آنالوطیقا (۲۰) / فلسفه فیزیک

تلفن گروه اندیشه ۸۸۷۶۱۲۵۷

نگرشی فلسفی به تبعات انقلاب کوانتومی

صد سال آشفتگی

[ابوتراب یغمایی]

مکانیک کوانتومی یکی از بنیادی ترین نظریه های فیزیک است که در اوایل قرن بیستم توسط فیزیکدان آلمانی ماکس پلانک، نطفه اش بسته شد. درحالی که از قبل این نظریه، نظریه های پیشرفته تری مانند نظریه میدان های کوانتومی، گرانش کوانتومی، نظریه ریسمان و . . . تولید شده اند ولی اصل نظریه در ساده ترین شکل خود مشکلات تعبیری فراوانی دارد، بطوری که اگر از بزرگترین فیزیکدان ها نیز خواسته شود جهان کوانتومی را تصویر کنند با مشکل مواجه خواهند شد. متأسفانه یا خوشبختانه نتایج این نظریه به اینجا ختم نمی شود و استلزامات آن در اغلب موضوع های فلسفی تأثیر مستقیم داشته است: در فلسفه ذهن له ثنویت ذهن- بدن گفته شده است، در منازعه واقع گرایی- ضد واقع گرایی با استفاده از آن به نفع ضد واقع گرایی اقامه برهان شده است، در فلسفه ریاضی بر هان هایی که علیه افلاطون گرایی آورده شده اند را از کار انداخته است (طبق افلاطون گرایی موجودات ریاضی مستقل از ما وجود دارند و صدق گزاره ها در باب آنها نیز مستقل از ذهن و زبان است)، در متافیزیک علیت پسرو راکه طبق آن ممکن است علت به لحاظ زمانی پس از معلول خود رخ دهد موجه جلوه داده است، منطق دو ارزشی که سیطره کامل بر گفتمان فلسفی داشته است را بی اعتبار و منطق کوانتومی را وارد میدان کرده است و بسیاری از نتایج دیگر. در این مقاله به این نظریه نگاهی اجمالی و کلی خواهیم داشت و نیز به راههایی برای برون رفت از مشکلات حاصل از آن می پردازیم.

نظریه کوانتوم در پی ناکارآمدی فیزیک کلاسیک برای توصیف مشاهدات آزمایشگاهی شکل گرفت. یکی از ویژگی های اولیه این نظریه که در سال های آغازین بروز کرد این بود که بسیاری از مقادیر فیزیکی، مانند انرژی، تکانه زاویه ای و . . . گسسته اند. با بسط و توسعه ایده های اولیه توسط بور، هایزنبرگ و شرودینگر اختلاف های بیشتری با فیزیک کلاسیک بروز کرد، از جمله این که جفت هایی از مقادیر فیزیکی وجود دارند که توأماً قابل اندازه گیری نیستند و هرچه دقت اندازه گیری در مورد یکی بالاتر رود در مورد دیگری کمتر می شود. این اصل را امروزه با نام اصل عدم قطعیت هایزنبرگ می شناسیم و ایده کلی تر آن با نام اصل مکملیت توسط بور ارائه شد. سپس با کارهای دیراک وفون نویمان فرمالیسم دقیق نظریه طراحی شد و امروزه به عنوان یکی از موفق ترین نظریه های علمی از آن نام برده می شود. نظریه ای که تنها به پیش بینی می پردازد و از توصیف رفتار سیستم قاصر است. همانطور که می دانید پدیده های مربوط به نور پدیده هایی هستند که رفتاری موج گونه دارندبه عنوان مثال اگر باریکه ای از نور را به صفحه ای بتابانیم که دو شکاف بسیار کوچک و نزدیک به هم داشته باشد مشاهده می کنیم که در پرده پشت صفحه برخی نواحی تاریک هستند وبرخی دیگر روشن. این به این دلیل است که نور یک پدیده الکترومغناطیسی است و امواج نوری در مکان هایی با یکدیگر تداخل می کنند ویکدیگر را از بین می برند و در مکان هایی دیگر یکدیگر را تقویت می کنند. حال اگر به جای باریکه نور باریکه ای از الکترون بتابانیم چه انتظاری داریم؟ در وهله اول این انتظار را نداریم که رفتار موجی داشته باشند چراکه الکترون ها ذره هستند و نه موج و ذره ای که در مکانی معین جایگزیده شده است نمی تواند با ذره دیگر که آن نیز جایگزیده است تداخل کند و اثر آن را از بین ببرد. اما اگر آزمایش را ترتیب دهیم مشاهده می کنیم که باریکه الکترون نیز اثر تداخلی دارد. بنابراین بانیان نظریه کوانتوم شکل ریاضی نظریه را به شیوه ای طراحی کردند که عنصری موجی نقش اولیه را بر عهده داشته باشد که آن را با نام «تابع موج» می شناسیم. نظریه کوانتوم به وسیله تابع موج تنها می توانست توصیفی آماری در باره الگوی نقش بسته شده بر روی پرده ارائه دهد و پیش بینی کند که چه تعداد از الکترون ها در کجای پرده اثر می گذارند. نقطه شروع مشکل در اینجاست: «تعبیر فیزیکی تابع موج چیست ؟» یا بر چه چیزی در جهان خارج دلالت می کند؟ در آن زمان

