

الباب الثاني

حجم الأرض

إن الطبيعة وقوانين الطبيعة تختبئ في الليل

أراد الله أن يكون نيوتن فكان الضوء

ألكسندر بوب، مرثية لإسحاق نيوتن

الفصل الرابع

قياس الأشياء

إذا كان عليك اختيار الرحلة العلمية الميدانية الأقل مرحاً في جميع الأزمنة، فإنك ستفعل على الأرجح ما هو أسوأ مما فعلته رحلة أكاديمية العلوم الملكية الفرنسية إلى البيرو في سنة 1735. فهذه الرحلة التي قادها عالم بالمائيات يدعى بيير بوجوير وجندي وعالم بالرياضيات يدعى تشارلز ماري دو لا كوندامين، ضمت فريقاً من العلماء والمغامرين الذين سافروا إلى البيرو من أجل مسح المسافات عبر تقسيمها إلى مثلثات عبر الأنديز.

كانت تحدد الناس في ذلك الوقت رغبة هائلة لفهم الأرض ومعرفة عمرها، وكبرها، وأين هي معلقة في الفضاء، وكيف حدث ذلك. وكان هدف الفريق الفرنسي هو المساعدة في حسم مسألة محيط الكوكب عبر قياس طول درجة واحدة من خط الزوال (أو درجة من 360 درجة من المسافة حول الكوكب) على طول خط يمتد من ياروكي - قرب كويتو، إلى ما وراء سوينكا - في ما يدعى الآن بالإكوادور، ويبلغ نحو 320 كيلومتراً*.

* كان المسح المثلثي، منهجهم المختار، تقنية شعبية تستند إلى الحقيقة الهندسية القائلة، بأنك إذا عرفت طول ضلع من مثلث وزوايا زاويتين، فإنك تستطيع استنتاج كل أبعاده الأخرى دون أن تغادر كرسيك. افترض - على سبيل المثال - أنني أنا وأنت قررنا أن نعرف كم تبعد الطريق إلى القمر. إذا استخدمنا المسح المثلثي، فإن الشيء الأول الذي يجب أن نفعله هو وضع مسافة ما بيننا، وهكذا دعنا نقول على سبيل الجدل أنك تمكث في باريس وأنا أذهب إلى موسكو وننظر كلانا إلى القمر في الوقت نفسه. والآن، إذا تخيلت خطاً يصل بين عناصر هذا التمرين - أي، أنت وأنا والقمر. فإنه يشكل مثلثاً. وإذا قست طول الخط القاعدي بينك وبين زوايا زاويتنا يمكنك حساب البقية بسهولة. (لأن الزوايا الداخلية للمثلث تصل دوماً إلى 180 درجة، فإذا عرفت حاصل اثنتين من الزوايا تستطيع أن تحسب على الفور الثالثة، ومعرفة الحجم الدقيق للمثلث وطول أحد الأضلاع يخبرك عن طول الأضلاع الأخرى. كان هذا في الحقيقة هو المنهج الذي استخدمه عالم فلك يوناني يدعى هيباركوس النيقى Nicaea في 150 قبل الميلاد؛ كي يعرف بعد القمر عن الأرض. أما على مستوى الأرض، فإن مبادئ المسح المثلثي هي نفسها، باستثناء أن المثلثات لا تصل إلى الفضاء وإنما بالأحرى تقع جنباً إلى جنب على الخريطة. فلقياس درجة من خط الزوال، سينشئ المساحون نوعاً من سلسلة من المثلثات التي تتقدم عبر المشهد الطبيعي.

بدأت الأمور فجأة تنحو باتجاه الخطأ، وبشكل هائل أحياناً. ففي كويتو، أغضب الزائرون السكان المحليين فطُردوا من البلدة من قبل رعاك مسلّحين بالأحجار. بعد هذا حالاً، قُتل طبيب الحملة بسبب سوء فهم متعلق بامرأة. وفقد عالم النبات عقله. مات آخرون من الحمى ومن السقطات. وهرب العضو الرئيس الثالث في الفريق، وهو رجل يُدعى جان غودن مع فتاة في الثالثة عشرة من عمرها، ولم ينجح إغراؤه بالعودة.

عند هذه النقطة كان على المجموعة أن تعلّق العمل لثمانية أشهر، بينما رحل لا كوندامين إلى ليما، كي يحل مشكلة تتعلّق بأذونهم. في النهاية اختلف مع بوجوير وامتنع عن التحدث ورفض العمل سوية. وفي كل مكان ذهب إليه الفريق المتناقص قوبل بأعمق الشبهات من المسؤولين، الذين وجدوا صعوبة في تصديق أن مجموعة من العلماء الفرنسيين سيقطعون نصف المسافة حول العالم كي يقيسوه. لم يكن لهذا أي معنى على الإطلاق. ولكن بعد قرنين ونصف، ما تزال تبدو المسألة معقولة. لماذا لم يقيم الفرنسيون بقياساتهم في فرنسة وينقذوا أنفسهم من إزعاج ونكد مغامرتهم الآندية؟

تكمّن الإجابة جزئياً في حقيقة أن علماء القرن الثامن عشر - وخاصة الفرنسيين - نادراً ما فعلوا الأشياء ببساطة إذا توافر لديهم بديل، ويعود السبب أيضاً إلى مشكلة عملية واجهها أولاً عالم الفلك الإنكليزي إدmond هالي قبل سنوات كثيرة، قبل أن يحلم بوجوير ولا كوندامين بالذهاب إلى أمريكا الجنوبية بوقت طويل، وبالإضافة إلى ذلك كانوا يمتلكون سبباً لفعل هذا.

كان هالي شخصية استثنائية. ففي مجرى مهنة طويلة ومنتجة، كان قبطاناً بحرياً، ورّسام خرائط وأستاذاً للهندسة في جامعة أكسفورد، ونائب كبير المحاسبين في دار سكّ العملة الملكية، وكان عالم فلك في الجمعية الملكية، ومخترعاً لناقوس الغواصين. وقد ألّف عن المغنطيسية، والمد والجزر وحركات الكواكب أبحاثاً يُعتدّ بها، وكتب بولع عن تأثيرات الأفيون. واخترع خريطة الطقس وجدول خبراء التأمين، واقترح طرقاً لاستنتاج عمر الأرض وبعدها عن الشمس، حتى إنه استنبط منهجاً عملياً لإبقاء السمك طازجاً بعد صيده. كان الشيء الوحيد الذي لم يفعله هو اكتشاف المذنب،

الذي يحمل اسمه. اعترف فقط أن المذنب الذي شاهده في 1682 كان هو نفسه الذي رآه آخرون في 1456 و1531 و1607. ولم يصبح مذنب هالي إلا في 1758، بعد ستة عشر عاماً من وفاته.

وعلى الرغم من كل إنجازاته، فإن إسهام هالي الأعظم في المعرفة البشرية هو أنه أدى دوراً في رهبان علمي متواضع مع اثنين آخرين أكفاء من عصره هما روبرت هوك الذي ربما يُذكر الآن بنحو أفضل على أنه الشخص الوحيد الذي وصف الخلية، والآخر هو العظيم والمهيب السير كريستوفر رين الذي كان بالفعل عالم فلك أولاً ومهندساً معمارياً ثانياً، بالرغم من أن هذا لا يُذكر كثيراً الآن. في 1683 كان هالي وهوك ورين يتناولون العشاء في لندن حين انتقلت المحادثة إلى حركات الأجرام السماوية. كان من المعروف أن الكواكب تميل إلى الدوران في مسار إهليلجي معين يُعرف باسم القطع الناقص - «منحنى محدد ودقيق جداً» ولكن لم يفهم لماذا. عرض رين بكرم جائزة قدرها 40 شلنغاً (ما يعادل أجر يومين) لأي من الرجال الذي يستطيع تقديم حلّ.

زعم هوك - الذي كان من المعروف جيداً أنه يحصل على الثناء من أجل أفكار ليست له بالضرورة - أنه حلّ المشكلة لكنه زعم أنه يرفض أن يبين ذلك الآن؛ خشية أن يجرد الآخرين من متعة اكتشاف الإجابة بأنفسهم. قال إنه: «لم يفصح عن الحل لبعض الوقت، كي يعرف الآخرون كيف يقومونه». إذا حدث وفكر مرة أخرى بالمسألة، فإنه لم يورد دليلاً عليها. صار هالي على أي حال مستغرقاً في العثور على الإجابة، إلى درجة أنه سافر في العام الآتي إلى كمبريدج، وتجراً على زيارة بروفسور الرياضيات إسحاق نيوتن، آملاً أنه يستطيع مساعدته.

كان نيوتن شخصاً غريباً من غير ريب: كان متألّقاً بشكل يفوق القياس، ولكنه منعزل وكئيب وحساس إلى درجة جنون الارتياب، وكان من المعروف عنه الشرود (فحين يدلي ساقيه من السرير في الصباح يُقال: إنه يجلس أحياناً لساعات مشلولاً من الاندفاع المفاجئ للأفكار في رأسه)، كان قادراً على الغرابة الأكثر إثارة. شيد مختبره الأول في كمبريدج، وانخرط في أكثر أنواع التجارب غرابة. مرة أدخل مخرزاً

في محجر عينه وحك الموضوع الذي حوله «بين عيني والعظم إلى قرب الجانب الخلفي من العين قدر استطاعتي» فقط لأرى ما الذي سيحدث. وبفعل معجزة لم يصب بأذى دائم. في مناسبة أخرى حدّق بالشمس قدر ما يستطيع التحمّل؛ كي يحدّد ما التأثير الذي ستحدثه في عينه. ومرة أخرى نجا من الأذى الدائم، بالرغم من أنه كان عليه أن يمضي بعض الأيام في غرفة مظلمة قبل أن تسامحه عيناه.

كان يعلو فوق هذه المعتقدات الغريبة والصفات عقل بعبرية لا يُعلى عليها، وبالرغم من أن نيوتن كان يعمل في قنوات تقليدية فإنه كان دوماً يُظهر ميلاً إلى التفرد. وحين كان طالباً - وقد أحبطته حدود الرياضيات التقليدية - ابتكر شكلاً جديداً كلياً، وهو حساب التفاضل والتكامل، ولكنه لم يطلع أحداً عليه طوال 27 عاماً. وبطريقة مماثلة، قام باكتشاف في حقل البصريّات حول فهمنا للضوء ووضع الأساس لعلم التحليل الطيفي، ومرة أخرى اختار ألا يفصح عن النتائج لثلاثة عقود.

وبالرغم من كل تألقه لم يشغل العلم الحقيقي إلا جزءاً من اهتماماته. فقد أمضى نيوتن نصف حياته تقريباً في العمل في الكيمياء والاهتمامات الدينية المتقلّبة. ولم تكن هذه مجرد تسليات ملهية وإنما عبادات صادقة. كان تابعاً سرياً لطائفة هرطوقية خطيرة تُدعى الآريوسية*، وكان معتقدها الرئيس هو أنه لم يكن هناك ثالث أقدس (وهذا مثير للسخرية قليلاً بما أن كلية نيوتن في كمبريدج كان اسمها الثالث الأقدس). أمضى ساعات لا نهاية لها في دراسة خطة أرضية معبد سليمان المفقود في القدس (وتعلّم اللغة العبرية في أثناء ذلك، لأنه من الأفضل فحص النصوص الأصلية) معتقداً أنه يحتوي على مفاتيح رياضية لمواعيد المجيء الثاني للمسيح ونهاية العالم. ولم تكن صلته بالسيّمياء أقل حماسة. ففي عام 1936 اشترى عالم الاقتصاد جون مينارد كينيز صندوقاً من أوراق نيوتن في مزاد علني، وفاجأه اكتشاف أنها لم تكن تدور حول البصريّات أو حركات الكواكب، وإنما حول بحث عقلي فردي لتحويل المعادن الوضيعة إلى ثمينة. وبين تحليل شعرة من شعر نيوتن في السبعينيات

* مذهب آريوس، اللاهوتي النصراني اليوناني، الذي ذهب إلى أن المسيح مخلوق وليس إلهاً كما تقول النصرانية. وقد شجب مجمع نيقية (عام 325 م) مذهب آريوس هذا وعدّه هرطقة. المترجم.

