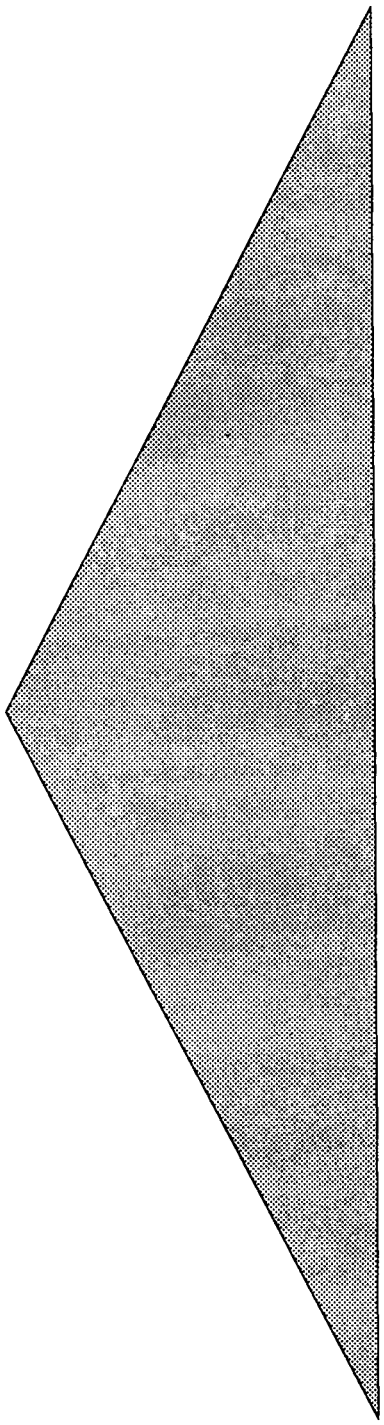

فیزیک و متافیزیک*

□ ایان باربور
ترجمه: پیروز فطورچی

اهمیت تاریخی و معاصر فیزیک، بسیار است زیرا بسیاری از مسلمات آن توسط علوم اخذ شده و تأثیر زیادی نیز بر فلسفه و الهیات نهاده است. در فیزیک نیوتنی، سه فرض اصالت واقع، موجبیت و تحویل‌گرایی، پذیرفته شده بود که هر سه فرض از ناحیه فیزیک قرن بیستم و به ویژه نظریه کوانتوم مورد معارضه قرار گرفت. این بدان دلیل بود که جهان اتمی بر وفق مفاهیم فیزیک کلاسیک و پدیده‌های مشاهده‌پذیر، توضیح‌دادنی نبود. دربارهٔ ارتباط مفاهیم فیزیک کوانتومی با واقعیت جهان و نیز جایگاه نظریه‌ها در علم، دیدگاههای اصالت واقع کلاسیک، ابزارانگاری و اصالت واقع نقادانه، تعبیر و تفسیرهای گوناگونی را ارائه داده‌اند. در این نوشتار، «ایان باربور» همچون دیگر طرفداران اصالت واقع‌نقادانه قایل است که براساس نظریه کوانتوم، مشاهده‌گر همواره در روند مشاهده، شریک و سهیم است و مرز قاطعی میان مشاهده‌گر و شئ مشاهده شده وجود ندارد. وی به کارگیری ایدهٔ مُکملیّت درباره علم و دین را نقد می‌کند.

* * *

فیزیک، مطالعهٔ ساختارها و فرآیندهای اساسی تغییر و تحول در ماده و انرژی است. از آنجا که فیزیک با پایین‌ترین سطوح سازمان، سر و کار دارد و دقیق‌ترین معادله‌های ریاضی را به کار می‌گیرد، به‌نظر می‌رسد در مقایسه با سایر علوم، از مسائل مورد علاقهٔ دین دربارهٔ حیات، ذهن و هستی انسان دورتر باشد، اما اهمیت تاریخی و معاصر فیزیک بسیار است. زیرا فیزیک، اولین علم دقیق و سیستماتیک [= منظم] به شمار می‌آید و بسیاری از مسلّمات آن، توسط علوم اخذ شده است. روش‌های فیزیک به‌مثابهٔ سرمشقهای مطلوبی برای علوم دیگر مدنظر بوده است. همچنین فیزیک تأثیر زیادی بر فلسفه و الهیات نهاده است.

از این گذشته، اگرچه فیزیکدانان فقط موجودات فاقد حیات را مطالعه می‌کنند، ولی امروزه نگاه آنها متوجه موجوداتی است که به قلمروهایی گوناگون دارند: از «کوارک‌ها»[۱] و «اتم‌ها» تا «کریستال‌های جامد»، «سیاره‌ها» و «کهکشان‌ها» ـ و از جمله، شالودهٔ فیزیکی ارگانیزم‌های زنده. هم‌اکنون در حوزهٔ فیزیک، ما با مسائلی دربارهٔ «مشاهده‌گر و مشاهده‌شده»[۲]، «تصادف و قانون»[۳] و «اجزا و کل‌ها»[۴] مواجه‌ایم.

