٨

نقد تفسير كوبنهاجن لنظرية الكم ـ والاقتراحات المضادة له

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

يمكن أن تقسم هذه المحاولات إلى مجاميع ثلاث. لم ترغب المجموعة الأولى فى 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 التى أجريت حتى ذلك الوقت أو على تلك التى تنتمى إلى الفيزياء الإلكترونية العادية.

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

أما المجموعة الثالثة والأخيرة فقد عَبَّرت عن استيائها العام من نتائج تفسير كوبنهاجن، ولا سيما من نتائج فلسفته، دون أن تقدم اقتراحات مضادة محددة. تنتمى أبحاث آينشتين وفون لاوه وشرودنجر إلى هذه المجموعة الثالثة التى كانت تاريخيا هى أولى المجاميع الثلاث.

على أن كل معارضى تفسير كوبنهاجن كانوا يتفقون فى نقطة واحدة. فهم يفضلون العودة إلى مفهوم الواقع بالفيزيقا الكلاسيكية، أوإلى 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 مستحيل، أو على الأقل ليس ممكنا تماما، بسبب طبيعة الظواهر الذرية، كما سبق وَبَيَّنَّا فى بعض الفصول السابقة. إن مهمتنا ليست صياغة مانتمنى 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 دائما 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 العلّمية العادية. وعلى هذا تحاول بعض الأبحاث أن تبنى مثل هذه المقاييس داخل هيكل ميكانيكا الكم.

وعلى هذا الخط طرح بوهم - مثلا - اقتراحا مضادا لتفسير كوبنهاجن، وقد تبناه مؤخرا - ولحد ما - ده برولى أيضا. ولقد تم بالتفصيل شرح تفسير بوهم، وعلى هذا فقد يخدم هنا كأساس للمناقشة. اعتبر بوهم الجسيمات بنى "واقعية موضوعية"، مثل الكتل النُّقْطية فى ميكانيكا نيوتن. والموجات فى فضاء التشكيل هى فى تفسيره أيضا "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 نعنى بقولنا إن الموجات فى فراغ التشكيل "واقعية"؟ هذا الفراغ فراغ تجريدى جدا. وكلمة "واقعى" (باللغة الانجليزية) أصلها كلمة لاتينيةتعنى "الشىء"، إنما الأشياء فى الفضاء الثلاثى الأبعاد العادى، وليس فى

الفضاء التشكيلى التجريدى. ولقد نقول إن الموجات فى 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 ليعرّف الخطوط العمودية على أسطح الطور الموجى الثابت بأنها المدارات الممكنة للجسيمات. أما أى من هذه الخطوط سيكون هو المدار "الواقعى" فأمر يعتمد عنده على تاريخ النظام وعلى جهاز القياس، ولا يمكن أن نحدده دون أن نعرف عن النظام وجهاز القياس أكثر مما يمكننا بالعقل معرفته. يحتوى هذا التاريخ فى الواقع على المقاييس الخفية، "المدار الواقعى" قبل أن تبدأ التجربة.

من بين نتائج هذا التفسير ـ كما يؤكد باولى ـ أن الإلكترونات فى الحالات الأرضية للكثير من الذرات لابد 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 توزيعَ سرعاتٍ 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، لكنا إذا وضعنا نظرية الكم فى الاعتبار بالنسبة لآلة القياس فمن الممكن أن نقبل القول إن الإلكترونات "واقعيا" 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 الفيزيقى المباشر، لأن المقاييس الخفية فى تفسير بوهم هى من نوع لايمكن وجوده فى وصف العمليات الواقعية، إذا بقيت نظرية الكم دون تغيير.

ولكى يتجنب بوهم هذه الصعوبة فقد أعرب فى الحقيقة عن أمله فى أن تلعب المقاييس الخفية فى تجارب المستقبل دورا 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 ٢ × ٢ = ٥، 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 ـ برغم كماله ـ لايمثل حجة دامغة منطقية ضد

تغيير مستقبلي محتمل لنظرية الكم بالطريقة التي اقترحها بوهم، فليس من المستحيل أن نتصور مثلا أن توسيع المنطق الرياضي قد يعطي معنى معينا لجملة تقول إن ٢ × ٢ = ٥ في حالات استثنائية، بل ومن المحتمل أن تكون لهذه الرياضة الموسعة استخداماتها في مجال الاقتصاد. غير أننا مقتنعون - حتى دون أساس منطقي مقنع - أن مثل هذه التغيرات في الرياضة لن تفيدنا في الاقتصاد. وعلى هذا فمن الصعب أن نفهم كيف يمكن أن تستخدم، في وصف الظواهر الفيزيقية، هذه الاقتراحاتُ الرياضية التي تقول أعمال بوهم إنها تحقق آماله.

