الترابط الكمومي والأكوان المتعددة :

انسجام کوانتومی و چند جهانی:

دخول الاحتمالية ومبدأ الريبة في ميكانيك الكم جعل اينشتاين يتخذ موقفاً سلبياً تجاه ميكانيك الكم، وقد وجه اينشتاين عدة انتقادات لمبدأ الريبة:

ورود نظریهء احتمالات و اصل عدم قطعیت در مکانیک کوانتوم باعث شد اینشتین موضع منفی نسبت به مکانیک کوانتوم در پیش گیرد. اینشتین ایراداتی به اصل عدم قطعیت وارد نمود:

منها: كلمته المشهورة في رفض الاحتمالات واللايقين: «ان الله لا يلعب بالنرد».

از جمله، وی جملهء مشهوری در رد احتمالات و عدم قطعیت دارد: «خدا با تاس بازی نمی‌کند».

ومنها: ما عرضه في مؤتمرات علمية وتم ردّه،

و از جمله مطالبی که در محافل علمی ارائه و پاسخش را نیز دریافت نمود:

«بعد الجدل السولفي الذي لم يخلص إلى نتائج حاسمة، لا ريب ان اينشتاين قد لاحظ ان شكوكه الميتافيزيقية لن تجدي نفعا. لقد كان يحتاج الى برهنة كمية محددة على وجود خلل ما، وعند وصوله إلى بروكسل، حسب انه عثر عليها. لقد أراد ان يثبت لبور وحواريه أن مبدا الريبة، المرحب به آنذاك بوصفه المبدأ الأساسي في ميكانيكا الكم، لا يشكل الحقيقة النهائية. لقد وجد طريقة للالتفاف عليه، وسيلة لاستخلاص معلومات من التجربة تتجاوز ما تسمح به قاعدة هايزنبرج.

وبطبيعة الحال، لم تكن التجربة واقعية بل مثالا آخر على أداة أينشتاين المفضلة، التجارب الذهنية. كان اختبارا لا سبيل لتخيل إجرائه في المعمل، ولكنه متاح وفق قوانين الفيزياء. الأهم من ذلك، فيما حسب إينشتاين أن قوانين الفيزياء في هذه الحالة تثبت ان التجربة سوف تفضي الى نتائج أفضل من تلك التي يسمح بها هايزنبرج. لقد كانت بسيطة جدا حال دون التشكيك فيها.

يطلب اينشتاين التالي: تخيل ان بعض الفوتونات موجودة في صندوق، وجهز الصندوق بمصراع يعمل بساعة. دع المصراع يفتح للحظة، في وقت محدد بدقة، بحيث يهرب فوتون واحد. زن الصندوق قبل وبعد. وفق $E = mc^2$ ، سوف يحدد التغير في الوزن طاقة الفوتون الهارب. ثمة صيغة لمبدا هايزنبرج تقول إنه كلما كان المرء أكثر دقة في قياس طاقة حدث كمومي ما، قلت قدرته على تحديد زمن هذا الحدث. في حجة أينشتاين الجديدة، او هكذا أعتقد صاحبها، لا ينطبق هذا القيد.

بمقدروه ان يقيس طاقة الفوتون الهارب، كما انه يعرف زمن هروبه، وفي وسعه ان يقوم بكل من هذين القياسين بشكل مستقل، وبالدقة التي يشاء. هكذا اعلن أينشتاين، ومشاعر الانتصار تغمره، انه قادر على هزيمة مبدا الريبة.

ليون ورزنفيلد، عالم فيزياء بلجيكي سوف يصبح العام التالي مساعدا لبور في كوبنهاجن، لم يشترك بشكل رسمي في اللقاء السولفي، غير انه جاء على أي حال إلى بروكسل كي يحضر النقاش. وصل إلى النادي الجامعي؛ حيث كان المشاركون، في الوقت ألذي كان اينشتاين المبتهج، يتبعه جمع أقل شأنا، يعود من قاعة الاجتماعات. جلس أينشتاين ووصف باستمتاع واضح تجربته الذهنية المناوئة لهايزنبرج امام كل اولئك المعجبين.

