١٦٧١ ن

لا يعار

المشاكل الفلسفية للعلوم النووية

تأليف فيرنر هايزنبرج

ترجمة دكتور أحمد مستجير

مراجعة دكتور محمد عبد المقصود النادى

المختار / البيضاء
المركزية
013725

الهيئة المصرية العامة للكتاب
١٣٩٢ هـ - ١٩٧٢ م

منتدى ليبيا للجميع

www.libyaforall.com

عبد الله علي عمران

فهـــرس

الموضوع	الصفحة
التغيرات الحديثة فى اســـاسيات العلم البحت	٥
عن تاريخ التفسير الفيزيقى للطبيعة	٢٣
المسائل الأســـاسية فى الفيزيقا الحديثة	٣٩
أفكار الفلسفة الطبيعية القديمة فى الفيزيقا الحديثة	٥٣
تعاليم جوته ونيوتن عن اللون فى ضوء الفيزيقا الحديثة	٦١
عن وحدة الصـــورة العلمية للطبيعة	٧٩
المشاكل الأساسية فى الفيزيقا الذرية المعاصرة	٩٩
العلم كوسيلة للتفهم بين الشـــعوب	١١٥

١ التغيّرات الحديثة فى أساسيّات العلم البحت *

اكتمل فى السنوات الأخيرة تطور علم الفيزياء الحديث الذى بدأ باكتشاف بلانك لكم الفعل ، وتعتبر نظريتا النسبية والكم الأساس الفكرى لهذا التطور ، والواقع أننا لا نستطيع تطبيق المبادىء الحديثة هذه على ميادين جديدة من خبرات الانسان الا اذا وضعت هذه الخبرات تحت اختبارات تجريبية أكثر دقة ، غير أننا نستطيع أن نرسم الآن نموذجا لصورة هذا التطور ـ خاليا من التشوهات والتناقضات الحالية ، وأن نوضح بقدر الامكان معنى هذا التطور بشكل موضوعى .

بنى علم الفيزيقا الكلاسيكية ـ الذى وصل الى منتهاه منذ خمسين

* القيت فى الجلسة العامة الأولى للاجتماع العام «لاتحاد علماء الطبيعة والطب الالمان» بهانوفر ، فى ١٧ سبتمبر ١٩٣٤ ، ونشرت أصلا فى مجلة « علوم الطبيعة » سنة ١٩٣٤ .

عاما ـ على بعض الفروض الأساسية التى بدت كنقاط بدء واضحة لكل العلوم البحتة ، وهى فروض لا تحتاج الى اثبات أو تمحيص : لقد تناول علم الفيزياء سلوك المادة فى الفضاء وتغيرها مع الزمن .

ورغم أن هذا قد ميز فى الأصل ـ فقط ـ القواعد التى بنى عليها علم الفيزياء ، الا أن بعض خواص المادة كانت تستنبط من نفس هذه القواعد ، وبدا فى الامكان تعيين قيمها فى نفس الوقت ، واقتيد الانسان الى الفرض الضمنى بضرورة وجود طريق موضوعى للحوادث عبر الفضاء والزمن ـ طريق مستقل عن الملاحظة ـ والى أن الفضاء والزمن ليسا سوى وسيلتين لتحديد الحوادث ، وسيلتين مستقلتين تماما عن بعضهما ، وبالتالى فهما يكونان حقيقة موضوعية ، واحدة بالنسبة لكل الناس .

كانت نظرية النسبية الخاصة لأينشتين هى أول هجوم سلط على الفرض الأساسى للفيزيقا الكلاسيكية ، ذلك الفرض الذى كان أساس الصورة العلمية للعالم فى القرن التاسع عشر ، ولن أشير هنا الا الى تلك القواعد الأساسية لهذه النظرية اللازمة لتفهم مركز منهجها العلمى ، كان منشأ هذه النظرية هو الحاجة المباشرة ، لقد سقطت الفيزيقا الكلاسيكية فى تناقضات عندما حاولت تفسير بعض التجارب الدقيقة تفسيرا منطقيا ـ لا سيما تجربة مايكلسون ، واضطر العلم الى أن يسلم بأن أحد فروض هذا التفسير الكلاسيكى لهذه التجربة لم يكن قائما على أساس الملاحظة المباشرة ، لأنه كان يختص بمجالات ليست فى متناول الملاحظة المباشرة ، ويشبه هذا افتقارنا الذى لا مندوحة عنه الى الدقة فى تجاربنا اليومية ، ومن الممكن اذن أن نهمل هذا الفرض ـ وأنا أشير هنا بالطبع الى الفرض القائل بامكانية تواقت حادثين حتى ولو لم يقعا فى نفس المكان ، اننا نقول ان حادثا ما « فى الماضى » اذا استطعنا ـ على الأقل من ناحية المبدأ ـ أن نعرف شيئاً عنه من خلال الملاحظة ، ونقول عنه انه « فى المستقبل » اذا كان فى امكاننا ـ ولو من ناحية المبدأ ـ أن نتدخل حاليا فى مساره ، ان

هذا يناظر فى تجاربنا اليومية الاعتقاد بأن هنـــاك لحظة غاية فى القصر ـ نسميها الحاضر ـ تفصل بين الحوادث الممكن ملاحظتها وتلك التى يمكن تغييرها ، ولقد ثبت خطأ هذا الفرض الضمنى فى علم الفيزيقا عن طريق التجارب العمليـــة التى أجبرتنا على أن نقبل نظـــرية النسبية الخاصة ، والحقيقة أن هناك بين ما أطلقنا عليه الآن اسم « الماضى » وما أطلقنا عليه اسم « الحاضر » برهة صغيرة ـ ولكنها محددة ـ يتوقف طولها على وضع الملاحظة التى تقرر « الماضى » و « المستقبل » ، وعلى مكان الحوادث التى ندرس سلوكها فى الزمن ، ولقد أضحت النظرية التى قادتنا الى هـــذه المعرفة قاعدة بديهية مقررة فى كل الفيزياء الحديثة ، يعضدها عدد كبير من التجارب ، وأصبحت خاصية ثابتة للعلم البحت تماما مثل الميكانيـــكا الكلاسيكية أو نظرية الحرارة ، وترجع أهميتها الفائقة ـ فى المقام الأول ـ الى الادراك غير المتوقع تماما بأن المتابعة الدائبة للفيزيقا الكلاسيكية تدفع بالتغيير الى نفس قواعد هذه الفيزيقا ، وهذا وضع سنقابله كثيراً ، لم تبزغ الفيزيقا الحديثة اذن عن أفكار ثورية جلبت الى العلوم البحتة من خارجها، بل على العكس من ذلك ، لقد شقت طريقها من خلال الأبحاث التى كانت تحاول فى ثبات أن تتابع برنامج الفيزيقا الكلاسيكية ، لقد بزغت من نفس طبيعتها ، ان هذا هو السبب فى أننا لا نستطيع مقارنة مولد الفيزيقا الحديثة بتلك الاضطرابات الرائعة التى حدثت فى الماضى ـ كأعمال كوبرنيكس الهائلة مثلا ، كانت فكرة كوبرنيكس فى الواقع مضمونا جديدا أدخل الى مفاهيم العلم فى زمنه ، وبالتالى فقد سبب تغيرات أكبر أثرا فى العلم من الأفكار التى تقدمها الفيزياء الحديثة اليوم .

وقد أضافت نظرية النسبية العامة الى جانب مراجعة مفهوم الزمن ، مراجعة فى خواص الفضاء الهندسية ، فاذا كانت النظرية قد أعطت ـ كما هو معروف ـ التعليل الصحيح للعدد المحدود من الملاحظات الفلكية المتوفرة لدينا فى الوقت الحاضر فلا بد من وجود علاقة بين الهندسة وبين توزيع المادة فى الكون ، وعلى هذا فان هندســة أقليدس لا يمكن تطبيقها الا على

مناطق صغيرة الحجم فى الفضاء ، أما على النطاق الواسع فربما كان للفضاء تركيب مختلف تماما عن ذلك الذى نلحظه مباشرة ولا ترتكز نظرية النسبية العامة على قاعدة تجريبية متينة مثل نظرية النسبية الخاصة ـ بالرغم من عدم وجود أية تجربة تعارضها صراحة ـ أما قوة اقناعها فهى لا ترجع الى تفسيرها للكثير من نتائج التجارب ـ التى لا يمكن فى الوقت الحاضر تقييمها ، وانما ترجع الى أنها طريقة جديدة فى التفكير كانت فيما مضى محجوبة عن نظر العالم ، ومن الممكن أن نبين بوضوح تلك الامكانات الضخمة الجديدة بهذا المثل عن تاريخ تعاليم كوبرنيكس ، لم نعد نلتفت الآن الى حقيقة أن آراء كوبرنيكس لم تكن فى البداية أفضل من آراء بطليموس فى تقديمها الشرح الصحيح للتجارب ، كما أن البراهين التى جمعها جاليليو فى تعضيد نظرية كوبرنيكس كانت أقل اقناعا من تلك الموجودة لدينا الآن فى تعضيد نظرية النسبية العامة ، ورغم ذلك فان حقيقة الاعتقاد بأن الأرض تدور حول الشمس لم يكن هذرا ، هذه الحقيقة قد قدمت الكثير لتجعل جاليليو يحرك كل عبقريته وراء كوبرنيكس ، وبنفس الطريقة ، فان حقيقة أنه ليس من العبث القول بأن هندسة الكون تعتمد على توزيع المادة ، هذه الحقيقة وحدها ـ دون ما حاجة الى برهان تجريبى ـ سيكون لها من التأثير على الأبحاث المستقبلة ما لا تستطيع معه أية نظرية عن الجاذبية أن تهمل نظرية النسبية العامة ـ بل عليها أن تستوعبها .

لم تكد تمر نحو عشر سنوات منذ أوضحت نظرية النسبية أنه من الممكن تغيير أساس العلم البحت ـ ذلك الأساس الذى كان يظن فيما مضى أنه من البديهيات ـ حتى أثارت الاكتشافات التجريبية الشك حول جوهر الفيزيقا الكلاسيكية ، كان هناك من الأسباب الوجيهة ما يجعلنا لا نصدق بأن مجريات الأحداث موضوعية ولا تعتمد على المشاهد ، وكانت نتيجة هذه الاكتشافات هى التى قادت الى نظرية بوهر عن تركيب الذرة ، كما سنجد فى نظرية الكم ـ أيضا ـ أن اهمال أساسيات الوصف الكلاسيكى للطبيعة لم يحدث بسبب دخول بعض الآراء الجديدة والغريبة الى روح

الفيزيقا السابقة ، بل على العكس من ذلك ، لقد أجبر العلم ـ بالتدريج ـ على أن يترك أساس الفيزيقا الكلاسيكية نتيجة لسلسة من الاكتشافات المشهودة ، وبعد أن اكتشف بلانك كم الفعل كانت أول وأهم خطوة (تمت عن طريق أبحاث لينارد وتعليلها بواسطة أينشتين) هى معرفة أن الضوء ـ بالرغم من طبيعته الموجية التى توضحها تجارب التداخل التى لا تحصى ـ له خصائص الجسيم فى بعض التجارب الأخرى ، وعلى هذا فسنجد مرة أخرى أن الفيزيقا الكلاسيكية ، عند بدء تطور النظرية الجديدة ـ قد دخلت فى تناقضات داخلية عند محاولة تعليل بعض التجارب التى تتوافق مع نفس مبادئها ، أما نظرية بوهر الذرية ـ التى بنيت على تجارب رذرفورد ـ فسنجد فيها هذا الازدواج الغريب عن الفيزيقا الكلاسيكية والسابقة لها وقد ظهر ذلك بشكل أكثر وضوحا ، ولقد وجدت هذه النظرية الأساس المتين فى السنين التالية من خلال سلسلة من التجارب سأذكر منها تجارب فرانك وهيرتز وشتارك وشترن وجيرلاخ من ناحية الأبحاث النظرية للعلماء وسومرفيلد وكرامرز وبورن وباولى من ناحية أخرى. تلا ذلك اكتشاف دى بروجلى للازدواج فى معتقد الموجة والجسيم فى سلوك المادة ، وأخيرا أقامت الأعمال المتوافقة لمجموعة جوتنجن مع ديراك وشرودنجر ـ لوضع النتائج المتباينة للتجارب فى هيكل رياضى ـ وضعا جديدا واضحا بالنسبة لقواعد البحث الفيزيقى ، وانا لندين أساسا لبوهر فى تحليل هذا الوضع ، وسنكتفى هنا بالاشارة الى ذلك ، ويبدو أن هناك انقساما معينا فى أبحاث العمليات الذرية لا مفر من الوقوع فيه ، فهناك من ناحية تلك الأسئلة التجريبية التى نضعها عن الطبيعة والتى عادة ماتصاغ بمساعدة المفاهيم البسيطة للفيزيقا الكلاسيكية ـ وبالذات مفهوما الزمن والفضاء ، ذلك لأن طريقتنا فى الحديث تتلاءم فقط مع الأشياء التى نقابلها فى تجاربنا اليومية ، فهى تستطيع مثلا أن تصف تركيب أحد أجهزة القياس ، كما أن خبراتنا أيضا يمكن أن تمارس فقط فى الزمن والفضاء ، ومن الناحية الأخرى فان التعبيرات الرياضية الملائمة لعرض الحقائق

التجريبيه هى دالات موجبة فى فضاءات متعددة الأبعاد لا تسمح بأى تفسير مفهوم سهل، ومن هذه الهوة تنبع ضرورة وضع خط فاصل واضح فى وصف العمليات الذرية بين جهاز القياس الذى يمكن وصفه بالمفاهيم الكلاسيكيه وبين الشىء الذى نفحصه والذى تمثل دالة الموجة سلوكه ، والآن ، فبينما نجد أن كل العلاقات الموجودة فى أحد جانبى خط التقسيم المؤدى الى الباحث، وتلك الموجودة على الجانب الآخر والتى تحوى الشىء الموضوع تحت الفحص ، كلها مميزة عن بعضها تماما (فى ناحية تطبيق قوانين الفيزيقا الكلاسيكية ، وفى الجانب الآخر تطبيق معادلة التفاضل لميكانيكا الكم) فان وجود الخط الفاصل لا يبدو الا فى شكل علاقات احصائية ، وعلينا أن نتصور أن تأثير وسيلة الفحص فى الجسم المدروس هى احداث اقلاق ـ لا يمكن التحكم فيه ـ فى منطقة الخط الفاصل ، ولهذا الجزء من الاقلاق ، الذى لا يمكن ضبطه من ناحية المبدأ ، أهمية من نواح متعددة ، فهو أولا السبب فى ظهور قوانين الطبيعة الاحصائية فى ميكانيكا الكم ، وهو يفرض أيضا حدا على تطبيقات المفاهيم الكلاسيكية ، ذلك لأن الدقة التى يمكن بها استعمال هذه المفاهيم فى وصف الطبيعة وصفا معقولا محدودة بما يسمى بعلاقات عدم التحديد ، وهذا الحد من الدقة بالذات هو الذى يحدد درجة انطلاق القواعد الكلاسيكية الضرورية لأية محاولة لربط مختلف التفسيرات الشاملة التى توافق ظواهر فيزيقية معينة ربطا معقولا (مثلا مفهوما الجسيم والموجة) ، وأخيرا فان هذا الجزء ـ غير القابل للتحكم فيه ـ من الاقلاق يقدم طريقة رائعة ، يمكن بواسطتها دراسة أدق تفاصيل الملاءمة بين مجالات القوانين الكلاسيكية ونظرية الكم ، وذلك دون تناقضات ، وبذا ينشأ لدينا كيان موحد من القوانين . وهنا سنجد أنه من المهم جدا ألا يكون لوضع الحد الفاصل (بين الأشياء التى ستؤخذ على أنها وسيلة الفحص بين تلك التى تمثل الشىء المفحوص) أثر فى صياغة القوانين الطبيعية ، وتقديرنا لهذه الحقيقة يساعد على التخلص من اعتراض عادة ما يساق ضد نهائية ميكانيكا الكم ، نقصد بذلك الاعتراض القائل بأنه

من الجائز أن يكون هناك ـ خلف العلاقات التى تصوغها ميكانيكا الكم فى شكل احصائى ـ نظام آخر من القوانين الطبيعية الحتمية التى تتعلق بمعطيات طبيعية محددة لم تعرف حتى الآن ، تماما كما حجبت النظرية العامة للحرارة ميكانيكيا بولتزمان للذرة •

وتوضح الدراسة المفصلة لمثل هذا الافتراض أن هـــذه القـوانين الطبيعية الجديدة ستتورط بسرعة فى تناقضات مع النتائج الدقيقة والمحددة التى نحصل عليها من ميكانيكا الكم ، فميكانيكا الكم لا تسمح بأية اضافات الى أسسها ، ذلك لأن المجال الوحيد الذى يظهر فيه اللاتحديد هو خط التقسيم الذى سبق ذكره ، وأية محاولة لاصلاح اللاتحديد فى نظـــرية الكم عن طريق اضافات فى أماكن تعينها عمليات طبيعية محددة ، سيستتبعها تحريك فى موضع خط التقسيم ، وبالتالى ستظهر التناقضات بين ميكانيكا الكم وهذه الاضافة المقترحة •

وهذا سيطرح فورا السؤال الأعم عن نهائية التغيرات التى أحدثتها الفيزيقا الحديثة فى قواعد العلم البحت ، علينـا أن نناقش ما اذا كان على العلماء أن ينبذوا نهائيا والى الأبد كل تفكير عن تدريج موضوعى للزمن شائع لدى جميع الباحثين ، وكذلك عن أية أحداث موضوعية فى الزمن والفضاء مستقلة عن الملاحظة ، ربما كانت التطورات الحديثة مجرد أزمة طارئة ، واننى أميل الى الرأى القائل بأن هذا النبذ سيكون نهائيا (وهو رأى يبدو أن له أقوى البراهين) وأحب أن أبتدىء بتشبيه يعضد هذه الجملة ، كان من المعتقد قبل بداية العلم أن العالم عبارة عن قرص مسطح، ثم كان أن حطم والى الأبد هـذا الاعتقـاد باكتشـاف أمريكا بالملاحظة الدائرية حول العالم ، طبيعى أن أحدا لم يشاهد حافة قرص العالم هذا ، غير أن « نهاية العالم » اكتسبت الشـــكل والجوهر من خـــلال الأساطير وخيالات الانسان ، وكلنا يعرف موضوع ذلك الانســان دائم الاستقصاء

الذى يود لو سافر حتى نهاية العالم ، كان لموضوع « نهاية العالم » اذن المعنى المحدد الواضح ، غير أن الرحلات الاستكشافية لكولومبوس وماجلان جعلت هذا الموضوع بلا معنى ، وحولت الأفكار المرتبطة به الى أقاصيص تحكى ، ومع كل ذلك ، لم ينبذ الانسان فكرة « نهاية العالم » بسبب اكتشاف سطح الأرض كله (ولو أننا لم نكتشف بعد كل هذا السطح) ، ولكن رحلات كولومبوس وماجلان قدمت البراهين الواضحة لضرورة استعمال خط جديد فى المعالجة ، لم يشعر أحد فى تقبل الشكل الكروى للأرض بضياع المفهوم القديم ، وبنفس الشكل علمتنا الفيزيقا الحديثة أن نعمل دون مفهوم المقياس المطلق للزمن ودون مفهوم الحوادث الموضوعية فى الفضاء والزمن ، ومعنى هذين المفهومين لم يتحقق هو الآخر أبدا بالملاحظة المباشرة ، أو على الأقل لم يتحقق بنفس الكمال الذى كنا نأمله ، هذان المفهومان يكونان أيضا « نهاية افتراضية للعالم » ، ويجب هنا أن نؤكد أن مجموعة الآراء التى ستتحطم فى نفس الوقت مع مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية هذه ، هى أقل اقناعا من تلك التى حطمها كولومبوس أو كوبرنيكس ، وعلى هذا فان تغيير مفهومنا عن الكون ـ ذلك التغيير الذى صنعته الفيزيقا الحديثة ـ هو أقل حسما من ذلك الذى حدث فى القرن الخامس عشر والسادس عشر ، لا تقوم قوة اقناع نظرية الكم على حقيقة أننا قد طرقنا كل طرق قياس مكان وعزم الالكترون ، وأننا فشلنا فى كل مرة فى مراوغة علاقات عدم التحديد ، وانما سنجد فى النتائج التجريبية لكويتيون وجايجر وبوته ـ مثلا ـ برهانا واضحا على ضرورة استعمال الطرق الجديدة فى الفكر التى قدمتها نظرية الكم ، برهانا لا نشعر معه بأننا فقدنا مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية ، وقدرة الفيزيقا الحديثة ـ اذن ـ تكمن فى طرقها الجديدة للفكر ، أما الأمل فى أن تقودنا التجارب الجديدة الى حوادث موضوعية فى الزمن والفضاء أو الى الزمن المطلق ، فانه يرتكز تقريبا على نفس أساس الأمل فى اكتشاف نهاية العالم فى مكان ما بمجاهل القطب الجنوبى ، ومن الممكن أن نمد المقارنة لمدى أبعد ، فنقول ان

اكتشافات كولومبوس لم تكن لها أية أهمية بالنسبة لجغرافية بلاد البحر المتوسط ، ومن الخطأ أن نزعم بأن رحلات جينوز الشهير قد جعلت من المعرفة الجغرافية فى زمنه شيئاً باليا ، وبنفس الشكل ، فانه من الخطأ أن نتكلم اليوم عن ثورة فى الفيزيقا ، لأن الفيزيقا الحديثة لم تغير شيئاً فى الأنظمة الكلاسيكية العظيمة ـ للميكانيكا والضوء والحرارة مثلا ، وانما تغيرت جذريا ـ فقط ـ الفكرة عن تلك المناطق التى لم تطرق من قبل ، تلك الفكرة التى تكونت فجأة عن طريق معرفة مناطق محدودة من العالم فقط ، وهذه الفكرة ـ على أية حال ـ حاسمة على الدوام بالنسبة للمجال المستقبل للبحوث •

سننتقل الآن من هذا المسح القصير السطحى لأهم التطورات الحديثة فى الفيزيقا النظرية الى مناقشة أهمية هذه الحوادث وتأثيراتها المحتملة على التشكيل المستقبل للفكر العلمى ، للعلم مهمتان : أن يقدم تفهما للطبيعة فيمكن الانسان بالتالى من أن يجعل الطبيعة تخدم أغراضه ، وأن يوضح للانسان مكانه الصحيح فى الطبيعة من خلال ادراك حقيقى لعلاقاتها ، ولقد سيطرت المهمة الأولى على تطور العلوم البحتة والتطبيقية خلال المائة سنة الماضية ، وعلى هذا فسنقوم بمناقشتها أولا •

لا يمكننا أن نجعل نتائج الفيزيقا النظرية ـ ومنها النسبية ونظرية الكم ـ تخدم التقدم التكتيكى مباشرة ، فالفيزيقا النظرية يظهر تأثيرها على التطور التكتيكى عن طريق غير مباشر وبعد فترة طويلة من الزمن ، ومن الممكن هنا أن نميز ظاهرتين •

أولا : لكى يكون الجهاز كافيا تماما لغرضه فان تصميمه يحتاج ـ عموما ـ الى معرفة دقيقة مسبقة بالقوانين الطبيعية اللازمة ، ومثال ذلك أن معرفة معادلات ماكسويل بالشكل المألوف للمهندس والفيزيقى ـ ضرورة تماما لتصميم الدينامو أو أية آلية عالية التردد ، وبنفس الشكل فان معرفة قوانين الفيزيقا الذرية ستصبح مهمة فى المستقبل لتركيب

الأجهزة التى ستستعمل الظواهر الذرية ، ومن الجائز أن يمر وقت طويل قبل أن يصبح تأثير الفيزيقا الحديثة محسوسا .

ثانيا : أن التقدم النظرى قد يؤثر فى توجيه البحث الفيزيقى تأثيرا معنوياً ، يظهر أثره فى النهاية فى التطور التكنيكى ، وفى هذا الخصوص لا بد أن نقول كلمة عن علاقة الفيزيقا التجريبية بالفيزيقا النظرية ، ولقد عرضت هذه العلاقة مؤخراً على الشعب الألمانى بشكل غير عادل ، صحيح أن العمل التجريبى يكوّن فى كل المجالات الشرط الأول الضرورى للتفهم النظرى ، وأن التقدم ـ كمبدأ ـ يأتى فقط تحت ضغط النتائج التجريبية وليس عن طريق التأمل ، الا أنه من المحتمل أن يكون أصبع النظرية هو الذى يشير الى اتجاه العمل التجريبى ، ولعل أشهر الأمثلة على هذا العمل التكميلى المحدد للعلاقة بين النظرية والتجربة هو الانجازات المشتركة لتيكوبراهى وكبلر فلقد كانت الثروة من الملاحظات التى قام بها تيكو عن حركة الكواكب ـ والتى لم يكن كبلر ليستطيع أن يجمعها بهذه الدقة ـ كانت هى المادة الضرورية لعمل هذا الأخير ، غير أننا سنجد من ناحية أخرى ان اكتشافات كبلر قد حددت اتجاه التطور فى علم الفلك خلال القرون التالية ، والواقع أننا لا نحتاج الى أن نذهب بعيدا لكى نرى العلاقة المتبادلة بين التجربة والتفهم النظرى ، فان تحول أساسيات العلم البحت الذى حدث فى الفيزيقا الحديثة قد تم خطوة خطوة كنتيجة للتجارب العملية ، ورغم ذلك فان مجرد مقارنة مجالات البحوث التى تجرى فى معامل الفيزيقا اليوم بتلك التى كانت تجرى منذ عشرين عاما ستوضح لنا فورا كيف أن اتجاه البحث التجريبى قد تأثر بالتغيرات فى تفهمنا للقوانين الطبيعية ، فكل جديد يؤثر على الفيزيقا « المنظورة » يؤثر بالتالى على التطور التطبيقى ، وعلى هذا ففى حوارنا عما اذا كان من الواجب أن يتجه الاهتمام العام نحو الهندسة ، أو العلم التجريبى ، أو العلم النظرى ، لا بد من أن نحتاط ، لأن هذه الفروع الثلاثة من العلم تكيف وتكمل بعضه ، ان مهمة العلم البحت فى أى عصر هى أن يوضح ويمهد الطريق لنمو التطور

التكنيكى ، ولأن اجتياز هذا الطريق سريع ، فمن الضرورى اذن أن يمد باستمرار ، وهنا تلعب الأبحاث النظرية دورها ، ان التداخل بين التطور التكنيكى والعلم يرتكز فى النهاية على حقيقة أن كليهما ينبع من نفس المصدر ، واهمال العلم البحت ما هو الا دليل على نفاد القوى التى تكيف كلا التقدم التكنيكى والعلم .

ومهما يكن من أمر فان تأثير التغييرات فى أساسيات العلم البحت لا يقتصر فقط على الأبحاث التنيكية والتجريبية ، ولقد بدأ الاحساس بهذا التأثير فى مجال نظرية الادراك الفلسفية ، فقد وضع السؤال الذى طرحه كانط ـ والذى طالما نوقش منذ ذلك الحين ـ فى ضوء جديد كنتيجة لنقد الزمن المطلق والفضاء الاقليدى فى نظرية النسبية ، ولنقد قوانين السببية فى نظرية الكم ، وأنا أشير الى موضوع أسبقية أشكال التصور الذهنى والمقولات ، فلقد اتضح من ناحية أن شكل التصور الذهنى للزمان وكذلك قوانين السببية ليست بمستقلة عن كل الخبرات ، بمعنى أنها لا بد أن تبقى أبدا مكونات أساسية لكل نظرية فيزيقية ، ومن ناحية أخرى فان امكانية تطبيق أشكال التصور الذهنى هذه ، وقانون السببية ، هى المقدمة المنطقية لكل تجربة علمية موضوعية ، حتى فى الفيزيقا الحديثة ، ذلك لأننا لا نستطيع أن نتعرف على مجال ونتيجة قياس ما الا عن طريق شرح الأفعال اليدوية اللازمة وقراءات الأجهزة فى شكل موضوعى ، وعلى أنها حوادث تجرى فى فضاء وزمن من تصورنا ، ولا يمكننا أن نستنبط خواص الجسم المفحوص باستعمال نتائج القياس لو لم يضمن لنا قانون السببية ارتباطا بينهما لا غموض فيه ولا ابهام ، ولعل فيما يلى ما يزيل التعارض البادى بين هاتين الجملتين، من الممكن أن يكون للنظريات الفيزيقية تركيب مختلف عن الفيزيقا الكلاسيكية ، فقط اذا لم تكن أهدافها هى الاحساس المباشر ، نقصد أن هذا ممكن عندما تترك النظريات الفيزيقية مجال البحث الذى تسيطر عليه الفيزيقا الكلاسيكية ، لقد كانت هذه هى الوسيلة التى عنيت بها الفيزيقا الحديثة حدود فكرة الـ « قبلى » فى العلوم المضبوطة

بدقة أكبر مما كان ممكنا فى زمن كانط ، ولم نصل حتى الآن الى تلك المناقشة ـ المبنية على النظرة الجديدة ـ المتقنة الاتقان الكافى لتوضح الى أى مدى تبقى هذه الفكرة نافعة فى المجالات الفلسفية الأوسع ، تلك التى يراها كانط جوهرية •

ترتبط الأسئلة الخاصة بنظرية الادراك فعـــلا بالمشكلة الثانية التى تواجه النظرية الفيزيقية ، نقصد مشكلة تقديم البيانات عن العلاقات البيئية الأعم للطبيعة ، تلك التى تكوّن نحن أنفسنا جزءا منها ، لا يستطيع العالم أن يتهرب فى من هذه القضية اذا أراد أن يظل صادقا مع نفسه ، يكفى أن نتذكر فى هذا الخصوص أن بعض ممثلى الفلسفة الطبيعيـة القديمة كانوا أيضا أقطابا لحركات دينية ، ومن المتوقع أن تظهر التغيرات الحديثـة فى المفهوم العلمى عن الكون تأثيرها على مجالات أوسع فى عالم الفكر ، اذا ما لاحظنا أن التغيرات التى حدثت فى نهاية عصر النهضة العلميـة بدلت الحياة الثقافية للحقب اللاحقة ، وبالرغم من أن هذه التحـولات الجـديدة لا تقارن بتلك التى حدثت فى بدء العصر الحديث ، الا أنها ربما كانت كافية لأن تستبدل تلك الأفكار التى يمكن أن نسميها « بالمفاهيم العلمية عن كون القرن التاسع عشر » بمفاهيم جديدة مختلفة ، أود لو استطردت فى توضيح هذه النقطة قليلا ، لقد اتخذت الأفكار العلميـــة التى أصـــبحت الأساس البديهى لكل البحث العلمى خلال القرن الماضى ، أشكالها الصارمة المعروفة خطوة خطوة بالتدريج ، أما القوة الجديدة التى اكتسبها التطور العلمى فقد جاءت عن طريق كشف جديد من أساسه ، لقد عثرنا على حقل كامل جديد من الواقع ، حقل بعيد تماما عن تصور العصور الوسطى التى كان فيها التأمل فيما وراء الطبيعة محورا لكل الفكر ، لقد واجه الانسان ذلك الواقع الموضوعى الخالص من كل شك والذى يمكن اختباره بالملاحظة والتجربة ، وأصبحت مهمة الانسان فى سـعيه هى محاولة فصل الجانب العام عن الجانب العلمى من الحقائق ، وكان هذا نتيجة طبيعية لهذا الكشف، وبزغت من النتائج مجموعة من البديهيات تمثل النواة الحقيقية للعلم الجديد

وبدت ـ ربما كضرورة ـ أساسا لكل بحث علمى ، وقد ظهر تأثير هذا الواقع الجديد فى الفلسفة أيضا ، وبدت أساسيات التفهم الجديد للطبيعة كأجزاء من مذاهب فلسفية عظيمة ، فكما كانت الهندسة فيما مضى تستخدم كمثال لثبات الفكر الفلسفى ، فقد ولدت أيضا تحت تأثير العلم مذاهب فلسفية جديدة ، وكما وضعت بعض الحقائق التى اعتبرت لا تقبل المناقشة (كما فى العلم) كأساس للجديد من الاستنباطات ، فقد استعمل نفس هذا النظام فى الفلسفة (وفى مذاهب ديكارت وسبينوزا المثل على ذلك) •

ولم تستطع حتى فلسفة كانط ـ التى قصد بها نقد طابع الجزم للمفاهيم العلمية أن تمنع تطور المفهوم العلمى للكون ، بل ربما أمكننا أن نقول انها شجعته ، ذلك أننا اذا ما قبلنا البرهان الرئيسى للفيزيقا الكلاسيكية على أنه من المسلم به بالنسبة للأبحاث الفيزيقية ، فاننا سنعتقد (عن طريق استكمال يبدو واضحا رغم زيفه) بأنه مطلق ، نقصد أنه ثابت مع الزمن، ولا يمكن أبدا تحويره عن طريق أية خبرات جديدة •

هكذا تشكل الهيكل الراسخ للفيزيقا الكلاسيكية ، وهكذا نشأ التصور لعالم مادى فى الزمن والفضاء شبيه بالآلة ، التى اذا ما بدأت الحركة فستستمر فى الدوران تحت قوانين ثابتة ، أما حقيقة أن هذه الآلة ـ وأن كل العلم ـ ليست سوى صنيعة لعقل الانسان فقد بدت كأن لا أهمية لها ولا أثر على تفهم الطبيعة ، ولقد أفضى تطبيق الطرق العلمية للفكر فى مجال أوسع من حدودها الحقيقية الى ذلك التقسيم المؤسف فى عالم الفكر بين حقل العلم من ناحية وبين حقلى الدين والفن من ناحيه أخرى ، لقد هدد العلم البحت نفس كيانه عندما تدخل فى مجالات أخرى للحياة الذهنية ، بعد اقتناعه بصلاحية وتطبيقية المبادىء العلمية ، ولما كانت قوته غير كافية لكى تعطى التعبير الكامل لهذه المجالات ، فقد نشأت بينها وبين العلم ـ وكأنما دفاعا عن النفس ـ حدود لا تعبر •

نستطيع أن نسمى المفهوم العلمى لكون القرن التاسع عشر والذى نشأ تحت هذه الظروف بأنه منطقى ، ذلك أنه من الممكن أن نبنى محوره

ـ أى الفيزيقا الكلاسيكية ـ من عدد قليـــل من البديهيات القـادرة على التحليل المنطقى ، ولأنه يرتكز على الاعتقاد بامكانية التحليل المنطقى لكل الواقع ، غير أنه من الضرورى أن نؤكد أن الأمل فى التمكن من تفهـم للعالم كله عن طريق جزء صغير منه ، لا يمكن أبدا أن يدعم منطقيا ، وهذ سنجد أن التغيرات فى أساسيات العلم ـ التى فرضتها الطبيعة علينـا بشكل جد رائع من خلال الظواهر الذرية لم تمس الفيزيقا الكلاسيكية بتاتا ، انما بينت أن المذاهب العلمية ـ كالميكانيكا الكلاسيكية أو أية أجزاء من الفيزيقا الكلاســيكية ـ لا بد أن تكون كاملة لكيما تكون صحيحة ، وعلى هذا فان امتداد البحث العلمى الى مجالات جديدة للخبرة لا يعنى تطبيق القوانين المعروفة على موضوعات جديدة ، وأود هنا أن أعود مرة أخرى الى المقارنة التى استعملتها سـابقا بين اكتشـاف الشـكل الكروى للأرض وبين نتائج الفيزيقا الحديثة ، فطالما اعتبرت الأرض قرصا كبيرا ، فسيظل هناك الأمل فى أن يتمكن الانسان بعد رحلة طويلة الى نهاية العالم من أن يفسر كل ما عليها من أشياء ، ولقد تبدد هــــذا الأمل الى الأبد باكتشافات كولومبوس ، ولو أن هذا انما غير ـ فقط ـ من تصـــوراتنا لأجزاء معينة لم تكن معروفة من قبل .