أنه يحتوي على الزئبق، وهذه مادة يهتم بها السيميائيون، وصانعو القبعات وموازين الحرارة، ولا أحد آخر تقريباً، وكان تركيزه أعلى بأربعين مرة من المستوى الطبيعي. ربما كان هذا هو سبب معاناته من مشكلة في تذكر النهوض في الصباح.

لا نستطيع سوى أن نخمن ما توقع هالي أن يحصل عليه منه تماماً حين قام بزيارته غير المعلنة في آب 1684. ولكن بفضل قصة صاحب نيوتن فيما بعد يُدعى أبراهام دو موافري لدينا سجل لأحد لقاءات العلم الأكثر أهمية في التاريخ:

في 1684 جاء الدكتور هالي للزيارة في كمبريدج وبعد أن أمضيا بعض الوقت سوية سأله الدكتور ما رأيته بالمنحنى، الذي تسلكه الكواكب، مفترضين أن قوة الجذب نحو الشمس هي مقلوب مربع بعدها عنها.

كانت هذه إشارة إلى قطعة رياضيات تُعرف باسم قانون التربيع العكسي* الذي كان هالي مقتنعاً أنه يكمن في قلب الشرح، بالرغم من أنه لم يكن متأكداً بالضبط كيف.

أجاب السير إسحاق على الفور أنه سيكون قطعاً ناقصاً. فسأله الطبيب الذي صعقه الفرح والدهشة، كيف عرف ذلك. أجب: «لماذا؟ لقد حسبته»، على إثر ذلك سأله الدكتور هالي عن حسابه دون تأخير. بحث السير إسحاق بين أوراقه لكنه لم يستطع العثور عليه.

كان هذا مدهشاً، على غرار شخص يقول إنه عثر على علاج للسرطان ولكنه لا يذكر أين وضع الصيغة. وبضغط من هالي، وافق نيوتن على القيام بالحسابات مرة أخرى وألّف بحثاً. وفعل كما وعد، ولكنه عندئذ فعل أكثر من ذلك. تقاعد مدة عامين منصرفاً إلى التأمل والتأليف، وأخيراً أنجز رائعته المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية، الذي يُعرف بنحو أفضل باسم كتاب المبادئ.

يحدث مرة في كل مدة طويلة، أو بضع مرات في التاريخ، أن يبدع عقل بشري عملاً ذكياً جداً ومفاجئاً، ولا يستطيع البشر أن يحددوا تماماً ما هو الأكثر إدهاشاً:

* قانون تتغير بموجبه شدة الطاقة الواردة من مصدر ما بتغير المسافة الفاصلة عن ذلك المصدر، وذلك بنسبة مقلوب مربع تلك المسافة. المترجم.

الحقيقة أم التفكير بها. كان ظهور كتاب المبادئ هو إحدى تلك اللحظات. فقد جعل نيوتن مشهوراً على الفور. وأحيط لبقية حياته بالإعجاب والتكريم، وكان - بين أمور أخرى كثيرة - أول شخص في بريطانيا يُمنح وسام الفارس من أجل إنجازهِ العلمي. حتى عالم الرياضيات الألماني الكبير غوتفريد فون لايبنتز، الذي خاض معه نيوتن صراعاً طويلاً ومميراً حول أسبقية ابتكار حساب التفاضل والتكامل، اعتقد أن إسهامه في الرياضيات يعادل كل العمل المتراكم الذي سبقه. «لا يستطيع فإن أن يقترب من الآلهة» كتب هالي بشعور ردّد صده بنحو لا نهائي معاصروه وكثيرون منذ ذلك الوقت.

وبالرغم من أن كتاب المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية دُعي «أحد أعقد الكتب التي سبق وتم تأليفها» تقصّد نيوتن جعله صعباً، بحيث لا يضايقه علماء الرياضيات «المهذرون» - كما دعاهم - فإنه كان ضوء الهداية للذين ساروا على خطاه. لم يشرح مدارات الأجرام السماوية رياضياً فحسب، وإنما حدّد أيضاً القوة الجاذبة التي جعلت الكواكب تتحرك في المقام الأول: الجاذبية. فجأة سُرحَت جميع الحركات في الكون.

وفي قلب كتاب المبادئ كانت قوانين نيوتن الثلاثة الخاصة بالحركة التي تحدّد - بشكل مخيف جداً - أن الشيء يتحرك إلى جهة يُدفع إليها؛ أي أنه يواصل الحركة في خط مستقيم إلى أن تعمل قوة أخرى كي تبطله أو تعطله؛ وأنّ كلّ حركة لها رد فعل مضاد ومساوٍ. كان فيه أيضاً قانونه الكوني الخاص بالجاذبية الذي يفيد أن كل شيء في الكون يمارس جاذبية على كل شيء آخر. يمكن ألا يبدو الأمر هكذا، ولكن فيما أنت جالس الآن فأنت تجذب كل شيء حولك: الجدران والسقف والمصباح والقطعة نحوك عبر مجال جاذبيتك الخاص بك الذي هو محدود جداً. وتجذبك هذه الأشياء أيضاً. كان نيوتن هو الذي أدرك أن جاذبية أي شيئين هي - إذا اقتبسنا كلام فينمان ثانية - «متناسبة طردياً مع كتلة كل منهما وتتنوّع بنحو معكوس كمقلوب مربع المسافة بينهما». وبصيغة أخرى، إذا ضاعفت المسافة بين شيئين، فإن الجذب بينهما يصبح أضعف بأربع مرات. يمكن التعبير عن هذا بصيغة: $F = G \frac{Mm}{r^2}$.

لا أحد منا يستطيع أن يقوم باستخدام عملي له، ولكننا نستطيع على الأقل أن ندرك أنه محكم بنحور شيق. عمليتا ضرب موجزتان، عملية تقسيم واحدة، وضربة حظ، وتعرف موقع جاذبيتك أينما ذهبت. كان أول قانون جاذبية سبق وقدمه عقل بشري ولهذا يُحترم نيوتن في كل مكان احتراماً عميقاً.

لم يحدث تأليف كتاب المبادئ من دون دراما. ومما أثار رعب هالي هو أنه فيما كان الكتاب يقترب من الانتهاء دخل نيوتن وهوك في نزاع حول من له الأسبقية في اكتشاف قانون التربيع العكسي، ورفض نيوتن أن ينشر الجزء الثالث الحاسم، الذي من دونه لن يكون للجزأين الأولين سوى أهمية قليلة. وعبر بعض الدبلوماسية المكوكة المسعورة والتطبيقات الأكثر ليبرالية للمداهنات، استطاع هالي في النهاية أن ينتزع الجزء النهائي من البروفسور الشارد.

لم تنتهِ صدمات هالي تماماً. فقد وعدت الجمعية الملكية بنشر العمل، ولكن الوعد سُحب فيما بعد، لأسباب مالية مربكة. في العام الماضي، دعمت الجمعية شيئاً مخففاً ومكلفاً جداً هو كتاب تاريخ الأسماك، واشتبهت بأن السوق من أجل كتاب عن المبادئ الرياضية سيكون محدوداً. نشر هالي والذي لم تكن إمكانياته كبيرة - الكتاب على نفقته الخاصة. ولجعل الأمور أسوأ، كان هالي قد قبل هذه المرة منصباً كموظف في الجمعية، وتم إبلاغه بأن الجمعية لم تعد تستطيع أن تقدم له الراتب الموعد، وهو خمسون جنيهًا في السنة. وقررت أن تدفع له بدلاً من ذلك نسخاً من كتاب تاريخ الأسماك.

شرحت قوانين نيوتن كثير من الأشياء منها المد والجزر، وحركات الكواكب، ولماذا قذائف المدفعية تتبع مساراً معيناً قبل أن تندفع إلى الأرض، ولماذا لا تُقذف في الفضاء فيما الكوكب يدور تحتنا بسرعة مئات الكيلومترات في الساعة* وقد استغرقت معانيها الضمنية بعض الوقت لكي تتسرب. ولكن كشفاً واحداً صار على الفور مثيراً للجدل.

* تعتمد سرعة دورانك على أين أنت. وتتنوع سرعة دوران الأرض من أكثر من 1600 كيلومتر في الساعة في خط الاستواء إلى صفر في القطبين. وفي لندن السرعة هي 998 كيلومتراً في الساعة.

كان هذا اقتراحاً بأن الأرض ليست دائرية تماماً. فبحسب نظرية نيوتن، إن القوة النَّابذة لدوران الأرض يجب أن تنتج تسطحاً ضئيلاً في القطبين وانفاخاً عند خط الاستواء، مما سيجعل الكوكب مفلطحاً قليلاً. كان هذا يعني أن طول درجة خط الزوال لن تكون نفسها في إيطاليا كما كانت في أسكتلندة. وسيقصر الطول حين تبتعد عن القطبين. كانت هذه أنباء طيبة لأولئك الأشخاص الذين كانت قياساتهم للكوكب تستند إلى افتراض أنه كرة تامة، وكان الجميع يأخذون بذلك.

حاول الناس طوال نصف قرن استنتاج حجم الأرض، وذلك عبر القيام بجميع القياسات الدقيقة تقريباً. كان أحد أول تلك القياسات قد تم على يد عالم رياضيات بريطاني يُدعى رتشارد نورود. حين كان نورود شاباً سافر إلى جزيرة برمودا ومعه ناقوس الغواصين المصنوع بحسب نموذج ناقوس هالي، نواياً أن يجني ثروة من استخراج اللآلئ من حوض البحر. أخفقت الخطة لأنه لم يكن هناك لآلئ وعلى أي حال لم يعمل ناقوس نورود، ولكن نورود لم يكن من الأشخاص الذين يضيِّعون تجربة. كانت برمودا في أوائل القرن السابع عشر معروفة جيداً بين قباطنة السفن بأنه من الصعب تحديد مكانها. كانت المشكلة هي أن المحيط كبير، وبرمودا صغيرة وكانت أدوات الملاحة غير ملائمة للتعامل مع هذا التفاير بنحو يبعث على اليأس. لم يكن هناك طول متفق عليه للميل البحري. وبسبب اتساع المحيط تصبح الأخطاء الحسائية الأصغر كبيرة، بحيث إن السفن غالباً ما تفقد أهدافاً بحجم برمودا بهوامش كبيرة بشكل كراهه. قرر نورود، الذي كان حبه الأول هو علم المثلثات، ومن ثم الزوايا، أن يدخل بعض الصرامة الرياضية إلى علم الملاحة، ومن أجل تلك الغاية صمَّم أن يحسب طول الدرجة.

