٤

# نظرية الكم وجذور العلوم الذرية

ترجع فكرة الذرة إلى زمن أبعد بكثير من بداية العلم الحديث بالقرن السابع عشر، سنجد جذورها فى الفلسفة الإغريقية القديمة، إذ كانت فى تلك الحقبة هى المفهوم المحورى للمادية التى قال بها ليوقبّص وديموقريطس. من ناحية أخرى سنجد أن التفسير الحديث للوقائع الذرية لايكاد يشبه الفلسفة المادية الحقيقية، بل الحق أننا نستطيع القول إن الفيزياء الذرية قد حرفت العلم بعيدا عن الاتجاه المادى الذى سادها خلال القرن التاسع عشر. من المثير إذن أن نقارن تطور الفلسفة الاغريقية نحو مفهوم الذرة، بالوضع الحالى لهذا المفهوم فى الفيزياء الحديثة.

أما فكرة أصغر وحدة بناء، لاتنقسم، من المادة فقد ظهرت مرتبطة بتطوير مفاهيم المادة والوجود والصيرورة، التى ميزت الحقبة الأولى للفلسفة الإغريقية. بدأت هذه الحقبة فى القرن السادس قبل الميلاد بطاليس، مؤسس المدرسة الملطية، الذى نسب إليه أرسطاطاليس القول "إن الماء هو العلة المادية لكل شيء". وهذه الجملة، برغم مايبدو بها من غرابة، تعبر عن ثلاث أفكار أساسية فى الفلسفة كما يقول نيتشه. أما الأولى فهى مسألة العلة المادية لكل الأشياء، وأما الثانية فهى الحاجة إلى أن تحل هذه المسألة وفقا للمنطق دون اللجوء إلى التصوف والأساطير. والثالثة هى المسلّمة بأنا لابد أن نتمكن فى النهاية من رد كل شيء إلى مبدأ واحد. كانت جملة طاليس هى أول تعبير عن فكرة جوهر أولى تكون كل الأشياء منه أشكالا عابرة. بالتأكيد لم تكن كلمة "جوهر" هنا تفسر آنئذ بالمعنى المادى الخالص الذى ننسبه إليها الآن. كانت الحياة مرتبطة بهذا "الجوهر" أو متأصلة فيه. كما نسب أرسطاطاليس أيضا لطاليس القول: "كل الأشياء مليئة بالآلهة". مرة أخرى سنجد مسألة العلة المادية لكل الأشياء،

وليس من الصعب أن نتصور أن طاليس قد اتخذ وجهة النظر هذه، أساسا، لاعتبارات تختص بالأرصاد الجوية. فالماء من بين كل الأشياء التى نعرفها هو الأكثر فى تباين صُوَرِه. فهو قد يتخذ فى الشتاء صورة الثلج أو الجليد، وقد يتبخر ويصبح بخارا، ويمكنه أن يشكل السحب، ويبدو أنه يتحول الى تراب حيثما يشكل النهر دلتاه، وهو قد يتفجر من الأرض. إن الماء شرط للحياة. فإذا كان ثمة جوهر أولى، فمن الطبيعى أن يتجه التفكير أولا إلى الماء.

ثم تطورت فكرة الجوهر الأولى على يدى أنكسيمندر، وكان تلميذ طاليس ويعيش فى نفس المدينة. أنكر أنكسيمندر أن يكون الجوهر الأولى هو الماء أو أيا من الجواهر المعروفة. كانت تعاليمه تقول إن الجوهر الأولى لا محدود خالد سرمدى، وأنه يشمل العالم. يتحول هذا الجوهر الأولى إلى الجواهر الأخرى التى نعرفها. يورد ثيوفراستوس قول أنكسيمندر "إن الأشياء تضمحل مرة أخرى إلى الشكل الذى منه نشأت ـ هذا قَدَرُها ـ ذلك أنها تعوض وترضى بعضها بعضا تكفيرا عما ارتكبته من ظلم وفقا لتسلسل الزمن". فى هذه الفلسفة سنجد أن نقيض الموجود والصيرورة يلعب الدور الرئيسى. يتحلل الجوهر الأولى اللامحدود السرمدى، هذا الموجود اللامتنوع، يتحلل إلى الأشكال العديدة التى تقود إلى صراعات لاتنتهى. إن عملية الصيرورة تعتبر نوعا من الانحطاط فى قيمة الموجود اللامتناهى ـ تحللا إلى الصراع الذى يُكَفَّر عنه بالعودة إلى مالاشكل له ولاطبع. والصراع المَعْنِىُّ هنا هو التنازع بين الساخن والبارد، بين النار والماء، بين المبتل والجاف... إلخ. أما الانتصار المؤقت لأحدهما على الآخر فهو الظلم الذى بسببه يجرى الاصلاح فى النهاية فى تسلسل الزمن. ثمة "حركة أزلية" عند أنكسيمندر، خلق وفناء عوالم من اللامتناهى إلى اللامتناهى.