فإذا أهملنا هذا التعديل المحتمل لنظرية الكم، فإن لغة بوهم، كما أوضحنا، لا تقول عن الفيزيقا شيئا يختلف عما يقوله تفسير كوبنهاجن. يبقي إذن السؤال عن صلاحية هذه اللغة. بجانب الاعتراض الذي ذكرناه، بأننا عندما نتحدث عن مدارات الجسيم فإنما نعالج "بنية أيديولوجية فائقة" غير ضرورية، يجب أن نذكر بخاصة أن لغة بوهم تحطم السيمتريةَ بين الموقع والسرعة، المفهومةَ ضمنا في نظرية الكم. يقبل بوهم قياسات الموقع بالتفسير العادي، لكنه لا يقبله بالنسبة لقياسات السرعة وكمية الحركة. ولما كانت الخصائص السيمترية تشكل دائما أهم خصائص أية نظرية، فمن الصعب أن نرى ما نكسبه من اغفالها في اللغة المناظرة. وعلى هذا الأساس لا يمكننا أن نعتبر اقتراح بوهم المضاد لتفسير كوبنهاجن بمثابة تحسين.

من الممكن إثارة اعتراض مماثل - في صورة مختلفة بعض الشيء - ضد التفسير الاحصائي الذي قدمه بوب و (على خَطٍّ يختلف قليلا) فينيس. عالج بوب خلق وفناء الجسيم على أنهما العملية الجوهرية لنظرية الكم. فالجسيم "واقعي" بالمعنى الكلاسيكي للكلمة، بالمعنى الانطولوجي المادي، أما قوانين نظرية الكم فقد اعتبرت حالة خاصة من احصاءات التلازم لوقائع الخلق والفناء هذه. وهذا التفسير - الذي يحوي 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 الوضعي - تفسير مساو في الشكل لتفسير بوهم. لكنه يحطم - في لغته - السيمترية بين الجسيمات والموجات، تلك السيمترية التي تعتبر ملمحا مميزا للبرنامج الرياضي لنظرية الكم. أوضح جوردان وكلاين وفيجنر منذ عام ١٩٢٨ أنه من الممكن تفسير البرنامج الرياضي ليس فقط كَتَكْمِيَةٍ لحركة الجسيم وانما أيضا كتكمية لموجات المادة ثلاثية الأبعاد. وعلى هذا فليس من سبب يدعونا أن نعتبر موجات المادة هذه أقل

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

سيقودنا الافتراض بأن الجسيمات واقعية بالمعنى الأنطولوجى المادى، سيقودنا دائما إلى أن نعتبر الانحرافات من مبدأ اللامحققية انحرافات ممكنة "جوهريا". يقول فينيس على سبيل المثال "إن وجود مبدأ اللامحققية (والذى 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 فايتسيل ـ الذى تشبه اقتراحاتهُ المضادة لتفسير كوبنهاجن اقتراحاتِ بوهم وفينيس ـ فقد ربط "المقاييس الخفية" بجسيم من نوع جديد ابتكره خصيصا وأطلق عليه اسم "زيرون". وهذا جسيم لايمكن ملاحظته. غير أن هذا المفهوم يقع فى خطر أن يشتّتَ التفاعلُ بين الجسيمات الحقيقية والزيرونات، الطاقةَ بين العديد من درجات حرية مجال الزيرون، حتى لتغدو كل الديناميكا الحرارية تشوشا كاملا. ولم يفسر فايتسيل كيف يأمل أن يتجنب هذا الخطر.

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

من الممكن أن نرى فورا أن هذه الحجة لايمكن أن تدحض بالتجربة، لأنها لا تقدم تقارير تختلف عن تقارير نظرية النسبية الخاصة. لكن هذا التفسير باللغة التى استخدمها سيحطم خاصية السيمترية الحاسمة للنظرية نقصد لا تَغَيُّرَ لورنتس، ومن ثم فمن الضرورى أن نعتبرها غير ملائمة.