مبتدئاً بإدارة ظهره إلى برج لندن، أمضى نورود عامين وهو يتقدَّم 208 أميال شمالاً إلى يورك، وهو يمدد المقياس السِّلْسلي وقيس به وهو ذاهب، وكان طوال الوقت يقوم بالتعديلات الأكثر وسوسة لارتفاع وانخفاض الأرض وتعرّجات الطريق. وكانت الخطوة الأخيرة هي قياس زاوية الشمس في يورك في الوقت نفسه من اليوم وفي الوقت نفسه من السنة كما قام بقياسه الأول في لندن. استنتج من هذا أنه يستطيع تحديد

طول درجة من خط زوال الأرض، ومن ثمّ حساب المسافة حول الكلّ. كانت عملية طموحة بنحو مضحك تقريباً ذلك أن الخطأ في أدنى جزء من الدرجة سيؤدي إلى خطأ أميال كثيرة ولكن في الحقيقة - وكما قال نورود متباهياً - كان القياس صحيحاً «إلى مقدار ضئيل»، أو بدقة أكبر، إلى نحو ست مئة ياردة. وبلغ رقمه بالمصطلحات المترية 110.72 لكل درجة من القوس.

نُشر كتاب نورود العظيم عن فن الملاحة في 1637. حمل عنوان ممارسة البحار وعثر على شهرة فورية. طُبِع سبع عشرة طبعة وظل يُطبع مدة خمس وعشرين سنة بعد موته. عاد نورود إلى برمودا مع أسرته، حيث صار مزارعاً ناجحاً وكُرِّس ساعات فراغه لحبه الأول، علم المثلثات. عاش هناك ثمانية وثلاثين عاماً ونتمنى لو كان بوسعنا القول: إنه عاش هذه المدة في سعادة وإطراء. ولكنه لم يفعل ذلك. فحين خرج من إنكلترة وضع ولديه في كбин مع الموقر ناثانييل وايت مما ألحق الأذى بالكاهن الشاب، المدة بحيث كُرِّس ما تبقى من حياته المهنية لاضطهاد نورود بأي طريقة صغيرة يستطيع التفكير بها.

سببت ابنتا نورود لأبيهما ألماً إضافياً ناجماً عن زواجهما غير الموفق. فقد قام أحد الأزواج بتحريض من الكاهن باتهمات وضيعة متواصلة ضد نورود في المحكمة، مسبباً له كثير من الغضب واضطره إلى رحلات متكررة عبر برمودا؛ كي يدافع عن نفسه. أخيراً في خمسينيات القرن السادس عشر وصلت محاكمات السحر إلى برمودا، وأمضى نورود سنواته الأخيرة في قلق حادّ بحيث إنّ أوراقه عن علم المثلثات، برموزها المبهمة فُسِّرَتْ كاتصالات مع الشيطان ونفذ به حكم الإعدام المقيت. وهكذا فإن القليل معروف عن نورود بحيث يمكن القول: إنه كان يستحق سنواته الأخيرة الشقية. وما هو صحيح بنحو مؤكد هو أن هذا ما حدث له.

في غضون ذلك، انتقل زخم تحديد محيط الأرض إلى فرنسا. هناك، استنبط عالم الفلك جان بيكار منهجاً معقداً ومهماً في القياس المثلثاتي يتضمن ذوات الربع* والساعات ذات الرقاصات، وأجزاء عليا من السماء وتلسكوبات (لرصد حركات قمر

* أداة تُستخدم في الفلك والملاحة لقياس الارتفاع وتتألف من قوس مقسّم إلى 90 درجة.

(المشتري). وبعد عامين من التدرج والقياس المثلثاتي في طريقه عبر فرنسة، أعلن في 1669 قياساً أكثر صحة هو 110.46 كيلومتراً لدرجة واحدة من القوس. كان هذا مصدراً عظيماً لفخر الفرنسيين ولكنه كان محمولاً على فرضية أن الأرض كانت كرة كاملة؛ الأمر الذي رفضه نيوتن.

ومن أجل تعقيد المسائل، بعد وفاة بيكار كرر فريق الأب والابن، جيوفاني وباك كاسيني، تجارب بيكار وكانت النتيجة اقتراحاً بأن الأرض ليست أضخم عند خط الاستواء، وإنما في القطبين: بمعنى آخر، إن نيوتن مخطئ. هذا ما حث أكاديمية العلوم على إرسال بوجوير ولا كوندامين إلى أمريكا الجنوبية؛ كي يقوموا بقياسات جديدة.

اختارا الأنديز لأنهما كانا بحاجة إلى القياس قرب خط الاستواء، لتحديد إن كان حقاً هناك فرق في التكوّن هناك، ولأنهما استنتجا أن الجبال ستزوّدتهما بإطلاالات جيدة. والواقع أن جبال البيرو ضائعة باستمرار في الغيوم، بحيث إن الفريق كان مضطراً للانتظار أسابيع من أجل مسح واضح مدة ساعة. فضلاً عن ذلك، اختارا منطقة هي من بين الأصعب على وجه الأرض. يشير البيروفيون إلى مشهدهم الطبيعي باسم muy accidentado أي كثير الحوادث وهو كذلك بالتأكيد. ولم يكن على الفرنسيين أن يتسلّقوا بعض أصعب الجبال في العالم الجبال، التي استعصت حتّى على بغليهما فحسب وإنما كان عليهما أيضاً كي يصلا إلى الجبال أن يجتازا أنهاراً وحشية، ويشقّا طريقهما وسط الأدغال، ويقطعا أميالاً من الصحراء الحجرية المرتفعة، معظمها لا خرائط له وبعيد عن أي مصدر للمؤن. ولكن بوجوير ولا كوندامين كانا عنيدين وقد تمسّكا بالمهمة طيلة تسعة أعوام ونصف طويلة وكثيرة وحارقة. وقبل وقت قصير من إتمام المشروع، سمعا أن الفريق الفرنسي الثاني - الذي يقوم بالقياسات في شمال إسكندينايا (ويواجه صعوبات مماثلة، من المستنقعات الراكدة إلى قطع الجليد الطافية) - اكتشف أن درجة كانت في الواقع أطول قرب القطبين، كما وعد نيوتن. إن الأرض هي أضخم بثلاثة وأربعين كيلومتراً حين تُقاس استوائياً مما هو الأمر حين تُقاس من القمة إلى القاع حول القطبين.

وهكذا أمضى بوجوير ولا كوندامين عقداً من الزمن تقريباً يعملان من أجل نتيجة لم يرغباً باكتشافها، كي يعلما فقط أنهما ليسا أول من اكتشفها. أتما مسحهما بكسل، مما أكد أن الفريق الفرنسي الأول كان على صواب. ثم - (وكانا ما يزالان لا يتكلمان) - عادا إلى الساحل واستقلا سفينتين منفصلتين إلى الوطن.

هناك شيء آخر حدسه نيوتن في كتاب المبادئ وهو أن خيط فادن معلق قرب جبل سيميل بشكل ضئيل جداً نحو الجبل، متأثراً بالكتلة المغنطيسية للجبل وكذلك بكتلة الأرض. كانت هذه أكثر من حقيقة مثيرة للفضول. إذا قسم الانحراف بنحو صحيح واستنتجتم كتلة الجبل، فإن بوسعكم حساب الثابت الجاذبي الكوني أي القيمة الأساسية للجاذبية المعروف باسم (ج) ومعها كتلة الأرض.

حاول بوجوير ولا كوندامين القيام بهذا في جبل شمبورازو في بيرو، ولكنهما لم يفلحا بسبب الصعوبات التقنية وشجارهما، وهكذا بقيت الفكرة معلقة طوال ثلاثين سنة أخرى إلى أن بعثها في إنكلترة نيفيل ماسكيلين، عالم الفلك الملكي. وفي كتاب دافا سويل المشهور خطّ الطول، يُصور ماسكيلين بالمغفل والوغد؛ لأنه أخفق في تقدير تألق صانع الساعة جون هاريسون، ويمكن أن يكون هذا صحيحاً؛ ولكننا مدينون له بطرق أخرى لم تذكرها سويل في كتابها، ومنها خطته الناجحة لوزن الأرض.

أدرك ماسكيلين أن لب المشكلة يكمن في العثور على جبل له شكل منتظم بما يكفي من أجل الحكم على كتلته. وبإلحاح منه، وافقت الجمعية الملكية على دعوة شخص جدير بالثقة؛ كي يسافر إلى الجزر البريطانية، ويرى إن كان يمكن العثور على جبل كهذا. عرف ماسكيلين تماماً هذا الشخص: إنه عالم الفلك والماسح تشارلز ماسون. صار ماسكيلين وماسون صديقين قبل إحدى عشرة سنة، بينما كانا منخرطين في مشروع لقياس حدث فلكي له أهمية عظيمة: مرور كوكب الزهرة أمام الشمس. وقد اقترح إدموند هالي - الذي لا يتعب - قبل سنوات أنك إذا قست عمليات العبور هذه من نقاط مختارة على الأرض، تستطيع استخدام مبادئ المسح المثلاثي لاستنتاج المسافة من الأرض إلى الشمس، ومن ثمّ كي تعابر المسافات إلى كل الأجرام الأخرى في المنظومة الشمسية.

إن عبور كوكب الزهرة - كما هو معروف - حدث غير منتظم لسوء الحظ. ويحصل مرتين كل ثماني سنوات، ومن ثم يغيب لقرن أو ما يقارب ذلك، ولم يحدث في مدة حياة هالي*. ولكن الفكرة اُتُدمت، وحين حدث العبور اللاحق في حينه في 1761 - تقريباً بعد عقدين من وفاة هالي - كان العالم العلمي في الواقع أكثر استعداداً مما كان عليه من قبل من أجل حدث فلكي.

انطلق العلماء إلى أكثر من مئة موقع في أنحاء الكوكب بغريزة المحنة، التي وسمت ذلك العصر: إلى سيبيريا والصين وإفريقية الجنوبية وإندونيسيا وغابات وسكنسون، بين أمكنة أخرى كثيرة. أرسلت فرنسا اثنين وثلاثين راصداً، وأرسلت بريطانيا ثمانية عشر، وانطلق آخرون من السويد وروسيا وإيطاليا وألمانيا وأيرلندا وأمكنة أخرى.

كانت هذه أول مغامرة علمية تعاونية في التاريخ، وقد واجهت المشكلات في معظم الأمكنة. عانى كثير من الراصدين من الحرب أو المرض أو غرقت سفنهم. وصل آخرون إلى وجهاتهم ولكنهم حين فتحوا صناديقهم وجدوا أن أجهزتهم محطمة أو أفسدتها الحرارة الاستوائية. ومرة أخرى بدا كأنه مقدر على الفرنسيين أن يقدموا معظم المشاركين غير المحظوظين المذكورين. فقد أمضى جان تشاب Jean Chappe شهوراً يسافر إلى سيبيريا بالعربة، والقارب ومركبة الجليد، معتنياً بأجهزته الحساسة عند كل قفزة مهلكة، فقط كي يجد المرحلة الأخيرة مسدودة بأنهار هائجة، نتيجة أمطار ربيع غزيرة، التي سارع المحليون كي يحملوه مسؤوليتها بعد أن رأوه يوجه أدوات غريبة نحو السماء. ولكن تشاب هرب ناجياً بحياته ولكن دون أدوات مفيدة.