ولأننا نعرف الآن أن كل أسفارنا انما ستعود بنا الى نقطة البداية ، فاننا ندرك أننا لا نستطيع أن نصل الى التفهم الكامل مهما يطل سـعينا ، فلا شك أن لا تناهى الكون يقع خارج هذا الطريق ، بنفس هذا الشكل أظهرت الفيزيقا الحديثة أن تركيب الفيزيقا الكلاسيكية ـ شأنها شأن تركيب الفيزيقا الحديثة ـ تام فى حد ذاته ، فالفيزيقا الكلاسيكية تمتـــد فقط لتشمل المدى الذى تطبق فيه الأفكار التى ترتكز عليها ، ولكن هذه الأفكار تخذلنا فعلا اذا ما طبقت على عمليات الفيزيقا النووية ، وتخـذلنا بشكل أوضح فى كل ميادين العلم الأكثر بعدا عن الفيزيقا الكلاسيكية ، وعلى هذا فان الأمل فى تفهم كل زوايا الحياة الذهنية عن طريق قواعد الفيزيقا الكلاسيكية ليس له ما يبرره بأكثر من أمل المسافر الذى يعتقد

بحوثها ، دعنا ـ على سبيل المثال ـ نتأمل المشاكل المتعلقة بوجود الكائنات الحية ، فمن وجهة نظر الفيزيقا الحديثة علينا أن نتوقع ـ تبعا لبوهر ـ أن تكون القوانين المختصة بهذه الكائنات منفصلة عن القوانين الفيزيقية البحتة ، بشكل مفهوم منطقى ومحدد ، تماما كما تنفصل ـ مثلا ـ نظرية الكم عن الميكانيكا الكلاسيكية ، وسينطبق حل مماثل ـ بشكل مصغر ـ على البحوث المتعلقة بخواص النواة الذرية التى تكون محور الاهتمام فى الفيزيقا المعاصرة ، سيصعب علينا أن نعتبر أن صرح العلم البحت هو وحدة ثابتة متماسكة بالشكل الساذج الذى تمنيناه ، فمجرد متابعة الطريق المرسوم ، من أية نقطة معينة ، لن يقودنا الى كل الغرف الأخرى فى المبنى ، ذلك لأن هذا المبنى يتكون من أجزاء محددة ، ورغم أن كلاً منها يرتبط بغيره بممرات عديدة ، وأن أيا منها قد يطوق البعض الآخر أو يحيط به ، الا أن كل جزء يكون وحدة كاملة فى حد ذاتها ، وعلى هذا فان التقدم من الأجزاء التى استكملت الى الأجزاء الحديثة الكشف ، أو الى الأجزاء الحديثة التشييد ، يتطلب فى كل مرة قفزة ذهنية لا يمكن أن تدركها بمجرد تطوير المعرفة الموجودة بالفعل •

وعلى هذا فقد دفع العلم المعاصر ـ اليوم أكثر من أى وقت مضى ـ دفعته الطبيعة نفسها ، لكى يصطنع مرة أخرى القضية القديمة عن امكان ادراك الواقع عن طريق عمليات ذهنية ، وأن يجيب عليها بطريقة مختلفة بعض الشىء ، كان فى امكان العلم ـ فيما سبق ـ أن يقود الى مذاهب فلسفية تفترض حقيقة معينة ، (مثلا : « أنا أفكر اذن فأنا موجود » لكانط) كنقطة للبداية يمكن منها مهاجمة كل الأسئلة عن « التصور العقلى للعالم»، غير أن الطبيعة قد نبهتنا الآن ، عن طريق الفيزيقا الحديثة ، وبشكل واضح الى أنه لا ينبغى أن نطمع أبدا فى مثل هذا الأساس الراسخ لكى نتفهم كل حقل « المحسوس من الأشياء » ، وانما علينا اذا ماووجهنا بتحديات ذهنية جديدة بالفعل ، أن نتخذ من كولومبوس المثل ، ذلك الرجل الذى

كانت له الشجاعة لأن يترك العالم المعروف تحت أمل مجنون فى أن يجد أرضا جديدة خلف البحار •

من الممكن أن يجنبنا هذا التفهم الوقوع فى الخطأ الذى لم يتجنبه العلماء دائما فيما سبق ، الخطأ بمحاولة اقحام حقول جديدة من الخبرة فى أى تركيب قديم غير ملائم من المفاهيم ، على العكس من ذلك ، ان الأسهل هو أن نضع طرق التفكير (المبتكرة لتناقض « التفهم الكامل » المثالى للعلم الكلاسيكى) فى شكل مفهوم شامل للعلم ، موحد ومنطقى فى نفس الوقت ، أما محاولة الربط السريع للميادين المتباينة لمعرفة الانسان ، اعتقادا منا بأن هذا التباين ربما جنبنا أية صعاب مستقبلة ، هذه المحاولة لن تؤدى الى أى توحيد حقيقى للحياة الذهنية الا بنفس القدر الضئيل الذى قادنا اليه ـ يوما ما ـ التعميم فى العلم المنطقى لتقديم مفهوم معقول عن الكون ، ولكن ، كما هيأ هذا التعميم فى كشف منافذ جديدة فى الكثير من الميادين ، كذلك سنجد أننا نخدم المستقبل بشكل أفضل اذا ما مهدنا السبيل ـ على الأقل ـ لهذه الطرق الحديثة من الفكر ، بدلا من أن نقاومها بسبب الصعوبات غير المألوفة التى خلقتها ، وربما لا أكون متسرعا اذا ما أملت فى أن تقربنا قوى روحية جديدة من وحدة المفهوم العلمى للكون ، تلك الوحدة التى طالما هُددت خلال العقود الماضية •

٢ عن تاريخ التفسير الفيزيقى للطبيعة*

استمد العلم البحت فى الأعوام الثلاثين الماضية أهميته الخاصة من حقيقة أن فروعه المختلفة ، الفلك والفيزيقا والكيمياء ، قد ردت خلالها الى أصلها الواحد ـ الفيزيقا الذرية ، وبذا فقد حققت الكثير من الأمانى التى ألهمت لويسيس وديموقريطس أبحاثهما فى الطبيعة ، ولهذا السبب فمن المهم اذا أردنا الوصول الى تفهم أعمق للعلم الحديث أن نعرف الى أى مدى يمكن أن نعامل البحث الحالى على أنه تطور مترابط خلال قرن من محاولات الانسان لتفهم الطبيعة ، وأن نقيم بحرص رصيده من النجاح والفشل ، ولقد أصبحت العادة أن ننظر الى تطور العلم على أنه

* ألقيت هذه المحاضرة فى الجلسة العامة لأكاديمية العلوم ـ ساكسونى ـ فى ١٩ سبتمبر سنة ١٩٣٢ .

سلسلة من الاكتشافات الرائعة المحيرة ، يمكن للذهن البشرى أن يكتشف ارتباطاتها الداخلية عن طريق الرياضة ، وعلى هذا ، يبدو لى من المهم أن أؤكد اتجاها أقل وضوحا لا يمكن أن يخفى على عين الفاحص الحريص لهذا التطور ، اتجاها نستطيع أن نقول انه مسئول عن التوازن الداخلى لعلمنا ، نقصد حقيقة أننا سنجد فى الواقع أننا قد أحـــرزنا كل التقدم والمعرفة فى العلم على حساب صياغات لقضايا وأفكار كانت هامة فيما سبق، وعلى هذا فان زيادة المعرفة والادراك تحد بالتتابع دعوى العلماء « بتفهم العالم » ، ان ملاحظة الانسان للطبيعة تشبه الى حـد كبير الفعل الشخصى للادراك الذى يمكن أن نشارك فيخته فى اعتباره ــ عملية « تحديد ذاتى » انها تعنى أننا فى كل فعل للادراك ننتخب واحدا من العدد اللانهائى من الاحتمالات ، وبذا نحد أيضا من عدد الاحتمالات للمستقبل •

ان دراسة هذا « التحديد الذاتى » ــ وهو جزء لا ينفصل من كل المعرفة الفيزيقية الجديدة ــ تعطينا بعض التفهم عن مدى القسر الذى حدد مسار العلم على مر تاريخه ، ومثل هذه الدراسة ستحمينا فى الوقت نفسه من دعوى التحيز والغرور •

كانت الظاهرة الأولى التى شدت انتباه الفكر الاغريقى المنظم هى ظاهرة « الجوهر » ، ظاهرة العنصر «الباقى» الذى تنتهى اليه جميع تحولات المواد ، وقد جـاء فى رسـالة طاليس أن الماء هو الجوهر الأسـاسى الذى «يتكون» منه العالم ، وهنا قد يوحى بنشوء فكرة المادة « عند بدء البحث » لم يكن للكلمات المذكورة فى الجملة السابقة معنى محدد تماما ، لم يكن هناك مجال محدد مختصر أو معنى مبهم لأى من الكلمات : « جـــوهر أساسى » أو « ماء » أو « يتكون من » ، وكانت هذه الحقيقة ذاتها هى التى هيأت الحرية الكاملة للبحث المستقبل ، فلم تنصح بشىء يمكن أن يحد من تفهم موحد للعالم بالمعنى الأعم ، ولقد عرفت البحوث التالية معنى « المادة الأساسية » بشكل أكثر دقة ، فقد اتخذت أولا صفتى التناسق واللاتلاشى،

ولقد نتج عن هذه الصياغة بعض التعقيد ، ذلك أنه اذا ما أردنا أن نجعل الظواهر المتغيرة للعالم مفهومة ، فعلينا اما أن نفترض عددا من الجواهر الأساسية يمكن أن تعلل عن طريق مزجها أو فصلها ذلك العدد الذى لا يحصى من الظواهر ، أو أن نفصل تماما فكرة « الثبات » عن المواد الشائعة ، كانت فكرة بارمينيدس عن « الكائن » محاولة فى الاتجاه الأخير، وقد اعتبر ابيدوكليس أن التراب والنار والهواء والماء هى « الأصول الأساسية » الأربعة لكل الأشياء ، وأنها : لا تخلق ، ولا تفنى ، وأنها متجانسة ، ثابتة ، ولكنها فى نفس الوقت قابلة للانقسام ، وعلى نفس هذا الخط افترض أناكساجوراس عددا لا نهائيا من العناصر يتسبب تجمعها أو انفصالها فى ظهور أو فناء ظواهر معينة ، وقد مهد هذا العمل الطريق أمام تفسير للتشكيل الوصفى للعالم الخارجى فى صيغة تباينات فى المقدار وتغيرات فى النسب داخل المخاليط ، ولقد وصلت هذه الفكرة أخيرا الى نتيجتها المتماسكة فى نظرية لويسبس وديموقريطس الذرية ، فهذه تعترف بأن كلمة « الكائن » تنطبق فقط على أصغر الجسيمات التى لا تنقسم ، أى الذرات ، ولهذه خاصية وحيدة هى حقيقة أنها تشغل الفراغ ، أما الاختلافات الوصفية للأشياء المحسوسة فقد عللت عن طريق الشكل والحركة والتركيب المتغير للذرات فى الفضاء الخالى .

يمثل هذا التطور فى مفهوم المادة ـ من طاليس الى ديموقريطس ـ بلا شك تقدما هائلا فى تفسير الخواص الأساسية للمادة ، ولقد أضحت امكانية وجود المادة فى حالات مختلفة على الفور مقبولة تماما ، ومثلها أيضا التفسير المعقول للظواهر المرتبطة بمزج السوائل ، وكما نعلم ، فان المفهوم ـ المجهول عندئذ ـ عن المركبات الكيميائية ، قد وجد تفسيراً هندسياً واضحا ، وعلى هذا ، فبالرغم من أن لدينا من الأسباب ما يجعلنا نعجب بمثل هذا التقدم كنجاح للتطور المتماسك للفكر العلمى ، الا أننا يجب ألا ننسى أن هذه النجاحات تتضمن بالضرورة تضحية ذات أهمية بالغة بالنسبة للمستقبل ، أقصد التضحية بالتفهم « الفورى والمباشر » للخواص،

ففى خبرتنا سنجد أن خواص كاللون والرائحة والطعم هى وقائع فورية ومباشرة تماما كالشكل والحركة ، فاذا جردنا الذرات من هذه الخواص ـ وقوة النظرية الذرية تكمن فى هذا التجريد ـ فاننا نضحى فورا بامكان « تفهم » صفات الأشياء بالمعنى الحقيقى لهذه الكلمة ، وبدلا مما سميناه « بالتفهم الفورى والمباشر » سنجد فى النظرية الذرية نوعا من الادراك « التحليلى » ، لقد أثبتت صفات مثل « أحمر » أو «حامض» ... الخ ، أن لها القدرة على أن تصور فى الخيال تشكيلات هندسية حركية للذرات، وهناك علاقات معينة بين الخواص تناظر فى الحقيقة علاقات هندسية واضحة للذرات ، و « يفسر » التعدد الوصفى للعالم عن طريق رده الى صيغ هندسية مركبة ، ومن الممكن أن نقول ـ بشكل ما ـ اذا ما عكسنا العبارة السابقة ، ان النظرية الذرية لديموقريطس تقدم تفسيرا للظواهر سابقة الذكر ولكنها تترك الخواص الهندسية للعالم بلا تفسير ، وعلى هذا فمن اللازم أن نميز بين المعنى « التحليلى » و « الفورى والمباشر » ، أما الرغبة التى حققتها النظرية الذرية ـ فى أن نصور الخواص المحسوسة للأشياء كاللون والصلابة عن طريق اختزالها الى تركيبات هندسية (بالمعنى الأوسع) فانها تدفعنا الى التضحية بالتحقق من كنه هذه الخواص عن طريق العلم ، يمكننا اذن أن نفهم لماذا ينظر الشعراء مثلا فى فزع الى المفهوم الذرى .

وقد سارت محاولة التوصل الى معنى أكثر تحديدا لكلمة «الفضاء» جنبا الى جنب مع تطور مفهوم «المادة» ، فبينما نفهم بالتصور البسيط للكون أن العالم مكون من أشياء عديدة يفصلها فضاء ، فان المفهوم الاغريقى « للفضاء الخالى » قد سبب فى بادىء الأمر صعوبات هائلة فى نظرية الادراك ، فعندما وضع بارمينيدس مفهوم « الموجود » على قمة الفلسفة أعطاه منذ البداية صفة مادية ، فسنجد عنده أن الوجود وشغل الفضاء صنوان ، ولأن الموجد هو فقط « الموجود » ، ولأن « اللاموجود » لا يمكن أن يوجد ، فان الفضاء الخالى (أى اللاموجود) لا يمكن وجوده ، وفسرت تعاليم بارمينيدس العالم المحسوس كله ـ كملجأ أخير ـ على أنه

« خيال » ، ومن هذا يمكننا أن نشعر بوضوح كيف كان مفهوم الفضـــاء الخالى ـ فى البداية ـ يضايق الفلاسفة ، ولهذا السبب لم يمكن التوصل الى فصل واضح بين الفضاء وخواصه الهندسية وبين مفهوم المادة الا بعد وقت طويل ، اعتبر أفلاطون فى « تيمايوس » على سبيل المثال أن الخواص الفيزيقيـة للعناصر تنتسب الى الهندســة ، أى الى خواص الفضاء ، وأن العناصر الفردية للمادة تتركب من مكونات أساسية ستريومترية ، وهـذه بالتالى تتكون من مجرد مثلثات ، وقد خطا ارسطاطليس قدما عن سابقيه ، من علم استنباطى يرتكز على مبادىء مجردة ، الى علم الوصف والتسجيل، ورغم ذلك فقد طرح البرهان التالى على استحالة الفضاء الفارغ : تسقط الأجسام بشكل أبطأ فى الماء عنها فى الهـــواء ، والسبب فى ذلك ، على ما يبدو ـ هو اختلاف مقاومة الماء والهواء ، وعلى هذا فكلما قلت كثـافة الوسط المحيط بالجسم ازدادت سرعة ســقوطه ، وبنـاء على ذلك فلا بد أن تسقط الأشياء بسرعة لانهائية فى الفضاء الفارغ ، وهذا غير معقول ، وعلى هذا فلا وجود للفضــاء الفارغ ، وهكذا ظل الفضــاء ـ حتى ذلك الزمن ـ يؤخذ على أنه « ملىء بالمادة » ولم يجرؤ العلماء على أن يعطوا « للفراغ » الخالص أية خواص • ولقـــد تخلصت مادية ديموقريطس بجرأة من هذه العقبة أيضا ، فهو يرى أن المادة تتكون من ذرات يفصلها فضاء خال ، وأن الهندسة صفة للفضاء الخالى ، كما أعطى للفضــاء صفات أخرى مثل «فوق» و «تحت» ، وكان قبول هذا التقسيم البسيط الى مادة وفضاء ـ بلا نقد ـ أساسا للتقدم الذى أحرزته المادية ، وعلى سبيل المثال فان التفسير المعروف لحالات المادة يرتكز على نفس استقلال تركيب الفضاء والمادة ، ومن الواجب أن نؤكد فى هـذه الحالة أيضـا أن نجاح تعـاليم ديموقريطس قد تحقق على حساب طبيعة العـلاقات بين الفضاء والمادة ، ولا شك أنكم تعلمون أن التقدم الحقيقى فى قضية « الفضاء والمادة » لم يتحقق الا مؤخرا عن طريق نظرية النسبية العامة أما الجدل حول هذه المشكلة خلال كل تطور للعلم من ديموقريطس حتى نيوتن وماكسـويل

فلم يكن له أدنى أهميـة ، فلقد كان الفضـاء « يفسر » عن طريق نقـل المعتقدات الهندسية لحياتنا اليومية ـ وبلا تفكير اضافى ـ الى عالم الذرة والكواكب ، لقد أهمل التفهم الأعمق لعلاقة : الزمان •

فى مناقشة مفهومى المادة والفضاء نواجه بالفعل المشكلة العامة للمعنى الحقيقى لتعبير « تفهم الطبيعة » هل قـادت النظرية الذرية لديموقريطس الى تفهم خواص المادة أم هل استغنت عن مثل هذا التفهم ؟ وبأى معنى « تفسر » النظرية السلوك الهندسى للأجسام ؟ وأبحاث تلاميذ فيثاغورث عن ذبذبة الأوتار وهارمونيتها ، أو افتراضات ديموقريطس ، هـــل من الممكن أن تعتبر «علما» ؟ لقد كانت هـــذه القضايا من زمان مادة الفـكر الفلسفى للاغريق •

يمكنكم استرجاع التشبيه الشهير فى « جمهورية أفلاطون » الذى يقارن فيه الفيلسوف العـــالم بكهف مظلم ، والبشر بمســـاجين مغلولين وظهورهم الى الضوء ، بحيث لا يستطيعون أن يروا الا ظلال الأشياء وأن يرقبوا تحركاتها ، لقد وصف أفلاطون كيف اعتبر المساجين أن الظـلال وحدها هى الواقع وكيف حاولوا اكتشاف التناسق فى تحركاتها ، ثم أطلق سراح أحد هؤلاء المساجين ، وسمح له بأن يرى الضوء الحقيقى وأن يرى الأشـياء كمـا هى فى الواقع ، وشرح أفلاطون كيف ينظر هذا الرجل ذو التجربة الحقيقية الى سجنه ، والى دراسة أطياف الظلال ، فى شفقة واستخفاف ، وقياسا على هذا التشبيه يتكلم الفيلسوف عن العلوم المختلفة ، عن معرفة الأرقام ، وعن فن القياس ومعرفة النجوم ، ثم يميز مراحل أربع للادراك : يسمى أعلاها باسم «ابستيم» وهى تناظر معرفة الأشياء الحق ، أى ادراك طبيعتها والتسليم بها ، أما المرحلة الثانية فقد سماها «ديانويا» أو التفهم المتعقل ، ويمكن ادراكها من خلال دراسة العلوم ، أما المرحلتان الأخيرتان فهما يتعلقـان بالســابقتين كما يتعلق الايمـان بالتفهم ويسميان « بستيس » أى الايمان والثقة و « ايكازيا » وهى الظن ، وفى مشكلتنـــا

الحالية ، أقصد امكانية التفسير الفيزيقى للطبيعة ـ فاننا نهتم أساسا بالتمييز بين المرحلتين الأولى والثانية للادراك ، وأحب أن أبين معناهما بالتقريب بمثال بسيط : لنأخذ رجلا نعتقد أننا نعرفه جيدا وفجأة اذا به يقوم بفعل خاطىء يبدو فى بادىء الأمر غير معقول تماما ، سنجد الآن أن من يعرفون تفاصيل الواقعة يمكنهم أن يشرحوا لنا أسباب هذا الفعل ، وعلى هذا فسنكون فى وضع يمكننا من معالجة كل المجادلات واحدة وراء الأخرى ، وأخيرا وبعد تفحص دقيق لهذه المجادلات قد نفهم هذا الفهم الخاطىء ـ هذا الفهم يوازى « الديانويا » ، أو بدلا من ذلك ربما ندرك فجأة أن هذا الرجل كان لا بد أن يتصرف كما فعل ، ومثل هذه المعرفة يمكن أن توصف بكلمة « ابستيم » .

دعنا نعد الآن الى العلم ، لقد فسر أفلاطون نفسه وبتفصيل دقيق طبيعة المرحلة الثانية ـ الأدنى ـ للادراك والتفهم ، وكيف نستطيع أن نبلغ هذا المستوى من خلال دراسة الطبيعة ، وهو يضع القوانين الرياضية للطبيعة ـ التى يمكن أن تكون وراء الظواهر الطبيعية ـ فى مكان الأهمية القصوى بالمقارنة بالتغيرات المتباينة للظواهر نفسها ، فليس هناك من مهام العلم ما يمكن أن يقارن بالتقصى عن القوانين الدائمة للظواهر دائمة التغير ، ولعله من المهم والمميز أن أفلاطون قد أكد بالذات هذه الناحية من العلم ، تلك الناحية التى نطلق عليها الآن أحياناً اسم الناحية «الرسمية» ، ففى مكان ما يتكلم أفلاطون مثلا عن تابعى فيثاغورث وتقصيهم لذبذبات وهارمونية الأوتار ، وهو يرى أن الوجه الأهم لهذه التجارب هى العلاقات الرقمية خلف هذه التناسقات ، وليست الظواهر نفسها سوى حواشٍ غير هامة ، أما الادراك وتفهم الطبيعة الذى يمكن الوصول اليه عن طريق دراسة التركيب الرياضى ، فهو من وجهة نظر أفلاطون مجرد مقدمة الى الايقاع الحق الذى يشكل الغرض الحقيقى للدراسة ، انه خطوة الى معرفة « طبيعة الأشياء » ، المرحلة الأولى للادراك الصحيح ، ومن الممكن أن نشبه من ينسى هذه الحقيقة بالسجين الذى يقبل حركة الظلال على أنها

الواقع كله ، انه لن يرى الضوء الحقيقى أبدا ، ولقد أكد أفلاطون ـ فى تشبيهه ـ الأهمية التى علقها على التفهم « الحقيقى » لطرق العلم المألوفة فى وضع الرجل ذى المعرفة الكاملة بالنسبة للمساجين الآخرين ، فهنا يكتب أفلاطون : « اذا ما تذكـــر سجنه القـــديم ، وحكمة الكهف ، وزملاءه الأسرى ، أفلا تعتقد أنه سيغبط نفسه على وضعه الجديد وأن يرثى لهم ؟ .... واذا ما كانوا قد اعتادوا أن يكرموا الأسرع فى أن يلاحظ ويتذكر ويتنبأ بأى الأشباح ـ عند التحرك ـ سيكون فى المقدمة وأيها سيليه ؟ وأى الأشباح يسير فى جوار الآخر ، أوتظن أنه سيهتم بمثل هذا التكريم وهذه المباهاة أو يغبط من يكرم منهم ؟

ماذا عن العلوم اذا أخذت من الناحية التاريخية ؟ ما وضعها بالنسبة لهذين النوعين من الادراك ؟ نعرف من التاريخ أن تطـورها كله ـ من طاليس حتى يومنا هـــذا ـ قد أثرى بثبات « استبصـــارنا للطبيعـــة » « الدايونويا » ، الا أن التأمل فى هذا التطور يثير انطباعا بأنه بالرغم ممـا يبدو من الاعتماد المتبادل بين نوعى الادراك الابستيم والدايونيا ، الا أنهما يواجهان بعضهما البعض فى علاقة متبـادلة ، وكلما فتحت الفيزيقـا أو الكيميـاء أو الفلك آفاقا جـديدة اتجهنا الى اسـتبدال المصطلح « تفهم الطبيعة » بتعبير آخر ، أكثر تواضعا هو « وصف الطبيعة » ويتضح لنـا ـ أكثر فأكثر ـ أن ما نقوم به فى هذا التقدم ليس هو المعـرفة الفورية والمباشرة وانما هو التفهم التحليلى ، وسيبدو فى كل كشف عظيم ـ لاسيما الفيزيقا الحديثة ـ ما يكبح من دعوى العلماء بتفهم الكون بالمعنى الأصلى اننا نؤمن بأن هذه العملية راسخة بعمق فى نفس طبيعة الفكر البشرى نفسه ، ومن الطبيعى أن كل محاولة لاظهار الطبيعة القسرية لهذا التطور عن طريق التحليل الابستمولوجى لا بد أن تخلف شعورا بعدم الرضا ، ولكن هذا ليس مجال مناقشة قيمة أو أهمية هذا التطور ، ويبدو لى أن الأصح أن نوضح عن طريق تاريخ الفيزيقا (مشتملا على آخر تطوراتها) كيف أن طرق العلم كان قويما ومترابطا خلال القـرون ، وربما حمل

ذلك لكم الشعور بهذا القسر العجيب اللاشخصى الذى يبدو أنه يجد التعبير فى هذا التطور .

كانت نقطة البداية فى فيزيقا جاليليو تجريدية ، وكانت تقع تماما على نفس الخط الذى رسمه ارسطاطاليس للعلم ، وبينما كان أرسطاطاليس يشرح الحركات الواقعية للأجسام فى الطبيعة ، مما جعله يفترض مثلا أن الأجسام الخفيفة تسقط بشكل أبطأ من الأجسام الثقيلة ، سنجد أن جاليليو كان يهتم بقضية مختلفة تماما ، وهى كيف يمكن للأجسام أن تسقط بلا مقاومة من الهواء ، كيف تسقط الأجسام فى الفضاء الفارغ ؟ نجح جاليليو فى أن يضع قوانين هذه الحركة النظرية فى قالب رياضى ، رغم أنها لا يمكن أن تحقق تماما بالتجربة ، فبدلا من أن يهتم مباشرة بعمليات الطبيعة كما تحيط بنا ، نجده يهتم بالصياغة الرياضية لحد لا يمكن اختباره الا تحت الظروف القصوى ، ومن الممكن أن نصل الى صياغة القوانين من العمليات الطبيعية فى شكل دقيق وسهل على حساب تطبيق هذه القوانين على الحوادث الطبيعية فورا ومباشرة .

وكان اكتشاف كوبرنيكس الشهير خطوة فى نفس الاتجاه ، فلكى يصوغ حركات الشمس والكواكب فى شكل موحد أكثر سهولة ، نجده قد رفض أن يقبل الوضع المركزى للأرض كاحدى البديهيات .

ولقد أتم نيوتن العبقرى أخيرا وبشكل متماسك هذا الجزء من التطور ، فقد استطاع أن يوحد رسميا فى قانون واحد ميدانين للخبرة منفصلين تماما هما حركات النجوم فى السماء وجاذبية الأجسام على الأرض ، ولا يمكننا الآن ـ الا بصعوبة ـ أن ندرك غرابة هذه التجربة على العلماء فى ذلك الوقت عندما يعترفون بأنه من الممكن أن تخضع حركات النجوم وحركات الأجسام على الأرض لنظام واحد بسيط من القوانين . غير أن القضية لا بد أن تطرح مرة ثانية : الى أى مدى وصلت اكتشافات نيوتن فى « تفسير » حركات النجوم ؟ ولكى نتوسع فى

توضيح هذه القضية فقد يكون من المفيد أن نقارن وصف حركات النجوم عند الاغريق بالوصف المناظر فى مرجع حديث لعلم الفلك ، يقول أفلاطون فى « تيماوس » عن نظرية خلق العالم :

« والآن ، وبعد أن بلغت كل النجوم اللازمة لتكوين الزمن ، وضعا حركي مناسبا لها ، وبعد ما أصبحت أجسامها المكبلة بالسلاسل كائنات حية تعرف مهمتها المرسومة ، بدأت تدور ، بعضها فى مدارات واسعة والبعض الآخر فى مدارات ضيقة ـ كانت النجوم ذات المدارات الأضيق تدور بشكل أسرع ، وكانت النجوم ذات المدارات الأوسع أبطأ دورانا » .

أما الفقرة المناظرة من كتاب نيوكومب ـ انجلمان فى الفلك فتقول « تدور الكواكب حول الشمس ، وعلى هذا فلا بد أن تخضع لقوة موجهة نحو الشمس ، ولا يمكن أن تكون هذه القوة سوى الجاذبية ، جذب الشمس نفسها ، .. ومن الممكن باستعمال قانون كبلر الثالث أن نقوم بعملية حسابية بسيطة توضح أن القوة التى تجذب بها الكواكب نحو الشمس هى النسبة العكسية لمربع متوسط بعدها عن الشمس ... ويبقى الآن السؤال : على أى منحنى حول الشمس سيسير الكوكب تحت فعل مثل هذه القوة ؟ لقد أثبت نيوتن أن هذا المنحنى على العموم لا بد أن يكون قطعا مخروطيا تكون الشمس فيه احدى البؤر ، وعلى هذا فقد فهم سر الحركات السماوية وثبت أن الكواكب ببساطة أجسام ثقيلة تتحرك تبعا لنفس القوانين التى نراها تعمل من حولنا » ، هذا الوصف الحديث يختلف عن القديم أساسا فى نواح ثلاث مميزة ، فهو يستعمل تعبيرا «كميا» بدلا من التعبير «الكيفى» ، وهو يعود بالظواهر المختلفة الأنواع الى أصلها الواحد ، ثم انه لم يعد يهتم بموضوع «اللماذا» ، ومن المميز لهذه التضحية أن نظرية نيوتن لم ترض العلماء فى الحقبة الرومانسية ، وأن عالما شهيرا مثل لورنز أوكسين قد حاول أن يستبدل هذه النظرية بنظرية أكثر «حيوية» ، كتب أوكسين ذات مرة يقول « انك لا تستطيع أن تخلق

العـالم عن طريق المعالجة الميكانيكية (طريق الدفع والطرق) وانما عن طريق حقن الحياة ، فلو أن الكواكب ميتة لما جذبتها الشمس » .

دعنا الآن ننتقل من الميكانيكا الى علم الضوء ، غير نيوتن الضوء الذى يبدو لأعيننا أبيض الى طيف ذى ألوان مختلفة، واستبدل هويجنز بالضوء حركات موجية فى وسط فرضى اسـمه الأثير ، وأخيرا فسر ماكسـويل هذه الحركة الموجية كذبذبة للمجالات الكهربية والمغنطيسية فى الفضـاء الخالى ، ويمكننا أن نرى هنـا أيضـا بوضـوح كيف ضحى العلم أكثر وأكثر بامكانية جعل الظواهر التى ندركها فورا بحواسنا «حية» وعرض بوضوح النواة الرياضية الجافة للعملية ، أما حقيقة كون الظواهر الكهربية والمغنطيسية والضوئية مرتبطة ، وأنه من الممكن أن ترد الى نفس المجموعة البسيطة من معادلات ماكسويل ، هذه الحقيقة لا شك تعتبر كشفا ذا أهمية قصـوى ، غير أننـا لا بد أن نعترف بأن الشخص الأعمى يسـتطيع أن يدرس وأن يفهم علم الضوء كله دون أن تكون لديه أدنى معرفة بالضوء الحقيقى، هذه التضحية بالتفهم الحى والمباشر ـ التى كانت أساس التقدم العلمى منذ عصر نيوتن ـ كانت هى أيضا السبب فى نضال جوته المرير ضد علم الضوء الفيزيقى لنيوتن وضد تعاليمه عن اللون ، ولا شك أننـا نخطىء اذا أهملنا معنى هذا الصراع ، فلا بد أن هناك سببا وجيها دعا واحدا من ألمع البشر الى أن يوجه كل قوته لمحاربة انجازات نيوتن فى علم الضوء ، غير أننا نستطيع أن نتهم جوته بمناقضته لنفسه، اذ كان عليه ليس فقط أن يحارب نظرة نيوتن وانما أن يقـول ان كل فيزيقـا نيوتن ونظريته فى الضوء والميكانيكا والجاذبية ، كل هذا من عمل الشـيطان ؛ ومن ناحية أخرى ، فان التقدم الوطيد للعلم المجرد ، وفى نفس الاتجاه ـ برغم كل هذه الاعتراضات انما هو دليل على قوته وتماسـكه الداخلى ؛ والواقع أننا لا نستطيع اهمال أن بعضـا من هذه القـوة انمـا يرجع الى استطاعة العلم المجرد أن يقود التطور التكنيكى .

