



## نقد تفسير كوبنهاجن لنظرية الكم - والاقتراحات المضادة له

قاد تفسير كوبنهاجن لنظرية الكم الفيزيائيين بعيدا عن الأفكار المادية البسيطة التي سادت العلوم الطبيعية بالقرن التاسع عشر. ولما كانت هذه الأفكار لم ترتبط فقط بالعلوم الطبيعية لتلك الحقبة، وإنما قد وُجِدَت تحليلا منهجيا في بعض النظم الفلسفية، كما تفلقت عميقا حتى في ذهن رجل الشارع العادي، فمن اليسير أن نتفهم جيدا لماذا جرت المحاولات لانتقاد تفسير كوبنهاجن وإلحلال تفسير محله يتفق أكثر مع مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية أو الفلسفة المادية.

يمكن أن تقسم هذه المحاولات إلى مجاميع ثلاث. لم ترغب المجموعة الأولى في تغيير تفسير كوبنهاجن بالنسبة لتنبؤات النتائج التجريبية، وإنما حاولت أن تغير لغة هذا التفسير حتى تصبح أكثر شبها بالفيزياء الكلاسيكية، بمعنى آخر، لقد حاولت أن تغير الفلسفة دون أن تغير الفيزياء. ثمة عدد من أبحاث هذه المجموعة قد قَصَرَت اتفاقها مع التنبؤات التجريبية لتفسير كوبنهاجن، على التجارب التي أُجريت حتى ذلك الوقت أو على تلك التي تنتمي إلى الفيزياء الإلكترونية العادية.

أدركت المجموعة الثانية أن تفسير كوبنهاجن هو التفسير الوحيد الملائم، إذا ما كانت النتائج التجريبية في كل مكان تتفق مع تنبؤات هذا التفسير. وعلى هذا فقد حاولت هذه المجموعة في أبحاثها أن تغير نظرية الكم بعض الشيء في بعض النقاط الحرجة.

أما المجموعة الثالثة والأخيرة فقد عبَّرت عن استيائها العام من نتائج تفسير كوبنهاجن، ولا سيما من نتائج فلسفته، دون أن تقدم اقتراحات مضادة محددة. تنتمي أبحاث آينشتين وفون لاوه وشروينجر إلى هذه المجموعة الثالثة التي كانت تاريخيا هي أولى المجاميع الثلاث.

على أن كل معارضى تفسير كوبنهاجن كانوا يتفقون فى نقطة واحدة. فهم يفضلون العودة إلى مفهوم الواقع بالفيزيكا الكلاسيكية، أو إلى أنطولوجيا المادية، إذا استعملنا مصطلحات أكثر عمومية. هم يفضلون العودة إلى فكرة عالم حقيقى موضوعى توجد أصغر أجزائه موضوعياً، بنفس المعنى الذى تكون به الأحجار والأشجار كذلك، لا تعتمد على مراقبتنا أو عدم مراقبتنا لها.

على أن هذا مسحيل، أو على الأقل ليس ممكناً تماماً، بسبب طبيعة الظواهر الذرية، كما سبق وبيئنا فى بعض الفصول السابقة. إن مهمتنا ليست صياغة ما نتمنى أن تكون عليه الظواهر الذرية. مهمتنا تنحصر فى تفهمها لا أكثر.

فإذا قمنا بتحليل أبحاث المجموعة الأولى، فمن الضرورى أن ندرك من البداية أن تفسيراتهم لا يمكن أن ندحضها بالتجربة، فهى دائماً تكرر تفسير كوبنهاجن بلغة مختلفة، بل ولقد يمكن حتى أن نقول - من وجهة النظر الوضعية الدقيقة - إننا هنا لا نهتم باقتراحات مضادة لتفسير كوبنهاجن، وإنما بمجرد تكرار له فى لغة أخرى. وعلى هذا فليس أمامنا هنا إلا أن نناقش مدى ملاءمة هذه اللغة. هناك مجموعة من الاقتراحات المضادة تعمل على فكرة "المقاييس الخفية". فلما كانت القوانين الكماتية - النظرية تحدد على وجه العموم نتائج التجربة إنما فقط بشكل احصائي، فقد ننزع من وجهة النظر الكلاسيكية إلى أن نتصور وجود مقاييس خفية تفلت من الملاحظة فى أية تجربة عادية، ولكنها تحدّد نتيجة التجربة بالطريقة العلمىة العادية. وعلى هذا تحاول بعض الأبحاث أن تبني مثل هذه المقاييس داخل هيكل ميكانيكا الكم.