در قرن بیستم، سه فرض مسلّم و پذیرفته‌شدهٔ فیزیک نیوتنی مورد تردید قرار گرفته است:

۱. معرفت‌شناسی[۵] نیوتنی، **رئالیستی** [واقع‌گرایانه] بود. همه بر این باور بودند که نظریه‌ها، جهان را چنانکه فی نفسه هست به‌گونه‌ای برکنار و مستقل از «مشاهده‌گر» توضیح می‌دهند. فضا و زمان، چارچوبهایی مطلق انگاشته می‌شد که درون آنها تمام رویدادها بدون ارجاع به مشاهده‌گر، گنجانده[۶] شده است. «کیفیات اولیه»[۷] مانند «جرم»[۸] و «سرعت»[۹] که با زبان ریاضی قابل بیان است، ویژگیهای عینی[۱۰] جهان واقعی محسوب می‌شد.

۲. فیزیک نیوتنی، نظرگاه **موجبیتی** داشت. اصولاً چنین تلقی می‌شد که آیندهٔ هر سیستم از مادهٔ متحرک را از روی شناخت دقیق وضعیت حاضر آن می‌توان پیش‌بینی کرد. به‌نظر می‌آمد تمام جهان، از کوچکترین ذرات تا دورترین سیاره زیر نفوذ و سیطرهٔ قوانینی تغییرناپذیر و یکسانند.

۳. دیدگاه نیوتنی در این برداشت که: رفتار کوچکترین «اجزا»، یعنی ذرات سازنده، تعیین‌کنندهٔ رفتار «کل» است، نگرشی **تحویل‌گرایانه**[۱۱] بود. براساس این نگرش، «تغییر و تحول»، عبارت است از بازآرایی اجزا که خود آن اجزا بدون تغییر باقی می‌مانند. در اینجا از طبیعت، تصویری جذاب و مقتدر، بسان ماشینی قانونمند، ترسیم می‌شد؛ تصویری که رشد علم و اندیشهٔ غرب را بشدت متأثر ساخت. این دیدگاه که به جهان همچون مکانیسم یک ساعت می‌نگریست، به نگرشی «دئیستی»[۱۲] [= خداباوری طبیعی] دربارهٔ خداوند منجر شد که او را ساعت‌سازی می‌دانست که ساز و کار جهان را طرح و سپس آن را به حال خود رها کرده است.

قرن هیجدهم شاهد گسترش بیشتر مکانیک نیوتنی بود. در فیزیک قرن نوزدهم انواع نوینی از طرحهای مفهومی[۱۳]، از جمله «نظریهٔ الکترو مغناطیس»[۱۴] و «نظریهٔ جنبشی گازها»[۱۵] ارائه شده بود، ولی فرضیه‌های اساسی مذکور بدون تغییر باقی ماندند. چنین به‌نظر می‌آمد که تمامی قوانین، نه از نظر مکانیک ذرات، لااقل از نظر قوانین حاکم، بر چند نوع از ذرات و میدانها دست یافتنی است. در نظریهٔ جنبشی و ترمودینامیک[۱۶]، رفتار گازها براساس احتمال تشریح می‌شد، ولی این شیوه را فقط تسهیلی برای امر محاسبه قلمداد می‌کردند. همه بر آن بودند که حرکت تمامی مولکول‌های گاز، دقیقاً با قوانین مکانیکی معین شده است، ولی چون محاسبهٔ این حرکات بسیار دشوار و پیچیده است، ما می‌توانیم از قوانین آماری برای پیش‌بینی رفتار میانگین گروههای عظیم مولکول‌ها استفاده کنیم.

هر سه فرض مذکور ـ یعنی «اصالت واقع [رئالیسم]»، «موجبیت» و «تحویل گرایی» ـ از ناحیهٔ فیزیک قرن بیستم مورد معارضه قرار گرفته است. تغییرهای رخ‌داده در مفاهیم و مسلّمات، آن‌چنان عظیم بود که تعجبی ندارد اگر «کوهن» آن را به‌عنوان نمونه‌ای بارز از یک انقلاب عظیم و یک تغییر «سرمشق» به کار ببرد. در اینجا نظریهٔ «کوانتوم» را بررسی می‌کنیم.

نظریهٔ کوانتوم

مدلهای مربوط به «ذره» نظیر مدل «توپ بیلیارد»، بر فیزیک کلاسیک ماده، حاکم بوده است. در قرن نوزدهم، نظریه‌پردازان برای تشریح گروه متفاوتی از پدیده‌ها که متضمن «نور» و «الکترو مغناطیس» بودند، از مدل اساسی دیگری استفاده کردند که عبارت بود از: [انتشار] **امواج** در «محیطهای میانجی پیوسته».[۱۷] ولی در اوایل قرن حاضر به‌نظر می‌رسید که چند آزمایش حیرت‌انگیز، استفاده از هر دو مدل «موج» و «ذره» را برای هر دو نوع از پدیده‌ها ایجاب می‌کند. از یک‌طرف، معادلهٔ اینشتین دربارهٔ اثر فتوالکتریک[۱۸] و کار «کامپتون» بر روی پراکندگی فوتون[۱۹] نشان داد که نور در بسته‌های مجزا و منفصل، با انرژی و اندازهٔ حرکت معین، گسیل می‌گردد و بسیار شبیه به جریانی از ذرات عمل می‌کند، و از طرف دیگر و در مقابل آن، الکترون‌ها که همواره به‌صورت «ذرات» تصویر می‌شدند، آثار تداخلِ انتشار را که از ویژگیهای امواج است، از خود نشان دادند. امواج، پیوسته و گسترده‌اند و به‌موجب «فاز»[۲۰] بر یکدیگر تأثیر متقابل دارند؛ اما ذرات، گسسته و به مکانی خاص محدودند و تأثیر متقابل آنها براساس «اندازهٔ حرکت»[۲۱] است. به‌نظر می‌رسد هیچ راهی برای تلفیق این دو مدل، در مدل واحد، وجود ندارد. [۱]