قد يكون من المثير أن نلحظ هنا أن المشكلة ـ مشكلة ما إذا كان الجوهر الأولىُّ هو أحد الجواهر المعروفة أم أنه لابد أن يكون شيئا مختلفا تماما ـ أن المشكلة تظهر فى صورة مختلفة بعض الشىء فى أحدث أفرع الفيزياء الذرية. يحاول الفيزيائيون اليوم أن يجدوا قانونا أساسيا لحركة المادة يمكن منه رياضيا أن تشتق كل الجسيمات الأولية وخصائصها. ولقد تشير هذه المعادلة الأساسية للحركة إما إلى موجات من نمط معروف، موجات بروتون وميزون، أو إلى موجات ذات طبيعة مختلفة تماما لا علاقة لها بأى من الموجات المعروفة أو الجسيمات الأولية. هى تعنى فى الحالة الأولى أنه من الممكن أن نَرُدَّ كل الجسيمات الأولية الأخرى بطريقة ما إلى ضروب معدودة من الجسيمات الأولية "الأساسية". والواقع أن الفيزياء

النظرية قد اتبعت هذا الخط البحثى خلال العقدين الأخيرين. أما فى الحالة الثانية فتُردُّ فيها كل الجسيمات الأولية إلى مادة ماكونية قد نطلق عليها اسم الطاقة أو المادة، لكن ليس ثمة من الجسيمات المختلفة مايفضل غيره لأنه أكثر "أساسية". هذه الصورة الأخيرة تناظر بالطبع مذهب أنكسيمندر. وأنا مقتنع بأن هذه هى الصورة الصحيحة فى الفيزياء الحديثة. لكن دعنا نرجع ثانية إلى الفلسفة الاغريقية.

أما ثالث الفلاسفة الملطيين فكان أنكسيمينز، زميل أنكسيمندر. وقد كان يرى أن الهواء هو الجوهر الأولى. "فكما تجمع الروح - وهى هواء - أجزاؤنا، كذا تطوق النسمات والهواء العالم بأكمله". أدخل أنكسيمينز إلى الفلسفة الملطية فكرة أن عملية التكثيف والخلخلة تسبب تحوُّلَ الجوهر الأولى إلى مواد أخرى. وكان تكثيف بخار الماء إلى سحب هو المثال الواضح، وطبيعى أن أحدا لم يكن يعرف الفرق بين بخار الماء والهواء فى ذلك الوقت.

يشغل مفهوم الصيرورة المكان الأول فى فلسفة هرقليطس، المنتمى إلى مدينة إفسوس. كان يرى أن مايتحرك، النار، هو العنصر الأساسى. ولقد حلّت مشكلة التوفيق بين فكرة مبدأ أساسى واحد وبين التشكيلة اللانهائية من الظواهر بإدراك أن صراع الأضداد إنما هو نوع من الانسجام. فالعالم عند هرقليطس واحد ومتعدد فى آن. إن "التوتر المتعارض" للأضداد هو مايخلق وحدة الواحد. يقول: "علينا أن نعرف أن الحرب أمر شائع للجميع، وأن الصراع عدل، وأن كل شىء إنما يظهر فى الوجود ويقضى، من خلال الصراع".

فإذا نظرنا إلى تطور الفلسفة الاغريقية حتى ذلك الوقت فسندرك أنها كانت منشغلة منذ بدايتها وحتى هذه المرحلة بالتوتر مابين الواحد والمتعدد. حواسنا تقول إن العالم يتكون من تنوع لانهائى من الأشياء والحوادث، من الألوان والأصوات. لكن علينا كى نتفهمها أن ندخل نوعا من النظام، والنظام يعنى إدراك ماهو متساو، إنه يعنى نوعا من الوحدة. من هذا ينبثق الاعتقاد بوجود جوهر أولى، ومن هنا فى نفس الوقت تنبع صعوبة أن نشتق منه هذا النوع اللانهائى للأشياء. إن فكرة وجود علة مادية للأشياء جميعا هى نقطة بدء طبيعية، لأن العالم يتألف من مادة. لكنا إذا حملنا فكرة الوحدة الأساسية إلى مداها المتطرف فسنصل إلى ذلك الوجود اللانهائى الأزلى اللامتنوع، الذى لايمكنه فى ذاته - سواء أكان ماديا أم لا - أن يفسر التنوع اللانهائى للأشياء. وهذا يقود إلى نقيض الموجود والصيرورة، ومن ثم إلى حل هرقليطس القائل إن التغير فى ذاته هو الجوهر الأولى، أو كما قال عنه الشعراء "التغير

الخالد، الذى يجدد العالم". لكن التغير فى ذاته ليس علة مادية، وعلى هذا فإن النار تمثله فى فلسفة هرقليطس على أنه العنصر القاعدى، فالنار مادة وهى قوة محركة فى آن.