وعلى هذا الخط طرح بوهم - مثلاً - اقتراحاً مضاداً لتفسير كوبنهاجن، وقد تبناه مؤخرًا - ولحد ما - ده برولى أيضاً. ولقد تم بالتفصيل شرح تفسير بوهم، وعلى هذا فقد يخدم هنا كأساس للمناقشة. اعتبر بوهم الجسيمات بنى "واقعية موضوعية"، مثل الكتل النقطية فى ميكانيكا نيوتن. والموجات فى فضاء التشكيل هى فى تفسيره أيضاً "واقعية موضوعية"، مثل المجالات الكهربية. وفراغ التشكيل هذا فراغ متعدد الأبعاد يشير إلى الاحداثيات المختلفة لكل الجسيمات التى تنتمى للنظام. هنا نواجه الصعوبة الأولى: ماذا نعى بقولنا إن الموجات فى فراغ التشكيل "واقعية"؟ هذا الفراغ فراغ تجرىدى جداً. وكلمة "واقعية" (باللغة الانجليزية) أصلها كلمة لاتينية تعنى "الشيء"، إنما الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد العادى، وليس فى

الفضاء التشكيلي التجريدي. ولقد نقول إن الموجات في فضاء التشكيل "موضوعية" إذا كنا نريد القول إنها لا تعتمد على المراقب، لكن يصعب أن نسميها "واقعية" إلا إذا كنا مستعدين لتغيير معنى الكلمة. يمضى بوهم ليعرف الخطوط العمودية على أسطح الطور الموجي الثابت بأنها المدارات الممكنة للجسيمات. أما أى من هذه الخطوط سيكون هو المدار "الواقعي" فأمر يعتمد عنده على تاريخ النظام وعلى جهاز القياس، ولا يمكن أن نحدده دون أن نعترف عن النظام وجهاز القياس أكثر مما يمكننا بالعقل معرفته. يحتوى هذا التاريخ فى الواقع على المقاييس الخفية، "المدار الواقعي" قبل أن تبدأ التجربة.

من بين نتائج هذا التفسير - كما يؤكد باولى - أن الإلكترونات فى الحالات الأرضية للكثير من الذرات لا بد أن تكون ساكنة، أى لا تقوم بأى حركة مدارية حول نواة الذرة. يبدو هذا مناقضا للتجارب، لأن قياسات سرعة الإلكترونات فى الحالة الأرضية (عن طريق ظاهرة كومبتون مثلا) تبين دائما توزيع سرعات للحالة الأرضية يتفق مع قواعد ميكانيكا الكم. لكن بوهم يستطيع هنا أن يجادل بالقول إن القوانين العادية لم تعد صالحة لتقدير القياس، هويوافق على أن التقدير العادى للقياس سيقود حقا إلى توزيع سرعات، لكننا إذا وضعنا نظرية الكم فى الاعتبار بالنسبة لآلة القياس فمن الممكن أن نقبل القول إن الإلكترونات "واقعية" تكون ساكنة دائما. فى قياسات موقع الجسيم، يأخذ بوهم التفسير العادى للتجارب على أنه صحيح، لكنه يرفضه فى قياسات السرعة. بهذا الثمن يجد بوهم نفسه قادرا على أن يجزم "بأننا لا نحتاج أن نهجر الوصف الدقيق العقلى الموضوعى للنظم المفردة فى عالم نظرية الكم". على أن هذا الوصف الموضوعى يفصح عن نفسه كشكل من "بنية ايديولوجية فائقة" تكاد لاتتعلق بالواقع الفيزيقي المباشر، لأن المقاييس الخفية فى تفسير بوهم هى من نوع لايمكن وجوده فى وصف العمليات الواقعية، إذا بقيت نظرية الكم بون تغيير.

ولكى يتجنب بوهم هذه الصعوبة فقد أعرب فى الحقيقة عن أمله فى أن تلعب المقاييس الخفية فى تجارب المستقبل نورا ماديا فى مجال الجسيمات الأولية، ومن ثم يظهر خطأ نظرية الكم. عبر بوهر عن هذه الآراء الغريبة بقوله إنها تشبه فى تركيبها هذه الجملة: "إننا نأمل أن يتضح يوما ما أن  $2 \times 2 = 5$ ، فمثل هذه النتيجة ستفيدنا كثيرا فى أمور المال". والواضح أن تحقيق آمال بوهم لن يهدم فقط نظرية الكم وإنما أيضا تفسير بوهم. طبيعى أن يلزمنا فى نفس الوقت أن نؤكد أن التشبيه الذى ذكرناه - برغم كماله - لايمثل حجة دامغة منطقية ضد

تغيير مستقبلي محتمل لنظرية الكم بالطريقة التي اقترحها بوهم، فليس من المستحيل أن نتصور مثلا أن توسيع المنطق الرياضى قد يعطى معنى معيناً لجملة تقول إن  $2 \times 2 = 5$  فى حالات استثنائية، بل ومن المحتمل أن تكون لهذه الرياضة الموسعة استخداماتها فى مجال الاقتصاد. غير أننا مقتنعون - حتى نون أساس منطقى مقنع - أن مثل هذه التغيرات فى الرياضة لن تفيدنا فى الاقتصاد. وعلى هذا فمن الصعب أن نفهم كيف يمكن أن تستخدم، فى وصف الظواهر الفيزيقية، هذه الاقتراحات الرياضية التى تقول أعمال بوهم إنها تحقق آماله.