از باب نمونه، فرض کنید **یک دسته از الکترون‌ها** به سمت دو شکاف موازی که در یک پردهٔ فلزی قرار دارند، گسیل شده‌اند و با یک صفحهٔ عکاسی که چند سانتیمتر پشت پرده قرار داده شده، برخورد می‌کنند. هر الکترون به‌صورت یک نقطه ریز بر روی فیلم ثبت می‌شود و به مثابهٔ ذره‌ای که به آنجا رسیده باشد به‌نظر می‌آید و چنانچه «بار» و «جرم» الکترون تقسیم‌ناپذیر باشد، قاعدتاً احتمال می‌رود فقط از یکی از دو شکاف عبور کرده باشد. با وجود این، نقاطی که بر روی فیلم می‌افتد، الگویی تداخلی را از نوارهای موازی، نشان می‌دهند که تنها در صورتی توضیح دادنی است که فرض شود یک «موج» از دو شکاف عبور کرده است و همین دوگانگی **موج ـ ذره**، در سرتاسر فیزیک اتمی یافت می‌شود، ولی یک فرمالیزم وحدانی ریاضی می‌تواند به‌وجود آید که امکان پیش‌بینی رویدادهای مشاهده‌شده را به‌صورت آماری فراهم آورد. این فرمالیزم ریاضی، «توابع موج»[۲۲] را برای آمیزه‌ای از امکانها یعنی «ترکیبی از حالتها»[۲۳] به دست می‌دهد. می‌توان **احتمال** برخورد یک الکترون را به هر نقطهٔ مفروض، محاسبه کرد. اما در «توزیع احتمال»[۲۴] مورد محاسبه، نقطهٔ دقیقی که یک الکترون خاص به آن اصابت خواهد نمود، قابل پیش‌بینی نیست.

به همین ترتیب در نظریهٔ کوانتوم، **هیچ مدل وحدت‌یافته‌ای** از اتم پیدا نشده است. مدل اولیهٔ بور دربارهٔ اتم به سادگی قابل تصویر و تجسم بود: الکترون‌های ذره‌وار در حرکت خود پیرامون هسته، به مانند یک منظومهٔ شمسی کوچک، از مدارهایی تبعیت می‌کنند. ولی «اتم» در نظریهٔ کوانتوم به‌هیچ‌وجه قابل تصویر و تصور نیست. ممکن است کسی بکوشد تا الگوهای «**موجهای**

احتمال»[۲۵] راکه فضای پیرامون «هسته» را پر کرده‌اند، شبیه نوسانهای یک سمفونی سه‌بعدی از اصوات موسیقیایی که پیچیدگی حیرت‌انگیزی دارند، تصور کند؛ ولی این تمثیل کمک زیادی به ما نمی‌کند، «اتم» در دسترسِ مشاهدهٔ مستقیم قرار ندارد و بر وفق «کیفیات حسی»، قابل تصور نیست؛ حتی نمی‌توان آن را براساس مفاهیم کلاسیک نظیر «فضا»، «زمان» و «علیت» به گونه‌ای منسجم توضیح داد. رفتارشی بسیار خُرد با رفتار اشیای تجربهٔ روزمره، متفاوت است. ما می‌توانیم آنچه را در آزمایشها رخ می‌دهد با «معادلات آماری» توضیح دهیم، ولی نمی‌توانیم صفات کلاسیک مأنوس را به ساکنان جهان اتمی نسبت دهیم.

در بسط و توسّع‌هایی که طی سالهای اخیر در نظریهٔ کوانتوم، به سمت قلمروهای هسته‌ای و مادون هسته‌ای حاصل شده است، خصلت «احتمالی» نظریهٔ اولیهٔ کوانتوم، همچنان محفوظ، مانده است. **نظریهٔ میدان کوانتومی**[۲۶]، تعمیمی است از نظریهٔ کوانتوم که با نظریهٔ نسبیت خاص، هماهنگ و منسجم است. از این نظریه با موفقیت بسیار در برهم کنشهای الکترومغناطیس[۲۷] و برهم کنشهای مادون هسته‌ای[۲۸] (کرومودینامیک کوانتومی[۲۹] یا نظریهٔ کوارک) و نظریهٔ الکتروضعیف، بهره‌برداری شده است.[۲]اجازه دهید چالشی راکه نظریهٔ کوانتوم در قبال اصالت واقع ابراز کرده است، دنبال کنیم.

