٦

علاقة نظرية الكم بغيرها من فروع العلوم الطبيعية

سبق أن ذكرنا أن مفاهيم العلوم الطبيعية يمكن أن تعرَّف بدقة بالنسبة للعلاقات فيما بينها. اتضحت هذه الامكانية لأول مرة فى كتاب "المبادىء" لنيوتن، وبسببها بالتحديد كان لعمل نيوتن هذا، تلك الآثار الهائلة على كل تطور العلوم الطبيعية فى القرون التالية. ابتدأ نيوتن كتابه بمجموعة من التعريفات والبديهيات متشابكة بطريقة تُشكل معها مايمكن أن نسميه "النظام المغلق". من الممكن أن يُمَثَّل كل مفهوم برمز رياضى، لتُمثَّل العلاقات بين المفاهيم المختلفة بمعادلات رياضية تستخدم فيها هذه الرموز. وتتكفل الصورة الرياضية للنظام بعدم حدوث تناقضات به. بهذه الوسيلة تُمَثَّل الحركات المختلفة للأجسام تحت تأثير القوى الفعالة، بالحلول الممكنه لهذه المعادلات. يؤخذ نظام التعريفات والبديهات الذى يمكن أن يكتب فى صورة مجموعة من المعادلات الرياضية، يؤخذ على أنه وصف لبنية أزلية للطبيعة، لايتوقف على مكان معين أو زمن بذاته.

والارتباط بين المفاهيم المختلفة بالنظام شديد للغاية، حتى ليستحيل عموما أن نغير أيًا منها دون أن نفسد النظام بأكمله.

لهذا السبب اعتُبر نظام نيوتن، ولفترة طويلة، نظاما نهائيا. وأصبحت مهمة العلماء فى الفترة التالية هى مجرد توسيع نطاق ميكانيكا نيوتن إلى مجالات من الخبرة أوسع. والواقع أن علم الفيزياء قد تطور بهذه الطريقة لفترة تبلغ نحو قرنين.

يستطيع المرء أن يتحول من نظرية الكتلة إلى ميكانيكا الأجسام الجامدة، إلى الحركة الدوارة، ويمكنه أن يعالج الحركات المتصلة لسائل أو الحركات المتذبذبة لجسم مرن. كل هذه الأجزاء من الميكانيكا أو الديناميكا قد تطورت بالتدريج فى علاقة وثيقة مع تطور الرياضيات، لاسيما حساب التفاضل، ثم ان النتائج قد اختبرت بالتجارب. أصبحت الصوتيات وديناميكا السوائل جزءا من الميكانيكا. ثمة علم آخر، هو علم الفلك، كان لتطبيق ميكانيكا نيوتن به شأن واضح. لقد أدت التحسينات التى أدخلت على المناهج الرياضية، بالتدريج، إلى تقديرات أدق وأدق لحركات الكواكب وتأثيراتها المتبادلة. وعندما اكتُشفت ظاهرتا الكهرباء والمغنطيسية، قورنت القوي الكهربية والمغنطيسية بقوى الجاذبية، ثم درست آثارهما على حركة الأجسام على هُدى ميكانيكا نيوتن. وأخيرا، وفى القرن التاسع عشر، أمكن اخضاع حتى نظرية الحرارة إلى الميكانيكا، عندما افتُرض أن الحرارة فى الواقع تتكون من حركات احصائية معقدة لأصغر أجزاء المادة. وبتجميع مفاهيم النظرية الرياضية للاحتمالات مع مفاهيم ميكانيكا نيوتن، تمكن كلوسيوس وجيبس وبولتسمان من أن يوضحوا أن القوانين الأساسية لنظرية الحرارة يمكن أن تُفَسَّر كقوانين احصائية تنتج عن ميكانيكا نيوتن عند تطبيقها على نظم ميكانيكية غاية فى التعقيد.

أنجز البرنامج الذى أقامته ميكانيكا نيوتن، وحتى هذه المرحلة، نجاحات صلبة، وقاد إلى تفهم مدى واسع من الخبرات. ظهرت أولى الصعوبات فى مناقشات المجال الكهرومغنطيسى بأبحاث فاراداى وماكسويل. فقوى الجاذبية فى ميكانيكا نيوتن تعتبر من المعطيات، وليست موضوعا يخضع لدراسات نظرية تُجرى. لكن مجال القوة نفسه أصبح فى أبحاث فاراداى وماكسويل موضوعَ الاستقصاء. أراد الفيزيائيان أن يعرفا كيف يتباين مجال القوة هذا كدالة للمكان والزمن. وبذا حاولا أن يضعا معادلات لحركة المجالات، ليست أساسا للأجسام التى تعمل عليها المجالات. ولقد عاد بهما هذا التغيير إلى وجهة نظر اعتنقها العديد من العلماء قبل نيوتن، تقول إن الفعل - على مابدا لهم - يمكن أن ينتقل من جسم إلى آخر، فقط إذا تلامس الجسمان - بالاصطدام مثلا أو بالاحتكاك. قدم نيوتن فرضا جديدا جدا وغريبا عندما افترض قوةً تعمل عبر مسافة طويلة. عدنا الآن فى نظرية مجالات القوى إلى الفكرة القديمة - القائلة إن الفعل ينتقل من نقطة إلى أخرى مجاورة - وذلك فقط بوصف سلوك المجال فى صورة معادلات تفاضلية. ولقد ثبت أن هذا بالفعل ممكن، ومن ثم فقد بدا الوصف الذى قدمته معادلات ماكسويل للمجالات الكهرومغنطيسية، بدا حلا مرضيا لمشكلة القوة. لقد غيرنا بالفعل