ولقد نقول فى هذا الموضوع إن الفيزياء الحديثة بشكل ما قريبة للغاية من مذاهب هرقليطس. فاذا استبدلنا بكلمة "النار" كلمة "الطاقة" فلربما كررنا بالضبط تعبيراته كلمة كلمة من وجهة نظرنا الحديثة. فالطاقة فى الواقع هى الجوهر الذى منه تصنع كل الجسيمات الأولية، كل الذرات، ومن ثم كل الأشياء، والطاقة هى مايتحرك. والطاقة جوهر لأن مقدارها لايتغير، ومن الممكن بالفعل أن تصنع الجسيمات الأولية من هذا الجوهر كما نرى فى الكثير من التجارب عن تخليق الجسيمات الأولية. من الممكن تحويل الطاقة إلى حركة، إلى ضوء، إلى توتر. يمكننا أن نسمى الطاقة باسم العلة الأولى لكل تغير فى العالم. لكنا سنعود فيما بعد إلى مقارنة الفلسفة الإغريقية بأفكار العلم الحديث.

عادت الفلسفة الاغريقية فترة إلى مفهوم "الواحد" فى تعاليم بارمنيدس، الذى عاش فى إيليا بجنوب ايطاليا. وربما كانت أهم إسهاماته فى التفكير الأغريقى هو أنه قدم حججا منطقية خالصة إلى الميتافيزيقا (مابعد الطبيعة). (إن المرء لايمكنه أن يعرف "غير الموجود"، هذا مستحيل، لا ولايمكنه أن يعبر عنه، ذلك أن مايمكن التفكير فيه هو مايمكن أن يوجد). وعلى هذا فلا يوجد غير "الواحد". وليس ثمة صيرورة أوزوال. أنكر بارمنيدس وجود المكان الفارغ لأسباب منطقية، ولما كان كل تغير يتطلب مكانا فارغا، كما افترض، فقد رفض التغير واعتبره وهما.

لكن الفلسفة لاتستطيع أن تستقر طويلا على هذه المفارقة. ولأول مرة تحول أنباد قليس - الذى عاش بالساحل الجنوبى لصقلية - من الواحدية إلى نوع من التعددية. فلكى يتجنب صعوبة أن يفسّر جوهرٌ أوليٌ واحد تعدد الأشياء والوقائع، افترض أربعة عناصر أولية: التراب والماء والهواء والنار. تمتزج هذه العناصر سويا وتنفصل بفعل المحبة والنزاع. وعلى هذا فالمحبة والنزاع، اللذان يمكن معالجتهما من وجهات مختلفة وكأنهما ماديان، تماما مثل العناصر الأربعة الأخرى، مسئولان عن التغير الخالد. وصف أنبادقليس تشكل العالم فى الصورة التالية: فى البدء كان ثمة عالم للواحد لامتناه - مثلما تقول فلسفة بارمنيدس. لكن، فى الجوهر الأوليّ مزجت "الجنور" الأربعة بالمحبة، فإذا ما بدأت المحبة تخبو ويدخل النزاع، أخذت العناصر تنفصل جزئيا وتتصل جزئيا. إلى أن تنفصل العناصر تماما وتصبح المحبة

خارج العالم. وأخيراً تجمّع المحبةُ العناصر مرة أخرى ويبدأ النزاع يخبو حتى نعود ثانية إلى العالم الأصلي.

يمثل مذهب أنبادقليس هذا تحولا واضحا في الفلسفة الاغريقية نحو نظرة أكثر مادية. فالعناصر الأربعة ليست مبادىء أولية بقدر ماهي عناصر مادية. هنا ولأول مرة يفسر تنوع لايحد من الأشياء والوقائع، يفسر بمزج وفصل بضعة جواهر مختلفة جذريا. إن التعددية لايستسيغها من تعود التفكير في المبادىء الأولية. لكنها شكل معقول لحل وسط يتجنب مشاكل الواحدية ويسمح ببناء نوع من النظام.