نیلزبور از به‌کارگیری مدلهای موج و ذره و دیگر زوجها از مجموعه‌های مفاهیم متضاد، حمایت می‌کرد. بحث بور دربارهٔ آنچه او آن را «اصل مکملیّت»[۳۰] نامید، چند موضوع را شامل شد. بور تأکید داشت که سخن ما دربارهٔ یک «سیستم اتمی» باید همواره به یک آرایش آزمایشگاهی مربوط باشد؛ ما هرگز نمی‌توانیم دربارهٔ یک سیستم اتمی به تنهایی و «فی نفسه» سخن بگوییم. ما باید **تأثیر متقابل بین ذهن عالم**[۳۱] **و عین معلوم**[۳۲] را در هر آزمایشی مد نظر قرار دهیم. نمی‌توان هیچ خط فاصل دقیقی بین روند مشاهده و شیء مشاهده شده، رسم کرد. در صحنهٔ آزمایش، ما «بازیگریم» نه صرفاً «تماشاچی» و ابزار آزمایشی مورد استفاده را خود برمی‌گزینیم. بور اظهار داشت که آنچه باید به حساب آید، روند تعاملی [کُنشی ـ واکنشی] «مشاهده» است، نه ذهن یا شعورِ مشاهده‌گر.

موضوع دیگر در نوشتار بور، **محدودیت مفهومی** درک بشر است در اینجا، انسان به‌عنوان یک عالِم [=داننده] و نه یک آزمایشگر، کانون توجه قرار می‌گیرد. بور، با شکاکیت کانت[۳۳] دربارهٔ امکان شناختِ «جهان فی نفسه»[۳۴] سهیم است. اگر سعی ما آن باشد که «قالبهای مفهومی»[۳۵] خاص را بر طبیعت تحمیل کنیم، در این صورت استفادهٔ تام از سایر مدلها را مانع شده‌ایم. بدین‌سان، باید بین توصیفات کامل عِلّی **یا** ـ فضا زمانی، بین مدلهای موج **یا** ذره، بین اطلاع دقیق از مکان **یا** اندازهٔ حرکت، یکی را برگزینیم. هرچه بیشتر از یک مجموعه مفاهیم استفاده شود، کمتر می‌توان مجموعهٔ مکمل را به‌طور همزمان به کار برد. این محدودیت دوجانبه از آن جهت

رخ می‌دهد که جهان اتمی را نمی‌توان بر وفق مفاهیم فیزیک کلاسیک و پدیده‌های مشاهده‌پذیر توضیح داد.[۳]

بنابراین، چگونه مفاهیم فیزیک کوانتومی به واقعیت جهان مربوط می‌شود؟ دیدگاههای مختلف دربارهٔ جایگاه «نظریه‌ها» در علم، تعبیر و تفسیر متفاوتی از نظریهٔ کوانتوم می‌کنند.

۱. **اصالت واقع کلاسیک:** نیوتن و تقریباً تمام فیزیکدانان قرن نوزدهم، نظریه‌ها را توصیفات ۸«طبیعت»، آن‌گونه که فی نفسه و مستقل از مشاهده‌گر تحقق دارد، تلقی می‌کردند. فضا [=مکان]، زمان، جرم، و سایر «کیفیات اولیه»[۳۶] خواص همهٔ اشیای واقعی‌اند. مدلهای مفهومی، نسخه بدلهایی از جهانند که ما را قادر می‌سازند تا ساختار مشاهده‌ناپذیر جهان را با اصطلاحات مأنوس کلاسیک مجسم کنیم. اینشتین این سنت را با پافشاری بر این نکته ادامه داد که یک توصیف کامل از سیستم اتمی، مستلزم مشخص کردن متغیرهای کلاسیک «مکان ـ زمانی» است که حالت آن را به‌گونه‌ای عینی و غیرمبهم، تعیین کند. او بر آن بود که چون نظریهٔ کوانتوم چنین نیست پس نظریه‌ای ناقص است و عاقبت به‌وسیلهٔ نظریه‌ای که انتظارهای کلاسیک را تحقق بخشد، کنار گذاشته خواهد شد.

۲. **ابزارانگاری:**[۳۷] مطابق این رأی، نظریه‌ها ساخته‌های مفید بشر و تمهیدهایی برای محاسبه‌اند[۳۸] که جهت مرتبط کردن مشاهدات و انجام پیش‌بینی‌ها به کار می‌آیند. آنها همچنین ابزارهایی عملی برای دستیابی به کنترل فنی شمرده می‌شوند. مبنای داوری دربارهٔ آنها، مفید بودنشان در به ثمر رساندن این اهداف است، نه مطابقت آنها با واقعیت (که برای ما امری دست‌نیافتنی است). مدلها، مجعولهایی تخیلی‌اند[۳۹] که موقتاً برای ساختن نظریه‌ها استفاده می‌شوند و پس از آن می‌توان آنها را کنار نهاد؛ آنها بازنمودهای[۴۰] حقیقی جهان نیستند. اگرچه می‌توانیم از معادلات کوانتومی برای پیش‌بینی پدیده‌های مشاهده‌پذیر استفاده کنیم، اما نمی‌توانیم در میان مشاهداتمان از اتم سخن بگوییم.