فإذا أهملنا هذا التعديل المحتمل لنظرية الكم، فإن لغة بوهم، كما أوضحنا، لا تقول عن الفيزيقا شيئاً يختلف عما يقوله تفسير كوبنهاجن. يبقى إذن السؤال عن صلاحية هذه اللغة. بجانب الاعتراض الذى ذكرناه، بأننا عندما نتحدث عن مدارات الجسيم فإننا نعالج "بنية أيديولوجية فائقة" غير ضرورية، يجب أن نذكر بخاصة أن لغة بوهم تحطم السيمترية بين الموقع والسرعة، المفهومة ضمناً فى نظرية الكم. يقبل بوهم قياسات الموقع بالتفسير العادى، لكنه لا يقبله بالنسبة لقياسات السرعة وكمية الحركة. ولما كانت الخصائص السيمترية تشكل دائماً أهم خصائص أية نظرية، فمن الصعب أن نرى مانكسبه من اغفالها فى اللغة المناظرة. وعلى هذا الأساس لا يمكننا أن نعتبر اقتراح بوهم المضاد لتفسير كوبنهاجن بمثابة تحسين.

من الممكن إثارة اعتراض مماثل - فى صورة مختلفة بعض الشيء - ضد التفسير الاحصائى الذى قدمه بوب و (على خطٍ يختلف قليلاً) فينيس. عالج بوب خلق وفناء الجسيم على أنهما العملية الجوهرية لنظرية الكم. فالجسيم "واقعى" بالمعنى الكلاسيكى للكلمة، بالمعنى الانطولوجى المادى، أما قوانين نظرية الكم فقد اعتبرت حالة خاصة من احصاءات التلازم لوقائع الخلق والفناء هذه. وهذا التفسير - الذى يحوى الكثير المثير من الملاحظات على القوانين الرياضية لنظرية الكم - يمكن تحقيقه بطريقة تقود بالضبط (بالنسبة للنتائج الفيزيقية) إلى نفس نتائج تفسير كوبنهاجن. هو إذن - بالمعنى الوضعى - تفسير مساو فى الشكل لتفسير بوهم. لكنه يحطم - فى لغته - السيمترية بين الجسيمات والموجات، تلك السيمترية التى تعتبر ملمحاً مميزاً للبرنامج الرياضى لنظرية الكم. أوضح جوردان وكلاين وفيجنر منذ عام ١٩٢٨ أنه من الممكن تفسير البرنامج الرياضى ليس فقط ككُمِيَّةٍ لحركة الجسيم وإنما أيضاً كتكمية لموجات المادة ثلاثية الأبعاد. وعلى هذا فليس من سبب يدعوننا أن نعتبر موجات المادة هذه أقل

واقعية من الجسيمات. من الممكن أن نكفل السيمترية بين الموجات والجسيمات في تفسير يوب إذا نحن فقط طورنا احصاءات الارتباط المناظرة لموجات المادة في المكان والزمان أيضا، وإذا تركنا قضية اعتبار ما إذا كانت الجسيمات أو الموجات واقعا "حقيقيا"، قضية مفتوحة.

سيقودنا الافتراض بأن الجسيمات واقعية بالمعنى الأنطولوجي المادي، سيقودنا دائما إلى أن نعتبر الانحرافات من مبدأ اللامحقيقية انحرافات ممكنة "جوهريا". يقول فينيس على سبيل المثال "إن وجود مبدأ اللامحقيقية (والذي ربطه هو بعلاقات احصائية خاصة) لا يجعل القياس المتزامن للمكان والسرعة، بدقة تحكمية، أمرا مستحيلا". على أن فينيس لم يذكر كيف يمكن القيام بمثل هذه القياسات عمليا. وعلى هذا تبقى آراؤه مجرد رياضيات بحتة.

أما فايستيل - الذي تشبه اقتراحاته المضادة لتفسير كوينهاجن اقتراحات بوهم وفينيس - فقد ربط "المقاييس الخفية" بجسيم من نوع جديد ابتكره خصيصا وأطلق عليه اسم "زيرون". وهذا جسيم لا يمكن ملاحظته. غير أن هذا المفهوم يقع في خطر أن يشكك التفاعل بين الجسيمات الحقيقية والزيرونات، الطاقة بين العديد من درجات حرية مجال الزيرون، حتى لتغدو كل الديناميكا الحرارية تشوشا كاملا. ولم يفسر فايستيل كيف يأمل أن يتجنب هذا الخطر.