ولقد وجه اهتمامنا مرة أخرى الى مشكلة « المادة » بعد أن صقل نيوتن علم الميكانيكا وأكمل ماكسويل علم الكهرباء والضوء ، وكذا بسبب التطور الكبير في علم الكيمياء في بداية القرن الماضي ، فلقد أثار ذلك الرغبة في حل المشكلة ، التي بدأ الاغريق في حلها ، عن طريق أدوات العلم الحديث ، أعيدت الى الحياة نظرية ديموقريطس الذرية ، وعرض جاسندى حياته للخطر في القرن السابع عشر بسبب اذاعته للآراء الذرية، و « فسر » تابعوه الحالات المختلفة للمادة بأن افترضوا أن الذرات توجد في نظام صارم في المادة الصلبة ، وأنها في السوائل تتحرك عشوائيا رغم أنها معبأة باحكام ، وأنها في الحالة الغازية تهيم كسرب من الحشرات تفصلها مسافات واسعة ، وعلى هذا فقد اختزلت خواص الكثافة والشكل والحركة الى تشكيلات هندسية للذرات ، ثم أضيفت الى هذه الخواص خاصية الحرارة في القرن الماضي ، وقد اعتبرت الآن الحرارة التي كانت تعد فيما سبق مادة مميزة مكونة من ذرات ديموقريطس للنار على أنها الطاقة الميكانيكية للذرات الفزيقية ، فحركة الذرات في الأجسام الساخنة أسرع منها في الأجسام الباردة ، أو أن الحركة القوية للذرات تسبب الاحساس « بالدفء » ، وكما تعلمون ، فان الظواهر المرتبطة بالتسخين والتبريد ـ بناء على هذا الفرض ـ يمكن أن تعامل كميا ، كما أنه من الممكن ملاءمة نظرية التفاعلات الكيميائية بسهولة في مثل هذا النظام ، أما التغيرات الوصفية للمواد خلال العمليات الكيميائية فمن الواضح أنه من الممكن أن ترد الى تغيرات في التشكيل الهندسي للذرات ، ولقد بينت عمليات التحليل الكهربي أن هناك ذرات للكهرباء ـ البروتونات والالكترونات ـ وأوضحت دراسة النشاط الاشعاعي أن علينا أن نعتبر أن ذرات الكهرباء هذه هي الجسيمات الأساسية التي تبنى منها كل الذرات الأخرى ، وعلى هذا فان البروتونات والألكترونات هي الجسيمات الوحيدة التي يمكن أن نطلق عليها ـ بحق ـ اسم الذرات ، أي الجسيمات التي

لا تنقسم ، فمنهـا يتكون كل ما يسـمى بالذرات ، وكما تعلمـون ، فان الفيزيقا الذرية ـ كما تطورت تحت زعامة بوهر خـلال العشرين سـنة الماضية والتى لم تكتمل بعد ، تضم مدى واسعا جداً من الخبرات ، فهى تتضمن على سبيل المثال الجوهر الرياضى الرصين لكل التنظيمات الكيميائية، ومنها نستطيع ـ مثـلا ـ أن نحسب من ناحيـة المبـدأ الوان كل المواد البسـيطة ، لقد تحقق اذن الى حـد كبير برنامج ديموقريطس واختزلت الخواص المنظورة للمادة الى الخصائص التركيبية للذرات .

ولـكن الفيزيقا الذرية الحديثة تتخطى الفيزيقا الاغريقية بمراحل بالنسبة لنقطة واحدة ، وتفهم هذه النقطة ضرورى لتطور الفيزيقا الحديثة ، فبنـاء على نظرية ديموقريطس لا تملك الذرة خواص مثل اللون والطعم ... الخ ، انما هى فقط تشغل فضاء ، ولكن النظـرية كانت تسـمح بتركيبات هندسـية للذرات لا تحتاج الى أى تحليـل ، أما فى الفيزيقا الحديثة فقد فقدت الذرات هذه الخاصية الأخيرة ، وأصبحت خواصـها الهندسية لا تفترق عن اللون والطعم ... الخ ، وأصبح من الممكن فقط أن تمثل الذرة فى الفيزيقا الحديثـة بمعادلة تفاضلية جزئيـة فى فضـاء مجرد عديد الأبعاد ، أصبحت تجربة الباحث فقط هى التى تدفع الذرة لتشير الى مكان أو لون أو كمية من الحرارة ، « فكل » خواص الذرة فى الفيزيقا الحديثة مشتقة ، ليس للذرة أية خواص فيزيقية «فورية ومباشرة» على الاطلاق ، بمعنى أن كل شكل نصممه لنصور به الذرة تصويرا مرئيا لا بد أن يـكون خاطئـا ، ويمكننى أن أقول انه بالتعريف يستحيـل أن نصل الى أى تفهم « من الدرجة الأولى » فى عالم الذرة وهذا التطور يبدو لنا مترابطا تماما ، فهو أولا يقيم ثانية الاتزان بين الخواص المختلفة للمادة التى فقدت فى النظريات الذرية القديمة ، فلم تعد الخواص الهندسـية مميزة عن غيرها ، ولم يعد من الصحيح ، كما يؤكد بوهر ، أن نقول ان خواص الأجسام قد اختزلت الى هندسة الذرات ، بل على العكس من ذلك

فلن تصبح معرفة لون الجسم ممكنة الا على حساب معرفة الحركات الذرية والالكترونية داخل هذا الجسم ، والعكس بالعكس ، فان معرفة الحركات الالكترونية تدفعنا الى التضحية بمعرفة اللون والطاقة والحرارة ، وكلاهما يمكن اخضاعه لرياضيات الذرة ولا تقبل النظرية الذرية الحديثة أية خاصية للأجسام ندركها بحواسنا ، الا بعد أن تحلل ، ولا يمكن أن تنتقل هذه الخاصية أوتوماتيكيا الى أصغر جسيمات المادة ، وانما تحلل كل الخصائص بغرض « الديانويا » ، وعلى هذا نستطيع أن نستنتج أنه لا يمكن أن تكون للذرات هذه الخواص بالمعنى العادى •

ولا بد أن مناقشة منجزات نيوتن فى الميكانيكا والضوء قد أعطتكم الاحساس بأن قوة هذا التطور المجرد للعلم تكمن ـ أولا وقبل كل شىء ـ فى قدرته ـ وبشكل سهل ـ على الاحاطة بعدد كبير من ميادين الخبرة ، وعلى تبسيطه الدائم وتوحيده للصورة التى رسمها العلم للطبيعة ، ولقد قادتنا الفيزيقا الذرية الى أروع النجاحات ، ولعل هذا يبدو كأوضح ما يكون فى التقدم الذى حدث فى السنين الأخيرة ، ولا يمكننا الا أن نعجب ، اذا ما رأينا كيف أننا نستطيع عن طريق نظام بسيط للغاية من القوانين أن نصف عددا لا نهائيا من الظواهر المتباينة للطبيعة ، على الأرض أو على النجوم ، ولكن علينا ألا ننسى من ناحية أخرى أنه كان من الضرورى أن ندفع ثمنا غاليا لهذا التوحيد للمفهوم العلمى للكون ، لقد توصلنا الى التقدم العلمى على حساب امكانية جعل ظواهر الطبيعة مقبولة بشكل فورى لطريقة تفكيرنا •

وهنا أعود الى السؤال الذى وضعته فى البداية : هل يستطيع العلم أن يدعى أنه يقود الى تفهم للطبيعة ؟ لقد حاولت أن أبين كيف أن الفيزيقا والكيمياء ـ تدفعهما قوة لا نكاد نعرفها ـ قد تطورتا باستمرار فى اتجاه التحليل الرياضى للطبيعة على هدى مبدأ التوحيد ، ولقد تناقصت فى نفس الوقت ادعاءات علمنا بتفهم الطبيعة ـ بالمعنى الأصلى لهذه الكلمة ، ويبدو

لى أن أية محاولة لاثبات استحالة تفهم ادراكى ـ نظرى ، بالشكل الأخير هذا ، لا يدانيها فى الحماقة الا محاولة تأكيد عكسها بأنه من الممكن التوصل الى تفهم للطبيعة عن طريق فلسفى دون معرفة قوانينها الرسمية ، أما البت فيما اذا كان من الممكن أن نعتبر نوعا معينا من تفهم الطبيعة مقنعا وكافيا فلا بد أن يترك فى النهاية الى وعى هذا الفرد أو ذاك ، الا أن هناك شيئاً واحدا يستطيع العلم بلا شك أن يدعيه ، لقد خلق العلم ـ على طريق التقدم البشرى ـ صيغا للفكر جديدة ، وحريات جديدة ، لم يكن فى استطاعة أى من ميادين التجارب البشرية أن يبلغها ، صيغا للفكر وحريات ستصبح أدوات نافعة هامة فى كل حقول العمل الأخرى ، لقد أعطى العلم مثالا هاما لحقيقة أنه من الممكن ـ دون التسليم بأى نقص فى الوضوح والدقة ـ أن نمد بشكل غير عادى ، أكثر أساسيات فكرنا تجريدا .

٣ المسائل الأساسيّة فى الفيزيقا الحديثة*

عندما أحاضركم عن المسائل الأساسية فى الفيزيقا الحديثة فانني لا أريد أن أعرف مجرد مسح لمضمون الفيزيقا كما تطورت خلال الثلاثين عاما الماضية ، ولا أشك أن المراجعة العجيبة لأساسيات العلم البحت والتى دفعتنا اليها النتائج التجريبية خلال العقود الماضية المرتكزة على استعمال أجهزة أكثر حساسية قد توقفت هنا بتوسع .

أفضل اذن أن أضع فورا السؤال التالى : كيف أصبحت مثل هذه المراجعة لمفاهيمنا الفيزيقية الأساسية ممكنة ؟ وعلى ضوء هذه المراجعة ، ما هو « مضمون الحقيقة » للفيزيقا الكلاسيكية والحديثة ؟

* محاضرة ألقيت فى جامعة فيينا فى ٢٧ نوفمبر ١٩٣٥ .

وعندما نضع السؤال بهذا الشكل ، فاننا نتحسس مجموعة المشاكل التى أثارها بوهر وناقشها بجدية ، مبتدئا من المقدمات الأساسية لنظرية الكم ، وهذه النظرية ليست بنظرية تفهم حقيقية للعلم بقدر ما هى ادراك للقوانين الأساسية التى يرتكز عليها تركيب الفيزيقا الحديثة .

تقوم الفيزيقا الكلاسيكية على نظام من البديهيات الرياضية المختصرة، يحدد محتواها الفيزيقى بالكلمات المختارة التى تستخدم للتعبير عنها وتحدد هذه اذن فى جلاء تطبيق مجموعة البديهيات هذه على الطبيعة ، وعلى هذا تبدو صحة الفيزيقا الكلاسيكية مطلقة ، شأنها شأن أى نص رياضى آخر ، ان دعوى الفيزيقا الكلاسيكية دقيقة ومحددة .

وحيثما يمكن التطبيق المباشر لمفاهيم مثل الكتلة والسرعة والقوة فسنجد أن قانون نيوتن القائل بأن القوة تساوى حاصل ضرب الكتلة × العجلة صحيح ، وفى هذا ما يبين صحة ميكانيكا نيوتن ، ومن الممكن أن نرى مدى التأكد من هذه الصلاحية فى حقيقة أن قوانين أرشميدس عن الرافعة البسيطة لا تزال تكون حتى اليوم الأساس النظرى لكل آلات رفع الأثقال ، وفى الحقيقة أنه ليس هناك أدنى شك فى أنها ستظل كذلك دائما، ورغم ذلك فلقد كانت ضرورة مراجعة الميكانيكا الكلاسيكية هى احدى نتائج الفيزيقا الحديثة ، ولكى نتفهم هذا فان علينا أن نختبر بشكل أدق طبيعة هذه المراجعة ، اذا ما أخذنا أساس الفيزيقا الحديثة فى الاعتبار فسنجد فى الواقع أنه لا ينقض صحة الفيزيقا الكلاسيكية ، انما نتجت ضرورة المراجعة ـ أو فى الحقيقة امكانية المراجعة ـ عن المجالات التى نقابلها عند تطبيق مجموعة المفاهيم فى الفيزيقا الكلاسيكية ، أى أن الفيزيقا الحديثة لم تقيد صحة القوانين الكلاسيكية وانما حددت امكانات تطبيقاتها ، فعلى سبيل المثال ، سنجد أن الخبرات التى تكون أساس نظرية النسبية قد بينت أن مفهوم الزمن البسيط فى ميكانيكا نيوتن يفقد أهميته اذا كنا نتعامل مع أجسام تتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء ، فمن المستحيل مثلا أن

نتخيل ساعة تستطيع أن تقيس قيمة المقدار (ت) في معادلات نيوتن ، وهذا هو السبب في أنه لا يمكن تطبيق قوانين نيوتن في هذا الوضع ، وسنعطي الآن مثالا من الفيزيقا النورية يوضح الجانب الايجابي لهذه الجملة، من الممكن أن نطبق قوانين الميكانيكا الكلاسيكية على الالكترون ، فقط في المدى الذي يمكن فيه اختبار مساره في غرفة ويلسون السحابية ، فهذه الميكانيكا تستطيع أن تتنبأ بالمسار الصحيح للالكترونات ، ولكن ، اذا لم نلاحظ مسار الالكترون ، وانعكس هـذا على محـــزوز حيود فسيختفي الأساس لتطبيق واضح لمفهوم الفضاء والسرعة ، ويصبح تطبيق القـــوانين الكلاسيكية على مثل هذه العملية غير ممكن •

وهذه الحالة تبين بوضوح أن امكانية مراجعة القوانين المضـــبوطة للفيزيقا الكلاسيكية تنشأ كنتيجة لنقص الدقة في المفاهيم التي تستعملها هذه القوانين ، وعلى هذا فبينما نجد مقادير مثل س × ، ت T ، م M في ميكانيكا نيوتن مرتبطة في وضوح تام عن طريق مجموعة من المعادلات لا تحتوي حلولها على أي من درجات الانطلاق خلاف الشروط البدائية ، الا أننا سنجد أن كلمات « الفضاء والزمن والكتلة » التي تنتسب للمقادير سالفة الذكر ، هذه الكلمات ستصبح بكل النقص في الدقة الذي نقنع به في حياتنا اليومية ، ومن الصحيح أن احدى الخبرات الأساسية التي تكيف علمنا هي أنه من الممكن لحد ما أن يتحقق الاتصال بالآخرين عن طريق هذه الكلمات ، غير أن هذا ممكن فقط من خلال تحليل مضبوط لصـحة هذه المفاهيم ، وهذا بالتالي يمكن تحقيقه اذا ما وجد نظام أبسط من المفاهيم يمكننا أن نثق فيه ضمنا ، وعلى هذا فان صحة الفيزيقا الكلاسيكية تحدد بدرجة القصور في دقة المفاهيم المضمنة في بديهياتها •

يمكننا أن نرى الآن كيف أن العلم يقع في خطـــر الاندفاع الى مراجعة أساسه اذا ما تحول عن حقل الخبرات العامة ، اذ تفقد مفاهيمه الحالية أهميتها عند العرض المنظم للمكتشفات الجديدة ، ويبدو أنه من الممكن أن نتلافى هذا الخطر ـ من البداية ـ اذا ما طبقنا كل المفاهيم ، فقط

فى الحدود التى تبنى عليها من الخبرة ، بمعنى أن العلم الحديث يجب أن تسبقه تنقية للغة ، تزيل كل التعبيرات والمفاهيم المبهمة ، ولكن مثل هـذا البرنامج لا يمكن أبدا أن يتحقق ، اذ ستحتاج أكثر التعبيرات شيوعا الى المراجعة ، ولن يمكننا أن نعرف ماذا سيتبقى لنا من لغتنا ، كما لا يوجد أى معيار يسمح بتقدير مسبق عما اذا كان تطبيق تعبير معين سيقبل أو لا ، لقد كان من الممكن أن نعبر عن تجارب غرفة ويلسون السحابية ـ فيما قبل نظرية الكم ـ كما يلى : « اننا نرى فى الغرفة السحابية أن الالكترون قد اتخذ هذا المسار أو ذاك » ، والواقع أننا كم نستطيع قبول هذا على أنه وصف بسيط للحقائق التجريبية ، وكان لا بد أن يمر بعض الوقت لكى نعرف ـ عن طـــريق تجارب أخـــرى ـ الطبيعة المبهمة لتعبير « مسار الالكترون » ، وعلى هذا ، يبدو أن التقدم الوحيد الممكن للعلم يكمن ـ فى المقام الأول ـ فى الاستعمال ـ دون تردد ـ للتعبـــيرات الموجودة لوصف المكتشفات ، وفى مراجعة هذه الاصطلاحات من آن لآخر لتوفية احتياجات المكتشفات الجديدة ، أما المطالبة بتوضيح مسبق ، فلا يوازيه الا التنبؤ عن طريق التحليل المنطقى بكل التطور المسـتقبل للعلم ، وعلى هذا فمن الواضح أن نقص الدقة الموجود فى نظم مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية شىء ضرورى ، وعلينا اذن أن نتفق مع الفكرة القائلة بأن الأجزاء المضبوطة رياضيا من الفيزيقا ـ حتى هذه ـ انما تمثل جهودا تجريبية نشق بهـا طريقا من خلال ثروة من الظواهر ، وهذا كما يتضح لنا ينطبق على كل من الفيزيقا الحديثة والكلاسيكية ، ذلك أنه اذا ما كانت نظرية النسبية قد عالجت بعض الغموض فى مفهوم الزمن ، واذا ما كانت نظرية الكم قـد عالجت بعض الغموض فى مفهوم المادة ، فاننا لا نشك فى أن التطور العلمى فى المستقبل سيحتم مراجعات جديدة ، وفى أن المفاهيم التى نستعملهـا اليوم سيثبت أنها محدودة التطبيق بالنسبة لمعنى لم يعرف بعد .

من الملائم هنا أن نسأل : كيف نستطيع أصلا أن نتكلم عن علم بحت ؟ للاجابة على هذا السؤال دعنا نذكر مثالا عن مدى صحة الميكانيكا

الكلاسيكية ، فطالما كان التطبيق ـ دون تردد ـ لمفاهيم الفضاء والسرعة والكتلة .... الخ ، ممكنا ، فمن الممكن بالتأكيد تطبيق قواعد نيوتن ـ وهذا يسرى بلا شك أيضا على كل خبرات حياتنا اليومية ـ هذه القوانين اذن تمثل كمالا نبلغه اذا ما أخذنا فى الاعتبار فقط تلك الأجزاء من الخبرة التى يمكن أن « تنظم » عن طريق مفهوم الفضاء والزمن ... الخ ، وعلى هذا فان صياغة المفاهيم فى الميكانيكا الكلاسيكية ـ اذا نظرنا اليها من هذه الوجهة ـ ستبدو مجرد امتداد مترابط للغة ، وهنا أيضا ، سنجد أن كل تعبير انما يمثل محاولة لا شعورية لتعريف نظام وطريق لنقل خبرات معينة ، وذلك عن طريق تأكيد اتجاهات شائعة وتقديم تسمية مناسبة ، وكما أن أى تطور جديد فى اللغة ممكن فقط اذا بنى على الكلمات والتعبيرات الموجودة بالفعل ، فكذا فى الفيزيقا : سنجد أن مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية تشكل اللوازم الضرورية للبحث فى الظواهر الذرية ، وعلى هذا ، فاذا نظرنا الى الفيزيقا الكلاسيكية ككل ، فسنجد كمالها الأساسى يكمن فى ترتيبها للخبرات بافتراض وجود حوادث موضوعية فى الزمن والفضاء ، تقدم الفيزيقا الكلاسيكية بشكل ما ـ أوضح تعبير لمفهوم المادة فى كونها تحاول أن تجعل وصف العالم أكثر مايكون استقلالا عن خبراتنا الذاتية ، ولهذا السبب فان مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية ستظل دائما الأساس لأى علم مضبوط وموضوعى ، ولأننا نطلب امكانية تحقيق نتائج العلم تجريبيا (نقصد عن طريق القياسات المدونة على جهاز مناسب) فاننا نضطر لأن نصوغ هذه النتائج بلغة الفيزيقا الكلاسيكية ، وعلى هذا فلكى نتفهم نظرية النسبية ـ مثلا ـ فمن الضرورى أن نؤكد ـ عند استعمال أجهزة لقياس انحراف ضوء الشمس ـ أن صحة الهندسة الاقليدية قد فرضت مسبقا فى نفس هذه الأجهزة التى ستوضح التباين من نفس هذه الهندسة الأقليدية ، ومن الممكن أيضا أن نبين ـ كما أكد دنجلر مثلا ـ أن نفس الطرق المستعملة فى صناعة هذه الأجهزة تدفع بصحة هندسة اقليدس لهذه الآلات (فى حدود درجة دقتها) وبنفس الشكل ، لا بد أن يكون

باستطاعتنا ـ فى أية مناقشة لتجارب الفيزيقا الذرية ـ أن نتكلم دون تردد أو لعثمة عن حوادث موضوعية فى الزمن والفضاء ، وسنجد الأمثلة المقنعة فى التجارب التى توضح وجود النيوترونات عن طريق النشاط الاشعاعى الصناعى الذى تسببه ، ومما لا شك فيه أنه لا يمكن تفهم العمليات الفيزيقية وراء هذه التجارب الا باستعمال مفاهيم نظرية الكم ، ورغم ذلك فان هذه التجارب تلائم عملية القياس ، ذلك لأننا نستطيع أن نعبر عن نتائجها فى صيغة كلاسيكية ، دون أن نعير الصفة المجردة لعلاقة « الكم النظرى » أى اهتمام ، وعلى هذا : « فعن طريق النشاط الاشعاعى الصناعى نستطيع أن نقرر أننا وجدنا نيوترونا (أى جسيما معينا) فى هذا المكان المحدد وفى ذلك الوقت » .

وعلى هذا ، فبينما تبدو « قوانين » الفيزيقا الكلاسيكية من وجهة نظر الفيزيقا الحديثة مجـــرد حالات محددة لارتبـــاطات أكثر عمومية وتجريدا ، فان « المفاهيم » المرتبطة بهذه القوانين تبقى جزءا من لغة العلم لا يمكن الاستغناء عنه ، جزءا بدونه لا نستطيع حتى أن نتكلم عن النتائج العلمية .

ربمـا شـكلت هذه الحقيقة فيما قبل اكتشـاف نظرية الكم السبب الرئيسى للاعتقاد بأن المفـاهيم الكلاسـيكية لا بد أن تكون مقومات كل نظرية فيزيقية فى أى زمن ، وحتى فى يومنا هذا ، سنجد أن نقد نظرية النسبية والكم (وهو نقد أعتقد أنه خاطىء) انما يرتكز على نفس الخط ، وعلى هذا يقـال : انه من المستحيل أن نجعل الزمن نسـبيا ، لأننا نفترض مسبقا زمنا مطلقا عند مناقشة أى قياس ، أو يقال فى حالة نظرية الكم : انه لا بد أن يظل استعمال القـوانين الاحصـائية دائما غير كاف لوصف الطبيعة ، وأيضا : ان عدم القدرة على التنبؤ بالحادثة لا يمكن الا أن يعتبر دلالة على مشكلة لم تحل بعد ، وعلى هذا فان السـؤال الذى لا بد أن يطرح هو : كيف تكتسب الفيزيقا الحديثة الحرية لتتخطى حدود المفاهيم الكلاسيكية ؟ .

كان المدى المتسع للخبرة التكنيكية هو أول ما دفعنا الى أن نتخلى عن حدود المفاهيم الكلاسيكية ، فلم تعد هذه المفاهيم ملائمة للطبيعة ، كما وصلت اليها معرفتنا ، ففى مرة يمكننا أن نلاحظ مسار الالكترون المتحرك كجسيم فى غرفة ويلسون السحابية ، وفى مرة أخرى سنجده ينعكس على حائط انكسار كما لو كان موجة ، ولم تعد لغة الفيزيقا الكلاسيكية قادرة على أن تعبر عن هاتين الملحوظتين كنتيجتين لنفس الكيان ، وكان علينا قبل كل شيء أن نحدد بشكل أدق الأوضاع التى تصبح فيها المفاهيم الكلاسيكية مبهمة عند التطبيق •

ان لب أية نظرية حديثة انما هو فى تحديد النقطة المضبوطة التى يصبح عندها التطور خارج المفاهيم الكلاسيكية ممكنا منطقيا ، وعلى هذا فان قلب نظرية النسبية الخاصة هو التقرير بأن تزامن حادثتين فى مكانين مختلفين هو مفهوم مبهم ، وبنفس الشكل سنجد أن نظرية الكم قد أعطت أهمية قصوى للتقرير بأنه لا معنى للحديث الآنى عن مكان محدد وعن حركة محددة للجسيم ، ولقد وضع نفس هذين التقريرين مرارا فى صورة أخرى هى : ان قضية « الآنية الحقيقية » لحادثتين هى مشكلة « باطلة » شأنها شأن المكان المضبوط والحركة المضبوطة للجسيم ، هذه مسائل لا اجابة لها ، لأنها مطروحة بشكل خاطىء ، والواقع أن هذه الصياغة تحوى الجوهر المنطقى للوضع الذى نواجهه ، فهى تصرح بأوضح وسيلة بأن المفاهيم التى نجبر على استعمالها للتعبير عن خبراتنا ، هى مفاهيم مبهمة لدرجة لا يمكن معها أن تعلل تماما حقائق الطبيعة ، فالشيء الحاسم اذن ليس هو التقرير بوجود مشاكل « باطلة » وانما سبب وجود هذه المشاكل •

تقرر نظرية النسبية الخاصة أنه ليس هنالك من وسيلة ـ حتى الآن ـ لنقل الاشارات بسرعة تفوق سرعة الضوء ، وعلى هذا يصبح من

المستحيل أن نعطى تعريفا واضحا لقياس زمنى مطلق ، غير أن هذا تقرير سلبى ، ولن يصبح من الممكن وجـود تنظيم للخبرة كاف منطقيـ الا ـ فقط ـ عن طريق الفرض بأنه من المستحيل « من ناحية المبدأ » أن تنقل الاشارات بسرعة تفوق سرعة الضوء ، وبالتالى الفرض بثبات سرعة الضوء ، وهذه الخطوة الثانية الايجابية وحدها هى التى تبرر التقرير بأن مسألة المقيـاس الزمنى المطلق مسـألة « باطلة » ونفس الشىء ينطبق على نظرية الكم ، فان تقييداتها للمفاهيم الكلاسيكية كما تعرب عنها العلاقات اللاحتمية قد اكتسبت قيمتها الخالقة فقط بأن جعلتها مسائل مبدأ ، فهى عندئذ تقدم الحرية اللازمة للترتيب المتناسق اللامتعارض لخبرتنـا ، ولقد كان نظام البديهيات الرياضية لميكانيكا الكم والموجية هو وحده الذى خول لنا أن نضع مسألة المكان والحركة كمشكلة « باطلة » .

لقد أصبح الشرط المسبق لتفهم الفيزيقا الحديثة هو تقدير الموقف المنطقى الذى تصبح فيه مسألة تبدو لها صحة الصياغة خالية من المعنى ، ومن ناحية أخرى فان الفيزيقا الحديثة توضح أنه من الممكن تحت الشرط التالى الاستبعاد المثمر لمسألة ما على أنها مشكلة « باطـــلة » : « لا بد أن يخلق هذا الاستبعاد الحـــرية اللازمة لاقامة العلاقات البينية المجـــردة المطلوبة » ، فنحن نستعمل عند معالجتنا لوصف الطبيعة مفاهيم تفتقر الى الدقة فى بعض النواحى ، ولو أننا لا نستطيع أن نقدر ذلك عند الوصف، غير أن اكتشاف نقاط الضعف لن يقودنا الى معرفة جديدة الا اذا كان من الممكن استعمالها بطريقة محددة فى تقـدير أشـكال جديدة من العلاقات البينية ، وطالما كنا لا نفعل ذلك فسنبقى بلا معيار موثوق نحكم به عما اذا كان للمشكلة معنى ، ولا بد أن نكتفى فى معالجة قضايا الفيزيقا ـ حتى ما يصاغ منها رياضيا ـ بالصورة الكلامية فقط ، لأننا لا نستطيع أن نعرف حدود دقة التعبيرات والمفاهيم المستعملة ، اننا لا نحاول الا أن نجعل خبرتنا مع الطبيعة معقولة لأنفسنا وللآخرين .

ورغم ذلك ، فاذا ما أقمنا هذه العلاقات الجديدة فاننا نستطيع الولوج الى عالم جديد من المفاهيم يختلف وصفيا عن العالم القديم ، وبهذا الشكل تمثل نظريتا النسبية والكم الخطوة الأولى الحاسمة خارج نطاق المفاهيم التصويرية نحو ميدان مجرد ، لم يمس من قبل ، ميدان لا تترك طبيعة العلاقات المكتشفة به أى شك فى أنه لا يمكن التراجع فى هذه الخطوات، ومن الطبيعى أن هذه العلاقات الجديدة لا يمكنها أن تدعى أنها تستعمل مفاهيم أفضل تحديدا من المفاهيم الكلاسيكية ، بل ربما كان من الضرورى أن تراجع فى المستقبل ، ورغم ذلك فان المفاهيم الناشئة فى هاتين النظريتين قد أكدت نفسها ـ فى تنظيم الخبرات الأكثر دقة ـ لدرجة جعلتنا نعتقد أنها ملائمة لخبراتنا الجديدة ملاءمة المفاهيم القديمة لخبراتنا اليومية ، وعلى هذا فستبقى هذه المفاهيم بدورها الشرط المسبق لأى تطور جديد فى المستقبل • وعلى أى حال ، فان اكتشاف نظام جديد من المفاهيم لا يعنى أكثر من طريقة جديدة فى الفكر ، وهذه لا يمكن أن تتلاشى هكذا •

ولهذا السبب لا يستطيع الموقف الحقيقى لعلمنا أن يؤكد الأمل ـ الذى نسمعه أحيانا ـ فى أننا قد نستطيع استعمال المفاهيم الكلاسيكية فى تنظيم الظواهر النسبية والذرية ، أما الأكثر احتمالا ، فهو أن هناك مجالا معينا للخبرة يمكن تفسيره عن طريق ميكانيكا شرودنجر الموجية ، وليس عن طريق الميكانيكا الكلاسيكية ، ولا بد أن نفترض انه حتى النواحى الأقل استساغة من قوانين ميكانيكا الكم ستبقى أجزاء مكملة للعلم النظرى ، وعلى سبيل المثال أحب أن أناقش التسليم النهائى بالصفة الاحصائية لميكانيكا الكم ، وعما اذا كان هناك أمل فى مد وتكملة ميكانيكا الكم على أساس حتمى ، الواقع أنه لا يبدو مجال للاعتراض على الفرض بأن لذرات الراديوم ـ مثلا ـ خواص لم تعرف بعد ، تحدد بدقة وقت اطلاقها لأحد جسيمات ألفا واتجاه هذا الجسيم ، ورغم ذلك فان التحليل الأكثر تفصيلا يوضح أن مثل هذا الفرض سيدفعنا لأن نقول بخطأ تلك التقارير فى نظرية الكم التى تسمح بالتنبؤ الرياضى الدقيق للنتائج

التجريبية • ان لدينا حتى الآن السبب الكافى كيما نعتمد على هذه الأجزاء من ميكانيكا الكم • وأود أن أناقش هذا بتفصيل أوسع •

نقطة البداية فى أية تجربة فى فيزيقا الذرة هى الوضع الآتى : يضع الباحث بمساعدة أحد الأجهزة المعقدة أسئلة للطبيعة موجهة ناحية اقامة احدى العمليات الموضوعية فى الفضاء والزمن ، فقد نريد مثلا أن نعرف ما اذا كان الالكترون ينعكس فى مكان معين ، وهذا الوضع يستتبعه أوتوماتيكيا ـ عند المعالجة الرياضية للعملية ـ ضرورة وضع خط فاصل بين الجهاز الذى نستعمله ليساعدنا فى وضع السؤال ـ والذى نعامله اذن كجزء منا ـ ، من جهة ، وبين النظم الفيزيقية التى نود فحصها من ناحية أخرى ، ويمثل الجزء الأخير رياضيا بالدالة الموجية ، وهذه الدالة ـ تبعا لنظرية الكم ـ تتكون من معادلة تفاضلية تحدد ـ من الوضع الحالى للدالة ـ أية حالة مستقبلة ، ولكننا فى صنع الأجهزة نقبل القوانين المصاغة فى تعبيرات المفاهيم الكلاسيكية ونشعر أن لنا حق استعمالها فى أغراض القياس ، تحدد طبيعة المشكلة فورا الخط الفاصل بين النظام الذى نفحصه وجهاز القياس ، ولكن من الواضح أنها لا تشير الى أى انفصال فى نفس العملية الفيزيقية ، ولهذا السبب فلا بد من وجود حرية كاملة ـ فى حدود معينة ـ فى اختيار « مكان » الخط الفاصل ، ومن الطبيعى أن الواجب ألا يعارض سلوك جهاز القياس قوانين ميكانيكا الكم، والواقع أن ميكانيكا الكم تتضمن الميكانيكا الكلاسيكية كحالات خاصة ، وأنه من الممكن أن نختار مكان الخط الفاصل بحرية فى حدود معينة تتخذ قوانين ميكانيكا الكم طبيعتها الاحصائية عند الخط الفاصل فقط ، لأنه من الممكن أن تصاغ الارتباطات الفيزيقية على كل من جانبى الخط بشكل غير غامض ، ويخلق احتمال العلاقات البينية الاحصائية فقط اذا وضعنا فى الاعتبار أن تأثير جهاز القياس على ما هو تحت القياس هو اقلاق جزئى لا يمكن السيطرة عليه من ناحية المبدأ ، وعلى هذا فان المجال الوحيد لأية اضافة تحديدية الى ميكانيكا الكم ستكون عند هذا الخط.

الفاصل ، ولما كان من الضرورى أن تنتمى الخواص الفيزيقية الجديدة المطلوب تحديدها الى نظام معين ، فلا بد اذن من وقوع تعارض ـ بمجرد ازالة الخط الفاصل من النظام ـ بين النتائج المنطقية للخواص الجديدة وبين علاقات نظرية الكم ، ذلك لأن الخواص الفيزيقية الجديدة لما هو تحت الفحص ـ والتى نفترض أنها تملأ الفجوات فى القوانين الاحصائية ـ لا بد أن تبدو الآن وبعد ازالة الخط الفاصل ، فى وضع ليس به أى مجال لأية اضافة ، وكل ما تستطيعه اذن هو أن تقلق الارتباطات المحددة تماما والموجودة حاليا •

هذا التسلسل فى التفكير ينطبق بالذات على حالة التحلل الاشعاعى، فجسيمات ألفا التى تطلقها النواة تنعكس على حائل انكسار تبعا لطاقاتها المعروفة بالدقة ، فى اتجاهات محددة بوضوح ، وهذه الاتجاهات تعينها خواص الحائل كله ، فاذا ما وجدت مثلا خاصية غير معروفة لذرة الراديوم تسمح لنا بأن نتنبأ بالاتجاه الذى ينطلق فيه جسيم ألفا ، فاننا نستطيع أيضا أن نتنبأ على أى جزء من حائل الانكسار ستحدث «الضربة»، وعلى هذا فان اتجاه الانعكاس لا يمكن أن يحدده الحائل كله ، ويظهر التعارض ـ هذا التعارض ـ فى الحقيقة هو نتيجة تفسيرنا الكلاسيكى للجملة « يتحرك جسيم ألفا فى مسار معين » ، اذ أن هذا يعنى أننا نفترض أن « انعكاسه لا يمكن أن يتوقف على طبيعة الحائل الموجود على بعد ما » ، ولكنا لا نستطيع بدون هذا التفسير أن نحدد ما يعنى بجملة « ان جسيم ألفا يتحرك بالضبط عند مكان « بعينه » » • علينا ـ كملجأ أخير ـ أن نعود عند نقطة معينة الى التطبيق المباشر للمفاهيم الكلاسيكية ، ان لم يكن عن جسيم ألفا فعن الجهاز المصمم لملاحظتها •

لا بد أن نذكر فى هذا الخصوص أيضا أن الصفة الاحصائية لنظرية الكم تختلف فى أوجه كثيرة اختلافا جذريا عن تلك المستعملة فى التفسير الحركى للديناميكا الحرارية ، فدرجة الدقة فى النظرية الأخيرة دائما ماتعبر عن افتقارنا لمعرفة ما يلزم حول ما ندرسه ، أما فى نظرية الكم فان الجهل

بنتيجة التجارب المستقبلة يتفق مع الفهم الكامل (بالمعنى المقبول عادة) لحالة المجموعة التي تدرسها ، فالقول بأن ذرة ما موجودة في حالتها العادية ـ مثلا ـ انما يعني معرفة كاملة بهذه الذرة ، ومن الممكن توضيح ذلك لأننا نستطيع بناء على هذه المعرفة أن نستنبط التفاعلات المتبادلة بين هذه الذرة وأي مجموعة أخرى ، وأيضا لأن هناك تجارب معينة « نستطيع » أن نتنبأ بنتائجها بدقة ، ومن الطبيعي أن هناك تجارب أخرى يستحيل أن نتنبأ بها بدقة ، وكما أوضحت سابقا ، فان النصوص المحددة في ميكانيكا الكم تجعل بطريق غير مباشر الاضافة الى النتائج الاحصائية مستحيلة ، ومن ناحية أخرى ، فالجهل بنتائج تجارب معينة ـ في الحرارة ـ عادة ما يرتبط بالجهل بالحالة الحقيقية للمجموعة وهذا ما نراه في كل التجارب ، وعلى هذا فمن الممكن أن نعتبر أن عدم تأكدنا من نتائج التجارب المستقبلة في الميكانيكا الاحصائية الكلاسيكية ما هو الا اشارة الى مشكلة لم تحل بعد ، ولكن هذا لا ينطبق على نظرية الكم ، لأن هذه النظرية دائما ما تمكننا من تقديم الأسباب الكاملة لوقوع حادثة معينة عقب اتمام حدوثها .