اغلب چنین پنداشته می‌شود که بور قاعدتاً باید ابزارگرا باشد، زیرا او در بحث طولانی با اینشتین، اصالت واقع کلاسیک را رد کرده است. اما آنچه او واقعاً گفت، آن است که مفاهیم کلاسیک را نمی‌توان بدون ابهام برای تشریح سیستمهای اتمی موجود به کار برد. از مفاهیم کلاسیک فقط می‌توان برای توضیح پدیده‌های مشاهده‌پذیر، در موقعیتهای ویژهٔ آزمایشگاهی استفاده کرد. ما نمی‌توانیم جهان را آن‌گونه که «فی نفسه» تحقق دارد، جدای از تأثیر متقابل ما با آن، مجسم کنیم. بور، به میزان زیادی با نقد طرفداران ابزارانگاری از اصالت واقع کلاسیک موافق بود ولی او به‌طور مشخص از ابزارانگاری حمایت نمی‌کرد و با تحلیل دقیق‌تر به‌نظر می‌رسد که او گزینهٔ سومی را اختیار کرده باشد.

۳. **اصالت واقع نقادانه:**[۴۱] قایلین به اصالت واقع نقادانه، نظریه‌ها را بازنمودهایی ناتمام از

جنبه‌های محدود جهان، آن‌گونه که با ما در کُنشِ متقابلند، تلقی می‌کنند. نظریه‌ها به ما اجازه می‌دهند تا جنبه‌های مختلف جهان را که در موقعیتهای گوناگون آزمایشگاهی آشکار می‌شوند، به یکدیگر مرتبط کنیم. از نظر حامیان اصالت واقع نقادانه، مدلها، اگرچه انتزاعی و گزینشی‌اند اما برای مجسم کردن ساختارهای جهان که موجب این کنشهای متقابلند، کوششهایی ضروری به حساب می‌آیند. در این نگرش، هدف علم، فهم است نه کنترل. تأیید پیش‌بینی‌ها آزمونی است برای فهم معتبر[۴۲] ولی خودِ پیش‌بینی، هدف علم نیست.

بخوبی می‌توان ادعا کرد که بور ـ اگرچه نوشته‌های او همواره واضح نبوده است ـ صورتی از اصالت واقع نقادانه را پذیرفته بود. او در بحث با اینشتین، واقعیت الکترون‌ها یا اتم‌ها را انکار نکرد، بلکه مدعی بود که آنها از آن دسته اشیایی نیستند که توصیفات فضا ـ زمانی کلاسیک را می‌پذیرند. وی پدیدارشناسی[۴۳] «ماخ»[۴۴] را که واقعیت اتم‌ها را مورد تردید قرار می‌داد، نپذیرفت. «هِنری فولس»،[۴۵] این بحث را چنین خلاصه می‌کند: «او [بور] چارچوب کلاسیک را کنار گذاشت و استنباط واقع‌گرایانه را دربارهٔ توصیف علمی طبیعت حفظ نمود. آنچه او طرد می‌کند اصالت واقع نیست، بلکه تعبیر کلاسیک آن است.»[۴] بور، واقعیت سیستم اتمی را که با سیستم مشاهده‌گر در برهم‌کنش است، مسلّم فرض می‌گرفت. در قبال تعبیرهای ذهن‌گرا[۴۶] از نظریهٔ کوانتوم که مشاهده را یک برهم کنش ذهنی ـ فیزیکی[۴۷] تلقی می‌کنند، بور از برهم‌کنشهای فیزیکی میان سیستمهای ابزاری و اتمی، در وضعیت کامل آزمایشگاهی، سخن می‌گوید. به‌علاوه، «موج و ذره» یا «اندازهٔ حرکت و موقعیت مکانی» یا دیگر وصفهای مکمل، حتی اگر هم بروشنی قابل اطلاق نباشند، بر یک **شیء واحد** صدق می‌کنند. آنها از نمودهای متفاوتِ سیستم اتمی واحد حکایت می‌کنند. «فولس» می‌نویسد:

«بور احتجاج می‌کند که این‌گونه باز نمودها، انتزاعهایی هستند که در امکان توصیف یک پدیده به‌عنوان کنش متقابل میان سیستمهای مشاهده‌گر و سیستمهای اتمی، نقشی حیاتی ایفا می‌کنند، اما نمی‌توانند خواص یک واقعیت مستقل را تصویر کنند .... ما می‌توانیم چنین واقعیتی را به حسب توانایی آن برای ایجاد برهم کنشهای گوناگون توصیف کنیم ـ برهم کنشهایی که نظریهٔ مذکور، آنها را تأمین‌کنندهٔ شواهد مکمل دربارهٔ شیء عینی‌واحد قلمداد می‌کند.[۵]

بور نگرش اصالت واقع کلاسیک را که براساس آن، جهان دربردارندهٔ موجوداتی با خواص معین کلاسیک است، نپذیرفت. ولی با وجود این، بر آن بود که جهانی واقعی وجود دارد که در کُنِش متقابل، توانایی ایجاد پدیده‌های مشاهده‌پذیر را داراست. فولس کتاب خود را دربارهٔ بور با این نتیجه‌گیری به پایان می‌رساند:

«هستی‌شناسی[۴۸]ای که این نحوهٔ تعبیر و تفسیر از پیام "بور" مستلزم آن است، اشیای فیزیکی را نه مطابق با چارچوب کلاسیک و از راه خواص معین که با خواص پدیده‌ها مطابقند،

بلکه از طریق توان آنها برای ظاهر شدن در نمودهای گوناگون پدیده‌ها، توصیف می‌کند. بدین‌ترتیب در چارچوب مکملیّت، حفظ استنباط واقع‌گرایانه و پذیرفتن کامل بودن نظریهٔ کوانتوم فقط با تجدید نظر در فهم ما از ماهیت یک واقعیت مستقل فیزیکی و اینکه ما چگونه می‌توانیم آن را بشناسیم، ممکن است.»[۶]

کوتاه سخن اینکه ما باید اکیداً جدایی قاطع بین مشاهده‌گر و شیء مشاهده‌شده را که در فیزیک کلاسیک فرض می‌شد، انکار کنیم. براساس نظریهٔ کوانتوم، مشاهده‌گر همواره یک شریک و سهیم به حساب می‌آید.

در مکملیّت، استفاده از یک مدل، استفاده از مدلهای دیگر را محدود می‌سازد. مدلها، بازنمودهای نمادین (سَمبولیک) از وجوه واقعیتِ متعاملند که نمی‌توانند منحصراً بر وفق شباهتهایی که با تجربهٔ روزمره دارند، مجسم شوند. آنها صرفاً به‌طور کاملاً غیرمستقیم، با جهان اتمی و یا با پدیده‌های مشاهده‌پذیر، مربوط‌اند. ولی ما مجبور نیستیم ابزارانگاری‌ای را بپذیریم که نظریه‌ها و مدلها را ابزارهای فکری و عملی مفیدی می‌انگارد که دربارهٔ جهان چیزی به ما نمی‌گویند.

خودِ بور پیشنهاد کرد که ایدهٔ مکملیّت قابل **بسط به سایر پدیده‌هایی** است که با دو نوع مدل، تحلیل‌پذیرند، مانند: مدلهای «مکانیستی و ارگانیک»[۴۹] در زیست‌شناسی؛ مدلهای «رفتارگرایانه و درون نگرانه»[۵۰] در روان‌شناسی؛ مدلهای «جبر» و «اختیار» در فلسفه؛ یا مدلهای «عدل الهی و «عشق الهی» در الهیات. بعضی نویسندگان پا را فراتر نهاده و از **مکملیّت «علم» و «دین»** سخن می‌گویند. بدین‌سان «سی.ای. کولسون»[۵۱] پس از تشریح دوگانگی موج ـ ذره و تعمیم بور از آن، علم و دین را «توضیح‌های مکمل دربارهٔ واقعیت» می‌نامد.[۷]

من به این‌گونه استعمال گسترده از اصطلاح مزبور، با دیدهٔ شک می‌نگرم. در زیر چند شرط را برای به‌کار بردن مفهوم مکملیّت مطرح می‌کنم:[۸]

۱. مدلها باید فقط در صورتی مکمل یکدیگر نامیده شوند که به **یک موجود واحد و یک گونهٔ واحد منطقی** اشاره کنند. موج و ذره، مدلهایی برای یک موجود منفرد (مثلاً یک الکترون) در یک موقعیت منفرد (مثلاً در یک آزمایش دو شکاف) به‌شمار می‌آیند. آنها هر دو در یک سطح منطقی قرار دارند و قبلاً در یک شعبه از علم استعمال شده‌اند. این شرایط در مورد علم و دین صدق نمی‌کند. آن دو، نوعاً در موقعیت‌هایی متفاوت پدید می‌آیند و در زندگی انسان وظایف مختلفی را به انجام می‌رسانند.[۹] ازاین‌رو، من علم و دین را زبانهای بدیل[۵۲] می‌دانم و اصطلاح **مکملیّت** را به مدلهای مربوط به یک گونهٔ واحد منطقی و در چارچوب یک زبان خاص، محدود می‌کنم؛ نظیر مدلهای «انسان‌وار» و «غیرانسان‌وار» برای خداوند.

۲. باید روشن شود که کاربرد اصطلاح مذکور در خارج از فیزیک، **«تمثیلی»**[۵۳] است و نه

«استدلالی».[۵۴] باید دلایل مستقلی برای ارزش دو مدل بدیل و یا مجموعه‌هایی از ساختها در حوزهٔ دیگر وجود داشته باشد. نمی‌توان فرض کرد که مدلهای مفید در فیزیک، در سایر رشته‌ها نیز ثمربخش باشند.

