

Lebanese American University

From the Selected Works of Ghassan Dibeh

September 3, 2010

ميك انيك ال كوانتم: تفسير كوبن هاغن..
الماركسية والواقعية 2/2

Ghassan Dibeh, *Lebanese American University*

ميكانيكا الكوانتوم : تفسير كوبنهاغن والماركسية والواقعية 2/2

"لو كان ظاهر الاشياء مطابقاً لباحثها لما كان هناك حاجة للعلم"

كارل ماركس

د. غسان ديبية



تجربة شرودينجر

وهي نظرية دي بروغلي بأن Ψ هي موجة مادية ضعيفة تقود أو تسيّر حركة الجسيمات واستطاع أن يستنبط معادلة تفاضلية لسرعة الجسيم مرتبطة بالتغير الزماني والمكاني لمعامل حلول الموجة Ψ في معادلة شرودينجر. لكن هذه النظرية تم إستيعابها من تطور نظرية الكوانتوم ويعزو بعض المؤرخين ذلك إلى قوة شخصية بور وتراجع دي بروغلي نفسه، وفي مؤتمر سولفاي (Solvay) في عام 1927 اعتبر الكثيرون أن وجهة نظر بور وهايزنبرغ قد انتصرت. وقد قال دي بروغلي لاحقاً (في عام 1971) أن التفسير الارثوذكسي لم يكن في الحسبان في عام 1923 - 1924 عندما توصل إلى الفكرة التي أصبحت أساس ميكانيكا الموجات: وهو أن مفهوم تلازم الجسيم والموجة يمتد إلى كل الجسيمات.. (ولكن) صعوبة تطوير موقفين وظروف أخرى عديدة أجبرتني على التقيد وإن يحذر بموقف مدرسة كوبنهاغن.

أما أينشتاين فمضد البداية وحتى النهاية كان موقفه معادياً لتفسير كوبنهاغن وظل في معاداته هذه حتى النهاية فحتى عندما زاره

كوانتم" وليس بشكل استمراري ووضع أينشتاين معادلة "الطاقة = ثابت بلانك \times ذبذبة الموجة"، وهنا طرح دي بروغلي نظريته الثورية بأنه ليس فقط الضوء يتصرف كجسيم (فوتونات) بل أن كل جسيم ذري وما دون لديه خاصيات موجية أي ان الالكترون مثلاً وهو الذي اعتبر، حتى ذلك الوقت، أنه جسيم، لديه خاصية موجية.

واستطاع دي بروغلي، عبر خاصية الموجات المكانية. الزمانية في نظرية أينشتاين "النسبية الخاصة"، أن يحول معادلة الطاقة إلى معادلة لعلاقة بين سرعة الجسيم وطول الموجة ($p=h/\lambda$) واستطاع دي بروغلي عبر هذه المعادلة أن يجد معدلات الطاقة للالكترونات في ذرة بور، وبالتالي أعطى تفسيراً نظرياً لذرة بور، لم تكن موجودة في السابق. وعندما أتى شرودينجر بمعادلاته التفاضلية لموجة Ψ عام 1926 أكمل بشكل كبير عمل دي بروغلي. لكن عام 1927 نشر دي بروغلي مقالة وضع فيها نظريته حول الـ Ψ كخاصية مادية للجسيمات وليس احتمالية كما بدأ ماكس بورن يعطي هذا التفسير للـ Ψ .

