چگونگی و علل پیدایی فیزیک کوانتومی

غلامحسین مقدم حیدری

«دانشمندان را محدودیت‌های فیزیکی، فیزیولوژیکی، جامعه‌شناختی و تاریخی بی‌شماری محصور کرده‌اند». (Feyerabend,1975:187)

اگر بخواهیم ریشه‌های انقلاب کوانتومی را بررسی کنیم، باید آن‌ها را در پژوهش‌هایی بجوییم که به پرتوافکنی جسم سیاه توجه کرده بودند. فیزیکدانان سدهٔ نوزدهم به‌خوبی می‌دانستند که هر جسمی از خود پرتو گرمایی می‌تاباند. پس اگر در جسمی با دیواره‌های کاملاً جذب‌کننده (سیاه) حفره‌ای وجود داشته باشد، پرتو گرمایی مدام به این حفره وارد می‌شود. مسئله‌ای که شدیداً توجه فیزیکدانانی همچون «گوستاو کیرشهف» (Kirchhoff) را در سال ۱۸۵۹ میلادی به‌خود جلب کرده بود، تعیین تابع چگالی انرژی گرمایی و ترکیب طیفی این پرتو گرمایی بود. این مسئله بعدها توجه «لودویگ بولتزمان»(Boltzmann) را نیز به‌خود معطوف کرد. وی توانست با روش‌های ترمودینامیکی، گام‌هایی در جهت حل این مسئله بردارد. سپس «ویلهلم وین»(Wien) با استفاده از نظریهٔ «جیمز کلارک ماکسول»(Maxwell) مشخص کرد که تعیین نظری تابع چگالی انرژی دارای اهمیتی بنیادین است و این همان کاری بود که فراروی «ماکس پلانک»(Planck) قرار گرفت. «پلانک» با استفاده از روش‌های استاتیکی نظریهٔ مولکولی جنبشی گازهای «بولتزمان» توانست به ثابتی دست یابد که که بعدها به ثابت «پلانک» (h) معروف شد. «پلانک» برای نخستین بار در سال ۱۹۰۰ میلادی، هنگام سخنرانی در انجمن فیزیک آلمان، این ثابت را مطرح کرد. وی در این سخنرانی، اساسی‌ترین فرض پژوهش‌های خویش را چنین بیان نمود: «اگر انرژی را کمیتی پیوسته بدانیم، این توزیع، به بی‌نهایت صورت مختلف امکان‌پذیر است؛ ولی ما فرض می‌کنیم ـ و این فرض، اساسی‌ترین نکتهٔ تمام این محاسبات است ـ که انرژی از تعداد کاملاً معینی جزء متساوی تشکیل شده است و این‌جاست که ثابت طبیعی (h) به‌کار می‌آید» (پلانک، ۵۴). گرچه شواهد تجربی همچون تبیین «اینشتین» از پدیدهٔ فوتوالکتریک، تبیین «والتر نرنست» (Nernst) از گرمای ویژهٔ گازها و کاوش‌های «ج. فرانک» (Franck) و «گ. هرتز»(Hertz)، تأییدی بر این اصل بودند، ولی هیچ‌یک نتوانستند شک و تردید معطوف به این اصل را از بین ببرند، تا این‌که در سال ۱۹۱۳ میلادی، «نیلزبور»(Bohr) موفق شد در مقاله‌ای با عنوان «دربارهٔ ساختمان اتم‌ها و مولکول‌ها» به این تردید پایان دهد. وی در این مقاله، نظریهٔ خود را بر دو اصل بنیان نهاد: اصل اول، بیان وجود حالاتی پایدار در سیستمی اتمی که قابل توصیف به‌صورت فیزیک کلاسیک است. اصل دوم، انتقال سیستم اتمی از حالتی پایدار به حالتی دیگر، که فرایندی غیرکلاسیک است و با جذب و انتشار کوانتوم‌های انرژی ـ که بسامد آن‌ها از طریق معادلهٔ پلانک با انرژی پیوند می‌یابد ـ توأم است. از این پس، برای فیزیکدانان آشکار بود که انرژی نه به‌طور پیوسته، بلکه به‌صورت کوانتوم‌هایی گسسته، جذب و گسیل می‌شود.

جامعهٔ فیزیکدان‌ها نظریهٔ «بور» را به رغم ناهمسازی‌های درونی که در اصول بنیادی آن وجود داشت، پذیرفتند. اکنون فیزیکدانان نظریه‌ای داشتند که بر پایهٔ آن می‌توانستند پدیده‌های اتمی را تبیین کنند. اما تحولات بعدی، جامعهٔ فیزیک را با دو بحران مهم روبه‌رو کرد. از سویی، آغاز جنگ جهانی اول در سال ۱۹۱۴ میلادی و ظهور فرهنگ «وایمار»(Weimar) پس از جنگ در کشورهای آلمانی زبان موجب بروز بحرانی فرهنگی شد که تأثیری عمیق و تعیین‌کننده بر رویکردهای فیزیکدانان به پدیده‌های اتمی گذاشت، از سوی دیگر، بروز اعوجاج‌هایی در عرصهٔ فیزیک اتمی، نه تنها نظریهٔ «بور» بلکه کل ساختار فیزیک کلاسیک را با بحرانی ژرف مواجه نمود. از این‌رو، ما در بخش اول این مقاله، بحران فرهنگی «وایمار» و در بخش دوم، بحران در عرصهٔ فیزیک را بررسی کرده، به چگونگی تعامل میان این دو بحران در ظهور فیزیک کوانتومی می‌پردازیم.

۱ـ جنگ جهانی اول و ظهور فرهنگ «وایمار»

با آغاز جنگ، ارتباط میان پژوهشگران کشورهای متخاصم با یکدیگر قطع شد. هیچ ارتباط مستقیمی میان مجلات علمی و

دانشمندان وجود نداشت. جنگ، پژوهش‌های منظم و برنامه‌های آموزشی کشورها را مختل کرده بود. دانشجویان، پژوهشگران و استادان جوان به ارتش احضار شده بودند. تالارهای کنفرانس رها و آزمایشگاه‌ها خالی شده بودند. فرهنگستان‌ها و دانشگاه‌های آلمان نیز از این وضعیت مستثنا نبودند. در این میان، تنها فیزیکدانان شرایط بهتری داشتند. آنان با تأکید بر اهمیت کاربردی موضوعات مورد پژوهش خویش در جنگ، نه تنها توانسته بودند اعتبارات مالی فراوانی برای مراکز تحقیقاتی خویش بگیرند، بلکه به قدر و منزلت خاصی میان عامهٔ مردم و وجههٔ ویژه‌ای میان دانشگاهیان دست یافته بودند. از این‌رو، به نظر می‌رسید که بیش از هر حوزهٔ دیگری نقشی به‌سزا در موفقیت‌های ارتش آلمان دارند. و این، به نوبهٔ خود موجب نوعی رضایت‌مندی و اعتمادبه‌نفس در ایشان می‌شد.