وكان حظ غيوم لو جنتل أكثر سوءاً وقد لخص تجاربه بشكل رائع تيموثي فيريز في كتابه بلوغ سن الرشد في الطريق اللبني. انطلق لو جنتل من فرنسا قبل سنة من الموعد؛ كي يرصد العبور من الهند ولكن نكسات مختلفة أبقتة في البحر في يوم العبور - في أسوأ مكان - بما أن القياسات الثابتة مستحيلة في سفينة مهتزة.

واصل لو جنتل طريقه إلى الهند بشجاعة، كي ينتظر العبور اللاحق في 1796. وبما أنه كان أمامه ثماني سنوات كي يستعد، شيد محطة رصد من المرتبة الأولى،

* سيحدث العبور اللاحق في حزيران 2004، واللاحق في 2012. لم يحدث أي منها في القرن العشرين.

واختبر وأعاد اختبار أجهزته ووضع كل شيء في حالة استعداد تامة. وفي صباح العبور اللاحق، 4 حزيران 1796، استيقظ في يوم رائع؛ ولكن، حين بدأ كوكب الزهرة عبوره، انزلقت سحابة أمام الشمس وبقيت هناك طوال مدة العبور التي هي ثلاث ساعات وأربع عشرة دقيقة وسبع ثوانٍ.

حزم لو جنتل أدواته بوقار وانطلق إلى أقرب ميناء، ولكنه أصيب على الطريق بالزُّحار وظلّ مستلقياً طيلة سنة. كان ما يزال ضعيفاً، ولكنه أخيراً صعد إلى سفينة. وكانت على وشك التحطم بسبب إعصار مقابل الساحل الإفريقي. حين وصل أخيراً إلى الوطن، بعد إحدى عشرة سنة ونصف من انطلاقه - ودون أن ينجز أي شيء - اكتشف أن أقرباءه أعلنوا أنه مات في أثناء غيابه وقاموا بنهب مزرعته.

بالمقارنة، كانت خيبات الأمل التي واجهها الراصدون البريطانيون الثمانية عشرة المبعثرون خفيفة. رافق ماسون ماسحٌ شاب يدعى جريمياه دكسون وكانت علاقتهما على ما يبدو جيدة، إذ أنهما شكّلا شراكة دائمة. كانت التوجيهات تقتضي أن يسافرا إلى سومطرة ويضعوا خريطة للعبور من هناك، ولكن بعد ليلة واحدة في البحر هاجمت فرقاطة فرنسية سفينتهما (وبالرغم من أن العلماء كانوا في مزاج تعاون دولي، فإن الأمم لم تكن كذلك). أرسل ماسون ودكسون رسالة إلى الجمعية الملكية منبهين أن الأمر خطير بنحو كرهه في أعالي البحار، وتساءلوا إن كان ينبغي أن يتم الأمر). لكنهما تلقيا إجابةً سريعةً تحتوي على توبيخ بارد، وأنه تم الدفع لهما وأن الجماعة العلمية تعتمد عليهما، وأن إخفاقهما في المتابعة سيؤدي إلى فقدانهما الذي لا يُعوّض لسمعتهما. اضطرا إلى الإبحار، ولكن على الطريق وصلهما أن سومطرة وقعت في يد الفرنسيين، وهكذا رصد العبور بشكل غير كافٍ من رأس الرجاء الصالح. وفي طريق العودة إلى الوطن عرجا على جزيرة القديسة هيلينا الأطلسية المعزولة، حيث قابلا ماسكيلين، الذي أعافت السحابة رصده. شكّل ماسون وماسكيلين صداقة قويّة وأمضيا أسابيع ممتعة ومفيدة في رسم خرائط المد والجزر.

بعد ذلك حالاً، عاد ماسكيلين إلى إنكلترة، حيث أصبح عالم فلك ملكياً، أما ماسون ودكسون اللذان هما الآن على ما يبدو أكثر تأقلماً، فقد أمضيا أربع سنوات طويلة مهلكة

يمسحان طريقهما عبر 244 ميلاً من البرية الأميركية الخطرة؛ كي يحلّاً نزاعاً على الحدود بين مستعمرتي وليم بن واللورد بالتيمور الشخصيتين بنسلفانيا وماريلاند. كانت النتيجة خط ماسون دكسون الشهير، الذي اكتسب فيما بعد أهمية رمزية كخط يفصل بين الولايات الحرة وولايات العبيد. (بالرغم من أن الخط كان مهمتهما الرئيسية، فإنهما أيضاً أسهما في مسوحات فلكية عديدة، وبينها أكثر القياسات صحّة في القرن لدرجة خطّ الزوال، وكان هذا إنجازاً حقق لهما من الشهرة في إنكلترا أكثر بكثير من حل نزاع على الحدود بين أرستقراطيين فاسدين).

حين عاد إلى أوروبا، أُجبر ماسكيلين ونظراؤه في ألمانية وفرنسة على قبول خاتمة أن قياسات العبور في 1761 كانت جوهريةً خاطئة. وكانت المفارقة أن إحدى المشكلات هي كثرة عمليات الرصد، التي حين جُمعت سوياً، غالباً ما برهنت أنها متناقضة ومن المستحيل حلّها. وقام بالقياس الناجح لعبور كوكب الزهرة قبطان بريطاني غير معروف ولد في يوركشير يدعى جيمس كوك James Cook، الذي راقب العبور الذي تم في سنة 1769 من قمة هضبة مشمسة في تاهيتي، ثم ذهب كي يضع خريطة لأستراليا وطالب بإلحاقها بالتاج البريطاني. لدى عودته كان هناك ما يكفي من المعلومات لعالم الفلك الفرنسي جوزيف لالاند Joseph Lalande كي يحسب أن متوسط البعد من الأرض إلى الشمس كان أكثر بقليل من 150 مليون كيلومتر. (حدث عبوران آخران في القرن التاسع عشر سمحا لعلماء الفلك أن يجعلوا الرقم 149.59 مليون كيلومتر، حيث بقي منذ ذلك الوقت). ونعرف الآن أن المسافة الدقيقة هي 149.59780691 مليون كيلومتر. صار للأرض أخيراً موقع في الفضاء.



عاد ماسون ودكسون إلى إنكلترا كبطلين علميين، ولكنهما حللاً شراكتهم لأسباب مجهولة. وبالرغم من تكرّر بروزهما في الأحداث الإبداعية في علم القرن التاسع عشر، فإنه من الغريب أنه لم يُعرف عنهما سوى قليل. لا يوجد صور لهما ولم يبقَ إلا بعض الإشارات المدوّنة. ويقول قاموس السير الذاتية القومية عن دكسون بنحو خادع إنه قيل: «إنه وُلد في منجم للفحم»، ثم يترك الأمر لخيال القارئ كي يقدم ظرفاً

تفسيرياً قابلاً للتصديق، ويضيف أنه مات في دورهم عام 1777. وبغض النظر عن اسمه وصداقته الطويلة مع ماسون، لا شيء أكثر من هذا كان معروفاً عنه.

كان ماسون أقل غموضاً بنحو ضئيل. نعرف أنه قبل عام 1772 وبطلب من ماسكيلين مهمة العثور على جبل ملائم من أجل تجربة الانحراف الجاذبي، وأخيراً أجاب أن الجبل الذي يحتاجون إليه موجود في الأراضي الأسكتلندية الوسطى المرتفعة، تماماً فوق (لوتش تي)، وكان يُدعى (تشيهاليون). لا شيء، على أي حال، سيغويه كي يمضي الصيف في مسحه. لم يعد أبداً إلى الميدان مرة ثانية. كانت حركته اللاحقة المعروفة في 1786 حين - بنحو مفاجئ وغامض - ظهر في فيلادلفيا مع زوجته وأطفاله الثمانية، وكان على ما يبدو على شفا الفقر المدقع. ولم يعد إلى أمريكا منذ أن أكمل مسحه هناك قبل ثماني عشرة سنة، ولم يكن لديه سبب معروف لوجوده هناك، ولم يكن هناك أي أصدقاء أو رعاة كي يرحّبوا به. بعد بضعة أسابيع وافته المنية.

بعد أن رفض ماسون مسح الجبل، وقع العمل على عاتق ماسكيلين. وهكذا عاش ماسكيلين مدة أربعة أشهر في صيف 1774 في خيمة في وادٍ أسكتلندي ضيق ومنعزل وبعيد وأمضى أيامه يدير فريقاً من المساحين الذين قاموا بمئات القياسات من جميع المواضع الممكنة. واقتضى الأمر للعثور على كتلة الجبل من كل هذه الأرقام كمية كبيرة من الحسابات المملّة، التي انخرط فيها عالم رياضيات يُدعى تشارلز هتون Charles Hutton. غطّى المساحون خريطة بأعداد كبيرة من الأرقام، وكلّ منها يُحدّد ارتفاعاً في نقطة ما في الجبل أو حوله. كانت كتلة مشوّشة من الأرقام، ولكن هتون لاحظ أنه إذا استخدم قلم رصاص كي يصل بين النقاط ذات الارتفاع المتساوي، فإنها ستصبح كلّها أكثر ترتيباً. وبالفعل، يستطيع المرء أن يفهم على الفور حجم الجبل الكلي ومنحدره. لقد ابتكر الخطّ الكفاي.

مقدّراً من قياساته لجبل تشيهاليون، حسب هتون كتلة الأرض بأنها تبلغ خمسة آلاف مليون مليون طن، ويمكن أن يُستنتج منها بنحو معقول حجم كل الأجرام الرئيسة في المنظومة الشمسية. وهكذا من هذه التجربة عرفنا حجم الأرض والشمس

والقمر والكواكب الأخرى وأقمارها، وحصلنا على خطوط كفاية في الصفة، وهذا ليس سيئاً مقابل عمل الصيف.

لم يقتنع الجميع بالنتائج، على أي حال. إن تجربة قياس تشياليون هو أنه لم يكن من الممكن الحصول على رقم صحيح دون معرفة الكثافة الفعلية للجبل. من أجل التبسيط، افترض هتون أن للجبل كثافة الصخور العادية نفسها، وأكبر من كثافة الماء بمرتين ونصف، ولكن هذا التخمين لم يكن علمياً.

كان أحد الأشخاص الذين ركزوا تفكيرهم على المادة ريفياً يدعى جون ميتشيل John Mitchel، سكن في قرية يوركشير المنعزلة ثورنهيل. وبالرغم من موقعه البعيد نسبياً والمتواضع، كان ميتشيل أحد أعظم المفكرين العلميين في القرن الثامن عشر، وقد حظي باحترام كبير من أجل هذا.

فهم ميتشيل - بين أمور أخرى كثيرة جداً - الطبيعة التمددية للزلازل، وقام بكثير من البحث الأصيل في المغناطيسية والجاذبية، وتصور بنحوفائق للعادة تماماً، احتمال وجود الثقوب السوداء قبل 200 عام من أي شخص آخر، وكانت هذه قفزة حتى نيوتن لم يستطع القيام بها. وحين قرر الموسيقار المولود في ألمانيا ويليم هرشل William Herschel أن اهتمامه الأساسي في الحياة هو علم الفلك، استدار إلى ميتشيل كي يرشده في صناعة التلسكوبات، وكان هذا لطفاً أصبح علم الكواكب مديناً له به منذ ذلك الوقت*.