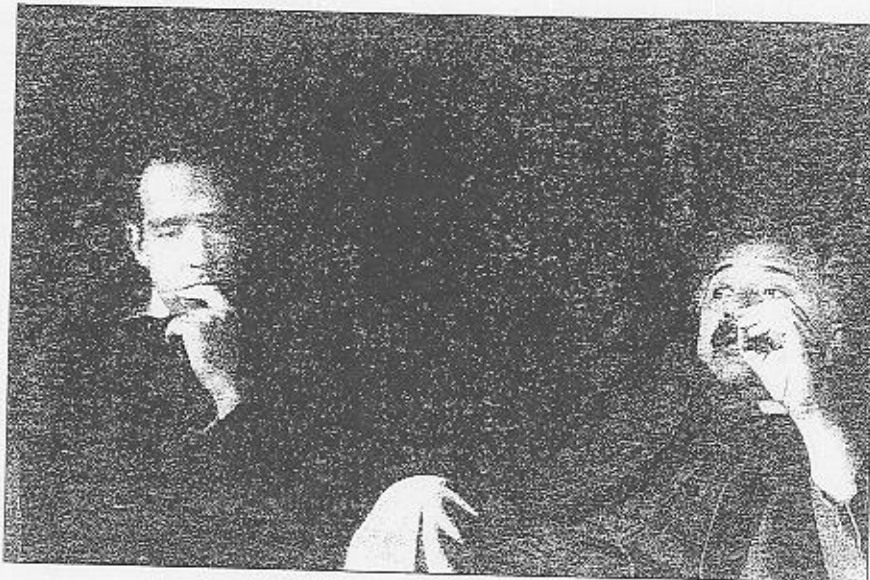
في أحد النكات الشائعة ان شرطي سير أوقف هايزنبرغ وقال له "بروفسور هايزنبرغ هل تعلم السرعة التي كنت تقود بها؟ فأجابته هايزنبرغ كلا ولكنني أعلم أين أنا؟"

إن هذا الارتياب الاساسي في مبدأ هايزنبرغ لعملية قياس مكان وسرعة الجسيمات أراد هايزنبرغ أن يحوله إلى مبدأ عام، وليس فقط مرتبطاً بوضع نظرية الكوانتوم عند تطويرها بانتظار نظرية أكثر اكتمالاً تستطيع أن تحل هذه المعضلة، بل بأن كل قوانين الطبيعة والطبيعة نفسها يجب أن تتماشى مع هذا المبدأ. وبالتالي على الفيزياء أن تتخلى بشكل نهائي وحاسم عن أي حلم كلاسيكي، بإعادة بناء الفيزياء على الاسس الميكانيكية السابقة لنظرية الكوانتم، والتي اعتبرت أن اساس الفيزياء هو إيجاد قانون حركة المادة. ويقول هايزنبرغ في هذا المجال "إن أصل القانون السببي القول بأننا اذا عرفنا الحاضر بشكل دقيق فاننا نستطيع أن نتنبأ بالمستقبل. إنني أقول ان الخطأ ليس في الاستنتاج بأننا لا نستطيع أن نتنبأ بالمستقبل بل أننا بالمبدأ لا نستطيع أن نعرف الحاضر بكل تفاصيله". وبالتالي وكما رأينا سابقاً فان هذا المبدأ بالإضافة إلى تفسير بورن للدالة الموجية Ψ كموجة احتمالية وأهمية "القياس" أو "المشاهد" لتظهير الواقع وهي الأعمدة الأساسية لتفسير كوبنهاغن قد أخذوا الفيزياء في اتجاه التخلى عن السببية والحتمية والواقعية.

موجة دي بروغلي.. معضلة أينشتاين..

وقطة شرودينجر

لقد كان لويس دي بروغلي أول من طرح نظرية كون المادة تتظاهر بشكل موجة و/أو جسيم التي كانت بدأت ارضاصاتها مع طروحات ماكس بلانك والبرت أينشتاين حول أن الضوء يتبادل الطاقة مع المادة بشكل



آينشتاين و بور



شرودينجر

هايزنبرغ في برمنستون بعد الحرب العالمية الثانية قال له آينشتاين:

"إن طريقتك في الفيزياء لا تعجبني" لكن أشهر محاولات آينشتاين لدحض كون نظرية ميكانيكا الكوانتوم نظرية مكتملة أساسية حول الطبيعة هي التجربة الذهنية والتي نشرها مع بودولسكي وروزن في عام 1935 والتي عرفت لاحقاً بمعضلة الـ EPR والتي حاول فيها آينشتاين إثبات عدم مقدره النظرية على تفسير الواقع المادي المستقل لخاصية الجزيئات من خلال تفسير كوبنهاغن. لكن قبل عرض ذلك، أريد أن أفسر تعاطلي نظرية الكوانتوم مع حالات المادة قبل القياس. فحسب نظرية الكوانتوم فإذا كان الجسيم مثلاً لديه خاصية اللون، مثلاً أصفر أو أحمر فإن حالة الجسيم قبل القياس يكون في وضع مركب- super position وتكون الموجة- الحالة مكونة من (> أصفر + > أحمر) الجذر التربيعي للعدد $1/\sqrt{2}$.

وقطع عند القياس يمكن مبرر 50% أن تعطينا أن الجسيم لديه احتمال 50% أن يكون أصفر أو أحمر. ويمكن لهذه الخاصية أن تكون الزخم الزاوي (angular momentum) التي تأخذ رقماً كوانتياً "فوق" أو "تحت" وبالتالي فإن حالة الجسيم تكون (> تحت + > فوق) (الجذر التربيعي للعدد $1/\sqrt{2}$) قبل القياس. وهنا قام آينشتاين بالتجربة الذهنية التالية (سأعطي هنا سردها على طريقة دايفيد بوم):

إذا تصورنا أن هناك جسيم الـ meson

'local'، بحيث لا تسمح بالعمل عن بعد، لا تتوافق مع تنبؤات نظرية الكوانتوم وبالتالي إذا كان آينشتاين ورفاقه محقين فنظرية الكوانتوم ليست فقط غير كاملة بل أنها مخطئة! وقد وضع "بل" طريقة لإجراء هذا الاختبار بحيث أن الاحصائيات التي تنتج عن التجربة تختلف إذا كانت الطبيعة تتبع أي من تلك النظريتين. وفي بداية الثمانينيات قام الفيزيائي آلن أسبكت مع آخرين بإجراء التجربة وقد برهننت أن تنبؤات ميكانيكا الكوانتوم صحيحة وبالتالي كان على أعداء تفسير كوبنهاغن أن يتخلوا إما عن الواقعية، أو عن مبدأ العمل عن بعد، ونظرية دايفيد بوم تتخلى عن الثانية وتؤكد الأولى.

في عام 1935 كتب شرودينجر مقالة طرح فيها معضلة تبين مدى غرابة وعيانية مبدأ انهيار الموجة Ψ عند القياس.

طرح شرودينجر تجربة ذهنية كالتالي: تصور أن هناك غرفة حديدية مغلقة بداخلها قطة وجهاز شيطاني، وهذا الجهاز هو عبارة عن معداد جايجر (Geiger counter) بحيث أنه إذا كانت الجسيمات الكوانتية لديها حالة 1 فوق < فإن العداد يدفع أن تطلق غاز السيانيد وتموت القطة، أما إذا كانت حالة الجسيم في حالة 1 تحت < فإن لا شيء يحدث وتبقى القطة حية. وهنا قال شرودينجر بما أن حالة المادة $1\Psi >$ هي عبارة عن (> تحت + > فوق) (الجذر التربيعي للعدد 2) $1/\sqrt{2} = 1\Psi >$ فإن القطة قبل القياس هي نصف ميتة ونصف حية. أي أنها حالة Φ بحيث (> حية + > ميتة) (الجذر

