بینم که فرض کنم ساختار نسبیت عام تنها به گرانش محدود باشد و با بقیه فیزیک جداگانه و به طریقی دیگر برخورد شود. کوچکی نسبی چیزی که امروز به عنوان اثرات گرانشی می شناسیم، دلیل قانع کننده ای برای نادیده گرفتن نسبیت عام در بررسی های نظری بنیاد فیزیک نیست.

به عبارت دیگر به اعتقاد من پرسیدن این سؤال که «فیزیک بدون گرانش چه شکلی می شد؟» اصلاً قابل توجیه نیست.» اما تاریخ عکس این ماجرا را ثابت کرد. مکانیک کوانتومی بدون نیاز به گرانش از پس توضیح الکترومغناطیس، نیروهای هسته ای و ساختار ماده با دقتی چشمگیر برمی آید. گرانش در واقع آن تکه ای از فیزیک بود که یکپارچه کردنش با بقیه دشوارتر از همه از آب درآمد و فیزیکدان ها همچنان با آن دست و پنجه نرم می کنند. اکنون گرانش نیز مثل اینشتین در سال های آخر عمرش تنها مانده است.

Scientific American, Sep. 2004