۳. مکملیّت، **هیچ توجهی را برای پذیرش غیرنقادانهٔ حصرهای دووجهی**[۵۵] فراهم نمی‌آورد. این اصطلاح را نمی‌توان برای اجتناب از پرداختن به ناهماهنگیها یا «وِتو» کردن جست‌وجوی وحدت، به کار برد. دربارهٔ ویژگی متناقض‌نما[۵۶] در دوگانگی موج ـ ذره نباید مبالغه شود. ما نمی‌گوییم که یک الکترون هم موج است و هم ذره، بلکه می‌گوییم رفتاری موج‌گونه و ذره‌وار از خود نشان می‌دهد. به‌علاوه، ما یک فرمالیزم ریاضیِ وحدت‌یافته در اختیار داریم که لااقل، پیش‌بینی‌هایی احتمالی را فراهم می‌آورد، حتی اگر تلاشهای گذشته، هیچ نظریه‌ای را بهتر از نظریهٔ کوانتوم در مطابقت با داده‌ها به دست نداده باشد، ما نمی‌توانیم تحقیق برای مدلهای وحدت بخش جدید را طَرْد کنیم. انسجام،[۵۷] حتی اگر با اعتراف به محدودیتهای زبان و تفکر بشری تعدیل شده باشد، همواره در سراسر پژوهش اندیشه‌مندانه به‌صورت یک آرمان باقی می‌ماند.

پی‌نوشتها

* متن مقاله بخشی از فصل هفتم کتاب **دین و علم: مسائل تاریخی و معاصر** نوشتهٔ ایان باربور است که در سال ۱۹۹۷ منتشر شده است. این کتاب آخرین و مهمترین اثر باربور در زمینهٔ مباحث علم و دین است که در پژوهشگاه فرهنگ و اندیشه اسلامی در دست ترجمه به فارسی است و بزودی منتشر خواهد شد.

۱. quarks، دسته‌ای از بنیادی‌ترین اجزای مفروض ماده. (م).

۲. observer and observed، در جریان هر مشاهده سه امر تشخیص داده می‌شود: (الف) عمل مشاهده، (ب) مشاهده‌گر [= ناظر]، و (ج) شیء مشاهده‌شده. ارتباط این سه با یکدیگر، هم در فلسفه و هم در تعابیر ارائه‌شده از فیزیک نوین، محل بحث و گفت‌وگوست. (م).

3. chance and law.

4. parts and wholes.

5. Epistemology.

6. absolute.

7. primary qualities.

8. mass.

9. velocity.

10. objective.

11. reductionistic.

۱۲. deistic، به‌معنای پیروی از مکتبی است به‌نام Deism که در اواسط قرن شانزدهم میلادی در انگلستان ظاهر شد. این مکتب متأثر از پیشرفتهای علم، نیروی عقل را در رسیدن به خداوند کافی می‌دانست و جهان را همچون ماشینی

می‌پنداشت که خداوند، طراح آن است. پیروان این نظر، دین والهیات مبتنی بر وحی را منکر بودند و از دین و الهیات طبیعی و یا به تعبیری عقلانی طرفداری می‌کردند. (م).

13. Conceptual Schemes.

۱۴. electromagnetic theory، در دهه ۱۸۶۰ میلادی، فیزکدانی به‌نام مکسول (Maxwell) توانست از راه توصیف ریاضی، نیروهای الکتریکی و مغناطیسی را در نظریه‌ای واحد، با عنوان «نظریهٔ الکترومغناطیس» تلفیق کند. (م).

۱۵. Kenetic theory of gases، نظریه‌ای که درصدد است با بیانی ریاضی، رفتار گازها را براساس حرکات اجزای اتمی و مولکولی آنها توضیح دهد. (م).

۱۶. thermodyanmics، این اصطلاح که از دو واژهٔ یونانی، یکی به‌معنای حرارت و دیگری حرکت، ترکیب شده است، بیانگر قوانین و روابط بین حرارت و حرکت مولکول‌ها بویژه مولکولهای گاز است. (م)

۱۷. Continuous media، فیزیکدانان قرن نوزدهم برای توجیه انتشار امواج نور و به‌طورکلی امواج الکترومغناطیس در فضا، به نوعی واسطه و میانجی به نام «اثیر» قایل شدند که ساختاری پیوسته داشت و آنها را محمل انتشار آن امواج می‌پنداشتند. البته ناروا بودن این فرض که ناشی از قیاس امواج الکترومغناطیس (از جمله نور) با امواج صوتی بود، بعداً روشن شد. (م).

۱۸. Photoelectric effect، اثر فتوالکتریک به جریانی الکتریکی که به‌واسطهٔ تأثیر انرژی نور از راه جدا کردن الکترون‌ها از سطح فلزات ایجاد می‌شود، اطلاق می‌گردد. اینشتین در مقاله‌ای (۱۹۰۵) دربارهٔ اثر فتوالکتریک، این فرضیه را مطرح ساخت که نور متشکل از ذراتی منفصل است. تا قبل از اینشتین اغلب فیزیکدانان می‌پنداشتند که نور صرفاً پدیده‌ای موج‌گونه است، ولی فرضیهٔ اینشتین مستلزم آن بود که نور جریانی است از ذرات که از بسته‌های مجزا و کوچک انرژی که بعداً فوتون نامیده شدند، تشکیل شده است. با استفاده از این ایده، او معادله‌ای را برای اثر فتوالکتریک تنظیم کرد که نهایتاً در سالهای ۱۹۲۳ ـ ۱۹۲۴ تأیید و اثبات شد. (م).