π^0) وهو معروف بإتحاله إلى الكترون (-) و بوزيترون (+) وإذا كان الميزون أصلاً في حالة (rest) فإن قانون حفظ الزخم يقول أنه إذا كان $e+$ لديه حالة > فوق 1 فإنه من المحتم أن الـ $e-$ لديه حالة > تحت 1. وإذا تركنا الـ $e+$ و $e-$ يتبعان حتى أكثر من سنة ضوئية مثلاً فعندما نقوم بقياس الـ $e+$ وإذا وجدنا أنه في حالة > فوق 1 فتعلم عندئذ أنه إذا قام أحدهم في المجرة الأخرى بقياس الـ $e-$ فيجده في حالة 1 تحت < وهذا من المنظور الواقعي لآينشتاين لا مشكلة فيه لأن الجسيمين $e+$ و $e-$ كان لديهما هذه الخاصية عند إنحلال الـ π^0 . ولكن تفسير كوبنهاغن يقول عكس ذلك إذ يقول إن عملية انهيار الموجة عند القياس هي التي أعطت الـ $e+$ حالة الـ > فوق 1 وبالتالي أدت إلى انهيار موجة الـ $e-$ لتعطي 1 تحت <. وهنا اعترض آينشتاين قائلاً أن هذا يعطينا "العمل عن بعد" (action at a distance) الذي يتطلب أن تعلم الـ $e-$ بحالة الـ $e+$ حالاً أي بطريقة أسرع من سرعة الضوء، وهو حسب نظرية النسبية لا يمكن حصوله. وبالتالي حسب الـ EPR فإن الـ $e+$ والـ $e-$ كانا لديهما هذه الحالة المثبتة قبل القياس وبالتالي فإن نظرية الكوانتوم غير مكتملة. وبالتالي هناك الحاجة إلى متغيرات مخبئة (hidden variables) بالإضافة إلى Ψ لتعطينا صورة مكتملة عن الواقع.

وفي عام 1963 برهن الفيزيائي الشهير جون بل (John Bell) بأن أي نظرية تعتمد على المتغيرات المخبئة وينفس الوقت



بلوكنيتسيف

مادي في الكون في هذه النظرية لديه مكان محدد وان التطور الزمني للجسيمات يمكن تحديده عبر حقول القوة بشكل حتمي. وبشكل أكثر تفصيلاً، فإن الجسيمات لديها خطوط سير (trajectories) واضحة ولكن المشاهدين لديهم معرفة محدودة بهذه الخطوط، وبالتالي يصبح مبدأ هايزنبرغ مبدأ معرفياً وليس أساسياً في الطبيعة كما أن توزع مكان المادة بشكل إحصائي مثلاً في بدء الزمن وتطورها حتمياً يعطي عند القياس احتمال وجود الجسيم في مكان ما مما يتطابق مع مبدأ بورن. وتستطيع نظرية بوم - دي بروغلي أن تُفسر الظواهر الكوانتية بطريقة واقعية وحتمية.

من الصعب في النهاية التنبؤ بما ستؤول إليه الأمور في نظرية الكوانتوم ولكن كما قال احد المراقبين فإن "بوم أتخذ الفيزياء من الانحلال الذاتي لتفسير كوينهاغن. فباعطائه واقعا فيزيائياً له Ψ فقد أعادها الى الفيزياء" إن البحث سيبقى مستمراً عن نظرية واقعية لظواهر الكوانتوم تبعاً للتقاليد التي ارساها آينشتاين ودي بروغلي وشرودينجر فسيبر أغوار الكون والمادة هو طريق لا متاهي فكما قال لينين فإن "الطبيعة لا متناهية". وبعد تسعين عاما على هذا القول أرسى دافيد بوم خلاصة تجربته الطويلة "كلما ذهبنا أبعد نجد أن الحدود تتعدى".

تقيدوا بهذه المدرسة، بقي البعض من الماركسيين داعماً لتفسير كوينهاغن ومنهم العالم السوفياتي فلا ديمير فوك والذي حاول تهذيب التفسير وجعله أقرب الى الواقعية والمادية حتى ان البعض يعزو تليف نايلز بور لخطابه لاحقاً لتأثير فوك عليه.