والتشبه بنظرية الكم واضح. فقوانين نظرية الكم تقول بأن "المقاييس الخفية"، الملفقة خصيصا لايمكن أن تلحظ. تحطم إذن الخصائص السيمترية الحاسمة إذا ما أدخلنا المقاييس الخفية ككيان خيالى الى تفسير النظرية.

لكن أعمال بلوشنزيف وألكزندروف تختلف تماما فى عرضها للمشكلة عما ناقشناه قبلا. فهذان العالمان قد حددا أهدافهما بوضوح ومنذ البداية ضد تفسير كوبنهاجن، فى الناحية الفلسفية من المشكلة. أما فيزياء التفسير فقد قبلاها دون تحفظ.

غير أن الصورة الظاهرية للهجوم كانت أكثر عنفا. كتب بلوشنزيف فى مقدمته يقول: "من بين الاتجاهات المثالية المختلفة فى الفيزياء سنجد مدرسة كوبنهاجن هى الأكثر رجعية. ولقد خصصت هذه المقالة لأكشف القناع عن التأملات المثالية واللاأدرية لهذه المدرسة فى المشاكل الأساسية لفيزياء الكم". إن فظاظة الهجوم تبين أننا لا نتعامل هنا مع العلم وحده، وإنما أيضا مع إيمان عقائدى. أما الهدف فقد عَبَّر عنه فى النهاية باقتباس من عمل للينين: "مهما كانت عظمة تحويل الأثير الذى لايوزن إلى مادة توزن (من وجهة نظر العقل البشرى العام)، مهما كانت غرابة افتقار الإلكترونات إلى كتلة غير الكتلة الكهرومغنطيسية، مهما كان الشذوذ فى اقتصار الحركة الميكانيكية على حقل الظواهر الطبيعية وحدها وخضوعها للقوانين الأعمق للظواهر الكهرومغنطيسية - فإن هذا كله ليس سوى إثبات للجدلية المادية". وهذه الجملة تجعل من مناقشة بلوشنزيف لموضوع علاقة نظرية الكم بفلسفة الجدلية المادية، أقل إثارة لأنها تحط من مرتبتها إلى مرتبة محاكمةٍ عُرف الحكم فيها قبل بدء المحاكمة. على أنه من المهم أن نوضح الحجج التى قدمها بلوشنزيف وألكزندروف.

هنا، حيث المهمة هى إنقاذ الأنطولوجيا المادية، سنجد الهجوم وقد وجه أساسا إلى وجود المراقب فى تفهم نظرية الكم. كتب ألكزندروف يقول: "وعلى هذا فلابد لنا أن نفهم أن (نتيجة القياس) فى نظرية الكم ليست إلا الأثر الموضوعى للتفاعل بين الإلكترون والموضوع. لابد 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 ألكزندروف، تميز الحالة الموضوعية للإلكترون.

أغفل ألكزندروف 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 عالجناه ككل تبعا لميكانيكا الكم، واذا نظرنا اليهما سويا وكأنهما منفصلان عن بقية العالم، عندئذ لن تؤدى صورية نظرية الكم بالضرورة إلى نتيجة صريحة لا لبس فيها، هي لا تؤدى مثلا إلى اسوداد اللوحة الفوتوغرافية في نقطة بعينها. فإذا أردنا أن ننقذ "الأثر الموضوعي" لألكزندروف بالقول إن اللوحة تسودُ "في الواقع" عند نقطة معينة بعد التفاعل، فسيكون الرد أننا لم نعد نطبق هنا المعالجة الكماتية 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 كوبنهاجن عن طريق إدخال المراقب. الواضح بالطبع أنه لا يصح أن نسيء تفهم ادخال المراقب ليعني 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 جهازا أو انسانا. لكن عملية التسجيل (ونعني تحول "الممكن" إلى "الواقعي") هي عملية ضرورية تماما هنا ولا يمكن حذفها من تفسير نظرية الكم. وهنا سنجد أن نظرية الكم ترتبط جوهريا بالثرموديناميكا، من ناحية أن فعل المراقبة هو بطبيعته عملية لا تُعكَس. 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 ـ إذا ماطرحت في التمثيل الرياضي للظواهر ـ هي نتيجةٌ لمعرفة المراقب غير الكاملة بالنظام، وهي بهذا غير "موضوعية" تماما.