بعد ذلك وصل بور، الذي بدا تماما مثل كلب تعرض للجلد وراسه مشنوقة. تناول الغداء بصحبة روزنفيلد وعلماء فيزياء اخرين جلسوا معهم أثناء تناول وجبة الغداء. كان بور مستثارا بشكل سيء، سيء حقيقة، وكان يصر على انه يستحيل على إينشتاين أن يكون محقا، أن ذلك يعني نهاية نظرية الكم. غير انه كان عاجزا عن وضع إصبعه بشكل مباشر على موضع الخلل. بعد ذلك، في المساء، حاول متوددا إقناع اينشتاين بالطريقة نفسها، لكن أينشتاين لم يعره انتباها.

في اليوم التالي كان الابتهاج يغمر بور هذه المرة. أثناء الليل خطر له ان أينشتاين ارتكب خطأ مفارقا حين اغفل نتيجة يقول بها هو نفسه في نظرية النسبية العامة.

افترض، فيما قال بور، ان الصندوق الذي يحتوي على الفوتونات كان معلقا بطريقة ما بميزان نابضي يقيس وزنه. في لحظة هروب الفوتون، سوف يرتد الصندوق، الذي نقص وزنه قليلا الى الأعلى، بعيدا عن الجاذبية. يترتب على هذا أمران مهمان أولا،

سوف يسبب هذا الارتداد ريبة في قياس كتلة الصندوق، تترجم الى ريبة في طاقة الفوتون الهارب المستنبطة. ثانيا، وعلى نحو أكثر خفاء، سوف تنتج الحركة في الصندوق تغيرا في معدل حركة عقارب الساعة. ذلك لأن الساعة تعمل، كما أثبت أينشتاين قبل عقد ونصف، بمعدل متغير اثناء حركة عقاربها في مجال الجاذبية الأرضية.

شرح بور سعيدا كيف أن نتاج حالتي الريبة هذين، في الطاقة والزمن، هو ما يقره بدقة مبدأ هايزنبرج. اما أينشتاين، الذي كدره ان يرى انه في توقه لإثبات خطأ هايزنبرج تغاضى عن النظرية الفيزيائية التي قال بها هو نفسه، فلم يجد امامه سوى التسليم بالهزيمة. لم يشعر بور بالارتياح الظافر. في تصور لاحق لهذه الوقائع، لم يصرح بانه كان محقا وبان أينشتاين كان مخطئا بل اكد قدرة اينشتاين المستمرة على تحديد المواضع التي تتفارق فيها بشكل لافت الفيزياء الكلاسيكية عن فيزياء الكم. لقد اثنى على تاثير أينشتاين في الدفع بعلماء ميكانيكا الكم - وكان يعني نفسه أساسا - لتحديد خصائص وغرائب موضوعهم الذي ظل جديدا.

وبصرف النظر عن أسلوب ثناء بور المهذب، تظل حقيقة ان الضربة القاضية التي استهدف بها اينشتاين ميكانيكا الكم ومبدا الريبة قد أخطأت هدفها، فلم تحدث ضررا ولم تترك أثرا. ورغم ان هايزنبرج وبولي والباقين لم يقوموا ألا بدور ضئيل في هذا النزاع الفكري، كنا سعداء تماما وقد شعرنا ان المباراة كسبت الان، او هكذا قال هايزنبرج لاحقا.

بعد هزيمته في آخر محاولة لإثبات وجود خلل في ميكانيكا الكم، عاد أينشتاين إلى شكواه القديمة والأكثر أساسية. قد تكون ميكانيكا الكم متساوقة منطقيا - غير انها لا تعبر عن الحقيقة كاملة. لقد أصر على ان المصادفة، والاحتمال والريبة إنما تنشأ عن قصور في فهم علماء الفيزياء للعالم الذي يحاولون تصويره بنظرياتهم. إن حجج بور وهايزنبرج والباقين العابثة ليست في النهاية سوى مماحكات حول صعوبات يكمن حلها في موضع آخر. لقد ظل مقتنعا بان يوما سياتي نعثر فيه على نظرية اكمل، وسوف تسلم ميكانيكا الكم نفسها للتاريخ، رفقة العديد من الفروض الفاشلة»[1].

1. المصدر (لندلي - مبدأ الريبة): ص211 ـ 214.