ربما أمكننا الوصول إلى أفضل تعريف لوجهة النظر بكل المنشورات التي ذكرت حتى الآن، إذا نحن استدعينا مناقشة مشابهة تتعلق بنظرية النسبية الخاصة. فكل من لم يقتنع برفض آينشتين للآثير والفضاء المطلق والزمن المطلق، يمكنه أن يجادل كما يلي: إن نظرية النسبية الخاصة لم تثبت على الإطلاق عدم وجود الفضاء المطلق والزمن المطلق. إن كل ما أوضحته هو أن الفضاء الحق والزمن الحق لا يحدثان مباشرة في أية تجربة عادية. لكننا إذا أخذنا بالشكل الصحيح هذا الوجه من أوجه قوانين الطبيعة، فأدخلنا الأزمنة "الظاهرية" الصحيحة إلى النظم المتحركة النظرية، فلن نجد حجة ضد افتراض الفضاء المطلق. بل ولقد يكون من الملائم أن نفترض أن مركز جاذبية مجرتنا يوجد في حالة سكون في فضاء مطلق (أو هكذا تقريبا). ولقد يضيف ناقد نظرية النسبية الخاصة أننا قد نأمل أن تسمح القياسات في المستقبل بتعريف غير غامض للفضاء المطلق (نعني "للمقاييس الخفية" بنظرية النسبية) لتُنقُض بذلك نظرية النسبية الخاصة.

من الممكن أن نرى فوراً أن هذه الحجة لا يمكن أن تدحض بالتجربة، لأنها لا تقدم تقارير تختلف عن تقارير نظرية النسبية الخاصة. لكن هذا التفسير باللغة التي استخدمها سيحطم خاصية السيمترية الحاسمة للنظرية نقصد لا تغييراً لورنتس، ومن ثم فمن الضروري أن نعتبرها غير ملائمة.

والتشبه بنظرية الكم واضح. فقوانين نظرية الكم تقول بأن "المقاييس الخفية"، الملفقة خصيصاً لا يمكن أن تلحظ. تحطم إذن الخصائص السيمترية الحاسمة إذا ما أدخلنا المقاييس الخفية ككيان خيالي إلى تفسير النظرية.

لكن أعمال بلوشنزييف وألكزندروف تختلف تماماً في عرضها للمشكلة عما ناقشناه قبلاً. فهذان العالمان قد حددا أهدافهما بوضوح ومنذ البداية ضد تفسير كوينهاجن، في الناحية الفلسفية من المشكلة. أما فيزياء التفسير فقد قبلها دون تحفظ.

غير أن الصورة الظاهرية للهجوم كانت أكثر عنفاً. كتب بلوشنزييف في مقدمته يقول: "من بين الاتجاهات المثالية المختلفة في الفيزياء سنجد مدرسة كوينهاجن هي الأكثر رجعية. ولقد خصصت هذه المقالة لأكشف القناع عن التأملات المثالية واللاأدرية لهذه المدرسة في المشاكل الأساسية لفيزياء الكم". إن فضاظة الهجوم تبين أننا لا نتعامل هنا مع العلم وحده، وإنما أيضاً مع إيمان عقائدي. أما الهدف فقد عبّر عنه في النهاية باقتباس من عمل لينين: "مهما كانت عظيمة تحويل الأثير الذي لا يوزن إلى مادة توزن (من وجهة نظر العقل البشري العام)، مهما كانت غرابة افتقار الإلكترونات إلى كتلة غير الكتلة الكهرومغناطيسية، مهما كان الشنوذ في اقتصار الحركة الميكانيكية على حقل الظواهر الطبيعية وحدها وخضوعها للقوانين الأعمق للظواهر الكهرومغناطيسية - فإن هذا كله ليس سوى إثبات للجدلية المادية". وهذه الجملة تجعل من مناقشة بلوشنزييف لموضوع علاقة نظرية الكم بفلسفة الجدلية المادية، أقل إثارة لأنها تحط من مرتبتها إلى مرتبة محاكمة عرف الحكم فيها قبل بدء المحاكمة. على أنه من المهم أن نوضح الحجج التي قدمها بلوشنزييف وألكزندروف.

هنا، حيث المهمة هي إنقاذ الأنطولوجيا المادية، سنجد الهجوم وقد وجه أساساً إلى وجود المراقب في تفهم نظرية الكم. كتب ألكزندروف يقول: "وعلى هذا فلا بد لنا أن نفهم أن (نتيجة القياس) في نظرية الكم ليست إلا الأثر الموضوعي للتفاعل بين الإلكترون والموضوع. لا بد أن

نتجنب ذكر المراقب، وعلينا أن نعالج الظروف الموضوعية والآثار الموضوعية. إن المقدار الفيزيائي خصيصة موضوعية للظاهرة، وليس نتيجة للملاحظة. ودالة الموجة في فضاء التشكيل، عند الكزنورف، تميز الحالة الموضوعية للإلكترون.