أما الخطوة التالية نحو مفهوم الذرة فقد اتخذها أناكساجوراس، وكان معاصرا لأمبادقليس، وقد عاش في أثينا نحو ثلاثين عاما، وربما كان ذلك في النصف الأول من القرن الخامس قبل الميلاد. أكد أناكساجوراس على فكرة المزج، على الفرض بأن كل التغير ينتج عن المزج والفصل. افترض متنوعا لا نهائيا من "بذور" غاية في الصغر، منها تتكون كل الأشياء. لم تكن البذور تشير إلى عناصر أمبادقليس الأربعة، فهناك عدد لايحصى من البذور المختلفة. لكن البذور تمزج سويا وتنفصل ثانية، وبهذا يحدث التغير. سمح مبدأ أناكساجوراس للمرة الأولى بتفهم هندسي للمصطلح "مزيج": فلما كان يتحدث عن بذور غاية في الضآلة، فمن الممكن أن نتصور مزيجها مثل مزيج بين نوعين من الرمل يختلفان في اللون. ولقد تختلف البذور في العدد أو في مواقعها النسبية. افترض أناكساجوراس أن كل البذور موجودة في كل شيء، ونِسَبُها فقط هي التي تختلف بين الأشياء المختلفة. يقول: "كل الأشياء توجد في كل شيء، لا وليس في إمكانها أن تفترق، لكن كل شيء به قدر من كل شيء". لايتحرك عالم أناكساجوراس مثل عالم أمبادقليس عن طريق المحبة والنزاع، وإنما عن طريق الـ "نوس" أو "العقل".

لم تكن بين هذه الفلسفة وبين مفهوم الذرة سوى خطوة واحدة، ولقد خطاها ليوقبص وديموقريطس الأبديري. تحول نقيض الموجود واللاموجود بفلسفة بارمنيدس إلى نقيض "الممتلىء" و "الفارغ". فالموجود ليس واحدا فقط، إذ من الممكن أن يُكَرَّرَ عددا لا نهائيا من المرات. إنه الذرة، أصغر وحدة لا تنقسم من المادة. الذرة أزلية لا تحطم، إنْ يكن حجمها محدودا. ولقد جُعلت الحركة ممكنة من خلال الفضاء الفارغ بين الذرات. وعلى هذا فقد ظهرت لأول مرة في التاريخ فكرة وجود أصغر الجسيمات الأولية ـ وحدات البناء الأصلية للمادة.

وتبعا لمفهوم الذرة هذا الجديد، لا تتكون المادة فقط من "الممتلىء" وإنما أيضا من "الفارغ"، من الفضاء الخالى الذى تتحرك فيه الذرات. أما الاعتراض المنطقى لبارمنيدس على "الفارغ" (فاللاموجود لايمكن أن يوجد) فقد أهمل استجابة الخبرة. يمكن القول من وجهة نظرنا المعاصرة إن الفضاء الخالى بين الذرات فى فلسفة ديموقريطس لم يكن "لاشىء"، كان هو الحامل للهندسة والحركة، هو الذى يجعل ترتيبات الذرات وحركتها أمرا ممكنا. لكن إمكانية الفضاء الخالى كانت دائما مشكلة خلافية فى الفلسفة. كانت إجابة نظرية النسبية العامة هى أن الهندسة تنجم عن المادة، أو أن المادة تنتج عن الهندسة. وهذه الاجابة تناظر كثيرا تلك الفكرة التى يعتنقها الكثيرون من الفلاسفة بأن الفراغ يحدده امتداد المادة. لكن ديموقريطس قد انحرف عن هذه الفكرة ليجعل التغير والحركة ممكنين.

كانت كل ذرات ديموقريطس من نفس الجوهر، هى كلها تشترك فى خصيصة الوجود إنما فى أحجام وأشكال مختلفة، وعلى هذا فقد صورت على أنها قابلة للتقسيم بالمعنى الرياضى لا المادى. يمكن للذرات أن تتحرك، ويمكنها أن تشغل مواقع مختلفة فى الفراغ، لكن ليس لها خصائص مادية أخرى. ليس لها لون، ولا رائحة ولا طعم. أما مانشعربه من خصائص المادة بحواسنا فقد افتُرض أنها ناتجة عن حركات ومواقع الذرات فى الفراغ. وكما يمكن أن نكتب التراجيديا والكوميديا بنفس الحروف الأبجدية، كذا فإن التنوع الهائل من الوقائع بهذا العالم يمكن أن يحقَّق بنفس الذرات من خلال تشكيلاتها وحركاتها المختلفة. لقد أثبتت الهندسة والحركة، الناجمان عن الفراغ، أن لهما بشكل ما أهمية أكبر من مجرد الموجود الخالص. يذكر عن ديموقريطس قوله: "للشىء لون نراه ليس إلاَّ، له طعم حلو أو مُرٌّ ليس إلاَّ. لكن ليس من وجود حقيقى لغير الذرات والفراغ".

والذرات فى فلسفة ليوقبص لا تتحرك بالصدفة وحدها. يبدو أن ليوقبص كان يعتقد فى الحتمية الكاملة، إذ يُعرف أنه قال: "إن العدم يحدث للاشىء، لكن كل شىء يحدث عن سبب وللضرورة". لم يعط الذريون أى علة لبداية حركة الذرات، الشىء الذى يوضح أنهم فكروا فى وصف علِّىٍّ للحركة الذرية، ذلك أن العلِّيَّة تفسر الوقائع التالية عن طريق الوقائع السابقة، لكنها أبدا لايمكن أن تفسر البدء.