با شکست آلمان در سال ۱۹۱۸ میلادی، این جوّ اجتماعی به‌کلی دگرگون شد. آلمان در حالی طعم تلخ شکست در جنگ را می‌چشید که طبقهٔ نظامی مملکت حاضر نبود به شکست خود اعتراف کند؛ زیرا آن را نه زیبندهٔ مقام ارتش، بلکه کار افراد بی‌اهمیتی می‌دانست که لباس غیرنظامی برتن داشتند. امپراتور، فرماندهی عالی، افسران و اشراف هرگونه مسئولیتی داشتند، بر دوش افراد غیرنظامی می‌گذاشتند. در این میان، فیزیکدانان بیش از همه مورد سوءظن قرار گرفتند. جامعه و مقامات کشوری مسئولیت این شکست را متوجه آن‌ها می‌دانستند. به قول «پل فرمن» مورخ علم برجستهٔ معاصر امریکایی- در این برههٔ زمانی «علوم محض خود را با دگرگونی غم‌انگیز معیار ارزش‌های عمومی و نتیجتاً دگرگونی ارزیابی حوزهٔ کاریشان مواجه دیدند» (Forman,9).

از عواقب مهم دیگر این شکست که علوم طبیعی و به‌ویژه فیزیک را تحت تأثیر قرارداد، تغییر نظام حکومتی آلمان از امپراتوری به جمهوری بود. شکست آلمان این فکر را در میان مردم قوت بخشید که اگر آلمان به‌صورت جمهوری درآید، شرایط بهتری از صلح تحمیلی میسر خواهد شد. تأکید متفقین بردموکراتیک شدن دولت آلمان نیز علت مضاعفی بود که سبب شورش مردم در شهرهای مختلف آلمان شد و سقوط امپراتوری را فراهم آورد و به‌دنبال آن، نظام جمهوری استقرار یافت. این جمهوری که به «جمهوری وایمار» مشهور شد، امید فراوانی میان مردم و دانشمندان ایجاد کرد، به‌طوری که «آلبرت اینشتین» هنگام سخنرانی در دانشگاه برلین، با شور و حرارتی فوق‌العاده، شرایط استقرار دموکراسی در جامعه را چنین بیان کرد: «هدف مشترک ما دموکراسی و نقش مردم است. این پدیده تنها زمانی رُخ می‌دهد که شخص به دو چیز مقدس پای‌بند باشد. نخست، خواهان تبعیت از خواست مردم باشد... دوم، طرفداران دموکراسی باید نگهبان آن باشند» (Pais,169).

تعیین حدود و ثغور جدید برای کشور و از دست دادن سرزمین‌های پیشین، مشکلات و مضایق اقتصادی و بالاتر از همه، تاوان سنگین جنگی که کشور ملزم به پرداخت آن بود، همگی موجب شد که جمهوری جاذبهٔ خود را در نزد مردم از دست بدهد و مردم نسبت به آن و کسانی که در راه تحققش کوشیدند، بی‌اعتماد شوند. «هایزنبرگ»(Heisenberg) که در آن زمان در آستانهٔ جوانی بود، این وضعیت را چنین شرح می‌دهد: «شکست ما ساختار کهن اروپا را درهم ریخته بود، و این هم شگفت‌آور نبود زیرا هر جنگی بازمانده‌ای دارد. اما آیا معنی‌اش این بود که باید همهٔ ساختارهای کهن را به دور ریخت؟ آیا بهتر نبود که بر پایهٔ نظم کهن، نظم جدید و مستحکم‌تری برپا شود؟ یا نه، حق با کسانی بود که در خیابان‌های مونیخ جان باخته بودند تا از بازگشت شیوهٔ کهن جلوگیری کنند و مدعی بودند که باید نظمی جدید، نه فقط برای یک ملت، بلکه در سراسر جهان برقرار شود، هرچند بیشتر مردم علاقه‌ای به استقرار این نظم جدید نداشته باشند؟» (هایزنبرگ، ۱۳۶۸، ۱۱).

مردم برای گریز از این سرگشتگی و آشفتگی، به‌صورت‌های گوناگونی به عرفان، نهان‌گرایی و روح‌گرایی پناه می‌بردند تا شاید کُنج آرامشی بیابند و سرخوردگی ناشی از جنگ را به فراموشی سپارند و آسان‌تر، سختی‌ها و مرارت‌ها را به‌جان بپذیرند. این گرایش‌ها نه تنها در بین عوام بلکه در میان دانش‌آموختگان نیز مشهود بود، به‌گونه‌ای که «آرنولد زومرفلد»(Sommerfeld) از شیوع تنجیم در میان قشرهای مختلف مردم می‌نالد و «ماکس پلانک» در سخنرانی فرهنگستان علوم پروس از خطرات جدی این گرایش‌ها سخن می‌گوید (Forman,12-13).

چنین محیطی شرایط شکوفایی فلسفه‌های درخور خویش را فراهم آورد. «فلسفهٔ حیات»(Lebens Philosophie) را می‌توان مهم‌ترین جریان فلسفی این دوره دانست.

این فلسفه، پوزیتیویسم (اثبات‌گرایی) را نفی می‌کرد و معتقد بود که علم، نگرشی مکانیکی به جهان دارد؛ نگرشی که طبق آن، برای درک هر پدیده، آن را به اجزایش تجزیه می‌کند و با قانون علیت، ارتباط میان آن‌ها را تبیین می‌نماید و معتقد است که فهم هر پدیده‌ای بدین صورت میسر خواهد شد. در حالی‌که جهان نه موجودی مکانیکی، بلکه موجودی زنده است و همان‌طور که اگر موجودی زنده را به اجزایش تقسیم کنیم، خواهد مُرد، درک و فهم‌هایی که براساس علم حاصل می‌شود نیز جزء نیستی و مرگ نیست. از این‌رو، ما باید نسبت به جهان، نگرشی وحدت‌گرایانه داشته باشیم و پدیده‌ها را عضوی از یک کل «زنده»(Organic) ببینیم که بایستی نیت و هدف هر پدیده در قالب تقدیر و سرنوشتش در هستی تبیین گردد. در این فلسفهٔ، علیت، مفهومی ساخته‌شده در برابر تقدیر بود و از همین‌رو، مورد ذمّ و طعن بسیار قرار می‌گرفت. این نگرش وحدت‌گرایانه را می‌توان در میان قشرهای مختلف مردم آن دوره مشاهده کرد. مثلاً «هایزنبرگ» با مشاهدهٔ آشفتگی‌های جامعه سعی داشت با تأکید بر «کانون وحدت‌بخش»، راهی برای رهایی از آن بجوید. وی می‌گوید: «نظم‌های مختلف، هرچه هم مردم از صمیم قلب به آن‌ها ایمان داشته باشند، گاه با هم درمی‌افتند و از درافتادن آن‌ها باهم، بی‌نظمی محض به‌وجود می‌آید. به‌نظر من، تنها دلیل این امر آن بود که همهٔ نظم‌ها جزئی بودند، تکه‌هایی بیش نبودند که از نظم کانونی جدا شده بودند، و هرچند شاید نیروی خلاق خود را از دست نداده بودند، اما دیگر رو به سوی کانونی وحدت بخش

نداشتند» (هایزنبرگ، ۱۳۶۸،۱۳ـ۱۲). براساس نگرش فیلسوفان حیات، فیزیک کلاسیک از آن‌رو که ساختاری مکانیکی مبتنی بر علیت و موجبات داشت، شدیداً مذموم بود، به‌طوری که «اسوالد اشپنگلر»(Spengler) در کتاب بسیار معروف خود به نام **غروب غرب** (Decline of the west) چنین می‌گوید: «طبیعت به‌منزلهٔ سازوکار یعنی چیزی که به‌شکل ریاضی بیان شده... مایهٔ سرافکندگی ابدی تمام فیزیک است» (Forman,34). این نگرش خصمانه صرفاً به فیزیک کلاسیک محدود نمی‌شد، بلکه ایدئولوژی جامعهٔ فیزیکدان‌ها را نیز هدف گرفته بود، خصومتی که نه تنها به مفاهیم کلی فیزیک و هدف‌های فعالیت علمی آن تعرض کرده بود، بلکه نشاط، اخلاق، انضباط، امیدها، ترس‌ها، وجههٔ اجتماعی، موقعیت اقتصادی و انتظارات فیزیکدانان برای پیشرفت‌های بعدی را نیز با خطر مواجه نموده بود.