أما صياغة بلوشنزيف للمادة فتختلف قليلاً عنها عند ألكزندروف: "في ميكانيكا الكم نحن لا نصف حال الجسيم ذاته وإنما حقيقة أن الجسيم ينتمي إلى هذا التجمع الاحصائي أو ذاك. وهذا الانتماء موضوعي تماما ولايعتمد على أية تقارير للمراقب". على أن هذه الصياغة تأخذنا بعيدا ـ وربما بعيدا جدا ـ عن الأنطولوجيا المادية. ولكي نوضح هذا ربما كان من المفيد أن نتذكر كيف يستخدم هذا الانتماء إلى تجمع احصائي، في تفسير الثرموديناميكا الكلاسيكية.

إذا ماحدد مراقب درجة حرارة نظام ما، وأراد أن يستنبط من نتائجه شيئا عن الحركات الجزيئية بالنظام، فقد يقول إن النظام هو مجرد عينة واحدة من طاقم مُقَنَّن، ومن ثم فربما اعتَبَر أن له عدة طاقات مختلفة. لكن النظام "فى الواقع" ـ هكذا قد نقول فى الفيزيقا الكلاسيكية ـ له طاقة واحدة محددة فى الوقت المعين، لن تتحقق فيه أى من الطاقات الأخرى. يُخدع المراقب إذا هو اعتبر أن ثمة طاقة أخرى محتملة فى تلك اللحظة. إن الطاقم المقنن يحوى تقارير ليس فقط عن النظام نفسه، وإنما أيضا عن معرفة المراقب غير الكاملة بالنظام. فإذا حاول بلوشنزيف فى نظرية الكم أن يقول عن انتماء ما لتجمُّع إنه "موضوعى تماما"، فإنه يستخدم كلمة "موضوعى" بمعنى يختلف عما تعنيه فى الفيزيقا الكلاسيكية. إذ أن معنى هذا الانتماء فى الفيزيقا الكلاسيكية ـ كما سبق وذكرنا ـ إنما هو تقارير ليس فقط عن النظام وإنما أيضا عن درجة معرفة المراقب بهذا النظام. ثمة استثناء يلزم أن نؤكده بالنسبة لهذا التقرير عن نظرية الكم. فإذا تميز التجمع فى نظرية الكم بدالة موجية واحدة فى فضاء تشكيل (وليس ـ كالعادة ـ بمصفوفة احصائية) فسنقابل وضعا خاصا (يسمى "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 العَكُوسة) 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 فى نظام قديم من المفاهيم ينتمى إلى فلسفة قديمة ـ أو، إذا استخدمنا استعارة قديمة، أن نعبىء نبيذا جديدا فى زجاجات قديمة. فمثل هذه المحاولات عادة ما تكون محزنة. إنها تضللنا فنشغل أنفسنا بالشروخ المحتومة بالزجاجات القديمة وننسى أن نمتع أنفسنا بالنبيذ 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 تتلاءم 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 ـ وهو أن الأخيرة تتعلق بالواقع المادى المباشر للعالم من حولنا فى حين أن موضوع الأولى هو واقع آخر أبعد من العالم المادى ـ هذا الفارق ليس مهما بالنسبة لهذه القضية بالذات. أما ما