اگر واقعیتی مستقل ازمشاهده وجود ندارد پس نظریه کوانتوم ضدواقع گرایانه است و تنها ابزاری است برای پیش بینی و حل کردن معادلات ریاضی و به لحاظ تجربی بی معناست

این سؤال برای فیزیکدانان سؤالی موجه بود چراکه تمامی عناصر وارد در نظریه های کلاسیک تعبیر تجربی داشتند و بر عنصری واقعی دلالت می کردند، اما این سؤال تقریباً ۹۰ سال است که پاسخ قطعی دریافت نکرده است. شایع ترین پاسخی که در میان فیزیکدانان رواج دارد و در همان ابتدا توسط بور در کپنهاگ و همکارانش پذیرفته شد پاسخی حداقلی است: تابع موج تنها می تواند احتمال نتیجه یک آزمایش را پیش بینی کند و لزوماً پاسخی یقینی برای نتایج حاصل از آزمایش ندارد. مانند آن که نمی تواند پیش بینی کند که مسیر الکترون ها از محل صدور باریکه تا محل برخورد با پرده چیست. مدافعان «تعبیر کپنهاگی» برای این پاسخ دلیل موجهی داشتند چراکه طبق نظریه آنها اصلاً الکترون ها مسیری ندارند. اگر الکترون دارای مسیر باشد پس در هر لحظه به طور همزمان دارای مقدار قطعی مکان و تکانه است، درحالی که اصل عدم قطعیت هایزنبرگ داشتن مقدار قطعی مکان و تکانه را ممنوع می کرد. اما آیا می توان فرض کرد که نظریه کوانتوم کامل نیست و روزی خواهد رسید که نظریه ای کامل تر ظهور کند و نتایج قطعی پیش بینی کند؟ مدافعان تعبیر کپنهاگی اظهار می کردند که نظریه کوانتوم چه به لحاظ پیش بینی و چه به لحاظ توصیفی کامل ترین نظریه است و علی الاصول امکان ندارد که نظریه ای کامل تر از آن وجود داشته باشد. بزرگترین منتقد این تعبیر انیشتین بود و مهمترین انتقادی که وی در باب این نظریه داشت به این دلیل بود که تعبیر کپنهاگی با واقع گرایی سازگار نیست. در کلی ترین حالت بر اساس واقع گرایی، واقعیتی عینی و مستقل از مشاهده کننده وجود دارد که علم تلاش دارد آن را همان طور که هست توصیف کند و بشناساند. اما ببینیم که تعبیر کپنهاگی چگونه با واقع گرایی در تقابل است. فرض کنید که آشکارسازهایی را در دو شکاف نصب کنیم به طوری که معلوم کند که فلان الکترون ازفلان شکاف عبور کرده است. در این صورت می توانیم بگوییم که الکترون در فاصله میان آغازگسیل و پرده مسیر داشته است. اما همانطور که نظریه پیش بینی می کند و آزمایش نیز تأیید می کند اگر آشکار ساز ها را نصب کنیم طرح تداخلی دیگر طرح تداخلی قبلی نیست و تغییر کرده است. بنابراین هرگونه مشاهده و آزمایش در میان مسیر گسیل تا پرده حالت اولیه باریکه الکترون ها را تغییرمی دهد و پدیده ای که مشاهده می شود به این بستگی خواهد داشت که چه چیزی مشاهده شده باشد. طبق تعبیر کپنهاگی قبل از آزمایش نمی توان از مسیر الکترون صحبت کرد و نظریه کوانتوم نیز تنها در باب مشاهدات و ظواهر است نه در باب واقعیت مستقل از مشاهده کننده، چراکه ذره قبل از مشاهده اصلاً خصوصیتی فیزیکی مانند مسیر ندارد. می توان در اینجا یک قیاس دووجهی ترتیب داد که یا مکانیک کوانتومی را ناقص نتیجه دهد و یا آن را نظریه ضد واقع گرایانه. اگر واقعیتی وجود داشته باشد پس نظریه کوانتوم ناقص است چرا که آن واقعیت را نمی تواند مستقل از مشاهده توصیف کند؛ اگر واقعیتی مستقل از مشاهده وجود ندارد پس نظریه کوانتوم ضد واقع گرایانه است و تنها ابزاری است برای پیش بینی و حل کردن معادلات ریاضی و به لحاظ تجربی بی معنا. این نتایج ضد واقع گرایانه پاشنه آشیل واقع گرایان شد و نقطه قوت ابزارگرایان. ابزارگرایان که اظهار می کردند نظریه های فیزیک ربطی به جهان واقع ندارند و صرفاً در باب ظواهر جهان به پیش بینی می پردازند، اکنون نظریه ای در دست دارند که مهر تأیید بر ابزارگرایی آنها می گذارد. برای یک ابزارگرا اهمیتی ندارد که عناصر نظریه به صورت معقولی به عناصر جهان خارج ارتباط پیدا کند. بنابراین نظریه کوانتوم نیز مشکل تعبیری نخواهد داشت. اما واقع گرایان راههای متفاوتی را پیش گرفتند. بسیاری از آنها اظهار داشتند که نظریه کوانتوم یک نظریه کامل نیست و نظریه زیرکوانتومی وجود دارد که تمامی نتایج تعبیر کپنهاگی را دربر خواهد داشت. مکانیک بوهمی که توسط دیوید بوهم در دهه ۱۹۵۰ پیشنهاد شد از این دست نظریه ها است. شماری دیگر که نمی خواستند وجود متغیرهای نهان، که رکن اساسی مکانیک بوهمی است، را بپذیرند ادعا می کردند که مکانیک کوانتومی به این جهت با واقع گرایی در تعارض است که از منطق کلاسیک و دوارزشی استفاده می کند. به عنوان نمونه پاتنم در مقاله «آیا منطق تجربی است؟» از کنار گذاشتن منطق کلاسیک و بکارگیری منطقی جدیدتر یعنی منطق کوانتومی دفاع می کند. به هرحال حل مشکل تعبیری مکانیک کوانتومی نه تنها با علایق متفاوت فیزیکدانان بلکه با ذائقه های فلسفی فیلسوفان نیز گره خورده است.

