فیزیک در دنیای ما

نظریه مدرن ذرات و میدان‌ها

نظریه میدان کوانتومی چارچوب ریاضیاتی و مفهومی برای ذرات

وحدت محب‌ملکی*

نظریه میدان کوانتومی چارچوب ریاضیاتی و مفهومی برای فیزیک ذرات بنیادی کنونی است. به بیانی نسبتا غیررسمی نظریه میدان کوانتومی تعمیم مکانیک کوانتومی است که یا ذرات و میدان‌ها و یا به عبارتی یا سیستم‌هایی با تعداد درجات آزادی نامحدود، سروکار دارد. در چند سال گذشته نظریه میدان کوانتومی به طور گسترده‌ای تبدیل به موضوعی داغ در علم شده است. نظریه میدان کوانتومی اکنون از بُعد مفاهیم فلسفه علمی‌اش در نظر گرفته شود. به نظر می‌رسد تصویری از عالم، مغایر با مفاهیم محوری کلاسیکی از ذرات و میدان‌ها و حتی مغایر با برخی جوانب مکانیک کوانتومی ارائه می‌دهد. برخلاف بسیاری نظریات فیزیکی دیگر تعریف کانونی (بنیادی) از اینکه نظریه میدان کوانتومی چیست، وجود ندارد. در عوض می‌توان تعدادی تعابیر یا تفاسیر کاملا متفاوت از موضوع را فرمول‌بندی کرد که همگی ارزش و محدودیت خود را دارند. یکی از دلایل وجود این تعدد مختلف از فرمول‌بندی به این واقعیت برمی‌گردد که نظریه میدان کوانتومی به طور موفقیت‌آمیز و پیچیده‌ای رشد یافته است. دلیل دیگر این است که طبق اصول تفسیر نظریه میدان کوانتومی پیچیده و دشوار است. به‌طوری‌که حتی گستره انتخاب شفاف نیست. احتمالا بهترین و جامع‌ترین درک از نظریه میدان کوانتومی از طریق بررسی ارتباط آن با سایر نظریات فیزیکی که برجسته‌ترین آنها مکانیک کوانتومی است، به دست می‌آید. همچنین ارتباط آن با الکترودینامیک کلاسیک، نظریه نسبیت خاص و فیزیک حالت جامد یا به طور عام‌تر فیزیک آماری حاصل می‌شود. بااین‌حال، ارتباط میان نظریه میدان کوانتومی و امکان‌پذیر نمی‌کند. توضیح میدان‌ها به عنوان اصول مکانیک کوانتومی را امکان‌پذیر نمی‌کند. خوشبختانه برای پدیده‌های دیگر می‌توان اصول موضوعه نسبیت خاص را به دست دفرکرد. برای مثال، نظریه میدان کوانتومی نسبیتی تک‌ذره‌ای (یا شاید سیستمی با تعداد ذرات بسیار کم) در نظر بگیریم. نظریه میدان کوانتومی را می‌توان به‌عنوان تعمیمی از مکانیک کوانتومی برای تحلیل دستگاه‌هایی با تعداد ذرات زیاد و بنابراین تعداد درجات آزادی بسیار زیادتر در نظر گرفت. به‌این‌ترتیب، گذار از مکانیک کوانتومی به نظریه میدان کوانتومی امری اجتناب‌ناپذیر است. امر دیرعیار به دلایل کاربردی و عملی سودمند است. بااین‌حال، هنگامی که موضوع میدان‌ها، مانند میدان الکترومغناطیسی، که نه‌تنها دشوار هستند، بلکه بررسی و مطالعه آنها در چارچوب مکانیک کوانتومی غیرممکن است، مطرح می‌شود روزنه‌ای آشکار می‌شود؛ بنابراین گذار از مکانیک کوانتومی به نظریه میدان کوانتومی امکان بررسی و مطالعه ذرات و میدان‌ها را در چارچوبی نظری امکان‌پذیر می‌کند. با تمرکز بر ترتیب تعداد ذرات یا تعداد درجات آزادی می‌توان توضیح داد که به چه دلیل روش شناخته‌شده گروه باریونجارش را می‌توان در نظریه میدان کوانتومی همانند فیزیک آماری به کار گرفت. دلیلش این است که هر دو این حوزه‌ها سیستم‌هایی با تعداد درجات آزادی بسیار بزرگ یا نامتناهی را مطالعه می‌کنند. مانند میدان‌ها که مورد توجه نظریه میدان کوانتومی است و حد ترمودینامیکی که موضوعی بسیار مفید در فیزیک آماری به حساب می‌آید. علاوه‌براین مبحث مربوط به تعداد ذرات تحت مطالعه نیز دلیل دیگری است که چرا نیازمند به تعمیم مکانیک کوانتومی هستیم. نه مکانیک کوانتومی و نه تعمیم نسبیتی آن، با معادله کلاین-گوردون و معادله دیراک توصیف نمی‌کند. مانند میدان‌ها که موضوع مطالعه آنها در چارچوب مکانیک کوانتومی امری ناممکن است. به این دلیل که هر ذره‌ای می‌تواند تولید شود. دیگر نمی‌توان ارتباط تراز نسبی را نادیده گرفت. به‌همین‌دلیل تنها از طریق نظریه میدان کوانتومی است که می‌توان آزمایش‌های پراکندگی را به طور صحیح توصیف و درک کرد. متأسفانه نظریه میدان کوانتومی به‌عنوان تلفیقی موفق از مکانیک کوانتومی و نظریه نسبیت خاص محدودیت‌هایی نیز دارد. از یک طرف مکانیک کوانتومی نسبیتی با معادله کلاین-گوردون و معادله دیراک وجود دارد و از طرفی دیگر نسخه‌ای غیرنسبیتی از نظریه میدان کوانتومی را نیز می‌توان فرمول‌بندی کرد؛ بنابراین مباحث نظریه میدان کوانتومی نمی‌تواند همانی باشد که مکانیک کوانتومی را با الزام ناوردایی نسبیتی تطبیق می‌دهد. در نتیجه با نگاهی موشکافانه به موضوع می‌توان پی برد که تنها نظریه میدان کوانتومی -و نه مکانیک کوانتومی- است که برای توصیف سیستم‌هایی با تعداد درجات آزادی نامتناهی، یعنی میدان‌ها و سیستم‌هایی در محدوده ترمودینامیکی مناسب است. با توجه به این استدلال‌ها مکانیک کوانتومی را می‌توان نظریه مدرن ذرات و نظریه میدان کوانتومی را نظریه مدرن ذرات و میدان‌ها در نظر گرفت. برای آشنایی با نظریه میدان کوانتومی کتابی با همین عنوان از «حرالله قریشی» استاد فیزیک نظری دانشگاه لودویک ماکسیمیلیان در آلمان که به همراه «موزای کلمان» از بنیان‌گذاران نظریه کومودینامیک کوانتومی QCD است، به خواندن‌شان پیشنهاد می‌شود.