ولكن من بين كل ما أنجزه ميتشيل، لا شيء كان أكثر براعة وتأثيراً من آلة صممها وبنائها لقياس حجم الأرض. ولسوء الحظ، وافته المنية قبل أن يتمكن من القيام بالتجارب، وعُهد بكل من الفكرة والأجهزة الضرورية إلى عالم لندني متألق ومتقاعد يدعى هنري كافندش Henry Cavendish.

يشكل كافندش كتاباً بنفسه. فقد ولد في حياة من الترف الشهوي. كان جداه دوقين، على التعاقب، لكل من ديفونشير وكينت وكان أكثر العلماء الإنكليز موهبة في عصره،

* في 1781 أصبح هرشل أول شخص في الحقبة الحديثة يكتشف كوكباً. أراد أن يسميه جورج، على اسم الملك البريطاني، ولكن رغبته نُقضت. وبدلاً من ذلك دُعي أورانوس.

ولكنه كان أغربهم أيضاً. ولقد عانى - كما عبر أحد كتّاب سيرته - من الخجل، «إلى درجة تقارب المرض». وكان أي اتصال بشري بالنسبة له مصدراً للتعب الأكبر.

مرةً فتح بابه ليعثر على معجبه النمساوي - وقد وصل لتوّه من فيينا - عند العتبة. بدأ النمساوي مثاراً يطري له المديح. تلقى كافندش الإطراءات لعدة لحظات وكأنها ضربات من شيء حادّ، وحين لم يقدر على تلقّي أي إطراء إضافي، هرب سالكاً الممر ثم خرج من البوابة، تاركاً الباب الأمامي مفتوحاً على مصراعيه. ومرت عدة ساعات قبل أن يقبل العودة إلى ملكيته. حتى إن خادمه اتصل به مرسلًا رسالة.

كان يغامر أحياناً ويخرج إلى المجتمع وخصص وقتاً للسهرات العلمية، التي كان يستضيفها عالم الطبيعة العظيم السير جوزف بانكس Sir Joseph Banks. وكان يتم التوضيح دوماً للضيوف الآخرين أنه يجب ألا يُنظر إلى كافندش، أو يتم الاقتراب منه مهما كان السبب. نُصح الذين جذبتهم أفكاره بأن يقتربوا منه وكأن ذلك تم بالمصادفة وبأن «يتحدثوا وكأن الأمر في فراغ». إذا كانت ملاحظاتهم جديدة علمياً يمكن أن يتلقوا إجابة مغممة، ولكنهم كانوا في غالب الأحيان يسمعون صوتاً قصيراً حاداً مزعجاً (يبدو أن لصوته نبرة عالية)، ويستديرون ليجدوا فراغاً فعلياً ومشهد كافندش هارباً إلى زاوية أكثر هدوءاً.

سمحت له ثروته وميوله إلى العزلة أن يحوّل منزله في (كلابهم) إلى مختبر ضخم حيث استطاع أن يبحث دون أن يزعجه أحد في جميع فروع العلوم الفيزيائية: الكهرباء، والحرارة، والجاذبية، والغازات، وأي شيء يتعلّق بتركيب المادة. كان النصف الثاني من القرن الثامن عشر يتميّز بميل العقول العلمية إلى الاهتمام الكبير بالمواصفات الفيزيائية للأشياء الجوهرية الغازات والكهرباء خاصة، وبدؤوا يرون ما يمكن أن يفعلوه بها، وغالباً بحماس أكبر من العقل. ففي أمريكا، جازف بنجامين فرانكلين بحياته كما هو معروف عبر تطيير طائرة ورقية في عاصفة كهربائية. وفي فرنسا اختبر كيمائي يدعى بيلاتر دو روسازيه Pilatre de Rosazier اشتعال الهيدروجين عن طريق ابتلاع كمية ونفخها على اللهب المكشوف، مبرهنًا بضرية

أن الهيدروجين قابل للاشتعال بنحو انفجاري وأن الحاجبين ليسا بالضرورة سمة دائمة للوجه. وبدوره، أجرى كافندش تجارب أخضع فيها نفسه لصدمات كهربائية متدرّجة، منتبهاً بذلك إلى المستويات المتزايدة للألم إلى درجة أنه لم يعد يستطيع التحكّم بوشيعته أو وعيه. وفي مجرى حياة طويلة، قام كافندش بسلسلة من الاكتشافات الرائعة بين أمور كثيرة، كان الشخص الأول الذي عزل الهيدروجين وأوّل من مزج بين الهيدروجين والأكسجين كي يشكّل الماء. وكانت الأمور التي فعلها غريبة مثله. وكان يلمّح دوماً في أعماله المنشورة إلى نتائج تجارب لم يخبر أحداً عنها مما سبّب السخط الدائم لزملائه العلماء. لم يكن يشبه نيوتن في سرّيته فحسب، وإنما تجاوزه بقوة. وقد سبقت تجاربه في توصيل الكهرباء زمنها بقرن، ولكن لسوء الحظ بقيت غير مكتشفة إلى أن مرّ ذلك القرن. وبالفعل لم يُعرف الجزء الأكبر مما فعله حتى أواخر القرن التاسع عشر، حين تولّى عالم الفيزياء من كمبريدج جيمس كليرك ماكسويل James Clerk Maxwell مهمة تحقيق أبحاث كافندش، وفي ذلك الوقت كانت تعزى اكتشافاته للآخرين دوماً.

ومن بين كثيرٍ من الأمور، ودون أن يخبر أحداً، اكتشف كافندش أو توقّع قانون بقاء الطاقة*، وقانون أوم، وقانون دالتون عن الضغوط الجزئية، وقانون رختن عن النسب المتبادلة، وقانون لو للغازات، ومبادئ التوصيل الكهربائي. كانت هذه بعض إنجازاته فحسب. وقال المؤرخ العلمي ج.غ. غروسر J.G. Growther: إن كافندش أشار إلى «عمل كلفن وج.ه. دارون عن تأثير الاحتكاك المدي في إبطاء دوران الأرض، واكتشاف لامور، الذي نُشر في 1915، عن تأثير التبريد الجوي المحلي... وعمل بيكرينج عن خلائط التجميد، وبعض عمل روسبوم عن التوازن المفاير». وأخيراً، ترك مفاتيح قادت مباشرة إلى اكتشاف مجموعة العناصر المعروفة بالغازات الخاملة**، التي كان بعضها مخادعاً، بحيث إنّه لم يُكتشف آخر غاز منها حتى 1962. ولكن اهتمامنا

* مبدأ في الفيزياء يقول: إن الطاقة الإجمالية لأي نظام مادي تظل ثابتة بصرف النظر عن التغيرات الداخلية مهما تكن، وأن ما يختفي من الطاقة في أحد أشكالها يعاود الظهور في شكل آخر. المترجم.

** غاز فاقد النشاط، كيميائياً، فهو لا يثير أي تفاعل مع الأجسام التي يتصل بها.

ينصبُّ هنا على تجربته كافندش الأخيرة المعروفة - حين في أواخر صيف 1797، وفي عمر السابعة والستين - أدار انتباهه إلى صناديق الأجهزة التي تركها له جون ميتشل بسبب احترامه العلمي له.

حين تم تجميع أجهزة ميتشل لم تبدا كونها نسخة من القرن الثامن عشر من آلة نوتيلوس للتدريب على الأثقال. كانت تحتوي على الأوزان، والأوزان المضادة، والبندولات والمقاييس والأسلاك الالتوائية. وفي قلب الآلة كان هناك كرتان من الرصاص يبلغ وزنهما 350 رطلاً، تتدليان قرب كرتين أصغر. وكانت الفكرة هي قياس الانحراف الجاذبي للكرتين الأصغر بواسطة الكرتين الأكبر، مما سيؤدي إلى القياس الأول للقوة المخادعة المعروفة باسم الثابت الجاذبي، الذي منه يمكن أن يُستنتج وزن الأرض (بحصر المعنى كتلتها) *.

ولأن الجاذبية تحفظ الكواكب في مدارها وتجعل الأشياء الساقطة تسقط وتنفجر، نميل إلى التفكير بها بوصفها قوة جبّارة، لكنها ليست كذلك في الحقيقة. إنها فقط جبارة بمعنى جمعي، حين يصدم شيء ضخّم كالشمس، جرماً آخر كبيراً كالأرض. وفي مستوى أولي الجاذبية غير قوية بنحوفائق للعادة. ففي كل مرة تلتقط فيها كتاباً عن الطاولة أو قطعة نقدية عن الأرض، فإنك تتغلب دون جهد على الجهد الجاذبي لكوكب بأكمله. ما كان كافندش يحاول فعله هو قياس الجاذبية على هذا المستوى الذي هو بوزن الريشة.

كانت الرهافة هي الكلمة الأساسية. لا يمكن السماح لهمسة مزعجة بالدخول إلى غرفة تحتوي على الأجهزة، بحيث إن كافندش اتخذ موقِعاً في غرفة مجاورة، وقام بأرصاده بتلكسكوب موجه عبر ثقب. كان العمل دقيقاً بنحو لا يُصدق، وتضمن سبعة عشر قياساً حساساً ومتداخلاً، استغرق إنجازها عاماً كاملاً.

* بالنسبة للعالم الكتلة والوزن شيان مختلفان تماماً. فكتلتك تبقى نفسها أينما ذهبت، ولكن وزنك يتنوّع بحسب بعدك عن شيء ضخّم كالكوكب. فإذا سافرت إلى القمر فستلاحظ أنك أخف وزناً ولكن ليس أقل كتلة. ولأسباب عملية، الكتلة والوزن هما الشيء نفسه على الأرض وهكذا يمكن أن يُعد المصطلحان مترادفين، على الأقل خارج غرفة الصف.

وحين أنهى أخيراً حساباته، أعلن كافندش أن وزن الأرض يبلغ أكثر بقليل من 13.000.000.000.000.000.000 رطل، أو ستة بلايين ترليون طن متري*، إذا استخدمنا القياس الحديث.

يمتلك العلماء اليوم تحت تصرفهم آلات دقيقة جداً، بحيث يستطيعون معرفة وزن بكتيريا واحدة وحساسة جداً، وبحيث إنَّ القراءات يمكن أن يزعجها شخص يتنأب على بعد خمسة وسبعين قدماً، لكنها ليست أفضل بكثير من أجهزة كافندش في 1797. إن التقدير الأفضل الحالي لوزن الأرض هو 5.9725 بليون ترليون طن، والفرق هو نحو 1% عن رقم كافندش. المهم، هو أن هذا أكّد التقديرات التي قام بها نيوتن قبل 110 أعوام من كافندش دون أي دليل تجريبي مطلقاً.

على أي حال، عرف العلماء في أواخر القرن التاسع عشر بدقة كبيرة حجم الأرض وأبعادها وبعدها عن الشمس والكواكب؛ والآن، قدّم لهم كافندش - حتى دون أن يغادر منزله - وزنها. وهكذا يمكنكم أن تفكّروا أن تحديد عمر الأرض دقيق بشكل نسبي. فقد كانت المواد الضرورية متوافرة لهم في الواقع. ولكن كلا. إن البشر سيشطرون الذرة ويخترعون التلفاز، والنايلون والقهوة السريعة قبل أن يستطيعوا تخمين عمر كوكبهم.

كي نفهم لماذا، ينبغي أن نسافر شمالاً إلى أسكتلندة ونبدأ مع رجل متألّق وعبقري، لم يسمع به سوى قلة، هو الذي كان قد أبدع لتوّه علماً يُدعى الجيولوجيا.