أغفل الكزنورف في عرضه حقيقة أن الصورية في نظرية الكم لا تسمح بنفس درجة التموضع الموجودة بالفيزياء الكلاسيكية. وعلى سبيل المثال، فإذا نحن نظرنا إلى التفاعل بين نظام ما وبين آلة القياس ثم عالجه ككل تبعاً لميكانيكا الكم، وإذا نظرنا اليهما سوياً وكأتهما منفصلان عن بقية العالم، عندئذ لن تؤدي صورية نظرية الكم بالضرورة إلى نتيجة صريحة لا لبس فيها، هي لا تؤدي مثلاً إلى اسوداد اللوحة الفوتوغرافية في نقطة بعينها. فإذا أردنا أن ننقذ "الأثر الموضوعي" للكزنورف بالقول إن اللوحة تسود "في الواقع" عند نقطة معينة بعد التفاعل، فسيكون الرد أننا لم نعد نطبق هنا المعالجة الكمائية الميكانيكية للنظام المغلق المكون من الإلكترون وآلة القياس واللوحة. إن الخصيصة "الواقعية" للحدث التي يمكن وصفها بلغة مفاهيم الحياة اليومية هي التي لا تتضمنها الصورية الرياضية لنظرية الكم، وهي التي تظهر في تفسير كوينهاجن عن طريق إدخال المراقب. الواضح بالطبع أنه لا يصح أن نسيء تفهم إدخال المراقب ليعنى أننا سندخل ملامح ذاتية إلى وصف الطبيعة. إنما ستكون مهمة المراقب هي تسجيل القرارات، نقصد العمليات في الفضاء والزمن، ولا يهم ما إذا كان المراقب جهازاً أو إنساناً. لكن عملية التسجيل (ويعنى تحول "الممكن" إلى "الواقعي") هي عملية ضرورية تماماً هنا ولا يمكن حذفها من تفسير نظرية الكم. وهنا سنجد أن نظرية الكم ترتبط جوهرياً بالثرموديناميكاً، من ناحية أن فعل المراقبة هو بطبيعته عملية لا تُعكس. فمن خلال مثل هذه العمليات اللاعكوسة وحدها يمكن أن تربط صورية نظرية الكم برباط وثيق مع الأحداث الواقعية في المكان والزمان. وفوق هذا فإن اللاعكوسية - إذا ما طرحت في التمثيل الرياضى للظواهر - هي نتيجة لمعرفة المراقب غير الكاملة بالنظام، وهي بهذا غير "موضوعية" تماماً.

أما صياغة بلوشنيزيف للمادة فتختلف قليلاً عنها عند الكزنورف: "في ميكانيكا الكم نحن لا نصف حال الجسم ذاته وإنما حقيقة أن الجسم ينتمي إلى هذا التجمع الاحصائي أو ذاك، وهذا الانتماء موضوعي تماماً ولا يعتمد على أية تقارير للمراقب". على أن هذه الصياغة تأخذنا بعيداً - وربما بعيداً جداً - عن الأنطولوجيا المادية. ولكي نوضح هذا ربما كان من المفيد أن نتذكر كيف يستخدم هذا الانتماء إلى تجمع احصائي، في تفسير الثرموديناميك الكلاسيكية.

إذا ما حدد مراقب درجة حرارة نظام ما، وأراد أن يستنبط من نتائجه شيئاً عن الحركات الجزيئية بالنظام، فقد يقول إن النظام هو مجرد عينة واحدة من طاقم مُقنن، ومن ثم فربما اعتُبر أن له عدة طاقات مختلفة. لكن النظام "في الواقع" - هكذا قد نقول في الفيزيقا الكلاسيكية - له طاقة واحدة محددة في الوقت المعين، لن نتحقق فيه أى من الطاقات الأخرى. يُخدع المراقب إذا هو اعتبر أن ثمة طاقة أخرى محتملة في تلك اللحظة. إن الطاقم المقنن يحوى تقارير ليس فقط عن النظام نفسه، وإنما أيضاً عن معرفة المراقب غير الكاملة بالنظام. فإذا حاول بلوشنيزيف في نظرية الكم أن يقول عن انتماء ما لتجمع إنه "موضوعى تماماً"، فإنه يستخدم كلمة "موضوعى" بمعنى يختلف عما تعنيه في الفيزيقا الكلاسيكية. إذ أن معنى هذا الانتماء في الفيزيقا الكلاسيكية - كما سبق وذكرنا - إنما هو تقارير ليس فقط عن النظام وإنما أيضاً عن درجة معرفة المراقب بهذا النظام. ثمة استثناء يلزم أن نؤكد به بالنسبة لهذا التقرير عن نظرية الكم. فإذا تميز التجمع في نظرية الكم بدالة موجية واحدة في فضاء تشكيل (وليس - كالعادة - بمصفوفة احصائية) فسنقابل وضعا خاصا (يمسى "الحالة الخالصة") قد يقال للوصف فيه إنه موضوعى بمعنى ما، وفيه لا يظهر على الفور عنصر المعرفة غير الكاملة. لكن، لما كان كل قياس سيعيد (بسبب ملامحه غير العكوسة) إدخال عنصر المعرفة غير الكاملة، فلن يختلف الوضع اختلافا جوهريا.