۱۹. Photon، کوچکترین واحد تشکیل‌دهندهٔ نور که فاقد بار الکتریکی و جرم است.

۲۰. Phase، تابعی ریاضی است که مختص معادله‌های مربوط به حرکت موج است.

۲۱. Momentum، حاصل ضرب جرم در سرعت هر جسم متحرک را اندازهٔ حرکت آن می‌نامند.

۲۲. Wave functions، تابع موج، تابعی است ریاضی که در نظریهٔ کوانتوم برای نشان دادن وضعیت یک سیستم فیزیکی و محاسبهٔ احتمال وقوع یک رویداد (مثلاً تابش یک فوتون از یک اتم) در زمان اندازه‌گیری، به کار می‌رود. (م).

۲۳. Super position of states، در مکانیک کوانتومی، اصلی وجود دارد به‌نام «اصل ترکیب» که مطابق آن، امکانهای (وضعیتهای محتمل) کوانتومی می‌توانند با یکدیگر آمیخته شوند و «ترکیبی از وضعیتها» را که خود وضعیتی جدید است، پدید آورند. (م).

۲۴. Probability distribution، مفهومی است اساسی در نظریهٔ احتمالات، به‌معنای تخصیصی احتمالات به مجموعه‌ای از رویدادها که به یکدیگر مرتبطند. (م).

۲۵. Probability waves، امواجی هستند که احتمالِ وجود یک ذره را (مثلاً الکترون) در نقطه‌ای از فضا (مثلاً فضای پیرامون هسته) بیان می‌کنند. این امواج در مکانیک کوانتومی، دارای هویتی مادی و متعارف نیستند بلکه صرفاً کیفیت انتشار احتمالات را نشان می‌دهند. (م).

۲۶. Quantum field theory، نظریه‌ای است که در نتیجهٔ اِعمال نظریهٔ کوانتوم در مورد رفتار یک میدان، نظیر میدان الکترومغناطیس، حاصل شده است. این نظریه نقشی اساسی در درک نیروهای بنیادی حاکم بر قلمرو مادون اتمی داشته است. (م).

27. electromaghetic interactions.

28. Subnuclear interactions.

۲۹. Quantum chromodymantics، نظریه‌ای نوین است که توصیف برهم کنشهای قوی بین کوارک‌ها و گلوئون‌ها (ذراتی کوانتومی که عامل پیوند مستحکم کوارک‌ها بر یکدیگرند) را بر عهده دارد. عنوان اختصاری این نظریه «QCD» است. (م).

30. Complementarity principle.

31. Subject.

32. Object.

۳۳. از دیدگاه کانت آنچه ما از جهان می‌دانیم آن است که با قالبهای مفهومی و ذهنی خود فهمیده‌ایم. ازاین‌رو، آنچه می‌یابیم عوارض معرفتی جهان است نه خود جهان، آن‌گونه که هست. (م).

34. World in itself.

35. Conceptual Molds.

۳۶. Primary qualities، جان لاک (۱۶۳۲ ـ ۱۷۰۴) فیلسوف انگلیسی برای هر شیء فیزیکی دو دسته کیفیات مطرح کرد: ۱. کیفیات اولیه: مانند شکل معین، اندازهٔ معین و .... که هر شیء فیزیکی از آنها برخوردار است، خواه کسی آنها را درک کند یا نه. ۲. کیفیات ثانویه: نظیر طعم، رنگ، بو، و .... که وجود آنها مشروط به حضور نیرویی درک‌کننده و اندامهای حسی است. (م).

37. Instrumentalism.

38. Calculating.

39. Imaginative fictions.

40. Representations.

41. Critical realism.

42. Valid understanding.

43. Phenomenalism.

44. Ernst mach.

45. Henry folse.

46. Subjectivist.

47. Mental-physical.

48. Ontology.

۴۹. Mechanistic and organic models، در مدلهای مکانیستی، موجودات زنده بسان «ماشینهای پیچیده‌ای» که چیزی جز مجموع اجزا نیستند، در نظر گرفته می‌شوند و براساس قوانین فیزیکی و شیمیایی تشریح پذیرند. اما در مدلهای ارگانیک، آنچه ارائه می‌شود یک کل یکپارچه به‌نام ارگانیزم است که دارای سلسله مراتبی از سطوح مختلف نظم است. این کلِ سازمان یافته، چیزی بیشتر و فراتر از مجموع اجزاست و صرفاً با قوانین فیزیکی و شیمیایی نمی‌توان آن را تشریح کرد. (م).

۵۰. Behavioristic and instropesti models، رفتارگرایی و درون‌نگری دو مدل و شیوه در روان‌شناسی است. براساس درون‌نگری، حالتهای درونی و فرآیندهای ذهنی انسان، موضوع اصلی تحقیقات روان‌شناسی را تشکیل می‌دهد. اما در رفتارگرایی، بررسی و مشاهده «رفتار» بویژه از راه آزمونهای «محرک و پاسخ» نقش اصلی را بر عهده دارند. (م).

51. C. A. Coulson.

52. alternative languages.

53. analogical.

54. inferential.

۵۵. Dichotomies، یعنی تقسیمهای ثُنایی، که محصول این تقسیمها، در قالب قضایایی که در علم منطق به قضایای منفصلهٔ مانعة الجمع و حقیقه شهرت دارند، بیان می‌شود. مانند این قضیه: عدد یا زوج است یا فرد.

56. Paradoxical.

57. Coherence.