أما في الغرب فقد كان بعض الماركسيين داعماً لتفسير بور وأهمهم ليون روزنفلد الذي عمل معه ووضع تفسيراً يقول بتطابق الجدلية المادية مع تفسير كوينهاغن. ولم يدافع فوك وروزنفلد عن مدرسة كوينهاغن فقط بل هاجموا نظريات دافيد بوم على انها محاولة للعودة الى السببية. الميكانيكية وذهب روزنفلد الى القول إن نظرية الكوانتوم الارثوذكسية هي "تطور ديكالتيكي بالغ الأهمية". يبقى دافيد بوم أهم الماركسيين الذين عارضوا تفسير كوينهاغن وطرح نظرية مغايرة في أوائل الخمسينيات طورت مفهوم الموجة - المسيرة لدى بروغلي. وقد قدمت نظرية بوم فكرة المشغيرات المخبأة على مستوى ما دون الكوانتوم التي ديناميكياتها حتمية وتتحكم بظواهر الكوانتوم التي تتظاهر إحصائياً بسبب عدم القدرة على المعرفة الدقيقة لها بدلاً من كونها في طبيعتها الأساسية.

يقول الفيلسوف دافيد ابيرت: إن نظرية بوم تعيد السببية والحتمية إذ ان لكل جسيم

التربيعي للعدد $1/2 = 1/\Psi >$ بل أكثر من ذلك فإن حاول أحدهم فتح العلبه فعندها تنهار موجة الجسيم الى إما $>$ فوق 1 أو $<$ تحت 1 وبالتالي تأخذ القطعة حالتها إما $>$ مية 1 أو $<$ حية 1 ! ومن هذا تبين مدى غرابة، أو عيثة، تفسير كوينهاغن الذي يعطي المشاهد القدرة على إحداث إنبهار الموجة. وبالتالي فإن التسلسل المنطقي لا يستطيع تحديد أين يقف الجسد بين الكوانتوم والكلاسيكي، فإيضاً المشاهد هو مكون من ذرات وبالتالي لا بد أن يشاهده أحد حتى يصبح واقعاً أو حقيقياً وهكذا دوليك حتى نصل الى الكون بحيث لا بد من: كما قال ستيفن هوكنينغ (Stephen W. Hawking)، أن يكون أحداً ما ينظر الى الكون من خارجه ويؤدي الى إنبهار موجة الكون!

الماركسية والجدلية المادية ودافيد بوم:

ما عوقف الماركسية من كل هذه القصة. الدراما التي إمتدت على ما يقارب القرن لعبت فيه الماركسية دوراً كبيراً في طرحها والاجابة عن الاسئلة الكبرى حول التاريخ والانسانية؟ يقول ماكس جامر أن تحفيز المعارضة لتفسير كوينهاغن الذي تم من قبل "حركات إجتماعية. حضارية وعوامل سياسية كالاتمام بالايديولوجية الماركسية في الغرب يجب أن تدرس بجديّة كما درس تأثير ثقافة جمهورية الفيمار على نظرية الكوانتوم"، ويقول أيضاً أن هذه المعارضة التي قادها الفيزيائيين الماركسيين في الغرب وفي الاتحاد السوفياتي قد كسرت هيمنة مدرسة كوينهاغن، وقد برز من العلماء الفيزيائيين السوفيات بلوكنيتسيف (Blokhnitsev) الذي أعطى تفسيراً إحصائياً لظاهرة الكوانتوم، وفي الغرب برز الفيزيائي الفرنسي جان بييار فيجبيير الذي عمل مع دي بروغلي على تطوير نظرياته والتفسير السببي ونظريات دافيد بوم. وهنا تجدر الإشارة الى أن صعود الماركسية في فرنسا بعد الحرب العالمية الثانية كان له دوراً كبير في هذه الظاهرة على مستوى مجتمع العلوم الفيزيائية فقد بلغ مثلاً في بداية الخمسينيات ان ربع طلاب الـ Ecole Normale كانوا شيوعيين. ولكن في الاتحاد السوفياتي وعلى الرغم من أن الحملة ضد مدرسة كوينهاغن أخذت زخماً كبيراً بعد خطاب جسدانوف في 1947 ضد العلم البرجوازي، وتم التضيق بعده على كل الذين