«پس از بحثهای بی‌نتیجهء گذشته در سالوی، اینشتین بدون هیچ تردیدی فهمیده بود که تردیدهای متافیزیکی، او را به جایی نمی‌رساند. او به یک دلیل کمّی دقیق نیاز داشت که در ذهنش نبود و هنگامی که به بروکسل رسید، فکر کرد به آن دست یافته است. او قصد داشت به بور و پیروانش ثابت کند اصل عدم قطعیت که آن زمان به

عنوان قانون زیربنایی مکانیک کوانتومی مطرح شده بود، نمی‌تواند حقیقت نهایی باشد. او راهی برای مقابله با آن پیدا کرده بود، راهی که به وسیلهء آن از یک آزمایش، بیشتر از چیزی که قانون هایزنبرگ اجازه می‌داد، می‌توانست اطلاعات به دست آورد.

البته آزمایش، یک آزمایش واقعی نبود بلکه مثال دیگری از موارد مورد علاقهء اینشتین بود: آزمایش ذهنی. این آزمایش از نوعی نبود که هر کسی بتواند در آزمایشگاهش تصویری از آن به دست آورد؛ ولی به گونه‌ای بود که قوانین فیزیکی اجازه می‌داد. به علاوه به نظر اینشتین در این مورد، قوانین فیزیک ثابت کرده است که این آزمایش نتایج بهتری نسبت به آنچه هایزنبرگ اجازه می‌دهد، به دست می‌دهد و در عین حال بسیار ساده و غیرقابل رقابت می‌باشد.

اینشتین این طور گفت: چند فوتون را داخل جعبه‌ای مجهز به یک دریچه که توسط یک ساعت کنترل می‌شود، در نظر بگیرید. اجازه بدهید که دریچه فقط یک لحظه در یک زمان بخصوص باز شود به طوری که فقط یک فوتون بتواند از جعبه فرار کند. قبل و بعد از این عمل، جعبه را وزن کنید. با توجه به رابطهء $E = mc^2$ ، اختلاف وزن‌ها، مقدار انرژی فوتون رها شده را به دست می‌دهد. حالتی از قوانین هایزنبرگ می‌گوید که هر چقدر دقیقتر بتوانید انرژی یک رویداد کوانتومی را اندازه بگیرید، به همان اندازه با دقت کمتری می‌توانید زمان وقوع آن را تعیین کنید. در این مثال، اینشتین عقیده داشت که این محدودیت وجود ندارد.

او می‌تواند انرژی فوتون رها شده را اندازه بگیرد ، همچنین زمانی که از جعبه خارج شده است را نیز می‌داند، بنابراین او هر دو اندازه‌گیری را با هر دقتی که انتظار داشت، می‌توانست به طور مستقل از هم انجام دهد. اینشتین پیروزمندانه اعلام کرد که او می‌تواند اصل عدم قطعیت را شکست دهد.

لئون روزنفیلد(*)، فیزیکدان بلژیکی که سال بعد در کپنهاگ دستیار بور شد، به طور رسمی در گردهمآیی سالوی شرکت نکرده بود؛ ولی به هر حال برای دیدن نتیجهء رقابت به بروکسل رفت. او به کلوپ دانشگاه جایی که شرکت کنندگان حضور داشتند رسید، درست زمانی که اینشتین پس از پایان صحبتش در حال تشویق شدن بود. اینشتین سر جایش نشست و با رضایت آشکاری آزمایش ذهنی ضد هایزنبرگی‌اش را در مقابل آن همه جمعیت تشویق‌کننده توضیح داده بود.

(*)- لئون روزنفیلد (Léon Rosenfeld) (۱۹۰۴ تا ۱۹۷۴) فیزیکدان بلژیکی برندهی جایزهی فرانکی در سال ۱۹۴۹ است.

(مترجم)

سپس بور آمد؛ درست مثل یک سگ سوزن خورده با سری پایین. او به همراه روزنفیلد و چند فیزیکدان دیگر شام خوردند. بور بسیار بسیار هیجان زده بود و اصرار داشت که اینشتین نمی‌توانسته درست گفته باشد چرا که در این صورت، پایانی بر تئوری کوانتوم خواهد بود؛ اما نمی‌توانست اشکال کار را پیدا کند. بعداً شب هنگام سعی کرد اینشتین را به طریقی قانع کند ولی اینشتین با خونسردی توجهی نکرد.