تمامی این شواهد نشانگر بحرانی ژرف و وسیع از فکر و فرهنگ جامعهٔ آلمان بود. به نظر «پل فرمن» اعتقاد به بحران در فرهنگ و علم، مؤلفهٔ اساسی فرهنگستان‌های وایمار است» (Ibid,58). فیزیکدانان بیش از دیگران این بحران را احساس می‌کردند، آنان در برابر این جوّ یا باید مقاومت می‌کردند، یا تن به سازش می‌دادند. مقاومت در برابر چنین محیط فکری زهرآگینی مرگ علمی، اجتماعی و اقتصادی را به‌همراه داشت. بنابراین فیزیکدانان ترجیح دادند نه تنها سازش، بلکه مشارکت خود را در این محیط نشان دهند تا شاید از این طریق، حیثیت از دست‌رفتهٔ خود را بازیابند. اما تا وقتی که دانسته‌ها و پژوهش‌هایشان براساس فیزیک کلاسیک قرار داشت، چگونه چنین سازش و مشارکتی امکان‌پذیر بود؟ از این‌رو منتظر شرایطی بودند تا شاید از سلطهٔ فیزیک کلاسیک رهایی یابند و بتوانند فیزیکی بنا کنند که مطابق محیط فکری وایمار، به‌ویژه نگرش ضدعلیتی آن باشد؛ تحولات فیزیک اتمی بین سال‌های ۱۹۲۳ تا ۱۹۲۵ میلادی چنین شرایطی را فراهم آورد.

۲ـ بحران در فیزیک

گرچه جنگ در کار پژوهشی فیزیکدانان وقفه ایجاد کرده بود، اما با پایان یافتن آن، فیزیکدانان دوباره پژوهش‌های خویش را آغاز نمودند. در این میان، مهم‌ترین کار آن‌ها تبیین پدیده‌های اتمی، به‌ویژه خطوط طیفی اتم‌ها بر پایهٔ نظریهٔ «بور» بود. آن‌ها نه تنها توانستند فرمول «بالمر»(Balmer) در تبیین زمینهٔ طیف خطی هیدروژن را تبیین کنند، بلکه توانستند گزارشی از فرمول «ریدبرگ» (Rydberg) ارائه دهند که طیف عناصر سنگین‌تر را توصیف کند. در این میان «اثر زیمان»(Zeeman Effect) تن به چنین پیش‌بینی‌هایی نمی‌داد. «زیمان» در سال ۱۸۹۶ میلادی خطوط گسیلی اتم‌های واقع در میدان مغناطیسی خارجی قوی را مطالعه کرد. او نخست دریافت که با اعمال میدان، این خطوط پهن می‌شوند؛ اما به کمک دستگاهی با توان تفکیک بالاتر، متوجه شد که در واقع این خطوط شکافته شده، شامل دو یا چند خط نزدیک به‌هم می‌شوند. در ابتدا، فیزیکدان‌ها گمان می‌کردند که این پدیده همچون هر پدیدهٔ دیگری که در جریان پژوهش عادی ظاهر می‌شود، سرانجام تبیین خواهد شد.

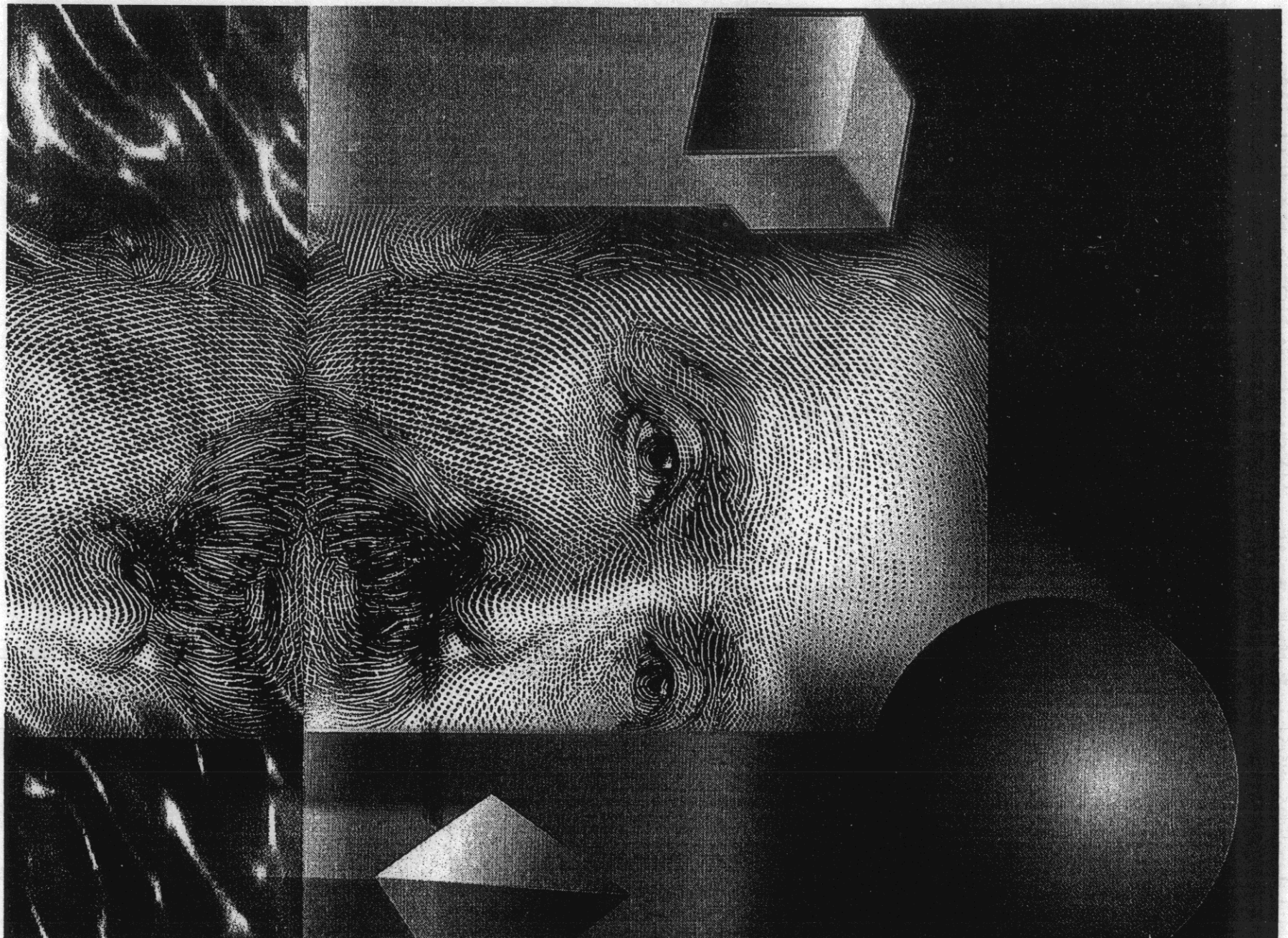
اما با گذشت زمان، آشکار شد که تلاش‌های آنان در این باره هربار با ناکامی مواجه می‌شود. مثلاً «بور» به‌گونه‌ای یأس‌آور در واکنش به نتایج پژوهش‌های «زومرفلد» و شاگردش «هایزنبرگ» چنین می‌نویسد: «باید اعتراف کنم که شماری از فرض‌های به‌کار گرفتهٔ شما و همکارانتان در نظریهٔ نویدبخش فعلی دربارهٔ اثر اعوجاجی زیمان، به‌سختی با تصویری منسجم از نظریهٔ کوانتوم سازگار است» (Mehra and Rechenberg,43).