* الطن المتري يعادل ألف كيلوغرام. المترجم.

الفصل الخامس

كسارو الحجارة

في الوقت الذي كان فيه هنري كافندش يكمل تجاربه في لندن، كان هناك على بعد أربع مئة ميل في أدنبرة نوع آخر من لحظة ختامية، كانت على وشك أن تحدث مع موت جيمس هتون. كانت هذه أنباء سيئة لهُتون بالطبع، لكنها أنباء طيبة للعلم بما أنها فتحت الطريق لرجل يُدعى جون بليفر John Playfair كي يعيد كتابة عمل هتون دون خوف من الارتباك.

كان هتون - كما تفيد جميع الروايات - رجل الاستبصارات الأكثر عمقاً والأحاديث الأكثر حيوية، وكانت رفقته ممتعة، ولا يضاهيه أحد حين يتعلّق الأمر بفهم العمليات الغامضة البطيئة التي صاغت الأرض. ولسوء الحظ، لم يكن قادراً على وضع أفكاره في صيغة قابلة للفهم. كان، كما قال أحد كتّاب السيرة بحسرة: «غير موهوب لغويّاً». وكان كل سطر كتبه يسبب النعاس. وهذا واضح في كتابه العظيم الذي نُشر 1795، بعنوان نظرية للأرض ببراكين ورسوم توضيحية، الذي يناقش... حسناً، شيئاً ما:

«إن العالم الذي نعيش فيه مؤلف من مواد، وليس من الأرض التي كانت الوريث المباشر للحاضر، ولكن من الأرض التي، في صعودها من الحاضر نعدّها بأنها الثالثة، التي سبقت الأرض التي كانت فوق سطح البحر، بينما كانت أرضنا الحالية ما تزال تحت مياه المحيط».

مع ذلك، أنشأ وحده، وببراعة، علم الجيولوجيا وغير فهمنا للأرض. وُلد هتون عام 1726 لأسرة أسكتلندية ثرية، وتمتّع بالراحة المادية التي سمحت له أن يمضي مدة طويلة من حياته في دورة موسّعة عبقرية من العمل الخفيف والتحسّن الفكري. درس الطبّ، لكنه لم يشعر بميل نحوه واختار بدلاً من ذلك الزراعة، التي عمل فيها بطريقة مسترخية وعلمية في عزبة العائلة في برويكشير، متعباً من الحقل والماشية،

انتقل في 1768 إلى أدنبرة، حيث أسس عملاً ناجحاً منتجاً ملح النشادر من سخام الفحم، وشغل نفسه باهتمامات علمية متنوعة. كانت أدنبرة في ذلك الوقت مركزاً للنشاط الفكري وقد استفاد هتون من جوها الغني. صار عضواً بارزاً في جمعية دُعيت نادي أويستر، حيث كان يمضي أمسياته في رفقة رجال مثل عالم الاقتصاد آدم سميث، وعالم الكيمياء جوزف بلاك والفيلسوف ديفد هيوم، وكذلك بعض الشرارات الزائرة مثل بنجامين فرانكلين وجيمس واط.

وبحسب تقاليد تلك الأيام، اهتم هتون بكل شيء تقريباً، من علم المعادن إلى الميتافيزيقيا. وقام بتجارب في المواد الكيماوية، واستقصى طرق تعدين الفحم الحجري وشق القنوات، وزار مناجم الملح، وتأمل في آليات الوراثة، وجمع المستحاثات وقدم نظريات عن الأمطار، وبنية الهواء وقوانين الحركة، بين أمور كثيرة. ولكن اهتمامه الأساسي انصبّ على الجيولوجيا.

ومن بين المسائل التي شدّت الانتباه في ذلك العصر الاستقصائي بنحو مسعود كانت مسألة حيرت البشر مدة طويلة، وأعني لماذا كان يُعثر على أصداف البطليّنوس ومستحاثات بحرية أخرى غالباً في قمم الجبال. كيف حصل ووصلت إلى هناك؟ إن الذين اعتقدوا أنّ لديهم حلاً انقسموا إلى معسكرين مختلفين. كان أحد المعسكرين يُعرف باسم النبتونيين Neptunists، الذين اقتنعوا أن كل شيء على الأرض - بما فيه الأصداف البحرية في الأماكن المرتفعة - يمكن أن يُشرح عن طريق ارتفاع وانخفاض مستويات البحر. اعتقدوا أن الجبال والتلال والسمات الأخرى قديمة قدم الأرض، ولم تتغير إلا حين اندفعت المياه فوقها في أثناء مدد من الطوفان العالمي.

ولكن كان يعارضهم البلوتونيون Plutonists الذين قالوا: إن البراكين والزلازل - بين وسائط أخرى حية - تغير باستمرار وجه الكوكب ولكنها لا تدين بأي شيء للبحار المتقلبة. طرح البلوتونيون أيضاً أسئلة مهمة مثل: إلى أين تذهب المياه كلّها حين لا تطوف. لو كان هناك ما يكفي منها أحياناً لغمر جبال الألب، إذاً أين هي - بحق الله - في أثناء أوقات الهدوء، مثل الآن؟ اعتقدوا أن الأرض خاضعة لقوى داخلية عميقة، كما هو الأمر لقوى

سطحية. على أي حال، لم يستطيعوا أن يشرحوا بنحو مقنع كيف وصلت كل أصداف البطلينوس إلى هناك.

في أثناء الحيرة من كل تلك الأمور وصل هتون إلى سلسلة من الاكتشافات العميقة. فعبر النظر إلى أرض مزرعته، استطاع أن يرى أن التربة ناجمة عن حت الصخور وأن جزيئات هذه التربة تذهب بعيداً باستمرار، وتقلها الجداول والأنهار، وتعيد إيداعها في أماكن أخرى. وأدرك أنه لو استمرت هذه العملية إلى خاتمتها الطبيعية لتأكلت الأرض وصغرت. مع ذلك، في كل مكان حوله، كان هناك تلال. وعلى ما يبدو يجب أن تكون هناك عملية إضافية، نوع من التجديد والترقي، ينشئ تلالاً وجبالاً جديدة لجعل الدورة تستمر. إن المستحاثات البحرية على قمم الجبال - كما قال - لم تُودع في أثناء الطوفانات، وإنما نهضت مع الجبال نفسها. وقد استنتج أيضاً أن الحرارة التي في باطن الأرض هي التي خلقت الصخور والقارات ورفعت سلاسل الجبال. ولا نبالغ إذا قلنا: إن علماء الجيولوجيا لم يفهموا التعقيدات الكاملة لهذه الفكرة إلا بعد مئتي عام، حين تبّنوا في النهاية مفهوم الألواح التكتونية للأرض*. قبل كل شيء، ما اقترحته نظريات هتون هو أن العمليات التي شكّلت الأرض تتطلب زمناً طويلاً جداً، أكثر مما حلم به أي شخص بكثير. كان هناك ما يكفي من الاستبصارات هنا لتغيير فهمنا للكوكب بشكل كامل.

في عام 1785 عبر هتون عن أفكاره في مقالة طويلة قرئت في اجتماعات متتالية للجمعية الملكية في أدنبرة. لكنها لم تشدّ انتباه أحد مطلقاً. وليس من الصعب معرفة السبب في ذلك. ونوضح لكم هنا جزئياً كيف قدّمها للقراء:

في إحدى الحالات، إن علّة التشكيل هي في الجرم المنفصل؛ ذلك أنه، بعد أن حفّزت الحرارة الجرم، فإنّه بفعل رد فعل المادّة الملائمة تشكّل الصدع الذي شكّل الشقّ. وفي الحالة الأخرى مرة ثانية، إن العلّة عرضيّة بالعلاقة مع الجرم الذي تشكّل فيه الصدع. لقد حدث التمزّق والانكسار الأكثر عنفاً؛ ولكن العلّة ما تزال غير

* - فرع من الجيولوجيا يبحث في المعالم التركيبية الكبرى للأرض وأسبابها. المترجم.

مكتشفة، ولا تظهر في الشق؛ إذ ليس في كلّ تمزّق وتصدّع للجرم الصلب لأرضنا، يُعثر على المعادن، أو المواد الملائمة للعروق المعدنية.

من نافلة القول: إنه لا أحد تقريباً من الجمهور امتلك أدنى فكرة عما كان يتحدث عنه هتون. وحين شجّعهُ أصدقاؤه كي يوسّع نظرياته، أملين أن يعبر عن الوضوح في صيغة أكثر شمولاً، أمضى هتون السنوات العشر اللاحقة في تحضير أعظم كتبه، الذي نُشر في جزأين سنة 1795.

وصل المجلدان إلى ألف صفحة تقريباً، وكانا - بنحو ملحوظ - أسوأ حتى مما خشي منه أصدقاؤه الأكثر تشاؤماً. فبغض النظر عن أي شيء آخر، تألف نصف العمل المنجز من اقتباسات من مصادر فرنسية، وباللغة الفرنسية. كان المجلد الثالث غير مغرٍ، بحيث إنه لم يُنشر حتى عام 1899، بعد أكثر من قرن على وفاة هتون، ولكن الجزء الرابع الختامي لم يُنشر أبداً. إن كتاب هتون نظرية الأرض يعد أقل الكتب العلمية قراءة (أو على الأقل سيكون كذلك إن لم يكن هناك كتب أخرى كثيرة). أقرّ حتى تشارلز ليل Charles Lyell، أعظم علماء الجيولوجيا في القرن اللاحق - الذي قرأ كل شيء - أنه لا يستطيع مواصلة قراءته.

ولحسن الحظ، كان لدى هتون كاتب سيرة يدعى جون بليفر John Playfair؛ كان أستاذ الرياضيات في جامعة أدنبرة وصديقاً حميماً لهتون، الذي لم يكتب بنثر جميل فحسب وإنما بفضل قضاء سنوات كثيرة إلى جانب هتون فهم أيضاً ما الذي كان هتون يحاول قوله، معظم الوقت. وفي 1802، بعد خمس سنوات من وفاة هتون، ألّف بليفر شرحاً مبسطاً للمبادئ الهتونية تحت عنوان توضيحات للنظرية الهتونية في الأرض. وتم تلقي الكتاب بامتنان من قبل أولئك الذين كانت لديهم اهتمامات حقيقية في الجيولوجيا، الذين لم يكن عددهم كبيراً في سنة 1802. وكان هذا على وشك التغير، على أي حال.

في شتاء 1807 اجتمع ثلاثون شخصاً لهم هدف مشترك في لندن في فندق فريماسونس في لونج إيكير، وكوفنت بارك، لتشكيل نادي عشاء دُعي الجمعية الجيولوجية. اتفقوا على اللقاء مرة في الشهر كي يتبادلوا الأفكار الجيولوجية في أثناء

تناول كأس أو اثنين من نبيذ جزيرة ماديرا وعشاء مرح. وقد رُفِع ثمن العشاء قصداً إلى 15 شلناً؛ كي لا يأتي أولئك الذين لا يمتلكون سوى اهتمامات فكرية. وتوضّح حالاً أنه كان هناك طلب لشيء أكبر، ولقر دائم حيث يستطيع الناس أن يجتمعوا لمناقشة مكتشفات جديدة. وصل عدد الأعضاء إلى أربع مئة في مدة عقد تقريباً وكلهم سادة، بالطبع وكانت الجمعية الجيولوجية تهدّد بأن تطفئ على الجمعية الملكية كجمعية علمية رئيسة في البلاد.