وأخيرا أود أن أثير موضوع تلك النقاط في الفيزيقا الحديثة نفسها والتي سيتعين علينا مراجعتها ، ان الواضح أن لا مفر من تحديد مدى تطبيق المفاهيم الجديدة هي الأخرى سيصبح بالضرورة محدودا ، فلقد أصبح من المحتمل ـ نتيجة للاكتشافات التي تمت في السنين الأخيرة ـ أن يدفع وجود الالكترون بالتحديدات القادمة في اتجاه تطبيقات المفاهيم الحالية ، اذ يرتبط وجود الالكترون كثيرا بمشكلة التوفيق بين متطلبات نظرية النسبية ومتطلبات نظرية الكم ، ولعل هذا يبدو واضحا في ثابت سومرفلد عديم البعد $\left(\frac{e^2}{hc}\right)$ ولكنا لا نستطيع معالجة المشكلة دون أن نسلم ـ بشكل أوسع بكثير مما نفعل حتى الآن ـ بأن المادة والاشعاع ليسا سوى ظاهرتين مختلفتين لحدث واحد ، ولقد كانت الخطوة الأولى في هذا السبيل هي اكتشاف ديراك وأندرسون أنه من الممكن أن تحول المادة الى اشعاع وأن يحول الاشعاع الى مادة ، ونتجت عن هذه الاكتشافات سلسلة

من المشاكل الجديدة تتعلق بقياس مجال الالكترون وموقعه ... الخ ، حتى يصبح من الضرورى ، فى النهاية ـ لكى ما نتفهم طبيعة الالكترون ـ أن ندخل التركيب الذرى لكل أجهزة القياس فى الاعتبار ، وهذه خطوة لا تتطلبها ميكانيكا الكم ، ولا يبدو لنا من التجربة السابقة الا أقل الشك فى أن النظريات الجديدة ستختلف عن ميكانيكا الكم السابقة فقـــط فى النظر الى بعض المشاكل ـ التى تبدو لنا الآن معقولة ـ على أنها مشـــاكل « زائفة » ورغم ذلك ، فلا بد أن نؤكد مرة أخرى أنه من الجائز أن يكون لأى تطور جديد كهذا ، نواح عديدة مبهمة المعنى فى البداية ، ولعل فى نظرية ديراك عن الفجوات « المثل النموذجى فى هذا الصدد ، اذ يبدو من الصعب أن نربط أى معنى بالنص القائل ان العالم ملىء بالالكترونات ذات الشحنة السالبة فى كثافة لا نهائية ، غير أن هذه الصياغة للنظرية الالكترونية قد أثبتت نفعها ، لدرجة أنها لم تجعل فقط فى الامكان التنبـــؤ بوجـــود البوزيترون وتحطيمه عن طريق الاشعاعات ، وانما مكنتنا أيضا من ادخال تعديلات كثيرة فى نظرية ماكسويل ، تعديلات ذات مجال واســـع سريع التغير ، لم دستنفد بعد كل امكاناتها .

توضح نظرية ديراك لنا الصفة الأساسية الحقة للكشف الفيزيقى ، فهذه الصـفة ليست هى نتيجة للتحـــديد الواضح لمدى تطبيق المفـاهيم المكتشفة ، وانما هى الشروط المسبقة لمثل هذا التحديد ، فلا بد أن تفتـح النظرية طرقا جديدة للفكر ، وبالتالى فلا بد أن تسبب تغـــيرا حقيقيا فى الوضع النظرى ، وأن تجبرنا على تغيير الطريقة التى نضع بها أسئلتنا للطبيعة، بمعنى أنها لا بد أن تقود الى تناسق جديد ـ لم نبلغه من قبل ـ فى المجال التى تطبق فيه .

وختاما ، أرجو أن تسمحوا لى أن أقول انه لا يجب أن أعتبر متشككا اذا ما توقعت أنه سيأتى الذى نراجع فيه أيضـاً مفاهيم الفيزيقا الحديثـة بل على العكس من ذلك ، ان هذا القول ليس سوى تعبير آخر عن اعتقادى بأن مجال خبرتنا ـ الذى يتسع باستمرار ـ سيبين تناسقات أكثر وأكثر .

٤ أفكار الفلسفة الطبيعيّة القديمة في الفيزيقا الحديثة *

تتبع العلم الحديث اتجاهات عديدة للفلسفة الطبيعية الاغريقية القديمة عندما أعاد النظر فى المشاكل التى تناولتها هذه الفلسفة فى محاولتها الأولى لتفهم العالم المحيط بنا ، وعلى هذا يجدر بنا أن نتأمل منها الأفكار التى احتفظت بقدرتها الخالقة فى الفيزيقا الحديثة ، وفى الأشكال التى اتخذتها هذه الأفكار بعد ما استوعبت التجارب العلمية خلال ألفى عام مضت عليها هناك بالذات فكرتان من الفلسفة الاغريقية القديمة ما زالتا حتى الآن تحددان سبيل العلم ، وتستحقان منا بالتالى اهتماما خاصا ، هاتان الفكرتان هما : الاقتناع بأن المادة تتكون من وحدات صغيرة لا تنقسم ـ أى ذرات ـ والاعتقاد فى القوة البالغة التوجيه للتراكيب الرياضية .

---

* نشرت أصلا فى مجلة جمعية الثقافة القديمة (الالمانية) ـ المجلد الثالث عشر .

كانت قضية وجود الذرات هى النتيجة الطبيعية لتطور مفهوم المادة ، اذ كان تقسيم المادة هو المحاولة الأولى للفلسفة الطبيعية القديمة ، ففى خضم الظواهر السريعة الزوال ساد الاعتقاد بضرورة وجود شيء دائم يتعرض للتغيير ، الى القول بوجود « مادة أساسية » ، وكان هذا العنصر الأساسى هو الماء بالنسبة لطاليس ، فعليه ـ على ما يبدو ـ تتوقف الحياة ، ثم حدد تابعوه هذا المفهوم بشكل أكثر دقة ومنحوه خاصية « الكيان » وصفة « أنه لا يهدم » وعلى هذا ـ فلكى تصبح الظواهر المتباينة مفهومة ـ أضحى من الضرورى افتراض أنواع مختلفة من « المادة الأساسية » يتسبب خلطها أو فصلها فى التغيرات العديدة للأحداث ، الا اذا كانت هذه العناصر الدائمة ـ طبعا ـ شيئاً خارج نطاق العالم المادى ، وبدا اذن أن التراب والنار والهواء والماء هى العناصر الطبيعية التى يتكون منها العالم ، وكان من الضرورى كيما تعلل هذه الأفكار الظواهر تعليلا صحيحا أن توصف عملية المزج بوضوح ، وبدا من الجلى أن يفسر مزج سائلين ـ أساسا ـ كما يفسر مزج الماء والرمل ، وأن يفترض أن أصغر جسيم من السائل سيحتفظ بخواصه الأولية بلا تغيير ، وأن هذه الجسيمات توزع فى المزيج توزيعا عشوائيا ، وبذا نشأت ـ كما لو كان تلقائيا ـ فكرة أصغر وحدة لا تنقسم من المادة ، وبدت « الذرات » فى تعاليم لويسبس وديموقريطس كحوامل حقيقية للتطور المادى والروحى •

وتبعا لوجهة النظر هذه لم تعد الذرات تختلف بسبب خصائصها الذاتية وانما تختلف فى الشكل والمكان والحركة ، واعتقد المفكرون الأوائل أن مثل هذه الخواص الهندسية ستكون كافية لوصف كل الظواهر الطبيعية المتباينة ، كانت الذرات هى الواقع الأساسى ، وبينها يوجد «لاشىء» ـ الفضاء الفارغ ، أما الأجسام المركبة الأكبر فهى تتألف من تركيب ذرات متشابهة ، وخواصها بالتالى تحددها طريقة تنظيم هذه الذرات ، والذرات نفسها أبدية لا تفنى ، وسنقوم الآن بمقارنة النظرية الذرية الحديثة بالأفكار القديمة المناظرة الموضوعة على أساس هذه القواعد التى بينتها •

تفترض النظرية الذرية الحديثة أيضا أجساما أولية غير قابلة للانقسام تسمى بالألكترونات والنيوترونات والبروتونات ، وهذه النظرية أيضا تحاول اتباع كل الخواص المحسوسة للمواد الى ديناميكية الذرة ، غير أن ضرورة تفسير أدق التجارب المنفذة ، حتى تفاصيلها الأخيرة ، قد أوضحت وجود تعارض معين أو تناقض داخلي في النظرية الذرية القديمة ، كان من الضروري أن نسير مع الفكرة الأصلية للنظرية الذرية حتى نصل الى نتيجتها المنطقية ، فنظرية ديموقريطس الذرية ـ من ناحية ـ تعرف أنه من المستحيل أن نفسر الخواص المحسوسة للمادة تفسيرا معقولا الا عن طريق تتبع هذه الخواص حتى نصل الى سلوك الكيانات ، التي لا تملك هي نفسها هذه الخواص ، فاذا كانت الذرات ستفسر منشأ لون ورائحة الأجسام المادية ، فمن الضروري ألا يكون لها خواص كاللون والرائحة ، وعلى هذا فان النظرية الذرية القديمة تنكر على الذرة بثبات مثل هذه الخواص المحسوسة ، غير أنه قد سمح لهذه الذرات من ناحية أخرى بخاصية شغل الفراغ ، بحيث نستطيع أن نتكلم عن مكان ونظام وحجم الذرات ، هنا تعدى ديموقريطس بصراحة رأى سابقيه ، فقد أنزل المفهوم الأساسي للفلسفة السابقة عن « الموجود » و « اللاموجود » وجعله « خاليا » و « مشغولا » ، فهو يرى أن الفضاء الخالي مفهوم معقول ، وعلى هذا فقد ابتدع امكانية تفسير الخصائص المحسوسة المختلفة للمواد عن طريق تنظيمات متباينة للذرات في الفضاء ، ولكن كان عليه في نفس الوقت أن يهمل فكرة ربط الفضاء والزمن بوجود المادة حتى يتمكن من «تفسير» الفضاء والزمن، ولم يكن هناك في تعاليم ديموقريطس مكان لتلك الفكرة العظيمة القديمة القائلة بأن الفضاء والزمن ينتشران عن طريق المادة ، كما أنهما ـ في الجوهر ـ مشابهان لها •

تشارك النظرية الذرية الحديثة نظيرتها القديمة في «هذا» التفكير الأساسي : فهي تحاول أن تفسر التعدد الوصفي للحوادث الفيزيقية الخارجية بربطها بأشكال متباينة يمكن حصرها وتحليلها ، ومن هذه

الأشكال كان التصوير الهندسي وحده هو الموجود تحت تصرف الفلاسفة الاغريق ، وعلى هذا فقد فسرت النظرية الذرية القديمة الخـواص عن طريق تغير تجمعات الذرات في الفضاء ، ويبدو أن تمييز خاصية معينـة محسوسة ـ هي خاصية الذرة في أن تشغل الفراغ ـ انما يبين نقصا في التماسك ، والواضح أنه سيتعين على النظرية الحديثة أن تختلف جذريا في هذه النقطة ، ان خاصية الجسيم الأولى الذى لا ينقسم ـ في الفيزيقا الحديثة ـ في شغل الفضاء لا تتخذ شكلا أكثر تمييزا بالنسبة لخصائص الأخرى مثل لون المادة أو قوتها ، ففي الجوهر ، سنجد أنه ليس جسيما ماديا في الفضاء والزمن ، وانما هو ـ بشكل ما ـ مجرد رمز تتخذ قوانين الطبيعة عند تقديمه شكلا سـهلا واضحا ، وعلى هذا فان النظرية الذرية الحديثة تختلف أساسا عن سابقتها في أنها لم تعد تسمح بأية اعادة في التفسير أو زيادة في الاتقان كيما تتوافق مع مفهوم بسيط مادى للكون اذ لم تعد الذرات أجساما مادية بالمعنى المضبوط لهذه الكلمـة ، وربما كان لدينـا التبـرير في ان ندعى أن النظرية الحديثـة من هذه الناحيـة قد تضمنت الأصـل والفكرة الأسـاسية للنظرية الذرية ، في شـكل أكثر نقـاء عن سـابقتها ، وطبيعي ـ دون أن ندخـل في التفاصيل ـ أنه سيصعب نقـل صـورة عن المكان الذى تشـغله الذرة في العلم الحـديث ، وعن الصيغ الرياضية التي تقدم في تنوعها صورة صادقة ـ حتى أدق التفاصيل ـ عن تبـاين الظواهر ، وربمـا استطعنا أن نوضح بمثال مواز الصـفة الرمزية للمفهوم الحالي عن الذرة ، فالذرة في الفيزيقا الحديثة تظهر تشابها بعيدا صلبا للجذر التربيعي لناقص واحد ($\sqrt{-1}$) في الرياضة ، فبالرغم من أن الرياضة الأولية تقول انه لا يوجد مثل هذا الجذر التربيعي بين الأرقام العادية ، الا أننا نجد أن أكثر القضايا الرياضية أهمية تتخذ أبسط شكل لها اذا ما قدمنا هذا الجذر التربيعي كرمز جديد ، فالتبرير اذن يكمن في القضايا نفسها ، وبنفس الشكل ، فان خبرات الفيزيقا الحديثة تبين لنا أنه لا وجود للذرات كأشياء مادية بسيطة ، الا أن تقديم مفهوم « الذرة » يمكننا

من الصياغة السهلة للقوانين التي تحكم كل المعليات الفيزيقية والكيميائية.

ان الطبيعة التجديدية للمفهوم الحديث عن (الذرة) وتلك الصيغ الرياضية ـ فى النظرية الحديثة ـ التى تستعمل فى التعبير الصورى للظواهر الذرية المتباينة تقودنا بالفعل الى المبدأ الأساسى الثانى الذى أخذه علمنا من القدماء ، نقصد فكرة القوة الغائية والموجهة الملازمة للصياغات الرياضية •

وسنقابل هذه الفكرة التى ذكرت بوضوح لأول مرة فى تعاليم مدرسة فيثاغورث وقد عبر عنها اكتشافهم للشروط الرياضية للتناسق ، ففى دراستهم لذبذبة الأوتار وجدوا أن الشرط اللازم كيما يتوافق صوت وترين (عند تساوى كل الظروف الأخرى) هو أن تكون النسبة بين طول هذين الوترين نسبة بسيطة ، وهذا يعنى أن جملة الصوت ستبدو للأذن متناسقة اذا تحققت علاقات رياضية بسيطة معينة، بالرغم من أن السامع قد لا يدرك ذلك ، ويمثل هذا الكشف واحدا من أقوى الدوافع للعلم الانسانى ، ومن الممكن دائما أن نلحظ آثاره فى الطبيعة ـ وفى الفن أيضا ـ اذا ما قدرنا القوة الخالقة للترتيب الرياضى ، وسأذكر هنا « نظارة الألوان » كمثال واضح بسيط ، ففيها سنجد شيئا جميلا منظما ينتج عن صورة عشوائية من خلال تناسق رياضى بسيط ، ومن الممكن أن نجد أمثلة أكثر قيمة وأهمية عند تحليل أى عمل فنى ، أو فى دراسة البلورات بالنسبة للطبيعة ، ولقد وجد هذا الاعتقاد أول تعبير عنه فى تعاليم فيثاغورث عن هارمونية الكرة فى ربط كل عنصر بشكل منتظم ، فقد وصف أفلاطون فى « محاورة طيماوس» ذرة التراب على أن لها ثلاثة أضلاع ، وذرة النار على أن لها أربعة ، وذرة الهواء على أن لها ثمانية وذرة الماء على أن لها عشرين ضلعا ، وسنجد فى النهاية أن كل العلم الرياضى الطبيعى يرتكز على مثل هذا الاعتقاد •

وافق العلم الحديث اذن على الفكرة القديمة بوجود أنموذج قادر على الوصف الرياضى ، غير أنه استعمل هذه الفكرة بطريقة مختلفة ، طريقة صادقة نعتقد أنها حتمية لكل الأزمان ، لقد كان مجال الصيغ الرياضية المتاح

للعلم القديم لا يزال محدودا نسبيا ، اذ لم تكن هذه الصيغ أساسا سوى أشكال هندسية متعلقة بالظواهر الطبيعية ، وعلى هـذا فقد بحث العـلم الاغريقى عن علاقات ونماذج ثابتة ، وكانت مجالات البحوث عنـدئذ هى المسارات الثابتة للنجوم أو أشكال الذرات الأبدية التى لا تهدم ، غير أن القـوانين التى كان من الممكن استنباطها من هذه الفروض ، لم يكن فى مقدورها أن تلائم خبرات القرون الأخيرة الماضية المرتكزة على استعمال أجهزة أكثر دقة ، وقد أوضح العلم الحديث أن الشىء الدائم فى العـالم الحقيقى المحيط بنا ليس هو الصيغ الهندسية ـ وانما القوانين الديناميكية ـ التى تحكم الحركة (التى تأتى وتروح) ، حتى أن كبلر نفسه ظن أنه قد وجد فى أفلاك النجوم التناسق الذى قالت به مدرسة فيثاغورث ، أما العلم الذى ابتدأ بنيوتن فقد حاول أن يراها فى التركيب الرياضى لقانون الديناميكا وفى المعادلات التى تكون هذا القانون .

يمثل هذا التغير تنفيذا متماسكا لبرنامج الفيثاغورثيين من حيث ان التعدد اللانهائى للحوادث الطبيعية سيجد صورته الرياضية الأمينة فى العدد اللانهائى لحلول معادلة ما ، ولعل فى معادلة نيوتن التفاضلية للميكانيكا أفضل مثال ، ان الحاجة الى ضرورة أن يولد من القانون الطبيعى الواحد ـ المصاغ فعلا ـ عدد لانهائى من الظواهر التى يمكن فحصها تجريبيا ، تضمن لنا فى الوقت نفسه الصياغة الصحيحة للقانون ، الذى يصبح عندئذ صادقا على الدوام ، فالمعادلة التى تشـكل مثل هـذا القانون تعبر فى الوضع الأول فقط عن أبسط الظروف الفيزيقية : اذ تحدد المفاهيم الديناميكية الضرورية لتفهم الظواهر الطبيعية المراد دراستها ، وفوق ذلك سنجدها تحوى بعض التعبيرات العامة عن عالم خبرتنا ، مثل حقيقة أنه لا يمكن تحديد الاتجاه والمكان فى الفضاء الفارغ ، وهى تشـمل أيضا ـ كتطور ممكن ـ عـددا لا نهائيا من الظواهر ، وعلى هذا ، فبينما تمنح الفلسـفة القديمة أشكالا منتظمة لذرات العناصر ، فلا بد أن تختص الفيزيقا الحديثة الجسيم الأولى بمعادلة رياضية ، وهذه المعادلة تشكل القانون الطبيعى الذى يحكم تركيب

المادة ، فهى تتضمن مثلا سير تفاعل كيميائى ، وقد تتضمن الأشكال المنتظمة للبلورات أو مقام الصوت لوتر مهتز ، وهى تستنبط منطقيا من الشروط الأولية العرضية الظواهر الفيزيقية للعالم المحيط ، كما تخلق نظارة الألوان نموذجا رائعا عن التجمع العرضى للزجاج الملون •

ولقد أيد نجاح هذه الطريقة اعتقادات الفيثاغورثيين بشكل لم يحلم به أحد من قبل ، كما تسببت هذه الطريقة ـ جزئيا ـ فى السيطرة الحقيقية على قوى الطبيعة ، وبذا تدخلت بشكل قاطع فى تقدم الجنس البشرى ، وعلى هذا فقد استبقى العلم الحديث الثقة فى قاعدة رياضية بسيطة لكل العلاقات المنتظمة فى الطبيعة ، حتى تلك العلاقات التى لم تتفهمها بعد ، ان البساطة الرياضية تعتبر أرفع القواعد القائدة فى تقصى قوانين الطبيعة فى أى مجال تفتحه التجارب الجديدة ، اذ ستبدو العلاقات الجوانية ـ فى هذه الحالة ـ مفهومة فقط عندما تصاغ القوانين الحاكمة فى شكل رياضى بسيط ✱

ولقد تسبب هذا التقصى عن التركيب الرياضى للظواهر ـ كما أخذناه من القدامى ـ فى اتهام معين ، اذ يقال انه يوضح فقط نواح معينة من الطبيعة ليست هى النواحى الأساسية ، وبدلا من أن يساعد فى تقديم تفهم مباشر وعام للطبيعة ، فانه فى الواقع يعرقله ، ولعل أفضل رد على هذه الدعوى هو أن نوجه اهتمامنا الى نقط البداية فى تعاليم فيثاغورث ، فلقد كان التفهم الواعى للعلاقات الرقمية المنطقية خلف التناسقات الموسيقية هو الذى مكننا من تركيب واستعمال الآلات الموسيقية ✱ كما أن القبول الذهنى اللاواعى لهذه العلاقات المنطقية هو الذى يمكننا من تفهم المحتوى الحقيقى للموسيقى ، وبنفس الشكل ، فان الشرط المسبق للتدخل الفعال العملى فى العالم المادى هو بالضبط تلك المعرفة الواعية للقوانين الطبيعية المضاعفة فى القالب الرياضى ، وخلف هذا يكمن تفهم مباشر للطبيعة ، يقبل هذه التركيبات الرياضية لاشعوريا ، ويعيد خلقها ذهنيا ، ان كل البشر قادرون على هذا التفهم ، اذا كانوا يرغبون فى أن يباشروا مع الطبيعة علاقة أكثر اخلاصا ووعيا •

٥ تعاليم جوته ونيوتن عن اللون في ضوء الفيزيقا الحديثة *

يكفى لدفع العلم الى الأمام ـ متعاونا أو منافسا لغيره ـ أن نركز كل قوانا على دائرة صغيرة من الخطة التى ننوى تنفيذها ، فاذا أردنا أن نمسح التقدم ككل فمن المفيد أن نكرر المقارنات بالمهام العلمية لحقبة مضت وأن نتفحص هذا التغير المميز الذى تعانيه كل مشكلة عظيمة خلال عقود السنين بل القرون أحيانا ، فمن الممكن أن تبدو هذه المشكلة مرات عديدة ـ اذا ما عرضت بشكل خلاق ـ فى ضوء جديد حتى ولو كانت قد وجدت الحل المرضى فى زمن ما .

ان الحركة المستمرة للعلم الحديث نحو السيطرة المطلقة على الطبيعة دون الارتكاز على التجارب العملية ، يعيد على الفور ذكرى ذلك الكاتب

* ألقيت هذه المحاضرة فى بودابست فى ٥ مايو ١٩٤١ امام جمعية الزمالة الثقافية .

العظيم الذى جرؤ على أن يناضل منذ أكثر من مائة عام من أجل علم حى فى ميدان نظرية اللون ، لقد انتهت هذه المعركة ، واتضح بالفعل « الصحيح » و « الخاطىء » فى كل المسائل التفصيلية ولقد كان لنظرية جوته عن اللون ـ وبطرق شتى ـ ثمارها فى الفن والفسيولوجيا وفى علم الجمال ـ الا أن الانتصار وما استتبعه من تأثير على البحوث فى القرن التالى كان انتصار نيوتن ، فقد أكد التطور الرائع لفيزيقا نيوتن منذ ذلك الوقت نتائج هذا الاتجاه فى الأبحاث أكثر من أى وقت مضى ، ان الأفكار الهادئة التى تمكننا من السيطرة على الطبيعة ـ كما فى الفيزيقا النووية الحديثة مثلا ـ وتبين اليوم بشكل أوضح خلفية هذا الجدل الشهير ، وهذه الخلفية هى ما أود أساسا أن أناقشه الآن .

كلنا يعرف أن جوته قد أحس بدافع يدفعه على أن يشغل نفسه بالطبيعة خلال رحلته لايطاليا ، فلقد أسرت اهتمامه تماما الطبيعة الجيولوجية لهذا البلد ، والنباتات المتباينة التى تترعرع تحت سماء الجنوب والألوان الزاهية للريف هناك ، ولقد أعاد جوته لنا فى مذكراته كل هذا نابضا بالحياة فى وصف بهى ، ويمكننا أن نرى فى مذكراته كيف أن هذه الانطباعات ـ وكما لو كان ذلك من ذاتها ـ قد اتخذت نظاما علميا معينا ، وكيف بزغت عن خبرة مباشرة للطبيعة مفاهيم قدر لها بعد ذلك أن تكون الأساس لعمل جوته « تأملات فى الطبيعة » وابتدأ جوته بعد عودته الى فايمار فى استعمال خبراته التى اكتسبها مؤخرا ، وكانت النتيجة الأولى لذلك هى مؤلفه « تحول النباتات » الذى نشر فى ١٧٩٠ ، وبقى العمل فى نظرية اللون الذى بدأه جوته فى ايطاليا كامنا ، وعندما تحرك ، كان ذلك ـ باعترافه هو ـ تحت تأثير ألوان ايطاليا ، استعار جوته بعد عودته منشورا من هوفرات بطنر فى بينا لدراسة التأثيرات اللونية للانكسار ، وبقى هذا المنشور على منضدته دون أن يفض غلافه ، وربما كان ذلك فى ربيع ١٧٩١ عندما طلبه صاحبه وأرسل خادما يستعيده ، وعندئذ فقط استغل جوته الفرصة فى ملاحظة التأثيرات المعروفة للون ، واكتشف

ـ فى عجب ـ أن السطوح الواسعة البيضاء لا تبدو ملونة ـ كما افترض من دراسته لنظريات نيوتن ـ وانما تكون بيضاء ، وأن ملاحظة مناظرة تنطبق على السطوح الواسعة المعتمة ، فالحواشى الملونة تبدو فقط عنـــد حدود الأسطح المضاءة أو المعتمة ، ومن هذا عرف جوته « أن وجود الحـــدود ضرورى لتكوين اللون » ، وقد كان هذا الكشف ـ الذى اعتقد جوته أنه يعارض نظرية نيوتن ـ كان بمثابة الحافز لعمل عظيم عن منشأ اللون فى عملية الانكسار ، استنبط جوته أن اللون يخلق عن طـــريق امتزاج الظلام بالضوء ، وليس عن طريق الضوء وحده كما اعتقد نيوتن ، كمـا وجد أن الكثير من الظواهر يعضد هذا الاستنباط ، فالشمس تبدو بيضـاء مشعة فى النهار ولكنها تبدو صفراء أو حمـــراء اذا ما حجبتها طبقة من الضباب ، والدخان المنطلق من المدخنة يتخذ فى ضوء الشمس لونا مشوبا بالزرقة ، وبعد اقتناع جوته بالعديد من الخبرات ، آمن فى النهاية بأن منشأ اللون هو « الضوء » زائد « الظلام » ، وبأنه قد وجد « الظـــواهر الأصلية » فى خليط الظلمة والضوء ، وهذا المفهوم يضم فى كل موحد منظم الكثير من ظواهر الضـــوء فى عالم حواســنا ، عن طريق فكرة قائدة لا ترتكز على المنطق وانما على الخبرة ، ان هذا التنظيم المتناسق الذى قدمته لنا نظرية اللون لجوته يعطينا محتوى حيا حتى أدق التفاصيل ، كما يتضمن المدى الواســع لظواهر اللون الموضـوعية والذاتيـة ، وقد عولجت تلك الألوان التى تكيف عن طريق عمليات فى العين نفسها ـ والتى ترتكز اذن على « خداع » حواسنا ـ عولجت وحدها بعناية خاصة ، ويمكننا أن نستشعر أهمية هذا الكشف بالنسبة لجوته عندما نقـــرأ ما كتبه عن « الظـــواهر الأصلية » لمنشأ اللون فى واحدة من أجمل أغانيه فى « التكأ » .

اعتقد جوته أنه من غير الممكن تفهم التعارض بين نظريته ونظـرية نيوتن ، ولهذا السبب لا بد أن نعالج نظرية نيوتن هى الأخرى ، تكون نظرية نيوتن هذه ـ وحتى يومنا هذا ـ الأساس لكل البصريات الفيزيقية، وفيها يعتبر الضوء الأبيض مكونا من ضـــوء ذى ألوان متعددة ، وهو فى

ذلك يشبه ـ بشكل ما ـ صوت الأمواج الكبيرة البعيدة ، فهذا الصوت ينشأ من تدفق العديد من الأمواج الصغيرة ، ولكنه يبدو لسمعنا ككل صحيح ، ومن الممكن عن طريق تأثيرات خارجية أن تعزل هذه الألوان المفردة ، وفى عملية فصل الألوان هذه ، عادة ما نحتاج الى مادة ما تزيل اللون ـ يمكن مقارنتها بما سماه جوته « العتمة » أو « الظلمة » أى أن نظرية نيوتن تفسر أيضا نشأة الألوان من الضوء الأبيض فقط كنتيجة للفعل المقابل « للعتمة » غير أن نظام الظواهر مختلف فى النظريتين • ولعل أبسط الظواهر فى نظرية نيوتن هو الشعاع الضيق ذو اللون الواحد الذى نقى ـ عن طريق آليات معقدة ـ من كل ضوء ذى لون أو اتجاه آخر ، أما أبسط مفهوم بالنسبة لنظرية جوته فهو ضوء النهار الساطع الذى يعم كل شىء ، فالظاهرة القاعدية فى نظرية نيوتن ـ البعيدة كل البعد عن خبراتنا اليومية ـ تخضع الظواهر البصرية للقياس والمعالجة الرياضية ، فمن الممكن أن يقدر اشعاع الضوء وانتشاره عن طريق القياس وأن يحدد فى صيغة رياضية ، ومن الممكن أن يربط كل لون برقم ما ـ هو طول الموجة فى التعريف الحديث ، وهذا يحول علم الضوء الى ما يسمى عادة بالعلم المضبوط ، من حيث انه يمكننا من أن نصنع آلات بصرية دقيقة تفتح مناطق من الكون بعيدة المنال عادة بالنسبة لحواسنا ، فنظرية نيوتن اذن تمكننا من سيطرة معينة على ظواهر الضوء وتطبيقها العملى غير أنها لا تساعدنا فى تقدير أفضل لعالم اللون المحيط بنا •

توضح هذه المقارنة أنه كان من الضرورى أن يظهر هذا النقد المتبادل بين نظريتى جوته ونيوتن ، فنقطة البداية عند نيوتن تبدو غريبة وغير طبيعية بالنسبة لجوته ، فالضوء الأبيض ـ نقصد الضوء فى أنقى أشكاله ـ قد تحول الى مركب ، وكان على الفيزيقى أن يقبل أن الشكل الأساسى للضوء هو شكله بعد تعذيبه واجباره على أن ينفذ خلال فتحات ضيقة ومنشورات وغير ذلك من الآلات المعقدة ، وربما استطعنا أن نعطى جوته العذر عندما عبر عن خيبة أمله فى قوله « ان الفيزيقى أيضا ينال

سيطرة على الظواهر الطبيعية ، انه يجمع الخبرات ، يوفق بينها ويربطها معا عن طريق تجارب صناعية ... غير أننا لا بد أن نقابل الادعاء الجرىء بأن هذه هى « الطبيعة » ، نقابله على الأقل بابتسامة فكهة وبالبعض من الشك ، فلم يدر بفكر مهندس حتى الآن أن يعتبر مبانيه مجرد جبال وغابات ، انه يأسف لرغبة الفيزيائيين أن ينفذوا من خلال عالم الظواهر ـ كما هى بادية ـ الى أسباب هذه الظواهر ، فحتى لو عثرنا على (الظواهر الأصلية) فستبقى مشكلة أنها لن تعرف هكذا ، واننا سنبحث عما وراءها ، والا كان علينا أن نسلم بحدود (الرؤية) ، فليترك العلماء الظواهر الأصلية فى سلامها وفى بهائها الأبدى .

غير أن الفيزيقى ـ من ناحية أخرى ـ يستطيع أن يلوم جوته ـ وبحق ـ فهو لا يستطيع أن يعتبر نظريته نظرية علمية اذ لا يمكنها أن تقودنا الى سيطرة حقيقية على الظواهر البصرية ، انها لا تستطيع مثلا أن تتنبأ بأية درجة من الدقة بأية ظواهر عن اللون لم تكتشف بعد ، وهذا الفعل بالتحديد هو ما تستطيع نظرية نيوتن أن تدعيه ، كما أن نظرية جوته تربط ـ عمدا ـ ما بين عناصر معينة يعتبر فصلها الدقيق هو الشغل الشاغل للفيزيائى . ان الغرض الأول للبحوث كلها هو فصل الذاتى عن الموضوعى ، ونظرية جوته عن اللون يمكنها أن تثرى معرفة الفيزيقى فى حقول معينة ، فهو يستطيع بها أن يعرف شيئاً عن رد فعل العين لوقع اللون ، وعن ألوان المركبات الكيميائية أو عن ظواهر الانعكاس ، أما ما لا يقبله فهو بالتحديد نفس الوحدانية فى نظرية جوته ، علينا أن نجد التفسير لتأثير العين فى التركيب البيولوجى الدقيق للشبكية والأعصاب البصرية التى توصل انطباعات الألوان الى المخ ، أما ألوان المركبات الكيميائية فلا بد أن يكون من المستطاع حسابها من تركيباتها الذرية ، وظواهر الانعكاس تستنبط رياضيا من خصائص الموجة المنتشرة ... وعلى هذا الأساس يبدو الربط الفورى للظواهر الثلاثة غير معقول ، اننا نرى

هنا خاصية عامة للطبيعة ، فالعمليات التى تبدو لحواسنا مرتبطا تماما ، عادة ما تفقد هذه الصلة عندما تتفحص مسبباتها .