استعار الفلاسفة الاغريق فيما بعد أفكار النظرية الذرية وحوروها جزئيا. من المهم هنا، ومن أجل المقارنة بالفيزياء الذرية، أن نذكر تفسسير المادة عند أفلاطون فى حوار "تيماوس".

لم يكن أفلاطون يؤمن بالمذهب الذرى، على العكس، لقد ذكر ديوجينس ليرشيوس أن أفلاطون كان يكره ديموقريطس حتى ليتمنى أن تحرق كل كتبه. لكن أفلاطون جَمَّعَ أفكارا قريبة من المذهب الذرى مع مذاهب مدرسة فيثاغورث وتعاليم أنبادوقليس.

كانت المدرسة الفيثاغورثية فرعا من الأورفية التى ترجع إلى تقديس الإله ديونيسوس. هنا نشأ الربط بين الدين والرياضيات، الربط الذى كان له منذ ذلك التاريخ أقوى تأثير على الفكر الانسانى. يبدو أن الفيثاغورثيين كانوا أول من أدرك القوة الخلاقة المتأصلة فى الصياغة الرياضية. فاكتشافهم أن صوتا الوترين ينسجمان إذا كانت النسبة بين طوليهما نسبة بسيطة، هذا الاكتشاف يبين مدى ماتعنيه الرياضيات فى تفهم الظواهر الطبيعية. لم يكن الأمر بالنسبة للفيثاغورثيين مجرد قضية تفهُّم، كانت النسبة الرياضية البسيطة بين أطوال الأوتار هى التى تخلق الانسجام فى الصوت. كان أيضا ثمة تصوف فى عقائد المدرسة الفيثاغورثية يصعب علينا تفهمه. لكنهم عندما جعلوا الرياضيات جزءا من دينهم، فإنهم مَسُّوا نقطة محورية فى تطور الفكر البشرى. ولقد اقتبسُ جملة عن برتراند راسل كتبها عن فيثاغورث: "اننى لا أعرف رجلا آخر كان له مثل هذا الأثر فى مجال الفكر".

عَرِف أفلاطون باكتشاف الفيثاغورثيين للمجسمات المنتظمة، وبإمكانية ربطها بعناصر أمبادقليس. شبه أصغر الأجزاء من عنصر التراب بالمكعب، ومن عنصر الهواء بالمجسم الثمانى، ومن عنصر النار بالمجسم الرباعى، ومن عنصر الماء بالمجسم ذى العشرين وجه. لم يكن ثمة عنصر يناظر المجسم ذا الاثنى عشر سطحا. هنا لايقول أفلاطون سوى: "مازال هناك مركب خامس استعمله الإله فى تخطيط الكون".

فإذا كان من الممكن أصلا تشبيه الذرات بالمجسمات المنتظمة التى تمثل العناصر الأربعة، فلقد أوضح أفلاطون أن وجه الشبه هو عدم القابلية للانقسام. ركَّب أفلاطون المجسمات المنتظمة من مثلثين قاعديين هما المثلث المتساوى الأضلاع والمثلث المتساوى الساقين فمنهما تركب أسطح المجسمات. وعلى هذا فمن الممكن أن تحول العناصر إلى بعضها بضعا (على الأقل جزئيا). من الممكن أن تفكك المجسمات المنتظمة إلى مثلثات، وأن تشكل منها مجسمات منتظمة جديدة. وعلى سبيل المثال، من الممكن أن يفكك مجسم رباعى ومجسمان ثمانيان إلى عشرين مثلث متساوى الأوضاع، يمكن منها تشكيل مجسم ذى عشرين وجه. وهذا يعنى أن ذرة واحدة من النار وذرتين من الهواء يمكن أن تجمع وتعطى ذرة ماء واحدة. لكن المثلثات

الأولية لايمكن أن تعتبر مادة، فليس لها امتداد فى الفضاء، ولاتُخلق وحدة من المادة إلا إذا جُمّعت المثلثات لتشكل مجسما منتظما. إن أصغر أجزاء المادة ليست هى الموجودات الأولية كما تقول فلسفة ديموقريطس، إنما هى صور رياضية. هنا يتضح بجلاء أن الصورة أكثر أهمية من الجوهر التى هى صورة له.

