الباب الثالث

فجر عصر جديد

إن عالم الفيزياء هو طريقة الذرات بالتفكير بالذرات.

مجهول

الفصل الثامن

كون آينشتاين

فيما كان القرن التاسع عشر يقترب من نهايته، استطاع العلماء أن يحلّوا معظم ألغاز العالم المادي: الكهرباء، والمغناطيس، والغازات، والبصريات، والصوتيّات، وعلم الحركة والميكانيكا الإحصائية، هذا إذا لم نسمِّ إلا قلة، تم اكتشافها من قبل. اكتشفوا أشعة إكس، والشعاع المهبطيّ، والإلكترون والإشعاعية، واخترعوا الأوم والواط، والكلفن والجول والمكبّر والأرغ الصغير.

وإذا كان هناك من شيء يمكن أن يتذبذب أو يُسرّع أو يُشوّش أو يُقطّر أو يمزج أو يوزن أو يجعل غازياً فقد قاموا بذلك، و أنتجوا في أثناء ذلك مجموعة من القوانين الكونية الكبيرة والمهيبة، بحيث ما نزال نميل إلى كتابتها بالأحرف الكبيرة: نظرية الحقل الكهرومغناطيسي، وقانون ريختر للنسب المتبادلة، وقانون تشارلز للغازات، وقانون مزج الأحجام، وقانون زيروث، ومفهوم فالنس، وقانون أفعال الكتلة، وأخرى لا تُحصى. لقد تغيّر العالم برمّته وسَمُن بالآلات والأدوات التي أنتجتها براعتهم. واعتقد الكثير من الحكماء أنه لم يبقَ الكثير أمام العلم كي يفعله.

وفي 1875 فيما كان شاب ألماني في كيل اسمه (ماكس بلانك) يقرر إن كان سيكرّس حياته للرياضيات أو للفيزياء. تم حثه بشكل صادق ألا يختار الفيزياء؛ لأن جميع الفتوحات قد تمت في هذا الميدان. وقد تم التأكيد له أن القرن القادم سيكون قرن تقوية وصقل وليس قرن ثورة. لم يصغِ بلانك. درس الفيزياء النظرية وكرس نفسه جسداً وروحاً للعمل في الأنتروبيا (القصور الحراري)، وهي عملية في قلب الديناميكا الحرارية، التي بدت كأنها تحمل كثيراً من الوعد لشاب طموح*. وفي عام 1891 أعطى

* وبنحو محدد إنها مقياس للعشوائية أو الفوضى في نظام. فدارل إبنج في مقرره المدرسي الكيمياء العامة، يقترح بشكل مفيد جداً التفكير بمجموعة ورق لعب. علبة جديدة من الورق، مرتبة بحسب النقش من الآس إلى الملك. يمكن أن يقال: إنها في حالتها المرتبة. اخلط الورق وضعه دون ترتيب. إن الأنتروبيا هي طريقة لقياس فوضوية تلك الحالة ولتحديد احتمال النتائج المعيّنة مع خلط آخر للورق. كي تفهم الأنتروبيا جيداً من الضروري أيضاً فهم مفاهيم مثل اللا انتظامات الحرارية، ومسافات الشبيكيّة وعلاقات رياضية كيميائية، ولكن هذه هي الفكرة العامة.

أُكلـه ولكن أمله خاب حين سمع أن العمل المهـم في الأنتروبيا كان في الواقع قد أنجزه سابقاً باحث متقاعد في جامعة ييل يدعى ج. ويلارد جيبز.

ربمـا كان جيبـز أذكـى شخص سبق وسمع بـه البشر. كان خجـولاً إلى درجة أنه يقـترب مـن اللامرئيـة، فقد أمضـى معظم حياته -عـدا ثلاث سنـوات أمضاها في الدراسـة في أوروبة- في منطقـة مساحتها ثلاثة فراسخ يحدهـا منزله وحرم ييل في نيـو هيفن، كونيكتيكت. وفي سنواته العشر في ييل لم يزعج نفسه حتى بالحصول على راتـب. (كانت له وسائله الخاصة). ومن عام 1871، حين انضم إلى الجامعة بوصفه بروفسوراً إلى وفاته في 1903، لم يحضر دروسه أكثر من تلميذ في الفصل الدراسي. كان عملـه المكتـوب صعب التتبّع وقد استخدم شكلاً خاصـاً في الترميز وجده كثيرون غير قابل للفهم. ولكن بين صيغه المبهمة دفنت استبصارات من أرفع أنواع الذكاء.

وبـين 1875 و1878 أنتج جيبز سلسلة من الأبحـاث، وُضع لها عنوان جمعي هو في توازن المواد غريبة المنشأ، التي أوضحتْ بنحو مذهل المبادئ الديناميكية الحرارية لكل شـيء تقريباً: «الغازات والخلائـط والسطوح والمواد الصلبة وتغـيرات الطور... ردود الفعـل الكيميائية والخلايـا الإلكتروكيميائية، والترسّب والتناضـح»، هذا إذا اقتبسنا رأي (وليم هـ. كوبر). إن ما فعله جيبز جوهرياً، هو أنه بيّن أن الديناميكا الحرارية لا تنطبق ببساطة على الحرارة والطاقة من نوع الوزن الضخم والصاخب للآلة البخارية، ولكنه كان أيضاً حاضراً ومؤثراً على المستوى الذري لردود الفعل الكيماوية. دعي كتاب جيبـز «مبادئ الديناميكا الحرارية»، ولكن لأسباب مجهولة اختار جيبز أن ينشر هذه الملاحظات المهمة في محاضر أكاديمية كنيكتيكت للفنون والعلم، وهي مجلة ظلت غير معروفة في كنيكتيكت، ولهذا لم يسمع بها بلانك حتى وقت متأخر جداً.

بشجاعـة حسنـاً، ربمـا بشجاعة قليلـة استدار بلانـك إلى أمور أخـرى*. سوف نسلط الضوء على هذه الأمور بأنفسنا بعد لحظة، ولكن يجب أولاً أن نلتفت قليلاً إلى

* كان بلانـك غـير محظوظ في حياته في غالب الأحيان. فقد توفيت زوجتـه الأولى التي أحبها باكراً في 1909، وقتل ولده الأصغر بين ولديه في الحرب العالمية الأولى. كان لديه ابنتان توءم أحبهما كثيراً. توفيت واحدة منهما في أثناء الولادة. وما تبقى على قيد الحياة من التوءم اعتنت بالطفل ووقعت في حب زوج أختها. تزوجا وبعد عامين توفيت في أثناء الولادة. وفي 1944 حين كان بلانك في الخامسة والثمانين، سقطت قنبلة للحلفاء على منزله وفقد كل شيء: أوراقه ويومياته، وما راكمه طول حياته. في العام اللاحق قُبض على ابنه الوحيد مشتركاً في مؤامرة لاغتيال هتلر وأُعدِم.

كلفلاند، بأوهايو، وإلى مؤسسة كانت تُعرف آنذاك باسم كلية كيس للعلوم التطبيقية. هناك، في ثمانينيات القرن التاسع عشر، كان عالم فيزياء متوسط العمر اسمه ألبرت متشلسون، يساعده صديقه عالم الكيمياء إدوارد مورلي، وقد قام بسلسلة من التجارب التي سيكون لها تشعبات عظيمة في كثير مما سيتبع.

ما فعله متشلسون ومورلي -دون أن يقصدا ذلك فعلاً- هو تقويض إيمان استمر طويلاً بشيء ما دعي (الأثير الساطع)، وهو أداة مستقرة لامرئية لا وزن لها ولا تُجزأ. وهي لسوء الحظ خيالية بنحو كامل واعتقد أنها تتخلل الكون. هذا الأثير الذي تصوره ديكارت وآمن به نيوتن وبجّله الجميع منذ ذلك الوقت، احتل موقعاً مركزياً في فيزياء القرن التاسع عشر كطريقة لشرح كيفية سفر الضوء عبر فراغ الفضاء. كانت هناك حاجة خاصة له في العقد الأول من القرن التاسع عشر؛ لأن الضوء والكهرومغناطيسية كان يُنظر إليها آنذاك على أنها موجات، أي أنماط من التذبذب. يجب أن تحصل التذبذبات في شيء ما؛ ومن هنا الحاجة إلى الأثير والإخلاص المستمر له. وفي نهاية 1909، كان عالم الفيزياء البريطاني العظيم ج.ج. طومسون يلحّ: «إن الأثير ليس خلقاً فنتازياً للفيلسوف المتأمل، إنه جوهري لنا كالهواء الذي نتنفّسه» هذا بعد أكثر من أربعة أعوام من البرهنة بنحو لا يقبل الجدل أنه لا يوجد. كان الناس -باختصار- مرتبطين جداً بالأثير.

إذا كنت بحاجة لإيضاح فكرة أن أمريكة كانت في القرن التاسع عشر أرضاً للفرص، فإنك لن تستطيع الاستفادة من حياة ألبرت متشلسون الذي وُلد في 1852 على الحدود الألمانية البولونية لأسرة من التجار اليهود الفقراء، و هاجر إلى الولايات المتحدة مع أسرته وهو رضيع وترعرع في مخيم تعدين في ريف كاليفورنيا، الذي كان يعج بطالبي الثروة حيث أدار والده عملاً تجارياً بسيطاً. كان فقيراً جداً بحيث لم يستطع دفع قسط التسجيل في الكلية، فسافر إلى واشنطن العاصمة وبدأ يتسكع أمام باب البيت الأبيض لعلّه يصادف (أو ربما يحصل على) منحة يوليسيس س. جرانت حين يخرج الرئيس من أجل نزهته الصحية. (كان العصر أكثر براءة كما يبدو). وفي مجرى نزهاته، فاز متشلسون بالحظوة لدى الرئيس، بحيث إنّ جرانت وافق على أن يؤمن له مكاناً مجانياً في الأكاديمية البحرية الأميركية. وهناك تعلم متشلسون الفيزياء.

بعد عشر سنوات، وقد أصبح الآن أستاذاً في كلية كيس في كلفلاند، صار متشلسون مهتماً في محاولة قياس شيء يُدعى انسياق الأثير، وهو نوع من الريح الرأسية تنتجها الأشياء المتحركة، هي تتقدم بجهد عبر الفضاء. إن أحد تنبؤات الفيزياء النيوتونية هي أن سرعة الضوء، وهي تندفع عبر الأثير يجب أن تتنوع بالنسبة للمراقب بحسب إن كان المراقب يتحرك نحو مصدر الضوء أو بعيداً عنه. ولكن لم يعرف أحد طريقة لقياس ذلك. وخطر لمتشلسون أن الأرض تندفع نحو الشمس لنصف السنة وتبتعد عنها في النصف الآخر، واستنتج أنه إذا قام المرء بقياسات دقيقة في فصول متناقضة، وقارن سفر الضوء بين الاثنتين، فإنه سيحصل على الإجابة.

تحدث متشلسون مع ألكسندر جراهام بيل -مخترع الهاتف الذي صار ثرياً من جديد- كي يقدم الأموال لبناء أداة بارعة وحساسة من اختراع متشلسون تُدعى مقياس التداخل، التي يمكن أن تقيس سرعة الضوء بدقة هائلة. ثم، وبمساعدة من مورلي الكريم ولكن الغامض، أمضى متشلسون أعواماً وهو يقوم بالقياسات الموسوسة. كان العمل حسّاساً ومرهقاً، فاضطر إلى تعليقه لبعض الوقت بسبب انهيار عصبي قصير ولكنه شامل، ولكن في عام 1887 أعطت القياسات أكلها. ولم يكن مطلقاً ما توقعه العالمان.

وكما قال عالم الفيزياء الفلكية في كالتيك Caltech (كيب س. ثورن): «تبيّن أن سرعة الضوء هي نفسها في الاتجاهات والفصول جميعها». كان هذا هو التلميح الأول طوال 200 عام بأن قوانين نيوتن يمكن ألا تنطبق طول الوقت في كل مكان. وصارت نتيجة متشلسون مورلي، كما عبّر وليم هـ. كوبر، «النتيجة السلبية الأكثر شهرة في تاريخ الفيزياء على الأرجح». مُنح متشلسون جائزة نوبل في الفيزياء من أجل هذا الإنجاز، كان أول أميركي حصل عليها ولكن ليس لمدة عشرين سنة. في غضون ذلك، ستحوم تجارب متشلسون مورلي بشكل غير مريح، كرائحة عفونة، في خلفية الفكر العلمي.

وبالرغم من اكتشافاته، حين اقترب القرن العشرون، عدّ متشلسون نفسه بين أولئك الذين اعتقدوا أن عمل العلم يقترب من نهايته، «وليس هناك إلا بضعة أبراج وقمم يجب أن تُضاف، وبضع حواشٍ زخرفية يجب أن تحفر»، كما عبّر كاتب في مجلة نيتشر.

كان العالم على وشك دخول قرن من العلم لن يفهم فيه كثير من الناس أي شيء ولن تفهم قلة كل شيء. وحالاً سيجد العلماء أنفسهم في مملكة محيّرة من الجزيئات والجزيئات المضادة، حيث تقفز الأشياء إلى الوجود وتقفز إلى خارجه في مراحل زمنية تجعل النانوثواني (جزء من بليون من الثانية) تبدو متثاقلة وغير مستوية، حيث كل شيء يبدو غريباً. كان العلم ينتقل من عالم فيزياء الأشياء الكبيرة؛ حيث يمكن أن تُرى الأشياء وتُمسك وتُقاس، إلى عالم الفيزياء البالغة الصغر؛ حيث تحصل الأحداث بسرعة غير قابلة للإدراك على موازين من الكبر تفوق حدود التصور بشكل كبير. نحن على وشك دخول عصر الكم، وكان الشخص الأول الذي دفع الباب هو السيئ الحظ حتى الآن ماكس بلانك.

في عام 1900، كان بلانك آنذاك عالم فيزياء نظرية في جامعة برلين، وفي عمر متقدم نوعاً ما في الثانية والأربعين كشف بلانك عن نظرية جديدة هي (نظرية الكم)، التي أثبتت أن الطاقة ليست شيئاً متواصلاً كالماء المتدفق، وإنما تأتي في مجموعات فردية دعاها (الكمّات). كان هذا مفهوماً جديداً، وجيداً. وسيساعد على المدى القصير في تقديم حل للغز تجارب متشلسون مورلي؛ لأنه أوضح أن الضوء لا يحتاج إلى أن يكون موجة في النهاية. وعلى المدى الطويل، ستضع النظرية الأساس لكل الفيزياء الحديثة. كانت -في كل حال- المفتاح الأول بأن العالم كان على وشك التغيّر.

ولكن الحدث المَعْلم الذي شكّل فجر عصر جديد جاء في 1905 حين ظهرت في مجلة الفيزياء الألمانية أنالين دير فيزيك Annalen der Physik سلسلة من الأبحاث ألفها بيروقراطي سويسري شاب لم تكن له صلة بالجامعة، أو مدخل إلى المخبر أو الاستخدام المنتظم لأي مكتبة سوى مكتبة مكتب الاختراعات القومي في برن، حيث تم توظيفه بوصفه فاحصاً تقنياً من الدرجة الثالثة. (وقد رفضت أخيراً ترقيته إلى فاحص تقني من الدرجة الثانية).

كان اسمه ألبرت آينشتاين، وفي ذلك العام الزاخر بالأحداث قدم إلى مجلة الفيزياء الألمانية خمسة أبحاث، كان بينها ثلاثة، بحسب سي. بي. سنو، (هي الأعظم في تاريخ الفيزياء). يشرح الأول التأثير الكهرضوئيّ بواسطة نظرية الكم الجديدة

التـي ابتكرها بلانك، ويشرح الثاني سلـوك الجزيئات الصغيرة في التعلّق (ما يعرف باسم الحركة البراونية)، ويلخّص الثالث نظرية النسبية الخاصة.

جعل الأول مؤلفه يحصل على جائزة نوبل وهو يشرح طبيعة الضوء (وساعد أيضاً في جعل اختراع التلفاز ممكناً، بين أمور أخرى)*. وقدم الثاني دليلاً على أن الذرات توجـد بالفعـل وهذه حقيقة، كان هناك تنازع حولها، بنحـو مفاجئ. لقد غيَّر البحث الثالث العالم.

ولـد آينشتاين في أولم، جنوب ألمانية، عـام 1879، ولكنه ترعرع في ميونخ. لم تكن بدايـة حياته توحـي كثيراً بالعظمة التي حققها. كان من المعـروف أنه لم يتعلم الكلام إلى أن بلـغ الثالثـة من العمـر. وفي تسعينيات القرن التاسع عشـر، وبعد أن فشل عمل والده في الكهرباء، انتقلت الأسرة إلى ميلان، ولكن ألبرت -الذي كان آنذاك مراهقاً- ذهب إلى سويسرا؛ كي يواصل دراسته، بالرغم من أنه فشل في امتحانات دخول الكلية في المحاولة الأولى. وفي 1896 تخلى عن جنسيته الألمانية؛ كي يتجنب التجنيد الإلزامي ودخـل معهـد البولي تكنيك في زيوريـخ في برنامج مدته أربع سنـوات مصمم لتخريج مدرسي ثانوية للمواد العلمية. كان متألقاً لكنه لم يكن متفوّقاً بوصفه طالباً.

تخرج عام 1900 وبعد بضعة أشهر بدأ يسهم بمقالات في مجلة الفيزياء الألمانية. ظهـر بحثـه الأول، عن فيزياء السوائـل في العدد نفسه الذي نشـرت فيه نظرية الكم لبلانـك. ومـن 1902 إلى 1904 أنتج سلسلة من الأبحاث عـن الميكانيكا الإحصائية، فقـط كـي يكتشف أن المنتج الصامت جي. ولارد جيبـز في كونيكتيكت فعل هذا العمل أيضاً في كتابه المبادئ الأولية للميكانيكا الإحصائية في 1901.

* لقد كُرّم آينشتاين، نوعاً ما بنحو غامض، من (أجل خدمات للفيزياء النظرية). كان عليه أن ينتظر ست عشرة سنة، حتى عام 1921، كي يحصل على الجائزة. وهذا وقت طويل جداً، كل شيء فكر به، ولكن لا شيء على الإطلاق، بالمقارنة مع فردريك راينز. الذي اكتشف النيوترينو في 1957 ولكنه لم يحصل على جائزة نوبل حتى 1995، بعد ثمانٍ وثلاثين سنة، أو الألماني إرنست روسكا، الذي اخترع ميكروسكوب الإلكترون في 1932 وحصل على نوبل في 1986، بعد أكثر من نصف قرن. وبما أن جوائز نوبل لا تُمنح أبداً بعد الوفاة، فإن طول العمر يمكن أن يكون عاملاً مهماً كالإبداع في الحصول على واحدة.

وقع ألبرت في غرام طالبة زميلة له، وهي هنغارية اسمها ميلفا ماريك. وفي 1901 أنجبا طفلة خارج الزواج، وُضعت في التبني بنحو مخزٍ. لم يرَ آينشتاين ابنته أبداً. بعد عامين، تزوج من ماريك. وبين هذه الأحداث، في 1902، حصل آينشتاين على عمل في مكتب الاختراعات السويسري، حيث بقي لمدة سبعة أعوام. استمتع بالعمل: كان متحدياً بما يكفي لتشغيل ذهنه، ولكن ليس إلى درجة حرف انتباهه عن الفيزياء. كانت هذه هي الخلفية التي أنتج فيها نظرية النسبية في 1905.

إن بحث (في الديناميكا الحرارية للأجرام المتحركة) هو أهم الأبحاث العلمية التي سبق ونُشرت، وذلك بسبب كيفية تقديمه ولما قاله. ليس فيه هوامش أو اقتباسات، لا يحتوي على رياضيات تقريباً، ولا يذكر أي عمل أثر به أو سبقه، ولم يقر إلا بمساعدة شخص واحد، وهو زميل في مكتب تسجيل الاختراعات يدعى ميشيل بيسو. كتب سي. بي. سنو، قائلاً: «وكأن آينشتاين «وصل إلى استنتاجات بالفكر المحض، دون مساعدة، ودون إصغاء إلى آراء الآخرين». وإلى حد مفاجئ، هذا ما فعله بالضبط».

إن معادلته الشهيرة $E = mc^2$ لم تظهر في البحث، ولكنها جاءت في ملحق موجز تبعها بعد بضعة أشهر. وكما ستذكرون من أيام المدرسة، إن E في المعادلة اختصار لكلمة طاقة، أما m فهي اختصار لكلمة كتلة و c^2 فهي مربع سرعة الضوء.

بتعبير مبسّط، ما تقوله المعادلة هو أن الكتلة والطاقة متكافئتان. إنهما شكلان للشيء نفسه: الطاقة هي مادة محررة؛ المادة هي طاقة تنتظر الحدوث. بما أن c^2 (سرعة أوقات الضوء نفسها) هي في الحقيقة عدد ضخم جداً كمية ضخمة بالفعل من الطاقة المقيدة في كل ما هو مادي*.

يمكن ألا تشعر أنك قوي بنحو مميز، ولكن إن كنت راشداً في الحجم العادي فستحتوي داخل إطارك المتواضع على ما لا يقل عن $7x10^{18}$ جول من الطاقة الكامنة،

* كيف صارت c رمز سرعة الضوء لا يزال لغزاً، ولكن ديفد بودانيس يقترح أنها ربما جاءت من الكلمة اللاتينية celeritas وتعني السرعة. إن قاموس أكسفورد الذي نُشر قبل عقد من نظرية آينشتاين يعترف بـ c على أنها رمز لأشياء كثيرة، من الكربون إلى الجدجد، ولكنه لا يذكرها على أنها رمز للضوء أو السرعة.

وهي كافية للانفجار بقوة ثلاثين قنبلة هيدروجينية كبيرة جداً، مفترضين أنك تعرف كيف تحرّرها وفعلاً ترغب بأن تقوم بذلك. إن كل شيء يمتلك هذا النوع من الطاقة الحبيسة في داخله. ولكننا لسنا جيدين في إخراجها. حتى قنبلة من اليورانيوم الأكثر طاقة في إنتاجنا حتى الآن تطلق أقل من 1% من الطاقة، التي يمكن أن تطلقها فقط لو كنا أكثر حنكة.

شرحت نظرية آينشتاين -بالإضافة إلى أمور أخرى كثيرة- كيفية عمل الإشعاع: كيف تستطيع كتلة من اليورانيوم أن تطلق جداول مستمرة من الطاقة العالية المستوى دون أن تذوب كقطعة ثلج. (يمكنها فعل ذلك عبر تحويل المادة إلى طاقة بشكل كبير بما يكفي من خلال $E = mc^2$). شرحت النظرية كيف يمكن أن تحترق النجوم لبلايين الأعوام دون أن ينتهي وقودها. (كذا). بشخطة قلم، وفي صيغة بسيطة، منح آينشتاين علماء الجيولوجيا وعلماء الفلك ترف بلايين الأعوام. وقبل كل شيء، أظهرت نظرية النسبية الخاصة أن سرعة الضوء مستمرة ومتفوقة. لا شيء يستطيع أن يسبقها. لقد أدخلت نظريته الضوء (ما من تورية مقصودة هنا) إلى قلب فهمنا لطبيعة الكون. حلت كذلك مشكلة الأثير الساطع عبر إيضاح أنه لم يوجد. لقد منحنا آينشتاين كوناً لا يحتاج إلى هذا الأثير.

إن الفيزيائيين كقاعدة ليسوا مفرطي الانتباه إلى إعلانات موظفي مكتب تسجيل الاختراعات السويسري وهكذا، بالرغم من وفرة الأنباء المفيدة التي قدمتها أبحاث آينشتاين فإنها لم تجذب سوى انتباه قليل. فبعد أن حلّت عدداً من أعقد الألغاز في الكون، قدم آينشتاين من أجل الحصول على عمل محاضرٍ في الجامعة ولكن طلبه رُفض، ثم قدم من أجل منصب مدرس في ثانوية لكن طلبه رُفض أيضاً. وهكذا عاد إلى عمله كتقني من الدرجة الثالثة، ولكنه واصل التفكير بالطبع. ذلك أنه لم ينتهِ بعد.

حين سأل الشاعر بول فاليري مرة آينشتاين إن كان يحتفظ بدفتر لتسجيل أفكاره، نظر إليه آينشتاين بدهشة خفيفة ولكنها أصيلة. وأجاب: «آه، هذا غير ضروري. نادراً ما أحمل دفتراً». ولكنه حين حصل على واحد كان جيداً. كانت فكرة آينشتاين اللاحقة هي أعظم فكرة سبق أن خطرت لأحد، والواقع أنها كانت الأعظم، بحسب

بورس وموتز وويفر في كتابهما الجيد الذي يؤرخ للعلم الذري. قالا: «كما أنها من إبداع ذهن واحد، فهي دون شك أعلى إنجاز فكري في تاريخ البشرية»، وهذا أفضل إطراء يمكن الحصول عليه.

وفي 1907، أو ما يقارب ذلك، قيل أحياناً: إن ألبرت آينشتاين رأى عاملاً يسقط عن السطح وبدأ يفكر بالجاذبية. للأسف، وعلى غرار كثير من القصص الجيدة تبدو هذه وكأنها مشكوك في صحتها. فبحسب آينشتاين نفسه، كان يجلس على كرسي حين خطرت له مشكلة الجاذبية.