كان الأعضاء يلتقون مرتين في الشهر من تشرين الثاني إلى حزيران، حيث كان كل واحد منهم يسافر لقضاء الصيف في القيام بعمل ميداني. لم يكن هؤلاء أشخاصاً يمتلكون اهتمامات مالية بالمعادن - أو حتى أكاديميين - وإنما مجرد سادة يمتلكون الثروة والوقت للانغماس في هواية على مستوى مهني تقريباً. وبحلول 1830 كان هناك 745 منهم، ولن يشهد العالم مثيلاً لذلك.

من الصعب أن نتصوّر هذا الآن، ولكن الجيولوجيا أثارت القرن التاسع عشر استحوذت عليه بالمعنى الإيجابي بطريقة لم يفعلها أي علم من قبل أو فيما بعد. وفي 1839، حين نشر رودرك مرتشيسون Roderick Murchison كتابه النظام السليوري*، وهو دراسة مباشرة وجديّة إلى حد الملل لنمط من الصخور يُدعى صخور الطين البازلتية الرمادية، حقّق على الفور أفضل المبيعات، وطُبِع أربع طبعات، بالرغم من أن النسخة كانت تكلف ثمانية جنيهات، وكان أسلوبه مستعصياً على القراءة على غرار أسلوب هتون. (وكما قال داعم مرتشيسون، كانت تنقصه «الجازبية الأدبية»). وحين، - في عام 1841 - سافر العظيم تشارلز ليل إلى أمريكا؛ كي يلقي سلسلة من المحاضرات في بوسطن، كان يحضرها جمهور مؤلف من ثلاثة آلاف شخص كل مرة في مؤسسة لويل؛ كي يستمعوا إلى وصفه المهدئ للزئوليت** البحري والاضطرابات الزلزالية في كامبانيا.

* - صفة للعصر الثالث من الدهر القديم. المترجم.

** - أي من مجموعة من سليكات الألومنيوم المائية تشتمل على صوديوم أو كلسيوم أو بوتاسيوم أو باريوم وعلى نسبة كبيرة من الماء. والزيوليتات معادن ليّنة نسبياً وتكون في الصخور البركانية ولا سيما البازلت. المترجم.

وفي أنحاء العالم الحديث المفكر - ولا سيما في بريطانيا - غامر رجال العلم وذهبوا إلى الريف؛ كي يقوموا بقليل من «تكسير الأحجار»، كما سموا الأمر. وكانت هذه عملية أُخذت على محمل الجد وكانوا يميلون إلى أن يلبسوا - بوقار ملائم - قبعات وبذلات سوداء، ما عدا المؤرّ ولیم بکلاند William Buckland من أكسفورد، الذي كان من عادته أن يقوم بعمله الميداني مرتدياً زيّه الأكاديمي.

لقد جذب الميدان كثيراً من الشخصيات الفائقة للعادة، وليس فحسب مرثيوسون الذي ذكر سابقاً، الذي أمضى الثلاثين سنة الأولى من حياته يعدو وراء الثعالب، محوّلًا الطيور إلى أشلاء من الريش المتطاير بالخردق، ولم يظهر رشاقة ذهنية أكثر من الحاجة لقراءة صحيفة التايمز أو لعب دورة من ألعاب الورق. ثم اكتشف اهتمامه بالصخور وصار عملاقاً في التفكير الجيولوجي بسرعة مذهلة.

كان هناك أيضاً الدكتور جيمس باركنسون James Parkinson، الذي كان في بداية حياته اشتراكياً ومؤلفاً لكثير من النشرات التحريضية بعناوين مثل «ثورة دون سفك دماء». وفي 1794 تورّط في مؤامرة بدت جنونية دُعيت «مؤامرة بندقية الهواء»^{*}، خُطّط فيها لإطلاق سهم مسموم على الملك جورج الثالث في العنق وهو يجلس في مقعده في المسرح. استدعي باركنسون للتحقيق أمام مجلس شورى الملك وكان على شفا النفي مقيّداً إلى أستراليا قبل أن تُسقط عنه التهم. متبنياً مقاربة للحياة أكثر محافظةً، وطوّر اهتماماً بالجيولوجيا وصار أحد الأعضاء المؤسسين للجمعية الجيولوجية ومؤلف نص جيولوجي مهمّ بعنوان البقايا العضوية للعالم السابق، الذي ظلّ يُنشر لنصف قرن. لم يسبّب أبداً أي مشكلات مرة ثانية. واليوم - على أي حال - نتذكّره من أجل دراسته التي أحدثت نقطة تحوّل في المرض الذي دُعي آنذاك بـ«الشلل الارتجافي»، الذي عُرف بمرض باركنسون. كان لباركنسون سبب آخر ضئيل للشهرة. ففي 1785 أصبح أول شخص في التاريخ يكسب متحف تاريخ طبيعى في عملية بيع بالقرعة. والمتحف الذي يقع في حي ليشستر بلندن، أسّسه السير آشتون ليفر، الذي دفع نفسه إلى الإفلاس بسبب جمعه غير المكبوح للعجائب

* - بندقية دمية للأطفال تُطلق قلينةً وتُحدث صوتاً مفرقعا. المترجم.

الطبيعية. حافظ باركنسون على المتحف حتى عام 1805، حين لم يعد يستطيع دعمه
تم تحطيم المجموعة وبيعها.

لم تكن شخصية تشارلز ليل مهمة على غرار الآخرين لكنه كان أكثر تأثيراً منهم
كلهم مجتمعين. وُلد ليل في العام الذي توفّي فيه هتون على بعد سبعين ميلاً فقط، في
قرية كينوردي. وبالرغم من أنه أسكتلندي المولد، فقد ترعرع في الجنوب الأقصى
البريطاني، في الغابة الجديدة لمهبشير، لأن أمه اقتنعت أن الأسكتلنديين كانوا
سكارى عقيمين. وكما كان نمط السادة العلماء في القرن التاسع عشر عامة، جاء ليل
من خلفية الثروة المريحة والحيوية الفكرية. وكان والده - الذي اسمه تشارلز أيضاً
- يمتلك الميزة غير العادية بكونه مرجعاً أساسياً عن الشاعر دانتي وعن الطحالب.
(وسمي Orthotricium lyelli الذي جلس عليه معظم زوّار الريف الإنكليزي على
اسمه). اكتسب ليل من والده اهتماماً بالتاريخ الطبيعي ولكن هناك في أكسفورد
حدث ووقع تحت تأثير المؤرّ ولیم بکلاند الذي كان يرتدي العباءة الفضفاضة بحيث
بدأ ليل الشاب اهتمامه، الذي استمر مدى الحياة بالجيولوجيا.

كان بکلاند شخصية غرائبية ساحرة. حقق بعض الإنجازات الحقيقية، ولكنّه
يُذكر بالقدر نفسه من أجل عاداته الغريبة. وقد نُوه به بنحو خاص من أجل مجموعة
من الحيوانات البرية، بعضها ضخم وخطر، سُمح لها بأن تتجول في منزله وحديقته،
ومن أجل رغبته بمعرفة جميع حيوانات الخلق. وبحسب النزوات والمواد المتوفرة، كان
يمكن أن يقدم للضيوف في منزل بکلاند لحم الخنزير الغيني، أو لحم الفئران في
مخيض لبن وبيض، والقناف المشوية أو الخيشوم المسلوق الآسيوي الجنوبي الشرقي.
كان بکلاند يعدّها كلها جيدة، باستثناء خلد الحديقة الشائع، الذي أعلن أنه مقرف.
أصبح المرجع الرئيس في النّجّو المستحجر* وقد كان لديه طاولة مصنوعة بنحو كامل
من مجموعته من العينات.

أظهر فداذة حتى حين قام بأبحاث علمية جدّية على طريقته. مرة استيقظت
السيدة بکلاند مهتزة في منتصف الليل، وكان زوجها يصرخ مثاراً: «يا عزيزتي،

* - روّث حيوانات متحجّر في طبقات الصخور. المترجم.

أعتقد أن آثار أقدام التشيروثيريوم Cheirotherium هي دون شك كآثار أقدام السلاحف». فأسرعنا إلى المطبخ في ثياب النوم. صنعت السيدة بكالاند عجيناً من الطحين، ومددته على الطاولة، بينما أحضر الموقر بكالاند سلحفاة الأسرة. وضعها على العجين، جعلها تمشي إلى الأمام واكتشفا بمتعة أن آثار أقدامها تطابق فعلاً تلك المستحاثات التي كان بكالاند يدرسها. اعتقد تشارلز دارون أن بكالاند مهرج كانت هذه هي الكلمة التي استخدمها، ولكن ليل وجده ملهماً وأحبه بما يكفي كي يذهب معه في جولة إلى أسكتلندة في 1824. قرّر ليل حالاً بعد هذه الرحلة أن يهجر مهنة القانون ويكرّس نفسه للجيولوجيا بشكل كامل.

كان ليل حسيّر البصر وواصل معظم حياته بحولٍ مؤلم، مما منحه جَوْاً مزعجاً. (أخيراً أقعد بصره). كانت خصوصيته الأخرى هي أنه حين تشغله فكرة يتخذ وضعيات غير متوقعة على الأثاث فيستلقي على كرسيين أو «يريح رأسه على مقعد كرسي بينما هو واقف» (كما قال صديقه دارون). وحين يستغرق في التفكير ينزل عن الكرسي بحيث إنّ الردفين يلامسان الأرض. كان عمل ليل الوحيد الحقيقي تدريس الجيولوجيا في كلية كينج في لندن من عام 1831 إلى 1833. ففي هذا الوقت تماماً ألف كتاب مبادئ الجيولوجيا، الذي طُبِعَ في ثلاثة أجزاء بين عام 1830 و1833، وقوّى وأوضح بطرق عديدة الأفكار التي عبّر عنها أولاً هتون قبل جيل. (بالرغم من أن ليل لم يقرأ النصوص الأصلية لهتون، فإنّه كان تلميذاً أليماً للنسخة التي أعاد بليفر صياغتها).

نشأ جدل جيولوجي بين زمن هتون وزمن ليل، الذي علّق بنحو كبير، وغالباً ما كان يُخلط بالجدل النبتوني البلوتوني القديم. وصارت المعركة الجديدة جدلاً بين نظرية الجوائح* ومبدأ الاطراد**: وهذان مصطلحان غير جذّابين لجدل مهم استمرّ طويلاً. فالقائلون بنظرية الجوائح - كما يمكن أن تتوقّع من الاسم - اعتقدوا

* نظرية تذهب إلى القول: إن الكثرة الكبرى من معالم الأرض لا تعدو أن تكون ثمرة لعدة أحداث مفاجئة عالمية الانتشار.

** القول: إن كل الظواهر الجيولوجية يمكن ردّها إلى القوى الموجودة في عصرنا الحاضر التي ما فتئت تعمل بانتظام منذ نشأة الأرض. المترجم.