وفوق كل هذا فإن هذه الصياغات الجديدة توضح صعوبة أن نحاول أن ندفع بأفكار جديدة في نظام قديم من المفاهيم ينتمى إلى فلسفة قديمة - أو، إذا استخدمنا استعارة قديمة، أن نعبئ نبينا جديدا في زجاجات قديمة. فمثل هذه المحاولات عادة ما تكون محزنة. إنها تضللنا فنشغل أنفسنا بالشروخ المحتومة بالزجاجات القديمة وننسى أن نمتع أنفسنا بالنبيد الجديد. إننا لا نتوقع من المفكرين الذين قدموا المادية الجدلية منذ قرن من الزمان أن يتنبأوا بتطوير نظرية الكم. إن مفاهيمهم عن المادة والواقع، لم يكن لها أن تتلام من نتائج التقنيات التجريبية الدقيقة بأيامنا هذه.

ربما كان لنا هنا أن نضيف بعض الملاحظات العامة عن موقف العلماء بالنسبة لعقيدة ما، عقيدة قد تكون دينية أو سياسية. إن الفارق الجوهرى بين العقيدة الدينية والعقيدة السياسية - وهو أن الأخيرة تتعلق بالواقع المادى المباشر للعالم من حولنا فى حين أن موضوع الأولى هو واقع آخر أبعد من العالم المادى - هذا الفارق ليس مهما بالنسبة لهذه القضية بالذات. أما ما

يستحق المناقشة فهو مشكلة العقيدة ذاتها. إن المرء - بناء على ما قيل - ليطلب من العالم ألا يركن على الاطلاق إلى مذاهب خاصة، ألا يقيد منهجه في التفكير بفلسفة معينة. عليه أن يكون مستعدا دائما لأن يغير أسس معرفته تبعاً للخبرة الجديدة. لكن مثل هذا الطلب سيكون تبسيطا مخلًا لوضعنا في الحياة، لسببين. أولهما أن بنية تفكيرنا تحددها في شبابنا الأفكار التي نصادفها آنئذ، أو الاتصال بشخصيات قوية نتعلم منها. ستشكل هذه البنية جزءا متكاملًا من كل أعمالنا التالية، وقد تجعل من الصعب علينا أن نكيف أنفسنا فيما بعد مع أية أفكار جديدة تماما. أما السبب الثاني فهو أننا ننتمى إلى جالية أو مجتمع. هذا المجتمع يجمعه أفكار شائعة، أو مقياس شائع للقيم الأخلاقية، أو لغة شائعة يتحدث بها الفرد عن المشاكل العامة للحياة. وهذه القيم الشائعة قد تدعمها سلطة كنيسة، أو حزب، أو الدولة. وحتى لو لم يكن الأمر كذلك فقد يكون من الصعب أن يهجر الفرد الأفكار الشائعة بون صراع مع المجتمع. لكن نتائج التفكير العلمي قد تتعارض مع الأفكار الشائعة. والمؤكد أنه من حماقة أن نطلب ألا يكون العالم عضوا مخلصا بمجتمعه، أن يُحرم من سعادة الانتماء إلى مجتمع، وسيكون من حماقة أيضا أن نطلب أن تتغير على الفور أفكار المجتمع الشائعة (وعادة ماتكون تبسيطا، من وجهة النظر العلمية) مع كل تقدم في المعرفة العلمية، وأن تكون في مثل التنوع الذي يلزم أن تكون عليه النظريات العلمية. وعلى هذا فإننا نعود ها هنا - حتى في زماننا هذا - إلى مشكلة "الحقيقة المزوجة" التي ملأت تاريخ الديانة المسيحية خلال العصور الوسطى المتأخرة. هناك المذهب القائل "إن الدين الوضعي - أي كان شكله - هو ضرورة لا غنى عنها لجمهير الناس، وعلى رجل العلم أن يبحث عن الحقيقة الواقعية خلف الدين، وألا يبحث عنها إلا هناك". يقولون "إن العلم موضوع الخاصة، إنه للقلة فقط". فإذا أخذت المذاهب السياسية والأنشطة الاجتماعية دور الدين الوضعي في بعض الدول، فستبقى المشكلة على حالها. إن أول ما يتطلبه العالم هو الأمانة الفكرية، بينما يتطلب المجتمع من العالم - بالنظر إلى تنوع العلم - أن ينتظر على الأقل بضعة عقود قبل أن يفصح للجمهور عن آرائه المخالفة. ليس ثمة من حل بسيط لهذه المشكلة، إذا لم يكن التساهل وحده كافيا، وربما يأتينا العزاء من حقيقة أنها بالتأكيد مشكلة قديمة تنتمي إلى حياة البشر.