ولعله قد اتضح لكل من عمل أخيرا بنظريتى نيوتن وجوته أننا لا نكسب شيئاً بتفحص « الخطأ » و « الصواب » فى كل منهما ، فمن الصحيح أننا نستطيع أن نصل الى قرار بالنسبة لكل التفاصيل الدقيقة ، وأننا سنجد فى الحالات المعدودة التى يظهر بها تناقض أن المنهج العلمى لنيوتن يتفوق على القدرة الحدسية لجوته ، الا أن النظريتين فى الحقيقة تتعاملان مع أشياء مختلفة ، ولعل الأصوب أن نسأل عن كيفية ربط فكرة اللون بمثل هذه الأشياء المختلفة .

قيل ان طريقى جوته ونيوتن انطلقا فى اتجاهين مختلفين تماما ، فبينما حاول نيوتن أن يطوع عالم اللون للقياس الدقيق ، وبالتالى يخلق النظام فى هذا العالم باستعمال طرق رياضية مشابهة لتلك التى تستعمل بنجاح كبير فى الميكانيكا ، سنجد أن مثل هذه الاعتبارات لم تظهر فى عمل جوته ، بل على العكس من ذلك ، لقد استغنى جوته بصراحة عن كل علاقة فى نظريته بالرياضة ، ولو أنه أكد أن الاستعانة بالقياس الدقيق قد تكون مرغوبة فى بعض الحالات ، غير أن هذا الفارق سيبدو بالتقصى الدقيق أقل بكثير مما يبدو لأول وهلة ، فجوته لم يرفض الرياضة نفسها وانما رفض المعالجة الرياضية ، واذا ما نظرنا الى الرياضة فى شكلها الحالى كما توضحها ـ مثلا ـ نظرية التماثل والعدد فمن السهل أن نرى أن نظرية جوته تحتوى على قدر غير قليل من الرياضة ، ففى الفصل المسمى « التأثير الحسى الأخلاقى للون » يتعامل على سبيل المثال مع التنظيم المتماثل للألوان تبعا للعلاقات القطبية ، ويعرض تنظيم الألوان الستة الأساسية فى شكل سداسى منظم أو فى دائرة مقسمة الى ستة أجزاء متساوية هى : الأحمر ، الأحمر المزرق ، الأزرق ، الأخضر ، الأصفر ، البرتقالى ، وفى هذه الدائرة يقع كل لون مقابلا للون المكمل له ؛ فالأحمر مثلا

يقابل الأخضر ، والأزرق يقابل البرتقالى ، ولقد قاده هذا الترتيب المتناسق للألوان الى دراسة العلاقات المختلفة بينها ، فالألوان المتقابلة تنتج علاقات متناسقة ، خالصة ، مدفوعة ذاتيا ، تحمل معها (الكلية) دائما ، أما اتحاد لونين يفصلهما فى الدائرة لون واحد فقط فقد اعتبره جوته مميزا ، وذلك ـ كما يقول ـ « لأن بها جميعا شيئاً معنويا يدفع الينا بانطباع معين ، ولكنه لا يشبعنا ، فكل خاصية انما تنشأ فقط عن فصل جزء ، من الكل (الذى تنتمى اليه دون أن تذوب فيه) » ، واعتبر جوته أخيرا أن اتحاد أى لونين متجاورين هو (اتحاد غير متميز) • ولعل هذه المعالجة لعلاقات الألوان على القرص الملون تعيد الى ذاكرتنا فورا تلك التناسقات الرياضية التى نجدها فى الزخارف الفنية أو التى نجدها فى أبسط صورها فى « نظارة الألوان » ـ ويمكننا خلال عمل جوته كله أن نجد مثل هذه التنظيمات المتناسقة •

ومن الممكن أن نرى صورة للفروق بين النظريتين فى شكل أكثر وضوحا اذا ما استقصينا الغرض الذى قد تؤديه كل منهما ، ومن الواجب ألا يفهم هذا على أنه يعنى أن النظرية العلمية ترتبط عادة بغرض محدد وأن هدفها الأوحد هو تحقيق هذا الغرض ، ولكن كل نظرية علمية تترعرع فى مناخ ذهنى معين يوحى بفكرة معينة عن الكيفية التى قد تستعمل بها هذه النظرية المقترحة ، وعادة ما تكيف هذه الخلفية بالتطور التاريخى للعلم المختص ، وقد لا يدرك مؤلف النظرية ذلك الا فى شكل مبهم ، فاذا ما تكلمنا اذن عن الغرض من أية نظرية بهذا المعنى ، فلن يكون هناك أدنى شك فى أن نظرية جوته عن اللون قد صممت لتخدم الفنان الرسام بخاصة ، ولقد وصف جوته نفسه ـ وبالتفصيل ـ كيف أنه كان يفتقد نظرية اللون فى الفن ، وكيف أنه اكتشف وتعجب أن « الفنانين يعملون فقط على تقاليد مبهمة وباعث معين وأن التلوين الفاتح والغامق ، وتناسقات الألوان تتحرك بغرابة دون ما نظام أو منطق » ، ومن المؤكد أن الغرض الأول لجوته كان خلق مثل هذه النظرية للون ، وكان

هناك وراء هذه الرغبة ـ كخلفية أكثر عمومية ـ هدف ، ذكر المرة الأولى خلال رحلته لايطاليا مرتبطا مع خططه لنظرية اللون ، « يمكننى أن أرى أن فى استطاعتى ببعض الجهد والفكر العنيد أن أتذوق متعة أخرى من متع هذا العالم » .

كانت الخلفية التى نشأت عنها نظرية نيوتن مختلفة تماما ، لقد علمتنا تجارب العلم من أيام جاليليو وكبلر أنه من الممكن أن تجمل الميكانيكا فى قوانين رياضية ، وأن تفهم عن طريقها ، وكان نيوتن هو أول عالم يعرف المدى الممكن لمثل هذا التقصى فى الطبيعة ، وكانت هناك فى علم الضوء أيضا سلسلة من البحوث توضح أنه من الممكن السيطرة على أجزاء كبيرة من هذا الموضوع بمساعدة قوانين يمكن أن تصاغ رياضيا ومن الواضح تماما أن جهود نيوتن قد وجهت بالتحديد نحو التقدم فى التفسير الرياضى للون ، ومن العسير أن نقدر الى أى مدى ارتبطت هذه الرغبة ـ فى ذلك الوقت ـ بالادراك بأنه من الممكن أن تقود المعرفة الدقيقة للقوانين الفيزيقية الى السيطرة التكنيكية على الطبيعة ، الا أن حقيقة أن نيوتن قد قام بتجارب طويلة ومفصلة فى تحسين التلسكوب قد توحى بأنه كان على بينة بهذا الجانب من العلم أيضا .

ولقد أوضحت التطورات الأخيرة كيف حققت النظريتان بنجاح أغراضهما المرسومة ، فلو لم تكن هناك نظرية رياضية للضوء لما وجد التلسكوب والميكروسكوب ، واننا لنعرف من الناحية الأخرى أن الكثير من الرسامين قد جنوا المعرفة والخصب من نظرية جوته .

لقد قيل كثيرا ان خلف هذا الاختلاف فى الغرض يكمن اختلاف أعمق فى الطريقة الذهنية للمعالجة ، وأنه كان من الضرورى أن يقود الموقفان ـ المتباينان تماما ـ للشاعر والرياضى من العالم الى مثل هاتين النظريتين المختلفتين ، ولا شك أن هذا يشكل سببا وجيها للجدل ، الا أنه من الجور أن نستطرد ونقول ان هذه الناحية الشاعرية من العالم لابد

بالضرورة أن تكون غريبة عن رجل العلم ، ويكفينا أن نتذكر كبلر الذى ساعد ـ على أى حال ـ فى خلق أهم أسس هذا العلم الرياضى ، كان كبلر يستشعر تناسق الكرة فى كل تأملاته ـ المتباينة والمعقـــدة ـ فى الأرقام ، حتى ليصبح من التعصب ألا نشـــهد له باحساس الشاعر عندما نستمع الى حماسه فى التركيب بالاكتشافات الحديثـة عن هارمونية أفلاك الكواكب ، ولقد كرس نيوتن شطرا كبيرا من حياته للبحوث الفلســفية والدينية ، ولقد يكون من الصحيح أن عالم الشعر هو عالم مألوف لكل العلماء العظام ، والفيزيائى على العموم ينشد أيضا كشف تناسقات الحوادث الطبيعية ، غير أنه من الخطأ أيضا أن نعتقد أن رغبة جوته الشاعر فى اثارة انطباع حى للعالم كانت تفوق رغبته فى اكتساب تفهم حقيقى له، ان كان عمل عظيم حقيقى من الأدب المبدع ينقل تفهما حقيقيا لكل مجالات الحياة يصعب بدونه ادراكها ، وهذا صحيح بالذات بالنسبة لعمل مثل نظـــرية اللون ، التى لا بد أن تنقل تفهما جديدا ، والتى كتبت فى الصورة الكاملة التى تتطلبها الدقة العلمية •

ربما أمكننا تحديد الفرق بين هاتين النظريتين بشكل أدق اذا قلنـا انهما يتعاملان مع مستويين مختلفين تماما من الواقع ، ولا بد أن نتذكر أنه من الممكن أن تشير أية كلمة فى لغتنا الى نواح مختلفة من الواقع ، فعادة ما يظهر المعنى الحقيقى للكلمات فقط فى سياق الحديث الموجودة به ، أو أن يحـدد هذا المعنى عن طريق التقليـد والتعـود ، وكان أن قسم العلم الحديث الواقع الى موضوعى وذاتى • فبينما نجد أنه ليس من الضرورى أن يكون الواقع الذاتى شائعا للجميع سنجد العـالم الخارجى وقد أجبرنا جميعا على الواقع الموضوعى بنفس الطريقة دائما • ولهذا السبب كان هذا الواقع هو محور البحث فى العلم القديم ، والعلم ـ بشكل ما ـ يمثل محاولة لوصف العـالم ، فى المدى الذى يكون فيه هذا العـالم مستقلا عن فكرنا وعملنا ، أما حواسنا فليست سوى الوسيلة غـير الكاملة التى تمكننا من اكتساب المعرفة عن العالم الموضوعى ، ومن الطبيعى والمناسب أن يحـاول

الفيزيقى أن يطور الحواس عن طريق وسائل صناعية للملاحظة ، حتى نتمكن من الوصول الى أقصى مجالات الواقع الموضوعى البعيدة تماما عن مدى احساسنا المباشر ، وعند هذه النقطة يظهر الأمل المخادع فى أن زيادة تحسين طرق الملاحظة ربما تؤدى فى النهاية الى أن نصل الى « معرفة » العالم كله •

هناك فى مقابل الواقع الموضوعى ـ المتحرك طبقا لقوانين محددة والملزم حتى عندما يبدو عرضيا وبلا غرض ـ هناك يقف الواقع الآخر الهام والملىء بالمعانى بالنسبة لنا • فى هذا الواقع الأخير لا تحسب الحوادث وانما توزن ، لا تعلل الحوادث وانما توصف ، وفيه تعنى بالعلاقات ذات المغزى : « انتماء الأشياء الى بعضها » داخل ذهن الانسان ، صحيح أن هذا الواقع ذاتى ، الا أن قوته بالرغم من ذلك ليست أقل • هذا هو الواقع فى نظرية جوته للون • ان كل أنواع الفنون تهتم بهذا الواقع ، كما أن كل عمل فنى عظيم يثرينا بتفهم جديد لمجاله •

يبدو للوهلة الأولى كما لو أن هناك هوة مفتوحة لا بد أن تفصل بين هذين الواقعين ، وقد يبدو صراع جوته ضد نظرية نيوتن خصاما لا صلح وراءه ، الا أن تطور العلم فى عقود السنين الأخيرة قد أوضح أن تقسيم العالم الى قسمين يخلق صورة ركيكة جدا للواقع ، ولكى نفهم ذلك فان علينا أن نتأمل التطورات الأخيرة فى مجال الفيزيقا •

ان الفكرة القائلة ان حواسنا ليست سوى وسيلة غير كاملة لتقدير العالم الموضوعى ، قد قادت العلم أبعد وأبعد عن العالم المباشر لحواسنا ، لقد كشفت طرق الملاحظة الأكثر دقة نواحى جديدة من الطبيعة كانت مختفية عنا ، بينما أصبحت مفاهيم العلم ـ فى مؤازرة هذا التطور ـ أكثر تجريدا وبعدا عن الخبرة العامة ، لقد أضحى أحد مفاهيم نيوتن الأساسية ـ نقصد مفهوم شعاع الضوء ذى اللون الواحد ـ فكرة مألوفة لدينا فى حياتنا اليومية ، ولعل تحرك العلم بعيدا عن عالم حواسنا يصبح أكثر

وضوحا اذا ما تأملنا الظواهر الكهربية ، قام العلماء خلال النصف الأول للقرن الماضى بمحاولات لربط النظرية الكهربية بالميكانيكا من خلال فكرة القوة ، غير أن اكتشافات فاراداى وماكسويل قد أوضحت أنه من الممكن تفهم الظواهر الكهربية والمغنطيسية بشكل أفضل اذا ما أسسناهما سويا على مفهوم المجال الكهربى ، صحيح أنه من الممكن أن نجعل مفهوم المجال أوضح باستعمال ذبذبات الأجسام المرنة فى المقارنة ، غير أن هذا ليس سوى تشبيه لتوضيح العلاقات الرياضية لا ارتباط له بانطباعاتنا الحسية المكهرباء ، لأننا حتى لو تكلمنا عن أثير ليس لذبذباته المرنة أى تأثير كهربى ، فان هذا الأثير خارج نطاق انطباعاتنا الحسية • غير أن هذا العلم فى نفس الوقت يكشف عن قوة جديدة عندما يصبح أكثر وأكثر تجريدا، فهو يستطيع أن يتعرف على العلاقات المتبادلة بين أكثر الظواهر تباعدا ، ويربطها جميعا بأصل شائع ، ولعل أدق تبريرات تحقيقاتنا فى العالم الموضوعى هى أنها قادتنا ـ دون توقع ـ الى ارتباطات بينية واسعة ، وأن هذه ـ برغم كل تعقيدات التفاصيل ـ قد بسطت أفكارنا على الطبيعة أكثر وأكثر • تحقق العلماء ـ عن طريق اكتشاف ماكسويل ـ من أن الضوء ظاهرة كهرومغنطيسية ، وقاد هذا بالتالى الى معرفة أن التأثيرات الكهربية المغنطيسية والضوء ، والأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء غير المرئية ، والاشعاع الحرارى ـ كل هذه ليست سوى مظاهر مختلفة لنفس الظاهرة الفيزيقية ، وبالرغم من حقيقة أنها تنتمى الى مناطق مختلفة تماما من عالم الحس ، ولقد بلغ هذا التطور نتيجته المنطقية فى الفيزياء الذرية الحديثة لقد أخذت الفيزياء الذرية على عاتقها مهمة تفسير كل خواص المادة المتاحة لحواسنا فى التجارب ، وذلك بتتبع هذه الخواص حتى خصائص الذرة ، ومن الممكن أن توضح هذه الخصائص الأخيرة فى شكل قوانين رياضية بسيطة ، وبذا ينعكس العدد اللانهائى المتباين من الظواهر فى شكل عدد لا نهائى من الاستنباطات من نظام بسيط من البديهيات الرياضية • والواقع أن الفيزياء الذرية الحديثة تستطيع أن تفسر ـ عن طريق خصائص

الذرة ـ خواص الجوامد ـ والتناسقات الكيميائية وتأثيرات الحرارة وأى شىء يظهر عن ملاحظة المادة • صحيح أن هذا التفسير حتى الآن قد أجرى فقط بالدقة المطلوبة على عدد محدود نسبيا من الحالات ، الا أن نظريتنا فى كل هذه الحالات قد صمدت أمام أقسى الاختبارات وبطريقة رائعة ، غير أنه قد اتضح من تفسير « الخصائص الحسية » للمادة عن طريق ذراتها ، أن مثل هذه الخصائص لا يمكن أن تنسب « لقالب المادة النهائى بشكل بسيط ، فبينما يمكن ملاحظة المادة ـ فى ظواهرها ـ عن طريق التقدم الرائع فى الطرق التجريبية ، الا أنها لا تخضع لاحساسنا المباشر، وعلى العالم أن يوطد نفسه على الربط المباشر بين المفاهيم الأساسية التى يرتكز عليها علمه وبين دائم الحواس ، وهذه المفاهيم تبرر نفسها كمفاهيم أساسية لأنها تنفذ خلال العدد اللانهائى من ظواهر عالم احساساتنا وتجلب التناسق والترتيب ، وتجعلها بالتالى مفهومة ، ولدينا ما يثبت ذلك فى التطور التكنيكى الذى مكننا منه هذه المفاهيم ، والذى مكن الانسان من السيطرة على قوى الطبيعة ليخدم أغراضه •

كان هذا التطور هو المسئول عن تغير غريب فى وجهة نظرنا بالنسبة للعالم الموضوعى للعلم ، فلقد تسبب عزمنا على ازالة الأخطاء التى قد يسببها خداع حواسنا وعدم دقتها ، فى أن نصف العالم بطريقة مستقلة تماما عن أفكارنا وأعمالنا • لقد كان الغرض هو أن نرسم أدق صورة ممكنة للطبيعة ، ولقد أضحت هذه الصورة ـ بزيادة الدقة ـ أكثر فأكثر بعدا عن الطبيعة « الحية » • لم يعد العلم يتعامل مع عالم الخبرة المباشرة ، وانما مع خلفية داكنة لهذا العالم ، الذى تكشفه تجاربنا • ولكن هذا يعنى ـ بشكل ما ـ أن هذا العالم الموضوعى هو من صنع تدخلنا النشط وطرق الملاحظة المتطورة ، وعلى هذا فسنواجه مباشرة ـ هنا أيضا ـ حدود التفهم الانسانى التى لا نستطيع تخطيطها •

ولا بد أن يستمر فى يومنا هذا ـ وعلى جبهة أوسع ـ الصراع الذى بدأه جوته ضد النظرية الفيزيقية للون • قال هولمهولتز عن جوته : « ان

نظريته عن الضوء لا بد أن تعتبر محاولة لانقاذ حقائق « للانطباع الحسى من هجوم رجال العلم » ، ولقد أصبحت هذه المهمة اليوم أكثر الحاحا من أى وقت مضى • ان العالم كله يتحول بسبب الاتساع الهائل لمعرفتنا العلمية وبسبب ثروة تطبيقاتها التكنيكية ، ولكن هذه الثروة ـ كغيرها ـ قد تكون خيرا كما قد تكون شرا ، وعلى هذا فقد ارتفعت أصوات تحذير كثيرة فى السنين الأخيرة تنصحنا بالالتفات الى الوراء ، ولقد قيل بالفعل ان انكارنا لعالم الانطباعات الحسية وتقسيمنا الطبيعة الى أقسام مختلفة قد تسبب فى تشتت واسع للمجهودات الذهنية • وكلما ازددنا ابتعادا عن الطبيعة «الحية» دفعنا الى فراغ لا حياة فيه • واذا لم ننصح بأن نهمل العلم كله ـ البحت منه والتطبيقى ـ فسنعمل على أن نطور العلم فى ارتباط مباشر مع تجاربنا اليومية ، انهم يقولون انه لا يكفى أن نفهم القوانين التى تحكم كل عمليات العالم الواقعى ، ولكن من الضرورى أن نتصور فى أية لحظة كل نتائج هذه القوانين فى عالم الحواس • وعلى العالم ـ فى تعامله المستمر مع الطبيعة خلال تجاربه ـ أن يجعل الظواهر الملحوظة مألوفة لديه ، حتى تبدو القوانين بالنسبة له مجرد ملخص نافع لتجاربه ، وبذا نستطيع أن نتجنب خطر التقسيم الكامل للواقع بأن نجعل عالم التجارب يتجه اتجاها بحتا ، أو نحو حياة «الطبيعة المحيطة بنا» غير أن الواضح من البداية أنه من الممكن أن يتفهم العلاقات البينية للطبيعة كل شخص ملم بمظاهر الطبيعة فى المجال الذى يتخصص فيه • ولم يكن هناك أبدا أى تقدم أو اكتشاف دون معرفة مفصلة ترتكز على نتائج التجارب • غير أننا لا نستطيع التغلب على أخطار العلم الحديث بهذه الطريقة ، ذلك لأن تجاربنا ليست هى الطبيعة نفسها ، وانما الطبيعة بعد أن تغيرت وتحولت باجتهادنا فى سير البحث • والوصول الى أى تغيير حقيقى يستتبع بلا شك أن تتنازل تماما عن كل التكنولوجيا والعلم الحديث الذى نرتبط به ، وليس هناك من يستتبع أن يقول ما اذا كان مثل هذا المنفذ هو الرخاء أو هو الكارثة بالنسبة للجنس البشرى ، ولكن ، مهما يكن شعورنا بالنسبة له ، فهناك

شيء واحد مؤكد ، هو أن مثل هذا المنفذ غير ممكن ، ومن الضرورى أن نروض أنفسنا على قبول حقيقة أن علينا أن نسير حتى نهاية الطريق الذى بدأناه .

فى بداية العصر الحديث انتعشت الملاحة ، وفتحت الانتصارات البطولية للملاحة حول الأرض احتمال الوصول الى أراض بعيدة والعودة منها بكنوز هائلة . ربما كان هناك بعض الشك فيما اذا كانت هذه الثروة الجديدة ستقدم من السعادة بقدر ما تعطى من الشقاء ، وربما ارتفعت عندئذ أصوات محذرة تحبذ العودة الى الأوضاع القديمة الهادئة الأقل خداعا ، الا أن هذه الأصوات لم يسمع لها صدى عندئذ . ان الوصول الى النتيجة الطبيعية لنداء الأرض الجديدة وكنوزها لا يتم الا بعد ما نستكشف هذه الأرض ونوزع كنوزها ، فعندئذ فقط ستكون لدينا الصورة لكى نرى عن قرب مهام محددة ، وبهذا الشكل سيستمر العلم والتكنولوجيا فى التقدم ، وكما أن الحدود لا تستطيع أن تمنع التطلع الى الأقطار الغربية ، فليس هناك من العوائق الخارجية ما يمكنه أن يمنع تقدم التكنولوجيا . ان الطبيعة وحدها هى التى تستطيع أن توقف محاولاتنا ، عندما تبين لنا أن المجال الذى ننوى معالجته ليس باللانهائى ، ولعل أهم اتجاه للفيزيقا الحديثة هو أنها أوضحت لنا حدود موقفنا الفعال فى الطبيعة .

كانت نقطة البداية فى الفيزيقا الذرية هى الفرض ـ الذى يبدو طبيعيا ـ بأن معرفتنا للذرة ستصحح نفسها أكثر وأكثر بزيادة دقة الملاحظة ، فبالرغم من أن الذرات بالنسبة للمادة ـ تمثل « لبنة البناء » النهائية التى تنقسم ، فانها بالرغم من ذلك تبدو كأجزاء بالغة الدقة من المادة العادية ، لقد منحت الذرة اذن ـ على الأقل فى خيالنا ـ كل النواحى الميكروسكوبية للمادة ، ثم عرف ـ مع الزمن ـ أن أصغر الجسيمات ـ كالالكترونات مثلا ـ لا يمكن أن تمتلك نفسها « الخواص الحسية » للمادة ، اذا ما كنا نطلب منها أن تفسر هذه الخصائص على المستوى الأوسع ، والا لما حلت

مشكلة السبب فى وجود هذه الخصائص ، اذ لن نفعل بذلك سوى أن نحركها بعيدا خطوة واحدة • وعلى سبيل المثال ، فاذا قلنا ان حركة الذرات داخل الأجسام هى التى تميز بين الباردة منها والساخنة ، اذ تكون حركتها فى الأجسام الساخنة أسرع منها فى الباردة ، فان الذرة الواحدة لا يمكن أن تكون باردة أو ساخنة ، وعلى هذا جردت الذرة بالتدريج من كل « الخصائص الحسية » ، وأصبحت الخصائص الهندسية هى الوحيدة التى بدا لمدة طويلة أنها تحتفظ بها ، فالذرة تشغل الفضاء ولها مكان ، ولها حركة محددة • غير أن التطور فى الفيزيقا الذرية الحديثة قد أزال حتى هذه الخصائص بأن أوضح أن الدرجة التى يمكن بها تطبيق هذه المفاهيم الهندسية على أصغر الجسيمات تعتمد اعتمادا مباشرا على التجربة التى تدخل فيها هذه الجسيمات ، صحيح أننا نستطيع أن نتكلم عن موقع وسرعة الألكترون ، بدرجة من الدقة معقولة نسبيا ـ الا أنه من الصحيح أيضا أن درجة الدقة ستكون عالية جدا اذا ما قورنت بتجاربنا اليومية ، وهذه الدقة ـ مع ذلك ـ لن تكون كافية اذا ماقيست بالمقياس الذرى • هناك قانون مميز لهذا العالم المصغر يمنعنا من تحديد الموقع والسرعة سويا بالدقة المطلوبة ، اذ نستطيع أن نجرى تجاربا تمكننا ـ مثلا ـ من تحديد مكان الجسيم بدقة بالغة ، الا أننا فى أثناء عملية تحديد المكان هذه لا بد أن نعرض الجسيم لتأثيرات خارجية عنيفة تتسبب فى عدم التأكد من سرعته ، وبهذه الطريقة تراوغ الطبيعة التحديد الدقيق ـ اذا ما تكلمنا بصيغة أفكارنا العادية ـ عن طريق اقلاق لا يمكن تجنبه ، هو جزء من كل ملاحظة • كان الغرض الأصلى من كل العلوم هو وصف الطبيعة كما هى كأفضل ما يمكن ـ نقصد دون تدخلنا ودون ملاحظتنا ـ ولقد عرفنا الآن أن هذا الهدف لا يمكن الوصول اليه ، فمن المستحيل فى الفيزياء الذرية أن نهمل التغيرات التى تسببها عملية الملاحظة على الشىء الذى نفحصه ، اننا نقرر عند اختيارنا للطريقة المستعملة فى الملاحظة ، ما سيحدد من نواحى الطبيعة وما لم يحدد ، وهذه هى الخاصية التى تفصل أصغر جسيمات المادة عن

مجال مفاهيمنا الشائعة ، وهذه الحقيقة فقط هى التى تبرر الفرض بأن الألكترونات والبروتونات والنيوترونات هى جسيمات المادة النهائية التى لا تنقسم (وهذه هى الجسيمات الأساسية للمادة فى الفيزياء الحديثة) ولم يعد من المعقول تصور تركيب من هذه الجسيمات ذى أبعاد ثلاثة .

يمكننا أن نستنتج مما ذكر الآن ـ وعلى خطين مختلفين من الفكر ـ أن مجال العلم والتكنولوجيا كما نعرفه مجال له حـــدوده ، فسنجد من ناحية أن وصولنا فى الفيزياء الذرية ـ فى المســتقبل غير البعيـد ـ الى جسيمات المادة النهائية التى لا تنقسم ، سيقود الى مسح كامل لكل قـــوى الطبيعة التى تنتظر الاستكشاف ، وبالتالى الى كل الامكانيات التكنيكيـــة المحتملة ، ومن ناحية أخرى سنرى أن الطريقة التى تنفصل بها الظواهر الذرية عن ظواهر خبراتنا اليومية تصلح كمثل هام على أن الكيفية التى توضع بها الأسئلة ـ فى العلم ـ والطريقة المستعملة فى البحث تفرد بالفعل مجالا متناهيا محدودا من بين فيض الظواهر الفيزيقية ، ولقد كانت مهمة العلم فيما سبق ـ كما يبدو ـ هى وصف حركة الأجسام فى الفضاء وتفهم انتظامها ، أما الآن فنحن نعرف أن مجال الظواهر الذرية لا يمكن معالجته بهذه الكيفية ، فاذا ما هدفنا الى تعيين المكان والحركة فى نظام ذرى ما فاننا نحطم ـ من خلال تأثير التدابير التجريبية الضرورية ـ علاقات بنية خاصة تميز عالما ذرى الحجم .

ومن المرغوب فيه أن نعمم هذه الأفكار وأن نستعيد نقد جوته لفيزياء نيوتن ، لقد قال جوته ان ما يلاحظه الفيزيائى بجهازه لم يعد هو الطبيعة، وربما كان يعنى بذلك الكناية عن أن هناك نواحى أخرى للطبيعة أكثر « حياة » ليست فى متناول هذه الطريقة العلمية ، وطبيعى أننا على استعداد لأن نصدق أنه من الضرورى أن يصبح العلم ـ فى تحوله من الجماد الى المادة الحية ـ أكثر وأكثر حذرا فى تداخله من مسلك التجارب ، وكلما حاولنا الوصول برغبتنا فى المعرفة الى نواحى الحيـاة الروحية الأســمى كان علينا أن نقنع بالنـوع السـلبى المتـأمل من البحوث ، ومن وجهة

النظر هذه سيبدو تقسيم الطبيعة الى قسم موضوعى وقسم ذاتى تبسيطا ـ أكثر من اللازم ـ للواقع • وسيكون الأكثر قربا من الغرض المقصود أن نتخيل تقسيم العالم الى عدد من الأجزاء المتداخلة ، يفصلها نوع السؤال الذى نسأله للطبيعة ومدى التدخل المسموح به عند الملاحظة ، فاذا حاولنا مثل هذا التقسيم فى شكله البسيط ، فسنسترجع تقسيم « الظواهر المرتبطة» كما ظهرت فى ملحقات نظرية جوته عن اللون • لقد أكد جوته على أن كل الظواهر التى نلاحظها هى ظواهر مرتبطة ومستمرة ، غير أنه لا مفر من فصل الواحدة منها عن الأخرى ، وقسمها تصاعديا كما يلى : العرضى، الميكانيكى ، الفيزيقى ، الكيميائى ، العضوى ، النفسى ، الأخلاقى ، الدينى العبقرى ، فاذا نظرنا الى هذا التقسيم فى ضوء العلم الحديث فربما غيرنا بعض التحديدات الأولى ، فقد نستطيع أن نستبدل « الميكانيكى » بكل الظواهر المتاحة للفيزيقا الكلاسيكية التى يمكن أن نعطى فيها وصفا سببيا قطعا للزمان ، وسيشمل مجال « الكيمياء » العمليات الذرية ، أما نسيجها العلمى فربما جعلته الفيزياء الذرية الحديثة واضحا • وبجانب هذين القسمين لن نحتاج الى قسم خاص نسميه « الفيزيقا » ، لأنهما ـ بشكل ما ـ يكونان جزءا منها ، كما لن نحتاج أيضا الى قسم معين «للعرضى» لأن « العارض » يلعب دورا تصفه القوانين الطبيعية بدقة ، وبذا يصبح من السهل تفهم الأقسام الأربعة الدنيا لتنظيم جوته فى نسيجها العلمى ، وعلاقاتها البينية وتحديداتها ، أما بالنسبة للمجموعة التالية «العضوى» ـ فان البيولوجيا الحديثة ترى أنها لا تستطيع معرفة حدودها (فى شكل غير واضح) ، وتفهم تركيبها الداخلى ، ومن المستبعد أن نجد ـ الآن ـ من يجرؤ على تعريف الأقسام الباقية •

وتقسيم الواقع بهذه الكيفية الى نواح متعددة يذيب فورا التناقضات بين نظريتى جوته ونيوتن عن اللون ، ففى البناء الكبير للعلم ، تتخذ كل من النظريتين موقعا مختلفا ، والمؤكد أن العالم فى قبوله للفيزياء الحديثة لن يمنع من أن يتتبع أيضا وسيلة جوته فى تأمل الطبيعة ، ومن الطبيعى

أن يكون من السابق للأوان أن نأمل ـ على هذا الأساس ـ فى عـــودة سريعة أكثر مباشرة وتوحيدا بالنسبة للطبيعة ، ويبدو أن من مهام العـلم فى زمننا هذا أن ندرك ـ عن طريق التجربة ـ « المتناول الأدنى » للطبيعة، وعن طريق التكنولوجيا ، تطويعه لخدمتنا ، وسيصـــبح من الضرورى ـ أثناء التقدم فى حقل العلم البحت ـ أن نتنازل فى الكثير من الحالات فى وقتنا هذا عن الاهتمام المباشر بالطبيعة فيما بدا لجوته شرطا مسبقا لأى تفهم أعمق للطبيعة ، وسنقبل هذا لأننا عوضا عنه ـ سنبلغ تفهما لمدى أوسـع من العلاقات البينية فى وضوح رياضى كامل ، ولا شك أنه من المحتم أن يكون هذا أيضا هو الأساس والشرط المسبق للتفهم الصحيح « للمتناول الأبعد » ، أما من يجد فى هذا تضحية كبـــيرة ، فلن يستطيع فى الوقت الحالى أن يهب نفسه للعلم ، وانما سيدرك فقط تلك الوجهة من العلم التى يكتشف فيها ـ وفى الحدود الخارجية لطرق البحث الحالية ـ عـلاقاته بالحياة نفسها •

ربما أمكننا تمثيل رجل العلم الذى يترك حقل الانطباع الحى المباشر لكى يفهم الطبيعة ككل ، بمتسلق للجبال يود الوصول الى أعلى قمة لجبل كبير ، كيما يستطيع أن يرى الأرض تحته بكل تبايناتها ، فهذا الرجل ـ أيضا ـ لا بد أن يترك وديانا خصبة ، آهلة بالســـكان ، وفى صعوده تتكشف تحته أصقاع وأصقاع ، غير أن الحياة حوله تصبح أكثر فأكثر ندرة ، وأخيرا سيصل الى منطقة ثلجية ، صافية تبهر البصر ، ليس بهـــا حياة ، لن يستطيع بها أن يتنفس بسهولة ؟ منطقة عليه أن يجتازها قبل أن يصل الى القمة • فاذا ما وصل الى القمة ، وفى اللحظات القليلة التى تتضح فيها كل الأصقاع تحته بالجلاء الكامل ، ربما لم يكن بعيدا كل هذا البعد عن الحياة • اننا نستطيع أن نقدر كيف أحست الحقبات الماضـية بهذه المناطق الخالية من الحياة ، كقفار رهيبة ، فى اقتحامها تطاول على قوة عليا ، لا بد أن تنتقم انتقاما مرا ممن جـــرؤ على الاقتراب منها • ولـكن المؤكد أن هذا الوضوح النهائى الخالص ـ وهو غرض العلم ـ كان مألوفا تماما لجوته الشاعر •

٦ عن وحدة الصّورة العلميّة للطبيعة *

اننا نشهد تغيرا فى مفاهيمنا عن المعالم الخارجية للعالم • ان الكفاح من أجل اعادة تشكيله يتم بكل مواردنا ويمتص كل قوانا • وفى مثل هذه الأوقات تنزوى فى الخلفية ـ أوتوماتيكيا ـ التغيرات فى عالم الذهن الذى يشمل فى داخله العلم ، الا أن التغيرات البطيئة فى الرغبة البشرية والفكر كان لها وقع على المعالم الخارجية للعالم لا يقل عن أثر الحوادث الفردية الكبيرة • وقد يكون للتغير الأساسى المستمر ، والذى نضج بالتدريج فى بعض حقول النشاط الذهنى ، أهمية على مستوى عالمى فى تشكيل مستقبلنا • وربما كان لدينا العذر ، اذا ما نظرنا الى حقبتنا الزمنية الحالية من زاوية غير مألوفة • فمن الممكن أن توصف أيامنا ـ فى مجال

* محاضرة القيت فى جامعة لايبزج فى ٢٦ نوفمبر ١٩٤١ •

العلم ـ بأنها خطيرة الشأن ، اذ يبدو أن الفروع المختلفة للعلم قد بدأت في الانصهار في وحدة كبيرة ، هذه الوحدة هي ما أود أن أناقشه هنا . ولعل في الطريقة التي أثرت بها هذا الموضوع ما يشير بالتسليم بأن الأمور لم تسر حتى الآن على ما يرام .