والواقع أن ما خطر في ذهن آينشتاين هو شيء أقرب إلى بداية حل لمشكلة الجاذبية، بما أنه كان واضحاً له من البداية أن الشيء الوحيد الناقص في نظرية النسبية هو الجاذبية. ما كان «خاصاً» حيال النظرية هو أنها تعاملت مع أمور تتحرك دون عقبات. ولكن ما الذي يحدث حين يصادف شيء متحرك ألا وهو الضوء عائقاً كالجاذبية؟ كانت هذه مسألة شغلت أفكاره في معظم العقد اللاحق وقادت في بداية 1917 إلى نشر بحث بعنوان «اعتبارات كونية حول نظرية النسبية الخاصة». كانت نظرية النسبية الخاصة لعام 1905 عملاً مهماً وعميقاً، بالطبع؛ ولكن، كما قال سي. بي. سنو مرة، لو أن آينشتاين لم يفكّر بها لكان قد فعل ذلك شخص آخر، على الأرجح في غضون خمس سنوات؛ فقد كانت هذه فكرة تنتظر الحدوث. ولكن نظرية النسبية العامة كانت شيئاً آخر تماماً. وقال سنو في 1979: «من دونها، لكان من المحتمل أننا ما نزال ننتظر النظرية اليوم».

بغليونه، وطريقته اللطيفة الحيية وشعره المكهرب، كان آينشتاين شخصاً رائعاً، بحيث لم يبقَ غامضاً بشكل مستمر. وفي 1919 - حين وضعت الحرب أوزارها - اكتشفه العالم فجأة. وتقريباً في الحال حصلت نظريتاه في النسبية على شهرة بأنه من المستحيل على الشخص العادي أن يفهمهما. لم تتوضح المسائل - كما يشير ديفد بودانيس في كتابه الممتاز $E = mc^2$ - حين قررت النيويورك تايمز أن تنشر قصة، ولأسباب أثارت الدهشة أرسلت مراسل الصحيفة لرياضة الجولف، هنري كراوتش، للقيام بالمقابلة.

لم يكن كراوتش عميقاً، وأخطأ في كل شيء تقريباً. وكان من الأخطاء الأكثر فداحة في تقريره الجزم، بأن آينشتاين عثر على ناشر جريء بما يكفي؛ كي ينشر كتاباً لا يستطيع إلا اثنا عشر شخصاً «في العالم فحسب أن يفهموه». لم يكن هناك كتاب كهذا، أو ناشر كهذا، ولا دائرة من الرجال المتعلمين كهذه، ولكن الفكرة انتشرت بأي حال. وحالاً اختُزل عدد الأشخاص الذين يستطيعون فهم النسبية إلى أكثر من ذلك في المخيلة الشعبية. ويجب أن يُقال: إن المؤسسة العلمية، فعلت القليل؛ كي تزعج هذه الأسطورة.

حين سأل صحفي عالم الفلك البريطاني السير آرثر إدنغتون: إن كان صحيحاً أنه كان أحد الأشخاص الثلاثة في العالم، الذين يستطيعون فهم نظرية النسبية لآينشتاين، فكّر إدنغتون لحظة بعمق وأجاب: «أنا أحاول أن أفكر من هو الشخص الثالث». في الحقيقة، إن المشكلة مع النسبية لم تكن أنها شملت كثيراً من المعادلات التفاضلية، وتحولات لورينتز ورياضيات أخرى معقدة بالرغم من أنها فعلت ذلك، حتى آينشتاين، كان يحتاج إلى المساعدة في بعض منها، بل إنها كانت تماماً غير حدسية بنحو كامل.

ما تقوله النسبية في الجوهر هو أن الزمان والمكان غير مطلقين، وإنما نسبيان لكل من الراصد والشيء الذي يُرصد، وكلّما تحرك المرء بنحو أسرع كلما أصبحت هذه التأثيرات أكثر وضوحاً. لا نستطيع أبداً أن نسرّع أنفسنا إلى سرعة الضوء، وكلما حاولنا بجد أكبر (كلما تحركنا بسرعة أكبر) كلما صرنا أكثر تشوّهاً، نسبياً لراصد خارجي.

حاول الذين يجعلون العلم جماهيرياً أن يستنبطوا في الحال طرقاً لجعل هذه المفهومات متاحة لفهم الجمهور الأوسع. كانت إحدى أكثر المحاولات نجاحاً تجارياً على الأقل هي كتاب ألف باء النسبية، الذي ألّفه الرياضي والفيلسوف برتراند رسل. وفي هذا الكتاب وظف رسل صورة استُخدمت مرات كثيرة منذ ذلك الوقت. طلب من القارئ أن يتصور قطاراً طوله 100 ياردة يتحرك بنسبة 60% من سرعة الضوء. بالنسبة لشخص يقف على منصة ويراقبه وهو يمرّ، سيظهر القطار على أنه بطول 80 ياردة فقط وكل شيء فيه سيبدو مضغوطاً بنحو مشابه. إذا استطعنا سماع

المسافرين في القطار يتحدثون، فستبدو أصواتهم مجمجمة وضعيفة، كشريط مشغّل بسرعة بطيئة جداً، وستبدو حركاتهم بنحو مشابه غير رشيقة. حتى الساعات في القطار ستبدو كأنها تمر في أربعة أخماس سرعتها الطبيعية.

على أي حال وهنا الأمر لن يمتلك ركاب القطار إحساساً بهذه التشويشات. بالنسبة لهم، كل شيء في القطار سيبدو طبيعياً تماماً. أما نحن الذين على المنصة فهم الذين سيبدون مضغوطين بنحو غريب وبطيئين. وكل هذا يتعلق -كما ترون- بموقعكم بالنسبة إلى الشيء المتحرك.

يحدث هذا التأثير فعلياً في كل مرة تتحركون فيها. طيروا عبر الولايات المتحدة وستنزلون من الطائرة أصغر بجزء من واحد كوينزليون من الثانية من أولئك المتروكين في الخلف. حتى حين تسيرون عبر الغرفة ستبدلون بنحو ضئيل جداً تجربتكم الخاصة في الزمان والمكان. فقد حُسب أن كرة قاعدة ترمى بسرعة 160 كيلومتراً في الساعة سوف تلتقط 0.000000000002 غرام من الكتلة في طريقها إلى الهدف. وهكذا فإن تأثيرات النسبية حقيقية وتم قياسها. والمشكلة هي أن تغييرات كهذه صغيرة جداً، بحيث لا تبدو مهمة لنا، لكنها مسائل مهمة بالنسبة لأمور أخرى في الكون.

وهكذا إذا بدت أفكار النسبية غريبة، فإن هذا يعود فقط إلى أننا لا نجرّب هذه الأنواع من التفاعلات في الحياة العادية. على أي حال، لنعد إلى بودانيس مرة ثانية. نقابل جميعنا أنواعاً أخرى من النسبية -على سبيل المثال- بخصوص الصوت. إذا كنت في حديقة وكان هناك أحد يعزف موسيقى مزعجة، فأنت تعرف أنك إذا انتقلت إلى بقعة أبعد فإن الموسيقى تصبح أخف بالطبع، وهذا يعني أن موقعك بالنسبة لها قد تغيّر. بالنسبة لشيء صغير جداً وبليد بحيث لا يستطيع أن يقوم بهذه التجربة لنقل سلحفاة قد تكون غير معقولة فكرة أن صندوقاً موسيقياً يمكن أن يبدو لراصدين، كأنه ينتج لحنين مختلفين من الموسيقى في آن واحد.

إن الأكثر تحدياً ولاحدسية من كل المفهومات في نظرية النسبية هو فكرة أن الزمان جزء من المكان. تميل غريزتنا إلى عد الزمان أبدياً ومطلقاً وثابتاً؛ ونعتقد أن لا شيء

يستطيع أن يزعج ثباته. وفي الحقيقة، وبحسب آينشتاين، إن الزمن متنوع ومتغير ودائماً له شكل. إنه مقيد «مترابط داخلياً بنحو لا يمكن فصله»، كما عبر ستيفن هوكينغ مع الأبعاد الثلاثة للمكان في بعد مثير للفضول يُدعى (الزمكان).

يُشرح الزمكان عادة عبر الطلب منك أن تتخيّل شيئاً مستوياً لكنه مطواع، أو فرشة، أو قطعة من المطاط، يستقر عليها شيء دائري ثقيل، ككرة حديدية. إن وزن الكرة الحديدية يسبّب تمدد المادة التي يستقر عليها فترتخي قليلاً. وهذا متناظر تقريباً مع التأثير الذي يحدثه شيء كبير كالشمس (الكرة الحديدية) في الزمكان (المادة): إنها تمدده وتحنيه وتغلّفه. الآن، إذا دحرجت كرة أصغر عبر الورقة، فإنها تحاول الانطلاق في خط مستقيم كما تقتضي قوانين نيوتن الخاصة بالحركة، ولكن حين تقترب من الشيء الكبير ومنحدر النسيج المرتخي، فإنها تنحدر نحو الأسفل مشدودة بنحو يتعذّر اجتنابه إلى الشيء الأضخم. هذه هي الجاذبية: نتاج انعطاف الزمكان.

إن كل ما له كتلة يخلق قليلاً من الانخفاض (الضعف) في نسيج الكون. وهكذا فإن الكون -كما عبّر دينيس أوفرباي- هو «الفرشة المرتخية المطلقة». والجاذبية -في هذا المنظور- لم تعد شيئاً كنتيجة: «ليست قوة وإنما نتاج فرعي للزمكان المنحرف»، كما عبّر عالم الفيزياء ميشيو كاكو، الذي تابع القول: «بمعنى ما، الجاذبية لا توجد؛ ما يحرّك الكواكب والنجوم هو تشوّه المكان والزمان».

إن مثال الفرشة المرتخية يستطيع أن يأخذنا فقط بعيداً؛ لأنه لا يستطيع أن يدمج تأثير الزمن. ولكن عندئذ، تستطيع أدمغتنا أن تأخذنا فقط حتى الآن؛ لأنه تقريباً من المستحيل تصوّر بُعدٍ يضمّ ثلاثة أجزاء مكان إلى جزء زمن واحد، وكله متشابك كخيوط في نسيج مربّع النقش. على أي حال، أعتقد أننا نستطيع أن نتفق أن هذه كانت فكرة كبيرة بنحو مزعج بالنسبة لشاب يحدق من نافذة مكتب تسجيل الاختراعات في عاصمة سويسرا.

اقترحت نظرية النسبية لآينشتاين -بين أمور أخرى كثيرة- أن الكون إما هو يتمدّد وإما هو يتقلّص. ولكن آينشتاين لم يكن عالماً بالكوزمولوجيا وقبل الحكمة السائدة

بـأن الكـون ثابت وأبدي. أدخـل في معادلاته بنحو انفعالي تقريبـاً شيئاً يدعى الثابت الكـوني، الـذي وازن بنحو اعتباطي تأثـيرات الجاذبية، خادماً كنوع مـن زر التوقف الرياضـي. إن الكتب التي تتحدث عن تاريخ العلم تغفـر لآينشتاين دوماً هذا الخطأ، ولكنه كان في الواقع قطعة من العلم مخيفة حقاً وكان يعرفها. دعاها: «الخطأ الفادح في حياتي».

في الوقـت الـذي كان فيـه آينشتاين يضم ثابتـاً كونياً إلى نظريتـه، كان هناك في مرصـد لويل في آريزونا عالم فلك يتمتع باسـم بيمجريّ مبهج هو فيستو سليفر (كان في الحقيقـة من إنديانـا)، وكان يقوم بقراءات طيفية للنجـوم البعيدة ويكتشف أنها تبدو وكأنها تتحرك بعيداً عنا. لم يكن الكون ثابتاً. فالنجوم التي رصدها سليفر أبدت إشـارات لا تخطئ لما يسمى بـ «إزاحة دوبلـر»: كالصوت المميز المتطاول الذي تصدره السيارات حين تمر بسرعة على مسار سباق*. تنطبق الظاهرة أيضاً على الضوء، وفي حالـة تراجع المجرات يعرف هذا باسم الانزياح الأحمر** (لأن الضوء الذي يتحرك بسرعـة بعيداً عنا ينـزاح إلى الأحمر في نهاية الطيف؛ مقتربـاً من انزياحات الضوء إلى الأزرق).

كان سليفـر أول مـن لاحظ هـذا التأثير في الضـوء وأدرك أهميتـه الكامنة لفهم حـركات الكون. ولسوء الحظ، لا أحد لاحظه كثيراً. فقد كان مرصد لويل -كما يمكن أن تتذكـروا- مكاناً غريباً بسبـب هوس برسيفال لويل بالقنوات المريخية، التي جعلته في العقـد الأول مـن القـرن العشرين قاعدة أماميـة للمسعى الفلكـي. لم يكن سليفر مطلعـاً علـى نظرية النسبية لآينشتايـن وكان العالم غير مدرك بنحـو مساوٍ لسليفر. وهكذا فإن اكتشافه لم يكن له تأثير.

* سمي على اسم جوهان كريستيان دوبلر، العالم النمساوي، الذي كان أول من لاحظ التأثير في 1842. فبنحو موجز، ما يحدث هو أن شيئاً يتحرك يقترب من شيء ثابت، فإنها أمواجه الصوتية تصبح أكثر تردداً وهي تحتشد إزاء أي أداء تتلقاها (لنقل أذنيك)، تماماً كما تتوقّع من أي شيء يُدفع من الخلف نحو شيء ثابت. هذا التردد يدركه المستمع على أنه نوع من الصوت المتطاول (اليي). وفيما يمر مصدر الصوت، فإن موجات الصوت تنتشر وتطول، جاعلة الإيقاع يهبط فجأة (اليم).

** انزياح الخطوط الطيفية لبعض النجوم والمجرات نحو اللون الأحمر، وذلك من جرّاء تباعد تلك النجوم والمجرّات عن الأرض. المترجم.

سيحظى بالمجد بدلاً من ذلك كتلة ضخمة من الأنانية تدعى إدوين هبل. ولد هبل في 1889، بعد عشر سنوات من ولادة آينشتاين، في بلدة صغيرة في ولاية ميسوري على حافة الأوزاركس Ozarks وترعرع هناك في (ويتن، إيلينوي)، وهي ضاحية في شيكاغو. كان والده مدير ضمان ناجحاً، ولهذا كانت حياته مريحة دوماً، وتمتّع إدوين بثروة من العطايا الجسدية، أيضاً. كان رياضياً قوياً وموهوباً، و ساحراً وذكياً وجميل المنظر بنحو كبير. كان «أنيقاً بشكل معيب تقريباً»، كما وصفه وليم هـ. كوبر، ودعاه معجب آخر بـ«أدونيس». وكما يروي عن نفسه، أدخل في سيرة حياته أعمالاً جسورة متواصلة كإنقاذ السباحين الغارقين، وقيادة الرجال الخائفين إلى الأمان عبر ساحات المعركة في فرنسة، مزعجاً أبطال العالم في الملاكمة بضربات قاضية في جولات العرض. بدا كل هذا جيداً بحيث تم تصديقه. وبالإضافة إلى كل مواهبه، كان هبل كاذباً كبيراً أيضاً.

وهذا أكثر من غريب، ذلك أن حياة هبل كانت مليئة من سن مبكرة بمستوى من التميز الأصيل، الذي كان أحياناً ذهبياً بشكل يدعو إلى السخرية. ففي مسابقة في الثانوية في 1906، فاز بالقفز العالي، وفي رمي الكرة الحديدية، والقرص، ورمي المطرقة، والقفزة العالية وقوفاً والقفزة العالية ركضاً، وكان في فريق البدل للفريق الفائز. وكان الثالث في القفز الطويل. وفي العام نفسه، سجل رقماً قياسياً في ولاية إلينيوي في القفز المرتفع.

كان بارعاً في البحث بنحو مساوٍ، ولم تواجهه مشكلة في الحصول على قبول جامعي لدراسة الفيزياء وعلم الفلك في جامعة شيكاغو (حيث -بالمصادفة- كان رئيس القسم آنذاك ألبرت متشلسون). وقد اختير هناك؛ كي يكون واحداً من باحثي رودس الأوائل في أكسفورد. وعلى ما يبدو قلبت رأسه ثلاثة أعوام من الحياة الإنكليزية، ذلك أنه عاد إلى ويتون في 1913 يعتمر قبعة، ويدخن الغليون ويتحدث بلكنة جهورية مميّزة ليست إنكليزية تماماً، ولكنها ليست غير إنكليزية تماماً بقيت معه طوال حياته. وبالرغم من أنه زعم فيما بعد أنه أمضى معظم العقد الثاني من القرن يمارس القانون في كنتكي، فإنه عمل في الحقيقة كمدرس في ثانوية ومدرب كرة سلة في نيو ألباني، وإنديانا، قبل أن يحصل

متأخراً على شهادة الدكتوراه ويخدم في الجيش لمدة وجيزة. (وصل إلى فرنسة قبل شهر من الهدنة ومن المؤكد أنه لم يسمع طلقة نارية واحدة أطلقت في حالة غضب).

وفي 1919 -وقد بلغ الثلاثين من العمر- انتقل إلى كاليفورنيا وحصل على منصب في مرصد جبل ولسون قرب لوس أنجلس. وبسرعة -وبنحو أكثر من مفاجئ بقليل- أصبح عالم الفلك الأبرز في القرن العشرين.

يستحق الأمر أن نتوقف قليلاً؛ كي نفكّر كم كان القليل معروفاً عن الكون في هذا المكان. يعتقد علماء الفلك اليوم أن هناك على الأرجح 140 بليون مجرة في الكون المرئي. هذا عدد ضخم، أكبر بكثير من مجرّد القول: إنه سيقودك إلى الافتراض. لو كانت المجرات بازلاء مجمدة، لكانت كافية لملء مدرج كبير، ولنقل حديقة بوسطن القديمة أو قاعة ألبرت الملكية. (وقد حسب ذلك عالم فيزياء فلكية يدعى بروس غريغوري). في 1919، حين ركز هبل تفكيره على العدسة، كان عدد المجرات المعروفة لنا واحداً: الدرب اللبنية. اعتُقد أن كل شيء آخر هو إما جزء من الدرب اللبنية أو غاز من الغازات المحيطة. شرح هبل بسرعة خطأ ذلك الاعتقاد.

في العقد اللاحق، عالج هبل اثنين من أهم الأسئلة في الكون: كم عمره، وكم حجمه؟ ومن أجل الإجابة عن السؤالين من الضروري معرفة أمرين: كم تبعد مجرّات معيّنة وكم سرعة طيرانها عنا (ما يُعرف باسم سرعتها الانسحابية). إن الانزياح الأحمر يقدم السرعة التي تنسحب بها المجرّات، ولكنه لا يخبرنا مسافة البعد التي تبدأ بها. ذلك أننا بحاجة إلى ما يدعى بـ «الشموع القياسية*»، نجوم يمكن أن يُحسب تألقها بنحو موثوق ويُستخدم على أنه نقاط ارتكاز لقياس التألق (ومن هنا المسافة النسبية) لنجوم أخرى.

حالف هبل الحظ بسرعة بعد أن استنتجت امرأة بارعة اسمها هنرييتا سوان ليفت طريقة للعثور على هذه النجوم. عملت ليفت في مرصد كلية جامعة هارفارد بوصفها حاسوباً، كما كانت تُعرف. وكانت «الحواسيب» تمضي حياتها في دراسة ألواح الصور الفوتوغرافية للنجوم والقيام بالحسابات، ومن هنا جاء الاسم. كان عملاً أكثر مشقة

* وحدات لقياس شدّة التألّق. المترجم.

بقليل لو كان لها اسم آخر، ولكنها كانت قريبة كما بوسع النساء الاقتراب من علم الفلك الحقيقي في هارفارد أو بالفعل، في أي مكان آخر في تلك الأيام. وبالرغم من أن النظام غير عادل فإنه امتلك فوائد غير متوقعة: كان هذا يعني أن نصف العقول الأروع المتاحة وُجِّهت إلى العمل الذي كان سيجذب القليل من الانتباه والتأمل وضَمنَ أن النساء صرن يستوعبن البنية الرائعة للكون، التي فاتت غالباً النظراء من الذكور.

استخدمت أحد «كمبيوترات هارفرد»، آني جمب كانون، معرفتها بالنجوم كي تخترع نسقاً من التصنيفات النجميّة ما يزال يُستخدم حتى الآن. ولكن إسهام ليفت كان أكثر عمقاً. لاحظت أن نمطاً من النجوم المعروف باسم النجوم القيفاويّة* (على اسم كوكبة قيفاوس، حيث حُدّد الأول) تنبض بإيقاع منتظم؛ نوع من خفقان القلب النجمي. كانت النجوم القيفاويّة نادرة، ولكن واحداً منها على الأقل معروف جيداً لمعظمنا. إن نجم القطب هو قيفاويّ.

نعرف الآن أن النجوم القيفاويّة تنبض؛ لأنها نجوم كبيرة عبرت «طور تعاقبها الرئيس» -في اصطلاحات علماء الفلك- وصارت عمالقة حمراً. إن كيمياء العمالقة الحمر ثقيلة جداً بالنسبة لأهدافنا هنا (تتطلب فهماً لمواصفات ذرات الهليوم المؤيّنه بنحو فردي «المحوّلة إلى أيونات»، بين أمور أخرى كثيرة)، ولكن إذا عبّرنا ببساطة فإن هذا يعني أنها تحرق وقودها المتبقي بطريقة تنتج تألقاً وبهوتاً إيقاعيين وموثوقين جداً. تجلّت عبقرية ليفت في إدراكها أننا إذا قارنّا بين الأحجام النسبية للنجوم القيفاويّة في نقاط مختلفة من السماء، نستطيع أن نستنتج مواضعها عن طريق العلاقة بين بعضها. يمكن أن تُستخدم على أنها شموع للقياس، وهذا مصطلح نحتته هي ولا يزال شائعاً. لم يقدم المنهج إلا المسافات النسبية، مغفلاً المسافات المطلقة، ولكن كانت هذه أول مرة ابتكر فيها أحد طريقة مفيدة لقياس الكون الضخم.

(ومن أجل أن نضع هذه الاستبصارات في منظور، ربما كان من الجدير بالذكر أنه في الوقت الذي كانت فيه ليفت وكانون تستنتجان مواصفات جوهرية للكون من لطخ نجوم بعيدة على ألواح فوتوغرافية، كان عالم الفلك في هارفارد وليم هـ. بيكرينغ

* أي من مجموعة من النجوم المتغيّرة التي يُنسب تغيّر لمعانها إلى تقلّص حجمها وتمدّده على نحو متعاقب.

-الـذي كان بوسعه أن ينظر عبر التلسكوب الذي مـن الصنف الأول كلما أراد- كان يطوّر نظريته الرشيميّة بأن البقع السوداء التي على القمر ناجمة عن حشود حشرات تهاجر موسميّاً.

مازجـاً عصا ليفـت اليارديّـة بالانزياحـات الحمـراء الملائمة الخاصـة بفيستو سليفـر، بـدأ هبل يقيس نقاطاً منتقـاة في الفضاء بعين جديـدة. وفي 1923 أظهر أن نفخـة من لعـاب الشمس في كوكبة أندرو ميـدا يعرف باسم إم[31] ليـس سحابة غازية مطلقـاً، وإنمـا علامة نجوم، ومجرةٍ، تبعد ثلاث مئة سنـة ضوئية في الجانب الآخر، وتبعـد على الأقل تسع مئة ألف سنة ضوئية. كان الكون أرحب، أرحب بكثير مما سبق وافترضـ أي شخصـ. وفي 1924 ألّف هبل بحثاً مهماً، بعنـوان «النجوم القيافويّة في المجرة اللولبيّة»، مظهراً أن الكون لا يتألف من الدرب اللبنية فحسب؛ بل من كثير من المجرات المستقلة: «جزر أكوان»، كثير منها أكبر من الدرب اللبنية وأكثر بعداً.

كان هـذا الاكتشـاف وحده سيضمن الشهرة لهبل، ولكنه استـدار الآن إلى مسألة استنتـاج كم هـو الكون أكبر، وقام حتـى باكتشاف أكثر قوة. بدأ هبـل يقيس أطياف المجـرات البعيـدة، وكان هذا هو العمل الذي شـرع به سليفر في آريزونـا. مستخدماً تلسكـوب هوكر الجديد في جبل ولسـون، الذي بطول 100 إنش وبعض الاستنتاجات الذكية، اكتشف في أوائل الثلاثينيات أن جميع المجرات التي في السماء (عدا عنقودنا المحلـي) تتحرك بعيداً عنّـا. فضلاً عن ذلك، إن سرعتها وبعدهـا متناسبان تقريباً: فكلما ابتعدت المجرة، كلما زادت سرعة حركتها.

كان هـذا مدهشاً بحق. كان الكون يتمدّد بسرعـة في جميع الاتجاهات. ولم يحتج الأمـر إلى كميـة كبيرة من التخيل للقراءة نحو الخلف انطلاقـاً من هذا، وإدراك أنه بالآتـي يجـب أن يكون قد بـدأ من نقطة مركزية مـا. بعيداً عن كونه الفـراغ المستقر والثابت والأبدي الذي افترضه الجميع دوماً، كان هذا كوناً له بداية.