بعد هذا الاستعراض السريع للفلسفة الاغريقية حتى تشكيل مفهوم الذرة، دعنا نرجع الآن إلى الفيزياء الحديثة لنبحث عن أوجه الشبه بينها وبين أفكارنا الحديثة عن الذرة ونظرية الكم. سنجد من الناحية التاريخية أن كلمة "ذرة" كانت تشير إلى الشىء الخطأ فى الفيزياء والكيمياء الحديثة، فى فترة إحياء العلوم بالقرن السابع عشر، ذاك لأن أصغر الجسيمات بالعنصر الكيماوى لايزال يمثل نظاما معقداً مكونا من وحدات أصغر. تسمى هذه الوحدات الأصغر فى أيامنا هذه باسم الجسيمات الأولية، والواضح أن مايمكن مقارنته فى الفيزياء الحديثة بذرات ديموقريطس هى الجسيمات الأولية مثل البروتون والنيوترون والإلكترون والميزون.

كان ديموقريطس على بينة بحقيقة أنه إذا ما كان من الممكن للذرات، بحركتها وترتيبها، أن تفسر خصائص المادة ـ اللون، الرائحة، الطعم ـ فليس لها أن تمتلك هى ذاتها هذه الخصائص. وعلى هذا فقد جرد الذرة من تلك الخصائص، ذرته إذن جزء من المادة مجرد. لكنه ترك للذرة خصيصة "الموجود"، خصيصة الامتداد فى الفراغ، خصيصة الشكل والحركة، إذ كان يصعب التحدث عن الذرة إذا ماجردت من مثل هذه الخصائص. لكن هذا يعنى من الناحية الأخرى أن مفهوم الذرة لايمكن أن يفسر الهندسة أو الامتداد فى الفضاء أو الموجود، لأنه لا يستطيع أن يختزلها إلى شىء أكثر جوهرية. والنظرة الحديثة بالنسبة لهذة القضية تبدو أكثر صلابة وراديكالية. دعنا نناقش السؤال: ماهو الجسيم الأولى؟ إننا نقول "نيوترون" مثلا. لكنا لانستطيع أن نعطى صورة واضحة التحديد ولا مانعنيه بهذه الكلمة. يمكننا أن نستخدم صورا متعددة، كأن نصفه مرة كجسيم ومرة كموجة ومرة كدفقة أمواج. لكنا نعرف أن ليس من هذه الأوصاف ما هو دقيق. المؤكد أن ليس للنيوترون لون ولا رائحة ولا طعم. وفى هذا الخصوص فإنه يشبه ذرة الفلسفة الاغريقية. لكنا نجرد الجسيم الأولى حتى من الخصائص الأخرى، على الأقل إلى حد ما، فمفهومى الهندسة والحركة، كالشكل والحركة فى الفضاء، لايمكن أن يطبقا عليه باستقامة. فإذا أردنا أن نعطى وصفا دقيقا للجسيم الأولى ـ

وهنا يكون التأكيد على كلمة "دقيق" - فإن كل مانستطيع أن نكتبه فى وصفه هو دالة احتمال. لكنا سنرى هنا أنًا لا نمنح مانصفه ولا حتى خصيصة "الموجود" (إذا اعتبرنا هذه "خصيصة"). إنها احتمال أن يوجد أو نزعة لأن يوجد. وعلى هذا فإن الجسيم الأولى للفيزيقا الحديثة لايزال أكثر تجريدا من ذرة الاغريق، وهو بهذه الخصيصة بالذات أكثر استقامة كمفتاح لتفسير سلوك المادة.

تتألف الذرات جميعا فى فلسفة ديموقريطس من نفس الجوهر، إذا كان لنا هنا أن نستخدم كلمة "الجوهر" أصلا. والجسيم الأولى فى الفيزياء الحديثة يحمل كتلة بنفس المعنى المحدود الذى يحمل به الصفات الأخرى. ولما كانت الكتلة والطاقة تبعا لنظرية النسبية هما فى الأساس نفس المفهوم، فلنا أن نقول إن كل الجسيمات الأولية تتألف من الطاقة. يمكن أن نفهم هذا على أننا نُعَرِّف الطاقة بأنها الجوهر الأولى للعالم، فلها فى الحق الخصيصة المميزة للمصطلح "جوهر" من حيث أنها تُحْفَظ. لذلك فقد ذكرنا قبلا أن أفكار الفيزيقا الحديثة فى هذا الخصوص قريبةً جدا من أفكار هرقليطس إذا أخذنا عنصر النار على أنه يعنى الطاقة. الطاقة فى الحق هى مايتحرك، ولقد نسميها العلة الأولى لكل تغير، والطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة أو حرارة أو ضوء. والنزاع بين الأضداد فى فلسفة هرقليطس يمكن أن نجده فى النزاع بين صورتين مختلفتين من صور المادة.