نرجع الآن إلى الاقتراحات المضادة لتفسير كوبنهاجن لنظرية الكم لنناقش المجموعة الثانية من الاقتراحات، تلك التي تحاول تغيير نظرية الكم لتصل إلى تفسير فلسفي مختلف. قام جانوسى بأدق المحاولات في هذا الاتجاه. أدرك أن الفعالية القوية لميكانيكا الكم تجبرنا على

التخلي عن مفهوم الواقع بالفيزيكا الكلاسيكية، وعلى هذا فقد التمس تغيير ميكانيكا الكم بطريقة تقترب فيها بنيتها من بنية الفيزيكا الكلاسيكية، مع بقاء الكثير من النتائج صحيحة. كانت نقطة الهجوم هو ما يسمى "اختزال دقات الموجات" نعنى حقيقة أن الدالة الموجية - أو بشكل أعم، دالة الاحتمال - تتغير بشكل متقطع عندما يدرك المراقب نتيجة القياس. لاحظ جانوسى أن هذا الاختزال لا يمكن استنباطه من المعادلات التفاضلية للصورية الرياضية، واعتقد أنه يستطيع من هذا أن يستنتج وجود تناقض ذاتى فى التفسير المعتاد. من المعروف جيدا أن "اختزال دقات الموجات" يظهر دائما فى تفسير كوبنهاجن عند تمام التحول من الممكن إلى الواقعى. فجأة تتحول دالة الاحتمال التى تغطى مجالا واسعا من الامكانيات، تتحول إلى مجال أضيق بكثير بسبب حقيقة أن التجربة قد قادت إلى نتيجة محددة، حقيقة أن واقعة معينة قد حدثت بالفعل. تتطلب هذه الصورية أن يُحطَم مايسمى تداخل الاحتمالات (أهم مايميز نظرية الكم من ظواهر) عن طريق تفاعلات النظام غير المعروفة جزئيا واللاعكوسة، مع جهاز القياس وبقية العالم. حاول جانوسى الآن أن يغير ميكانيكا الكم بإدخال مايسمى حدود التضائل إلى المعادلات، بطريقة تختفى معها تلقائيا حدود التداخل بعد زمن متناه. وحتى لو كان هذا يناظر الواقع - وليس من سبب يدعو لهذا فى التجارب التى أجريت - فسيبقى لمثل هذا التفسير عدد من النتائج المزعجة، كما أشار جانوس نفسه (على سبيل المثال: الموجات التى تنتشر بسرعة تفوق سرعة الضوء، تبادل التعاقب الزمنى للسبب والنتيجة... إلخ). وعلى هذا يصعب أن نقبل التضحية ببساطة نظرية الكم من أجل مثل هذه النظرة، إلا إذا أُجبرتنا التجارب على ذلك.

من بين مَنْ بقى من معارضى مايسمى أحيانا التفسير "الأرثوذكسى" لنظرية الكم، اتخذ شرودنجر موقعا فريدا لأنه ينسب "الواقع الموضوعى" ليس إلى الجسيمات وإنما إلى الموجات، ولأنه ليس مستعدا لتفسير الموجات على أنها "موجات احتمال فقط". فى عمل له تحت عنوان "أثمة قفزات كم؟" حاول أن ينكر وجود قفزات كماتية على الاطلاق (ربما ارتبنا فى صلاحية مصطلح "قفزة كم" فى هذا الموقع واستبدلنا بها مصطلحا أقل اثاره هو "اللااستمرارية"). يوجد بعمل شرودنجر، بادئ ذى بدء، بعض من عدم التفهم للتفسير المعتاد. إنه يغفل حقيقة أن الموجات فى فضاء التشكيل (أو "مصفوفات التحويل") هى، وهى فقط، موجات احتمال بالتفسير المعتاد، أما موجات الإشعاع أو موجات المادة، ثلاثية الأبعاد، فهى ليست كذلك. لهذه الأخيرة بالضبط نفس "الواقع" مثل الجسيمات، ليس لها ارتباط مباشر بموجات الاحتمال.

ولكن لها كثافة مستمرة من الطاقة وكمية الحركة، كمثل مجال كهرومغناطيسي في نظرية ماكسويل. وعلى هذا فقد أكد شرودنجر أنه من الممكن تصور أن العمليات في هذه النقطة أكثر استمرارية مما هي في المعتاد. لكن هذا التفسير لا يمكن أن يزيل عامل اللا استمرارية الذي نجده في كل مكان بالفيزياء الذرية، وتشهد كل شاشة وميض أو عداد جايغر بوجود هذا العنصر على الفور. وهو موجود بالتفسير المعتاد لنظرية الكم في التحول من الممكن إلى الواقعي. لم يقدم شرودنجر ذاته أي اقتراح مضاد عن الكيفية التي ينوب بها تقديم عنصر اللا استمرارية، الملحوظ في كل مكان، بأسلوب يختلف عن أسلوب التفسير المعتاد.