إن الأعجوبـة -كما قال ستيفن هوكينـغ- هي أنه لا أحد اكتشف فكرة تمدد الكون من قبل. كون الكون ثابتاً كان مبدأً جلياً لنيوتن وجميع علماء الفلك المفكرين، وسينهار

علـى نفسه. كانت هناك أيضاً مشكلة أنـه إذا كانت النجوم تشتعل بنحو دائم في كون ثابت، فإنها ستسبب ارتفاع حرارة لا يُحتمل، وهي بالتأكيد حرارة عالية جداً بالنسبة لأشباهنا. لقد حلّ الكون المتمدد كثيراً من هذه الأمور بجرَّة قلم.

كان هبـل راصـداً أكثر مما هـو مفكر ولم يدرك علـى الفور المعـاني الضمنية لما اكتشفه. ويعود هذا في جزء منه إلى أنه كان يجهل بنحو مخيف نظرية النسبية، التي أبدعها آينشتاين. كان هذا فاقعاً، لسبب واحد؛ لأن آينشتاين ونظريته عمت شهرتهما العـالم. فضلاً عن ذلك، قبل ألبرت متشلسـون -الذي كان آنذاك في أعوامه الأخيرة إلا أنه كان الأكثر تيقظاً وتقديراً بين العلماء- وظيفةً في جبل ولسون؛ كي يقيس سرعة الضـوء بمقياس التداخل الذي اخترعه، ومن المؤكد أنه ذكر له إمكانية تطبيق نظرية آينشتاين على اكتشافاته.

علـى أي حال، أخفق هبل في اغتنام الفرصة النظرية حين سنحت. بدلاً من ذلك، تـرك الأمـر لباحـث وقس بلجيكي (يحمـل الدكتوراه مـن الإم آي تـي) يدعى جورج ليميـتر Georges Lemaitre كي يجمـع الخيطين في نظريته عـن «الألعاب النارية»، التـي اقترحت أن الكون بدأ مثل نقطة هندسية، مثل «ذرة أوليّة» انفجرت إلى العظمة وكانـت تتحـرك منفصلة عن بعضهـا منذ ذلك الوقـت. كانت فكـرة توقعت المفهوم الحديـث عن الانفجـار العظيم، ولكنها كانت سابقة لزمانهـا، بحيث إنّ ليميتر نادراً مـا حصل على أكـثر من الجملة أو الجملتين اللتين منحناهمـا له هنا. واحتاج العالم إلى عقـود إضافية، وإلى الاكتشـاف غير المقصود للإشعاع الخلفي الكوني، الذي قام بـه بنزياس وولسـون في هوائيهما الذي أصـدر هسيساً في نيوجرسـي، قبل أن ينتقل الانفجار الكوني من فكرة ممتعة إلى نظرية أصيلة.

لم يكن هبل ولا آينشتاين جزءاً كبيراً من تلك القصة الكبيرة. وبالرغم من أنه لم يحضر القصة أحد في ذلك الوقت، فإن الرجلين قد أنجزا كثيراً.

في 1936 نشر هبل كتاباً شعبياً بعنوان (مملكة المجرات)، شرح فيه بأسلوب مسلّ إنجازاتـه المعتبرة. وأظهر في هذا الكتاب أخيراً أنـه اطّلع على نظرية آينشتاين، إلى نقطة ما، على أي حال: لم يخصص لها إلا صفحتين من قرابة 200 صفحة.

توفي هبل إثر نوبة قلبية في 1953. وكانت تنتظره غرابة صغيرة واحدة. فلأسباب يكتنفها الغموض، رفضت زوجته إعداد جنازة له ولم تكشف أبداً ما فعلته بجثته. بعد نصف قرن لا يزال مكان جثة أعظم عالم فلك مجهولاً. يجب أن تنظروا إلى السماء وإلى تلسكوب هبل الفضائي الذي أطلق في عام 1990 تخليداً لذكراه.

الفصل التاسع

الذرّة الجبّارة

فيما كان آينشتاين وهبل يشرحان البنية الضخمة للكون، كان آخرون يصارعون لفهم شيء أكثر قرباً: الذرة الصغيرة والغامضة على الدوام.

قال عالم الفيزياء العظيم الذي من كالتيك Caltech رتشارد فينمان في إحدى المرات: إذا أردتم اختزال التاريخ العلمي إلى مقولة واحدة مهمة فستكون: «إن جميع الأشياء مصنوعة من الذرة». إنها في جميع الأمكنة وتؤلّف كل شيء. انظروا حولكم. كل شيء ذرات. ليس الأشياء الصلبة كالجدران والطاولات والمقاعد فحسب، وإنما الجو الذي في الداخل. وهي هناك في أعداد لا تستطيعون إحصاءها.

إن الترتيب الأساسي العامل للذرات هو الجزيء (وهو كلمة مشتقة من اللاتينية تعني «الكتلة الصغيرة»). ويتألف الجزيء من ذرّتين أو أكثر تعملان في ترتيب ثابت تقريباً: أضفْ ذرتين من الهيدروجين إلى ذرة أوكسجين وستحصل على جزيء ماء. ويميل الكيميائيون إلى التفكير من زاوية الجزيئات لا العناصر، كما يفكر الكتاب من زاوية الكلمات لا الأحرف، وهكذا فهم يحصون الجزيئات وهذه كثيرة جداً في أقل تقدير. فعلى مستوى البحر، وفي درجة حرارة تبلغ الصفر على المقياس السنتغرادي، إن سنتمتراً مكعباً من الهواء (أي فراغ بحجم قطعة سكّر) يحتوي على 45 بليون جزيء. والجزيئات موجودة في كل سنتمتر مكعب ترونه حولكم. فكّروا كم هناك من السنتمترات المكعبة في العالم خارج نافذتكم، وكم سيحتاج الأمر إلى مكعبات سكّر لملء ذلك المنظر. ثم فكّروا كم سيحتاج الأمر إلى بناء كون. إن الذرات هي -باختصار- وافرة جداً.

إن الذرات مستمرة بشكل يفوق الخيال. ولأن حياتها طويلة، فإنها في الواقع تنتشر حولنا. فكل ذرة تمتلكونها مرت بالتأكيد عبر العديد من النجوم، وكانت جزءاً من

ملايين من المتعضيّات في طريقها لتصبح أنتم. فنحن غزيرون جداً على الصعيد الذري ويعاد تصنيعنا بقوة عند الموت بحيث إنّ عدداً كبيراً من ذراتنا بليون لكل منا، كما قيل كان على الأرجح مرة لشكسبير. وجاءت بلايين أخرى من بوذا وجنكيز خان وبيتهوفن، وأي شخصية تاريخية تهتم بتسميتها. (وعلى ما يبدو يجب أن تكون الشخصيات تاريخية بما أن الأمر يستغرق عدة عقود بالنسبة للذرات؛ كي تُوزّع بنحو كامل؛ ومهما رغبت بالأمر، فإنك لست متوحداً مع ألفيس بريسلي).

وهكذا فإننا جميعاً تجسّدات جديدة، بالرغم من أن حياتنا قصيرة. فحين نموت، تتفرّق ذرّاتنا وتنتقل للعثور على استخدامات جديدة في مكان آخر كجزء من ورقة أو كائن بشري آخر أو قطرة ندى. والذرات نفسها -على أي حال- تستمر عملياً إلى الأبد. ولا أحد يعرف بالفعل كم يمكن أن تحيا ذرة، ولكن بحسب مارتن ريس فإنها تحيا على الأرجح 10^{35} أعوام، وهذا رقم كبير جداً بحيث إنّني سعيد للتعبير عنه بترميز رياضي.

فضلاً عن ذلك، إن الذرات صغيرة؛ صغيرة جداً بالفعل. إن نصف مليون منها إذا تراصف إلى جانب بعضه بعضاً يستطيع أن يختفي خلف شعرة. وعلى ميزان كهذا من المستحيل تخيّل ذرة وحيدة جوهرياً، ولكننا نستطيع أن نحاول بالطبع.

ابدؤوا بالمليمتر، الذي هو خط بهذا الطول. تخيّلوا الآن أن هذا الخط مقسّم إلى ألف قطعة مساوية. إن كلاً من هذه القطع هو ميكرون*. وهذا هو ميزان المتعضّي المجهري. إن برامسيوم عادي، على سبيل المثال وهو أحادي الخلية يعيش في المياه العذبة يبلغ عرضه نحو 2 ميكرون، 0.002 مليمتر، وهذا حقاً صغير جداً. إذا أردتم أن تروا بأعينكم المجردة هذا الحيوان وهو يسبح في قطرة ماء، فعليكم أن تكبّروا هذه القطرة إلى تصبح بعرض 12 متراً. على أي حال، إذا أردتم أن تروا الذرات في القطرة نفسها، فعليكم أن تجعلوا القطرة بعرض 24 كيلومتراً.

بتعبير آخر، توجد الذرات على ميزان من الصغر من نظام آخر تماماً. وللنزول إلى مستوى الذرات، عليك أن تأخذ كلاً من هذه القطع الميكرونية وتقطعها إلى عشرة

* جزء من المليون من المتر. المترجم.

آلاف قطعة أكثر صغراً. هذا هو قياس الذرة: جزء من عشرة ملايين من المليمتر. إن هـذه درجة من الصغر تتجاوز مقـدرة مخيلاتنا، ولكنكم تستطيعون أن تأخذوا فكرة عـن النِسب إذا وضعتم في أذهانكـم أن ذرة واحدة، هي بالنسبة لخط الميليمتر ذاك في الأعلى بسماكة الورقة بالنسبة لارتفاع مبنى الإمبايرستيت.

إن الوفـرة والاستمراريـة المفرطـة للذرات هي التـي تجعلها مفيـدة، أما صغرها فيجعـل من الصعب رصدها وفهمهـا. إن إدراك أن الذرات هي هـذه الأمور الثلاثة: صغـيرة، وافرة، وغير قابلة للتدمير عمليـاً، وأن جميع الأشياء تُصنع منها، لم يخطر في البدايـة لأنطوان لوران لافوازييه، كما يمكن أن تتوقعوا، أو حتى لهنري كافندش أو همفري ديفي، وإنما خطرت لصَاحِبيٍّ بريطاني نادرٍ وجيدِ الثقافة يُدعى جون دالتون، تحدثنا عنه في الفصل السابع.

وُلد دالتون في 1766 عند حافة مقاطعة ليك، قرب كوكرماوث، لأسرة من النسّاجين الصاحبيـين الفقراء والمتديـنين. (بعد أربع سنوات جاء الشاعـر وليم وردزورث إلى العـالم في كوكرماوث) كان دالتون طالباً ذكياً على نحو استثنائي ومتألقاً جداً، بحيث إنّـه في ذلك السن الفتـي في الثانية عشرة وُضـع تحت مسؤولية المدرسـة الصاحبيّة المحليـة. وربما يتحدث هذا عن المدرسة بقدر مـا يتحدث عن إدراك دالتون السّبقي، ولكن ربما لا: فنحن نعرف من يومياته أنه في هذا الوقت كان يقرأ كتاب المبادئ لنيوتن في أصلـه اللاتيني بتعبير آخر، كان يتمتع بطبيعة متحدية بنحو مشابه. وفي الخامسة عشـرة -وكان مـا يزال يدرّس في المدرسة- حصل على عمـل في بلدة كندال القريبة، وبعـد عقد من هذا انتقل إلى مانشستر حيث نـادراً ما غادرها في السنوات الخمسين المتبقيّـة مـن حياته. وفي مانشسـتر، صار زوبعـة فكرية، وألف الكتـب والأبحاث عن موضوعات تتسلسل من علم الأرصاد الجوية إلى النحو. إن عمى الألوان -الذي عانى منه- دعي لوقت طويل باسم الدالتونية بسبب دراساته. لكنّ كتاباً مهماً بعنوان: منهج جديد لفلسفة الكيمياء الذي نُشر في 1808 هو الذي صنع شهرته.

في هـذا الكتـاب -وفي فصل قصير مؤلف من خمس صفحات فحسب (من كتاب يتألـف من أكـثر من 900 صفحة)- تعرّف رجال العلم لأول مرة على الذرات بطريقة

قريبة إلى مفهومهم الحديث. كان استبصار دالتون البسيط هو أنه في جذر المادة كلها ثمة جزيئات مفرطة الصغر غير قابلة للاختزال. «نستطيع إدخال كوكب جديد في المنظومة الشمسية أو أن ندمر آخر موجوداً، ولا نستطيع أن ندمر أو نخلق جزيئاً من الهيدروجين» كما قال.

لم تكن فكرة الذرات ولا المصطلح نفسه جديدين تماماً. فقد طور كليهما اليونانيون. وكان إسهام دالتون هو أن يفكّر في الأحجام النسبية ومواصفات هذه الذرات وكيف تتلاءم سوية. كان يعرف - على سبيل المثال - أن الهيدروجين هو أخفّ عُنصر، بحيث أعطاه الوزن الذري 1. اعتُقد أيضاً أن الماء يتألّف من سبعة أجزاء من الأوكسجين مقابل واحد من الهيدروجين، وهكذا مُنح الأوكسجين الوزن الذري 7. كان قادراً بوسائل كهذه على الوصول إلى الأوزان النسبية للعناصر المعروفة. ولم يكن دائماً مصيباً جداً، إن الوزن الذري للأوكسجين هو في الحقيقة 16، وليس 7 ولكن المبدأ كان صحيحاً ووضع أساساً للكيمياء الحديثة كلها ولكثير من بقية العلم الحديث.

جعل هذا العمل دالتون مشهوراً، بالرغم من أن شهرته كانت شهرة محدودة، على غرار الصاحبي الإنكليزي. ففي 1826، سافر عالم الكيمياء الفرنسي ب.ج. بليتييه P.J. Pelletier إلى مانشستر لمقابلة البطل الذري. توقّع (بليتييه) أن يجده متمتّعاً بحدس مهيب ما، ولكنه دُهش حين اكتشف أنه يعلّم مبادئ الحساب الأولى للفتيان في مدرسة صغيرة في شارع خلفي. وبحسب المؤرخ العلمي ي.ج.هوليارد، تلعثم بليتييه المشوش لدى رؤية الرجل العظيم:

هل لي الشرف بمقابلة السيد دالتون؟ إذ بالكاد صدق عينيه أن عالم الكيمياء ذا الشهرة الأوروبية، كان يعلّم فتى مبادئه الأولى الأربعة. «نعم»، قال الصاحبي العملي.

«هل يمكن أن تجلس؛ حتى أوضح هذه الفكرة الحسابية لهذا الفتى؟».

وبالرغم من أن دالتون حاول أن يتجنّب جميع التكريمات، فقد انتُخب في الجمعية الملكية ضد رغباته، وتدفقت عليه الأوسمة ومُنح معاشاً حكومياً جيداً. وحين وافته المنيّة في 1844، نظر أربعون ألف شخص إلى الكفن وامتد موكب الجنازة ميلين. أما

مدخلـه في قاموس السيرة الذاتية القومية فهـو الأطول، ولا يبذه في طوله بين مداخل علماء القرن التاسع عشر سوى المدخلين الخاصين بدارون وليل.

بعـد أن قـدم دالتون اقتراحه، بقي فرضيـاً بشكل كامل طوال قـرن، وشكّك بعض العلمـاء البارزيـن ومنهم عـالم الفيزياء الفيينـي إرنست مـاخ Ernest Mach، الذي سُجّل له اكتشاف سرعة الصوت بوجود الذرات. «لا يمكن إدراك الذرات بالحواس... إنها أمور خاصة بالفكر»، كما كتب. هكذا كان الارتياب الذي نُظر به إلى وجود الذرات في العـالم الناطق بالألمانيـة خاصة، الذي قيل: إنـه أدى دوراً في انتحار عالم الفيزياء النظرية العظيم والمتحمس الذري لودفيغ بولتزمان Ludwig Boltzmann في 1906.

كان آينشتايـن هو الذي قدّم الدليل الأول غـير القابل للدحض عن وجود الذرات في بحثه المتعلق بالحركة البراونية في 1905، ولكن هذا لم يجذب انتباهاً يُذكر، وعلى أي حال كان آينشتاين مستهلكاً من عمله في نظرية النسبية العامة. وهكذا فإن البطل الحقيقـي الأول للعصـر الذري -هذا إن لم يكـن الشخصيـة الأولى في المشهد- هو إرنست رزرفورد.

وُلد رزفورد في 1871 في المباني الخلفية في نيوزلندة لوالدين هاجرا من أسكتلندة؛ كـي يزرعا قليلاً من نبات الكتـان وينجبا كثيراً من الأولاد (بحسب ستيفن واينبرغ). ولأنـه نشـأ في جزء بعيد من بلاد بعيدة، كان بعيداً عن الاتجاه السائد للعلم، ولكن في عـام 1895 حصل على منحـة أخذته إلى مختبر كافندش في جامعة كمبردج، الذي صار أكثر الأماكن أهمية في العالم للعمل في الفيزياء.

كان علمـاء الفيزياء يحتقرون بنحو مشهور العلماء في ميادين أخرى. فحين قامت زوجة عالم الفيزياء النمساوي العظيم ولفانغ بولي بتركه من أجل عالم كيمياء، صُعق غـير مصـدّق. وقال متعجباً لصديـق: «لو أنها تزوجت مصارع ثـيران لفهمت الأمر، ولكن كيميائياً...!!».

كان هـذا شعـوراً سيفهمه رزرفورد. فقد قال مرة في سطـر استخدم مرات كثيرة منـذ ذلـك الوقت: «إن العلم هـو إما الفيزيـاء أو جمع الطوابع». وكانـت المفارقة أنه حصل على جائزة نوبل في 1908 في الكيمياء وليس في الفيزياء.

كان رزرفـورد رجلاً محظوظاً وعبقريـاً، وكان أكثر حظاً؛ لأنه عاش في وقت كانت فيـه الفيزيـاء والكيمياء مثيرتـين جداً ومتطابقتـين (هذا ما شعر بـه). ولكنهما لن يتطابقا أبداً بعد الآن.

وبالرغـم مـن كل نجاحـه، لم يكن رزرفـورد شخصـاً متألقاً وكان سيئـاً جداً في الرياضيـات. وغالباً في أثنـاء المحاضرات كان يضيع في معادلاتـه بحيث كان يتوقف في منتصفهـا، ويطلب من التلاميذ أن يحلّوها بأنفسهـم. وبحسب زميله لوقت طويل جيمـس تشادويك - مكتشف النيوترون - لم يكن ذكيـاً حتى في التجريب. كان عنيداً ومنفتـح الذهن. وبدلاً من التألـق كان لديه المكر ونوع من الجسارة. وكان ذهنه، على حد قول كاتب سيرته الذاتية: «يعمل دوماً على تخطي الحدود قدر استطاعته، وتجاوز في هـذا معظم الرجال الآخرين». فحين تواجهه مشكلة عسيرة، كان يعمل عليها بجد ويخصصـ لها وقتاً أطول مما يخصصه لها الجميع، وكان أكثر انفتاحاً على الشروح غير الأرثوذكسية. وحقق فتحه العلمي الأعظم لأنه كان مستعداً لقضاء ساعات طويلة مملة جداً جالساً إلى شاشة يحصي إيماضات الجسيمات الألفاوية؛ كما كانت تُدعى. وكان هـذا نوعـاً من العمـل يُعهد عادة لشخص آخـر. كان أول مـن رأى أنه إذا تمت السيطرة على القوة الكامنة في الذرة، فإنها ستصنع قنابل قوية بما يكفي «لجعل هذا العالم القديم يتلاشى في الدخان».

كان رزفورد كبيراً ومزدهراً على المستوى الفيزيائي، بصوت جعل الجبناء يجفلون. مـرة حـين قيل لزميـل: إن رزرفـورد كان على وشـك صناعة بث إذاعـي عبر المحيط الأطلسي، سأل بجفاف: «لماذا استخدام المذياع؟» كان لديه أيضاً كمية كبيرة من الثقة الطيبة. حين قال له أحدهم: إنه يبدو دوماً في أعلى الموجة، أجابه: «حسناً -في النهاية- أنا صنعت الموجة، أليس كذلك؟» وتذكر (سي.بي. سنو) كيف أنه في محل للخياطة في كمبردج، سمع رزرفورد يقول: «كل يوم يكبر مقاس خصري وكذلك عقلي».

ولكـن كثيراً مـن المقاس والشهـرة كانا ينتظرانـه في 1895 حـين أمضى وقته في مخـبر كافندش*. كانت هذه مـدة زاخرة جـداً بالأحداث بالنسبة للعلـم. ففي عام

* أتى الاسم من آل كافندش الذي انحدر منهم هنري. كان هذا وليم كافندش؛ الدوق السابع لديفونشير، وكان رياضياً موهوباً وبارون فولاذ في إنكلترة الفكتورية. وفي 1870 منح الجامعة 6.300 جنيه إسترليني لبناء مختبر للتجارب.

وصول رزرفورد إلى كمبردج، اكتشف فيلهلم روينتجن أشعة إكس في جامعة وزربورغ في ألمانية؛ في العام اللاحق، اكتشف هنري بكويريل الإشعاعية. وكان مختبر كافندش على وشك الوصول إلى مدة من العظمة. ففي 1897، اكتشف ج.ج.تومسون وزملاؤه الإلكترون هناك، وفي 1911 أنتج هناك (سي.ت.ر. ولسون) فاحص الجزيء الأول (كما سنرى)، وفي 1932 اكتشف جيمس تشادويك النيترون. وفيما بعد، (في 1953)، اكتشف جيمس واطسون وفرانسيس كريك بنية (DNA) في كافندش.

عمل رزرفورد في البداية على موجات المذياع، حقق بعض التميّز حين نجح في بث إشارة موجزة إلى أبعد من ميل، وكان هذا إنجازاً معقولاً جداً في ذلك الوقت، ولكنه تخلى عن ذلك حين أقنعه زميل أن للمذياع مستقبلاً غير ذي أهمية. في المجمل، وعلى أي حال لم يزدهر رزرفورد في كافندش، وبعد ثلاثة أعوام شعر أنه ضيع وقته هناك، فتولى منصباً في جامعة مجيل في مونتريال، حيث بدأ صعوده الطويل والمطرد إلى العظمة. وفي الوقت الذي حصل فيه على جائزة نوبل (من أجل «استقصاءات في تحلل العناصر، وكيمياء المواد المشعة»، كما أورد رسمياً) انتقل إلى جامعة مانشستر، وهناك - في الحقيقة - قام بعمله الأكثر أهمية وهو تحديد بنية الذرة وطبيعتها.

كان من المعروف في أوائل القرن العشرين أن الذرات مصنوعة من أجزاء كما بيّن اكتشاف طومسون للإلكترون، ولكن لم يكن معروفاً كم عدد الأجزاء أو كيف تلاءمت معاً أو الشكل الذي اتخذته. اعتقد بعض علماء الفيزياء أن الذرات يمكن أن تكون مكعبة الشكل؛ لأن المكعبات تُجمع سوية بأناقة دون أن تضيّع أي فراغ. أما الصورة الأكثر عمومية -على أي حال- فهي أن الذرة كانت تشبه أكثر كعكة المشمش أو فطيرة الخوخ: شيء كثيف وصلب يحمل شحنة موجبة ولكنه مزوّد بإلكترونات ذات شحنات سلبية، على غرار المشمش في الكعكة.

وفي 1910 (وبمساعدة من طالبه هانز جيجر، الذي سيخترع فيما بعد راصد الإشعاع الذي حمل اسمه) قام رزرفورد بإطلاق ذرات الهليوم المؤيّنة، أو جزيئات ألفا، على رقاقةٍ من رقاقات الذهب*. بما فاجأ رزرفورد، هو أن الجزيئات ارتدت إلى

* صار جيجر فيما بعد نازياً مخلصاً، وخان دون تردد زملاءه اليهود، وبينهم كثيرون من الذين ساعدوه.

الخلـف. كان الأمـر كما قال كما لو أنه أطلق قذيفة طولهـا 15 إنشاً على لوح فارتدت عائـدة إلى حضنـه. كان من غير المفترض أن يحدث هذا. وبعد تأمل معتبر أدرك أنه لا يمكـن أن يكـون هناك إلا شرح واحد ممكن: إن الجزيئـات التي ارتدت إلى الخلف كانـت تضرب شيئاً ما صغيراً وكثيفاً في قلب الـذرة، بينما الجزيئات الأخرى أبحرت دون عائـق. كانت الذرة -كما أدرك رزرفورد- فضـاء فارغاً تقريباً، بنواة كثيفة جداً في مركزهـا. كان هذا اكتشافاً مجزياً جداً، ولكنـه طرح مشكلة فورية. بحسب جميع قوانين الفيزياء التقليدية، يجب من ثمّ ألا توجد الذرات.