برنامج ميكانيكا نيوتن. فالبديهات والتعريفات التى قدمها نيوتن كانت تطبق على الأجسام وعلى حركتها. أما عند ماكسويل فقد بدت مجالات القوى وقد اكتسبت نفس درجة الواقعية التى تتمتع بها الأجسام فى نظرية نيوتن. طبيعى ألاَّ نتوقع أن تُقبل هذه الصورة بسهولة. ولكى نتجنب مثل هذا التغير فى مفهوم الواقع بدا من الملائم أن نقارن المجالات الكهرومغنطيسية بمجالات تَشَوُّه المرونة أو الإجهاد ـ موجات ضوء نظرية ماكسويل بموجات الصوت فى الأجسام المرنة. وعلى هذا فقد اعتقد العديد من الفيزيائيين بأن معادلات ماكسويل تشير إلى تشوه وسط مرن، أُطلق عليه اسم الأثير، ولقد مُنح الوسط هذا الاسم ليعنى وسطا خفيفا دقيقا يخترق المادة دون أن يُرى أو يُحس. على أن هذا التفسير لم يكن مرضيا تماما، لأنه لا يفسر الغياب الكامل لأى موجات ضوء طولية.

وأخيرا بَيَّنَت نظريةُ النسبية، التى سنناقشها فى الفصل التالى، وبطريقة حاسمة أننا لابد أن نتخلى عن مفهوم الأثير كجوهر، وهو المفهوم الذى تشير إليه معادلات ماكسويل. لايمكننا أن نناقش السجج هنا، لكن النتيجة كانت: ضرورة اعتبار المجالات واقعا مستقلا.

ثمة نتيجة أخرى أكثر إثارة للفزع جاءت عن نظرية النسبية الخاصة، هى اكتشاف خصائص جديدة للمكان والزمان، أو ـ فى الواقع ـ اكتشاف علاقة بين المكان والزمان لم تكن معروفة قبلا ولا توجد فى ميكانيكا نيوتن.

وتحت تأثير هذا الوضع الجديد تماما، وصل الكثير من الفيزيائيين إلى الاستنباط التالى، إن يكن متسرعا بعض الشىء: لقد ثبت أخيرا بطلان ميكانيكا نيوتن. إن الواقع الأولى هو المجال لا الجسم. إن الوصف الصحيح للمكان والزمان يأتى عن صيغ لورنتس وآينشتين، لا عن بديهيات نيوتن. تقدم ميكانيكا نيوتن تقديرات تقريبية جيدة فى حالات كثيرة، ولقد أصبح من الضرورى الآن أن تُحسَّن لتعطى وصفا أكثر دقة للطبيعة.

إن مثل هذا التعبير من وجهة النظر التى توصلنا إليها أخيرا فى نظرية الكم، هو وصف فقير للغاية للوضع الفعلى. فهو أولا يتجاهل حقيقة أن معظم التجارب التى تُقَاس بها المجالات، هى تجارب ترتكز على ميكانيكا نيوتن. ثم ان ميكانيكا نيوتن لايمكن أن تُحَسَّن، إن مانستطيعه هو أن نستبدل بها شيئا مختلفا تماما!

علَّمنا تطور نظرية الكم أن الأفضل أن يصف المرء الوضع كما يلى: حيثما يمكن استخدام مفاهيم ميكانيكا نيوتن فى وصف الوقائع بالطبيعة، تكون القوانين التى صاغها نيوتن صحيحة

تماما ولا يمكن تحسينها. لكن الظواهر الكهرومغنطيسية لايمكن أن توصف كما يجب باستخدام مفاهيم ميكانيكا نيوتن، وعلى هذا فإن التجارب فى المجالات الكهرومغنطيسية والموجات الضوئية، ومعها تحليلها النظرى الذى قدمه ماكسويل ولورنتس وآينشتين، هذه التجارب قد قادت إلى نظام جديد مغلق من التعريفات والبديهات ومن المفاهيم، يمكن التعبير عنه برموز رياضية، نظام مترابط تماما مثل نظام ميكانيكا نيوتن، لكنه يختلف عنه اختلافا جوهريا.