وأخيرا فإن النقد الذي ظهر في العديد من أبحاث آينشتين ولاوه وغيرهما يركز على قضية ما اذا كان تفسير كوبنهاجن يسمح بوصف متفرد موضوعي للحقائق الفيزيائية. يمكن أن نعرض حججهم الجوهرية فيما يلي: إن البرنامج الرياضي لنظرية الكم يبدو وصفا كاملا كافيا لإحصائيات الظواهر الذرية. لكن حتى لو كانت تقاريره عن احتمالات الوقائع الذرية صحيحة تماما، فإن هذا التفسير لا يصف ما يحدث واقعيا وصفا مستقلا عن الملاحظات أو بين الملاحظات. لكن شيئا ما لا بد أن يحدث، هذا أمر لا يمكن الشك فيه. وهذا الشيء لا يلزم أن يوصف بصيغة الإلكترونات أو الموجات أو كمات الضوء. ومهمة الفيزياء لا تتم دون أن نصفه بشكل أو بآخر. لا يمكن أن نقر بأنه يشير إلى فعل الملاحظة وحده. لا بد للفيزيائي أن يسلم أنه في علمه إنما يدرس عالما لم يصنعه هو، عالما سيوجد دون تغيير يذكر في غير وجوده. وعلى هذا فإن تفسير كوبنهاجن لا يقدم أي تفهم حقيقي للظواهر الذرية.

يسهل مرة أخرى أن نرى أن ما يتطلبه هذا النقد هو الأنطولوجيا المادية القديمة. ولكن، ماذا ستكون الاجابة من وجهة نظر تفسير كوبنهاجن؟

يمكن القول إن الفيزياء جزء من العلم، ومن ثم فإنها تهدف إلى وصف وتفهم الطبيعة. وأي صورة للتفهم - علمية كانت أو غير علمية - إنما تعتمد على لغتنا، على تبادل الأفكار. إن كل وصف للظواهر، للتجارب ونتائجها، يرتكز على اللغة كسبيل أوجد للاتصال. وكلمات هذه اللغة تمثل مفاهيم الحياة اليومية، وهي مفاهيم هُذبت في اللغة العلمية للفيزياء إلى صورة مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. هذه المفاهيم هي الأنوات الوحيدة لاتصال لايشوبه غموض حول الوقائع، حول إقامة التجارب وحول نتائجها. وعلى هذا فاذا ما سئل الفيزيائي أن يقدم وصفا لما يحدث واقعيا في تجاربه، فإن كلمات "وصفا" و "يحدث" و "واقعيا" لا تشير إلا إلى مفاهيم الحياة

اليومية أو الفيزياء الكلاسيكية. فإذا ماتخلى الفيزيائي عن هذا الأساس، فقد وسيلة الاتصال غير الغامض، فلا يستطيع المضى فى عمله. وعلى هذا فإن أى تقرير عما قد "حدث واقعياً" هو تقرير صيغ فى لغة المفاهيم الكلاسيكية، وهو بطبيعته ناقص بالنسبة لتفاصيل الوقائع الذرية - بسبب الترموديناميكية والعلاقات اللامحقيقية. إن سؤالنا أن "نصف ما يحدث" (فى عملية الكم النظرية) بين ملاحظتين متعاقبتين هو - بصفته - تناقض، لأن كلمة الوصف إنما تعنى استخدام المفاهيم الكلاسيكية، بينما لايمكن تطبيق هذه المفاهيم على الفضاء بين الملاحظات، هى لاتطبق إلا عند مواقع الملاحظة.

يجب هنا أن نلاحظ أن تفسير كوينهاجن لنظرية الكم ليس على الإطلاق وضعياً. فبينما تركز الوضعية على أن عناصر الواقع هى الإدراكات الحسية للمراقب، فإن تفسير كوينهاجن يعتبر الأشياء والعمليات التى يمكن وصفها بلغة المفاهيم الكلاسيكية، نعنى الواقعية، أساساً لأى تفسير فيزيائى.

فى نفس الوقت سنلاحظ أننا لا نستطيع تجنب الطبيعة الاحصائية لقوانين الفيزياء الميكروسكوبية، لأن أية معرفة عن "الواقعى" هى بذات طبيعتها معرفة ناقصة، بسبب قوانين الكم - النظرية.

ارتكزت أنطولوجيا المادية على الوهم بأنه من الممكن فى الميدان الذرى استقرار نوع الوجود، "الحقيقة الواقعة" للعالم من حولنا. غير أن هذا الاستقرار مستحيل.

ولقد نضيف بضع ملاحظات تتعلق بالتركيب الصورى لكل الاقتراحات المضادة التى أثرت حتى الآن ضد تفسير كوينهاجن لنظرية الكم. لقد وجدت كل هذه الاقتراحات أنها مضطرة إلى التضحية بالخصائص السيمترية الجوهرية لنظرية الكم (مثلاً: السيمترية بين الموجات والجسيمات أو بين الموقع والسرعة). لنا إذن أن نفترض أننا لانستطيع أن نتفادى تفسير كوينهاجن إذا كان لخصائص السيمترية هذه - مثلها مثل لاتغير لورنتس فى نظرية النسبية - أن تُعتبر ملمحاً حقيقياً للطبيعة. وكل التجارب التى أُجريت حتى الآن تعضد هذه الفكرة.