● درباره آبنر شیمونی (Abner Shimony)

آبنر شیمونی متولد ۱۹۲۸ در آمریکا است. وی در در سالهای ۱۹۴۴ تا ۱۹۴۸ لیسانس خود را در ریاضیات و فلسفه از دانشگاه ییل اخذ می کند. برای ادامه تحصیل در دوره فوق لیسانس به دانشگاه شیکاگو می رود و در سال ۱۹۵۳ دکترای فلسفه خود را زیر نظر کارنپ از دانشگاه ییل دریافت می کند. در پرینستون تحت ایده های گودل به مبانی ریاضیات علاقه مند می شود ولی پس از مدت کوتاهی متوجه می شود که علاقه اصلی وی متافیزیک و مبانی فیزیک است. به همین دلیل به فیزیک می پردازد و دکترای خود را در فیزیک در سال ۱۹۶۲ اخذ می کند. شهرت اولیه وی به جهت ارائه مقاله ای است با نام «آزمایشی پیشنهادی برای آزمون نظریه متغیرهای نهان موضعی» که در سال ۱۹۶۹ به همراه چند تن دیگر ارائه شد و در آن به آزمون عملی قضیه بل پرداخته شده بود. وی از جمله فلاسفه فیزیکی است که به تحلیل های متافیزیکی می پردازد. کتاب وی با عنوان تحقیقی برای یک جهان بینی طبیعت گرایانه در سال ۱۹۹۳ از سوی دانشگاه کمبریج منتشر شده است.

● برای مطالعه بیشتر

در مورد فلسفه مکانیک کوانتومی کتابهای بسیار متعددی چاپ شده است که متأسفانه کتابهای مناسبی به فارسی ترجمه نشده اند. کتاب اسرار جهان کوانتومی به قلم اسکوایرز که توسط انتشارات سروش منتشر شده است برای آشنایی با نتایج غریب مکانیک کوانتومی مناسب است. کتاب تحلیلی از دیدگاه های فلسفی فیزیکدانان معاصر نوشته دکتر گلشنی که از سوی نشر فرزان روز انتشار یافته است، با توجه به این که نویسنده خود یکی از فیلسوفان مکانیک کوانتومی است، می تواند بسیار مثمر ثمر باشد برای کسانی که می خواهند به فلسفه مکانیک کوانتومی بپردازند و از خود نظریه اطلاعی ندارند کتاب ساختار و تعبیر مکانیک کوانتومی (The Structure and Interpretation of Quantum Mechanics) نوشته هیوز (Hughes) پیشنهاد می شود.