* عضو هیئت علمی وزارت صنعت، معدن و تجارت

از «عباس‌میرزا نایب‌السلطنه» تا «عباس دوران»

اهمیت فناوری در شکست‌ها و پیروزی‌های قشون ایران و تأثیرات سیاسی آن

فریدون علی‌مازندرانی . حسن فتاحی . مصطفی روستایی

دارالفنون نخستین دانشگاه مدرن ایران است که به همت امیرکبیر، تاسیس شد

ای بیگانه به من بگو که چه باید بکنم تا جان نازه‌ای به ایرانیان بدمم

«عباس‌میرزا نایب‌السلطنه»

ایران، نه به‌عنوان یک کشور که در بخشی مهم از کره زمین قرار دارد؛ بلکه به‌عنوان پدیده‌ای بی‌نظیر یا کم‌نظیر تکه‌ای بزرگ از تمدن بشری است. ایران کشوری است که علاوه‌بر مرزهای جغرافیایی امروز و دیروزش، با مرزهای فرهنگی و تاریخی‌اش هم هویتی بزرگ دارد. ایران در بلندای تاریخ فرازوفرود بسیار دیده است. سرزمینی با تنوع مثال‌زدنی از اقوام و زبان‌ها و کویش‌ها که در دل خود بخشی از هویت زمین متمدن را حمل می‌کند. این سرزمین گاه در اوج بوده و خوش درخشیده، گاه در رکود بوده و بر آن تاخته‌اند. خم شده؛ اما نشکسته است و صد البته پیشینه بلندی که دارد، نخواهد گذاشت در آینده هم در هم بشکند. در این مقاله قصد داریم نگاهی بیندازیم به کوشه‌ای از تاریخ معاصر کشورمان که هم‌زمان روشنی و تاریکی را در خود جای داده است. بخشی از تاریخ که اگر در یک سوی آن زخم التیام‌ناپذیر جدایی قسمتی از خاک ایران بود و کوبی اندامی را از بدن و فرزندی را از والدینش جدا کردند. در سوی دیگرش عزمی برای ایستادن بود، ساختن و ازدست‌ندادن یک وجب از خاک کشور. در این رهگذر می‌خواهیم درمقایسه‌ها با اهمیت زیاد موضوع، نگاهی مفید و مختصر داشته باشیم به نقش فناوری در تحولات ایران، از دوره «عباس‌میرزا نایب‌السلطنه» تا «عباس دوران».