اما صبح روز بعد، این بور بود که تشویق می‌شد. در طول شب او فهمید که اینشتین با نادیده گرفتن یکی از نتایج تئوری نسبیت عام خودش، خطای معناداری مرتکب شده است. بور گفت: فرض کنید جعبهء حاوی فوتونها به یک فنر در حال تعادل آویزان شده باشد تا وزنش اندازه گرفته شود. او به این صورت ادامه داد که در لحظه‌ای که فوتون فرار می‌کند، وزن جعبه کم میشود و در مقابل، جاذبه روی فنر اثر می‌گذارد. این عمل دو تأثیر جدی بر جای می‌گذارد. اول نوسان کوچک جعبه، عدم قطعیتی در محاسبهء وزن جعبه ایجاد می‌کند که به معنی عدم قطعیت در اندازه‌گیری انرژی فوتون فرار کرده است. دومین مورد که خیلی جلوی چشم نیست، طبق چیزی که اینشتین یک و نیم دهه قبل ثابت کرده بود، حرکت جعبه تغییر کوچکی در تنظیم عملکرد ساعت جعبه ایجاد می‌کند. علت این است که اگر ساعت در میدان جاذبه حرکت کند، سرعت حرکت ساعت تغییر می‌کند.

بور با رضایت کامل توضیح داد که محصول این دو عدم قطعیت یعنی انرژی و زمان، دقیقاً به همان گونه‌ای است که اصل هایزنبرگ می‌گوید. اینشتین ناامیدانه دید که در تلاشش برای اثبات غلط بودن هایزنبرگ، حتی به فیزیک خودش نیز توجه نکرده بود؛ بنابراین چاره‌ای جز قبول شکست نداشت. بور جشن پیروزی نگرفت. او در صحبتها و جلسات بعدی، هرگز نتوانست خودش را راضی کند که بگوید او درست گفته و اینشتین اشتباه کرده است. در عوض او روی ادراکات اینشتین در قرار دادن انگشتش روی نقاطی که در آنها فیزیک کلاسیک و فیزیک کوانتومی با شدت از یکدیگر دور می‌شوند، تأکید می‌کرد. او تأثیر اینشتین را در وادار کردن فیزیکدانهای کوانتومی (منظورش به طور خاص خودش بود) در آشکار کردن خصوصیتها و عجایب تردیدناپذیر زمینهء علمی جدیدشان، می‌ستود.

در کنار رفتار ستایش‌گرایانهء بور، این حقیقت پا بر جا است که حمله‌ای که اینشتین علیه مکانیک کوانتومی و اصل عدم قطعیت انجام داد، توسط هدفش منحرف شد در حالی که نه خرابی به جا گذاشت و نه اثری. اگرچه هایزنبرگ، پاولی و سایرین در

این دوئل فقط نقش جانبی داشتند، بعدها هایزنبرگ اعلام کرد: "ما کاملاً خوشحال و راضی بودیم که بازی با برد ما خاتمه یافت".
اینشتین پس از آخرین تلاشش برای اثبات ناکارآمد بودن مکانیک کوانتومی، به گلایه‌های پیشین و بسیار پایه‌ای‌تر خود بازگشت. مکانیک کوانتومی شاید به طور منطقی کارآمد باشد اما نمی‌تواند تمام واقعیت را منعکس کند. او اصرار داشت که شانس، عدم قطعیت و احتمال، از درک ناکافی فیزیکدانان از جهانی که سعی می‌کنند با تئوری‌هایشان به تصویر بکشند، ناشی می‌گردد و صحبت‌های شیطنت‌آمیز بور، هایزنبرگ و سایرین چیزی جز دور زدن مشکلاتی که راه حلشان جای دیگری بود، نمی‌باشد. او معتقد بود روزی تئوری کامل‌تری کشف خواهد شد و تئوری کوانتومی مانند بسیاری تئوری‌های شکست‌خورده‌ء دیگر، به تاریخ خواهد پیوست »[1].

1. المصدر : دیوید لندلی، عدم قطعیت، ص ۲۱۱ تا ۲۱۴.

ومنها: إشكال اينشتاين الذي شاركه فيه اثنان من الباحثين وهو ما يسمى بتناقض EPR.

و از جمله: اشکال اینشتین به همراه دو محقق دیگر بود که به طور خلاصه EPR نامیده شد.(**)

(**)- EPR مخفف نام سه فیزیکدان (Einstein، Podolski و Rosen) است. همکاری این سه با یکدیگر در زمینه‌ء ایجاد پارادوکسی در مکتب کپنهاگن می‌باشد. (مترجم)

*****