والذرات فى فلسفة ديموقريطس هى وحدات للمادة أزلية لا تحطم، ومن المستحيل أن تتحول إحداها إلى الأخرى. تتخذ الفيزياء الحديثة بالنسبة لهذه القضية موقفا واضحا ضد مادية ديموقوريطس، وفى صَفّ أفلاطون والفيثاغورثيين. فالأجسام الأولية بالتأكيد ليست وحدات للمادة أزليةً لاتحطم، ومن الممكن فعلا تحويلها من صورة إلى الأخرى. والواقع أنه إذا تحرك جسيمان من هذه خلال الفضاء بطاقةٍ حركية عالية جدا، ثم اصطدما، فقد يخلق من الطاقة المتاحة الكثير من الجسيمات الأولية الجديدة بينما يختفى الجسيمان الأصليان فى عملية الارتطام. ولقد لوحظت مثل هذه الوقائع كثيرا، وهى تقدم أكبر دليل على أن الجسيمات مصنوعة من نفس الجوهر: الطاقة. لكنا قد نأخذ تشابه الأفكار الحديثة مع أفكار أفلاطون والفيثاغورثيين إلى مدى أبعد بعض الشيء. فالجسيمات الأولية فى "تيماوس" أفلاطون هى فى النهاية ليست جوهرا، إنما هى صورة رياضية. "كل الأشياء أرقام". هذه جملة تنسب إلى فيثاغورث. ولقد كانت الصيغ الرياضية الوحيدة المتاحة فى زمنه هى صيغَ هندسة المجسمات

المنتظمة والمثلثات التى تشكل أسطحها. ليس ثمة من شك فى أن الجسيمات الأولية فى نظرية الكم الحديثة ستصبح هى الأخرى فى النهاية صيغا رياضية، إن تكن طبيعتها أكثر تعقيدا. فكَّر الفلاسفة فى صور ساكنة، ووجدوها فى المجسمات المنتظمة. أما العلم الحديث فقد انطلق منذ بداياته فى القرن السادس عشر والقرن السابع عشر،انطلق من المشكلة الديناميكية. لم يكن العنصر الثابت فى الفيزياء، منذ عصر نيوتن صورةَ تَشَكُّلٍ أو صيغةً رياضية، وإنما كان قانونا ديناميكيا. معادلة الحركة صحيحة فى كل وقت، فهى بهذا المعنى أزلية، أما الصور الهندسية، كمثل المدارات، فهى متغيرة. وعلى هذا فإن الصيغ الرياضية التى تمثل الجسيمات الأولية ستكون هى حلول قانون ما أزليّ لحركة المادة. والواقع أن هذه المشكلة لم تجد الحل بعد. فالقانون الأساسى لحركة المادة لم يكتشف حتى الآن، وعلى هذا فليس من الممكن حتى الآن أن نستنبط رياضيا خصائص الجسيمات الأولية من مثل هذا القانون. لكن يبدو أن الفيزياء النظرية فى وضعها الحالى ليست بعيدة عن هذا الهدف، ويمكننا على الأقل أن نقول أى نوع من القوانين سنتوقع. وربما كانت المعادلة النهائية لحركة المادة معادلةً موجية مُكَمَّاة غير خطية لمجال عواملٍ مَوْجِيّ يمثل المادة، وليس أى نوع من الموجات أو الجسيمات. وقد تكافىء معادلة الموجة هذه مجاميعَ متعددةً من معادلات تكاملية لها "جنور كامنة" و "حلول كامنة" كما يقول الفيزيائيون. وستمثل الحلول الكامنة فى نهاية الأمر الجسيمات الأولية، هى الصور الرياضية التى ستحل محل المجسمات المنتظمة عند الفيثاغورثيين. ولقد نذكر الآن أن "الحلول الكامنة" ستنتج عن المعادلة الأساسية للمادة بنفس العملية الرياضية التى تنتج بها الاهتزازات الهارمونية للوتر الفيثاغورثى عن المعادلة التفاضلية للوتر. لكن هذه المشاكل ـ كما قلنا ـ لم تحل بعد.

فإذا اتخذنا الخط الفيثاغورثى للتفكير فلقد نأمل أن يثبت فى النهاية أن قانون الحركة الأساسى هو قانون رياضى بسيط، حتى لو كان تقييمه بالنسبة للحالات الكامنة فى غاية التعقيد. يصعب أن نقدم حجة طيبة لأملنا هذا فى البساطة، سوى حقيقة أننا استطعنا دائما أن نكتب المعادلات الأساسية للفيزياء فى صيغ رياضية بسيطة. وهذه الحقيقة تتوافق مع دين الفيثاغورثيين، ويشاركهم الكثير من الفيزيائيين فى هذا الشأن. لكن ليس ثمة حجة مقنعة حتى الآن تقول إن الأمر لابد أن يكون هكذا.

