

محدودیت‌های علم فیزیک

Grenzen der Physik

Limits of the Science of Physics

ترجمه نوشته همکار فرهیخته‌ام آقای پروفیسور دکتر گبهارد فون اُپن

Prof. Gehard von Oppen (*10.08.1938 †08.06.2023)

استاد دانشگاه فنی برلین

به پاس خدمات و سال‌ها همکاری در گروه کار 'مسائل بنیادی فیزیک' در انجمن فیزیک آلمان

Liebe Kollegen,

am nächsten Mittwoch hoffe ich, dabeisein zu können und habe, dem Wunsch von Herrn Bolouri entsprechend, einen Beitrag "Grenzen der Physik" vorbereitet. Ich meine, er passt gut zum Thema "Philosophische Probleme der Physik"

Allen herzliche Grüße,

Gebhard von Oppen

Friday, November 26, 2021 12:13 PM

ترجمه ایمیل فوق آقای فون اُپن:

همکاران عزیز

امیدوارم چهارشنبه آینده بتوانم در جمع شما باشم. به درخواست آقای بلوری، نوشته "محدودیت‌های علم فیزیک" را آماده کرده‌ام. من فکر می‌کنم این نوشته متناسب با موضوع "مسائل فلسفی فیزیک" است.

با سلامهای صمیمانه به حضورتان

گبهارد فون اُپن

جمعه، ۲۶ نوامبر ۲۰۲۱

محدودیت‌های فیزیک

محدودیت‌های فیزیک با تابع نمایی (exponential function) سروکار دارد. تابع نمایی در فیزیک برای بسیاری فرایندهای موازنه‌ساز (balancing processes) و همچنین برای تشخیص جهت زمان تعیین کننده است. جهت زمان در فیزیک

کلاسیک از طریق فیزیک آماری به دست می‌آید. چنانچه در نظریه‌های دترمینیستی دینامیک کلاسیک (مکانیک نیوتن، الکترو دینامیک ماکسول) جهت زمان را معکوس در نظر بگیریم، هیچ تغییری در آنها ملاحظه نمی‌شود.

فیزیک آماری نشان می‌دهد که اندازه‌گیری‌ها نمی‌توانند دقیق باشند. دقت اندازه‌گیری توسط حرکت حرارتی دستگاه‌های اندازه‌گیری محدود می‌شود (نواسانات حرارتی موقعیت اشاره‌گر). در حالیکه دینامیک کلاسیک پیش‌بینی‌های دقیقی را انجام می‌دهد. در نتیجه نواسانات حرارتی را پنهان می‌کند و به یک طبیعت ایده‌آل اشاره دارد.

با پیشرفت‌های نظریه کوانتومی بایستی برای فیزیکدان‌ها روشن می‌شد که چرا دینامیک دترمینیستی، یک طبیعت ایده‌آل را توصیف می‌کند. زیرا، طبق نظریه کوانتومی از یک طرف فرایندهای پویا و از طرف دیگر جهش‌های کوانتومی خودجوش وجود دارد، یعنی جبر و اتفاق. این دو باهم جور در نمی‌آید. در حقیقت، دینامیک کوانتومی به‌عنوان تعمیم دینامیک کلاسیک در نظر گرفته می‌شود و به این ترتیب به‌عنوان نظریه‌ای دارای اعتبار نامحدود شناخته می‌شود. با این حال، نیلز بوهر همواره تأکید داشت که دستگاه‌های اندازه‌گیری باید به روش کلاسیک توصیف شوند. جان فون نویمان از سوی دیگر، می‌پنداشت که دستگاه‌های اندازه‌گیری نیز به شکل کوانتومی دینامیکی قابل توصیف هستند. اما سپس دریافت که دستگاه‌های اندازه‌گیری در مفهوم دینامیک کوانتومی نمی‌گنجد (۱۹۳۲). از این‌رو استیون واینبرگ در کتاب خود "Lectures on Quantum Dynamics" (۲۰۱۳) می‌نویسد که: "هیچ تفسیری از مکانیک کوانتومی که نقص جدی نداشته باشد وجود ندارد". یک شناخت شگفت‌انگیز - ۱۰۰ سال پس از کار پیشگامانه‌ی بوهر که باید هر فیزیکدانی را نگران کند.

نتیجه‌ای که من از این و از ملاحظات بعدی می‌گیرم:

۱. مکانیک کوانتومی تعمیم دینامیک کلاسیک نیست.

۲. بلکه درست آن است که: دینامیک کلاسیک، فیزیک آماری و دینامیک کوانتومی از آن فرایندهای طبیعی مختلف ایده‌آل شده هستند.

۳. چیزی به نام 'نظریه برای همه چیز' وجود ندارد. نظریه فیزیکی محدودیت‌هایی دارد.

نبودن قطعیت در اندازه‌گیری‌ها تعیین‌کننده است. و این حاصل از نویز گرمایی (thermal noise) و نویز شات سیگنال‌های اندازه‌گیری (Shot noise of the measurement signals) و در نهایت قابل مشاهده بودن اشیاء فیزیکی است. گرچه نظریه‌پردازان با خوشنودی، سیستم‌های بسته را مدنظر دارند، اما فراموش می‌کنند که چنین سیستم‌هایی را نمی‌توان به‌صورت تجربی بررسی کرد. شیوه‌ی عملکرد آنها در فیزیک کلاسیک موجه بود، چون پذیرفته شده بود که اشیاء به شکل پیوسته (continually) مشاهده می‌شوند. اما طبق فرضیه اتمی و کوانتومی، اشیاء در اطراف خود فقط رویدادهای گسسته (discrete) ایجاد می‌کنند که قابل شمارش است. از آنجایی که رویدادها نه به‌طور منظم بلکه به‌صورت اتفاقی رخ می‌دهند و بر این اساس منجر به نویز شات سیگنال‌های اندازه‌گیری می‌شود، با محدودیت سیستم‌های بسته، اتفاق در رخدادهای طبیعی نیز پنهان است.