در واقع، از نظر «بور» اثر «زیمان» صرفاً مسئله‌ای حل‌نشده نبود که سرانجام فیزیکدانان قادر به تبیین آن شوند؛ بلکه این اثر بایستی همچون «اعوجاجی»(Anomaly) برای نظریهٔ وی تلقی می‌گردید. پدیده‌ای که با سرسختی تمام در مقابل همهٔ کوشش‌های فیزیکدانان به‌منظور تبیین‌شدگی مقاومت می‌کرد و ممکن بود نظریهٔ «بور» را با بحرانی عمیق و گسترده مواجه نماید.

از سوی دیگر، کوشش‌هایی که فیزیکدان هلندی «ارنشتاین»(Ornstein) برای تعیین خطوط طیفی مولتیپلت‌ها(Multiplets) کرده بود، نتایج بسیار عجیبی در پی داشت. این نسبت‌ها را به کمک نظریهٔ اتمی «بور» نمی‌شد تعیین کرد، اما معلوم شد که هرچند فرمول‌هایی که از نظریهٔ «بور» به‌دست می‌آید درست نیست اما با تعدیل کوچکی در آن‌ها می‌توان فرمول‌هایی جدید به‌دست آورد که با نتایج آزمایش سازگار باشند. یعنی فیزیکدانان به‌جای تبیین آزمایش‌ها در قالب نظام خاصی از مفاهیم فیزیک و ریاضی، صورت‌بندی ریاضی این نتایج را حدس می‌زدند.

ناسازگاری نظریهٔ «بور»، اثر اعوجاجی «زیمان» و خطوط طیفی مولتیپلت‌ها همگی نشانگر بروز بحران در حوزهٔ فیزیک بودند.

از خصوصیات بحران در هر جامعه‌ای آن است که ساختارها، نظام‌ها، نهادها و اصول مقبول آن مورد شک و تردید قرار می‌گیرند و نشانه‌های ناکارایی و بی‌اعتمادی به آن‌ها کم‌کم آشکار می‌شود. به همین سبب، پیکان‌های ظن و تردید، الگوی اتمی «بور» را نشانه گرفتند، به‌طوری که «هایزنبرگ» در نامه‌ای به «زومرفلد» می‌گوید: «احتمالاً الگوی هلیوم«بور»اشتباه و از نظر من کاملاً غیر عادی است» (Ibid,87). اما نظریهٔ «بور» تنها نظریهٔ موجود در جامعهٔ فیزیک و طرد آن، به معنای توقف پژوهش‌های علمی فیزیکدانان در حوزهٔ اتمی و تعطیلی حرفهٔ پژوهشی آنان بود و بنابراین، دوره‌ای از ناامنی شغلی درحال بروز بود. از این‌رو، بحران حوزهٔ فیزیک خطرناک‌تر از بحران فرهنگی «وایمار» بود. محیط «وایمار» گرچه وجههٔ اجتماعی و دانشگاهی فیزیکدانان را تحقیر کرده بود، اما آنان همچنان به حرفهٔ خویش یعنی پژوهش در قلمرو فیزیک مشغول بودند. بدین سبب، فیزیکدانان سعی در حفظ نظریه «بور» داشتند. به‌طوری که «هایزنبرگ» وظیفهٔ هر فیزیکدان را چنین بیان می‌کند: «هرکس باید امیدوار باشد که بیش‌تر آن‌ها [ایده‌های بور] هر جوری که هست دست‌نخورده بماند» (Ibid,88). واقعاً هم فیزیکدانان «هر جوری» که بود، می‌کوشیدند به نظریهٔ «بور» توجه‌کنند و در این راه از هیچ



کوششی فروگذار نکردند، حتی کوشش‌هایی که صبغه‌ای کاملاً متافیزیکی داشتند. مثلاً «هایزنبرگ»، «بور» را همچون شئی‌ای درنظر می‌گیرد که سعی می‌کند از دنیایی غیرقابل توصیف، تصویری حسی و شهودی بسازد. از این‌روست که تصویر وی ناسازگاری‌هایی را به‌همراه دارد. وی در این‌باره می‌گوید: «بور» حتماً می‌داند که کار خود را با فرض‌هایی متناقض آغاز کرده است که به‌صورت فعلی نمی‌توانند درست باشند. ولی غریزهٔ او در استفاده از این فرض‌ها برای ساختن الگوهای نسبتاً رضایت‌بخشی از فرایندهای اتمی، خطا نمی‌کند. «بور» مکانیک کلاسیک یا نظریهٔ کوانتومی را درست مانند نقاشی که از قلم‌مو و رنگ‌های خود استفاده می‌کند، به‌کار می‌برد. قلم‌مو تصویر را مشخص نمی‌کند و رنگ هیچ‌گاه واقعیت کامل نیست. ولی اگر نقاش، تصویر را در ذهن خود داشته باشد، با استفاده از قلم می‌تواند تصویر ذهنی خود را هرچند ناقص به دیگران منتقل کند. «بور» خوب می‌دانست که رفتار اتم‌ها به هنگام گسیل نور یا در فرایندهای شیمیایی و پدیده‌های بسیار دیگر چگونه است و این امر به او یاری می‌کرد تا تصویری حسی و شهودی از ساختار اتم‌های گوناگون بسازد، تصویری که فقط می‌توان آن را با مفاهیم غیرکافی، چون مدارهای الکترون‌ها و شرایط کوانتومی، به دیگر فیزیکدان‌ها منتقل کرد. ابداً نمی‌توان مطمئن بود که خود «بور» به گردش الکترون‌ها در درون اتم اعتقاد داشته یا نه، ولی او به درستی تصور خود معتقد است. این‌که او هنوز نمی‌تواند آن را با عبارت معمولی یا ریاضی مناسب بیان کند فاجعه نیست، به‌عکس، چالشی بزرگ است» (هایزنبرگ، ۱۳۶۸، ۳۹-۳۸).

به‌راستی که بیان نتایج اتمی به زبان معمولی «چالشی بزرگ» بود، چالشی که استعدادهای بسیاری را به مبارزه می‌طلبید و منجر به بحث‌های زیادی شد. این بحث‌ها دیگر به حوزهٔ فیزیک منحصر نبود، بلکه به قلمرو تحلیل‌های فلسفی نیز کشیده شده بود. آیا گسترش فیزیک اتمی و ظهور مفاهیمی جدید خواهد توانست ما را در فهم فرایندهای غیرقابل‌توصیف درون اتم یاری دهد؟ یا این‌که ساختمان درونی اتم توصیف‌ناپذیر است و ما واقعاً زبانی برای بیان آن نداریم؟ این‌ها پرسش‌های مهمی بود که ذهن فیزیکدان‌ها را به‌خود مشغول کرده بود.