(١) دعنا نلتفت أولا الى المراحل الأولى للعلم في بدء العصر الحديث . مضى الوقت الذي اكتشف فيه جاليليو قانون سقوط الأجسام ، وعندما درس كبلر حركات الكواكب ، كانت هناك فكرة موحدة واحدة عن الطبيعة ، ولكنها لم تكن عندئذ بالفكرة العلمية ، وكانت صورة العالم لا تزال تحدد تماما بالاعتقاد في وحي من وراء الطبيعة ذكر في الانجيل ، واعتقد رجل العلم أن مهمته هي التسليم بعمل الاله في الطبيعة ليمجده بتفهم تناسقه بشكل علمي ، ومن المستبعد أن يكون جاليليو أو كوبرنيكس قد وضعا في اعتبارهما أي احتمال بأن تؤدي اكتشافاتهما العلمية الى تعارض جذري مع وجهة النظر الدينية السائدة عندئذ . وهذا ينطبق أيضا على تلك النظريات التي تعارضت مع النظرة التقليدية وتسببت في صراع مع الكنيسة . كان كبلر نفسه يظن بأن دراسته للتناسق في الكرات (التي ينتمي اليها قانونه الثالث الشهير) لم تكن أكثر من مجرد تعقب لتطور الخلق الالهي ، فنحن نقرأ في نهاية كتابه الخامس عن « هارمونية الكون » :

« لقد حاولت أن أكتسب لسبب انساني ـ وبمساعدة الحسابات الهندسية ـ تبصرا في طريقة الله في الخلق ، اللهم يا خالق السموات نفسها ، يا خالق المنطق كله ، يا من خلقت حواسنا الفانية ، يا من لك الخلود ، ابقني في نعمتك ، واحمني من أن أذكر عن عملك ما لا يمكنني أن أكفر عنه أمام عظمتك ، اللهم دعنا نهب حياتنا نبتغي كمال عملك في الخلق » . ان هذا التأكيد للعقيدة يمثل بلا شك الموقف الأساسي للعلم القديم ، ولقد كانت الكنيسة في صراعها ضد النظريات الجديدة هي التي أحست بالفطرة بالأخطار الكامنة المستقبلة لهذا العلم الجديد .

ولم تكد تمر عدة عقود من السنين حتى تغيرت مهمة رجل العلم كما تغير مفهومه عن الطبيعة ، فلقد نجحت تماما المحاولات التى بذلت لوضع ثروة الملاحظات عن الطبيعة فى نظام رياضى ، وفى توضيحها وشرحها ، الا أن العلماء أحسوا فى نفس الوقت ـ شيئا فشيئا ـ بصعوبة المهمة وثقلها ، ولم يعد رجل العلم فى بدء القرن الثامن عشر على وشك الوصول (مثل كبلر) الى هدفه فى تفهم خطة الاله فى الخلق وفى اظهار ولائه للكعبة التى ستنكشف له . لقد وقف أمام عتبة واد من الأرض البكر فسيح لا نهاية له ، ولعل أفضل ما يعبر عن هذا التغير فى الموقف هو القول الشهير للعالم الانجليزى نيوتن :

« أنا لا أعرف كيف أبدو للعالم ، ولكننى أبدو لنفسى طفلا يلهو على شاطىء البحر ، ألهى نفسى فى البحث ، بين الحين والآخر ، عن حصاة ملساء أو صدفة أكثر جمالا ، بينما محيط الحقيقة العظيم يمتد أمامى مجهولا » .

ولقد شهدت الفترة بين الحقبتين معرفة جديدة ، فقد فتحت الطريقة الجديدة للعلم مجالا غير محدود . تُكْشَفُ عمليات الطبيعة البسيطة عن طريق تجارب مناسبة ثم تصاغ القوانين التى تكتشف أثناء ذلك فى لغة رياضية . ومن الممكن ان تطبق هذه الطريقة على المشاكل الفردية التى تضعها الطبيعة ، وبالتالى لم تعد المسألة هى مسألة تفهم كل واحد مترابط وانما تحليل مفصل لكثير من الارتباطات البسيطة المحددة . صحيح أن ميكانيكا نيوتن كانت تحتوى على جزء كبير من الطبيعة المتاحة عندئذ للتجربة الفيزيقية ، الا أن التطبيق المباشر للمفاهيم الميكانيكية على علم الضوء لم يكن ممكنا ، كما لم تثر فى كل الاستكشافات أية قضية عن الطبيعة الحية . من الممكن أن تكون الميكانيكا نمطا وأساسا لكل حقول العلم الأخرى ، الا أن مهمة « التنسيق » الحقيقى للعلم كله ـ تبعا لها ـ بدت وكأن لا نهاية لها .

الفلك مثلا • ودافع الرومانتيكيون عن أنفسهم ضد كل محاولة لشرح العمليات الطبيعية فى شكل « المعالجة الميكانيكية » ، ولكن محاولاتهم لم تصمد ضد الاثبات المنهجى والصفاء الواضح « للعلم البحت » •

وربما كان فى الامكان على الأقل أن نتكلم خلال النصف الثانى من القرن التاسع عشر عن وحدة المنهج فى العلم • فلقد اكتشف فولر أنه من الممكن تمثيل المواد العضوية من المادة غير العضوية ، ولقد أقنع هذا الكيميائيين بأن التفاعلات الكيميائية فى الكائنات الحية تحكمها نفس القوانين التى تحكم المادة غير العضوية ، ومنذ هذا التاريخ اتخذت الكيمياء بانتظام صورة الأنموذج فى ميكانيكا نيوتن ، كما أسهم نجاح « الفرض الذرى » فى نشر فكرة اتخاذ المثل الأعلى ، فى العلم الذى يعتمد على ميكانيكا الجسيمات الأولية ، أما فى البيولوجيا ، فقد هاجمت نظرية التطور لداروين فكرة الحيويين ، وازداد الاهتمام بتحليل السبب والنتيجة ، وحتى فى علم الطب ، سنجد أن الكثير من النجاح قد تحقق باتخاذ موقف ذهنى تمثّل فيه عمليات الكائن الحى بعمليات الماكينة المعقدة •

كانت هناك اذن ــ بشكل ما ــ صورة علمية موحدة ، فالطبيعة مكونة من مادة تتعرض ــ تبعا للقوانين الطبيعية ــ للتغير فى الزمن والفضاء عن طريق الفعل ورد الفعل ، ومثل هذه التغيرات تحدث بالتحرك فى الفضاء، أو ربما بالحركة الأبدية للجسيمات المفردة أو بالتغير فى صفات المادة (كاللون والحرارة وقوة الشد) التى تعتمد أيضا على حركة أصغر الجسيمات ــ الذرات • ويمكننا أن نعتبر هذه صورة تجعل فيها الطبيعة مثالية • يعامل فيها الزمن والفضاء ككميتين منفصلتين تظهر فيهما الوقائع كحوادث موضوعية ، وهذه المثالية بالتحديد ، هى التى بنيت عليها ميكانيكا نيوتن ، ولقد كانت الميكانيكا كما رأينا هى المثل المنهجى لكل العلم • بالرغم من أن هذه الصورة للطبيعة قد تسببت قطعا فى تقدم العلم ، الا أنه قد تبين بسرعة أنها غير قادرة على خلق وحدة دائمة لفروعه المختلفة ،

لأن المثاليـــة التى شرحناها الآن لا توافق الا بالكاد مفاهيم ومشـاكل كل العلوم الفردية • لقد تطور نظام المفاهيم الكيميائية من ملاحظة خصائص المواد ، ليصبح مستقلا لحد بعيد عن التفسيرات الميكانيكية ، وكان على علماء الحياة أن يدرسوا عمليات مختلفة النوع تماما يمكن تفهمها عن طـــريق مفاهيم مثل النمو والتمثيل الغذائى والوراثة •••• الخ ، وأخيرا لم يعد فى المستطاع ـ داخل هذه الصورة للطبيعة ـ وجود مكان مناسب لذلك الميدان الواسع من الواقع الذى يشمل العمليات الذهنية ، وربما كان هذا أحد أسباب التقسيم المؤسف للنشـــاط الذهنى الى دوائر للعـلم وللفن والدين • ويمكننا أن نعرف أنه لا يمكن أبدا لصورة الطبيعة هذه أن تكون مقنعة تماما ، كما أنها لا تستطيع أن تمنع تفكك العلم الى أنظمـة فردية عالية التطور • انها تجند بالضرورة التطور الذى يحل فيه استعمال الفكر العلمى للاحتياجات العلمية محل العالم « بمعناه الحرفى » •

ورغم أننا لا نستطيع أن نقول ان هذا التطور قد أفنى نفسه ، الا أن هناك شواهد واضحة تشير الى أن العلوم قد أخذت تتقارب عن طـــريق منظورات جديدة ومختلفة ، ولم يبق من الشك الا القليل ، فى أن الصورة العلمية ذات الوجهة الواحدة والتى سادت أواخر القرن التاسع عشر تتغير لتحل محلها أشكال جديدة للفكر •

(٢) لا تبنى عمليـــة توحيد العلم الجديدة على المنهج فى فروعـه المختلفة ، وانما على المحتوى • ولقد توصلنا خـــلال النصف الثانى من القرن الماضى ـ فى حالتين ـ الى انصهار بين فـــروع مختلفة من العلم : أظهرت الخبرة أن رفع حرارة الجسم تجعل أصغر جسيماته يتحـــرك بشكل أسرع ، وعلى هذا ارتبط علم « الحرارة » بعلم الميكانيكا لدرجة يمكن معها اعتبار أن ظواهرهما هى تعبيرات مختلفة لنفس الواقع الفيزيقى• أما نظرية ماكسويل فقد ردت نظرية الضوء الى عمليات كهرومغنطيسية ، واتضح أن الضوء موجة كهرومغنطيسية ، وعلى هذا فقد علم الضوء مكانه كفرع مستقل من الفيزيقا وأصبح فرعا من علم الكهرباء ، ثم أصبح فى

النهاية جزءا من التكنولوجيا العامة • ولقد مر هذان النظامان خلال الخطوات التى قد تكون عامة فى كل فروع العلم ، ويمكن رسم هذه الخطوات كما يلى : من الضرورى أن تقسم العلاقات الأساسية داخل أى حقل على مدى طويل من الزمن عن طريق التجربة والتحليل النظرى ، وتستطيع التكنولوجيا أن تمسك بزمام الأمور فى المدى الذى تحقق فيه بعض التفهم ـ بالرغم من أن هذا التفهم قد لا يكون كاملا ـ فتتجه عندئذ نسبة كبيرة من الأبحاث ناحية التطبيقات العملية ، وأخيرا يكتشف « النص الكامل » لقوانين الطبيعة التى تحكم الحقل العلمى ، ثم يوجه بقية العمل العلمى ـ فقط ـ نحو تطبيق هذه القوانين على المشاكل العملية ، وبهذه الطريقة حلت نظرية ماكسويل كل المشاكل الأساسية فى علم الضوء ، وركز الاهتمام العملى على الأسئلة التكنيكية كصناعة الأجهزة الضوئية •

ولقد حرك التطور المتناسق لهذه الفكرة «الفيزيقا الذرية» الى بؤرة الاهتمام العلمى منذ بداية القرن العشرين ، واتخذ هذا النظام ـ منذ نشأته فى العلم الكلاسيكى ـ مهمته العظيمة ، فى ربط سلوك وخواص المادة بحركة أصغر جسيماتها وهى الذرات • حاول هذا النظام أن يستنبط كل النظم الفيزيقية والكيميائية من أصل شائع ، ووضعت الفيزيقا الذرية المشكلة فى الشكل الآتى : ان الخواص المرئية للمادة كشغلها للفراغ ، وقوة المواد ، واللون والخصائص الكيميائية ، كلها صفات للمادة فى شكلها المتكامل • ولكنها لا ترتبط بنفس الطريقة بأصغر « القوالب » التى لا تنقسم للمادة ، والا لما أمكننا التعرف على نفس المادة اذا وجدت فى أشكال مختلفة (مثلا الماء فى شكل الثلج أو الماء أو البخار) وهذه الخواص المتكاملة تنتج فقط عن طريق حركة أصغر الجسيمات وقواها المتبادلة •

ولقد قدم تطور الكيمياء فى القرن التاسع عشر الأساس المتين ألا وهو : « الفرض الذرى » • اننا نعرف الآن أنه من الممكن تقسيم أية قطعة من مادة كيميائية كالكربون مثلا الى أجزاء أصغر وأصغر حتى نصل

فى النهاية الى أصغر الوحدات المميزة لهذه المادة ، ذرة المادة ، أو ذرة الكربون فى حالتنا هذه • وفى المركبات الكيميائيـــة ترتب ذرات ذات أشكال مختلفة ـ أى ذرات لعناصر مختلفة ـ فى مجمـــوعة ذرية هى « الجزىء » ، وعلى هذا ، فالجزىء هو أصغر وحدة للمركب الكيميائى • وهذا التصور يساعدنا على شرح الخواص الكيميائية للمـــادة على وجه التقريب •

غير أن مهمة الفيزيقا الذرية بدت من وجهة نظر أخرى غير قابلة للحل • لقد تعاملت الكيمياء فقط مع خصائص معينة تتكرر دائما بنفس الطريقة فى نفس المادة ، وهذه الخصائص تظهر ثباتا خاصا أمام كل أنواع الاثارة • ان أية قطعـة من الذهب ستظهر فى نفس لونهـا المميز بغض النظر عن طريقة الحصول عليها وعن طريقة تشكيلها ، ومثل هذا الثبات للخصائص الخارجية ليس من صفات النظم الميكانيكية • ان مدار الكوكب حول الشمس يتأثر تأثرا مستديما بأى اقلاق خارجى ، فاذا ما اعترض هذا المجال شهاب كبير الحجم فان النظام الكوكبى لا يعود الى تشكيله الأصلى بعد الزوال التدريجى للاقلاق • ان التفسير الميكانيكى لمثل هذا النوع من الثبات يحتاج الى افتراضات عن خصائص الذرة غريبة جدا •

وبمرور الوقت ثبت أن هذه المشكلة هى المشكلة المحورية الحقيقية للفيزياء الذرية ، ولم يمكن التوصـل الى حلها الا عن طريق الفـــرض بوجود الكم كما أعرب عنه بلانك فى سنة ١٩٠٠ • ولا يمكننا الآن الا أن نمر فقط على التطور التاريخى لنظرية الكم وتصور بوهر للتركيب الذرى • كانت البداية هى اكتشاف بلانك فى بحوثه عن الأجسام الساخنة ان محتوى الذرات من الطاقة غير متصل ، وبدا الأمر كما لو أن أى نظام مشع صغير لا بد أن تكون له قيم محددة ومنفصـــلة للطاقة ، ثم طـوّر رذرفورد بعد ذلك بأعماله التجريبية فكرة تمثيـــل الذرة بنظام شمسى مصغر يحوى فى مركزه نواة ذرية موجبة الشحنة تتضمن عمليا كل كتلة الذرة ، تدور حولها الألكترونات السالبة • وقد تمكن بوهر من تفســـير

ثبات هذا النظام الشمسى بعد بضع سنوات عن طريق فرض بلانك بوجود الكم ، وفى النهاية ، وبعد ربع قرن من كشف بلانك وجدت الصيغة المضبوطة الرياضية للقوانين التى تحكم التركيب الذرى •

تقابل نظرية الكم فى الواقع كل المتطلبات التى يمكن ـ فى حدود معرفتنا الحالية ـ أن نطلبها من الفيزيقا الذرية ، وقد مكنتنا هذه النظرية ـ على الأقل من ناحية المبدأ ـ من حساب ـ ولحد ما من تفسير ـ الخصائص الا جمالية للمادة ، ولقد نجحنا بالنسبة للمواد البسيطة جدا كالأيدروجين فى أن نحسب بدقة بالغة أهم الخصائص الكيميائية واللون فى أنابيب التفريغ ، والظواهر عند درجات الحرارة المنخفضة وبعض الخواص الأخرى المرتبطة بها • ولقد أظهرت هذه الحسابات بعض الظواهر التى أغفلها العمل الدقيق للفيزيقى التجريبى • أما بالنسبة للكثير من العناصر الأخرى فان نظرية الكم تستطيع أن تمدنا على الأقل بالتفسير الكيفى لخصائصها ، مثل التوصل الكهربى للمعادن وتركيب البللورات ، وعلى هذا فربما كان لدينا التبرير اذا ما اعتقدنا أننا قد وصلنا الى مستوى من البحث يضاهى معرفة ميكانيكا النجوم عقب أعمال نيوتن • ومن الممكن أن نقول اننا قادرون على « الحساب » الكمى لخصائص المادة فى كل الحالات التى لا تمنع فيها التعقيدات الرياضية تنفيذ هذه المهمة عمليا •

كان من الضرورى أن ندفع ثمنا غاليا لتحقيق هذا المأرب ، فهو يعنى ـ فى أبسط أشكاله ـ فقدنا ـ بالذات ـ لصورة الطبيعة فى القرن التاسع عشر ، أو اذا عبرنا عن ذلك بشكل أكثر دقة ، فقدنا لتصور الواقع الذى ترتكز عليه ميكانيكا نيوتن •

ولقد حدث ذلك لأن نظرية الكم قد جعلت من الذرة شيئا ليس فى متناول حواسنا أو تخيلاتنا ، شيئا لا يشبه الأشاء التى نقابلها فى خبراتنا اليومية ، والذرة ـ أو اذا أردنا الدقة : الألكترون ، أصغر وحدة فى الفيزيقا الذرية الحديثة ـ لم تعد تظهر « فى ذاتها » حتى أبسط الخصائص

الهندسية والميكانيكية ، وانما تظهرها فقط للحد الذى يمكن به جعلها فى متناول الملاحظة عن طريق التدخل الخارجى • ان الخصائص الملحوظة المختلفة للذرة تكمل بعضها ، بمعنى أن معرفة خاصية منها تستبعد المعرفة الآنية لخاصية أخرى ، وهذا النوع الغريب من واقع الذرة أو الألكترون يحمل معه نتائج هامة مختلفة ، فمن الممكن وصف سلوك الذرة فى الكثير من التجارب عن طريق المفاهيم الميكانيكية ، فيمكننا مثلا أن نتكلم عن مسار جسيمات معينة • وفى مثل هـــذه التجارب سنجد أن قـــوانين الميكانيكا الكلاسيكية ستمدنا بالتقرير الصحيح عن الواقعة المعينة ، وعلى هذا يمكننا أن نقول ان قوانين الميكانيكا الكلاسيكية تنطبق على كل العمليات الذرية التى يمكن فيها مراجعتها مباشرة ، ومن ناحية أخـرى سنجد أن هناك تجارب أخرى يصبح فيها من الضرورى أن نستعمل مفاهيم غير ميكانيكية لوصف حالة الذرة ، مثلا ، مفاهيم تعبر عن الخواص الكيميائية للذرة ، ولا يمكن فى مثل هذه الحالات الانتفاع بالأوصاف الميكانيكية ، أما السؤال عما اذا كان من الممكن أن نطبق عليها قوانين الميكانيكا فيصبح غـــير ذى موضوع • ان الخواص الميكانيكية والخواص الكيميائية خواص متنافية ، ولقد عبرت الصياغة الرياضية لقوانين الكم عن هذا بوضوح ، كما تسبب هذا التنافى فى ذلك الثبات الغريب ، غير الميكانيكى ـ للنظم الذرية التى ترتكز عليها معرفتنا عن المادة فى شكلها الاجمالى •

وهذه الحقائق توضح نهائية وثبات النظرية الكلاسيكية التى يبـدو أنها لا تهتز تحت أية تجربة جديدة ، والتى تصدق حيثما تنطبق مفاهيمها ، ومن ناحية أخرى ، سنجد أن الطبيعة تتزود بعلاقات ذات طابع مختلف تماما عندما تجبرنا على أن نخلق نوعا من الاقلاق الخارجى فى مسار أية ملاحظة ، وبذا تسحب من بين أيدينا صورة معقولة للذرة ، لم يعد من الممكن أن نصف الذرة ـ بلا تحفظ ـ موضوعيا ، وانما نستطيع فقط أن نصف نتائج الملاحظات الذرية فى شكل موضوعى ، وهى نتائج لا يمكن أبدا أن تعطى الصورة الكاملة المفهومة ، وبذا فان صورة الواقع التى بنيت

عليها ميكانيكا نيوتن كانت ضيقة جدا ، وكان لا بد أن تستبدل بشيء أكثر اتساعا •

حاولت الفيزيقا فيما سبق معاملة العمليات المتاحة لحواسنا كعمليات ثانوية ، ومشتقة ، وأن تشرح هذه العمليات في شكل حوادث على مستوى الذرة •

ولقد اعتبرت هذه الحوادث على أنها الحقيقة الموضوعية « المخبأة » ، الا أننا نعرف الآن أنه من الممكن اعتبار الحوادث المتاحة لحواسنا (باستعمال الجهاز العلمي أو بدون استعماله) حوادث « موضوعية » ، أعني أننا سنجد المبرر لأن ندعي أن الحادثة التي لاحظناها قد وقعت « موضوعيا » ، غير أنه لن يكون من الممكن دائما أن نعبر عن العمليات الذرية كحوادث موضوعية في الفضاء والزمن • ان نقض ترتيب الواقع كما نقبله عادة ـ اذا أمكنني التعبير بهذا الشكل ـ هو الذي جعل في امكاننا الآن أن نربط بين المفاهيم الكيميائية والميكانيكية دون تعارض •

بهذه الكيفية ربطت النظرية الذرية بين الفيزيقا والكيمياء في علم موحد كبير ، وربما تساءلنا عن الأثر العلمي لهذه الوحدة الجديدة على الأقسام المختلفة من العلم ، وعن التأثير الذي لعبته في تصورنا للطبيعة •

ربما اعتقدنا أن الوضع الجديد لا بد أن يقود بالضرورة الى نهضة عظيمة في الكيمياء ، لأن كل المسائل الأساسية في الكيمياء (طبيعة القوى الكيميائية) قد وجدت الحل الآن عن طريق الفيزيقا الذرية ، غير أن التفحص الدقيق يظهر فورا أن الكيمياء قد تركت من زمن بعيد مجال البحث في العلاقات الأساسية لحساب تطبيقاتها العملية • أما مشكلة طبيعة القوى الكيميائية ـ والتي كانت يوما ما المشكلة المركزية للكيمياء ـ فقد أبعدت تماما الى الخلفية حتى لم يعد الكيميائي في حاجة اليها عند اهتمامه ببعض الأسئلة البسيطة ، التي قد تكون هامة عمليا ، وقد يكون للحل الأساسي استعمالا محدودا في مشكلة معينة لأن المعالجة النظرية الحقيقية

المرتكزة على النظرية الذرية ستقابل فى كثير من الحالات عقبات رياضية يصعب التغلب عليها ، وعلى هذا فان تأثير الفيزياء الذرية الحديثة ـ حتى الآن ـ لم يتعد عدداً قليلا من القطاعات فى الكيمياء ، أما قيمة المفاهيم الجديدة فقد أظهرت أهميتها بالتدريج فى المشاكل الأكثر عمومية مثل نظرية التكافؤ ، ولقد كانت الفيزيقا الذرية أكثر اثمارا فى الفيزياء الفلكية ، أقصد نظرية التركيب الفيزيائى للنجوم ، اذ لا يمكن معالجة الموضوعات المتعلقة بجو النجوم وأصل الطاقة الجوانية الا على أساس الفيزيقا الذرية .

فاذا نظرنا أخيرا الى آثار الفيزيقا الذرية على المشاكل الأساسية للواقع الفيزيقى فلا بد أن نسلم بأن مفهوم الواقع الذى نبلغه فى وحدة العلم «البحت» لم يقبل فى كل الحالات دون مقاومة . وقد ظهرت هذه المقاومة فى بعض الحالات فى علوم خاصة لم تكن تميل الى التضحية بالمفاهيم التقليدية والمجربة من أجل وحدة أسمى ، كما ظهرت أيضا فى نظريات معينة للادراك لم يكن فى استطاعتها التكيف مع الوضع الجديد الذى تواجهنا به الطبيعة على المستوى الذرى .

الا أنه ليس هناك من سبب للقلق بالنسبة لمصير هذه الوحدة التى اكتسبناها مؤخرا ، فان المقاومة بالرغم من كل شىء لا توجه ضد النتائج وانما فقط ضد تفسيراتها ، وبذا فهى لا تمس جوهر محتوى المفاهيم الجديدة . ولقد حدثت فى التاريخ معارك ضارية بنفس الطريقة لتوحيد ولايات صغيرة ، وكانت النهاية أن وحدت هذه الولايات ، اننا كبشر عادة ما نهتم بالماضى ونود أن نوحد أكثر ما يمكن من القيم القديمة المألوفة ، وعلى هذا كان من المستبعد فى العلم أن يتم تغير أساسى مثل توحيد الفيزيقا والكيمياء فى نظام علمى واحد دون اتخاذ أشكال جديدة وغير مألوفة من المفاهيم .

والمؤكد أن الأفضل ـ بالرغم من الصعوبات الفائقة ـ كان هو الوصول الى اتفاق مع الصيغ الفكرية الجديدة وأن نرى ما سينفتح أمامنا من ميادين .

(٣) دعنا نلتفت أولا الى العلم الذى يقع فوق الفيزيقا والكيمياء فى المرتبة علم الحياة ، كان هناك ولمدة طويلة اتجاهان متضادان أساسا فى علم البيولوجيا ، هما الاتجاه الحيوى والاتجاه الميكانيكى • يفترض الحيويون أن العلاقات المميزة للعمليات الحيوية تختلف أساسيا ووصفيا عن القوانين الفيزيائية والكيميائية • فمن الممكن أن توصف الكائنات الحية فى شكل مفاهيم النمو والتحول الغذائى والتكاثر والأقلمة والاستعداد للانقسام ••• الخ ، وهى مفاهيم لا توجد فى الفيزيقا ولا فى الكيمياء • ومن الطبيعى أنه يمكن الاعتقاد بأن الخصائص التى تبزغ عنها هذه المفاهيم تنشأ عن قوانين فيزيائية وكيميائية ، الا أن معرفتنا بهذه القوانين لا تمهد لمثل هذا الافتراض وعلينا أن نسلم بأن الكائن الحى يصبح تركيبا مستحيلا من وجهة نظر القوانين الفيزيائية والكيميائية ويمكن مقارنته بالبلورات ، التى تصبح بنفس الكيفية مستحيلة اذا ما نظرنا اليها عن طريق تطبيق الفيزيقا الكلاسيكية على الألكترونات والذرات •

والفكرة بأن للحياة قوانينها ومصطلحاتها تعارض ما يسمى بالمدرسة « الميكانيكية » ، وهذه المدرسة تقول ان العمليات العضوية التى يمكن دراستها تبدو دائما فى توافق مع القوانين المعروفة للفيزيقا والكيمياء وأن أحدا لم يلحظ أبدا فى المادة الحية أى انحراف عن هذه القوانين • وهى تقول أيضا انه لا مجال هناك لعلاقات من أى نوع آخر ، لأن الفيزيقا والكيمياء تحدد تماما كل خواص المادة ، والواقع أنه قد تم خلال المائة سنة الماضية تقدم هائل فى التفسير الفيزيقى الكيميائى للعمليات العضوية ، وفى هذا المجال يمكننى أن أذكر موضوع التبادل الحرارى فى الكائنات الحية ، والظواهر الكهربية فى الجهاز العصبى ، وكيمياء الهرمونات ••• الخ ، ويبدو أن كل الخبرات الماضية تدعم حقا القول بأن القوانين الفيزيقية والكيميائية المعروفة تنطبق دون استثناء على عالم المادة الحية • ومن ناحية أخرى سنجد أن هذه القوانين لا تترك أية ثغرة يمكن سدها عن طريق علاقات من نوع آخر ، وأن هذا الوضع لا يتغير اطلاقا بنظرية الكم التى

تلعب فيها القوانين الاحصائية دورا بارزا • وعلى هذا يتبقى ـ على الأقل كما يبدو ـ التعارض الذى طالما نوقش بين العمليات الفردية فى الكائنات الحية والتى يمكن تفسيرها تماما عن طريق الفيزياء والكيمياء ، وبين العمليات المميزة للحياة «ككل» • والقول الشائع « ان الكل أكبر من حاصل جمع الأجزاء المفردة » يعبر عن هذا التعارض ولكنه لا يفسره •

تبدو المشكلة التى عرضناها الآن فى ضوء جديد تماما اذا ما استعملنا طرق التفكير لنظرية الكم ، واذا ما أخذنا الوضع النظرى ـ كما فعل بوهر ـ للفيزياء الذرية كنمط للطريقة • فلقد بدا فى نظرية الكم أيضا ـ فى بادىء الأمر ـ تعارض بين الفيزيقا الكلاسيكية من ناحية وبين المفاهيم الكيميائية من ناحية أخرى ، ولقد حل هذا التعارض بمعرفة أن الحالة التى يمكن وصفها فى شكل كيميائى تنفى المعرفة الدقيقة للظروف المحددة ميكانيكيا ، وهذا الاستبعاد ينبع أوتوماتيكيا من خلال اقلاق ـ متضمن بالضرورة ، حسب القوانين الطبيعية ، داخل كل ملاحظة • ويمكننا تخيل وضع مشابه فى البيولوجيا • فمن الممكن أن تتضمن جملة « ان الخلية حية » معرفة مضبوطة وكاملة لكل الشروط التى تحدد تركيبها الفيزيقى ، وبلوغ مثل هذه المعرفة الكاملة قد يقضى بضرورة تدخل عنيف (مثلا : استعمال الأشعة السينية) حتى لتتحطم معه الخلية • ان نمط المنهج البحثى لنظرية الكم يمكن ـ على الأقل ـ أن يوضح عدم وجود أى تعارض منطقى ضرورى بين القضية الأساسية بأن « القوانين الفيزيقية الكيميائية تنطبق دون تعديل فى الطبيعة الحية » وبين قضية الحيويين بأن الحياة لها قوانينها « الخاصة » •

وهذا طبعا لم يحل المشكلة للآن ، وقد تفحصت البحوث ـ لبضعة عقود من السنين ـ الخطوط الفاصلة التى يحتمل أن يوجد عندها الحل• لا تفيدنا كثيرا خصائص الكائن الحى ككل ، ذلك لأنه من غير الممكن استيعاب علاقاتها الفيزيقية والكيميائية بكل تعقيداتها ، ولو أمكن تفهمها لاتضحت خواصها الفيزيقية والكيميائية • أما المشكلة الحقيقية للكائنات

الحية ككل فتوجد فى نفس سبب نشوء هذه التكوينات المعقدة ، وهذا السؤال يقودنا الى مشاكل النمو وانقسام الخلايا وتضاعف الكروموزومات والجينات ، أقصد الحد الفاصل بين البيولوجيا وكيمياء الجزيئات الكبيرة .

وفى هذا الحقل يمكن استعمال نتائج الفيزياء الذرية الحديثة ليس فقط بسبب المنهج وانما أيضا للمحتوى ، كما أن النواحى الخاصة من نظرية الكم التى ترتبط بنظرية الادراك تصبح ذات أهمية ، ليس فقط بالنسبة للمنهج وانما أيضا بالنسبة للمحتوى ، فالتجارب الوراثية عن نسبة الطفرات تبدو كما لو كانت تشير الى أنه من الممكن تحت ظروف معينة أن تسبب عملية على مستوى ذرى ، كتفكك رابطة كيميائية واحدة فى كروموزوم داخل نواة الخلية ، تسبب تغيرات فى كل التطور المستقبل للكائن الحى ، وفى مثل هذه الحالات ستصبح للقوانين الاحصائية لنظرية الكم أهمية عملية مباشرة بالنسبة لسلوك الكائن الحى .

ان مهمة الدراسات عن الخط الفاصل بين كيمياء البروتينات وبيولوجيا أصغر الوحدات ـ وبغض النظر عن اعتبارات المبدأ ـ هذه المهمة هى أولا وقبل كل شىء أن تستكشف للحد الممكن مفاهيم الفيزياء والكيمياء ، حتى تستطيع أن تصل الى المدى الذى يمكن فيه استعمال هذه المفاهيم فى وصف العمليات الحيوية ، ونحن نعرف أنه من الجائز فى هذه المهمة أن تثبت القوانين الطبيعية أنها فى حد ذاتها عقبة ، وهذا سيمنعنا من اهمال تلك النواحى من الحياة التى استمد منها الحيويون قوتهم ، والتى تؤكد على ذهن الملاحظ ما كان يسمى « التبجيل قبل الحياة » . ان التغير فى ترتيب الواقع الذى حدث داخل نظرية الكم قد قرب أيضا فروع البحث البيولوجى المختصة بتلك النواحى المميزة لعملية الحياة ـ قربها من العلوم البحتة . وهذا يعنى أنه قد بنيت ، بجانب البحث الموجه عن الحد الفاصل، علاقات فكرية معينة شائعة بين حقلين من حقول العلم كانا فيما سبق منفصلين تماما .