بنابر این قابلیت مشاهده‌ی اشیاء فیزیکی اهمیت بالایی برای این پرسش دارد که تا چه اندازه اتفاق جنب قوانین دترمینیستی مکانیک کلاسیک و مکانیک کوانتومی در طبیعت نقش بازی می‌کند. وقتی یک شیء غیرقابل مشاهده باشد، مطمئن اتفاق اهمیتی ندارد، برای مثال یک ملکول C60 در مسیر خود از منبع به آشکارساز در آزمایش دوشکاف زایلینگر (فیزیکدان اتریشی Zeilinger). در این حالت ملکول از قوانین مکانیک کوانتومی پیروی و الگوهای تداخلی (interference pattern) ایجاد می‌کند. حتا در مرز مخالف، با قابلیت مشاهده‌ی پیوسته، نیز اتفاق هیچ نقشی ندارد. در اینجا قوانین دینامیک کلاسیک صدق می‌کنند. از این‌رو، دستگاه‌های اندازه‌گیری را می‌توان تا یک تقریب قابل قبول، کلاسیک توصیف کرد. در کل در ناحیه‌ی میانی، اشیاء فیزیکی کم و بیش به راحتی قابل مشاهده هستند و می‌توان با یک ترکیب هوشمندانه از مکانیک کوانتومی، مکانیک کلاسیک و فیزیک آماری توصیف نمود. این روش به‌طرز شگفت‌انگیزی در بسیاری از مناطق طبیعت بیجان موفق است. اما در بسیاری از جنبه‌های اساسی زندگی شکست می‌خورد. موفقیت عمدتاً مبتنی بر همخوانی بین مکانیک کوانتومی و دینامیک کلاسیک است. به‌خاطر این همخوانی است که برای بسیاری از ابرکت‌های کوانتومی مدل‌های کلاسیک فضایی‌زمانی وجود دارد (برای مثال برای اتم‌ها و ملکول‌ها و حتا برای هسته‌ی اتم‌ها) و معادلات حرکتی کلاسیک آنها می‌توانند طبق قواعد ساده‌ی همخوانی به معادلات حرکتی کوانتوم دینامیکی تبدیل شوند.

طبقه‌بندی ابرکت‌های فیزیکی اما، با توجه به قابلیت مشاهده‌ی آنها، به این نتیجه منجر می‌شود که پیوستار فضازمان یک

آبستر اکسیون (انتزاع) می‌باشد که فقط در فیزیک کلاسیک توجیه شده است. و این مستلزم یک چهارچوب مرجع که قابلیت مشاهده‌ی پیوسته را دارد است. فقط اشیایی که به خوبی قابل رصد هستند ساختار فضایی دارند. ابژکت‌های کوانتومی که به اندازه‌ی کافی جدا از محیط باشند، از یک ساختار طیفی (سطوح انرژی گسسته) برخوردار هستند. اما این ساختار طیفی تنها به میزان محدودی از مدل‌های دنیای کلاسیک حاصل می‌شود. ثابت‌های همخوانی و انرژی‌های ساکن ذرات بنیادی این مدل‌ها نمی‌توانند با نظریه موجود محاسبه شوند، بلکه پارامترهایی هستند که به‌طور آزمایشی تعیین می‌شوند. نظریه ابژکت‌های کوانتومی ایزوله وجود ندارد. این ایده‌آل‌سازی‌ها هیچ ارتباطی با جهان قابل مشاهده ندارند و لذا هیچ اشاره‌ای هم به فضا و زمان نمی‌کنند. بنابر این قابل درک است که نظریه‌ی ابژکت‌های کوانتومی ایزوله را می‌شود تنها از نظر ریاضی توجیه کرد.

به‌طور خلاصه باید تاکید کرد، طبقه‌بندی ابژکت‌های فیزیکی با توجه به قابلیت مشاهده‌ی آنها منجر به دیدگاه جدیدی از فیزیک می‌شود. آزمایش‌ها را نمی‌توان تحت شرایط آزمایش دقیق کنترل شده انجام داد. بنابر این نظریه‌های دقیق فیزیک مربوط می‌شوند به ابژکت‌های تحت شرایط آزمون ایده‌آل. اما ایده‌آل‌سازی‌ها را می‌توان دقیق‌تر مشخص کرد. قابل توصیف بودن یک ابژکت ربطی به بزرگی آن ندارد بلکه تابع قابلیت مشاهده‌پذیری آن است. به دلیل قابلیت مشاهده می‌توانند بویژه ابژکت‌های کوانتومی و ابژکت‌های کلاسیک کاملن روشن تعریف شوند. آنها موارد مرزی ایده‌آل در مقیاس مشاهده‌پذیری هستند. واقعیت تجربی تجربه شده در ناحیه میانی قرار دارد، جایی که فیزیک محدودیت‌هایی دارد. در آنجا "اتفاق و ضرورت" (جبر) وجود دارد (Jacques Monod)، تعاملی که منجر به پدیده‌های بسیار شگفت‌انگیزتر می‌شود، بیش از آنکه فیزیک بتواند توضیح دهد.

تذکره: تمامی تاکیدها و توضیحات داخل پرانتزها، سوای سومین و آخرین پرانتز و همچنین دو تاریخ ذکر شده، جملگی از مترجم می‌باشد.

XX