جنگ‌های ایران و روسیه

«نادرشاه افشار» می‌تواند آن‌طور سردار نام‌آور ایرانی خوانده که نه‌تنها تمامیت سرزمینی ایران را یکپارچه نگه داشت؛ بلکه به نیروی شمشیر و قوای نظامی خاک ایران را وسعت بخشید. «نادرشاه» جنگاوری بود که این ظلم‌زدنی را در سایه چند جیر به دست آورد. نخست اینکه فردی جنگاور و دلیر بود. دوم اینکه دست به اصلاحات قشون زد و نظمی را در لشکر و کشور برقرار کرد؛ اما نکته دیگری هم در پیروزی «نادر» دخیل بود. در زمان «نادرشاه»، نسبت به رقبایی که با آنها در نبرد بود، از ضعف نظامی، مشتمل بر تکنیک و تاکتیک و ادوات، خبری نبود. قشون‌های نظامی کشورها در تعداد نیرو متفاوت بودند و اگرچه ابزار نبرد کمی تفاوت داشت، هر دو طرف از یک سطح قابل قیاس فناوری برخوردار بودند. باز به دلایلی که خود به مقاله‌ای طولانی نیاز دارد، پس از «نادرشاه» ایران دیگر آن اقتدار را به خود ندید؛ اما پیروزی‌های «نادرشاه» تاثیر چشمگیری در صحنه سیاست ایران داشت که نمونه کوچک آن احیای غرور ملی ایرانیان بود. کمی ثروت بیایم و به دوره قاجار برسیم. اجازه دهید قبل از ادامه بحث نکته‌ای مهم را بگویم. اساسا در ایران روندی ضدیزدهشی وجود دارد که حکومت پیشین، حکومت پیشین را تمام و کامل منفور و سیاه نشان می‌دهد. درباره قاجارها نیز چنین اتفاقی رخ داده است. نگاه سراسر سیاه به قاجارها در دوره پهلوی اول مرسوم شد. شکی نیست که در دوره قاجار رویدادهای تلخ زیادی رخ داد و دودمان قاجار در موارد بسیاری نالایق بودند؛ اما نگاه سراسر تیره باعث می‌شود نتوانیم عوامل واقعی ایرادها و خطاهای دودمان قاجاری را ببینیم؛ همچنان که اقدامات مثبت آن را هم نخواهیم دید. به طور کلی نگاه علمی و موشکافانه به روند تاریخ با تعصب و سیاه‌نمایی در تضاد است. دوره قاجار و به‌ویژه دوره «فتحعلی‌شاه قاجار»، دوره شکست‌انگیزی از تاریخ است. از یک سو در اروپای قرن نوزدهم قرون رخ داده است. ریاضیات مشتمل بر حساب دیفرانسیل و انتگرال و نیز معادلات دیفرانسیل، فیزیک مشتمل بر اپتیک و الکترومغناطیس و ترمودینامیک و مکانیک نیوتنی و تحلیلی پیشرفت چشمگیری کرده بود و سنگ بنای صنعتی‌شدن را گذاشته بود. پزشکی بسیار پیشرفته بود و زیست‌شناسی و متالوژی هم پیشرفت کرده بود. به واسطه همین پیشرفت‌ها جزیره‌ها اجازه افراش یافته بود و با نام بریده که به «مانوس» اروپا را از بحرانی مهم آگاه کرده بود: بحران کمبود منابع غذایی برای اقزایش جمعیت؛ اما در این‌سو، در ایران، ایرانی که رئیس دارالعلم اصفهان بود، اوضاع خوبی بود. گزارش‌های حاکی از این است که حکومت و بخش اعظم ثروت آن، توان اقتصادی، نظامی و بین‌المللی ایران را برای ایفای نقشی درخور ایران نداشت. بدون هیچ تعارفی باید بگویم ایرانی‌ها هیچ اطلاع دقیق و درستی از اوضاع زمانه نداشتند و از قافله اطلاعات علمی و صنعتی جا مانده بودند. در ایران حتی مدارس مدرن شکل نگرفته بودند؛ چه برسد به دانشگاه و یا پلی‌تکنیک. اینکه چرا ایرانی‌ها جا مانده بودند، موضوع مقاله ما نیست. اما بعتارگی یکی از پژوهشگران تاریخ علم کشورمان نظریه‌ای ارائه کرده که براساس آن، ایران عقب نمانده بود؛ بلکه غیرخیلی سریع به پیش رفته بود. این نظریه مورد قبول نویسندگان مقاله حاضر نیست و بر این باور هستیم باید ریشه‌های کندبودن و ایستایی پیشرفت علمی و صنعتی ایران بررسی شود. با این داشته‌ها به موضوع جنگ‌های ایران و روسیه برویم. ایران و روسیه هر دو کشوری بودند با پیشینه امپراتوری، با ارتش و ایران که ایران قدمتی بیشتر دارد. در دو مقطع ایران و روسیه وارد جنگ شده‌اند. یکی در دوره صفویه که می‌توان در حالت کلی علیه ایران را فاتح جنگ دانست. دلیل فاتح‌بودن هم در نقطه قوای ایران بود و فرماندهان کارآزموده و همراتری نسبی فناوری استفاده‌شده در جنگ. مقطع بعدی جنگ‌های ایران و روسیه در دوره قاجار رخ داد و در مجموع دو کشور پس از ۱۰ سال با هم جنگیدند. بازه زمانی آغاز نخستین جنگ تا اتمام آخرین جنگ هم تقریبا ۲۵ سال به درازا کشید. هیچ ایرانی را نمی‌توان یافت که نام دو قرارداد یا عهدنامه ترکمنچای و گلستان را نشنیده باشد. نیز ایرانیان این قراردادها نشان‌دهنده از انحطاط در کمالات هم در ادبیات روزمره استفاده‌شده می‌شد. این رویکرد