وعلى هذا، فلابد أن تتغير حتى الآمال التى صاحبت أعمال العلماء منذ نيوتن. الواضح أن التقدم فى العلم لايمكن دائما أن يحقّق باستخدام المعروف من قوانين الطبيعة فى تفسير الظواهر الجديدة. فالظواهر الجديدة فى بعض الحالات التى فُحصت لايمكن تفهمها إلا بمفاهيم جديدة صيغت لتلائمها، مثلما صيغت مفاهيم نيوتن لتلائم الوقائع الميكانيكية. يمكن بعدئذ أن تربط هذه المفاهيم الجديدة فى نظام مغلق وأن يُعَبَّر عنها برموز رياضية. لكن، إذا ماتقدمت الفيزياء - أو العلوم الطبيعية على وجه العموم - بهذه الطريقة، فسيبزغ السؤال: ماهى العلاقة بين الزُّمر المختلفة من المفاهيم؟ إذا ظهرت مثلا نفس المفاهيم أو الكلمات فى زمرتين مختلفتين وَعُرِّفت بشكل مختلف فى السياق وفى التعبير الرياضى، فبأى معنى تمثل المفاهيم الواقع؟

ظهرت هذه المشكلة فور اكتشاف نظرية النسبية الخاصة. فمفهوما المكان والزمان ينتميان إلى كل من ميكانيكا نيوتن ونظرية النسبية. لكن المكان والزمان فى ميكانيكا نيوتن مفهومان مستقلان عن بعضهما، أما فى نظرية النسبية فهما مرتبطان بتحويل لورنتس. فى هذه الحالة الخاصة يمكن للمرء أن يوضح أن تقارير نظرية النسبية تقترب من تقارير ميكانيكا نيوتن عندما تكون كل السرعات بالنظام أقل كثيرا من سرعة الضوء. من هذا يمكن أن نستنتج أن مفاهيم ميكانيكا نيوتن لا يمكن أن تطبق على أى واقعة تتضمن سرعات تقترب من سرعة الضوء. بذلك وجدنا أخيرا حدودا مميزة لميكانيكا نيوتن لم نكن لنراها لا من زمرة المفاهيم المترابطة ولا من الملاحظات البسيطة للنظم الميكانيكية.

وعلى هذا فإن العلاقة مابين زمرتين مختلفتين من زمر المفاهيم يتطلب دائما استقصاء دقيقا جدا. وقبل أن ندلف إلى مناقشة عامة حول بنية أى من مثل هذه الزمر المغلقة المتماسكة من المفاهيم، وحول علاقاتها الممكنة، سنقدم وصفا مختصرا لما عُرِف الآن فى الفيزياء من هذه الزمر. يمكننا أن نميز أربعة نظم بلغت بالفعل صورها النهائية.

ولقد ناقشنا بالفعل المجموعة الأولى. زمرة ميكانيكا نيوتن. لقد صيغت لتلائم وصف كل النظم الميكانيكية، وحركة السوائل، والتذبذب المرن للأجسام. وهى تشمل علوم الصوتيات والاستاتيكا والديناميكا الهوائية.

أما النظام المغلق الثانى من المفاهيم فقد تشكل خلال القرن التاسع عشر فى ارتباط مع نظرية الحرارة. وبالرغم من أنه قد أمكن فى النهاية ربط نظرية الحرارة بالميكانيكا من خلال تطوير الميكانيكا الاستاتيكية، فلن يكون من الواقعى أن نعتبرها جزءا من الميكانيكا. والواقع أن نظرية الحرارة الظاهراتية تستخدم عددا من مفاهيم لانظير لها فى فروع أخرى من الفيزياء، مفاهيم مثل: الحرارة، والحرارة النوعية، والانتروبيا، والطاقة الحرة... إلخ. فإذا كنا نستطيع من هذا الوصف الظاهراتى أن ننتقل إلى التفسير الاحصائى، بأن نعتبر الحرارة طاقة تتنوع احصائيا بين العدد الكبير جدا من درجات الحرّية الراجع إلى التركيب الذرى للمادة، عندئذ لن يكون ارتباط الحرارة بالميكانيكا بأكثر من ارتباطه بالديناميكا الكهربية أو غيرها من أقسام الفيزياء. والمفهوم المحورى لهذا التفسير هو مفهوم الاحتمال، الوثيق الصلة بمفهوم الانتروبيا فى النظرية الظاهراتية. أضف إلى ذلك المفهوم أن النظرية الاحصائية للحرارة تتطلب مفهوم الطاقة. لكن أى زمرة متماسكة من البديهيات والمفاهيم فى الفيزياء ستحوى بالضرورة مفاهيم الطاقة وكمية الحركة وكمية الحركة الزاوية والقانون الذى تُحفظ به هذه المقادير تحت شروط معينة. وهذا صحيح بالضرورة إذا ماكانت الزمرة المتماسكة قد قصد بها وصف ملامح للطبيعة معينة صحيحة فى كل وقت وفى كل مكان، نقصد ملامح لا تعتمد على المكان أو الزمان، أو - كما يقول الرياضيون - ثابتة تحت التحولات التحكمية فى المكان والزمان، والدورانات فى المكان، وتحويل جاليليو (أو لورنتس). وعلى هذا فمن الممكن أن توحد نظرية الحرارة مع أىّ من نظم المفاهيم الأخرى.