ربما أضفنا هنا حجة تتعلق بمسألة كثيراً مايثيرها غير المتخصصين، عن مفهوم الجسيم

الأولى فى الفيزياء الحديثة. لماذا يدّعى الفيزيائيون أن جسيماتهم الأولية لايمكن أن تنقسم إلى أجزاء أصغر؟ إن اجابة هذا السؤال توضح بجلاء قدر الزيادة فى التجريد بالعلم الحديث مقارنة بالفلسفة الإغريقية. تجرى الحجة كما يلى: كيف يمكن أن ينقسم الجسيم الأولى؟ مؤكدا سيحدث هذا باستخدام قوى شديدة وآلات حادة جدا. والآلات المتاحة لن تكون غير جسيمات أولية أخرى. وعلى هذا فإن التصادمات بين جسيمين أوليين لهما طاقة عالية جدا ستكون هى الوسيلة الوحيدة لتقسيم الجسيمات. والواقع أنه من الممكن أن تُقَسَّم بمثل هذه الوسائل، ويكون ذلك أحيانا إلى عدد كبير جدا من الشظايا. لكن الشظايا هذه هى مرة أخرى جسيمات أولية، وليست أجزاء صغيرة منها، وتنتج كتل هذه الشظايا عن الطاقة الحركية الضخمة للجسيمات المتصادمة. بمعنى آخر: إن تحول الطاقة إلى مادة يجعل من الممكن أن تكون شظايا الجسيمات الأولية مرة أخرى هى نفس الجسيمات الأولية.

بعد ماقدمناه من مقارنة بين الأفكار الحديثة فى الفيزياء الذرية والفلسفة الاغريقية، علينا أن نضيف تحذيرا بألا نسىء تفهم هذه المقارنة. قد يبدو من النظرة الأولى أن فلاسفة الاغريق قد توصلوا عن طريق نوع من الحدس العبقرى إلى نفس الاستنباطات ـ أو ماهو قريب جدا من الاستنباطات ـ التى لم نبلغها فى العصور الحديثة الا بعد قرون من العمل الشاق فى التجارب والرياضيات. إن تفسير المقارنة بهذا الشكل سيكون سوء تفهم خطيراً. ثمة فارق واسع بين العلم الحديث والفلسفة الاغريقية يكمن فى الموقف التجربى للعلم الحديث. لقد ارتكز العلم منذ عصر جاليليو ونيوتن على الدراسة التفصيلية للطبيعة وعلى مسلمة أنّا لايصح أن نتناول إلا التقارير التى حققتها التجربة أو التى يمكن على الأقل أن نتحقق منها بالتجربة. أما فكرة أن نختار بالتجربة وقائع بذاتها من الطبيعة من أجل دراسة التفاصيل والتوصل إلى القانون الثابت فى التغير المستمر، فهو أمر لم يخطر ببال الفلاسفة الإغريق. وعلى هذا فإن العلم الحديث ومنذ بدايته قد وقف ـ على عكس الفلسفة القديمة ـ على أرض أكثر تواضعا إن تكن أكثر صلابة. ومن ثم فإن ماتعنيه تقارير الفيزياء الحديثة لهو شىء أكثر جدية مقارنة بما تعنيه الفلسفة الاغريقية. فإذا قال أفلاطون مثلا إن أصغر جسيمات النار هى المجسمات إن الرباعية، فليس من السهل أن نفهم مايعنيه حقا. هل المجسم الرباعى يرتبط بعنصر النار من الناحية الرمزية فقط؟ أم أن أصغر جسيمات النار يعمل ميكانيكيا كمثل مجسمات رباعية صلبة أو مجسمات رباعية مرنة؟ وبأية قوة يمكن أن نفصلها إلى مثلثات متساوية الأضلاع... إلخ؟ فالعلم الحديث ينتهى دائما بالسؤال: كيف يستطيع المرء تجريبيا أن يقرر ما إذا كانت

ذرات النار مجسمات رباعية وليست مكعبات مثلا؟ وعلى هذا فإذا ماقرر العلم الحديث أن البروتون هو حل معين لمعادلة أساسية للمادة، فإنه يعنى أنه يستطيع من هذا الحل أن يستنبط رياضيا كل الخصائص الممكنة للبروتون، وأنه يستطيع أن يتفحص صحة الحل بالتجربة فى كل التفاصيل. وهذه الإمكانية لتفحص صحة التقرير تجريبيا، وبدرجة عالية من الدقة، ولأى عدد من التفاصيل، تعطى وزنا هائلا للتقرير لايمكن أن نعزوه لتقارير الفلسفة الإغريقية المبكرة.

على أية حال، إن بعض تقارير الفلسفة القديمة تقترب بعض الشىء من تقارير العلم الحديث. وهذا يوضح ببساطة المدى الذى يمكن أن نصل إليه بتجميع خبرتنا العادية بالطبيعة، والتى ندركها دون إجراء تجارب، مع المجهود المتواصل كى نُدخل نوعا من النظام المنطقى إلى الخبرة لنتفهمها من مبادىء عامة.