دعونا نتوقّف للحظة ونفكّر ببنية الذرّة كما نعرفها الآن. إن كل ذرة هي مصنوعة مـن ثلاثة أنواع من الجزيئات الأولية: البروتونـات، التي تحتوي على شحنة كهربائية موجبـة؛ والإلكترونات، التي تملك شحنة كهربائية سالبة؛ والنيوترونات التي لا تملك أي شحنـة. إن البروتونـات والنيوترونات موجودة في النواة، بينمـا الإلكترونات تدور حولهـا في الخارج. إن عدد البروتونات هو الذي يمنح الـذرة هويتها الكيماوية. فذرة ببروتون واحد هي ذرة هيدروجين، التي باثنين هي ذرة هليوم، والتي بثلاثة بروتونات هـي ذرة لثيـوم، وإلى ما هنالـك على المقياس. وفي كل مرة تضيـف بروتوناً تحصل علـى عنصر. (لأن عـدد البروتونات في ذرة يتوازن دوماً بعدد مساوٍ من الإلكترونات، سـترون أحياناً أنه مكتـوب أن عدد الإلكترونات هو الذي يحـدد عنصراً؛ وهذا يعني الشـيء نفسـه. إن الطريقة التـي شُرح بها الأمـر لي هو أن البروتونـات تمنح الذرة هويّتها، أما الإلكترونات فتمنحها شخصيتها).

لا تؤثر النيوترونات على هوية الذرة، ولكنها تضيف إلى كتلتها. فعدد النيوترونات هـو عادة مساوٍ لعـدد البروتونات، ولكنه يمكن أن يتنوع زيـادة أو نقصاً بنحو ضئيل. أضيفـوا أو أنقصـوا نيوترونـاً أو اثنين وتحصلـون على نظـير. إن المصطلحات التي تسمعـون بها تشير إلى تقنيات التأريخ في الأركيولوجيـا تشير إلى النظائر كربون 14 علـى سبيل المثال، التي هي ذرة من الكربـون بستة بروتونات وثماني نيوترونات (و14 هو حاصل جمع الاثنين).

تحتل النيوترونات والبروتونات نواة الذرة. ونواة الذرة صغيرة جداً لا تشكل إلا جزءاً من مليون من بليون من الحجم الكلي لذرة، ولكنها كثيفة بنحو يفوق التصور، بما أنها تحتوي في الواقع على كتلة الذرة كلها. وكما عبّر كروبر عن الأمر، إذا ما تم توسيع الذرة إلى حجم كاتدرائية، فإن النواة لن تكون إلا بحجم ذبابة ولكنها ذبابة أثقل بآلاف المرات من الكاتدرائية. كان هذا الاتساع هذا الفراغ الباهر غير المتوقع هو الذي جعل رزرفورد يحك رأسه في 1910.

لا يزال من المذهل أن نفكّر في أن الذرات فضاء فارغ تقريباً، وفي أن الصلابة التي نجرّبها في كل مكان حولنا وهم. فحين يجتمع شيئان في العالم الواقعي غالباً ما تُستخدم كرات البلياردو بوصفها مثالاً للتوضيح، فإنهما في الحقيقة لا يصطدمان. بل كما يشرح تيموثي فيريس: «إن الحقول المشحونة سلبياً للكرتين تدفع بعضها... ولولا شحناتها الكهربائية فإنها تستطيع -على غرار المجرّات- أن تمر عبر بعضها دون أن تصاب بأذى». وحين تجلس على كرسي، فأنت في الحقيقة لا تجلس عليه، وإنما ترتفع فوقه بارتفاع أنغستروم (جزء من مئة مليون جزء من السنتيمتر)، فإلكتروناتك وإلكتروناته معارضة بشكل عنيد لأي علاقة حميمية.

إن الصورة التي يتخيّلها الجميع عن الذرة هي إلكترون أو اثنان يطيران حول نواة، كالكواكب التي تدور حول الشمس. ابتكرت الصورة في 1904، وكانت مستندة إلى أكثر من تخمين قام به عالم فيزياء ياباني يُدعى هانتارو ناجوكا. إنها صورة مغلوطة، ولكنها استمرت طويلاً. وكما أحب إسحاق أسيموف أن ينبه: «لقد ألهمت أجيالاً من كتاب قصص الخيال العلمي لإبداع قصص عن عوالم داخل عوالم، تصبح فيها الذرات منظومات شمسية صغيرة مسكونة أو يتبين أن منظوماتنا الشمسية ذرة في خطط أكثر ضخامة». وتستخدم الهيئة الأوروبية للأبحاث النووية حتى الآن صورة ناجوكا شعاراً على موقعها على الإنترنت. وفي الحقيقة -وكما أدرك علماء الفيزياء حالاً- إن الإلكترونات ليست كالكواكب الدائرة مطلقاً، ولكنها تشبه أكثر شفرات المراوح الدائرة، وتملأ كل جزء من الفراغ في مداراتها بنحو متزامن (ولكن بفرق حاسم هو أن شفرات المراوح قد تبدو كأنها في كل مكان في الوقت نفسه؛ أما الإلكترونات فلا).

مـن المفيـد القول: إن كثـيراً من هذا فُهـم في 1910 أو في كثير مـن السنوات التي أعقبـت ذلك. لقد طـرح اكتشاف رزرفورد مشـكلات فورية ضخمـة، ومنها أنه يجب ألا يكـون أي إلكـترون قادراً على الـدوران حول نواة دون أن يتحطـم. فبحسب نظرية الديناميـكا الحرارية التقليدية إن إلكتروناً طائراً يجب أن تنتهي طاقته بسرعة كبيرة في لحظـة، أو مـا يقارب ذلك ويتجه لولبياً إلى النواة مسبباً نتائج كارثية للاثنين. كان هناك أيضـاً مشكلةٌ هي كيف تستطيع البروتونات، بشحناتها الموجبة، أن تجتمع سوية داخل النواة دون أن تفجّر نفسها وبقية الذرة. ومن الواضح أن ما يحدث في عالم ما هو متناهي الصغر ليس محكوماً بالقوانين، التي تُطبق في عالم ما هو كبير كما نتوقع.

وعندمـا بدأ علماء الفيزياء يغوصون في هذا الحقل الـدُوذريّ، أدركوا أنه لم يكن مختلفاً عن أي شيء نعرفه فحسب، بل مختلف عن أي شيء سبق وتم تصوره. وقد قال رتشـارد فينمان مرة: «لأن السلوك الذري مختلف عـن التجربة العادية، من الصعب جداً أن نعتاد عليه ويبدو فريداً وغامضاً للجميع؛ لعالم الفيزياء المبتدئ وللمجرّب في آن واحد». حين قام فينمان بهذا التعليق، كان علماء الفيزياء قد استغرقوا نصف قرن للتكيّـف مع غرابة السلوك الـذري. وهكذا فكّروا كيف كان شعور رزرفورد وزملائه في العقد الأول من القرن العشرين حين كان كل هذا جديداً تماماً.

كان أحـد الأشخاص الذين يعملون مع رزرفورد شاباً رقيقـاً ودمثاً من الدانمرك يُدعـى نيلـز بوهـر Niels Bohr. في 1913، وفيمـا كان يفكر في بنيـة الذرة، خطرت لبوهر فكرة مثيرة بحيث أجّل شهر عسله؛ كي يكتب ما صار بحثاً وعدَّ نقطة تحوّل.

ولأن علماء الفيزياء لم يستطيعوا رؤية أي شيء بصغر الذرة، اضطروا إلى محاولة استنتـاج بنيتهـا مـن سلوكها حين يفعلـون أشياء بهـا، كما فعل رزرفـورد حين أطلق جزيئات ألفا على لوح معدني. أحياناً -وبنحو غير مفاجئ- كانت نتائج هذه التجارب محـيّرة. وكان أحد الألغاز الذي خيم لوقت طويل يتعلـق بالقراءات الطيفية للأطوال الموجية للهيدروجين. وقد أنتجت هذه نماذج تُظهر أن ذرات الهيدروجين انبعثت منها طاقـة في أطوال موجية معيّنة، ولكن ليس في أخرى. بـدا الأمر وكأن شخصاً خاضعاً

للمراقبة واصل الظهور في أمكنة معيّنة ولكنه لم يُر أبداً يتنقل بينها. لم يستطع أحد أن يفهم لماذا يحدث هذا.

وفي أثناء التفكير المحيّر بهذه المشكلة صُعق بوهر حين وصل إلى حل، وأنتج بحثه المشهور الذي دعي «في بنى الذرات والجزيئات»، الذي شرح «كيف تحمي الإلكترونات نفسها من السقوط في النواة» مقترحاً أنها تحتل مدارات محددة جيداً فحسب. وبحسب النظرية الجديدة، إن إلكتروناً يتحرّك بين المدارات سيختفي من واحد ويظهر في آخر على الفور دون أن يزور الفراغ الذي بينهما. إن هذه الفكرة الوثبة الكمية الشهيرة هي بالطبع غريبة جداً، ولو أنها لم تكن صحيحة لكان هذا أفضل. لم تمنع الإلكترونات من السقوط اللولبي بنحو كارثي في النواة فحسب، وإنما شرحت أيضاً الأطوال الموجية المحيّرة للهيدروجين. لقد ظهرت الإلكترونات في مدارات معيّنة فحسب؛ لأنها وُجدت فقط في مدارات معيّنة. كان هذا اكتشافاً صاعقاً أدى إلى منح بوهر جائزة نوبل في الفيزياء في 1922، بعد عام من حصول آينشتاين على الجائزة.

في غضون ذلك، ابتكر رزرفورد الذي لا يكلّ، الذي عاد الآن إلى كمبريدج؛ كي يخلف ج.ج.طومسون؛ ليكون رئيساً لمخبر كافندش، نموذجاً يشرح لماذا لا تنفجر النواة. فقد رأى أن الشحنة الإيجابية للبروتونات يجب أن تكون فرعاً من نمط معين من الجزيئات المعطِّلة، التي دعاها بالنيوترونات. كانت الفكرة بسيطة ومغرية، ولكن لم يكن من السهل إثباتها. وخصّص معاون رزرفورد -جيمس تشادويك- أحد عشر عاماً من العمل المكثّف في البحث عن النيوترونات إلى أن نجح في النهاية في عام 1932. مُنح هو أيضاً جائزة نوبل في الفيزياء في عام 1935. وكما يشير بورس وزملاؤه في كتابهم الذي يؤرخ للموضوع، كان التأخر في الاكتشاف شيئاً جيداً جداً على الأرجح، بما أن التحكم بالنيوترون كان جوهرياً لتطوير القنبلة الذرية. (لأن النيوترونات لا تمتلك شحنة، فإن الحقول الكهربائية التي في قلب الذرة لا تصدّها وهكذا يمكن أن تُطلق كطوربيدات صغيرة إلى نواة ذرية، مطلقة العملية التدميرية المعروفة باسم الانشطار). وقالوا: إنه لو تم عزل النيوترون في العشرينيات، «لكانت القنبلة الذرية قد طُوّرت أولاً في أوروبة، على يد الألمان دون شك».

وكما حدث، حاول الأوروبيون جاهدين فهم السلوك الغريب للإلكترون. وكانت المشكلة الرئيسة التي واجهوها هي: إن الإلكترون كان يتصرف أحياناً مثل جزيء وأحياناً مثل موجة. دفعت هذه الثنائية المنافية للعقل علماء الفيزياء إلى الجنون تقريباً. وفي العقد اللاحق، وفي أنحاء أوروبة كلها، فكّروا بجنون، وكتبوا، وقدموا فرضيات متنافسة. ففي فرنسة، اكتشف الأمير لويس فكتور دي بروغلي Louis Victor de Broglie -سليل أسرة من الدوقات- أن بعض الشذوذات في سلوك الإلكترونات تختفي حين ينظر إليها المرء بوصفها موجات. أثارت هذه الملاحظة انتباه النمساوي إرفن شرودنغر Erwin Schrodinger، الذي قام ببعض عمليات الصقل الرائعة وابتكر منهجاً ملائماً يُدعى الميكانيكا الموجيّة. وفي الوقت نفسه تقريباً، ابتكر عالم الفيزياء الألماني فيرنر هايزنبرغ Werner Heisenberg نظرية منافسة تدعى matrix mechanics. كانت معقدة منهجياً، بحيث لم يستطع فهمها أي شخص، حتى هايزنبرغ نفسه (لا أعرف حتى ما هي matrix)، هذا ما قاله هايزنبرغ يائساً لصديق)، ولكن بدا كأنها تحلّ مشكلات معيّنة فشلت في شرحها موجات شرودنغر.

كانت النتيجة أن الفيزياء اشتملت على نظريتين، تستندان إلى فرضيتين متصارعتين، أنتجتا النتيجة نفسها. كان موقفاً محيّراً.

وأخيراً في عام 1922، وصل هايزنبرغ إلى التسوية المحتفى بها، منتجاً نظاماً جديداً عُرف باسم ميكانيكا الكم. في قلبها كان هناك مبدأ هايزنبرغ الذي يُدعى مبدأ اللايقين، الذي يقر أن الإلكترون جزيء ولكنه جزيء يمكن أن يوصف من زاوية الموجات. إن اللايقين الذي بُنيت حوله النظرية هو أننا نستطيع معرفة الممر الذي يسلكه إلكترون وهو يتحرك عبر فضاء، أو نستطيع أن نعرف أين هو في لحظة مفترضة، ولكننا لا نستطيع معرفة كليهما*. إن أي محاولة لقياس واحد ستزعج الآخر بشكل لا يمكن تجنّبه. ليست هذه مسألة الحاجة إلى أدوات أكثر دقة؛ إنها صفة ثابتة للكون.

* هناك قليل من عدم اليقين حيال استخدام كلمة الشك بخصوص مبدأ هايزنبرغ. فقد قال مايكل فرايان -في مقدمة لاحقة لمسرحيته كوبنهاجن-: إن عدة كلمات في الألمانية استُخدمت من قبل المترجمين، ولكنهم لم يعثروا على كلمة تعادل كلمة عدم اليقين. ويقترح فرايان أن اللاتحديدية ستكون كلمة أفضل للمبدأ. أما هايزنبرغ، فقد استخدم كلمة عدم اليقين.

مـا يعنيـه هذا عملياً هو أنك لا تستطيع أن تتنبـأ أبداً أين سيكون الإلكترون في أي لحظة مفترضة. تستطيع أن تسجّل احتمال كونه هناك فحسب. بمعنى ما -وكما عبرّ دينس أوفرباي عن الأمر- إن الإلكترون لا يوجد إلى أن يُرصد. أو إذا عبرّنا عن الأمر بنحـو مختلـف قليـلاً، إن الإلكترون يجب أن يُعـدّ على أنه «في كل مـكان وليس في أي مكان» إلى أن يُرصد.

إذا بـدا هـذا مشوّشـاً، يمكـن أن تريحكم قليـلاً معرفة أنـه كان مشوّشـاً لعلماء الفيزيـاء، أيضـاً. وقال أوفرباي: «قـال بوهر مرة: إن الشخص الـذي لا يغضب لدى سماعـه للمرة الأولى بنظريـة الكم فهو لم يفهم ما قيل». وحـين سُئل هايزنبرغ كيف يمكن أن يتصور المرء ذرة، أجاب: «لا تحاول».

وهكـذا تبـيّن أن الذرة مختلفة عن الصورة التي كانت سائـدة لدى معظم البشر. فالإلكترون لا يحلّق حول النواة كما يدور كوكب حول الشمس، ولكن بدلاً من ذلك يأخذ الشـكل غير المحـدد لغيمة. إن «صدفة» الذرة ليست علبة صلبـة مشعة -كما تشجّعنا الرسـوم أحياناً علـى الافتراض- وإنما الجزء الأقصى من هـذه السحب الإلكترونية غـير الواضحة. إن الغيمة نفسها هي جوهرياً منطقة من الاحتمالية الإحصائية فكما حسـب، تحـدّد المنطقة التي وراءها يضـل الإلكترون في أحيان نادرة جـداً. هكذا، إن الـذرة -إذا استطعتـم رؤيتهـا- تبدو ككرة تنـس غامضة جداً أكثر ممـا تبدو ككرة معدنيـة حادّة الحواف (ولكنهـا لا تشبه أيّاً منهما كثـيراً، أو -في الواقع- لا تشبه أي شـيء سبق ورأيتموه؛ فنحـن -في النهاية- نتعامل هنا مع عالم مختلف جداً عن الذي نراه حولنا).

يبـدو كأنه لا يوجد نهاية للغرابة. للمرة الأولى -كما عبر جيمس تريفيل عن الأمر- واجه العلماء «منطقة في الكون ليست أدمغتنا مجهزة لفهمها». أو، كما عبرّ فينمان: «إن الأشياء على ميزان صغير تتصرف بشكل مختلف عن الأشياء على ميزان كبير». وكلما غاص علماء الفيزياء إلى أعمق، أدركوا أنهم يكتشفون عالماً لا تستطيع فيه الإلكترونات أن تقفز من مدار إلى آخر دون أن تسافر عبر أي فضاء فاصل فحسب، بل حيث تستطيع المـادة أيضاً أن تقفز إلى الوجود من العدم تماماً، «مفترضين» -بكلمات آلن لايتمان في معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا- «أنها تختفي تماماً بسرعة كافية».

ربما ما هو أكثر سحراً في اللا احتماليات الكوانتية هو الفكرة، التي نشأت من مبدأ العـزل الذي وضعه ولفانغ بولي في 1925، الذي يقول: إن أزواجاً معيّنة من الجزيئات الدُوذريـة، حتـى حين تُفصل بالمسافات الأكثر اعتبـاراً، يستطيع كل منها أن «يعرف» على الفور ما الذي يفعله الآخر. تمتلك الجزيئات صفة تُعرف باسم الدوران، وبحسب النظريـة الكمية، في اللحظـة التي تحدد فيها دوران جزيء، فـإن شقيقه -مهما كان بعيداً- سيبدأ على الفور بالدوران في الجهة المعاكسة وبالسرعة نفسها.

يبـدو الأمر، كما عـبّر الكاتب العلمي لورنـس جوزف - «كأنه لديـك كرتا بليارد، واحدة في أوهايو والأخرى في فيجي، وأنه في اللحظة التي تضرب فيها واحدة وتجعلها تدور فإن الأخرى ستدور على الفور في اتجاه معاكس بالسرعة نفسها تماماً». وعلى نحو لافـت للنظر، بُرهنت الظاهرة في 1997 حـين أرسل علماء الفيزياء في جامعة جنيف الفوتونـات سبعـة أميـال في جهة معاكسة، وبيّنـوا أن التدخل في واحـد أثار استجابة فورية في آخر.

وصلـت الأمـور إلى درجة أنّه في أحد المؤتمرات قال بوهـر عن النظرية الجديدة: إن المسألـة ليسـت إن كانـت جنونيـة، وإنمـا إن كانت مجنونـة بما يكفـي. ولإيضاح الطبيعـة غير الحدسية للعالم الكوانتي، قـام شرودنغر بتجربة نظرية مشهورة توضع بمقتضاها قطة افتراضية في علبة، مع ذرة واحدة من مادة إشعاعية مربوطة بقارورة مـن حمض الهايدروسيانيـك. إذا انحلّت الذرة في غضون ساعـة، فإنها ستطلق آلية ستكسـر القارورة وتسمـم القطة. إذا لم تنحـلّ، فستعيش القطـة. ولكننا لا نستطيع أن نعـرف أي حالة ستسود، وهكذا لم يكن هنـاك خيار، (علمياً) سوى أن نعدّ القطة 100% حيـة و100% ميتة في الوقت نفسه. هذا يعني، كما قال ستيفن هوكينغ بلمسة مـن الإثارة القابلة للفهـم: «إن المرء لا يستطيع التنبؤ بالحـوادث المستقبلية بدقة إذا كان لا يستطيع قياس الحالة الحاضرة للكون بدقة!».

وبسبـب شذوذاتها كـره كثير من العلمـاء النظرية الكمية، أو علـى الأقل مظاهر معيّنـة منها، ولم يكرهوها أكثر من آينشتاين. وكان هـذا غريباً بما أنه كان هو الذي -في سنتـه العجيبة، 1905- شرح بنحو مقنع كيف يمكن أن تتصرف فوتونات الضوء

أحياناً كالموجات. وهذه الفكرة هي في قلب الفيزياء الجديدة. وقال بلباقة، بالرغم من أنه لم يكن يحبها في الواقع: «إن النظرية الكمية جديرة جداً بالاعتبار، إن الله لم يكن يلعب النرد»*.

لم يستطع آينشتاين أن يتحمل فكرة أن الله يستطيع أن يخلق كوناً يحتوي على أشياء تظل غير قابلة للمعرفة إلى الأبد. فضلاً عن ذلك، إن فكرة الفعل عن بعد وأن ذرة واحدة تستطيع على الفور أن تؤثر على بعد ترليونات من الأميال، كانت انتهاكاً فاضحاً لنظرية النسبية. لا شيء يستطيع أن يسبق سرعة الضوء ومع ذلك هناك علماء فيزياء يصرّون أنه -نوعاً ما، على المستوى الدُوذري- تستطيع المعلومات أن تفعل ذلك. (وبالمصادفة لم يسبق أن شرح أحد كيف تستطيع الذرات أن تحقق هذا الإنجاز الكبير. لقد تعامل العلماء مع هذه المشكلة، بحسب عالم الفيزياء ياكير أهارانوف، «عبر عدم التفكير فيها»).

فضلاً عن ذلك، كانت هناك مشكلة أن الفيزياء الكوانتية أدخلت مستوى من الفوضى لم يوجد أبداً من قبل. فجأة صرت بحاجة إلى مجموعتين من القوانين لشرح سلوك الكون: النظرية الكمية لعالم ما هو صغير جداً والنسبية للكون الماورائي الأكبر. كانت جاذبية نظرية النسبية متألقة في شرح لماذا تدور الكواكب حول الشمس، أو لماذا تميل المجرات إلى التجمع، ولكن تبيّن أنه ليس لها تأثير مطلقاً على المستوى الذري. ولشرح ما جمع الذرات سوية، كانت هناك حاجة إلى قوى أخرى، وفي الثلاثينيات اكتشفت اثنتان: القوة النووية القوية والقوة النووية الضعيفة. إن القوة القوية تجمع الذرات معاً؛ إنها ما يسمح للبروتونات بأن تأوي معاً في النواة. وتنخرط القوة الضعيفة في مهمات أكثر تنوعاً، تتعلق تقريباً بالتحكم بنسب أنواع معينة من التآكل الإشعاعي.

إن القوة النووية الضعيفة -بالرغم من اسمها- أقوى بعشرة بليون بليون بليون مرة من الجاذبية، والقوة النووية القوية أقوى بكثير أيضاً بنحو شاسع، في الحقيقة

* أو على الأقل، هكذا دوماً شرحت تقريباً. وكان الاقتباس الفعلي: «يبدو من الصعب اختلاس نظرة إلى أوراق الله. ولكن أنه يلعب النرد ويستخدم طرقاً في «التخاطر عن بعد»... لهو أمر لا أستطيع الإيمان به للحظة واحدة».

ولكـن تأثيرهما يمتد فقط إلى أصغر المسافات. وتصـل قبضة القوة القوية فقط إلى نحو مئة ألف من قطر ذرة. لهذا السبب إن نواة الذرات مضغوطة وكثيفة، ولهذا تميل العناصـر التي تملك نـواة كبيرة مكتظة إلى عدم الاستقرار: ذلـك أن القوة القوية لا تستطيع التمسك بكل البروتونات.

إن نتيجة كل هذا هو أن الفيزياء انتهت إلى مجموعتين من القوانين: واحدة لعالم ما هو صغير جداً، وأخرى للعالم عامةً، وهما تعيشان حياتين منفصلتين. كرهَ آينشتاين هذا، أيضاً. وكرّس ما تبقى من حياته للبحث عن طريقة لربط هذه الأطراف السائبة عـن طريق العثور على نظرية جامعة شاملة، لكنه فشـل دوماً. وبين وقت وآخر اعتقد أنه وصل إليها، ولكنها دوماً كانت تخفق في النهاية. ومع مرور الوقت صار مهمّشاً على نحو متزايد ومثيراً للشفقة قليلاً. وتقريباً دون استثناء، كما قال سنو: «اعتقد زملاؤه -وما يزالون- أنه ضيّع النصف الثاني من حياته».

في مـكان آخر، تم تحقيـق تقدّم حقيقي. ففي منتصـف الأربعينيات وصل العلماء إلى نقطة فهموا فيها الذرة على مستوى عميق جداً، كما أوضحوا جميعاً بنحو مؤثر في آب 1945 عبر تفجير قنبلتين نوويتين في اليابان.

عنـد هذه النقطة يمكن أن يُعذر علماء الفيزياء؛ لاعتقادهم بأنهم قد غزوا الذرة لتوهـم. وفي الحقيقة، كان كل شيء في فيزياء الذرة على وشك أن يصبح أكثر تعقيداً بكثير. ولكن قبل أن نشرح تلك المسألة المرهقة قليلاً، يجب أن نوسّع قصتنا قليلاً؛ كي تشمل حكايـة مهمة ومفيدة عن الجشع، والخداع، والعلـم الرديء، وميتات عديدة لا حاجة لها والتحديد النهائي لعمر الأرض.

الفصل العاشر

التخلص من الرصاص

في أواخر الأربعينيات، كان طالب متخرج من جامعة شيكاغو يُدعى كلير باترسون الذي كان -على الرغم من من الاسم الأول- فتى مزرعة في آيوا يستخدم منهجاً جديداً، وهو قياس نظير الرصاص للحصول على عمر محدد للأرض. لسوء الحظ، كانت جميع عيّناته الصخرية ملوّثة جداً. كان معظمها يحتوي على كمية من الرصاص أكبر بـ 200 مرة من مستويات الرصاص المتوقعة عادة. ستمر أعوام كثيرة قبل أن يدرك باترسون أن سبب هذا هو مخترع من أوهايو مثير للأسى يدعى توماس ميدجلي، الابن.