ان التطور في عقود السنين الأخيرة قد قرب البيولوجيا والفيزيقا والكيمياء ، أكثر وأكثر ، ومن الممكن أن نصل الى انصهار كامل لهذه المواضيع الثلاثة في وحدة للمحتوى ، فقط عن طريق الاتساع الأساسي لمعرفتنا عن عمليات الحياة • غير أنه يبدو أن هناك بالفعل بداية لتوحيد المنهج البحثي لا ترتكز على الرغبة في تفسير كل العمليات على نمط ميكانيكا نيوتن • ان مناهج الفكر التي بزغت عن الفيزيقا الذرية واسعة بما فيه الكفاية لتفسح مجالا لكل النواحي المختلفة من مشاكل «الحياة» وكل المحاولات العلمية لربطها سويا •

ومن الطبيعي أن مثل هذه الوحدة في المنهج البحثي لا يمكن بحق أن تسمى وحدة للتصور العلمي للطبيعة ، فمثل هذا التصور لا بد أن يكون قادرا ـ على الأقل من ناحية المبدأ ـ على أن يستوعب كل أجزاء الطبيعة ، ولا بد أن يكون قادرا على تخصيص مكان محدد لكل قسم من الواقع • ولقد كان هذا المطلب بالتحديد هو الذي فضح تماما قصور الصورة التي ترتكز على الفيزيقا الكلاسيكية ، ففي هذه الصورة للطبيعة يتشكل العالم الذهني على أنه القطب المضاد للواقع المادي الذي يمكنه استيعابه داخل حدوده ، لقد كان تركيب مفاهيم الفيزيقا الكلاسيكية أجمد من أن يستوعب خبرات من نوع جديد ومختلف دون تدخل فعال •

ربما كان نظام الواقع في الفيزيقا الذرية الحديثة أقدر على أن يسمح بمذاهب مختلفة من المفاهيم • ذلك لأنه يستطيع أن يجعل الظواهر « موضوعية » دون الحاجة الى « شيء في ذاته » قادر على الوصف في أسلوب الخبرة اليومية ، ومن الممكن استعمال مناهج أخرى من المفاهيم لوصف أنواع أخرى من الواقع ، وانا نأمل أن تتحد يوما ما ـ في وضوح وفي تفصيل ـ بتلك التي نعرفها بالفعل جيدا •

وعلى هذا فان التغيرات التي قدمتها نظرية الكم قد أثرت في وضع نظريات الادراك بطريقة يمكن معها أن نربط في شكل جديد تلك النواحي

من الواقع التى تميز بكلمات مثل « الشعور » و « الروح » ، مع التصور العلمي لزمننا هذا • لقد بنيت الفيزيقا الكلاسيكية على أسس متينة من معرفة الواقع الموضوعى للحوادث فى الزمن والفضاء والذى يحدث تبعا لقوانين طبيعية مستقلة عن النشاط الذهنى ، وهذا يعنى بالطبع أنها ـ بالتالى تنطبق فقط على مثل هذه العمليات الموضوعية • أما العمليات الذهنية فيبدو أنها مجرد صورة لهذا الواقع الموضوعى الذى يفصله عن عالم علاقات الزمان فراغ لا يمكن ملؤه • ولقد دفعنا أخيرا تكنيك الملاحظة الحديث المتطور وزيادة المعرفة الايجابية التى نتجت عنه ، الى أن نراجع أساسيات العلم وأقنعنا بأنه لا يمكن أن يوجد مثل هذا الأساس المتين « لكل » الادراك • وبرغم كل شىء فان فكرتنا عن عالم يتحرك فى الزمن والفضاء ما هى الا تصوير للعالم فى صورة مثالية ـ تمليه علينا رغبتنا فى رؤية العالم موضوعيا الى الحد الأقصى الممكن • ولقد استعملت نظرية الكم مثالية من نوع مختلف أقل وضوحا لا تساير رغبتنا فى رؤية الأشياء موضوعيا ، وانما تمكننا عوضا عن ذلك من التفهم الكامل للقوانين التى تحكم التغيرات الكيميائية ، ولا يمكن ربط العمليات الكيميائية بالسلوك الفيزيقى لأصغر الجسيمات ـ داخل هيكل تصورات الواقع فى الفيزيقا الكلاسيكية ، وعلى هذا فنحن مستعدون لمناسبات أخرى تتكرر فيها تلك العلاقة التكميلية الغريبة بين النواحى المختلفة للواقع •

ومن الطبيعى أننا لا نستطيع أن نفترض قوانين بسيطة مثل : ان البيولوجيا تنتسب للكيمياء كما تنتسب الكيمياء للفيزيقا • وربما كان الأصح أن نقول انه من الضرورى أن نصل الى مستوى جديد تماما من الادراك فى التحول من ناحية « مفهومة » بالفعل الى ناحية ما زالت جديدة • ومثل هذه الخبرة قد تكون فى نفس صعوبة التقدم من الفيزيقا الكلاسيكية نحو النظرية الذرية •

ربما كنا نفهم الآن أفضل من ذى قبل ـ وبعد أن قلنا ما قلنا ـ ان

هناك نواحى أخرى من الواقع بجانب ظواهر الحياة ، أقصد الشعور وأخيرا العمليات الذهنية • ولا نستطيع أن نفترض ضرورة وجود رابطة مباشرة بين تفهمنا لحركة الأجسام فى الزمن والفضاء وبين تفهم عمليات الذهن، لأننا تعلمنا من العلم أن معالجتنا الذهنية للواقع تحدث أولا على مستويات منفصلة ترتبط فقط خلف الظواهر فى فضاء مجرد ، واننا لنشعر الآن أكثر من أى وقت مضى بأنه لا توجد وجهة نظر مبدئية محددة تتشعب منها طرق تؤدى الى حقول « المدرك » ، ولكن كل الادراك لا بد أن يعلق فوق هوة لا يمكن ادراك عمقها • وعندما نتكلم عن الواقع ، فاننا لا نبدأ أبدا عند البداية ، كما نستعمل مفاهيم تصبح أكثر دقة فقط عن طريق استعمالها ، وحتى المناهج الأكثر ايجازا والتى ترضى متطلبات الدقة المنطقية والرياضية ، لا تكون سوى محاولات تجريبية لتحسس الطريق فى حقول محدودة من الواقع •

وعلى هذا فاننا لم نعد الآن فى الوضع السعيد لكبلر ، الذى تفهم العلاقات البينية للعالم ككل ، كمشيئة الاله ، والذى اعتقد بمعرفته لهارمونية الكرة أنه على عتبة تفهم خطة الخلق • ولكن الأمل فى كل كبير مترابط ، نستطيع تفهمه أكثر وأكثر ، هذا الأمل لنا نحن أيضا ، قوة دافعة للبحث •

٧ المشاكل الأساسيّة فى الفيزيقا الذريّة المعاصرة *

تهتم كل الدراسات الشائعة عن الفيزيقا الذرية فى الأغلب بالتكنولوجيا الذرية ، أى باستعمال الطاقة الرهيبة للذرة فى أسلحة الحرب أو فى الماكينات ، غير أن العالم الحقيقى الذى نشأت عنه هذه التكنولوجيا كتطور فرعى ، هذا العلم أقل ذيوعا بين الناس ، فنحن نقرأ ما بين الحين والآخر تقارير عن نجاح العلماء البريطانيين فى كشف جسيم أولى جديد، أو عن معلومات جديدة عن القوى الذرية الداخلية التى وصلت اليها التجارب باستعمال السيكولوترون العملاق فى كاليفورنيا ، أو مرة أخرى عن جائزة ستالين تمنح لاثنين من العلماء الروس لأعمالهما فى معامل القوقاز على ارتفاعات عالية ، ولكن الغرض الحقيقى ـ الرابطة الشائعة

* محاضرة ألقيت فى ٩ يوليو ١٩٤٨ بالمعهد التكنولوجى العالى بزيوريخ .

التى تربط كل جهود الناس فى مختلف البلدان وتجعلها جزءا من نظام عام ـ هذا الغرض لم تكد تمسه مناقشة بالرغم من أنه بالتحـــديد مأرب الفيزيقى من الفيزياء الذرية • اننا نجد دائما فى عمل الفيزيقى الرغبـة القديمة فى تفهم موحـــد للعالم ، فحكمه على كل كشف ـ على الأقـل لا شعوريا ـ يتوقف على قدرة هذا الكشف على أن يقربه من أمله ، وهذا ما يجعلنى أود أن أتحدث معكم اليوم عن تلك الآراء الأساسية التى تربط التجارب المختلفة والنظريات فى الفيزيقا الذرية • أود أن أشرح ماذا نأمل من علمنا ، وماذا يمكن أن يحدث عندما تحقق آمالنا ورغباتنا •

ولكى نصل الى تفهم لأساس الفيزيقا الذرية فان علينا أن نتتبع خطوة خطوة الآراء التى قادت الفلسفة الطبيعية الاغريقية منذ ألفين وخمسمائة عام الى النظرية الذرية ، وعلينا اذن أن نحاول البحث عن ارتباط بهـذه الآراء الأساسية حتى فى آخر منجزات الفيزيقا الذرية ، وبذا فلن يكون من التعسف أن أرسم أولا وفى ايجاز تاريخ النظرية الذرية •

هناك عند بدء الفلسفة الأيونية الطبيعية سنجد البيان الشهير لطاليس الملتوسى بأن الماء هو أصل كل الأشياء ، وهذا التقرير الذى يبدو لنا اليوم غريبا جدا يشتمل بالفعل ـ كما أشار فردريك نيتشه ـ على ثلاثة آراء فلسفية أساسية ، أولها فكرة أن هناك منشأ لكل الأشياء ، وثانيها أن مثل هذه المسألة لا بد أن يجاب عليها منطقيا ، وثالثها أنه لا بد أن يكون من المستطاع ـ فى النهاية ـ أن « نتفهم العالم » عن طريق مبدأ موحد ، ولعل عظمة هذه التضمينات الثلاثة تبدو واضحة اذا علمنا أنه لم يكن هناك على الاطلاق ـ عندئذ ـ ما يوجه الخطى للبحث عن منشأ الأشياء فى شىء مادى وليس فى الحياة نفسها ، لقد كان تقرير طاليس هذا هو أول تقرير يشتمل على فكرة جوهر أساسى موحد متجانس يتكون منه العالم ، ولو أنه لم يكن هناك بالتأكيد لكلمة «جوهر» المعنى المادى الخالص الذى نمنحه لها الآن ببساطة •

اذا لم يكن هناك سوى جوهر واحد فان عليه اذن أن يملأ كل فراغ في انتظام وبلا تمييز ، ولن يمكن عندئذ ـ أبدا ـ تفسير ذلك التعدد الهائل الموجود من الظواهر ، ولهذا السبب سنجد أن فلسفة اناكسيمندر ـ تلميذ طاليس الذى عاش أيضا فى مليتوس ـ ترتكز على استقطاب أساسى : هو المقابلة بين « الموجود » و « الصيرورة » ، « فالموجود » المتجانس ينشأ عنه التغير أو « الصيرورة » ، وهذه بالتالى تمثل ـ بشكل ما ـ فساد « الموجود » الخالص ، وهى تفعل ذلك بأن تشكل حكاية العالم عن طريق الكره والحب • اتخذت « الصيرورة » الأهمية الأولى فى فلسفة هرقليطس ، وأصبحت النار العنصر الأساسى ، المتحرك ، ولكنها كانت تمثل أيضا « الطيب » و « النور » ؛ وكانت الحرب هى الأب لكل شىء ، ثم بنيت بعدئذ ـ لا سيما عن طريق تأثير أناكساجوراس ـ فكرة أن العالم يتكون من بضعة عناصر أولية ، ظن أنها متجانسة ولا تفنى ، وكان فى مزجها أو فصلها سر وجود تباين الحياة ؛ واعتقد اميدوكليس أن العناصر الشهيرة : التراب والماء والهواء والنار هى « الجذور الأصلية » الأربعة •

ومن هذه النقطة تحول لويسبس وديموقريطس الى المادية ، فجعلا استقطاب الموجود واللاموجود شيئا دنيويا ، ليصبح المقابل « للملاء » و « الفارغ » ، وانكمش « الموجود الخالص » الى مجرد نقطة تستطيع أن تكرر نفسها لأى عدد من المرات ، أصبح اذن لا ينقسم ولا يفنى وبذا سمى بالذرة • اختزل العالم الى ذرات يفصلها الفضاء الفارغ ، واعتقد أن مزيج المواد شبيه بخليط نوعين مختلفين من الرمال ، وأصبحت خصائص المواد تحدد بالمكان النسبى والحركة النسبية للذرات ، وبذا كانت هذه الأخيرة هى المسئولة عن التباين فى العالم • كان الزمان حتى ذلك الوقت يعتبر شيئا مستحيلا «دون» المادة، ولكنه كان شيئا متعلقا بالمادة، ثم منحته الفلسفة المادية استقلالا خاصا ، وأصبح ـ كفضاء خال بين الذرات ـ حامل الهندسة ، أى المسئول عن كل ثروة الأشكال وكل الظواهر

التباينة للعالم • ليس للذرات نفسها أية خصائص ، ليس لها لون ، ليس لها رائحة ولا طعم • أما خصائص المواد فتنتج بطريقة غير مباشرة عن طريق الوضع النسبي والحركة النسبية للذرات • يقول ديموقريطس :

« كما يمكننا بنفس الحروف كتابة التراجيديا وكتابة الكوميديا ، كذا يمكننا أن نعرف الحوادث المتباينة لهذا العالم بنفس الذرات ، طالما كانت هذه تشغل أماكن مختلفة وتتخذ حركات متباينة » •

« بالعرف يوجد الحلو ، بالعرف يوجد المر ، بالعرف يوجد اللون، أما الذرات والفراغ (وحدهم) فيوجدان فى الواقع » •

وبذا فقد تفهمت النظرية الذرية مطلب طاليس الأساسى بضرورة امكان تفسير الطبيعة عن طريق مبدأ موحد ، بأن اعترفت فقط بجـــوهر أساسى واحد ، بشكل أساسى واحد من «الموجود» ، هو الذرة ؛ وكان هذا الموجود الخالص يقابل الشكل والحـــركة التى تشخص عمليـــة « الصيرورة » وتسبب جملة الحوادث فى الطبيعة • ولقد ميز أفلاطون ــ الذى قبل فى محاورة « طيماوس » أفكار النظرية الذرية ــ ميز خمسة أنواع من الذرات تختلف فى الشكل وافترض أنها تناظر خمسة جواهر أساسية وقد يبدو للوهلة الأولى أن افتراض وجود خمسة أشكال من الذرات ليس سوى خطوة الى الوراء ، ولكن الواقع أن أفلاطون كان يفكر فى كيان واحد يظهر فى أشكال مختلفة ، ولم يكن تباين الطبيعة الا نتيجة لتباين التراكيب الرياضية ، وقد انعكست كل ثروة الحياة فى ثروة من الأشكال الهندسية ، كانت ، هى نفسها ؛ تنشأ عن ذلك الذى يوجد فى الواقع ــ عن الذرات •

لقد لخصت الآن هذا التطور التاريخى لأنه يوضح بجلاء الغـــرض الأساسى للنظرية الذرية • ان الغرض هو أن نوضح كيف أن العـــالم يتركب فى النهاية من جوهر متجانس ، وأنه يرتكز على مبدأ واحد موحد،

ومن الضرورى أن تعزى الظواهر المتعددة ـ بشكل ما ـ الى التعدد فى التراكيب الرياضية ، ولقد أضافت التطورات الأخيرة فوق هـذه الآراء الفكرة الهامة القائلة بوجود قوانين طبيعية ثابتة تحكم كل الحوادث ، وعلى هذا وضعت التركيبات الرياضية لتبحث فى المستقبل ، وتسمح لنا بالتنبؤ بالحوادث المستقبلة ، ولكن هذه التطورات الأخيرة تبنى الأفكار الأساسية للنظرية الذرية ـ بلا تغير تقريبا ـ كما تحتفظ حتى يومنا هذا بقوتها الخالقة •

وقبل أن نناقش مشاكلنا الحالية من وجهة نظر هذه الأفكار الأساسية ، أود أن أتعقب تطورها التاريخى الى مدى أبعد ، ذلك لأن مثل هذه الخلفية تمكننا من تفهم مغزى المحاولات التى تجرى فى زمننا هذا ، ففى بدء الحقبة الحديثة نشأ تصور العناصر الأساسية عن الخبرات الكيميائية ، وعلى هذا ، فمنذ القرن السابع عشر اعتبرت كل العناصر الأساسية التى لم يعد من الممكن تفتيتها كيميائيا ، اعتبرت عناصر أولية منها تتركب كل المواد ، ونحن نعرف الآن حوالى خمسة وتسعين عنصرا كيميائيا تكون حوالى نصف مليون مركب كيميائى موجود فى الطبيعة ، وقد منح لكل عنصر شكلا للذرة ، مثل ذرة الكربون أو الأكسجين ، واعتبر أن أيا من هذه الذرات لا ينقسم ولا يتحطم ، ويتكون المركب عن طريق ترتيب ذرات عناصر مختلفة فى مجاميع ذرية ، تسمى بالجزيئات ، وتمثل مثل هذه المجموعة الذرية أصغر وحدات المركب الكيميائى •

ولقد نجح فى النهاية هذا التفسير الذرى الفيزيقى للكيمياء فى أواخر القرن الثامن عشر ، ثم كان بعد ذلك أساس التقدم الهائل فى الكيمياء ، ولكننا نستطيع أن نقول ان هذا النصر للنظرية الذرية لم يكن عادلا بالنسبة للتصور الأساسى لهذه النظرية ، فقد افترض أن العالم يتكون ـ فى النهاية ـ من جوهر موحد ، ولكن هذا المطلب الأساسى قد فقد ، لأن الفرض بوجود حوالى مائة عنصر مختلف تتكون كل المواد ـ بالضرورة ـ

من خلطها ، هذا الفرض يتضمن درجة من التعقيد تخالف تماما الفرض الأصلى للفيزيقا الذرية ، وبالرغم من ذلك فقد حقق الكثير من النجاح حتى سلم بالتفسير الذرى للكيمياء ، وفضلا عن ذلك فقد كان من الحقائق التى لا تقبل المناقشة ، حقيقة أنه لم يكن من المستطاع تقسيم العناصر الكيميائية الى مدى أبعد أو تحويلها عن طريق كيميائى .

غير أن براوت الانجليزى حاول فى سنة ١٨١٥ أن يتخطى هذه الآراء عندما دافع عن النظرية القائلة بأن كل العناصر تتكون فى النهاية من الأيدروجين ، وقد كون فكرته هذه عن ملاحظته للأوزان الذرية التى أمكن عندئذ قياسها للمرة الأولى بدقة معقولة ، فقد كانت هذه الأوزان بالنسبة للكثير من العناصر الخفيفة مضاعفات كاملة ـ تقريبا ـ لأخف العناصر : الأيدروجين ، فالوزن الذرى للهليوم على سبيل المثال يبلغ بالضبط حوالى أربعة أضعاف وزن ذرة الأيدروجين ، وبذا فقد كان من السهل الاعتقاد بأن ذرة الهليوم تتكون من أربع ذرات أيدروجين ، ومرت مائة عام أخرى قبل أن نتأكد من أن ذرات الكيمياء لم تكن هى وحدات المادة النهائية التى لا تنقسم ، أو بمعنى آخر لم تكن هى بالفعل ما عناه الاغريق عندما استعملوا كلمة الذرة .

ولقد قادتنا أبحاث فاراداى باكتشافه للالكترون (أى ذرة الكهرباء أو الاشعاع الذرى) فى النهاية الى أنموذج رذرفورد وبوهر الشهير ، وفتحت بذلك آخر حقبة فى الفيزيقا الذرية . فلقد عرفنا ولمدة تبلغ نحو أربعين عاما أنه من الضرورى ـ مع بعض التحفظات ـ أن نتخيل ذرة العنصر الكيميائى فى شكل نظام شمسى مصغر ، يتركز الجزء الأكبر من كتلتها فى نواتها موجبة الشحنة والتى يبلغ قطرها نحو $\frac{٥}{١٠}$ من قطر الذرة ، وحول هذه النواة تدور ألكترونات أخف وزنا يكفى عددها لمعادلة شحنة النواة ، أما قطر المدار الخارجى فى معظم الذرات فيبلغ نحو $\frac{٧}{١٠}$ من المليمتر . أما التحفظات التى أشرت اليها سابقا فتتعلق بالصعوبة

الأساسية فى وصف العمليات الذرية باستعمال لغتنا اليومية • فمن الصحيح أننا نعرف القوانين الطبيعية التى تحكم حركة الالكترونات حول النواة ، نعرفها لدرجة تمكننا من صياغتها فى شكل رياضى بدقة بالغة ، ولكننا لا نستطيع ترجمة هذه القوانين الى صورة يمكن تخيلها الا فى شكل تقريبى فقط ، ذلك لأن فرض بلانك للكم ـ الذى تتركز عليه القوانين ـ يحتوى على وجهة لا يمكن من ناحية المبدأ ادراكها •

يتكون غطاء الذرات اذن من نفس « الجوهر » ـ نقصد الالكترونات أخف الجسيمات الأولية ، سالبة الشحنة ، وتباين أنواع الذرات ليس الا نتيجة لتباين النوايا ، التى لا يمكن التأثير عليها كيميائيا ، ولكنا نستطيع أن نقذف النواة بجسيمات أخرى أولية ، بسرعة عالية • عندئذ سنجد ـ كما توقعنا منذ زمن ـ أن النواة نفسها مركبة ، وأنه من الممكن أن تحول احدى النوايا الذرية الى نواة ذرية أخرى • ولقد عرفنا منذ خمسة عشر عاما أن كل النوايا تتكون من نوعين من الوحدات الأولية نسميها البروتونات والنيوترونات ، وكانت البروتونات مطابقة لأخف النوايا ـ نوايا الأيدروجين، بينما كانت النيوترونات جسيمات أولية متعادلة كهربائياً لها نفس كتلة البروتون تقريبا ، ونحن نعرف عدد البروتونات وعدد النيوترونات التى تحويها كل نواة ذرية ، فنواة الأيدروجين مثلا تتكون من بروتون واحد ، ونواة الهليوم من بروتونين ونيوترونين ، ونواة اليورانيوم الثقيلة من ٩٢ بروتونا ، ١٤٦ نيوترونا ، ويحدد عدد البروتونات الموجودة بالنواة شحنتها وبالتالى الخصائص الكيميائية للذرة •

لقد قادنا الكشف بأن كل النوايا الذرية تتكون من نفس الوحدات، قادنا مباشرة الى مشكلة يمكن حلها على الأقل نظريا : أقصد الخلق الصناعى والتحلل الصناعى للنوايا ، فمنذ اكتشف هان بأن النيوترونات تستطيع أن تفكك نوايا اليورانيوم ، أصبح التحلل الصناعى والبناء الصناعى للنوايا فرعا هاما من التكنولوجيا الحديثة • اننا قادرون الآن بالفعل على أن نحول العنصر الكيميائى الى آخر •

فاذا ما قارنا الحالة الراهنة للفيزيقا الذرية بحالتها منذ مائة وخمسين عاما فمن الممكن أن نقول فوراً ان نظرتنا الحديثة أقرب الى الغرض الأساسى للنظرية الذرية ، وهى تفسير للطبيعة مبنى على جوهر متماثل واحد • فبدلا مما يقرب من مائة عنصر كيميائى لدينا الآن ، فقط ، ثلاثة أشكال أساسية للمادة تسمى ذراتها : الالكترونات ، البروتونات ، النيوترونات • وكل المواد ـ حية كانت أو غير حية ـ تتكون من هذه الأنواع الثلاثة من الجسيمات الأولية ، ولا شىء غيرها ، وتنتج الفروق الوصفية عن طريق التنظيمات المختلفة والمواقع النسبية لهذه الوحدات الأساسية الثلاث ، أما تعدد الظواهر فهو انعكاس لتعدد التراكيب الرياضية التى يمكن تحقيقها باستعمال هذه الأشكال الثلاثة من « الموجود » •

وهذه النقطة الأخيرة لا تميز الفيزيقا الذرية فحسب وانما تميز أيضا العلم البحت كله ، وأود الآن أن أعالجها فى تفصيل أكبر مستعملا الكيمياء فى التمثيل • نحن نعرف بدقة القوانين التى تحكم حركة الألكترونات حول النوى ، وعلى هذا فان كل حالة محتملة للذرة ـ كأن توجد مثلا فى جزىء معقد ـ لا بد أن تناظر حلا للمعادلات التى تمثل هذه القوانين الطبيعية صياغاتنا الرياضية اذن أكثر ثراء فى المحتوى اذا قورنت بصياغات الاغريق ، فلم نعد مقيدين بالتراكيب الهندسية ولكنا نستعمل نظما معقدة من المعادلات التفاضلية يمكن وصفها ـ خصوصا فى الفيزيقا الذرية ـ فى فضاء متعدد الأبعاد ، وجملة الحلول لمثل هذه المعادلات تناظر جملة الحالات الممكنة للذرة ، فالعدد الكبير من المركبات الكيميائية الممكنة يقابله جملة الحلول الممكنة لمعادلات شرودنجر التفاضلية •

غير أننا عندما نعتبر أن الجواهر الأساسية الثلاثة (أى الأنواع الثلاثة من الجسيمات الأولية ـ الألكترونات والبروتونات والنيوترونات) أنها المكونة لكل المادة ، فاننا بذلك لا نغطى تماما كل برنامج الفيزيقا

الذرية ، وانما تقترب هنا من الهدف الحقيقى للفيزيقا الذرية الحديثة • اذا لم يكن هناك سوى هذه الجسيمات الأولية الثلاثة ، فمن الممكن أن نقنع بأن هناك ثلاثة أنواع مختلفة أساسا من المادة لا يمكن أبدا تحويلها الى بعضها أو ربطها ببعضها ، ولكنا سنجد فى الواقع أن المادة تظهر فى أشكال أخرى ، أهمها الاشعاع • فنحن نعرف منذ أن ربطت المعادلة الشهيرة للنظرية النسبية الطاقة بالكتلة ، أن لكل شكل من أشكال الطاقة كتلة ، وأنه من الممكن اذن أن تسمى الطاقة شكلا من أشكال المادة • وتبعا لبلانك واينشتين فان الطاقة فى الاشعاع تتركز فيما يسمى كم الضوء الذى يمكن اعتباره نوعا من الجسيمات الأولية • ولقد اكتشفت أيضا جسيمات أولية أخرى ، فقد اكتشف آندرسون فى أوائل الثلاثينات الألكترون الموجب الشحنة الذى يمكن خلقه عند تحويل الاشعاع الى مادة ، عندما يمر كم ضوء ذى طاقة عالية ـ مثل أشعة اكس ـ بالقرب من أحد النوايا ، وينتج ألكترونا سالبا وألكترونا موجبا • كما وجد أندرسون بعد ذلك بقليل جسيما أوليا جديدا ينتج عن الاشعاعات الكونية فى الجو يبلغ ثقله مائتى ضعف الألكترون ويسمى الآن باسم الميزون ، الا أن حياة الميزون قصيرة جدا فهو يختفى بعد فترة تبلغ واحدا على مليون من الثانية ويتحول الى الكترون وجسيم أولى آخر متعادل ، ولقد اكتشف حديثا أيضا بعض جسيمات أولية جديدة لها هى الأخرى حياة قصيرة جدا •

ونقد يبدو لنا بالنظر الى تطور الفيزيقا الذرية فى السنين القليلة الماضية كما لو كانت النظرية الذرية قد بدأت مرة أخرى تنحرف عن هدفها الأساسى ، عندما تستبدل ثانية الجواهر الأساسية الثلاثة بفروض أكثر تعقيدا • وهذا السؤال يثير فورا الطبيعة المبهمة للفيزيقا الذرية الحديثة ، ان مفاهيمنا الحالية ما زالت تبدو بسيطة جدا : فهناك دلائل كثيرة تشير الى وجود جسيمات أولية أخرى لم تلحظ حتى الآن لأن حياتها قصيرة جدا ، كما أن هناك حقيقة أخرى هامة ظهرت تجريبيا وهى أن الجسيمات الأولية تتحول الواحدة منها الى الأخرى ، وصفة اللاتحطيم

أيضا لم تعد تنطبق بالمعنى القديم ، فسنجد مثلا أنه من الممكن أن ينتج الميزون عن تصادم نيوترون وبروتون ، وهذه عملية تميز ـ على العموم ـ تصادم جسيمين أوليين لهما طاقة عالية ، فكثيرا ما تتكون فى مثل هذه الصدمة جسيمات أولية جديدة ، وهذا يحدث بشكل أكثر كلما ازدادت الطاقة الكلية المتاحة ، ولعل أفضل وصف لهذه العملية هو أن طاقة التصادم الكلية المتاحة تستعمل بطريقة احصائية فى تكوين جسيمات أولية، وأنها تتوزع بين هذه الجسيمات ، وللجسيمات التى تنشأ بهذه الطريقة كتلة محددة وخواص أخرى محددة ، وبعضها جسيمات أولية معروفة تماما • ودائما ما تكون الجسيمات من نفس النوع متطابقة فى خواصها ، وتكون فى هذه الحدود موحدة ، ولكن من الممكن أن تتحول الواحدة منها الى الأخرى •

وهذه الخطوة التى لم تقبل الا فى السنين القليلة الماضية تقربنا من الغرض الحقيقى للنظرية الذرية • فلقد وجدنا الآن ـ كما تمنى الاغريق ـ جوهرا واحدا أساسيا ، منه يتكون كل الواقع ، واذا كان علينا أن نسمى هذا الجوهر ، فلن نسميه الا « الطاقة » ، ولكن هذه « الطاقة » الأساسية لها القدرة على الوجود فى أشكال مختلفة • وهى تبدو دائما فى كميات محددة نعتبرها دائما أصغر الوحدات التى لا تقبل الانقسام فى كل المادة ، لا نسميها لأسباب تاريخية محضة باسم الذرات ، وانما نسميها بالجسيمات الأولية ، ومن بين الأشكال الأساسية للطاقة هناك ثلاثة أنواع بالذات ثابتة هى الالكترونات والبروتونات والنيوترونات ، وتتركب المادة بمعناها الحقيقى من هذه الأشكال الثلاثة بالاضافة الى طاقة الحركة ، كما أن هناك جسيمات تتحرك دائما بسرعة الضوء تشمل الاشعاع ، وأخيرا هناك أشكال لها فترة حياة قصيرة ، لم نكتشف منها الا القليل • وعلى هذا فان تعدد الظواهر الطبيعية يخلق اذن عن طريق تعدد مظاهر الطاقة ، تماما كما توقع فلاسفة الاغريق الطبيعيون • فاذا أردنا أن نتفهم كل هذه الظواهر فمن الضرورى أن نتمكن من صياغتها فى شكل رياضى عن

طريق جملة الحلول لنظام من المعادلات ، وهنا بالذات سنواجه المشكلة الحاسمة للنظرية الذرية الحديثة ، ذلك أن الصياغات الرياضية التى تصف خصائص الجسيمات الاولية لم تعرف تماما حتى الآن ، فى حين أن معرفتها هى فقط التى ستمكننا من التنبؤ بنتائج التجارب ، أقصد سيطرتها على الحوادث بنفس الطريقة التى سارت بها الفيزيقا حتى الآن • ويمكننا أيضا أن نرى أننا لم نكسب الكثير بتحديد جوهر أساسى واحد ذلك لأن كل ثروة الظواهر تكمن فى تعبير هذا الجوهر ، ولقد وضع كل ماتوصلنا اليه من تفهم للمادة ـ فى النهاية ـ فى شكل معادلات رياضية ، ذلك لأنه لا توجد لغة أخرى أفضل لاختصار التعبيرات ، ويمكننا أن نقول ان المهمة الحقيقية للفيزيقا الذرية فى السنين القليلة التالية أو فى العقود التالية ستظل هى الاكتشاف التجريبى والصياغة الرياضية لتلك القوانين الطبيعية التى تحدد كل خواص الجسيمات الأولية ومركباتها ، فاكتشاف جسيم جديد فى الأشعة الكونية مثلا سيقدم بيانات جديدة عن هذه القوانين ، فاذا ما قمنا ببحوث رياضية شاملة لدراسة خواص الأشكال الخطية الثنائية (وهى التى تستعمل فى تمثيل الكميات التى يمكن ملاحظتها فى النظرية الذرية الحديثة) فربما أمكننا اكتشاف بعض الصياغات الرياضية التى ستصف أيضا ـ فى النظرية المستقبلة ـ خصائص الجسيمات الأولية •

ربما كان من الأفضل أن أذكر الآن شيئا عن الصعوبات الغريبة التى علينا أن نواجهها ، ان علينا فى أى وصف رياضى للطبيعة أن نقدم رموزا رياضية معينة تستعمل فى صياغة المعادلات التى تمثل بدورها قوانين الطبيعة ، مثلما نستعمل مثلا رموزا للمكان والسرعة للجسيمات فى ميكانيكا نيوتن ، وعندما نستعمل أيا من الرموز الشائعة ـ مثلا احداثيات الجسيم ـ فاننا نعنى بالفعل ضمنا وجود جسيم معين ، الا أن النقطة الحاسمة فى المرحلة الأخيرة للفيزيقا الذرية هى أننا لم نعد نسلم بالجسيمات هكذا ، لأننا نود تفهم وجودها وخصائصها ، وعلى هذا فاننا لا نستطيع بشكل مفهوم أن نفترض احداثيات وكتلة لجسيم محدد ، ويبزغ السؤال عما

يمكن أن نستخدمه • اننا حقا لم نطور بعد الوسائل الرياضية التى يمكن بها ادراك الحوادث المعقدة على مستوى ذرى • ومن الطبيعى أنه من الممكن القول انه بالرغم من أن الجسيمات لا يمكن فى دقة « أن تفرض » وانما لا بد أن « تحدد » ، الا أن لها مكانا ولها كتلة بحيث يمكن على أى حال أن تضمن هذه المتغيرات فى المعادلات ، ولكن هل من الصحيح فعلا أن الجسيم له مكان ؟ ان له بالتأكيد مكانا يحدد بدرجة عالية من الدقة ، ولكن أليس من المحتمل وجود حدود للدقة مشابهة ـ أو ربما كانت أكثر صرامة ـ لما حدث فى ميكانيكا الكم ؟ يمكننا أن نحس مدى ضخامة الصعوبات التى فرض على نظرية الذرة أن تخضعها • الا أنه من المعقول جدا أن تتمكن فى المستقبل القريب من كتابة معادلة واحدة نستنبط منها خصائص المادة عموما •

فاذا نجحنا فى ذلك حقا ، فان النظرية الذرية ستصل الى هدفها النهائى ، ويصبح من المشوق أن نعرف ماذا سنكون قد حققنا • سنتفهم أولا وحدة المادة كلها بنفس المعنى الذى استعمله الاغريق • فالمادة كلها تتركب من نفس الجوهر ، من الطاقة التى تعبر عن نفسها فى أشكال مختلفة ، وهناك مجموعة من الحلول لنظام من المعادلات يحكم مجموعة الأشكال هذه ، وهذا يعنى أنه من الممكن التنبؤ بنتائج التجارب فى الفيزيقا الحديثة ، على الأقل من ناحية المبدأ ، ويمكننا أيضا أن نفترض أن هذه الصيغ الرياضية لن تنطبق فقط على نوع الفيزياء الحديثة ، لأن الفيزيقا الذرية المعاصرة نفسها تشمل ـ على الأقل من ناحية المبدأ ـ الكيمياء والميكانيكا والضوء والحرارة والكهرباء ، وهذا بالتأكيد سينطبق على النظرية الذرية فى المستقبل ، وعندما نستعمل التعبير « من ناحية المبدأ » على أنه الحد ، فاننا نعنى أننا سنجد فى معظم الحالات أن السيطرة الرياضية الكاملة على مشكلة ما غير ممكنة • لأن رياضياتنا لا تستطيع أن تتعامل مع مثل هذه التعقيدات ، وعلى هذا فليس من المؤكد على الاطلاق أن ينتج عن حل المشكلة الأساسية الشىء الكثير الذى يصلح للتطبيق العملى ، ولكن

تعبيرا « من ناحية المبدأ » يعنى أيضا أنه من الجائز أن يكون لحل المسائل الأساسية استعمالاته فى كل الحالات التى علينا فيها أن نتعامل مع حل مشكلة معينة .

هناك حالتان للمساءلة عن المدى الذى ستصل اليه النظرية الذرية الحديثة فى مقابلة متطلبات الفلاسفة الاغريق . كانت الصيغ الرياضية فى أذهان الاغريق هى الأشكال الهندسية التى يمكن تطويرها ، والتى يمكن تعقبها الى الفضاء الفارغ عن طريق الذرات ، فهل يمكن أن توضع الصيغ الرياضية لنظريتنا الذرية ـ على نفس النمط ـ فى شكل تصويرى ثانيا ، لقد سرعت النظرية الذرية الاغريقية فى تفسير خصائص الواقع كله ، العمليات الذهنية والكائنات الحية وكذا العمليات المادية البحتة ، وقال ديموقريطس : « ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ » ، فهل ترتبط النظرية الذرية الحديثة فقط بحقل ضيق ؟ وهل علينا أن نفترض بجانب الذرات وجود شىء آخر ، كالروح مثلا ؟ أم ما زالت نظريتنا أيضا تعتنق أن « ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ » ؟ .