«بور» معتقد بود: «وقتی بحث اتم درمیان باشد، زبان را فقط به آن صورت می‌توان به‌کار برد که در شعر به‌کار می‌رود. شاعر نیز نمی‌خواهد درذهن شنونده تصاویری تولید کند و ارتباط ذهنی برقرار نماید» (همان، ۴۳).

هنگامی که «هایزنبرگ» از وی پرسید: «پس چگونه می‌توانیم به فهم اتم‌ها امید داشته باشیم»؟ «بور» در صدد ارائهٔ راهی برای فهم اتم نبود، بلکه به‌طور بنیادی‌تر، مفهوم فلسفی «فهمیدن» را زیر سؤال برد و گفت: «به‌نظر من، این‌کار را به‌هرحال می‌توان کرد ولی شاید اول لازم باشد که دربارهٔ معنای کلمهٔ «فهمیدن» تأمل کنیم» (همان). در این زمان، فیزیکدان‌ها به تحلیل‌های فلسفی همچون وسیله‌ای برای گشودن معماهایی که با آن روبه‌رو بودند، روی آورده بودند. فیزیکدانان، پیش از این نیازی بدان نداشتند که از فلاسفه باشند، زیرا پژوهش علمی آن‌ها در قالب فیزیک کلاسیک انجام می‌پذیرفت.

فیزیک کلاسیک طی بیش از دو قرن، سنتی علمی شده بود که می‌توانست پژوهش علمی فیزیکدانانی را که آموخته و پروردهٔ فیزیک بودند هدایت کند، بدون آن‌که قواعد و فرض‌های آن صراحت پیدا کند و دربارهٔ جنبه‌های فلسفی آن بحث شود. اما حال که بحران، دامن‌گیر جامعهٔ علمی شده بود، جست‌وجو برای دست‌یافتن و تصریح فرض‌ها و مبادی فیزیک کلاسیک می‌توانست راهی مؤثر برای سست کردن قیدها و حصارهای ضمنی و پنهان این سنت علمی بر اندیشهٔ عالمان باشد.

فیزیکدانان از یک‌سو، ضرورت وجود نظریه‌ای را که بتواند ساختار اتمی را تبیین کند، کاملاً احساس می‌کردند و از سویی دیگر، تنها نظریهٔ موجود در این رهگذر چنان به ناهمسازی‌ها آغشته بود که آنان را به حیرت و سرگشتگی واداشته بود. به‌قول «ولفگانگ پاولی» (Pauli) «همه دارند در مه غلیظی کورمال کورمال پیش می‌روند و شاید سال‌ها طول بکشد تا این مه از بین برود» (همان، ۲۸).

«پاولی» معتقد بود که کل ساختار الگوی اتمی «بور» در حال فروپاشی است. از این رو، با نومیدی تمام در نامه‌ای به دوستی چنین نوشت: «درحال حاضر فیزیک بار دیگر به‌شدت مغشوش شده است. درهرحال، برای من بسیار مشکل است و آرزو می‌کنم دلقک فیلم‌های سینمایی یا چیزی از این قبیل بودم و هرگز کلامی از فیزیک نشنیده بودم» (Kuhn,84).

تیرهای شک و تردید، اصول نظریه «بور» را نشانه گرفته بودند. نظریهٔ «بور» شامل اصولی کلاسیک و کوانتومی بود. اصول کوانتومی درواقع دربرگیرنده اعوجاج هایی بود که ثابت پلانک (h) در فیزیک کلاسیک به‌وجود آورده بود و همگی نشان‌دهندهٔ ناکارایی فیزیک کلاسیک در تبیین ساختار اتم بود. بنابراین، اصول کلاسیکی نظریه «بور» شدیداً مورد سوءظن قرار گرفت. یکی از این اصول، اصل تصویرپذیری بود که از بنیادی‌ترین فرض‌های فیزیک کلاسیک به‌شمار می‌رفت. این اصل فرض می‌کرد که الکترون برروی موادی دایره‌ای شکل به دور هسته می‌گردد. از آن‌جا که چنین حرکتی موجب تابش الکترومغناطیس و نهایتاً سقوط الکترون روی هسته می‌شود، «بور» در اصل دیگری با نفی چنین تابشی کوشید این پایداری را حفظ کند. از این‌رو، این اصل بیش از همه، سوءظن‌ها را به‌خود جلب می‌کرد. به طوری‌که «پاولی» در گفت‌گویی با «هایزنبرگ»، شک و تردید خود را چنین بیان می‌کند: «راستی تو باور می‌کنی که مدارهای الکترون در اتم واقعاً وجود داشته باشند؟» (هایزنبرگ، ۱۳۶۸، ۳۷).

فیزیکدانانی چون «پاولی» و «هایزنبرگ» معتقد بودند از آن‌جاکه ما قادر به مشاهدهٔ مدارهای الکترونی نیستیم، شاید در نظر گرفتن چنین مدارهایی سرچشمهٔ تمام مشکلات و ناسازگاری‌های فیزیک اتمی باشد، حال آن‌که کمیته‌های انرژی و اندازهٔ حرکت و بسامد خطوط طیفی بدون هیچ مشکلی قابل اندازه‌گیری بودند. «پاولی» در نامه‌ای به «بور» چنین می‌گوید: «بدون شک نه تنها مفهوم دینامیک

نیرو، بلکه مفهوم سینماتیک حرکت نظریهٔ کلاسیک، بایستی اصلاحات اساسی را تجربه نماید (از این‌رو، من سازگارانه از استفاده از مفهوم مدار در مقاله‌ام اجتناب کرده‌ام)... من معتقدم که مقادیر انرژی و اندازهٔ حرکتِ حالات پایدار، خیلی واقعی‌تر از مدارها هستند» (Mehra and Rechenberg, 196).

این ایده میان فیزیکدانان پیدا شده بود که آیا بهتر نیست ما در نظریه‌پردازی‌هایمان تنها کمیته‌های قابل‌اندازه‌گیری یا اصطلاحاً «مشاهده‌پذیر» را به‌کار بریم؟ در این‌جا این پرسش مهم مطرح می‌گردد که چنین طرز تفکری از کجا سرچشمه می‌گرفت؟ «هایزنبرگ» در این باره می‌گوید «در اندیشه داشتن نظریه‌ای جدید برحسب کمیّات قابل مشاهده در واقع از گوتینگن (GÖttingen) نشأت گرفت و با علاقهٔ موجود به نسبیت در آن دیار ارتباط نزدیک داشت. هرمان مینکوفسکی (Minkowski) خیلی علاقه‌مند به نسبیت خاص بود و وقتی مردم دربارهٔ آن صحبت می‌کردند همواره می‌گفت: این نکتهٔ خیلی مشهور اینشتین مطرح است که باید فقط دربارهٔ اشیایی که مشاهده می‌کنیم صحبت نماییم... بنابراین تغییر تصویر فیزیکی ـ یعنی این‌که بگوییم اشیای حقیقی آن‌هایی هستند که شما می‌توانید مشاهده کنید و هرچیز دیگری بی‌معنی است ـ بسیار در ذهن گوتینگنی‌ها رواج داشت» (Ibid,274).