كان ميدجلي مهندساً مدرّباً وما من شك أن العالم كان سيظلّ أكثر أماناً لو بقي هكذا. بدلاً من ذلك، طوّر اهتماماً في التطبيقات الصناعية للكيمياء. وفي 1921، وبينما كان يعمل لدى شركات جنرال موتورز للأبحاث في دايتون بأوهايو، استقصى مركّباً يُدعى رباعيّ أثيل الرصاص (الذي يُدعى أيضاً بنحو مشوش ليد أثيل)، واكتشف أنه خفّض بنحو كبير الوضع الاهتزازي الذي يعرف بخبط الآلة.

وبالرغم من أنه من المعروف على نحو واسع بأن الرصاص سام، إلا أنه كان موجوداً في كل المنتجات الاستهلاكية في الأعوام الأولى للقرن العشرين. فقد جاء الطعام في علب مختومة بلِحام رصاصي. وكان الماء يُخزن في الغالب في حاويات مخططة بالرصاص. وكان زرنيخ الرصاص يرش على الفواكه على أنه مبيدات. وكان الرصاص أيضاً جزءاً من مركّب معجون الأسنان. نادراً ما كان هناك منتج لم يُدخل قليلٌ من الرصاص إلى حياة المستهلكين. على أي حال، لا شيء منحه حميمية أكبر أو أكثر استمراراً من إضافته إلى وقود المحرك.

إن الرصاص هو السُمِّين العصبي*. إذا استنشقت كمية كبيرة منه فإنه يُعطب الدماغ والجهاز العصبي المركزي. ومن بين الأعراض الكثيرة الناجمة عن التعرض

* مادة بروتينية سامة توهن نشاط الجهاز العصبي. المترجم.

المفـرط له فقدان البصر والطرش والسرطـان والشلل الارتجافي والتشنجات. و ينتج في شكله الأكثر مكراً هلوسات متقطعة ومروعة، ومزعجة للضحايا وللمشاهدين على حـد سواء، تؤدي في النهاية إلى الكوما والوفاة. وفي الحقيقة لستم بحاجة إلى إدخال كثير من الرصاص في جهازكم.

مـن ناحية أخـرى، من السهل استخـراج الرصاص والعمل عليـه، وهو مربح على مستـوى الإنتاج الصناعـي. فقد أوقف رباعي أثيل الرصاص المحركات عن الخبط. وهكـذا في 1923 قامت ثلاث من أكبر شـركات أمريكة وهي جنرال موتورز ودو بونت وستراند أويل من نيوجرسي بإطلاق مشروع مشترك دُعي شركة غاز الأثيل (اختصر فيمـا بعـد إلى شركة الأثيل) من أجل صناعة ما يريد العـالم شراءه من رباعي أثيل؛ الرصاص، وبرهن أن هذا كمية كبيرة. دَعتْ الشـركات مادتها المضافة باسم الأثيل لأنه بدا أكثر وداً وأقل سمية من «الرصاص» وأدخلتها إلى الاستهلاك العام (بطرق لا يعرفها معظم الناس) في 1 شباط 1923.

حـين بدأ العمـال الذين ينتجون المادة يترنحون في سيرهـم وتبدو عليهم علامات الاضطـراب التي تشير إلى التسمـم، اتبعت شركة الأثيل سياسـة من الإنكار الهادئ وغير المستسلم خدمتها جيداً لعقود. وكما تقول شارون بيرتش مجرين في كتابها الذي يـؤرخ بشكل جيد للكيمياء الصناعيـة، البرومثيوسيون في المخابر، حين بدت علامات الاضطـراب على العمال في المصنع، أخـبر ناطق الصحفيين بلطف: «ربما فقد هؤلاء الرجال عقولهم؛ لأنهم عملوا بكدّ كبير». تُوفّي على الأقل خمسة عشر عاملاً في الأيام الأولى من إنتاج البنزين المرصّص، وصارت أعداد غير معلنة من العمال مريضة؛ لأن الشركة استطاعت أن تمنع في معظم الأحيان تسرّب الأنباء المربكة عن حالات الوفاة والتسمـم. وكان منـع نشر الأنباء مستحيلاً أحياناً كمـا حدث في 1924 -ففي غضون أيـام- توفي خمسة من عمال الإنتاج وفقد ثلاثون آخـرون عقولهم، وعُزلوا في مشفى ذي تهوية سيئة.

حـين انتشرت الشائعـات عن أخطار المُنتَـج الجديد، قرر مخـترع الأثيل الشديد الحماسـة، توماس ميدجلي أن يقدم شرحاً للصحفيين؛ كي يخفف من قلقهم. وبينما

كان يتحدث عن التزام الشركة بالأمان، سكب رباعي أثيل الرصاص على يديه، ثم قرّب إناء منه إلى أنفه لمدة ستين ثانية، زاعماً طول الوقت أنه يستطيع أن يكرر هذا يومياً دون أذى. والواقع أن ميدجلى كان يعرف جيداً مخاطر الرصاص السميّة: فقد أصيب بمرض خطر ناجم عن التعرض له قبل بضعة أشهر، ومنذ ذلك الوقت لم يقترب أبداً من المادة إلا كي يتحدث عنها للصحفيين في هذه المناسبة.

متحمساً من نجاح البنزين المرصّص، التفت ميدجلي الآن إلى مشكلة تكنولوجية أخرى خاصة بالعصر. كانت البرادات في العشرينيات خطرة بشكل مرعب؛ لأنها كانت تستخدم غازات غادرة وقاتلة كانت تتسرّب منها أحياناً. فقد حدث تسرّب من برّاد في مستشفى بأوهايو، عام 1929، أدى إلى مقتل أكثر من مئة شخص. فانطلق ميدجلي كي ينشئ غازاً مستقراً، وغير قابل للاشتعال، وغير مزعج ومن الآمن استنشاقه. كان يمتلك ميلاً إلى الأمور المؤذية، واخترع كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أو CFCs. ولسوء الحظ نادراً ما كان هناك منتج صناعي تم تبنيه بهذه السرعة. ودخل هذا الكربون الإنتاج في بداية الثلاثينيات، وعثر على ألف استخدام في كل شيء من مكيّفات السيارات إلى مزيلات التعرق قبل أن يتم الانتباه إليه، بعد نصف قرن - بأنه كان يقضي على الأوزون في الستراتوسفير. وكما سترى، لم يكن هذا شيئاً جيداً.

إن الأوزون هو نوع من الأوكسجين يحمل فيه كل جزيء ثلاث ذرات من الأوكسجين بدلاً من الاثنتين العاديتين. إنه يشكل غرابة كيماوية في أنه على مستوى الأرض يعدّ ملوِّثاً، بينما في الأعلى -في الستراتوسفير- يعدّ مفيداً بما أنه يمتص الأشعة ما وراء البنفسجية الخطرة. ولكن الأوزون المفيد ليس وافراً. فإذا ما تم إزعاجه بشكل مستمر في الستراتوسفير، فإنه سيشكل طبقة بسماكة 2 ميليمتر أو ما يقارب ذلك. لهذا السبب يتم إزعاجه بسهولة.

إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons غير متوافر بكثرة، وهو لا يشكل إلا جزءاً واحداً من كل بليون من الغلاف الجوي ككل، ولكنه مدمر بشكل كبير. إن كيلوغراماً منه يمكن أن يقضي على سبعين ألف كيلوغرام من أوزون الغلاف الجوي. ويبقى وقتاً طويلاً نحو قرن مخرِّباً. إنه إسفنجات حرارية كبيرة. إن جزيئاً واحداً منه

أكثر فاعلية بعشرة آلاف مرة من جزيء من ثاني أكسيد الكربون في مفاقمة أثر المخضرة الدفيئة*. أما ثاني أكسيد الكربون فليس كسولاً بوصفه غاز مخضرة. باختصار إن كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons أسوأ اختراع في القرن العشرين.

لم يعرف ميدجلي هذا أبداً؛ لأنه توفي قبل وقت طويل من إدراك أي شخص كم هذا الكربون مدمّر. وكان موته حادثة غير عادية لا تُنسى. بعد أن أصيب بالشلل (البوليو)، اخترع ميدجلي أداة غريبة تشتمل على سلسلة من البكرات ذات المحركات التي تجعله ينهض أو يتقلب آلياً في الفراش. وفي 1944 علق في الحبال حين تم تشغيل الآلة وخُنق.

* * *

إذا كنتم مهتمين بمعرفة أعمار الأشياء، فإن جامعة شيكاغو كانت المكان الأمثل لذلك في الأربعينيات. كان ويلارد ليبي يبتكر تقنية التأريخ بالكربون**، التي ساعدت العلماء على القيام بقراءة صحيحة لعمر العظام وبقايا عضوية أخرى، وكان هذا شيئاً لم يكونوا قادرين على فعله من قبل. وحتى هذا الوقت،كانت التواريخ الموثوقة لا تعود إلى الوراء إلى أكثر من السلالة الأولى في مصر نحو 3000 قبل الميلاد. لم يستطع أحد أن يقول بثقة، (مثلاً) متى تراجعت أكسية الجليد أو في أي وقت في الماضي زيّن الكرومنيون كهوف لاسكو في فرنسة.

كانت فكرة ليبي مفيدة، بحيث مُنح جائزة نوبل من أجلها في 1960. وتقول: إن جميع الأشياء الحية تحتوي في داخلها على نظير كربوني يدعى كربون14 ***، الذي يبدأ بالتآكل في نسبة قابلة للقياس لحظة موته. يمتلك الكربون 14 نصف حياة، أي الوقت الذي يستغرقه نصف أي عينة كي يختفي تبلغ نحو 5,600 سنة، وهكذا عبر

---

* أثر غلاف الأرض الجوي في الاحتفاظ بحرارة الشمس، وقد أطلق عليه هذا الاسم تشبيهاً له بمفعول المخضرة أو الدفيئة في النباتات. المترجم.

** تحديد أعمار المواد العتيقة، وخصوصاً العيّنات الآثارية التي ترقى إلى ما قبل التاريخ، وذلك من طريق قياس النشاط الإشعاعي الذي يبديه الكربون 14 المتضمن في تلك المواد. المترجم.

*** نظير للكربون ثقيل، إشعاعي النشاط، رقمه الكتلي 14، يُستخدم في تحديد الأعمار العتيقة. المترجم.

استنتاج كمية التآكل في عيّنة مفترضة من الكربون استطاع ليبي أن يصل إلى فكرة جيدة حول عمر الشيء، بالرغم من أنه إلى حد ما فحسب. فبعد ثمانية أنصاف حياة، لا يبقى إلا 0.39 من الكربون الإشعاعي الأصلي، وهذا قليل جداً للقيام بقياس موثوق، وهكذا فإن الكربون الإشعاعي يؤرخ فقط أشياء يصل عمرها إلى أربعين ألف عام أو ما يقارب ذلك.

ما أثار الشكوك هو أنه فيما كانت التقنية تنتشر على نطاق واسع، ظهرت فيها عيوب جلية. فقد اكتُشف أن أحد المكوّنات الأساسية لصيغة ليبي؛ المعروف باسم ثابت التآكل، كان مخطئاً بنحو 3% على أي حال، كانت قد تمت آلاف القياسات في أنحاء العالم. وبدلاً من إعادة تحديد كل واحدة، قرر العلماء الحفاظ على الثابت غير الصحيح. وقال تيم فلانيري: «هكذا، إن كل تأريخ إشعاعي خام تقرؤه اليوم قُدّم على أنه أقل بنحو 3%». لم تتوقف المشكلات هنا. فقد اكتُشف بسرعة أيضاً أن عيّنات الكربون 14 يمكن أن تُلوّث بالكربون من مصادر أخرى: قطعة من الخضراوات، مثلاً، جُمعت مع العيّنة ولم يُلاحظ وجودها. ومن العينات الأصغر تلك التي تحت العشرين ألف سنة أو ما يقارب ذلك، لا يهم التلوث قليلاً في غالب الأحيان، ولكنه يمكن أن يكون مشكلة جدية للعيّنات الأكبر سناً؛ لأن قلة من الذرات الباقية تُحسب. في المثال الأول، إذا استعرنا كلام فلانيري، إن الأمر على غرار الخطأ في دولار في أثناء عد ألف؛ وفي المثال الثاني إنه أكثر من خطأ في دولار حين يكون لديك فقط دولاران كي تعدهما.

استند منهج ليبي أيضاً إلى افتراض أن كمية الكربون 14 في الغلاف الجوي، والسرعة التي تمتصه بها الأشياء الحية، كانت متواصلة في أثناء التاريخ. والواقع أنها لم تكن كذلك. ونعرف الآن أن كمية الكربون 14 في الغلاف الجوي تتنوع بحسب إذا كانت مغناطيسية الأرض تحرف جيداً أم لا الأشعة الكونية، وأنها يمكن أن تتنوع بشكل مهم مع مرور الوقت. هذا يعني أن بعض تواريخ الكربون هي أكثر التباساً من الأخرى. وبين الأكثر التباساً هي تواريخ عن الوقت الذي جاء فيه الناس في البداية إلى الأمريكيتين، وهذا أحد أسباب بقاء المسألة قيد الجدل بنحو دائم.

أخيراً -وربما بنحو غير متوقع قليلاً- يمكن أن تخطئ القراءات بسبب عوامل خارجية تبدو غير ذات صلة، مثل حميات أولئك الذين اختبرت عظامهم. وشملت حالة أخيرة الجدل الذي استمر طويلاً حول إن كان السفلس نشأ في العالم القديم أم في الجديد. فقد اكتشف علماء الآثار في (هل) أن الرهبان في مقبرة أبرشية عانوا من السفلس، ولكن الاستنتاج الأولي بأن الرهبان قد عانوا من ذلك قبل رحلة كولمبوس شُكك به عبر إدراك أنهم أكلوا كثيراً من الأسماك، مما يجعل عظامهم تبدو أكبر سناً مما هي عليه في واقع الأمر. يمكن أن يكون الرهبان قد أصيبوا بالسفلس، غير أنه لم يُعرف كيف انتقل.

وبسبب العيوب المتراكمة للكربون 14، اخترع العلماء طرقاً أخرى في تأريخ المواد العتيقة، وبينها التألّق الحراري، الذي يقيس الإلكترونات العالقة في الطين، والرنين الدوراني للإلكترون، والذي يشمل قصف عيّنة بموجات كهرومغناطيسية وقياس اهتزازات الإلكترونات. ولكن لم يستطع حتى أفضل هذه الطرق أن يحدد عمر أي شيء أكبر من مئتي ألف عام، ولم يستطع تأريخ المواد غير العضوية كالصخور مطلقاً، وهذا بالطبع ما تحتاجون إليه إذا كنتم راغبين بتحديد عمر كوكبكم.

وبسبب هذا النوع من مشكلات تحديد عمر الصخور تخلى الجميع في أنحاء العالم كلها عن هذه الطرق. ولولا أستاذ إنكليزي مصمّم يُدعى آرثر هولمز، لنُسي الأمر تماماً.

كان هولمز بطلاً في تجاوزه للعقبات كما في النتائج التي حققها. وفي العشرينيات، حين كان في أوج عمله، انزلقت الجيولوجيا خارج الموضة وتراجع تمويلها كثيراً -ولا سيما في بريطانية - مسقط رأسها الروحي. وكان هولمز قسم الجيولوجيا برمته في جامعة دورمهم لسنوات كثيرة. وكان غالباً ما يضطر إلى استعارة أو جمع الأجهزة سوية؛ كي يقوم بتأريخه الإشعاعي للصخور. وفي نقطة ما، تم تأجيل حساباته لمدة سنة وهو ينتظر الجامعة كي تزوده بآلة جمع بسيطة. وبين الفينة والأخرى، كان عليه الخروج من الحياة الأكاديمية من أجل أن يكسب ما يكفي؛ كي يعيل أسرته. أدار حانوتاً للتحف في نيوكاسل بعيداً عن تاين، ومرة لم يكن بوسعه تأمين خمسة جنيهات وهي أجر العضوية السنوي في الجمعية الجيولوجية.

كانت التقنية التي استخدمها هولمز في عمله صحيحةً نظرياً ونشأت مباشرةً من عملية رصدها في البداية إرنست رزرفورد عام 1904 التي تقول: إن بعض الذرات في عنصر ما تتحل في عنصر آخر بسرعة قابلة للتنبؤ تمكّن من استخدامها على أنها ساعات. إذا عرفتم كم يستغرق البوتاسيوم 40 كي يصبح أرغون 40، وقستم كميات كل منهما في عيّنة، تستطيعون استنتاج عمر المادة. كان إسهام هولمز هو حساب عمر الصخور، وهكذا كما كان يأمل عمر الأرض.

ولكن كان هناك كثير من الصعوبات التقنية التي ينبغي التغلب عليها. وكان هولمز يحتاج أيضاً، أو ربما على الأقل كان واعياً جداً لذلك إلى آلات ميكانيكية معقدة من نوع يمكّنه من القيام بقياسات رائعة لعينات بالغة الصغر، وكما رأينا، كان كل ما استطاع فعله هو الحصول على آلة جمع بسيطة. وهكذا كان الأمر إنجازاً حين كان قادراً في 1946 على الإعلان ببعض الثقة أن عمر الأرض هو على الأقل ثلاثة بلايين عام وربما أكثر. ولسوء الحظ، واجه عائقاً آخر لا يُقهر في وجه القبول: النزعة المحافظة لدى زملائه العلماء. فبالرغم من أنهم مدحوا منهجيته، أكّد كثيرون أنه لم يكتشف عمر الأرض، وإنما عمر المواد التي شُكّلتْ منها الأرض.

في هذا الوقت تماماً طوّر هاريسون براون من جامعة شيكاغو منهجاً جديداً في إحصاء نظائر الرصاص في الصخور البركانية (أي تلك التي نشأت من خلال التسخين، بوصفها نقيضاً لتلك الرسوبية). وحين أدرك أن العمل سيكون مملاً جداً أوكله إلى الشاب كلير باترسون؛ ليكون مشروعاً للدكتوراه. ومن المعروف أنه وعد باترسون بأن تحديد عمر الأرض بمنهجه الجديد سيكون «سهلاً». والواقع أنه سيستغرق سنوات.

بدأ باترسون العمل على المشروع في 1948. وبالمقارنة مع إسهامات توماس ميدجلي المتنوّعة في مسيرة التقدم، شُعر أن اكتشاف باترسون لعمر الأرض خطر. عمل لمدة سبع سنوات، أولاً في جامعة شيكاغو ثم في مؤسسة كاليفورنيا للتكنولوجيا (التي انتقل إليها في 1952)، وعمل في مختبر معقّم، قائماً بقياسات دقيقة لنسب الرصاص واليورانيوم في عينات منتقاة بعناية من الصخور القديمة.

كانت المشكلة التي تواجه قياس عمر الأرض أنك تحتاج إلى صخور قديمة جداً تحتوي على كريستال يحمل الرصاص واليورانيوم وقديمة كالكوكب نفسه، وأي شيء أصغر بكثير سيمنحك تواريخ صغيرة مضللة. ولكن الصخور القديمة لا يعثر عليها إلا نادراً. وفي أواخر الأربعينيات لم يفهم أحد سبب هذا. والواقع أننا سندخل في عصر الفضاء قبل أن يتمكّن أحد من أن يفسر بشكل مقنع أين ذهبت صخور الأرض القديمة. (كانت الإجابة هي الألواح التكتونية، التي سنصل إليها بالطبع). في غضون ذلك، تُرك باترسون؛ كي يقوم بالتجارب ويفهم الأمور بمواد محدودة جداً. في النهاية -وبشكل بارع- خطر له أنه يستطيع أن يتحايل على نقص الصخور باستخدام صخور من كواكب أخرى. لجأ إلى الأحجار النيزكية.

كان الافتراض الذي قام به وهو افتراض عظيم، وتبين أنه صحيح هو أن كثيراً من الأحجار النيزكية هي بالأصل بقايا مواد بناء من الأيام الأولى للمنظومة الشمسية، وهكذا نجحت في حفظ كيمياء داخلية بدائية تقريباً. فإذا ما قِيس عمر هذه الأحجار المتجوّلة فإننا سنحصل على عمر الأرض.

غير أن الوصف المبهج شيء، وواقع الأمور شيء آخر. ذلك أن الأحجار النيزكية ليست وافرة والعينات النيزكية ليس من السهل الحصول عليها. فضلاً عن ذلك، برهنت طريقة باترسون في القياس أنها صعبة وتحتاج إلى كثير من الصقل. وقبل كل شيء، كان هناك مشكلة أن عيّنات باترسون كانت تُلّوث باستمرار وبشكل غير قابل للتفسير بجرعات كبيرة من رصاص الغلاف الجوي كلما تعرضت للهواء. هذا ما قاده في النهاية إلى إنشاء مخبر معقّم، وكان هذا أول مخبر من نوعه في العالم، بحسب إحدى الروايات.

استغرق الأمر بالنسبة لباترسون سبع سنوات من العمل الصبور للعثور على عينات مناسبة، وقياسها من أجل الاختبار الأخير. وفي ربيع 1953 أخذ عيّناته إلى مختبر أرغون القومي في إلينيوي، حيث مُنح الوقت لاستخدام آلة مطياف الكتلة الحديثة؛ وهي آلة قادرة على كشف وقياس الكميات القليلة جداً من اليورانيوم والرصاص الموجودة في الكريستال القديم. حين حصل أخيراً على نتائجه، كان باترسون مثاراً

جـداً، بحيث قاد السيـارة مباشرة إلى منـزل طفولته في أيوا، وجعل أمـه تأخذه إلى مستشفى؛ لأنه اعتقد أنه يتعرض لنوبة قلبية.

بعد ذلك حالاً - وفي اجتماع في وسكنسون - أعلن باترسون عمراً محدداً للأرض هـو 4,550 مليون سنة (زائد أو ناقص 70 مليـون عام) «وظل هذا الرقم دون تغيير لمدة 50 عاماً»، كما قال مجرين بإعجاب. بعد مئتي عام من المحاولات، صار للأرض عمر أخيراً.

ركز باترسون انتباهه على مسألة الرصاص في الغلاف الجوي. وذُهل حين اكتشف أن قليلاً من المعروف عن تأثيرات الرصاص في البشر كان مغلوطاً أو مضللاً. لم يكن الأمر مفاجئـاً، بما أن صنّاع مواد الرصاص المضافة هم الذين قدموا التمويل لجميع دراسات تأثير الرصاص طيلة أربعين عاماً.

وفي إحـدى هذه الدراسات، وضـع طبيب غير مختص في الأمراض الناجمة عن المواد الكيماوية برنامجاً مدته خمس سنوات، طلب فيه من المتطوعين أن يستنشقوا أو يبتلعـوا الرصاص في كميات كبـيرة. ولسوء الحظ، لم يُطرح الرصاص مع الفضلات، وإنمـا كان يتراكم في العظام والدم، وهذا ما يجعله خطراً، غير أن الطبيب لم يعرف ذلـك علـى ما يبـدو، ولم يتم اختبـار العظم والـدم. بالنتيجـة، بُـرّئ الرصاص من التأثيرات الخطرة.

اكتشـف باترسون بسرعة أن هناك كثيراً من الرصاص في الجو، بما أن الرصاص لا يتلاشى وأن نحو 90% منه يأتي من عوادم السيارات؛ ولكنه لم يستطع إثبات ذلك. مـا كان يحتاج إليه هو طريقة لمقارنـة مستويات الرصاص في الجو الآن مع المستويات التي كانت موجودة قبل 1923، حين بدأ رباعي أثيل الرصاص يُنتج تجارياً. وخطر له أن العيّنات الجوفية للجليد يمكن أن تقدم الإجابة.

كان من المعروف أن سقوط الثلج في أمكنة مثل غرينلندا يتراكم في طبقات سنوية منفصلـة (لأن اختلافات درجـات الحرارة الموسمية يحدث تغـيّرات ضئيلة في اللون من الشتـاء إلى الصيف). وعبر إحصاء هذه الطبقات وقياس كمية الرصاص في كل

منهـا، يستطيع استنتـاج تركز الرصاص في الغلاف الجوي للعالم في أي وقت لمئات أو حتى آلاف السنوات. وصارت الفكرة هي الأساس في دراسات عينات الجليد الجوفية، التي يستند إليها كثير من العمل المناخي الحديث.

مـا اكتشفـه باترسون هو أنه قبل 1923 لم يكن هنـاك رصاص في الجو، وأنه منذ ذلـك الوقـت ارتفعت مستويات الرصاص بنحو ثابت وخطر. فكرس حياته للنضال مـن أجل تخليص البترول من الرصاص. ومن أجـل هذه الغاية، صار ناقداً متواصلاً وصريحاً لصناعة الرصاص ومصالحها.

كانت هذه حملة رهيبة. كانت إيثيل شركة عالمية قوية لها أصدقاء كثيرون في مواقع السلطـة. (كان بين مديريها قاضي المحكمة العليا لويـس باول وجيلبرت جروسفينور من الجمعية الجغرافية الوطنية). وفجأة اكتشف باترسون أن تمويل البحث سُحب أو صـار من الصعب الحصول عليه. وألغت مؤسسة البـترول الأميركية عقدَ بحثٍ معه، كما فعلت خدمة الصحة العامة الأميركية، وهي كما يُفترض هيئة حكومية محايدة.