نشأ النظام المغلق الثالث من المفاهيم والبديهيات من ظاهرتى الكهرباء والمغنطيسية، وبلغ صورته النهائية فى العقد الأول للقرن العشرين من خلال أعمال لورنتس وآينشتين ومينكوفسكى. وهو يضم الديناميكا الكهربية، والنسبية الخاصة، والبصريات، والمغنطيسية، وقد نضيف نظرية ده برولى عن موجات المادة لكل الضروب المختلفة من الجسيمات الأولية. لكنه لا يضم النظرية الموجية لشرودنجر.

وأخيرا فإن النظام الرابع هو أساسا نظرية الكم كما شرحت فى أول فصلين من هذا الكتاب. والمفهوم المحورى هو دالة الاحتمال، أو "المصفوفة الاحصائية" كما يسميها الرياضيون. وهو يضم ميكانيكا الكم، والميكانيكا الموجية، ونظرية الطيف الذرى، والكيمياء، ونظريةً لخصائص أخرى للمادة مثل الموصلية الكهربية والفِرّيمغنطيسية.

يمكن أن نبين العلاقات بين هذه الزمر الأربع فى الشكل التالى: الزمرة الأولى مُضَمَّنَة فى الثالثة كحالة حدية عندما تعتبر سرعة الضوء كبيرة إلى أبعد حد، وهى مُضَمَّنَة أيضا فى الرابعة كحالة حدية عندما نعتبر ثابت بلانك صغيرا إلى أبعد حد. والزمرة الأولى وبعض الثالثة ينتميان إلى الرابعة كوضع قَبْلى لوصف التجارب. ويمكن أن تُربط الثانية بأى من الثلاث الأخريات، وإن كانت علاقتها بالرابعة ذات أهمية خاصة. والوجود المستقل للثالثة والرابعة يقترح وجود مجموعة خامسة تعتبر الأولى والثالثة والرابعة حالات حدية لها. ربما توصلنا يوما إلى هذه المجموعة الخامسة مرتبطة بنظرية الجسيمات الأولية.

أسقطنا من هذه القائمة مجموعة المفاهيم المرتبطة بنظرية النسبية العامة، فقد لا تكون قد بلغت بعد صورتها النهائية. لكن علينا أن نؤكد أنها تختلف بلا ريب عن الزمر الأربع الأخرى.

بعد هذا العرض السريع، ربما عدنا إلى السؤال الأكثر عمومية عما يجب أن نعتبره ملمحاً لمثل هذا النظام المغلق من البديهيات والتعريفات. ربما كان أهم الملامح هو إمكانية العثور على تعبير رياضى متماسك له. وهذا التعبير لابد أن يَضْمَن ألاَّ يحتوى النظام على أية تناقضات. ثم أنه لابد أن يكون ملائما لوصف مجال واسع من الخبرة. والتنوع الهائل من الظواهر لابد أن يناظر العدد الكبير من حلول المعادلات فى التعبير الرياضى. ولا يمكن على العموم أن نستنبط من المفاهيم مدى محدودية المجال، فالمفاهيم لا تُعَرَّف بشكل دقيق بالنسبة لعلاقتها بالطبيعة، برغم التحديد الصارم لارتباطاتها الممكنة. وعلى هذا فإنا سنعرف الحدود من الخبرة، من حقيقة أن المفاهيم لا تسمح بوصف كامل للظواهر الملحوظة.

بعد هذا التحليل الموجز لبنية الفيزياء اليوم، يمكننا الآن أن نناقش العلاقة بين الفيزياء وبين غيرها من فروع العلوم الطبيعية. لعل الكيمياء هى أقرب جيران الفيزياء. والواقع أن هذين العلْمين قد وصلا من خلال نظرية الكم إلى اتحاد كامل. لكنهما كانا منفصلين كثيرا منذ مائة عام. كان منهجاهما فى البحث مختلفين تماماً، ولم يكن لمفاهيم الكيمياء فى ذلك الوقت