در واقع، پیدایی این اصل فلسفی، متأثر از پوزیتیویسم (اثبات‌گرایی) حاکم در اوایل سدهٔ بیستم، به‌ویژه انکار «ماخ»(Mach) در فیزیک بود. «ماخ» در نوشته‌های عمومی و علمی‌اش، فرض را بر مشاهدات مستقیم شبیه احساسات می‌گذاشت. وی در کتاب **Die Mechanik in Ihrer Entwiclung** فضا و زمان مطلق نیوتن را به نقد کشید. «اینشتین» با مطالعهٔ این کتاب، شدیداً تحت تأثیر آن قرارگرفت و این چنین بود که توانست با نفی زمان و فضای مطلق، نسبیت خاص را بنیان نهد.

«اینشتین» همواره می‌گفت: «وضعیت روش‌شناختی ماخ برمن تأثیر گذاشت»(Ibid). بدین‌گونه این فکر پوزیتیویستی در جامعهٔ گوتینگن رواج یافت و «هایزنبرگ» با بیان آن به‌منزلهٔ «اصل راهنما» بر اهمیتش در پژوهش‌های فیزیک نظری تأکید می‌کرد. وی با الهام از این اصل سعی کرد به‌جای مدارهای الکترونی، کمیت‌های بسامد و دامنه‌های مربوط به‌شدت خطوط طیفی را جای‌گزین نماید و سرانجام توانست درماه مه ۱۹۲۵ میلادی به طرح ریاضی‌نویسی برای تبیین ساختار اتم دست یابد. اما باید متذکر نکتهٔ مهم و جالبی شد: وی در دست‌یابی به نظریهٔ نوین چندان به اصل مشاهده‌پذیری پای‌بند نبود. «دیراک»(Dirac) در این باره می‌گوید: «هایزنبرگ به ایدهٔ کار با کمیّات قابل مشاهده خیلی سخت نچسبید» (Dirac,1970,756؛ به نقل از گلشنی، ۴۱). در واقع کاری که «هایزنبرگ» کرد این بود که مدارهای «بوری» را تجزیه فوریه‌ای نمود و البته ضرایب به‌دست آمده در این تجزیه هیچ ربطی به تجربه نداشت. «هایزنبرگ» تنها این ایده را داشت که این ضرایب را با کمیّاتی که ارتباط نزدیک‌تری با تجربه دارند، جای‌گزین کند. از این‌رو، او این کمیّات جدید را وارد کرد. با وجود این، پس از اراده فرمالیسم کوانتومی، «هایزنبرگ» همواره براین موضوع تأکید داشت که نظریه‌اش را براساس کمیّت‌های مشاهده‌پذیر بنا کند. اینشتین به او می‌گفت: «سعی در بناکردن نظریه فقط برپایهٔ کمیّت‌های مشاهده‌پذیرکاملاً غلط است، و آن‌چه در واقع روی می‌دهد خلاف این است: نظریه است که حکم می‌کند چه چیزی مشاهده‌پذیر است» (به نقل از هایزنبرگ، ۱۳۶۸، ۶۵). «هایزنبرگ» در برابر این نکته‌سنجی‌های «اینشتین»، تنها براین موضوع پای می‌فشرد که پرسش اصلی درمورد این طرح نوین اتمی این است که: «کدام یک از مفاهیم پیشین را در واقع می‌توان کنار گذاشت؟» و در پاسخ می‌گفت: «در مورد نظریهٔ کوانتوم، کم‌وبیش روشن است که شما می‌توانید ایدهٔ مدار الکترونی را کنار بگذارید» (همان، ۴۱).

دو سال پس از ارائهٔ فرمالیسم کوانتومی، در سال ۱۹۲۷ میلادی «هایزنبرگ» با استفاده از نظریهٔ تبدیل «دیراک ـ یوردان» (Dirac-Yordn) اصل عدم قطعیت را مطرح کرد. طبق این اصل، ممکن نیست همزمان، اندازهٔ حرکت و مختصات یک سیستم کوانتومی را بادقت مطلوب اندازه گرفت. این اصل در ابتدا به‌مثابه محدودیتی در قابلیت اندازه‌گیری متغیرهای دینامیکی سیستم‌های منفرد میکروفیزیکی تلقی شد. اما چیزی نگذشت که «هایزنبرگ» نتایجی معرفت‌شناختی از آن استنتاج کرد که متضمن طرد علیت بودند. طبق تعبیر «هایزنبرگ» از روابط عدم قطعیت، حال را نمی‌توانیم به‌صورت کامل بشناسیم، پس آینده را نیز نمی‌توانیم به‌طور دقیق پیش‌بینی کنیم. در این صورت، علیت، حکمی توخالی بیش نخواهد بود. وی می‌گوید: «شاید ادعا کنند که در پس جهان آماری، ادراک یک جهان واقعی قراردارد که محکوم علیت است. این را به صراحت می‌گوییم که این خیال‌پردازی به‌نظر ما بی‌فایده است و بی‌معنی» (وهلرو زورک، ۱۹۸۳، ۸۳؛ به نقل از گلشنی، ۱۵۲).

تلقی «هایزنبرگ» از روابط عدم قطعیت با استقبال بعضی از فیزیکدانان و فلاسفه مواجه شد. اما عده‌ای دیگر نیز سعی کردند اشکالات موجود در تلقی «هایزنبرگ» را آشکار کنند. در سال ۱۹۲۹ میلادی «برگمن»(Bergman) طی مقاله‌ای متذکر شد که اشتباه «هایزنبرگ»، اشتباهی منطقی در نوع استنتاجش از اصل علیت است. «هایزنبرگ» اصل علیت را چنین بیان می‌کرد که اگر حالت یک سیستم بسته در یک لحظه معلوم باشد، قوانین طبیعی، حالت آن را در هر لحظهٔ بعدی تعیین می‌کنند. وی سپس، مقدم این جملهٔ شرطی را زیر سؤال می‌برد و معتقد بود که کشفیات جدید در فیزیک اتمی به این منتهی شده‌اند که این شرط تحقق‌ناپذیر است. پس کل جملهٔ شرطی نادرست است. برگمن متذکر شد که اشتباه «هایزنبرگ» در این است که فکر می‌کند اگر در یک قضیهٔ شرطیه، مقدم قابل‌حصول نباشد یا باطل باشد، آن قضیه نادرست است؛ در حالی‌که بطلان مقدم به‌هیچ‌وجه بطلان تالی را دربر ندارد. پس نمی‌توان از اثبات قطعی بی‌اعتباری قانون علیت به‌وسیله نظریهٔ کوانتوم صحبت کرد»(Bergman, 1929,426؛ به‌نقل از گلشنی،۱۵۳).

بعدها فیزیکدانانی همچون «بوهم»(Bohm) تعابیر و فرمالیسمی از مکانیک کوانتومی عرضه کردند که همچنان پای‌بند به اصل علیت بود. پس چرا «هایزنبرگ» فرمالیسمی از فیزیک کوانتومی و تعبیر خاصی از آن را برگزیده بود که بتواند با آن اصل علیت را نقض نماید؟ پاسخ را می‌توان در شرایط اجتماعی پس از جنگ اول جهانی و سال‌های جمهوری «وایمار» در آلمان یافت.