يستحق المناقشة فهو مشكلة العقيدة ذاتها. إن المرء ـ بناء على ماقيل ـ ليطلب من العالم ألاّ يركن على الاطلاق إلى مذاهب خاصة، ألاّ يقيد منهجه فى التفكير بفلسفة معينة. عليه أن يكون مستعدا دائما لأن يغير أسس معرفته تبعا للخبرة الجديدة. لكن مثل هذا الطلب سيكون تبسيطا مخلا لوضعنا فى الحياة، لسببين. أولهما أن بنية تفكيرنا تحددها فى شبابنا الأفكارُ التى نصادفها آنئذ، أو الاتصال بشخصيات قوية نتعلم منها. ستشكل هذه البنية جزءا متكاملا من كل أعمالنا التالية، وقد تجعل من الصعب علينا أن نكيف أنفسنا فيما بعد مع أية أفكار جديدة تماما. أما السبب الثانى فهو أننا ننتمى إلى جالية أو مجتمع. هذا المجتمع تجمعه 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 دون صراع مع المجتمع. لكن نتائج التفكير العلمى قد تتعارض مع الأفكار الشائعة. والمؤكد أنه من الحماقة أن نطلب ألاّ يكون العالم عضوا مخلصا بمجتمعه، أن يُحْرم من سعادة الانتماء إلى مجتمع، وسيكون من الحماقة أيضا أن نطلب أن تتغير على الفور أفكار المجتمع الشائعة (وعادة ماتكون تبسيطا، من وجهة النظر العلمية) مع كل تقدم فى المعرفة العلمية، وأن تكون فى مثل التنوع الذى يلزم أن تكون عليه النظريات العلمية. وعلى هذا فإنا نعود ها هنا ـ حتى فى زماننا هذا ـ إلى مشكلة "الحقيقة المزدوجة" التى ملأت تاريخ الديانة المسيحية خلال العصور الوسطى المتأخرة. هناك المذهب القائل "إن الدين الوضعى ـ أيا كان شكله ـ هو ضرورة لا غنى عنها لجماهير الناس، وعلى رجل العلم أن يبحث عن الحقيقة الواقعية خلف الدين، وألاّ يبحث عنها إلاّ هناك". يقولون "إن العلم موضوع الخاصة، إنه للقلة فقط". فإذا أَخَذَت المذاهبُ السياسية والأنشطةُ الاجتماعية دور الدين الوضعى فى بعض الدول، فستبقى المشكلة على حالها. إن أول ما يتطلبه العالم هو الأمانة الفكرية، بينما يتطلب المجتمع من العالم ـ بالنظر الى تنوع العلم ـ 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 تنتمى إلى حياة البشر.

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

التخلي عن مفهوم الواقع بالفيزيقا الكلاسيكية، وعلى هذا فقد التمس تغيير ميكانيكا الكم بطريقة تقترب فيها بنيتها من بنية الفيزيقا الكلاسيكية، مع بقاء الكثير من النتائج صحيحة. كانت نقطة الهجوم هو ما يسمى "اختزال دفقات الموجات" نعني حقيقة أن الدالة الموجية - أو بشكل أعم، دالة الاحتمال - تتغير بشكل متقطع عندما يدرك المراقب نتيجة القياس. لاحظ جانوسي أن هذا الاختزال لا يمكن استنباطه من المعادلات التفاضلية للصورية الرياضية، واعتقد أنه يستطيع من هذا أن يستنتج وجود تناقض ذاتي في التفسير المعتاد. من المعروف جيدا أن "اختزال دفقات الموجات" يظهر دائما في تفسير كوبنهاجن عند تمام التحول من الممكن إلى الواقعي. فجأة تتحول دالة الاحتمال التي تغطي 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 يُحطَّم مايسمى تداخل الاحتمالات (أهم مايميز نظرية الكم من ظواهر) عن طريق تفاعلات النظام غير المعروفة جزئيا واللاعكوسة، مع جهاز القياس وبقية العالم. حاول جانوسي الآن أن يغير ميكانيكا الكم بإدخال مايسمى حدود التضاؤل إلى المعادلات، بطريقة تختفي معها تلقائيا حدود التداخل بعد زمن متناه. وحتى لو كان هذا يناظر الواقع - وليس من سبب يدعو لهذا في التجارب التي أجريت - فسيبقى لمثل هذا التفسير عدد من النتائج المزعجة، كما أشار جانوس نفسه (على سبيل المثال: الموجات التي تنتشر بسرعة تفوق سرعة الضوء، تبادل التعاقب الزمني للسبب والنتيجة... إلخ). وعلى هذا يصعب أن نقبل التضحية ببساطة نظرية الكم من أجل مثل هذه النظرة، إلا إذا أجبرتنا التجارب على ذلك.