ماينا ظرها في الفيزياء. فالتكافؤ والفاعلية والقابلية للذوبان والتطايرية هي مفاهيم ذات خصائص تغلب عليها الوصفية، وكان من الصعب ادراج الكيمياء بين العلوم المضبوطة. وعندما طُورت نظرية الحرارة على أواسط القرن الماضي بدأ العلماء في تطبيقها على العمليات الكيماوية. ومنذ ذلك الحين أصبح البحث العلمي في هذا المجال وقد حكمه الأمل في اختزال قوانين الكيمياء إلى ميكانيكا الذرات. على أنه من الواجب أن نؤكد أن هذا لم يكن ممكنا داخل هيكل الميكانيكا النيوتونية. فلكي نصل إلى وصف كمي لقوانين الكيمياء، علينا أن نصوغ نظاما من المفاهيم أرحبَ للفيزياء الذرية. ولقد أنجزت نظرية الكم هذا في نهاية المطاف، وهي النظرية التي تتجذر في الكيمياء مثلما تتجذر في الفيزياء الذرية. هنا غدا من اليسير أن نرى أنه لم يكن من المستطاع اختزال قوانين الكيمياء إلى الميكانيكا النيوتونية للجسيمات الذرية، لأن سلوك العناصر الكيماوية كان يفصح عن درجة من الثبات لا تتوفر في النظم الميكانيكية على الاطلاق. ولم تفهم هذه النقطة تماما إلى أن ظهرت نظرية بوهر للذرة عام ١٩١٣. ولقد يمكن القول إن مفاهيم الكيمياء في نهاية الأمر هي مفاهيم متممة - جزئيا - للمفاهيم الميكانيكية. فإذا عرفنا أن ما يحدد الخصائص الكيماوية للذرة هو أدنى الحالات الموقوفة لها، فلن نستطيع في نفس الوقت أن نتحدث عن حركة الإلكترونات في الذرة.

والعلاقة الحالية بين البيولوجيا من ناحية وبين الفيزياء والكيمياء من ناحية أخرى، قد تكون شبيهة جدا بالعلاقة بين الكيمياء والفيزياء منذ مائة عام. تختلف مناهج البيولوجيا عن مناهج الفيزياء والكيمياء، والمفاهيم البيولوجية النموذجية لها طبيعة تغلب عليها الوصفية مقارنة بمفاهيم العلوم المضبوطة. فليس ثمة نظير في الفيزياء والكيمياء لمفاهيم مثل الحياة، العضو، الخلية، وظيفة العضو، الإدراك الحسي. من ناحية أخرى سنجد أن معظم التقدم الذي تم في البيولوجيا خلال المائة عام الماضية قد جاء عن تطبيق الفيزياء والكيمياء على الكائنات الحية. ثم إن هدف البيولوجيا في زماننا هذا هو تفسير الظواهر البيولوجية على أساس القوانين الفيزيائية والكيميائية المعروفة. مرة أخرى يبزغ التساؤل عما إذا كان لهذا الأمل مايبرره.

ومثلما كان الوضع في الكيمياء، تعلّمنا الخبرة البيولوجية البسيطة أن الكائنات الحية تكشف عن درجة من الثبات لايمكن بالتأكيد أن تمتلكها البنى العامة المعقدة المؤلفة من أنماط عديدة من الجزيئات حسب القوانين الفيزيائية والكيميائية وحدها. وعلى هذا فثمة مايلزم اضافته إلى قوانين الفيزياء والكيمياء قبل أن نصل إلى تفهم كامل للظواهر البيولوجية.

ثمة فكرتان مختلفتان تماما فى هذا الخصوص نوقشتا كثيرا فى المجال البيولوجى. الأولى هى نظرية التطور لداروين وعلاقتها بالوراثة الحديثة. تقول هذه النظرية إن المفهوم الوحيد الذى يلزم إضافته إلى مفاهيم الفيزياء والكيمياء حتى يمكن تفهم الحياة هو مفهوم التاريخ. إن الفترة الزمنية الهائلة التى تبلغ نحو أربعة آلاف مليون سنة والتى مرت منذ نشأة الأرض، هذه الفترة قد منحت الطبيعة امكانية تجريب تنوعات تكاد لا تُحَدّ من تراكيب مجاميع الجزيئات. من بين هذه التراكيب كان ثمة عدد تمكّن من نسخ نفسه باستخدام مجاميع أصغر من المادة المحيطة. تمكنت مثل هذه التراكيب إذن من التكاثر بأعداد كبيرة. ثم ان التغيرات العَرَضية فى التركيب قد وفرت بدورها قدرا إضافيا من التراكيب. وكان أن تنافست التركيبات المختلفة على المادة المتوفرة فى البيئة المحيطة. بهذه الطريقة، من خلال "البقاء للأصلح"، حدث تطور الكائنات الحية فى نهاية المطاف. لاشك أن هذه النظرية تحمل قدرا كبيرا من الحقيقة، ويدعى الكثير من البيولوجيين أن اضافة مفهومى التاريخ والتطور ستكون كافية تماما لتفسير كل الظواهر البيولوجية. ثمة حجة كثيرا ماتطرح فى تعضيد هذه النظرية، هى صحة قوانين الفيزياء والكيمياء دائماً حيثما اختبرت فى الكائنات الحية. يبدو بالتأكيد أن ليس ثمة مكان لاستدعاء "قوة حيوية" تختلف عن قوى الفيزياء.