همان‌طورکه در بخش نخست دیدیم، سنگینی شکست آلمان تا حدی بر دوش فیزیکدانان گذاشته شده بود و از این‌رو، جامعهٔ فیزیکدانان وجههٔ اجتماعی خویش را در طول جنگ به‌کلی از دست داده و این موجب سرخوردگی و انزوای سیاسی، اجتماعی فیزیکدانان گشته بود. «کاسیدی» (Cassidy) در کتاب **زندگی و علم و رمز هایزنبرگ** در این باره چنین می‌گوید: «دانشمندان به اجتناب از سیاست ادامه دادند و این واکنشی برای رهایی از آن سال‌ها از طریق انزوای بیشتر بود» (Cassidy,95). از سویی دیگر، ظهور فرهنگ «وایمار» موجب بروز نوعی نگرش ضدپوزیتیویستی شده بود که سعی می‌کرد حوزه‌های گوناگونی همچون تعلیم و تربیت و علم را دگرگون نماید. به‌طوری که تنها یک سال پس از جنگ، جریان‌هایی فکری به‌وجود آمده بود که صحبت از اصلاح تعلیم و تربیت می‌کرد، به‌گونه‌ای که «آلفرد ورکنت» (Vierkandt) در سال ۱۹۲۰ می‌گوید: «به‌طور کلی ما امروز انکار کاملی از پوزیتیویسم را تجربه می‌کنیم» (Forman,16).

این نگرش ضدپوزیتیویستی یکی از ویژگی‌های فرهنگ «وایمار» بود که حوزهٔ علم را نیز شدیداً تحت‌تأثیر قرار داد. چنین نگرشی به استقلال علم به‌مثابه معرفتی که تنها بر مشاهدات و ریاضیات قرار دارد، معتقد نبود؛ بلکه آن را در پیوند تنگاتنگ با دیگر معارف بشری می‌دید؛ به‌عبارت دیگر، بر وحدت علم تأکید می‌کرد. هدف علم «ماده» (Material) نبود بلکه «آرمانی» (ideal) بود. از این‌رو، در چنین نگرشی، فلسفه‌هایی همچون فلسفهٔ هگل جایگاهی ویژه داشت. به‌قول «ماکس فون لاوئه»(Loue) این جَو فرهنگی موجب «ظهور جدی‌ترین اتهامات علیه علوم طبیعی روز» شده بود (Ibid,11). حرفهٔ پژوهشی فیزیکدانان یعنی اشتغال در حوزهٔ علوم طبیعی شدیداً تحقیر شده بود. فیزیکدانان نمی‌توانستند با این محیط خصمانه به مقابله برخیزند، زیرا فرهنگ «وایمار» چنان برمحیط حاکم گشته بود که چیزی جز مرگ علمی، اجتماعی و اقتصادی برای آنان به‌همراه نداشت. از سویی دیگر، برای بیرون آمدن ازحالت انفعالی نسبت به این محیط، بایستی وجههٔ اجتماعی خویش را باز می‌یافتند و این ممکن نبود مگر آن که تا حدی با محیط «وایمار» همسویی و مشارکت نمایند. اما چنین مشارکتی در چه زمینه‌ای می‌توانست انجام‌پذیر باشد؟ دانشمندان نه سیاستمدار بودند که در قلمرو فعالیت سیاسی همکاری نمایند و نه مصلح اجتماعی تا در زمینهٔ فرهنگی و اجتماعی مشارکت کنند. آنان دانشمند بودند و حرفه‌شان پژوهش علمی. بنابراین، تنها در این زمینه می‌توانستند همنوایی خود را با محیط «وایمار» نشان دهند. نمونهٔ آشکار چنین مشارکتی را می‌توان در تغییر عقیدهٔ «ویلهلم وین» از نگرش پوزیتیویستی به‌سوی فلسفه‌های آرمانی و فلسفهٔ حیات دید. به‌قول «فرمن»، «مقالات و سخنرانی‌های نیمه‌عمومی «وین» به‌طور عمده مربوط به دوره‌ای بین سال‌های ۱۹۱۸ تا ۱۹۲۶ هستند که برجسته‌ترین نمونهٔ تغییر عقیده و لحن ناشی از شکست آلمان در جنگ جهانی اول را به ما نشان می‌دهند» (Ibid,40).

«وین» در سال ۱۹۱۸ در سخنرانی‌ای با عنوان «فیزیک و نظریهٔ معرفت» براستقلال و خودمختاری فیزیک به‌ویژه از فلسفه تأکید کرد و معتقد بود که فیزیک تنها به علومی چون ریاضی و شیمی و فن‌آوری وابسته است. وی در این سخنرانی، به این موضوع پرداخت که «هلموتز»(Helmholtz) یک تجربه‌گرای محض، به‌ویژه مخالف با فلسفهٔ ایده‌الیسم آلمان و بالاتر از همه فلسفهٔ هگل است. همچنین بحث مبسوطی در مورد درستی آرای «ماخ» مثل قرار داد دیگری آن ارائه کرد. در سپتامبر ۱۹۱۹، در گرامی‌داشت بیست و پنجمین سال مرگ «هلموتز»، بالحنی پوزش‌طلبانه سعی در توجیه این داشت که اگرچه «هلموتز» یک تجربه‌گراست و مخالف مکتب هگل، اما با ایده‌الیسم و وحدت علم مخالف نیست و به‌نظر او هدف علم «آرمان» (Ideal) و نه «ماده» بوده است. در این مقاله نه تنها نشان اندکی از پوزیتیویسم را نمی‌توان دید، بلکه حتی یادی از «ماخ» نیز نمی‌شود. سرانجام در فوریهٔ ۱۹۲۰، در نشستی در فرهنگستان علوم پروس، طی سخنرانی‌ای تحت‌عنوان «ارتباط بین فیزیک و نظام‌های دیگر» ملاحظه می‌شود که بحث وی از «شرط لازم شناخت طبیعت» با ایدهٔ اساسی فلسفهٔ هگل از عینیت فاصلهٔ چندانی ندارد. بالاخره جَو فکری ناشی از این سخنرانی‌ها موجب شد که موضوع «وحدت نظام‌ها» پرسش هر آزمون مقطع دکتری در دانشگاه بشود.(Ibid,41-42).

«هایزنبرگ» در چنین محیطی، در سال ۱۹۲۰ میلادی پا به عرصهٔ فیزیک گذاشت و به پژوهش‌های خود تحت نظر استادانی مثل «بور» و «زومرفلد» پرداخت. طی سال‌های ۲۵ـ۱۹۲۳ «هایزنبرگ» به‌همراه جامعهٔ فیزیکدانان آلمان با اوج بحران فیزیک مواجه شدند. اما نوع نگرش آن‌ها به مسائل اتمی و جست‌وجو برای یافتن نظریه‌ای نوین برای تبیین ساختار اتم، تحت‌تأثیر محیط «وایمار» بود، محیطی که فیزیک کلاسیک را مورد نقادی‌های شدید قرار می‌داد، از آن جهت که ساختاری علیتی و موجبیتی (ایجابی) داشت و همین باعث شده بود که طبیعت را به‌صورت یک سازوکار توجیه نماید. در حالی‌که فرهنگ «وایمار» با تبیین مکانیکی طبیعت و به‌طور کلی با تبیین‌هایی که اصل علیت مبنای آن قرار گیرد، مخالف بود. نگرش ضدعلیتی این دوره را در این گفتار «اشپنگلر» می‌توان به‌خوبی مشاهده کرد: «شخص آشکارا به کمک مفاهیم فیزیکی و روش‌شناختی، و نیز به یاری مفاهیمی از اعداد و تحلیل، مفهومی از ماهیت علیت می‌سازد [که] در آن، فکر دیوانه‌وار به شکلی از ایجاب معتبر مستمر تبعید می‌گردد که در آن، ویرانی روح و ماده در تصویر جهانی فیزیک گسترش یافته است»(Ibid,33). در چنین محیطی اگر فیزیکدانان می‌توانستند نظریه‌ای دربارهٔ ساختار اتم عرضه کنند که اصل علیت