مِنْ بين مَنْ بقي من معارضي مايسمى أحيانا التفسير "الأرثوذكسي" لنظرية الكم، اتخذ شرودنجر موقعا فريدا لأنه ينسب "الواقع الموضوعي" ليس إلى الجسيمات وإنما إلى الموجات، ولأنه ليس مستعدا لتفسير الموجات على أنها "موجات احتمال فقط". في عمل له تحت عنوان "أثمة قفزات كم؟" حاول أن ينكر وجود قفزات كماتية على الاطلاق (ربما ارتبنا في صلاحية مصطلح "قفزة كم" في هذا الموقع واستبدلنا بها مصطلحا أقل اثارة هو "اللااستمرارية"). يوجد بعمل شرودنجر، بادىء ذي بدء، بعض من عدم التفهم للتفسير المعتاد. إنه يغفل حقيقة أن الموجات في فضاء التشكيل (أو "مصفوفات التحويل") هي، وهي فقط، موجات احتمال بالتفسير المعتاد، أما موجات الإشعاع أو موجات المادة، ثلاثية الأبعاد، فهي 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 كهرومغنطيسى فى نظرية ماكسويل. وعلى هذا فقد أكد شرودنجر أنه من الممكن تصور أن العمليات فى هذه النقطة أكثرُ استمرارية مما هى فى المعتاد. لكن هذا التفسير لايمكن أن يزيل عامل اللا استمرارية الذى نجده فى كل مكان بالفيزياء الذرية، وتشهد كل شاشة وميض أو عداد جايجر بوجود هذا العنصر على الفور. وهو موجود بالتفسير المعتاد لنظرية الكم فى التحول من الممكن إلى الواقعى. لم يقدم شرودنجر ذاته أى اقتراح مضاد عن الكيفية التى ينوى بها تقديم عنصر اللا استمرارية، الملحوظ فى كل مكان، بأسلوب يختلف عن أسلوب التفسير المعتاد.

وأخيرا فإن النقد الذى ظهر فى العديد من أبحاث آينشتين ولاوه وغيرهما يركز على قضية ما اذا كان تفسير كوبنهاجن يسمح بوصف متفرد موضوعى للحقائق الفيزيائية. يمكن أن نعرض حججهم الجوهرية فيما يلى: إن البرنامج الرياضى 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 مايحدث واقعيا وصفا مستقلا عن الملاحظات أو بين الملاحظات. لكن شيئا ما لابد أن يحدث، هذا أمر لا يمكن الشك فيه. وهذا الشىء 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. لابد للفيزيائى أن يسلم أنه فى علمه إنما يدرس عالما لم يصنعه هو، عالما سيوجد دون تغير يذكر فى غير وجوده. وعلى هذا فإن تفسير كوبنهاجن لا يقدم أى تفهم حقيقى للظواهر الذرية.

يسهل مرة أخرى أن نرى أن مايتطلبه 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. وأى صورة للتفهم ـ علمية كانت أو غير علمية ـ إنما تعتمد على لغتنا، على تبادل الأفكار. إن كل وصف للظواهر، للتجارب ونتائجها، يرتكز على اللغة كسبيل أوحد للاتصال. وكلمات هذه اللغة تمثل مفاهيم الحياة اليومية، وهى مفاهيم هُذّبت فى اللغة العلمية للفيزياء إلى صورة مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية. هذه المفاهيم هى الأدوات الوحيدة لاتصال لايشوبه غموض حول الوقائع، حول إقامة التجارب وحول نتائجها. وعلى هذا فاذا ماسئل الفيزيائى أن يقدم وصفا لما يحدث واقعيا فى تجاربه، فإن كلمات "وصفا" و "يحدث" و "واقعيا" لا تشير إلا إلى مفاهيم الحياة

اليومية أو الفيزياء الكلاسيكية. فإذا ماتخلى الفيزيائى عن هذا الأساس، فقد وسيلة الاتصال غير الغامض، فلا يستطيع المضى فى عمله. وعلى هذا فإن أى تقرير عما قد "حدث واقعيا" هو تقرير صيغ فى لغة المفاهيم الكلاسيكية، وهو بطبيعته ناقص بالنسبة لتفاصيل الوقائع الذرية - بسبب الثرموديناميكية والعلاقات اللامحققية. إن سؤالنا أن "نَصِفَ مايحدث" (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 كوبنهاجن لنظرية الكم ليس على الإطلاق وضعيا. فبينما تركز الوضعية على أن عناصر الواقع هى الادراكات الحسية للمراقب، فإن تفسير كوبنهاجن يعتبر الأشياء والعمليات التى يمكن وصفها بلغة المفاهيم الكلاسيكية، نعنى الواقعية، أساسا 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 استقراء نوع الوجود، "الحقيقة الواقعة" للعالم من حولنا. غير أن هذا الاستقراء مستحيل.

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