من ناحية أخرى، فإن هذه الحجة بالذات هى التى فقدت الكثير من أهميتها بسبب نظرية الكم. فلما كانت مفاهيم الفيزياء والكيمياء تشكل زمرة مغلقة متماسكة - نعنى زمرة نظرية الكم - فمن الضرورى، حيثما يمكن استخدامها فى وصف الظواهر، أن تسرى أيضا القوانين المرتبطة بها. وعلى هذا، فحيثما نعامل الكائنات الحية كنظم فزيا كيماوية: فمن الضرورى أن تتصرف هكذا. أما السؤال الوحيد الذى نستطيع منه أن نعرف شيئا عن كفاية هذه الفكرة الأولى فهو ما إذا كانت المفاهيم الفزياكيماوية تسمح بوصف كامل لهذه الكائنات. والبيولوجيون الذين أجابوا بالنفى على هذا السؤال يعتنقون عموما الفكرة الثانية، التى علينا الآن أن نعرضها.

ربما أمكننا أن نعرض الفكرة الثانية فى الصورة التالية: يصعب جدا أن نرى كيف يمكن لمفاهيم كالإدراك الحسى، ووظيفة العضو، والعاطفة، كيف لها أن تكون جزءا من زمرة متماسكة من مفاهيم نظرية الكم مضافا إليها مفهوم التاريخ. غير أن هذه المفاهيم من ناحية أخرى ضرورية للوصف الكامل للحياة، حتى لو استثنينا الآن جنس البشر لأنه يثير مشاكل

جديدة أبعد من البيولوجيا. وعلى هذا فقد يكون من الضرورى لتفهم الحياة أن نمضى لأبعد من نظرية الكم ونقيم زمرة جديدة متماسكة من المفاهيم، تكون الفيزياء لها بمثابة "الحالات الحدية". ولقد يكون التاريخ جزءا جوهريا منها، وستنتمى إليها أيضا مفاهيم كالإدراك الحسى والتكيف والعاطفة. فإذا كان هذا الرأى صحيحا فإن تجميع نظرية داروين والفيزياء والكيمياء لن يكفى لتفسير الحياة العضوية، لكنا سنستطيع أن نعتبر الكائنات الحية - ولحد كبير - نظماً فزياكيماوية - أو آلات كما يقول ديكارت ولابلاس - وأنها ستستجيب أيضا هكذا إذا عوملت هكذا. يمكننا فى نفس الوقت أن نفترض، مثلما فعل بوهر، أن معرفتنا بأن الخلية حية، قد تكون متممة للمعرفة الكاملة بتركيبها الجزيئى. ولما كنا لن نصل إلى المعرفة الكاملة لهذا التركيب إلا بتحطيم حياة الخلية، فمن الممكن منطقيا أن تَحُولَ الحياة دون التحديد الكامل للتركيب الفزياكيماوى التحتى. وحتى إذا اعتنقنا الفكرة الثانية هذه، فإنا قد لا نزكى للبحث البيولوجى منهجا آخر غير ماأتبع خلال العقود الماضية: محاولة تفسير أكبر قدر ممكن على أساس القوانين الفزياكيماوية المعروفة، ووصف سلوك الكائنات بدقة دون أى تحيزات نظرية.

والأولى من هاتين الفكرتين هى الأكثر شيوعا بين البيولوجيين المعاصرين، وإن كانت الخبرة المتاحة فى الوقت الحاضر لا تكفى بالقطع للمفاضلة بين الاثنتين. أما تفضيل الكثير من البيولوجيين للفكرة الأولى فقد يرجع إلى القسمة الديكارتية التى تغلغلت فى أعماق الذهن البشرى خلال القرون الماضية. فلما كان "الشىء المفكر" يقتصر على البشر، على "الأنا"، فليس للحيوانات إذن روح، هى تنتمى بالكامل إلى "الشىء الممتد". وعلى هذا فمن الممكن أن تُفهم الحيوانات - هكذا يمضى الجدل - تماما مثلما المادة عموما، ويلزم أن تكفى لتفسير سلوكها قواعدُ الفيزياء والكيمياء ومعها مفهوم التاريخ. فإذا ما استحضرنا "الشىء المفكر"، عندئذ فقط يظهر وضع جديد يتطلب مفاهيم جديدة تماما. لكن القسمة الديكارتية هى إفراط خطر فى التبسيط حتى ليصبح من المحتمل جدا أن تكون الفكرة الثانية هى الصحيحة.