یکی از پیش‌فرض‌های بنیادین آن نباشد، تا حد زیادی همسویی و مشارکت خود را با محیط «وایمار» نشان می‌دادند واین گامی مهم درجهت اعادهٔ حیثیت از دست رفتهٔ جامعهٔ فیزیکدانان بود. سرانجام «هایزنبرگ» توانست فرمالیسمی برای فیزیک کوانتومی عرضه کند که بتواند از آن، تعبیری غیرعلیتی نماید. وی پس از نایل شدن به چنین هدفی، با لحنی پیروزمندانه و با قاطعیت تمام می‌گوید: «چون تمامی آزمایش‌ها محکوم قوانین مکانیک کوانتومی ... هستند، پس نتیجه می‌گیریم که مکانیک کوانتومی انهدام نهایی علیت را تثبیت می‌کند» (وهلر و زورک، ۱۹۸۳، ۸۳، به نقل از گلشنی، ۱۵۲) و این فریاد ظفرمندانه یکی از متفکران «وایمار» «Troeltsch» را به‌یاد می‌آورد که می‌گفت: «اکنون همه با هم فریاد می‌کشیم، آزادی از علیت و موجبیت پوزیتیویستی»(Ibid,17).

طرد علیت به کمک فرمالیسم کوانتومی آن‌چنان مورد توجه محیط «وایمار» قرار گرفت که «اشپنگلر» در مورد فیزیک جدید چنین گفت: «فیزیک مدرن با انکار جدی علیت و قوانین دقیق در طبیعت، راهی به‌سوی رازگرایی جدید یافت» (Ibid.111). بدین‌گونه بود که انقلاب کوانتومی با طرد اصول اساسی فیزیک کلاسیک همچون تصویرپذیری و علیت به وقوع پیوست و فرمالیسم جدید کوانتومی بستر پژوهش‌های فیزیکدانان گشت.

۳ـ نتیجه

در این مقاله، ملاحظه کردیم که در اوایل سدهٔ اخیر، ثابت پلانک همچون اعوجاجی در ساختار بزرگ فیزیک کلاسیک ظاهر شد. این ثابت هنگامی توانست همچون ثابتی فیزیکی مورد پذیرش قرارگیرد که در شالودهٔ نظریهٔ اتمی «بور» به‌کارگرفته شد. پس از آن، ثابت پلانک گرچه به‌منزله اعوجاجی در عرصهٔ فیزیک مطرح نبود، اما موجب بروز اعوجاج‌ها و مشکلات دیگری همچون ناهمسازی درونی نظریه «بور» و اثر اعوجاجی «زیمان» شد. این اعوجاج‌ها بحرانی در عرصهٔ فیزیک به‌وجود آورد که لزوم عرضهٔ نظریه‌ای نوین را ایجاد می‌کرد. این بحران زمانی جامعهٔ فیزیک را دربرگرفت که جنگ جهانی اول به‌تازگی تمام شده بود و عواقب آن دامن‌گیر همهٔ کشورهای اروپایی به‌ویژه آلمان ـ که کشور مغلوب به‌شمار می‌رفت ـ شده بود. جامعهٔ فیزیکدانان آلمان شدیداً مورد انتقاد قرار گرفت. این انتقاد و بی‌مهری حاصل از آن، از سویی به‌خاطر شکست آلمان و از سویی دیگر به‌علت نوع نگرش فرهنگ «وایمار» بود که پس از جنگ بر آلمان حاکم شده بود. این فرهنگ به علت نوع نگرش ضدعلیتی، ضدموجبیتی و ضدپوزیتیویستی خود، علوم طبیعی، به‌ویژه فیزیک کلاسیک را تحقیر کرد و موجب سرخوردگی و انزوای سیاسی و اجتماعی فیزیکدانان شد. از این‌رو، جامعهٔ فیزیک برای اعادهٔ حیثیت از دست رفتهٔ فیزیکدانان، در ارائهٔ تعبیر فرمالیسم کوانتومی با گرایش‌های ضدعلیتی فرهنگ «وایمار» همنوایی نشان داد. بدین جهت است که می‌توان رد صریح علیت توسط «هایزنبرگ» را درسال‌های بعد از ارائهٔ فرمالیسم کوانتومی به‌وضوح مشاهده کرد.

این پژوهش تاریخی نشانگر آن است که نظریه‌ای علمی همچون فیزیک کوانتومی ـ آن‌گونه که کتاب‌های درسی نشان می‌دهند ـ نظریه‌ای صرفاً برآمده از واقعیت‌های آزمایشگاهی، پدیده‌های طبیعی و ساختارهای ریاضی نیست که دانشمندان در گوشهٔ خلوت تفکرات علمی و کُنج آزمایشگاه‌ها به کشف آن نایل شده باشند. بلکه نظریه‌ای علمی ابداع انسان‌هایی محصور در شرایط اجتماعی، سیاسی و فرهنگی محیطی است که در آن زندگی می‌کنند و همان‌گونه که این شرایط در نوع رفتار، گفتار و شیوهٔ زندگی آنان مؤثر است، در فعالیت علمی‌شان نیز تأثیری به‌سزا دارد. همهٔ این‌ها نشانگر آن است که باید دربارهٔ صحت این ادعا که نظریه‌های علمی بیانگر واقعیات هستی و طبیعت هستند، تأمل و تعمق کرد؛ زیرا آن‌ها خود تابع شرایط اجتماعی، سیاسی و فرهنگی محیط انسانی‌اند. ■

منابع و مآخذ:

ـ پلانک، ماکس. ۱۹۰۰ «نظریهٔ قانون توزیع انرژی در طیف بهنجار» در کتاب **ماکس پلانک**، ماکس بورن، ترجمهٔ ا. شایگان، انتشارات انجمن فیزیک ایران، ۱۳۶۹.

ـ گلشنی، مهدی. **تحلیلی از دیدگاه‌های فلسفی فیزیکدانان معاصر**، تهران، امیرکبیر، ۱۳۶۹.

ـ هایزنبرگ، ورنر. **جزء و کل**، ترجمهٔ حسین معصومی همدانی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۶۸.

و نیز:

- Cassidy, D.C. *Uncertainty: The Life and Science of* Werner Heisenberg, NewYork, W. H. Freeman and Company, 1992.

- Feyerabend, P. K. *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge*. London, New Left Books, 1975.

-Forman, P." Weimar Culture, Causality and the Quantum Theory 1918-1927," in *Historical Studies in the Physical Sciences,* edited by R. Mccormmach, Phila delphia, Vol.3, 1971.

- Heisenberg, W. Theory, Criticism and Philosophy, in From a life of Physics, Edited by Abdus Salam (1989) JBW Printer & Binders Pte, 1968.

- Kuhn, Thomas S. *The Structure of Scientific Revolutions,* University of Chicago Press 1970.

- Mehra, J. and Rechenberg, H., *The Historical Development of Quantum Theory,* Vo. L2, Springer-Verlag, 1989.

- Pais, A. *Einstein (lived, here)*, New York. Oxford University Press,1994.