وبعد أن صار باترسون عبئاً قانونياً على مؤسسته، تم الضغط على أوصياء كالتيك بنحـو متكرر من قبل مسؤولي صناعـة الرصاص؛ كي يخرسـوه أو يفصلوه. وبحسب جامـي لنكولـن كتمان، الذي كتـب في مجلة نيشـن، (يُقال: إن مسـؤولي شركة إيثيل عرضـوا تمويل كرسي في كالتيـك «إذا كف باترسون عن إثـارة الموضوع»). كانوا من السخف بحيث إنّهم أبعـدوه عن ندوة لمجلس البحث القومي مخصصة لبحث أخطار تسميـم الرصاص للجو، بالرغم من أنـه كان آنذاك -ودون شك- أبرز خبير أميركي في رصاص الغلاف الجوي.

لم يتراجع باترسون قيد أنملة وهذا ما منحه جدارة كبرى. وفي النهاية قادت جهوده إلى إدخـال قانـون نظافة الهواء في 1970، وإلى إزالـة كل البنزين المرصص من البيع في الولايات المتحدة في 1986. وتقريباً على الفور انخفضت مستويات الرصاص في دم الأميركيين بنسبة 80%. ونظراً لأن الرصاص يستمر إلى الأبد، فإن الأميركيين الذين يعيشـون اليوم يحتـوي كل واحد منهم على الرصاص أكثر بـ 625 مرة من الأشخاص

الذين عاشوا قبل قرن. غير أن كمية الرصاص في الجوّ تواصل نموها -بشكل قانوني- بنحو مئة ألف طن في السنة، ومعظمه من التعدين وصهر المعادن والأنشطة الصناعية. منعت الولايات المتحدة أيضاً الرصاص في الدهان الداخلي للمنازل، «بعد 44 سنة من منعه في أوروبة كلها»، كما قال مجرين. ومن اللافت، أنه بالرغم من سميّته المذهلة، لم يُزل لِحام الرصاص من علب الطعام الأميركية حتى عام 1993.

أما شركة إيثيل، فإن قوتها لا تزال تنمو بالرغم من أن جي إم وستاندارد أويل ودو بونت لم تعد تملك أسهماً في الشركة. (باعوا لشركة تُدعى ألبرمارل بيبر في 1962). وبحسب مجرين، في نهاية شباط 2001 واصلت إيثيل القول: «إن البحث فشل في إظهار أن البنزين المرصّص يشكل تهديداً للصحة البشرية أو البيئة». وعلى موقعها على الإنترنت، لا يذكر تاريخ الشركة الرصاص أو حتى توماس ميدجلي، وإنما يشير ببساطة إلى المنتج الأصلي على أنه يحتوي «مزيجاً معيناً من المواد الكيماوية».

لم تعد شركة إيثيل تصنع البنزين المرصص، بالرغم من أنه وبحسب تقاريرها لعام 2001، حقق رباعي رصاص الأثيل (أو تي إي إل كما تدعوه) 25.1 مليون دولار من المبيعات في 2000 (من بين إجمالي 795 مليون)، وقد زاد المبلغ عن 24.1 مليون دولار في 1999، ولكنه كان أدنى من 117 مليون دولار في 1998. وقالت الشركة في تقريرها: إنها عازمة على «أن تزيد إلى الحد الأعلى النقد الناجم عن رباعي أثيل الرصاص بما أن استخدامه ينخفض في أنحاء العالم». تسوّق إيثيل هذه المادة في أنحاء العالم جميعها من خلال اتفاق مع شركة أسوشييتد أوكتل ليمتد في بريطانية.

بالنسبة للبلاء الآخر الذي تركه لنا توماس ميدجلي، كربون الكلوروفلور chlorofluorocarbons، فإنه حظر في 1974 في الولايات المتحدة، ولكنه شياطين صغيرة وعنيدة وكل ما أطلق منه في الجو (في مزيلات التعرق أو مثبتات الشعر، مثلاً) سيكون موجوداً بالتأكيد، ويقوم بالتهام الأوزون بعد أن أختفي أنا وأنت. والأسوأ من ذلك، ما نزال ندخل كميات ضخمة منه إلى الجو كل عام. إذاً من الذي يصنعه؟ نحن؛ أي كثير من الشركات الضخمة ما تزال تصنعه في مصانعها فيما وراء البحار. ولن يُحظر في بلدان العالم الثالث حتى 2010.

تـوفّي كليرباترسـون في 1995. لم يحصـل على جائـزة نوبل من أجـل عمله. ولم يحصـل علماء الجيولوجيا أبـداً على الجائزة. و من الغريب أنـه لم يحظَ بأي شهرة أو حتـى كثير من الانتبـاه بالرغم من نصف قرن من الإنجـاز المتواصل والخالي من الأنانية. ويمكن القول: إنه كان أكثر علماء الجيولوجيا تأثيراً في القرن العشرين. ومع ذلك من سبق وسمع باسم كلير باترسون؟ فمعظم مقررات الجيولوجيا لا تذكره. ثمة كتابان مشهوران صدرا أخيراً عن تاريخ تحديد عمر الأرض يخطئان في كتابة اسمه. وفي أوائـل 2001، ارتكب أحد مراجعي الكتابين في مجلـة نيتشر خطأ إضافياً مذهلاً حين اعتقد أن باترسون امرأة.

علـى أي حـال، حصلت الأرض أخيراً في 1953 على عمر اتفق الجميع عليه بفضل عمل كلير باترسون. والمشكلة الوحيدة الآن هي أنها أقدم من الكون الذي يحتويها.

الفصل الحادي عشر

كواركات مستر مارك

في عام 1911 كان عالم بريطاني يُدعى س.ت.ر. ولسون يدرس تشكيلات السحب عن طريق الصعود بانتظام إلى قمة (بين نيفس)؛ وهو جبل أسكتلندي مشهور برطوبته، حين خطر له أنه يجب أن تكون هناك طريقة أكثر سهولة. بنى في مختبر كافندش في كمبريدج غرفة اصطناعية للسحب، وهي أداة بسيطة يستطيع فيها أن يبرّد الهواء ويرطّبه، مبتكراً نموذجاً معقولاً لسحابة في شروط مخبرية.

عملت الأداة بشكل جيد جداً، وكانت لها فائدة أخرى غير متوقعة. حين سرّع جزيئاً ألفاوياً عبر الغرفة؛ كي يعالج السحب المفترضة، ترك أثراً مرئياً، مثل خطوط البخار التي تخلفها طائرة خطيّة. لقد ابتكر لتوّه مكشاف الجسيمات. وقدّم دليلاً مقنعاً أن الجسيمات الدُّوذرية توجد بالفعل.

أخيراً اخترع عالمان آخران في مختبر كافندش مكشافاً أكثر قوة لحزمة البروتونات proton-beam، بينما اخترع إرنست لورنس في بيركلي في كاليفورنيا مسرّع الجسيمات المشهور، وعرفت الآلتان باسم محطّمتي الذرة لزمن طويل. عملت كل تلك الآلات الغريبة وما تزال تعمل وفقاً للمبدأ نفسه تقريباً، والهدف هو تسريع البروتون أو جسيم مشحون إلى سرعة عالية جداً على مسار (أحياناً دائرة، وأحياناً بشكل خطّي)، ثم صدمه بجسيم آخر ومشاهدة ما يتطاير. لهذا دعيت محطمة الذرة. لم يكن هذا علماً دقيقاً، ولكنه كان فاعلاً عموماً.

حين اخترع علماء الفيزياء آلات أكبر وأكثر طموحاً، بدؤوا يكتشفون أو يسلمون بجسيمات أو عائلات جسيمات لا تُحصى على ما يبدو: الميونات والبيونات والهايبيرونات والميزونات وميزونات ك، و بوزونات هيجز، وبوزونات متوسطة المتّجه، الباريونات والتاكيونات. وبدأ علماء الفيزياء يشعرون بعدم الراحة. ومرة أجاب

إنركيـون فيرمي حين سأله طالب عن اسـم جسيم معيّن: «أيها الشاب، لو أستطيع أن أتذكر أسماء هذه الجسيمات، لكنت عالم نبات».

تمتلـك المسرّعـات اليوم أسمـاء تبدو مثل شيء مـا سيستخدمـه فلاش جوردون في معركة:سيوبـر بروتون ساينكروتـون، صادم، بوزترون الإلكـترون الكبير، وصادم هـادرون الكبير، وصادم الأيون الثقيل الكبير. مستخدمـة كميات ضخمة من الطاقة (يعمـل بعضها فقط في الليل بحيث إنّ الأشخاص في البلدات المجاورة ليس عليهم أن يشهدوا بهوت أضوائهم حين يشغّل الجهاز)، تستطيع هذه المسرّعات أن تولّد الحيوية في الجسيمات بحيث إنّ إلكتروناً واحداً يمكن أن يقوم بـ 47,000 دورة في نفق طوله 7 كيلومـترات في أقل من ثانية. أثيرت المخاوف من أن حماس العلماء يمكن أن يدفعهم كـي يخلقوا دون قصد ثقبـاً أسود، أو حتى شيئاً ما يُدعى «الكـواركات الغريبة»، التي تستطيـع - نظريـاً - أن تتفاعل مع جسيمـات دُوذرية أخرى، وتتوالـد بشكل لا يمكن التحكم به. إذا كنتم تقرؤون هذا، فإن هذا الأمر لم يحدث.

يحتـاج العثـور على الجسيمـات إلى وقت معـيّن من التركيز. فهـي ليست صغيرة وسريعـة فحسب وإنما سريعة الزوال بشكل كبير أيضـاً. تستطيع الجسيمات أن تأتي إلى الوجود وتتلاشى مرة أخرى في أقل من 0.000000000000000000000001 من الثانيـة (10^{-24} من الثانية). حتى الأكثر بلادة مـن الجسيمات غير المستقرة لا تبقى أكـثر من 0.0000001 من الثانية (10^{-7}). بعض الجسيمات هي مبهمة بشكل غريب. ففـي كل ثانيـة يزور الأرض عشـرة آلاف ترليـون ترليون من النيوترونـات الصغيرة التـي لا كتلة لها (تطلق معظمها الإشعاعات الذريـة للشمس)، والواقع أنها كلها تعبر الكوكب وكل ما فيه، بما فيه أنا وأنت، وكأنها لم تكن هناك. لاصطياد بعضها فحسب، يحتاج العلماء إلى صهاريج تتسع لخمسة وسبعين ألف متر مكعب من الماء الثقيل (أي مـاء بكمية وافرة نسبياً من الهيدروجين الثقيل فيها) في غرف تحت الأرض (مناجم قديمة، عادة) بحيث لا يتدخل فيها أنواع أخرى من الإشعاع.

وفي أحيـان كثيرة، يصطـدم نيوترون عابر بنواة ذرية في الماء وينتج اندفاعاً قليلاً للطاقـة. يحصي العلماء الاندفاعـات وبهذه الطريقة يقربوننا بنحـو ضئيل من فهم

السمـات الجوهرية للكون. ففـي 1998 أفاد راصدون يابانيـون أن للنيوترونات كتلة، ولكنها ليست كبيرة: نحو جزء من عشرة بالمليون من كتلة الإلكترون.

يحتـاج العثـور علـى الجسيمات في هـذه الأيـام إلى كثير من النقـود. ثمة علاقة عكسية غريبة في الفيزياء الحديثة بين صغر الشيء الذي يُبحث عنه ووزن التجهيزات المطلوبـة للقيام بالبحث. إن الهيئة الأوروبية للأبحاث النووية هي مثل مدينة صغيرة. وتقـع على الحدود بين فرنسـة وسويسرة وتستخدم ثلاثـة آلاف موظّف وتحتل موقعاً يقاس بالمتر المربّع. وتتباهـى الهيئة بمجموعة من المغنطيسات كل منها أكبر وزناً من برج إيفل، وبنفق تحت الأرض طوله 26 كيلومتراً.

إن تحطيـم الذرات سهل كمـا قال جيمس تريفل: «فأنتـم تفعلون ذلك في كل مرة تشعلون فيها مصباحاً ساطعاً». إن تحطيم نواة ذرية -على أي حال- يقتضي كثيراً من الأمـوال وتغذية كهربائية كبيرة. أما الهبـوط إلى مستوى الكواركات الجسيمات التي تصنـع الجسيمات فيتطلب أكثر من ذلك: ترليونـات الفولتات من الكهرباء وميزانية ولايـة أميركية وسطى صغيرة. إن صادم هادرون الكبـير Large Hadron Collider الخاص بالهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية، صُمم للبدء بالعمليات في 2005، وسينجز 14 ترليون فولت من الطاقة ويكلف بناؤه أكثر من 1,5 بليون دولار*.

ولكـن هذه الأرقام لا شيء بالمقارنة مع نفقـات وإنجاز الصادم الجبّار ذي العمل الجبّار superconducting supercollider الذي تم البدء بتشييده قرب واكساهاشي بولاية تكساس في الثمانينيات، قبل أن يجرب اصطداماً ضخماً خاصاً به مع كونغرس الولايـات المتحدة. إن الهدف من الصادم هـو جعل العلماء يسبرون «الطبيعة المطلقة للمادة» -كما عُبِّر عن الأمر دوماً- عبر إعادة خلق أوضاع الكون قدر الإمكان في الجزء الأول مـن عشـرة آلاف من البليون من الثانية. وترمـي الخطة إلى قذف جسيمات في نفـق طوله 84 كيلومتراً من أجل إنجـاز 99 ترليون فولت من الطاقة الصاعقة. كانت خطـة عظيمـة، ولكنها تكلف 8 بليونـات دولار (وهذا الرقم صعـد في النهاية إلى 10 بليونات) وتكلف إدارته السنوية مئات الملايين من الدولارات.

* هناك تأثيرات جانبية عملية لكل هذا الجهد المكلف.إن الشبكة الشاملة للعالم هي فرع من الهيئة الأوروبية للأبحاث الذرية. لقد ابتكرها عالم من الهيئة يدعى تيم بيرنيرز لي، عام 1989.

ربما في أروع مثال في التاريخ عن إغداق النقود على ثقب في الأرض أنفق الكونغرس 2 بليون دولار على المشروع، ثم ألغاه في 1993 بعد حفر 22 كيلومتراً من النفق. وهكذا تتباهى تكساس الآن بأغلى نفق في الكون. وقد أخبرني صديقي جيف جوين من فورت ورث ستار تلغرام أن الموقع «هو جوهرياً حقل كبير منظف منقط على طول محيطه بسلسلة من البلدات الصغيرة الخائبة الأمل».

ومنذ انهيار مشروع الصادم الجبّار، غضّ علماء فيزياء الجسيمات بصرهم، ولكن حتى المشروعات المتواضعة يمكن أن تكون مكلفة جداً بالمقارنة مع أي شيء. إن مرصد نيوترون مقترحاً في منجم هومستيك القديم في ليد، ساوث داكوتا، سيكلّف 500 مليون وهذا منجم محفور سابقاً حتى قبل النظر في كلف الإدارة السنوية للنفق، سيكون هناك أيضاً 281 مليون دولار «من كلف التحويل العامة». وتكلف إعادة تجهيز مسرّع جسيمات في فيرميلاب في إلينيوي 260 مليون دولار.

إن فيزياء الجسيمات، باختصار، مشروع مكلف جداً ولكنه مثمر. واليوم إن عدد الجسيمات فوق 150، ويشتبه بوجود نحو 100 من الجسيمات الأخرى، ولكن لسوء الحظ، وكما عبّر رتشارد فينمان: «من الصعب جداً أن نفهم علاقات جميع تلك الجسيمات وما الهدف الذي تريدهم الطبيعة من أجله، أو ما هي الصلات بين الواحد والآخر». وكلما نجحنا بفتح علبة، اكتشفنا أن هناك علبة أخرى مقفلة في داخلها. يعتقد بعضهم أن هناك جسيمات تسمى التيكونات يمكن أن تسافر بسرعة أعلى من سرعة الضوء. يتوق آخرون لاكتشاف الغرافيتون: كمّ حقل الجاذبية. من الصعب القول متى نصل إلى القاع الذي لا يُختزل. أثار كارل ساغان في كتابه الكون احتمال أنه إذا أمعنا النظر في إلكترون يمكن أن نجد أنه يحتوي على كون خاص به، مما يذكّر بروايات الخيال العلمي في الخمسينيات. «هناك عدد ضخم من الجسيمات الأخرى الأكثر صغراً في داخله، منظمة كالمجرات والبنى الأصغر، التي هي بنفسها أكوان على المستوى اللاحق وهكذا إلى الأبد، هناك في الأسفل أكوان داخل أكوان بلا نهاية. والأمر هو كذلك في الأعلى أيضاً».

إنـه عالم يتجاوز الفهـم بالنسبة لمعظمنا. وحتى إذا قرأنا دليـلاً أولياً عن فيزياء الجسيـم هـذه الأيام، فإننـا سنمر عبر الأجمـات القاموسية التي كهـذه: «إن البيون المشحـون والأنتيبيـون ينحلان علـى التعاقب إلى ميـون زائد أنتينيوتـرون وأنتيميون زائـد نيوترون بمعدل حياة متوسط هو 2.603×10^{-8} ثانية، وينحل البيون المحايد إلى فوتونـين بمعدل حيـاة متوسط هو $0.8\text{-}10 \times 10^{-16}$ ثانية، والميـون والأنتيميون ينحلان بالتعاقب...» وهكذا دواليك، وهذا مأخوذ من كتاب للقارئ العام ألّفه أكثر المفسرين وضوحاً (عادة)، ستيفن واينبرغ.

اخترع عالم الفيزياء في كالتيك في الستينيات، وفي محاولة لتبسيط الأمور قليلاً، فئة جديدة من الجسيمات تهدف جوهرياً - كما عبّر ستيفن واينبرغ - «إلى استعادة بعض التنظيم إلى تعدد الهادرونات»، وهذا مصطلح جمعي يستخدمه علماء الفيزياء للبروتونـات والنيترونـات وجسيمـات أخرى تحكمها القـوة النوويـة القوية. وكانت نظرية (جيل مان) تفيد بأن جميع الهادرونات مصنوعة من جسيمات أصغر، وأكثر جوهريـة. وأراد زميله رتشارد فينمـان أن يدعو هذه الجسيمات الجديدة الأساسية البارتونـات partons، كمـا في دولي، ولكنه نُقض. وبدلاً من ذلك صـارت معروفة باسم الكواركات quarks.

أخـذ (جيل مان) الاسم من سطـر في رواية يقظة فينيغان: «ثلاثة كوراكات لمستر مارك!». ولكنّ البساطة الجوهرية للكواركات لم تستمر طويلاً. فبعد أن صارت مفهومة علـى نحو أفضل كان من الضروري إدخـال أقسام فرعية. وبالرغم من أن الكواركات صغيرة جداً كي يكون لها لون أو طعم أو أي سمات مادية أخرى يمكن أن نتعرف عليها، فقـد صارت مجموعة في ست فئات أعلى، وأسفل، وغريبة، وساحرة، وقمة، وقاع وقد أشـار إليها علمـاء الفيزياء بنحو غريب علـى أنها «نكهاتها»، وقـد قُسمت هذه أيضاً إلى ألـوان حمراء وخضراء وزرقاء. (ويشتبه المرء أنه ليس من قبيل المصادفة أن هذه المصطلحات استخدمت في البداية في كاليفورنية في أثناء مدة تفشي المخدرات).

وظهـر من بين كل ذلك في النهاية ما يدعـى بالنموذج المعياري، الذي هو جوهرياً نـوع من طقم أجـزاء للعالم الدوذري. ويتألـف النموذج المعياري مـن ستة كواركات،

وستة لبتونـات* leptons؛ خمسة بوزونات معروفة وسادس مفترض (على اسم عالم أسكتلنـدي، بيتر هيجـز)، بالإضافة إلى ثلاث مـن القوى الفيزيائيـة الأربع: القوى النووية القوية والضعيفة والكهرومغناطيسية.

رتبـت الأمور بحيـث إنّ الكواركات هي من بين القطـع الأساسية التي تبني المادة؛ وتشدّ هذه إلى بعضها بعضاً جسيمات تُدعى الغريونات؛ وتشكل الكواركات والغريونات سوية البروتونات والنيترونات، مادة النواة النووية. اللبتونات هي مصدر الإلكترونات والنيوترونـات. والكـواركات واللبتونات سوية تُدعى الفيرميونـات. والبوزونات (على اسـم العـالم الهندي س.ن. بـوز) هي جسيمات تُنتـج القوى وتحملهـا، وتشتمل على الفوتونـات والغريونـات. إن بوزون هيجز يمكن أن يكون موجـوداً أو غير موجود؛ فقد اختُرع ليكون طريقة لمنح الجسيمات كتلة.

وكمـا يمكن أن تلاحظـوا إن كل هذا غير عملي قليلاً، ولكنـه أبسط نموذج يمكن أن يشـرح ما يحدث في عالم الجسيمات. ويشعر معظم علماء فيزياء الجسيمات، كما قـال ليون لدرمان في فيلم تلفزيوني وثائقي في 1985: إن النموذج المعياري يفتقر إلى الرشاقـة والبساطـة. «إنه معقّد جداً. إنه يحتوي على كثـير من العناصر العشوائية»، كما قال لدرمان: «فنحن في الحقيقة لا نرى الخالق يدير عشرين قبضة باب؛ كي يضع عشرين مقياساً من أجل خلق الكون كما نعرفه». فالفيزياء في الواقع ليست إلا مجرد البحث عن البساطة المطلقة، ولكن حتى الآن كل ما لدينا هو نوع من الفوضى الرائعة أو كما عبّر لدرمان: «ثمة شعور عميق بأن الصورة ليست جميلة».

إن النمـوذج المعياري ليس أخرق فحسب وإنمـا ناقص أيضاً. إذ لا شيء لديه يقوله عن الجاذبية. ابحثوا في النموذج المعياري كما تشاؤون، فلن تعثروا على أي شيء يشرح لمـاذا حين تضع قبعة على طاولـة لا تحلق إلى السقف. ولا، -كمـا نبهنا لتونا- يستطيع أن يشـرح الكتلـة. ومـن أجل منـح الجسيمـات أي كتلة علينـا أن ندخل بـوزون هيجز الافتراضي؛ أما إن كان يوجد في الحقيقة فهذه مسألة فيزياء القرن الواحد والعشرين. وكمـا قال فينمان مبتهجاً: «وهكذا نحن عالقون في نظرية، ولا نعرف إن كانت صحيحة أم مغلوطة، ولكننا نعرف أنها مغلوطة قليلاً، أو على الأقل غير كاملة».

* اللبتون هو جسيم نووي ضئيل الكتلة مثل الإلكترون والبوزترون. المترجم.

وفي محاولة لربط الأمور كلها، وصل علماء الفيزياء إلى شيء ما يُدعى نظرية (السلك الفائق super string theory). وهذا يفترض أن جميع الأشياء الصغيرة كالكواركات واللبتونات التي فكرنا فيها من قبل على أنها جسيمات هي في الواقع «أسلاك»؛ خيوط طاقة مهتزة تتذبذب في أحد عشر بعداً، تتألف من الثلاثة التي نعرفها سابقاً بالإضافة إلى الزمن وسبعة أبعاد أخرى، التي هي مجهولة بالنسبة لنا. الخيوط واهية جداً؛ واهية بما يكفي كي تمر بوصفه جسيمات نقطية.

وبإدخال أبعاد إضافية، تمكِّنُ نظرية الأسلاك الفائقة علماءَ الفيزياء من أن يجمعوا سوية القوانين الكمية، وقوانين الجاذبية في مجموعة مرتبة بشكل نسبي؛ ولكنها تعني أيضاً أن أي شيء يقوله العلماء عن النظرية يبدو مزعجاً كنوع الأفكار، التي ستجعلك تبتعد إذا نقلها إليك غريب على مقعد في حديقة. هنا -على سبيل المثال- عالم الفيزياء متشيو كاكو يشرح بنية الكون من منظور الأسلاك الفائقة:

يتألف السلك من سلك مغلق له نمطان من الاهتزازات، باتجاه حركة عقرب الساعة وبعكس اتجاهه، ويتم التعامل معهما بنحو مختلف. تعيش الاهتزازات التي باتجاه الساعة في فضاء ذي أبعاد عشرة. وتعيش التي بعكس اتجاه الساعة في فضاء ذي ستة وعشرين بعداً، منها 16 بعداً تم ضغطها. (نتذكر في أبعاد كالوزا الخمسة، تم ضغط البعد الخامس بتغليفه الدائرة.

وهكذا تتواصل 350 صفحة.

ولّدت نظرية الأسلاك الفائقة شيئاً دعي نظرية إم، التي تدمج أسطحاً تُدعى الأغشية branes في علم الفيزياء. وهذا -كما أخشى- هو الموقف على الطريق السريع للمعرفة حيث يجب أن ينزل معظمنا. وإليكم جملة من النيويورك تايمز، تشرح هذا ببساطة قدر الإمكان للجمهور العام:

تبدأ عملية ekpyrotic بعيداً في الماضي غير المحدد بزوج من الأغشية branes فارغين منبسطين يوضعان في موازاة بعضهما بعضاً في فضاء منحرف ذي أبعاد خمسة... إن الغشاءين اللذين يشكلان جدران البعد الخامس، كان يمكن أن يقفزا من العدم كتذبذب كمي في الماضي الأكثر بعداً، ثم يندفعا منفصلين.