وبعيدا عن هذا السؤال - الذى لا يمكننا بعد أن نحسمه - سنجد أننا لا نزال بعيدين جدا عن مثل هذه الزمرة المتماسكة المغلقة من المفاهيم لوصف الظواهر البيولوجية. إن درجة التعقيد فى البيولوجيا مثبطة لدرجة لا نتمكن معها فى ا لوقت الحاضر أن نتخيل أية مجموعة من المفاهيم يمكن أن تحدَّدَ فيها الارتباطات بدقةٍ تسمح بالتعبير الرياضى عنها.

فإذا مضينا عبر نطاق البيولوجيا وأضفنا السيكولوجيا فى نقاشنا، فليس ثمة أدنى شك فى أن مفاهيم الفيزياء والكيمياء والتطور جميعا لن تكفى لوصف الحقائق. هنا سنجد أن ظهور نظرية الكم قد غير موقفنا عما كان عليه بالقرن التاسع عشر. فى تلك الحقبة كان ثمة من العلماء مَنْ يميل إلى الاعتقاد بإمكان تفسير الظواهر السيكولوجية على أساس من فيزياء وكيمياء المخ. وليس ثمة مبرر لمثل هذا الافتراض من وجهة النظر الكماتية ـ النظرية. ليس لنا أن نتوقع أن تكفى هذه لتفسيرها، بالرغم من أن الوقائع الفيزيائية بالمخ تنتسب إلى الظواهر النفسية. إننا لانشك أبدا فى أن المخ يعمل كآلية سيكوكيماوية إذا اعتُبِر هكذا، لكن تفسير الظواهر النفسية يتطلب أن نبدأ من حقيقة أن الذهن البشرى يدخل كموضوع وكذات فى العملية العلمية للسيكولوجيا.

فإذا عدنا لننظر فى الزُّمَر المختلفة من المفاهيم التى تشكلت فى الماضى أو التى قد تتشكل فى المستقبل، فى محاولة أن نجد بالعلم سبيلا خلال العالم، فسنجد أنها تبدو وكأنْ قد أملاها الدور المتعاظم الذى يلعبه العامل الذاتى فى الزمرة. من الممكن أن تؤخذ الفيزياء الكلاسيكية على أنها الصورة المثالية التى نتحدث بها عن العالم وكأنه منفصل تماما عنا. والزمر الثلاث الأولى تناظر هذا التصور المثالى. والزمرة الأولى وحدها تمتثل تماماً، "للقَبْلِيَّة" فى فلسفة كانط. أما الزمرة الرابعة ـ زمرة نظرية الكم ـ فيُجْلب فيها الانسان كموضوع للعلم، من خلال الأسئلة التى توجَّه للطبيعة فى الصيغ القَبْلية للعلم البشرى. إن نظرية الكم لا تسمح بالوصف الموضوعى الكامل للطبيعة. ولقد يكون من المهم للتوصل إلى تفهم كامل فى البيولوجيا أن يكون واضع الأسئلة هو نوع الانسان، الذى ينتمى هو نفسه إلى جنس الكائنات الحية ـ نعنى أننا نعرف بالفعل ماذا تكون الحياة حتى قبل أن نتمكن من تعريفها علميا. لكن، ربما كان من غير الجائز ألاّ ندلف إلى هذه التأملات عن التركيب المحتمل لزمرِ مفاهيم لم تتشكل بعد.

فإذا ما قارنّا هذا النظام بالتصنيفات الأقدم التى ظهرت فى المراحل الأسبق للعلوم الطبيعية، فسنرى أننا الآن قد قسمنا العالم ليس إلى مجاميع مختلفة من المواضيع، وإنما إلى مجاميع مختلفة من العلاقات. كنا مثلا فى العصور القديمة للعلم نميز كمجاميع مختلفة: المعادن، والنباتات، والحيوانات، والبشر. كانت هذه المجاميع تعتبر ذات طبيعة مختلفة، مصنوعة من مواد مختلفة، وسلوكها تحدده قوى مختلفة. لكنا نعرف الآن أنها جميعا ـ المعادن كما

الحيوان كما النبات - تتكون من نفس المادة، نفس المركبات الكيماوية المختلفة، كما أن القوى التى تعمل بين الأجزاء المختلفة للمادة هى فى نهاية المطاف واحدة بها جميعا. أما ما يمكن تمييزه فهو نوع العلاقة ذات الأهمية فى ظاهرة معينة. فعلى سبيل المثال، عندما نتكلم عن فعل القوى الكيماوية، فإننا نعنى نوعا من العلاقة أكثر تعقيدا من ميكانيكا نيوتن، أو تختلف عنها على أية حال. يبدو العالم بذلك نسيجا معقدا من الوقائع، تتناوب فيه العلاقات من كل نوع، أو تتراكب أو تتجمع، وبذلك تُحدد بنية الكل.