لقد عولج السؤال الأول كثيرا . والواقع أن تفهم الفيزيقا الذرية الحديثة أقل مما تمنى العلماء الأوائل ، الا أننا قد توافقنا مع ذلك ، لأن الطبيعة علمتنا أنها مرتبطة بقوة وثبات مع وجود الذرة ، ويمكننا أن نطرح الموضوع بالشكل الآتى : ان كل ما يمكن تخيله أو تصوره لا يمكن أن تكون له صفة اللا انقسام ، فالقابلية للانقسام والتجانس ـ كمبدأ ـ بالنسبة للجسيمات الأولية تجعلنا نتفهم تماما السبب فى أن تصبح الصيغ الرياضية للنظرية الذرية صعبة التصور ، بل يصبح من غير الطبيعى ـ اذا ما كانت الذرة تفتقر لكل الخصائص العامة للمادة كاللون والرائحة والطعم وقوة الشد ـ أن تحتفظ بالخصائص الهندسية ، ولكن الأكثر قبولا هو أن نقول انه من الممكن أن تمنح كل هذه الخصائص للذرة ، ولكن ببعض التحفظات ، ومثل هذه التحفظات قد تمكننا مؤخرا من أن نربط الفضاء والمادة بشكل أوثق ، وعندئذ فلن يبقى مفهوما الذرة والفضاء الفارغ

متجاورين ومستقلين في نفس الوقت تماما عن بعضهما البعض ، وفى هذه النقطة سنجد أن نظريتنا الذرية أكثر تماسكا من نظرية الاغريق .

أما السؤال الثانى فعلينا أن نناقشه بتفصيل أكثر ، كانت جملة « ليس هناك سوى ذرات » تعنى بالنسبة للاغريق أنه لا بد بشكل أو آخر أن تعتبر كل الحوادث المادية والروحية حركات للذرات ، وهذا سينطبق أيضا على الفيزيقا طالما كانت كل العمليات مرتبطة بالتغيرات فى الطاقة ومرتبطة ـ بسبب التركيب الذرى للطاقة ـ بحركة الذرات ، ولكن مفهومى «الروح» و «الحياة» لا يظهران بالتأكيد فى الفيزيقا الذرية ، ولا يمكن استنباطهما ـ ولا حتى عن طريق غير مباشر ـ كنتائج معقدة لبعض قوانين الطبيعة ، فوجودهما بالتأكيد لا يعنى وجود أى جوهر أساسى خلاف المادة ، وانما يوضح فقط عمل أنواع أخرى من الأشكال لايمكننا ملاءمتها مع صيغ الفيزيقا الذرية الحديثة ، ويستتبع هذا اذن أن التراكيب الرياضية للفيزيقا الذرية محدودة التطبيق فى حقول معينة من الخبرة ، وأننا اذا أردنا وصف العمليات الحية أو الذهنية فلا بد من أن نوسع هذه التراكيب ، وربما كان من الضرورى أن نقدم مفاهيم أخرى جديدة يمكن أن تربط دون تعارض مع نظم المفاهيم الموجودة، وربما أصبح من الضرورى أيضا أن نُحد من المفاهيم السابقة للنظرية الذرية بأن نلحق بها شروطا معينة جديدة ، ويمكننا فى كلتا الحالتين أن نعتبر مثل هذا الامتداد شكلا أوسع للنظرية الذرية ، وليس نظرية تشرح فقط حوادث أساسية الاختلاف .

فاذا قبلنا هذا التعريف الواسع للنظرية الذرية فيمكننا أن نرى فورا مدى بعدنا الآن عن كمالها ، فهذا التعريف يعادل فى الواقع مساواة « النظرية الذرية » بوصف الواقع كله ، وهذه المهمة بالطبع ستكون لا نهائية ، ولا يمكن اكمالها أبدا ، ويمكننا «تخيل» ختاما للنظرية الذرية اذا قبلناها بالمعنى المحدود الذى رسمته فيما سبق ، نظرية تتعامل فقط مع

صيغ رياضية خاصة تخدم فى وصف خصائص الجسيمات الأولية والقوانين التى تحكم تحولها تحت الطاقات العالية ، وقد تكون هذه الصيغ الرياضية واسعة التطبيق ولكننا لا نستطيع التنبؤ باتساع مداها .

وحتى لو قبلنا التفسير الثانى لفكرة « النظرية الذرية » ، أقصد القائل بأن « ليس هناك سوى ذرات وفضاء فارغ » فان المادية المتضمنة هنا لا تشير اطلاقا الى ذلك الميل المعادى « للروحية » الذى عادة ما نربطه بهذه الكلمة ، وأرجو أن يكون فيما شرحت ما يجعل هذا الموضوع واضحا .

وقد نسأل أيضا عما اذا كنا نستطيع أن نتكلم عن المادية فى هذا السياق . « فكما يمكن كتابة التراجيديا والكوميديا باستعمال نفس الحروف ، كذلك يمكن تحقيق الكثير من الحوادث المتباينة فى هذا العالم باستعمال نفس الذرات ، طالما كانت هذه الحوادث تشمل أماكن مختلفة وتتخذ حركات متباينة » .

ومن المهم أن نتفهم خطوط الذرات ، فهذا شىء لم يفكر فيه الانسان من قبل ، ان له معنى أعمق بكثير ، فحتى اذا ما تمكنا من السيطرة عليه وتفهمه فدعنا لا ننس أن المهم فى التراجيديا والكوميديا هو المحتوى وليست الكلمات ، وأن هذا ينطبق تماما على عالمنا .

٨ العلم كوسيلة للتفهم بين الشعوب *

يا زملائى الأعزاء ..

لقد قيل كثير ان العلم لا بد أن يصل الطريق بين الشعوب ، وأنه لا بد أن يساعد على زيادة التفهم بينها ، كما تكرر التأكيد ـ ولأسباب كافية ـ بأن العلم عالمى ، وأنه يوجه أفكار الانسان الى موضوعات تفهمها كل الشعوب، موضوعات يشترك فى حلها العلماء بمختلف لغاتهم وأجسامهم ودياناتهم ، وعندما أتكلم معكم عن دور العلم هذا ، فى هذا الوقت بالذات، فمن الضرورى ألا نجعل الأشياء سهلة جدا بالنسبة لنا ، ومن الضرورى أن نناقش القضية المضادة ، التى ما زالت تملأ آذاننا ، القضية القائلة ان العلم شىء قومى ، وأن أفكار السلالات المختلفة مختلفة فى أساسها ، لقد

* حديث القى على الطلبة بجامعة جوتنجن فى ١٣ يوليو ١٩٤٦ .

اعتنق البعض فكرة أنه يتعين على العلم أن يخدم في المقام الأول الشعب الذى ينتمى اليه العالم ، وأن يحمى نفوذه السياسى : ان العلم هو أساس كل التطورات التكنيكية ، وبالتالى كل أنواع التقدم ، وكذا كل القوى العسكرية • كمـا اعتنق البعض فكرة أن مهمـة العلوم البحتة ، وكذا الفلسفة ، هى مساندة تصورنا العقلى للعالم ومعتقداتنا ، وقد اعتبرت هذه بدورها أساسيات القوة السياسية بين شعوبنا ، وأود هنا أن أناقش : أى من هذين الرأيين هو الصواب ، والميزات النسبية لكل منهما •

(١) لكى نصل الى الوضوح بالنسبة لهـذا السؤال علينا أولا أن نكتشف كيف يباشر العلم ؟ كيف يتصل الفرد بالمشاكل العلمية ؟ وكيف تثير هذه المشاكل فيه الحماسة ؟ ولأنى لا أعرف بيقين سوى العلم الذى أشتغل به ، فأرجو ألا تسيئوا فهمى اذا ما ابتدأت بالحديث عن الفيزياء الذرية ، واذا ما استرجعت خبراتى الشخصية عندما كنت طالبا •

عندما تركت المدرسة فى سنة ١٩٢٠ لكى ألتحق بجامعة ميونيخ ، كان وضع الشباب كمواطنين يشبه الوضع الحالى تماما ، كانت هـزيمتنا فى الحرب العالمية الأولى قد أفقدتنا الثقة فى كل المثل التى استعملت خلال الحرب ، والتى تسببت فى هزيمتنا ، بدت لنا هذه المثل عندئذ جوفاء ، وأردنا أن نفتش بأنفسنا عن الأشياء ذات القيمة فى هذا العالم وعما لا قيمة له ، لم نرد أن نعتمد على آبائنا ولا على مدرسينا ، وبهذه الطريقة ، وبجانب العديد من القيم ، اكتشفنا العلم من جديد ، وبعد أن قمت بدراسة بعض الكتب البسيطة ، ابتدأت أهتم بذلك الفرع من العلم الذى يتعلق بالذرة، وأردت أن أكوّن رأيا عن التقارير الغريبة التى كانت تذكر فى نظرية النسبية عن الفضاء والزمن ، ولقد قادنى ذلك الى الاستماع الى محاضرات أستاذى سومرفيلد ، الذى شجع هذا الاهتمام ، والذى تعلمت منه خلال الفصل الدراسى كيف نشأ تفهم عميق جديد عن الذرة نتيجة لأبحـاث رونتجن وبلانك ورذفورد وبوهر ، وعرفت أن نيلز بوهـر الدنمركى

ولورد رذرفورد الانجليزى قد تصـــورا ذرة لها شكل النظـــام الشمسى المصغر ، وأنه من الجائز أن تمكننا نظرية بوهر من التنبؤ فى المستقبل بكل الصفات الكيميائية للعناصر عن طريق المجالات الدائرية للألكترونات ، ومن الطبيعى أن هذا لم يكن قد تحقق بعد • ووجهت اهتمامى الأكبر طبعا الى النقطة الأخيرة • كانت كل أعمال بوهر الجديدة تناقش فى ميونيخ بعمق وعاطفة ، ويمكنكم أن تتخيلوا سعادتى عندما دعانى سومرفيلد فى صيف ١٩٢١ لأصطحبه الى جوتنجن لأستمع الى سلسلة من المحاضرات يلقيهـا نيلز بوهر عن النظرية الذرية ، وكانت هذه المحاضرات تلقى فى نفس هذا المبنى ، ولقد حددت دورات محاضرات جوتنجن ـ والتى سميت فيما بعد باسم مهرجان بوهر ـ بطرق عديدة اتجاهى للعـــلم ، وبالذات للفيزياء الذرية •

كنا أولا وقبل كل شىء نحس فى محاضرات بوهر قوة أفكار ذلك الانسان الذى صارع هذه المشاكل فى رزانة ، ذلك الانسان الذى كان يفهم هذه المشاكل أفضل من أى شخص آخر على ظهر البسيطة ، وكان هناك ـ ثانيا ـ بعض النقاط التى كنت قد كونت لنفسى رأيا فيها يختلف عن رأى بوهر • ولقد نوقشت هذه الأفكار أثناء النزهات الطويلة الى الرون والى هاينبرج •

تركت هذه المناقشات فى نفسى أثرا عميقا ، فقد تعلمت أولا أنه لا يهم اطلاقا ـ عند محاولة تفهم التركيب الذرى ـ ما اذا كنت ألمانيا أو دانمركيا أو انجليزيا ، وتعلمت شيئا آخر ربما كان أكثر أهمية ، هو أنه من الممكن أن نقرر الشىء الصحيح والشىء الخاطىء ، لم يكن الموضوع موضوع اعتقاد ، أو تصور ؛ أو فرض ؛ فبساطة ؛ اما أن تكون الجملة صحيحة واما أن تكون خاطئة ، ليس لأصل الانسان أو نوعه أى تدخل فى الفصل فى هذا الموضوع ، ان الطبيعة هى التى تحكم ، أو اذا أردت ، ان الله ـ وليس الانسان ـ هو الذى يحكم •

عدت الى ميونيخ وقد أثرتنى هذه الخبرات ، ثم واصلت تجاربى الخاصة عن التراكيب الذرية تحت توجيه سومرفيلد ، وعندما انتهيت من امتحان الدكتوراة توجهت الى كوبنهاجن فى خريف ١٩٢٤ بمنحة روكفلر ، لكى أعمل مع بوهر ، وهناك تعرفت بمجموعة من الشبان من مختلف الجنسيات ، من انجلترا ، وأمريكا ؛ والسويد ؛ والنرويج وهولندة واليابان • كلهم يريدون العمل فى نفس الموضوع : نظرية بوهر الذرية، واشترك الجميع دائما فيما يشبه العائلة ، فى رحلاتهم وألعابهم وعلاقاتهم الاجتماعية وفى لهوهم ، وفى هذه الحلقة من الفيزيائيين أتيحت لى الفرصة أن أعرف أناساً من بلدان أخرى وأن أتعرف على طرقهم فى التفكير ، وكان تعلم وتكلم اللغات الأخرى ـ وهو ما استلزمته هذه المعرفة ـ هو أفضل وسيلة للتعرف على طرق أخرى فى الحياة ، وعلى آداب أجنبية وعلى فن أجنبى ، واستطعت أن أرى بوضوح أكثر فأكثر كيف يختفى التباين بين الشعوب والسلالات اذا ما تركزت الجهود على مشكلة علمية صعبة ، وبدا لى اختلاف الفكر ـ الذى يظهر واضحا فى الفن ـ مثريا لامكانيات الفرد وليس عاملا مقلقا •

بهذه الخلفية وصلت الى كامبريدج فى صيف سنة ١٩٢٥ وتحدثت عن عملى فى الكلية مع مجموعة صغيرة من المنظّرين فى مكتبة الفيزيقى الروسى كابيتزا ، وكان هناك من بين الحاضرين طالب موهوب لم يتعد الثالثة والعشرين من العمر ، أخذ مشكلاتى وكون منها خلال بضعة أشهر نظرية معقولة عن الغلاف الذرى ، كان اسمه ديراك ، وكانت له مقدرة رياضية فذة ، وكانت طرقه فى التفكير مختلفة تماما عن طرقى ، كانت طرقه الرياضية أكثر ذكاء وأكثر غرابة من تلك التى تعودنا عليها فى جوتنجن ، ورغم ذلك فقد وصل فى النهاية الى نفس النتائج التى توصلت اليها مع بورن ويوردان ، على الأقل بالنسبة للنقاط ذات الأهمية ، وكان فى هذا التعضيد وفى حقيقة أن النتائج كانت مكملة فى جمال ، اثباتا جديدا « لموضوعية » العلم واستقلاله عن اللغة والسلالة والمعتقدات •

بقيت جوتنجن مثل كوبنهاجن وكمبريدج مركزا لهذه العائلة الدولية من الفيزيائيين الذريين ، وقام بتوجيه العمل فرانك وبون ويوعل ومعهم عدد من العلماء ممن تقـرءون عنهم فى الجـرائد لعلاقتهم بالقنبلة الذرية مثل أوبنهايمر وبلاكيت ، وكذا فيرمى الذى كان يدرس فى جوتنجن فى ذلك الوقت .

ربما ذكرت مجوعة أخرى من العلماء أسست فى القرن السـابع عشر علم الرياضة فى أوربا ، ومن المناسب أن أفعل ذلك اذ يحتفل هذا العام بذكرى لايبنتز وكذا انشاء الأكاديميات العلمية ، وأود أن أقتبس بضع جمل من وصف ديلتى لهذه الحقبة :

« وثقت رابطة لا تعوقها قيود للغة أو الجنسية بضعة أفراد وهبـوا حياتهم لهذا العلم الجديد ، كونوا ارستقراطية جديدة ، كانوا عارفين بهاء تماما كما عرف الانسانيون والفنانون من قبلهم فى عصر النهضة أنهـم يكونون مثل هذه الارستقراطية ، ولقد جعلت اللغة اللاتينية ـ والفرنسية فيما بعد ـ التفهم المتبادل الأسهل ممكنا ، وأصبحتا الأداة لبحوث علمية عالمية ، وغدت باريس فى حوالى منتصف القرن السابع عشر مركز الزمالة بين الفلاسفة والعلماء ، فهناك تبادل جاسندى ومارسين وهوبز الآراء ، بل وشاركهم ـ لفترة من الزمن ـ الناسك المتغطرس ديكارت ، الذى أثر بوجوده تأثيرا لا ينسى على هوبز وعلى لايبنتز بعده ، فوهب كلاهما نفسه للعلم الرياضى ، ثم أصبحت لندن ـ بعد فترة ـ مركزا آخر » * .

يمكننا اذن أن نرى أن العلم قد بوشر بنفس هذه الطريقة على مر التاريخ ، وأن « جمهورية الحكماء » قد لعبت دائما دورا هاما فى حيـاة أوروبا . ولقد اعتبر دائما أنه من الغنى عن البيان أن الانتماء لهذه الحلقة الدولية لن يمنع العالم الفرد من أن يخدم شعبه فى اخلاص ، وأن يحس

* ديلتى : الأعمال الكاملة ، المجلد الثالث ، صفحتى ١٥ ، ١٦ .

بأنه فرد منه ، بل على العكس من ذلك ، ان اتساع أفق الفرد دائما مايزيد تقديره لأفضل نواحي الحياة في بلده • ان الانسان يتعلم أن يحب وطنه، وأن يشعر بفضل بلده عليه •

(٢) بعد كل هذا على الآن أن أعالج أيضا مسألة أن كل هذا التزامل العلمي ، وكل هذه العلاقات الانسانية الحق ، لم تفعل على ما يبدو الا القليل من منع العداوة والحرب •

لا بد أولا أن أؤكد أن العلم يمثل جزءا صغيرا فقط من الحياة العامة ، وأن عددا قليلا فقط من الناس في كل بلد يرتبطون فعلا بالعلم ، أما السياسة فتتشكل بقوى أمنع ، فهي تأخذ في الاعتبار أفعال الجماهير الغفيرة من الشعب ووضعهم الاقتصادي ، وصراع جماعات مميزة ـ تزكيها التقاليد ـ من أجل القوة ، ولقد تغلبت هذه القوى ـ حتى الآن ـ دائما على ذلك العدد القليل من الناس المستعدين لمناقشة المشاكل بطريقة علمية، أقصد المناقشة بطريقة موضوعية ، بدون تدخل للعواطف وبروح التفهم المتبادل ، لقد كان التأثير السياسي للعلم دائما ضئيلا ، وهذا مفهوم تماما ، ولكن رجل العلم ـ برغم كل ذلك ـ عادة ما يوضع وضعا أكثر دقة من موقف الكثير من الناس ، ذلك لأن العلم له ـ في التطبيقات العملية ـ تأثير كبير في حياة الشعوب • ان الرخاء والقوة السياسية تتوقف على حالة العلم ، ولا يستطيع العالم أن يهمل هذه النتائج العملية حتى ولو كان لاهتمامه الخاص من العلم طبيعة عملية أقل ، وعلى هذا فان سلوك الفرد العلمي عادة ما يحمل ثقلا أكبر مما يود هو ، فعليه دائما أن يحدد تبعا لضميره ما اذا كانت القضية طيبة أم لا ، وعندما تصبح الخلافات بين الدول أصعب من أن تحل فانه يواجه عندئذ عادة بقرار مؤلم : اما أن ينفصل نفسه تماما عن شعبه واما أن ينفصل عن أصدقائه الذين يرتبط بهم عن طريق العمل المشترك ، وهنا يختلف الوضع بالنسبة للعلوم المختلفة بعض الشيء ، ان ممارس الطب الذي يخدم الناس بغض النظر عن جنسيتهم

يستطيع وبشكل أسهل أن يوفق بين عمله وحاجة وطنه وحاجة ضميره ، بعكس الفيزيقى الذى قد تقود اكتشافاته الى صناعة أسلحة التدمير ، ولكن يبقى على العموم هذا التوتر دائما ، فهناك من ناحية حاجة الوطن ، الذى يود أن يضع العلم بالذات فى خـــدمة الشعب وبالتـــالى فى تثبيت قدرته السياسية ، وهناك من ناحية أخرى الواجب الذى يقدمه العالم نحو عمله الذى يربطه بشعوب بلدان أخرى •

ولقد تغيرت العلاقات بين العالم والدولة بشكل مميز خلال العقـود الماضية ، ففى خلال الحرب العـــالمية الأولى كان العلماء أكثر ارتبـــاطا بأوطانهم ، حتى لقد حدث كثيرا أن طردت بعض الأكاديميات علماء الدول الأخرى ، أو وقعت قرارات فى صف قضيتهم وضد قضية الدولة الأخرى، ومثل هذا لم يحدث تقريبا خلال الحرب العالمية الثانية ، فكثيرا ما كانت الرابطة بين العلماء أكثر قوة ، حتى لقد ثارت فى بعض البلدان صعوبات بين العلماء وبين حكوماتهم ، فقد ادعى العلماء الحق فى الحكم على سياسة حكومتهم مستقلين ، دون تحيز أيديولوجى ، أما الدولة ـ من الناحيـــة الأخرى ـ فقد نظرت فى شك وريبة الى العلاقات الدولية بين العلماء ، حتى لقد عومل العلماء فى النهاية ـ فى بعض الحالات ـ كالمســـاجين فى بلادهم واعتبرت علاقاتهم الدولية غير أخلاقية أما الآن فقد أصبحت القاعدة أن يخدم العلماء زملاءهم حيثما أمكن حتى ولو كانوا ينتمـــون الى بلد العدو ، وهذا التطور قد يقود الى تقوية طيبة للعلاقات بين الدول ، ولكن لا بد أن نحذر من أن يتسبب ذلك فى نشأة موجة خطـــرة من الشك والبغض بين الجماهير الغفيرة للشعوب ضد حرفة العلم نفسها •

كانت هناك مشاكل مشابهة فى قرون مضت ، عندما وقف رجال العلم يدافعون ـ ضد القوة السياسية المسيطرة ـ عن مبدأ التسامح ضد التعسف ويكفى أن نتذكر جاليليو أو جيوردانو برونو ، ولعل السبب فى أن تتخذ هذه الصعوبات فى يومنا هذا أهمية أكبر يكمن فى أنه من الممكن أن تتحكم الآثار التطبيقية للعلم مباشرة فى مصير الملايين من البشر •

وهذا يقودنى الى الناحية الرهيبة فى وجودنا الحالى ، والتى لا بد أن تعرف حتى يمكن التوصل الى الحل الصحيح • وأنا هنا لا أذكر فقط المصادر الجديدة للطاقة التى سيطرت عليها الفيزيقا فى السنة الماضية والتى يمكنها أن تقود الى خراب لا يمكن تخيله • فهناك احتمالات جديدة للتدخل فى الطبيعة تهددنا فى حقول أخرى كثيرة ، ولو أنه من الصحيح أن الوسائل الكيميائية لتحطيم الحياة لم تستعمل فى الحرب الماضية ، لقد اكتسبنا فى البيولوجيا أيضا كثيرا من التبصر فى عمليات الوراثة وفى تركيب جزيئات البروتين الكبيرة ، حتى أصبحت امكانية الانتاج الصناعى للأمراض المعدية قائمة ، بل ربما كان هناك ما هو أكثر شرا ، فان التطور البيولوجى للانسان قد يوجه نحو طريق انتخاب معين ، وأخيرا فانه من الممكن التأثير على الحالة الذهنية والروحية للناس ، وهذا قد يقود اذا أجرى علميا الى تخريب ذهنى رهيب لكتل بشرية ضخمة ، ان لدينا الآن الانطباع بأن العلم يخطو على جبهة واسعة نحو منطقة يمكن أن يتوقف فيها فناء أو بقاء حياة البشرية كلها على عمل عدد قليل من مجاميع صغيرة جدا من الناس، ولقد توقشت هذه الموضوعات حتى الآن فى الجرائد بشكل صحفى وعاطفى ، ولم يعرف الكثير من الناس للآن الخطر الرهيب الذى يتهددهم نتيجة للتطورات العلمية الحتمية القادمة • ان من مهام العلم بكل تأكيد أن ينبه البشرية الى هذه الأخطار وأن يوضح لها أهمية اتحاد البشر جميعا لمواجهة هذا الخطر بغض النظر عن الجنسية أو النظرة الأيديولوجية • ومن صحيح أنه من السهل أن نقول ذلك لا أن نفعله ، ولكن المؤكد أن هذه مهمة لا يمكننا الهروب منها •

يبقى أيضاً أنه يتعين على العالم أن يحكم تبعا لضميره ـ وبعيدا عن أية روابط ـ عن صحة القضايا ، أو على الأقل عن أى من القضيتين أقل سوءا • ولا يمكننا التهرب من حقيقة أن كتلا بشرية كبيرة ـ ومعهـا المسيطرون على الحكم ـ تعمل بلا وعى وبتحامل أعمى ، فاذا ما أعطيناهم المعرفة العلمية ، فمن الممكن أن يتحرك العالم الى موقع تصفه كلمات شيلر:

« الويل لمن يهبون نور السماء للأعمى ، انه لا يلقى له ضوءا ، انما يحرق الأرض والمدائن ويملؤها سوادا » •

هل يستطيع العلم حقا أن يسهم فى زيادة التفهم بين الشعوب اذا ما ووجهت بمثل هذا الموقف ؟ ان لدى العلم المقدرة على أن يطلق قوى رهيبة ، أكبر من كل ما سيطر عليه العلم قبلا ، ولكن هذه القوى ستقود الى الفوضى اذا لم تستعمل بتعقل •

(٣) وهذا يقودنى الى المهمة الحقيقية الملازمة للعلم • ان التطـور الذى شرحته الآن ـ والذى حول ضده على ما يبـدو تلك القـوى التى يسيطر عليها الانسان التى يمكنها أن تؤدى الى أفظع أنواع التخريب ـ هذا التطور لا بد أن يرتبط تمـاما ببعض العمليـات الروحية لزمننا ، ويلزمنى أن أتكلم عن هذه العمليات باختصار •

دعونا نعد الى الوراء بضعة قرون ، فى نهاية العصور الوسطى اكتشف الانسان ، بجانب الواقع المسيحى الذى يتمركز حول الالهام الالهى ، واقعاً آخـر من الخبرة المـادية ، كان هذا الواقع هو الواقع الموضوعى الذى نمارسه من خلال حواسنا وعن طريق التجربة ، ولكن بقيت هناك فى هذا التقدم نحو الحقل الجديد مناهج فكرية معينة دون تغير ، فالطبيعة تتكون من أشياء فى الفضاء تتغير فى الزمن تبعا للسبب والنتيجة ، وكان هناك بعيدا عن هذا الواقع عالم الروح ، أى واقع عقل الفرد الذى يعكس العالم الخارجى مثل المرآة • ورغم اختلاف الواقع الذى يحدده العلم عن الواقع المسيحى ، الا أنه كان يمثل أيضـا تنظيما الهيـا يرتكز فيه فعل الانسان على أساس متين ، ولا مجال فيه للشك فى غرض الحياة • كان العالم لا نهائيا فى الفضاء والزمن ، وقد شغل بشكل ما مكان الاله بسبب لا نهائيته ، واللانهائية رمز للرب •

ولكن صورة الطبيعة هذه قد تقوضت خلال القرن الحالى ، وفقدت مواقف الفكر الأساسية أهميتها المطلقة كفعل محدد يتحرك رويدا رويدا

نحو مركز عالمنا ، حتى لقد فقد الزمن والفضاء مضمونهما الرمزى وأصبحا موضوعا للخبرة ، وعرفنا فى العلم أكثر فأكثر أن تفهمنا للطبيعة لا يمكن أن يبدأ بمعرفة محددة ، وأنه لا يمكن أن يبنى على مثل هـــذه القاعدة الصخرية المتينة ، بل ان المعرفة كلها معلقة فوق هوة لا نهائية .

ربما يتوافق تطور العلم هذا مع التقدير النسبى المتزايد لكل القيم فى حياة الانسان ، ذلك التقدير الذى غدا ملحوظا منـــذ بضعة عقود ، والذى يمكن أن ينتهى بسهولة الى موقف متشكك . عموما يتوجه السؤال اليائس « لأى غرض ؟ » ، ولقد ظهر الموقف اللااعتقادى الذى نسميه « العدمية » والذى تبدو الحياة له بلا غرض ، أو تبدو له الحياة على أفضل الفروض مغامرة علينا أن نتحملها دون أن يكون لنا رأى فيها ، ويمكننا أن نرى هذا الموقف فى الكثير من بلاد العالم اليوم ، ولعل أسوأ شـكل اتخذته العدمية هو العدمية الخادعة ، كما سماها فون فايتسيكر مؤخـرا ، انها عدمية تتخفى فى الوهم وخداع النفس .

ان الصفة المميزة لكل موقف عدمى هى افتقاره للعقيدة الراسخة التى يمكن أن توجه وتقوى استجابة الفرد ، وتظهر العدمية فى حياة الفرد عندما يفتقر الى الحاسـة غير المخطئـة للتمييز بين الصحيح والخطأ ، بين ما هو خادع وما هو واقع . وهى تؤدى فى حياة الأمم الى تغيير فى الاتجاه، تخرج عنه القوى الضخمة التى جمعت لتحقيق غرض معين ، بالنتيجـة العكسية ، وقد يتسبب هذا فى خراب كبير ، ان الناس عادة ما يعميهـم الحقد حتى أنهم يرقبون هذا التغيير باستخفاف وينصرفون عنه بهزة من أكتافهم .

ذكرت فيما سبق أن لهذا التطور فى نظرة الانسان علاقة بالتطور فى الفكر العلمى ، وعلى هذا فمن الضرورى أن نسأل عما اذا كان العلم قد فقد أيضا معتقداته الراسخة ، ويهمنى أن أوضح تماما أن هذه القضية لا يمكن أن تثار . ان العكس هو الصحيح ، فربما كان الوضع الحالى

للعلم هو أقوى برهان لدينا على موقف أكثر تفاؤلا بالنسبة لمشاكل العالم الضخمة .

ففى «تلك» الفروع من العلم التى وجدنا المعرفة فيها « معلقة فى الهواء » ، فى هذه الفروع « بالذات » حققنا تفهما ـ واضحا تماما ـ للظواهر المرتبطة ، وهذه المعرفة شفافة جدا ولها من قوة الاقناع ما يكفى ليوافق العلماء من مختلف الشعوب والأجناس على أنها أساس لا شك فى صحته لكل ما يلى من فكر ومعرفة ، وطبيعى أننا نخطىء فى العلم ، وربما تطلب اكتشاف الأخطاء واصلاحها زمنا ، ولكنا لا بد أن نتأكد من أننا سنصل الى قرار نهائى عما هو صحيح وما هو خاطىء ، وهذا القرار لن يعتمد على عقيدة العلماء ولا جنسيتهم ولا أصلهم ، انما ستتخذه قوى أكبر ، فينطلق اذن على كل الناس فى كل الأزمان ، وبينما لا نستطيع تلافى تغير القيم فى الحياة السياسية ـ صراع مجموعة من الأوهام والأفكار المضللة ضد مجموعة أخرى من الأفكار والأوهام ـ فسيكون هناك فى العلم دائما « الصواب » و « الخطأ » ، فهناك قوة أعلى لا تتأثر برغباتنا ، ستحزم فى النهاية وتحكم . ان قلب العلم ـ بالنسبة لى ـ تكونه العلوم البحتة ، التى لا تهمها التطبيقات العلمية ، تلك الفروع التى يحاول فيها الفكر الخالص أن يكشف تناسقات الطبيعة المخبأة ، وقد يجد الجنس البشرى اليوم هذا اللب الذى لا يمكن فصل العلم فيه عن الفن ، والذى لا تخفى فيه الأيديولوجية البشرية أو الرغبات البشرية تشخيص الحقيقة البحتة .

وطبيعى أنكم قد تعترضون بأن الحشود الغفيرة من الناس ليس لديها سبيل الى هذه الحقيقة ، وبالتالى فهى لا تستطيع أن تؤثر الا تأثيرا ضعيفا على موقفهم ، ولكن لم يحدثنا التاريخ أن هذا المحور كان يوما فى متناول هذه الجماهير مباشرة ، وربما قنع الناس اليوم اذا علمنا أنه بالرغم من أن الباب لم يفتح على مصراعيه لكل شخص ، الا أنه لا « يمكن » أن

يوجد خلفه خداع ، فليس لدينا أية قوة هناك ، هناك قوى أعلى تتخذ القرارات ، ولقد استعمل الناس كلمات مختلفة فى أوقات مختلفة لهذا « المحور » ، قالوا عنه انه « الروح » وقالوا عنه انه « الله » ، تكلموا عنه بالكتابة وبالصوت وبالصورة ، وهناك طرق عديدة تؤدى الى هذا المحور ، والعلم ـ حتى فى يومنا هذا ـ هو واحد من هذه الطرق ، ربما لم تعد لدينا لغة معترف بها من الجميع نستطيع بها أن نشرح أنفسنا ، وربما كان ذلك هو السبب فى أن الكثيرين لا يستطيعون رؤية محور الكون هذا ، ولكنه موجود هناك اليوم ، ولقد كان هناك دائما ، وعليه لا بد أن يرتكز أى نظام للعالم ، ومثل هذا النظام لا بد أن يوجهه من لم يغب عن نظرهم.

يستطيع العلم أن يسهم فى زيادة التفهم بين الشعوب ، وهو لا يفعل ذلك لأنه يقدم العون للمريض ، ولا بسبب التخويف به والذى قد تستغله بعض القوى السياسية ، ولكن فقط لأنه يوجه اهتمامنا الى هذا « المحور » الذى يمكنه أن يشيد النظام فى العالم ككل ، أو ربما لأنه ـ ببساطة ـ يوجهنا لحقيقة أن العالم جميل ، وربما كان من الجرأة أن أعطى هذه الأهمية للعلم ، ولكن هل لى أن أذكركم بأنه بالرغم من وجود السبب لكى تهبط الحقبات السابقة فى عدة نواح من الحياة ، فان جيلنا هو الأول فى الانجازات العلمية ، فى المعرفة البحتة للطبيعة .

ومهما يحدث ، فستبقى الرغبة فى المعرفة ـ ذاتها ـ قوة بشرية فعالة لعشرات السنين القليلة القادمة ، وحتى لو ظللت هذا الاهتمام بعض النتائج العلمية للعلم أو بعض الصراع من أجل القوة ، فلا بد له فى النهاية من أن ينتصر ، وأن يربط شعوب الأمم والأجناس جميعا . سيسعد الناس فى كل بلاد العالم عندما يكتسبون معرفة جديدة ، وسيعترفون بالجميل لمن اكتشفها .

يا زملائى الكرام : انكم تجتمعون هنا لتشتركوا بحلقتكم فى التفهم

بين الشعوب ، ولعل أفضل طريق لذلك هو أن تعرفوا ـ بكل حـــرية الشباب وتلقائيته ـ شعوبا من دول أخرى ، ان تعرفوا طـــرق تفكيرهم وشعورهم ، واتخذوا من عملكم العلمى منهجا جادا نزيها للفكر ، أسهموا فى نشره ، فلن يكون هناك تفهم بدونه ، وقدسوا ـ من خارج العلم ـ تلك الأشياء التى تهم والتى يصعب الحديث عنها .