لا جـدل مـع هذا. ولا فهم له أيضاً. وتأتي كلمـة ekpyrotic بالمصادفة من الكلمة اليونانية التي تعبر عن الحريق (conflagration).

وصلت المسائل في الفيزياء الآن إلى درجة إنّ العالم بول دافيز قال في مجلة نيتشر: «إنـه من المستحيل تقريبـاً على غير العالم أن يميّز بين الغريـب بشكل واضح والمعتوه بشـكل صريـح». ووصلـت المسألة بشكل ممتـع إلى أوجها في خريـف 2002 حين أنتج عالمـا فيزياء فرنسيـان، التوءمان إيغور وغرتشكا بوجدانـوف Grichka Bogdanov نظرية طموحة جداً تشتمل على مفهومات مثل «الزمن الخيالي» ووضعية كوبو شوينغر مارتن Kubo-Schwinger-Martin تهدف إلى وصف العدم الذي كان هو الكون قبل الانفجـار الكبير، وهي مـدة افتُرض دوماً أنها مجهولة (بما أنها تسبق ولادة الفيزياء ومواصفاتها).

وعلى الفور أثارت نظرية بوجدانوف الجدل بين الفيزيائيين فيما إذا كانت ثرثرة، أو نتـاج عبقريـة أو خدعـة. وقال عـالم الفيزيـاء بيـتر وات Peter Woit من جامعة كولومبيا: «من الواضح أن النظرية هي هراء تقريباً من الناحية العلمية، ولكن هذا لا يميزها كثيراً عن كثير من بقية الأدبيات في هذه الأيام».

واقترح كارل بوبر -الـذي سماه ستيفن واينبرغ «عميد فلاسفة العلم الحديثين»- أنـه يمكـن ألا يكون هنـاك في الواقع نظرية نهائيـة للفيزياء، وإنما يمكـن أن يتطلب كل شـرح المزيد من الشرح، منتجاً «سلسلة لانهايـة لها من المزيد والمزيد من المبادئ الجوهريـة». والاحتمـال المنافـس هو أن معرفة كهـذه يمكن أن تكـون ببساطة خارج طاقتنا. وكتب واينبرغ في كتاب أحلام حول نظرية نهائية: «حتى الآن -لحسن الحظ- لا نبدو كأننا نتجه إلى نهاية مصادرنا الفكرية».

ومن المؤكد تقريباً أن هذه حقبة ستشهد المزيد من التطورات الفكرية، ومن المؤكد تقريباً ثانية أن هذه الأفكار ستكون خارج نطاق معظمنا.

وفيمـا كان علماء الفيزيـاء في العقود الوسطى للقرن العشريـن ينظرون بارتباك إلى عالم ما هو صغير جداً، كان علماء الفلك يكتشفون نقصاً في فهم الكون ككل ليس أقل لفتاً للانتباه.

حين التقينا آخر مرة مع إدوين هبل، كان قد قرر أن جميع المجرات تقريباً في مجال رؤيتنا تطير بعيداً عنا، وأن سرعة وبعد هذا الانسحاب متناسبان: كلما ابتعدت المجرة، ازدادت سرعتها. أدرك هبل أن هذا لا يُمكن التعبير عنه بمعادلة بسيطة، Ho= v/d (حيث Ho هي الثابت، v هي السرعة الانكفائية وd مسافة بعدها عنا). لقد عرفت Ho منذ ذلك الوقت بثابت هبل، والكل عرف باسم قانون هبل. مستخدماً هذه الصيغة، حسب هبل أن عمر الكون بليونا عام، وكان هذا مرتبكاً قليلاً؛ لأنه في أواخر العشرينيات كان من الجلي بشكل متزايد أن أموراً كثيرة داخل الكون بما فيه -على الأرجح- الأرض نفسها كانت أكبر من ذلك. وكان تعديل هذا الرقم الشغل الشاغل باستمرار للكزمولوجيا.

إن الشيء الوحيد الثابت تقريباً عن ثابت هبل كان كمية الخلاف حول أي قيمة يجب منحها له. ففي 1956 اكتشف علماء الفلك أن مجموعة النجوم القيافوية المتغيرة كانت أكثر تغيّراً مما ظنوا؛ وجاءت في تنوعين، وليس في واحد. سمح لهم هذا أن يعيدوا العمل على حساباتهم، ويصلوا إلى عمر جديد للكون بين سبعة بلايين وعشرين بليون عام، ولم يكن هذا العمر دقيقاً جداً، ولكن كان كبيراً بما يكفي على الأقل كي يشمل أخيراً تشكّل الأرض.

وفي الأعوام التي لحقت نشأ جدل استمر طويلاً، بين آلن ساندغ، وريث هبل في جبل ولسون، وجيرار دو فوكوليور Gerard de Vaucouleurs عالم الفلك المولود في فرنسة الذي كان في جامعة تكساس. وصل ساندغ بعد أعوام من الحسابات الدقيقة إلى قيمة لثابت هبل هي 50، مانحاً الكون عمر عشرين بليون عام. ولكن دو فوكوليور كان متأكداً بنحو مساوٍ أن ثابت هبل هو 100*. هذا يعني أن الكون هو نصف الحجم

* بالطبع يحق لك التساؤل ما الذي يعنيه بالضبط «ثابت 50 أو «ثابت 100». تكمن الإجابة في الوحدات الفلكية للقياس. لا يستخدم علماء الفلك السنوات الضوئية إلا في أحاديثهم. يستخدمون الفرسخ النجمي، وهو يستند إلى مقياس كوني ويعادل ثلاث سنوات ضوئية وربع السنة. أما المقاييس الكبيرة، كحجم الكون، فهي تقاس بالفرسخ النجمي الكبير: فرسخ نجمي كبير واحد يساوي مليون فرسخ نجمي. ويعبر عن الثابت من زاوية الكيلومتر في كل ثانية في كل فرسخ نجمي كبير. وهكذا حين يشير علماء الفلك إلى ثابت هبل 50 فما يعنونه هو «50 كيلومتراً في الثانية في كل فرسخ نجمي كبير». بالنسبة لمعظمنا هذا قياس لا معنى له؛ ولكن مع ذلك، بالمقاييس الفلكية معظم المسافات ضخمة، بحيث تكون غير قابلة للتصديق.

والعمر اللذين اعتقد بهما ساندراغ: عشرة بلايين عام. ودخلت الأمور في اللايقين حين اقترح فريق من مراصد كارينجي في كاليفورنية في عام 1994، مستخدماً مقاييس من تلسكوب هبل الفضائي، أن الكون يمكن أن يكون صغيراً وبعمر 8 بلايين سنة، وهو عمر سلّم الفريق أنه أصغر حتى من عمر بعض النجوم في الكون. وفي شباط 2003، أعلن فريق من ناسا ومركز الطيران الفضائي جودارد في ماريلاند، مستخدماً نمطاً جديداً بعيد المدى من الأقمار الصناعية يدعى مسبار ولكنسون ميكرويف أنستروبي، ببعض الثقة أن عمر الكون هو 13.7 بليون عام، زد أو أنقصْ نحو مئة مليون عام. وهنا استقرت الأمور، على الأقل حالياً.

إن الصعوبة التي تواجه القيام بتحديدات نهائية هي أنه هناك غالباً مساحات واسعة للتأويل. تخيّل الوقوف في حقل في الليل ومحاولة أن تقرر كم يبعد ضوءان كهربائيان بعيدان. مستخدماً أدوات مباشرة من علم الفلك تستطيع أن تحدد بسهولة أن المصباحين لهما التألق نفسه، وأن واحدة منهما أكثر بعداً بخمسين بالمئة من الأخرى. ولكن ما لا تستطيع التأكد منه هو، (مثلاً) إن كان الضوء الأقرب 58 واطاً أي يبعد 37 متراً، أو 61 واطاً أي يبعد 36.5 متراً. وقبل كل شيء يجب أن تأخذ في الحسبان التشوهات التي تسببها التغيرات في جو الأرض، من قبل الغبار البيمجريّ، ومن الضوء الملوّث القادم من النجوم الأمامية وعوامل أخرى كثيرة. والنتيجة هي أن حساباتك هي بالضرورة مبنية على سلسلة من الافتراضات المتداخلة، أي منها يمكن أن يكون مصدراً للجدل. هناك أيضاً مشكلة أن المدخل إلى التلسكوبات مكلف جداً، وكان قياس الانزياحات الحمراء تاريخياً مكلفاً على صعيد الوقت. يمكن أن يستغرق الأمر الليل كلّه للحصول على كشف واحد. بالنتيجة، كان علماء الفلك يضطرون أحياناً (أو يرغبون) إلى أن يبنوا الحسابات على أدلة غير كافية. وكما اقترح الصحفي جيوفري كار، لدينا في الكوزمولوجيا «جبل من النظريات المبنية على كومة من الأدلة بحجم التي يصنعها الخلد». أو كما عبّر مارتن ريس عن الأمر: «إن رضانا الحالي [بحالة فهمنا] يمكن أن يعكس ضآلة المعطيات بدلاً من تفوّق النظرية».

وينطبق هذا اللايقين -بالمصادفة- على أشياء قريبة نسبياً كما ينطبق على الحواف البعيدة للكون. وكما يقول دونالد جولدسميث: «حين يقول علماء الفلك: إن

مجرة إم 87 تبعد 60 مليون سنة ضوئية، فإن ما يعنونه في الواقع (ولكنهم لا يشدّدون على هذا للجمهور العام) هو أنها تبعد ما بين 40 و90 مليون سنة ضوئية، ليس تماماً الأمر نفسه. بالنسبة للكون عامة، إن الأمور تُكبّر بنحو طبيعي. فبالرغم من النجاح الباهر الذي يحيط بالإعلانات الأخيرة، فإننا نبقى بعيدين جداً عن الإجماع».

اقترحت إحدى النظريات المهمة أخيراً أن الكون ليس كبيراً كما نظن؛ إنه حين نحدق في المسافة، فإن بعض المجرات التي نراها يمكن أن تكون مجرد انعكاسات، أو صوراً شبحية أنشأها الضوء المرتدّ.

والواقع أن هناك كثيراً من الذي لا نعرفه، حتى على مستوى جوهري تماماً، بما فيه مما صُنع الكون. حين يحسب العلماء كمية المادة المطلوبة لربط الأشياء سوية، فإنهم ييأسون من معرفة ذلك دوماً. ويبدو أن 90% على الأقل من الكون، وربما 99% مؤلف من «المادة السوداء» لفريتز زويكي، وهي مادة بطبيعتها غير مرئية لنا. وإنه لمثير للسخط تماماً بالنسبة لنا أن نفكر أننا نعيش في كون لا نستطيع، حتى أن نراه في معظم الأحيان، ولكن ها أنت هناك. على الأقل إن اسمي المتهمين الرئيسين المحتملين ممتعان: قيل إنهما إما الجسيمات الكبيرة التي تتفاعل على نحو ضعيف WIMPs، التي هي ذرات مادة غير مرئية باقية من الانفجار العظيم أو MACHOs (الأشياء الكبيرة المدمجة المحاطة بهالة، وهذا في الواقع اسم آخر للثقوب السوداء، الأقزام الرمادية ونجوم أخرى باهتة جداً).

مال علماء فيزياء الجسيمات إلى تفضيل شرح الجسيم الخاص بالجسيمات الكبيرة، التي تتفاعل على نحو ضعيف، وفضل علماء الفيزياء الفلكية الشرح النجمي للأشياء المحاطة بهالة. وكان للأشياء المحاطة بهالة اليد العليا لبعض الوقت، ولكن لم يُكتشف ما يكفي منها، وهكذا عاد التعاطف إلى الجسيمات الكبيرة، بالرغم من مشكلة أنه لم يُكتشف أي منها أبداً. ولأنها تتفاعل أسبوعياً، فإنه مفترض أنها موجودة من الصعب جداً اكتشافها. فالأشعة الكونية ستسبّب كثيراً من التدخل. وهكذا ينبغي أن يذهب العلماء عميقاً تحت الأرض. إن القصف الكوني إلى عمق

كيلومتر واحد تحت الأرض سيكون جزءاً من واحد بالمليون مما ستفعله على السطح. ولكن حين تُضاف كل هذه، «فإن ثلثين من الكون ما يزالان مفقودين من الميزانية العمومية. أما الآن فإننا نستطيع أن ندعوها جيداً DUNNOS (أشياء في مكان ما سوداء ومجهولة وغير انعكاسية أو قابلة للكشف).

وتوحي الأدلة الأخيرة أن المجرات لا تندفع بعيداً عنا فحسب، وإنما تفعل ذلك بنسبة تتسارع. وهذا يخالف جميع التوقعات. وتبيّن أن الكون يمكن أن يكون مليئاً ليس بالمادة السوداء فحسب، وإنما بالطاقة السوداء. وأحياناً يدعوها العلماء الطاقة الخوائيّة أو الجوهر. مهما كانت، فإنها يبدو أنها تقود توسّعاً لا أحد يستطيع تفسيره. تقول النظرية: إن الفضاء الفارغ ليس فارغاً على الإطلاق، هناك جسيمات من المادة والمضادة للمادة تقفز إلى الوجود، ثم تقفز خارجه مرة أخرى، وهذه تدفع الكون إلى الخارج بسرعة متنامية. ومن غير المرجح أن الشيء الوحيد الذي يحلّ كل هذا هو ثابت آينشتاين الكوني، قطعة الرياضيات الصغيرة التي أسقطها في نظرية النسبية العامة لإيقاف توسع الكون المفترض، وقد دعا هذا بـ «الخطأ الأكبر في حياتي». وتبين الآن أنه قام بالأمور على نحو صحيح في النهاية.

إن زبدة كل هذا هو أننا نعيش في كون لا نستطيع أن نحسب عمره تماماً، محاط بنجوم لا نعرف كم تبعد عنا أو عن بعضها بعضاً، وملىء بمادة لا نستطيع تعريفها، ويعمل بانسجام مع القوانين الفيزيائية التي لا نفهم خصائصها.

بعد هذه الملحوظة المقلقة لنعد إلى الكوكب الأرضي ونفكر في شيء ما لا نفهمه بالرغم من أنكم ربما لن تُفاجؤوا الآن من سماع أننا لا نفهمه بشكل كامل، وما نفهمه لم نفهمه منذ وقت طويل.

الفصل الثاني عشر

الأرض تتحرك

قبل أن توافيه المنية في 1955، كتب ألبرت آينشتاين مقدمة قصيرة ألمعيّة لكتاب ألفّه عالم جيولوجيا يُدعى تشارلز هابجود بعنوان «قشرة الأرض المنزاحة»: مفتاح بعض المشكلات الأساسية لعلم الأرض. قوّض كتاب هابجود فكرة أن القارات تتحرك. وبنبرة تدعو القارئ إلى الانضمام إليه في ضحكة خافتة، قال هابجود: إن قلة من الأنفس الساذجة لاحظت «تواشجاً واضحاً في الشكل بين قارات معيّنة». وتابع قائلاً: إنه يبدو: «كأن أمريكة الجنوبية يمكن أن تشبه تماماً إفريقية، وهكذا دواليك... ويزعم أنه حتى تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي متطابقة».

رفض السيد هابجود بذكاء هذه الأفكار، منبهاً أن عالمي الجيولوجيا ك.ي. كاستر وج.س. ميندیز قاما بعمل ميداني واسع على جانبي المتوسط، وبرهنا أنه لا توجد تشابهات كهذه. لا يعرف إلا الله أي بروز صخري نظر إليه كاستر وميندیز؛ لأن كثيراً من تشكيلات الصخور على جانبي الأطلسي هي نفسها في الحقيقة.

لم تكن الفكرة من ابتكار السيد هابجود أو علماء جيولوجيا آخرين في عصره. فقد ظهرت النظرية التي لمّح إليها هابجود في البداية في 1908 على يد عالم جيولوجيا أميركي هاوٍ يدعى فرانك برسلي تيلور. جاء تيلور من أسرة ثرية وكان لديه كل من الوسائل والحرية من القيود الأكاديمية كي يتبع خطوط استقصاء غير تقليدية. كان أحد أولئك الذين صعقهم التشابه بين ظاهر الخطوط الساحلية في إفريقية وأمريكة الجنوبية، ومن هذه الملاحظة طوّر فكرته بأن القارات انزلقت مرة دائرياً. اقترح بعلم بالغيب، كما تبيّن فيما بعد أن اصطدام القارات رفع سلاسل الجبال في العالم. لكنه أخفق في إيراد أدلة، وعدّت النظرية خرقاء لا تستحق الانتباه الجدي.

ولكن فكرة تيلور -على أي حال- التُقطت في ألمانية، وانتُحلت على نحو فاعل، من قبل منظّر يُدعى ألفرد فيجينر، وهو عالم بالأرصاد الجوية في جامعة ماربورغ.

استقصى فيجينر الشذوذات الكثيرة في النبات والمستحاثات، التي لم تتلاءم بنحو مريح في النموذج المعياري لتاريخ الأرض، وأدرك أن قليلاً منها له معنى إذا تم تفسيره بنحو مألوف. هذا وقد ظهرت المستحاثات الحيوانية بشكل متكرر على جانبي المحيطات التي كانت على ما يبدو كبيرة جداً لا يمكن عبورها بالسباحة. وتساءل: كيف انتقلت الجرابيات من أمريكة الجنوبية إلى أستراليا؟ وكيف ظهرت سلاحف مماثلة في البلدان الإسكندنافية ونيوإنجلاند؟ وكيف يفسر المرء وجود طبقات الفحم أو بقايا شبه استوائية في مناطق قارسة مثل سبتسبرجن، على بعد 600 كيلومتر إلى الشمال من النرويج، إذا لم تكن قد هاجرت إلى هناك من مناخات دافئة؟

طوّر فيجينير نظرية أن قارات العالم وُجدت مرة كتلة أرضٍ واحدةٍ دعاها بانجيا Pangaea حيث كانت الحياة النباتية والحياة الحيوانية قادرتين على الاختلاط، قبل أن تنفصلا إلى مواقعهما الحالية. وعبرّ عن الفكرة في كتاب بعنوان: «أصل القارات والمحيطات»، نُشر في ألمانية سنة 1912 و بالرغم من نشوب الحرب العالمية الأولى آنذاك، نشره بالإنكليزية بعد ثلاث سنوات.

وبسبب الحرب، لم تجذب نظرية فيجينير كثيراً من الانتباه في البداية، ولكن في 1920، حين أنتج نسخة منقّحة وموسّعة صار بسرعة موضوعاً للنقاش. وافق الجميع على أن القارات انجرفت، ولكن إلى الأعلى والأسفل، وليس جانبياً. إن عملية الحركة العمودية - المعروفة باسم توازن القشرة الأرضية - كانت أساس الاعتقاد الجيولوجي لأجيال، بالرغم من أنه لم يطرح أحد أي نظريات جيدة عن: «كيف حدث هذا ومتى؟». كانت هناك فكرة واحدة، بقيت في المقررات المدرسية، حتى أيام دراستي، هي نظرية «التفاحة المسلوقة» التي طرحها النمساوي إدوارد سويس تماماً قبل انعطافة القرن. قالت النظرية: إنه حين بردت الأرض الذائبة صارت مجعدة كتفاحة مطبوخة، مشكّلة أحواض محيطات وسلاسل جبال. لا يهم أن جيمس هتون قال قبل هذا بوقت طويل: إن أي ترتيب ثابت كهذا سينتج في النهاية كرةً بلا ملامح، بما أن الحتّ يمهّد الانتفاخات ويملأ الحفر. كان هناك أيضاً المشكلة، التي أشار إليها رزرفورد وسودي في بداية القرن، بأن العناصر الأرضية تحمل احتياطيات كبيرة من الحرارة، كثير

وكثير جداً بحيث لا يسمح بنوع التبريد والتقلص الذي اقترحه سويس. وعلى أي حال، إذا كانت نظرية سويس صحيحة، فإن الجبال ستوزع عندئذ بنحو متساوٍ عبر وجه الأرض -ولكنها لم تكن هكذا على ما يبدو- ومن العمر نفسه تقريباً؛ ومع ذلك، في أوائل التسعينيات كان من الواضح أن بعض السلاسل مثل الأورال وجبال الأبّلاش، كانت أكبر من الأخرى بمئات الملايين من السنين، كالألب وجبال روكي. ومن الواضح أن الوقت كان ناضجاً لنظرية جديدة. ولسوء الحظ، لم يكن ألفرد فيجينير الرجل الذي رغب الجيولوجيون بأن يقدمها.

في البداية، شككت أفكاره الجذرية بأسس نظامهم، وكانت هذه نادراً ما تعدّ طريقة فاعلة لتوليد المودة في الجمهور. سيكون تحدٍّ كهذا مؤلماً لو قام به عالم جيولوجيا، ولكن فيجينير لم يكن يمتلك خلفية في الجيولوجيا. كان عالم أرصاد جوية، رجل طقس ألماني، ولم تكن هذه حالات نقص قابلة للعلاج.

وهكذا بذل علماء الجيولوجيا ما بوسعهم؛ كي يرفضوا دليله ويقللوا من أهمية اقتراحاته. وللالتفاف على مشكلة توزع المستحاثات، وضعوا «جسوراً ترابية» قديمة، بحسب الحاجة. وحين اكتشف أن حصاناً قديماً يدعى هيباريون عاش في فرنسة وفي فلوريدة في الوقت نفسه، رسم جسراً أرضياً عبر الأطلسي. وحين عُرف أن حيوانات التابير عاشت بنحو متزامن في أمريكة الجنوبية وجنوب شرق آسية رسم جسراً أرضياً هناك، أيضاً. وفي الحال كانت خرائط البحار ما قبل التاريخية مليئة بالجسور، الأرضية الافتراضية من أمريكة الشمالية إلى أوروبة ومن البرازيل إلى إفريقية ومن جنوب شرق آسية إلى أسترالية، ومن أسترالية إلى أنتاركتيكا. ولم تظهر هذه الحوالق الرابطة بشكل ملائم كلما كان من الضروري نقل متعضّ حيٍّ من كتلة أرض إلى أخرى فحسب، ولكنها تلاشت أيضاً بشكل إلزامي دون أن تترك أثراً لوجودها السابق. ولم يدعم هذا بالطبع أي أدلة ولا شيء يمكن أن يكون خطأ كهذا، ولكن هذه كانت الأرثوذكسية الجيولوجية في نصف القرن اللاحق.

لم تستطع حتى الجسور الأرضية شرح بعض الأمور. فإحدى الأنواع من ثلاثيات الفصوص التي كانت معروفة جيداً في أوروبة اكتشف أنها كانت تعيش أيضاً في

نيوفاوندلانـد*، ولكـن على جانب واحد فقط. ولم يستطع أحـد أن يشرح بشكل مقنع كيـف أنهـا استطاعت عبـور 3000 كيلومتر من المحيـط المعادي، ولكنهـا أخفقت في العثـور علـى طريقها حول زاوية جزيـرة عرضها 300 كيلومـتر. وكان هناك نوع آخر أكـثر شذوذاً مـن ثلاثيات المفاصل عُثر عليه في أوروبـة، وفي الشمال الشرقي الغربي من أمريكة المطل على المحيط الهادئ ولكن لم يُعثر عليه في أي مكان بينهما، مما لن يقتضـي كثير من الجسـور الأرضية بقدر ما يقتضي طيراناً. مع ذلك في أواخر 1964 حين ناقشت الموسوعة البريطانية النظريات المتنافسة عدت نظرية فيجينير أنها كانت مليئة «بالعديد من الصعوبات النظريـة الخطرة». وللتأكيد، ارتكب فيجينير أخطاء. جزم بأن غرينلندا تندفع إلى الغرب بسرعة 1.6 كيلومتر في العام، وهذا هراء واضح. (إن الأمر يتم بالسنتمترات). وقبل كل شيء، لم يستطع تقديم شرح مقنع عن: «كيف كانـت كتل الأرض تتحـرك؟». وللإيمان بنظريته يجب أن تقبلـوا أن القارات الكبيرة تدفع نوعاً ما عبر القشرة الصلبة، كمزارع يحرث الأرض، دون أن يترك أي أثلام بعد ذلك. لاشيء إذاً يمكن أن يشرح بنحو معقول ما حرّك هذه الانتقالات الكبيرة.