وحيثما نعبر عن مجموعة من العلاقات بزمرة مغلقة متماسكة من المفاهيم والبديهات والتعريفات والقوانين - والتى نعبر عنها هى الأخرى ببرنامج رياضى - فإنا بذلك نكون قد عزلنا، بغرض التوضيح، هذه المجموعة من العلاقات ووضعناها فى صورة مثالية، لكنا حتى لو توصلنا بهذه الطريقة إلى التوضيح الكامل، فلن نعرف مدى دقة زمرة المفاهيم هذه فى وصف الواقع.

ولقد نقول إن وضع العلاقات فى صورة مثالية هو جزء من اللغة البشرية التى تشكلت عن التفاعل بين العالم وأنفسنا، استجابة بشرية لتحدى الطبيعة. وفى هذا الصدد يمكن أن نقارنها بالأساليب المختلفة فى الفن، قل مثلا فن العمارة أو الموسيقى. من الممكن أن نُعَرِّف أسلوب الفن أيضا بزمرة من القواعد الاصطلاحية تطبق على مادة هذا الفن بخاصة. وقد لايلزم أن تَمثُّل هذه القواعد - بشكل صارم - بمجموعة من المفاهيم الرياضية والمعادلات، لكن عناصرها الأولية ستكون شديدة الصلة بالعناصر الأولية للرياضيات. تلعب المساواة والتفاوت، التكرار والتناسق، وبنى للمجاميع معينة، تلعب الدورالرئيسى فى كل من الفن والرياضيات. والعادة أن يُستَخدم عمل بضعة أجيال فى تطوير ذلك النظام الاصطلاحى الذى يطلق عليه فيما بعد اسم الأسلوب الفنى، تطويره من بداياته البسيطة وحتى الثروة من النماذج المتقنة التى تميز كماله. يتركز اهتمام الفنان على عملية البلورة هذه، حيث تتشكل مادة الفن - بفعله - وتتخذ الصيغ المختلفة التى حفزتها المفاهيم الاصطلاحية الأولى لهذا الأسلوب. وما أن تكتمل حتى يخبو الاهتمام - لأن كلمة "الاهتمام" تعنى: أن تكون مع شىء، أن تشارك فى عملية حياة، ولقد بلغت هذه العملية نهايتها. إلى أى مدى تمثل القواعد الاصطلاحية للأسلوب الفنى واقع الحياة الذى يهدف اليه الفن؟ هامرة أخرى لن نستطيع بتلك القواعد أن نجيب السؤال. إن الفن دائما هو صياغة المثال، والمثال يختلف عن الواقع - أو عن واقع الظلال على الأقل، كما قد يقول أفلاطون - لكن صياغة المثال ضرورية للفهم.

قد تبدو المقارنة بين الرُّمَر المختلفة من المفاهيم فى العلوم الطبيعية وبين الأساليب المختلفة للفن، بعيدة جدا عن الحقيقة عند مَنْ يعتبر الأساليب المختلفة للفن نتائج تحكمية لذهن البشرى. ولقد يجادل هؤلاء بالقول إن هذه الزمر المختلفة من المفاهيم فى العلوم الطبيعية تمثل واقعا موضوعيا، علمتنا إياها الطبيعة، وهى إذن ليست تحكمية على الاطلاق. هى نتيجة حتمية للتزايد التدريجى لمعرفتنا التجريبية بالطبيعة. وسنجد أن معظم العلماء يوافقون على هذا الرأى. لكن، هل الأساليب المختلفة للفن حقا نتاج تحكمى للذهن البشرى؟ مرة أخرى لايجب أن تضللنا القسمة الديكارتية. ينشأ الأسلوب عن التفاعل بين العالم وأنفسنا، أو بشكل أكثر تحديدا بين روح العصر والفنان، وربما كانت روح العصر حقيقة فى مثل موضوعية أىّ من الحقائق بالعلوم الطبيعية. تُظهر هذه الروحُ ملامحَ للعالم معينة، مستقلة حتى عن الزمن، وتكون بهذا المعنى أزلية. يحاول الفنان بعمله أن يجعل هذه الملامح مفهومة، وفى محاولته هذه يتجه إلى صيَغ الأسلوب الذى يعمل به.

وعلى هذا فإن العمليتين، عملية العلم وعملية الفن، لا يختلفان كثيرا. كلاهما يشكل على مدى القرون لغة بشرية يمكننا بها أن نتحدث عن الأجزاء الأقصى من الواقع. والزمر المتماسكة من المفاهيم، ومثلها الأساليب المختلفة للفن، ليست إلا كلماتٍ - أو مجاميع من كلمات - فى تلك اللغة.