كان آرثر هولمز، عالم الجيولوجيا البريطاني - الذي فعل كثيراً لتحديد عمر الأرض - هو الذي قدّم اقتراحاً. كان هولمز أول عالم فهم أن التدفئة الإشعاعية يمكن أن تنتج تيارات نقل داخل الأرض. نظرياً، يمكن أن تكون هذه قوية بما يكفي كي تجعل القارات تنـزاح دائرياً على السطح. وفي كتابه المشهور والمؤثر مبـادئ الجيولوجيا الفيزيائية، الـذي نُشـر لأول مرة في 1944، وضع هولمز نظرية لانجراف القارات هي، في مبادئها الجوهرية؛ النظرية السائـدة اليوم. كانت ما تزال فرضية جذرية في زمنها وانتُقدت على نطاق واسع -خاصة في الولايات المتحدة- حيث استمرت مقاومة الانجراف أكثر مـن أي مكان آخر. اغتاظ هناك أحـد المراجعين -دون أي إحساس بالمفارقة- قائلا: إن هولمز قدم حججه بشكل واضح ومغرٍ للطلاب؛ كي يؤمنوا بها. وفي مكان آخر -على أي حال- حصلت النظرية على دعم مطرد ولو كان حذراً. ففي 1950، أظهر تصويت في الاجتمـاع السنوي للرابطة البريطانية لتقدم العلـم، أن نصف الحاضرين تقريباً

* جزيرة مثلثية الشكل تقريباً واقعة تجاه الساحل الشرقي من كندا. المترجم.

قبلوا فكرة الانجراف القاري. (قام هابجورد حالاً بعد هذا بإيراد هذا الرقم على أنه دليل على كيف أصبح علماء الجيولوجيا البريطانيين مضلّلين). ومن المثير للفضول، أن هولمز نفسه تذبذب في معتقده أحياناً. فقد اعترف في 1953: «لم أنجح أبداً في تحرير نفسي من رأي سابق مزعج ضد الانجراف القاري؛ في عظامي الجيولوجية، إذا صح التعبير، أشعر أن الفرضية فنتازية».

لم يكن الانجراف القاري دون دعم بشكل كامل في الولايات المتحدة. فقد دافع عنه رجينال دالي من هارفارد، ولكنه -كما يمكن أن تتذكروا- كان الشخص الذي اقترح أن القمر يشكل من تأثير كوني، وكان هناك ميل إلى عدِّ أفكاره مهمة، وحتى جديرة بالثقة، ولكنها فياضة بالحماس بحيث لا تُعدّ تفكيراً جدياً. وهكذا تمسّك معظم الأكاديميين الأميركيين بالاعتقاد بأن القارات شغلت مواقعها إلى الأبد، وأن ملامح سطوحها يمكن أن تُعزى إلى شيء آخر غير الحركات الجانبية.

ومن المثير للاهتمام أن علماء الجيولوجيا في شركات النفط عرفوا طوال سنوات أنك إذا أردت العثور على النفط، يجب أن تعترف بحركات السطح المتضمنة في الألواح التكتونية. لكن علماء الجيولوجيا المختصين بالنفط لم يكتبوا أبحاثاً أكاديمية؛ وإنما عثروا على النفط فحسب.

كانت هناك مشكلة رئيسة أخرى في نظريات الأرض لم يحلها أحد، أو حتى يقترب من حلّها. كانت تلك مسألة أين تذهب كل الرُّسابة. ففي كل عام تحمل أنهار الأرض كميات كبيرة من المادة المتآكلة 500 مليون طن من الكالسيوم، مثلاً إلى البحار. إذا ضربت سرعة الإيداع بعدد الأعوام، تصل إلى عدد مزعج: سيكون هناك نحو 20 كيلومتراً من المواد الرسابية في قاع المحيط أو -إذا عبّرنا عن الأمر بطريقة أخرى- ستكون قيعان المحيطات الآن فوق قممها. وقد تعامل العلماء مع هذه المفارقة بأسهل الطرق: أي تجاهلها. ولكن في النهاية جاءت نقطة لا يستطيعون فيها تجاهل هذا الأمر.

في أثناء الحرب العالمية الثانية، عُيّن عالم معادن في جامعة برنستون يُدعى هاري هيس مسؤولاً عن سفينة نقل هجومية، يو إس إس كيب جونسون. وعلى متن

هـذه السفينة كان هناك مسبار خيالي للأعمـاق يدعى سابر الأعماق، صُمّم لتسهيل المناورات قرب الشاطئ في أثناء النزول عليه، ولكن هيس أدرك أنه يمكن أن يُستخدم بنحو مساوٍ لأهداف علمية ولم يطفئه أبداً، حتى في أعماق البحار، أو في وطيس المعركة. ما اكتشفه كان غير متوقع بنحو كامل. إذا كانت أرضيات المحيط قديمة -كما افترض الجميـع- يجب أن تكـون مغطاة بشكل كثيـف بالمواد الرسابية، علـى غرار الطين في قـاع نهر أو بحـيرة. ولكن قراءات هيس أظهرت أن أرضيـة المحيط لم تقدم أي شيء سوى نعومة الغرين القديم. إن المحيط معلّم في كل مكان بالأودية والخنادق والصدوع ومنقـط بالجبال البحرية البركانية، التي دعاها الموائد البحرية على اسم أحد علماء الجيولوجيـا السابقـين أرنولد جويوت. كان هـذا لغزاً، ولكن هيـس خاض حرباً؛ كي يشارك فيه، ووضع أفكاراً كهذه في مؤخرة ذهنه.

بعـد أن وضعـت الحـرب أوزارهـا، عاد هيـس إلى برنستـون وعـاد إلى انشغالاته بالتدريـس، ولكن ألغاز قـاع البحر واصلت احتلال مكان في أفـكاره. في غضون ذلك، وفي أثنـاء الخمسينيـات، كان علمـاء المحيطـات والأوقيانوسات يقومـون بالمزيد من المسوحات لأرضيات المحيط. وفي أثناء فعلهم هذا، عثروا على مفاجأة أكبر: إن أضخم وأوسـع سلسلة جبال على الأرض كان معظمها تحت المـاء. اتبعت ممراً متواصلاً على طـول قيعان بحـار العالم كمسار كرة تنـس. لو انطلقت من إيسلنـدة وسافرت جنوباً، تستطيع أن تتبعها في مركز المحيط الأطلسي، حول قاع إفريقية، وعبر المحيط الهندي والجنوبـي إلى الهادئ تماماً تحت أستراليـة؛ وهناك تدور على نحو زاوّي عبر المحيط الهادئ، وكأنها تتجه إلى باجا في كاليفورنيا قبل أن ترتفع في الساحل الغربي للولايات المتحـدة إلى آلاسـكا. وبـين الفينـة والأخرى تنتأ قممهـا الأعلى فوق المـاء كجزيرة أو أرخبيـل الآزوريس والكناري في الأطلسي، وهـاواي في الهادئ، على سبيل المثال، ولكن معظمها مدفون تحت آلاف القامات (القامة = ستة أقدام) من البحر المالح، المجهولة وغير المفكر فيها. حين تضاف كل فروعها سوية فإن الشبكة تمتد 75,000 كليومتر.

كان جـزء قليل من هـذا معروفاً لبعض الوقـت. فالأشخاص الذيـن كانوا يرمون كبلات إلى قاع المحيط في القرن التاسع عشر أدركوا أنه كان هناك نوع ما من التدخل

الجبلي في منتصف الأطلسي من الطريقة التي كانت تتحرك بها الكبلات، ولكن الطبيعة المتواصلة والوزن الكلي للسلسلة كانا مفاجأة مذهلة. فضلاً عن ذلك، احتوت على شذوذات مادية لا يمكن شرحها. وفي حيد منتصف الأطلسي كان هناك صدع عرضه 20 كيلومتراً بالنسبة لطوله الكامل الذي يبلغ تسعة عشر ألف كيلومتر. بدا كأن هذا يوحي بأن الأرض تنشق عند خطوط الاتصال، كجوزة تخرج من صدفتها. كانت فكرة سخيفة ومثيرة للأعصاب، ولكن الدليل لا يمكن أن يُنكر.

ثم في 1960 أظهرت العيّنات الأساسية أن قاع المحيط فتي جداً في حيد منتصف المحيط، لكنه يصبح على التعاقب أكبر حين تنتقل بعيداً عنه إلى الغرب أو الشرق. فكّر هاري هيس بالمسألة وأدرك أن هذا يمكن أن يعني شيئاً واحداً فحسب: شكلت قشرة محيط جديدة على جانبي الانجراف المركزي، ثم دفعت بعيداً عنه بعد أن جاءت قشرة جديدة خلفها. كانت أرضية المحيط ناقلين ضخمين، واحد ينقل القشرة نحو شمال أمريكة، وينقلها الآخر نحو أوروبة. صارت العملية معروفة باسم انتشار أرضية البحر.

حين وصلت القشرة في نهاية رحلتها إلى الحدود مع القارات، غاصت مرة أخرى في الأرض في عملية تُعرف باسم السحج. شرح هذا إلى أين ذهبت الترسبات كلّها. لقد تمت إعادتها إلى أحشاء الأرض. شرح أيضاً لماذا كانت قيعان البحار والمحيطات في كل مكان فتية نسبياً. ولم يكتشف أن عمر أي منها أكثر من 175 مليون سنة، وكان هذا لغزاً؛ لأن عمر الصخور القارية كان بلايين الأعوام في الغالب. والآن يستطيع هيس أن يعرف لماذا لا تستمر الصخور المحيطية إلا الوقت الذي تستغرقه كي تنتقل إلى الشاطئ؟. كانت هذه نظرية جميلة شرحت كثيراً جداً. أوضح هيس حججه في بحث مهم جداً، تم تجاهله عالمياً تقريباً. فالعالم أحياناً لا يكون مستعداً لفكرة جيدة.

في غضون ذلك، قام باحثان يعملان على نحو مستقل، باكتشافات مذهلة معتمدين على حقيقة مثيرة للفضول عن تاريخ الأرض اكتُشفت قبل عقود عدة. ففي 1906، اكتشف عالم فرنسي يُدعى برنار برون Bernard Brunhes أن الحقل المغناطيسي للكوكب يعكس نفسه من وقت لآخر، وأن سجل هذه الانعكاسات ثابت بشكل دائم في

بعض الصخور في وقت تشكّلها. وبشكل محدّد، إن حبات صغيرة من خام الحديد داخل الصخور تشير إلى أي مكان يصادف أن يكون فيه القطبان المغناطيسيان في وقت تشكّلهما، ثم تبقى مشيرة إلى تلك الجهة فيما هي تبرد وتتصلّب. بالنتيجة، إنها «تتذكّر» أين يكون القطبان المغناطيسيان في وقت تشكلها. لم يكن هذا لسنوات سوى شيء لافت للنظر، ولكن في الخمسينيات درس باتريك بلاكيت من جامعة لندن و س.ك.رنكورن من جامعة نيوكاسل النماذج المغناطيسية القديمة المتجمدة في الصخور البريطانية وفوجئا -هذا إذا قلنا أقل شيء- حين اكتشفا أنها تشير إلى أنه في وقت ما في الماضي البعيد دارت بريطانية على محورها وانتقلت قليلاً إلى الشمال، وكأنها فلتت نوعاً ما من مراسيها. فضلاً عن ذلك، اكتشفا أنك إذا وضعت خريطة لنماذج أوروبة المغناطيسية إلى جانب خريطة أميركية من المدة نفسها، فإنهما يتلاءمان سوية كنصفي رسالة ممزّقة. كان هذا خارقاً للطبيعة. ولكنه تم تجاهل اكتشافاتهما، أيضاً.

وأخيراً قام رجلان من جامعة كمبريدج، عالم جيوفيزياء (عالم بطبيعة الأرض) يدعى درموند ماثيوس وطالب متخرج يدعى فريد فاين، بربط الخيوط جميعها سوية. وفي 1963 -مستخدمين الدراسات المغناطيسية لقاع المحيط الأطلسي- بيّنا بشكل قاطع أن أرضيات البحار كانت تنتشر بدقة بالطريقة التي اقترح بها هيس أن القارات تتحرك. واستنتج عالم جيولوجيا كندي غير محظوظ يدعى لورنس مورلي النتيجة نفسها في الوقت نفسه، ولكنه لم يستطع العثور على أي شخص ينشر بحثه. وفيما أصبح ازدراءً مشهوراً، قال له محرر مجلة جورنال أوف جيوغرافيكال ريسيرش (مجلة الأبحاث الجغرافية): «إن تأملات كهذه تشكل حديثاً ممتعاً في حفلات الكوكتيل، ولكنها ليست النوعية التي ينبغي أن تُنشر تحت الرعاية العلمية الجدية». ووصفه أحد علماء الجيولوجيا مرة بأنه «على الأرجح أهم بحث في علوم الأرض سبق و رُفض نشره».

على أي حال، كانت القشرة المتنقلة فكرة لم يحن وقتها بعد. وقد عقد كثير من أهم الشخصيات في هذا الميدان ندوة في لندن برعاية الجمعية الملكية في 1964، وفجأة، ارتد الجميع على ما يبدو. اتفق المجتمعون على أن الأرض (خليط متنوع) موازييك من القطع المتداخلة التي يفسّر اصطدامها الضخم ببعضها بعضاً كثيراً من سلوك سطح الكوكب.

ونُبـذ بسرعة اسم «الانجراف القاري» حـين أُدرك أن القشرة كلها تتحرك وليس القـارات فقـط، ولكن الأمـر استغرق مدة للاستقـرار على اسم للقطـع الفردية. في البدايـة سمّاها الناس «القطع القشرية»، أو أحياناً «الرصفة». ولكن في أواخر 1968، وبعـد نشر مقالة لثلاثة علمـاء زلازل أميركيين في مجلة الأبحاث الجغرافية، حصلت القطـع على اسم وصـارت تعرف باسم الألـواح. ودعت المقالة نفسهـا العلم الجديد باسم الألواح التكتونية.

إن الأفـكار القديمـة لا تموت بسهولـة لهذا لم يندفـع الجميع إلى اعتنـاق النظرية الجديـدة المثيرة. وفي أواخـر السبعينيات، ألّح أحـد أشهر الكتـب الجيولوجية المؤثرة، «الأرض» -والذي ألفه المحترم هارولد جيفريز- بقوّة أن الألواح التكتونية تشكل استحالة ماديـة، كمـا فعل في الطبعة الأولى في 1924. وقد رفض أيضـاً الحمل الحراري وانتشار قاع البحر. وفي كتاب الحوض والسلسلة، الذي نُشر في 1980، قال جون مكفي: إن واحداً من بين كل ثمانية جيولوجيين أميركيين لم يقبل فكرة الألواح التكتونية آنذاك.

واليـوم نعرف أن سطح الأرض مشكل من ثمانية إلى اثني عشر لوحاً كبيراً (وهذا يعتمـد على كيفية تحديد الكبر) ومن عشريـن أو ما يقارب ذلك من الألواح الأصغر، وأنهـا كلهـا تتحـرك في اتجاهات مختلفـة وبسرعات مختلفـة. بعض الألـواح كبيرة ومهمـدة نسبيـاً، وبعضها الآخر صغير ولكنه نشيط. ولا تجمعهـا إلا علاقة تصادفية مـع كتل الأرض التي توضع فوقها. فاللوح الأمريكـي الشمالي، مثلاً أضخم بكثير من القـارة التي يُربط بها. فهو يتبع تقريبـاً مخطط الساحل الغربي للقارة (لهذا السبب المنطقـة ناشطـة زلزالياً؛ بسبب ارتجاج واندفاع حد اللـوح)، ولكنه يتجاهل الشاطئ وبـدلاً مـن ذلك يمتدّ منتصف الطريـق عبر الأطلسي إلى الحيد الـذي في منتصفه. أيسلندة منشقة في الوسط، مما يجعلها تكتونياً نصف أمريكية ونصف أوروبية. بينما نيوزلندة هي جزء من لوح المحيط الهندي الضخم بالرغم من أنها ليست قريبة منه. وهكذا المسألة بالنسبة لمعظم الألواح.

إن الروابـط بين كتـل الأرض الحديثـة والسابقة تبدو أكثر تعقيـداً مما يمكن أن يتصـوره المـرء. تبـين أن كازاخستـان كانـت مرتبطة مـرة بالنرويـج ونيوإنجلاند.

وإحدى زوايا جزيرة ستيتن، ولكن زاوية واحدة فحسب هي أوروبية. وهكذا جزء من نيوفاوندلاند. التقطوا حصاة من شاطئ في ماساتشوسيتس وستكون الحصاة الأقرب لها الآن في إفريقية. إن الأراضي المرتفعة الأسكتلندية وكثيراً من إسكندنافيا هي أمريكية بالأساس. إن بعض سلسلة شاكلتون من أنتاركتيكا -كما يُعتقد- ربما كانت تنتمي إلى جبال الأبلاش في الروك الروسية الشرقية، باختصار لقد استدارت.

إن الفوضى المستمرة تمنع الألواح من الانصهار في لوح واحد ثابت. ومفترضين أن الأمور ستستمر كما هو الأمر الآن، فإن المحيط الأطلسي سيتوسّع إلى أن يصبح في النهاية أكبر من المحيط الهادئ. سيعوم كثير من كاليفورنية ويصبح نوعاً من مدغشقر المحيط الهادئ. ستندفع إفريقية شمالاً نحو أوروبة، مما سيؤدي إلى اختفاء المتوسط رافعاً سلسلة جبال على غرار جبال الهملايا المهيبة تمتد من باريس إلى كالكوتا. ستستعمر أسترالية جزر شمالها وترتبط بآسية بسرّة برزخية. هذه هي النتائج المستقبلية. والأحداث تحدث الآن. فبينما نجلس هنا، فإن القارات تنجرف، كأوراق في بركة. ولكن بفضل أنظمة الموضعة العالمية نستطيع أن نرى أن أوروبة وأمريكة الشمالية تنفصلان بالسرعة نفسها التي ينمو بها ظفر: تقريباً مترين في مدة حياة إنسان. إذا كنت مستعداً للانتظار مدة أطول، فبوسعك أن تنطلق من لوس أنجلس إلى سان فرانسيسكو. إن قصر العمر فقط هو الذي يمنعنا من إدراك هذه التغيّرات. انظر إلى الكوكب (الجلوب) وما ستراه في الحقيقة هو لقطة خاطفة للقارات كما كانت فقط لعشر من 1% من تاريخ الأرض.

إن الأرض هي الكوكب الوحيد بين الكواكب الصخرية التي تمتلك الألواح التكتونية والسبب في هذا لا يزال لغزاً. إنها ليست مجرد مسألة حجم أو كثافة. إن كوكب الزهرة هو توءم للأرض في هذه المناحي، ومع ذلك ليس فيه نشاط تكتوني، ولكن ربما لدينا فقط المواد المناسبة في المقاييس الصحيحة لجعل الأرض تمور بالحيوية. واعتُقد بالرغم من أن الأمر في الحقيقة ليس إلا مجرد فكرة، أن التكتونيات هي جزء مهم من رفاهة الأرض العضوية. وكما عبّر عن الأمر عالم الفيزياء والكاتب جيمس تريفل: «سيكون من الصعب التصديق بأن الحركة الدائمة للألواح التكتونية ليس لها تأثير

علـى تطور الحياة على الأرض». ويقـترح أن التحديات التي تفرضها الألواح التغيرات في المناخ، مثلاً كانت مهمازاً مهماً لتطور الذكاء. ويعتقد آخرون أن الانجرافات القارية مـن المحتمل أنها أنتجت على الأقل بعض حوادث الانقراض المتنوعة على الأرض. وفي تشرين الثاني (نوفمبر) 2003 أنتج توني دكسون من جامعة كمبريدج تقريراً -نُشر في مجلة ساينس (العلم)- يقترح بقوة أنه يمكن أن تكون هناك علاقة بين تاريخ الصخور وتاريـخ الحياة. ما وصل إليه دكسون هـو أن المركب الكيميائي لمحيطات الأرض تبدل بشـكل مفاجئ ودرامي في أوقات عبر النصف بليون عـام الماضية، وغالباً ما تتواشج هـذه التغـيرات مع حوادث مهمة في التاريـخ البيولوجي: البـزوغ الضخم للمتعضيات الصغيرة التي أنشأت الجروف الحوّارية للساحل الإنكليزي الجنوبي، الموضة المفاجئة للأصداف بين المتعضيات البحرية في المدة الكامبرية، وهكذا دواليك.

علـى أي حال، لم تشرح الألواح التكتونية دينامية سطح الأرض فحسب كيف وصل هيباريون قديم من فرنسة إلى فلوريدة، على سبيل المثال وإنما أيضاً كثيراً من أفعالها الداخليـة: الزلازل، وتشكّل سلاسل الجـزر، ودورة الكربون، ومواقع الجبال، ومجيء العصـور الجليدية، وأصول الحياة نفسها، وبالكاد كانت هناك مادة لم تتأثر مباشرة بهذه النظرية الجديدة اللافتة للنظر. لقد وجد علماء الجيولوجيا أنفسهم -كما قال (مكفي)- في الموقع الذي يسبب الدوار حيث «الأرض كلها صارت مفهومة فجأة».

ولكـن إلى نقطة ما فقـط. إن توزيع القارات في الأزمنة السابقـة حُلّ بطريقة أقل أناقـة بكثير مما ظنه الأشخاص جميعاً الذين خارج الجيوفيزيـاء. وبالرغم من أن الكتب تقدم تمثيلات تبدو واثقة لكتل الأرض القديمة بأسماء مثل لوراسيا، وجوندوانا، وروديـنيا وبانجيا، إلا أن هذه كانت تستند أحياناً إلى استنتاجات لا تصمد. وكما قال جـورج جيلورد سيمبسـون في كتابه المستحاثـات وتاريخ الحياة، كان لأنـواع النباتات والحيوانـات في العـالم القديم عادة الظهور بشكل غـير مناسب، حيث يجب ألا تظهر وتخفق في أن تكون حيث ينبغي عليها أن تكون.

كان مخطـط جوندوانـا، التـي كانت مـرة قارة كبيرة تربـط أستراليـة وإفريقية وأنتاركتيكـة وأمريكة الجنوبية يستند بشكل كبير على توزع جنس قديم من الأشنيات

يُدعى جلوسوبتيريس Glossopteris، اكتُشف في الأمكنة جميعها. على أي حال، بعد زمن طويل فيما بعد اكتشف الجلوسوبتيريس في أجزاء من العالم ليس لها ارتباط معروف بجوندوانا. إن هذا التناقض المزعج كان ولا يزال مغفلاً. وبنحو مشابه، إن زاحفة من العصر الترياسي تُدعى ليستروصوروس lystrosaurus عثر عليها من أنتاركتيكة طوال الطريق إلى آسية، وهذا دعم فكرة ارتباط سابق بين هذه القارات، ولكنها لم تظهر أبداً في أمريكة أو أسترالية، اللتين اعتقد أنهما كانتا جزءاً من القارة نفسها في الوقت نفسه.

ثمة أيضاً كثير من ملامح السطح التي لا تستطيع الألواح التكتونية شرحها. خذوا دنفر مثلاً. إنها -كما يعرف الجميع- مرتفعة ميلاً، ولكن هذا الارتفاع حديث نسبياً. حين كانت الديناصورات تطوف على سطح الأرض، كانت دنفر جزءاً من قاع المحيط، منخفضة آلاف المترات. مع ذلك إن الصخور التي تستقر عليها دنفر لن تكون مسحوقة أو مشوهة لو أن دنفر دُفعت إلى الأعلى من قبل الألواح المصطدمة، وعلى أي حال كانت دنفر بعيدة جداً عن حواف اللوح كي تكون عرضة لأفعاله. سيكون الأمر كما لو أنك تدفع إزاء حافة سجادة، آملاً أن ترفع ثنية في الطرف المقابل. وطوال ملايين السنين يبدو أن دنفر كانت ترتفع بشكل غامض، مثل الخبز داخل بيت النار. وحدث هكذا أيضاً لكثير من جنوب إفريقية؛ ارتفع جزء مؤلف من 1600 كيلومتر نحو كيلومتر ونصف في مئة مليون عام، دون أي نشاط تكتوني معروف مرتبط بذلك. كانت أسترالية -في غضون ذلك- تنحدر وتغوص. وفي الأعوام المئة مليون الماضية، حين انجرفت شمالاً نحو آسية، غاصت حافتها الأساسية إلى عمق 200 قدم تقريباً. ويبدو كأن إندونيسية تغوص ببطء شديد، وتجر أسترالية معها إلى الأسفل. لا شيء في نظرية التكتونيات يشرح أيّاً من هذا.

لم يعش ألفرد فاغنر أبداً كي يرى أفكاره تُثبت. قام وحده برحلة إلى غرينلندة في 1930، في عيد ميلاده الخمسين؛ كي يفحص نقص المؤونة. لم يعد أبداً. عُثر عليه بعد أيام عدة مجمداً حتى الموت في الجليد. دُفن في المكان نفسه وما يزال قبره هناك، ولكن أقرب نحو متر من أمريكة الشمالية، مما كان عليه يوم موته.

لم يعش آينشتاين أيضاً بما يكفي كي يرى أنه راهن على الحصان الخطأ. وفي الحقيقة، وافته المنية في برنستون، نيوجرسي، عام 1955، قبل أن يُنشر هجوم تشارلز هابجود المتفّه لنظريات الانجراف القارية.

كان المؤثر الآخر الرئيس في بزوغ نظرية التكتونيات، هاري هيس، في برنستون أيضاً في ذلك الوقت، وأمضى بقية حياته المهنية هناك. كان أحد طلابه شاباً متألقاً يدعى والتر ألفاريز، الذي غيّر عالم العلم في النهاية بطريقة مختلفة تماماً.

كانت الانقلابات الجيولوجية قد بدأت لتوّها، وكان الشاب ألفاريز هو الذي ساعد على إطلاق هذه العملية.