أن الأرض شكّلتها حوادث مفاجئة جائحة كالطوفانات - بنحورئيس - لهذا غالباً ما يُجمع بنحو خاطئ بين النبتونية ونظرية الجوائح. كانت نظرية الجوائح مريحة بنحو خاص لرجال دين مثل بكلاند، لأنها سمحت لهم أن يدرجوا طوفان نوح التوراتي في مناقشات علمية جادة. بالمقابل، اعتقد القائلون بمبدأ الاطراد بأن التغيرات التي طرأت على الأرض كانت تدريجية، وأن كل عمليات الأرض تقريباً حدثت ببطء، في مدد شاسعة من الزمن. كان (هتون) والد الفكرة قبل ليل بوقت طويل، ولكن ليل هو الذي قرأه معظم الناس، وهكذا أصبح في أذهان معظم البشر - آنذاك والآن - أب الفكر الجيولوجي الحديث.

اعتقد ليل أن تبدلات الأرض كانت منتظمة وثابتة، وأن كل ما حدث في الماضي يمكن شرحه بأحداث ما تزال تحدث اليوم. لم يزد ليل وأتباعه نظرية الجوائح فحسب، وإنما مقتوها. اعتقد القائلون بنظرية الجوائح أن الانقراضات كانت جزءاً من سلسلة استؤصلت فيها الحيوانات بنحو متكرر واستبدلت بمجموعات جديدة، وهذا اعتقاد شبيهه عالم الطبيعة بنحو ساخر بالدورات الثلاثية المتعاقبة للعبة الهويست، التي في نهايتها يقوم اللاعبون بقلب الطاولة ويطلبون ورقاً جديداً. وقد كانت طريقة ملائمة جداً لشرح المجهول. وقد قال ليل بازدرأ: «لم يكن هناك أبداً عقيدة قطعية محسوبة كهذه تولّد الكسل، وتتلّم شفرة الفضول الحادة».

لم تكن أخطاء (ليل) غير المقصودة دون أهمية. فقد أخفق في أن يشرح بشكل مقنع كيفية تشكّل سلاسل الجبال، وأهمل جبال الجليد كعوامل تغيير. رفض قبول فكرة أجاسيز Agassiz عن العصور الجليدية - «تبريد الكوكب»، كما سمّاها رافضاً وكان واثقاً أن الحيوانات الثديية «سُعث عليها في أقدم مواقع المستحاثات». ورفض فكرة أن الحيوانات والنباتات عانت من دمار مفاجئ، واعتقد أن جميع المجموعات الحيوانية الرئيسة: الثدييات والزواحف والأسماك وهكذا دواليك، تعايشت منذ فجر الزمن. ولكنه كانت يحتاج إلى البراهين في كل هذه الأمور التي ذهب إليها.

لا نبالغ حين نتحدث عن تأثير (ليل) الكبير. فقد طُبِع كتاب مبادئ الجيولوجيا 12 طبعة في أثناء حياته واحتوى على أفكار صاغت التفكير الجيولوجي حتى القرن

العشرين. أخذ دارون نسخة من الطبعة الأولى معه في رحلة البيجل، وكتب فيما بعد أن «الأهمية العظيمة لكتاب مبادئ الجيولوجيا هي أنه غير نبرة عقل المرء برمتها، ومن ثم حين يرى المرء شيئاً لم يره (ليل) من قبل أبداً، فإن المرء يراه بعينه نوعاً ما». باختصار، اعتقد أنه إله تقريباً، كما فعل كثيرون في جيله. وهذه شهادة على قوة تحكّم ليل بحيث إنّه في الثمانينيات، حين كان على علماء الجيولوجيا أن يتخلّوا عن جزء فحسب من نظريته؛ كي يكيّفوا تأثير نظرية الانقراضات، فإن هذا قتله تقريباً. ولكن هذا يحتاج إلى فصل آخر.

في غضون ذلك كان لدى الجيولوجيا كثير من الفرز، ولولم يحدث كلّ بهدوء. فمن البداية حاول الجيولوجيون تصنيف الصخور بحسب المدة التي توضع فيها، ولكن في غالب الأحيان كان هناك كثير من الخلافات المرّة عن: أين توضع الخطوط الفاصلة ولكنها لم تكن أطول من الجدل الذي استمرّ طويلاً، ودُعي بالجدل الديفوني العظيم (منسوب إلى ديفنشير في إنكلترا). وقد أثّرت المسألة حين زعم المؤرّر آدم سدجويك من كمبريدج أن للعصر الكمبري طبقة من الصخر اعتقد رودريك مرتشيسون أنها تنتمي مباشرة إلى العصر السيّلوري. استمرّ الجدل سنوات وحمي بشكل كبير. إن دي لا بيتش De la Beche كلب قذر، هذا ما كتبه مرتشيسون إلى صديق في نوبة غضب نموذجية.

يمكن الحصول على إحساس ما بقوة المشاعر عبر عناوين فصول كتاب مارتن ج.س. رودويك الممتاز والرزين عن المسألة، الجدل الديفوني العظيم. كان هناك عناوين مسالمة مثل «ساحات جدل السادة» و«الكشف عن جريويك»، وعناوين أخرى مثل «جريويك مدافعاً عنه ومُهاجماً»، «توبيخات واتهامات مضادّة»، «انتشار شائعات كريهة»، «ويفر يرتدّ على هرطقته»، «وضع الريفي الجلف في مكانه»، وفي حال كان هناك أي شكّ بأن هذه حرب نجد عنواناً مثل «مرتشيسون يفتتح حملة أرض الراين». حُسم القتال أخيراً في عام 1879 حين قامت البعثة البسيطة باكتشاف عصر جديد يُدعى العصر الأوردفيشي الذي وُضع بين العصر الكمبري والعصر السيّلوري.

ولأنّ البريطانيين كانوا الأكثر نشاطاً في الأعوام الأولى في هذا الفرع من المعرفة، فإنّ الأسماء البريطانية كانت مهيمنة في المعجم الجيولوجي. وكلمة ديفون هي بالطبع من المنطقة الإنكليزية التي تدعى ديفونشير. أتت كلمة كمبري من الاسم الروماني لويلز، بينما أتت كلمة الأوردفيشي والسيلوري من قبيلتين ويلزيتين هما الأوردفيشيون والسيلوريون. ولكن مع تصاعد التنقيب الجيولوجي في أمكنة أخرى، بدأت الأسماء ترحف من جميع الأنحاء. تشير كلمة جوراسي إلى جبال جورا على الحدود بين فرنسا وسويسرا. وتذكر كلمة البرمي Permian بالمنطقة الروسية السابقة (بيرم) في جبال الأورال. وجاءت كلمة طباشيري cretaceous (من كلمة طباشير اللاتينية) ونحن مدينون لعالم جيولوجيا بلجيكي ذي اسم طريف هو جي دي أوماليوس دي هالوي J.J.d'Omalus d'Halloy.

قسّم التاريخ الجيولوجي في البداية إلى أربع مدد من الزمن: الأول والثاني والثالث والرابع. وقد كان المنهج دقيقاً جداً بحيث استمر، وأسهم علماء الجيولوجيا في الحال بتقسيمات جديدة بينما أزالوا أخرى. وخرجت المدة الأولى والثانية من الاستخدام معاً، بينما نبذ بعضهم الرابعة واحتفظ بها بعضهم الآخر. ولم يبقَ اليوم سوى المدة الثالثة كتسمية عامة في كل مكان، بالرغم من أنها لم تعد تمثل مدة ثالثة من أي شيء.

أدخل ليل في كتابه المبادئ وحدات إضافية تُدعى حقب أو سلاسل كي يشمل مدة منذ عصر الديناصورات، وبينها العصر الحديث الأقرب (البليستوسيني)، والعصر الحديث القريب (البليوسيني)، والعصر التلّثي الأوسط (المويسيني) وذلك الغامض بنحو محبّب الذي يدعى العصر الحديث اللاحق. وقد قصد ليل بالأصل أن يستخدم كلمة synchronous لنهاياته، مقدماً لنا تسميات هشة مثل Meiosynchronous وPleiosynchronous. وقام المؤرّر (وليم ويويل) - وكان رجلاً ذا نفوذ - بالاعتراض على أسس اشتقاقية إيتمولوجية واقترح بدلاً من ذلك نسق «an-eous»، منتجاً Meioneous وPleioneous وهكذا دواليك. وكانت اللاحقة - cene نوعاً من التسوية.

وفي هذه الأيام - إذا ما تحدثنا عموماً - يُقسم الزمن الجيولوجي إلى أربعة أقسام تعرف باسم الدهور: الدهر ما قبل الكامبري، والدهر القديم، والدهر الوسيط والدهر الحديث. وتُقسم هذه الدهور الأربعة أيضاً إلى عشرين مجموعة فرعية، تُدعى عادة العصور بالرغم من أنها أحياناً تُسمّى الأنظمة. وهي معظمها معروفة بشكل معقول: العصر الطباشيري، والعصر الجوراسي، والعصر الترياسي أو الثلاثي، والعصر السيلوري، وهكذا دواليك*.

ثم جاءت حقبة ليل العصر الحديث الأقرب (البليستوسيني)، والعصر الثلثي الأوسط (الميلوسيني) التي لا تنطبق إلا على السنوات الخمسة وستين مليون الأحدث (ولكن الأكثر انشغالاً على المستوى الإحاثي)؛ لدينا أخيراً التقسيمات الفرعية الأروع التي تُعرف باسم المراحل أو العصور. وُسِّيت معظمها بنحو متردد دوماً، على أسماء أمكنة مثل الديמוانية نسبة إلى دي موا، والإلينية نسبة إلى ولاية إلينوي، والكرواكية والكميريديّة، وهكذا دواليك. قال جون مكفي: إن عددها يصل إلى «عشرات الدزينات». ولحسن الحظ، إذا لم تكن الجيولوجيا مهنتك فإنك لن تسمع بأي من هذه مرة أخرى.

ما يزيد المسألة تعقيداً هو أن المراحل أو العصور في أمريكا الشمالية لها أسماء مختلفة عن أسماء المراحل في أوروبا، وتتقاطع معها في الغالب أحياناً في الزمن. وهكذا فإن المرحلة الأميركية الشمالية السنسناتية تتواشج في معظم الأحيان مع المرحلة الأشغيلية Ashgillian في أوروبا، إضافة إلى مدة قصيرة من المرحلة الكاردوسية Caradocian الأبعد بقليل.

يتغيّر كلّ هذا أيضاً من مقرر مدرسيّ إلى آخر ومن شخص إلى آخر، بحيث إنّ بعض المرجعيات تصف سبع حقبة، بينما ترضى أخرى بأربع. وستجد في بعض الكتب أيضاً أنه تم حذف الثالث والرابع، واستبدلا بعصرين وبأطوال مختلفة يدعيان

* لن يحدث اختبار هنا، ولكن إن كان مطلوباً منك أن تحفظها غيباً يمكن أن ترغب بتذكّر نصيحة جون ولفورد المساعدة للتفكير بالدهور (ما قبل الكامبري، والقديم، والوسيط، والحديث) كفصول في سنة والعصور (البرمي، الترياسي، والجوراسي... إلخ.) على أنها الشهور.

الباليوجيني Palaeogene والنيوجيني Neogene. ويقسم آخرون ما قبل الكمبري إلى حقبتين، السحيق Archaean والفجري Proterozoic. وسترى أحياناً أن مصطلح الفانيروزوي phanerozoic يشمل العصر الجينوزوي Genozoic والميسوزي Mesozoic، والباليوزي Palaeozoic.

فضلاً عن ذلك، لا ينطبق كل هذا إلا على وحدات الزمن. فالصخور تُقسم إلى وحدات تامة الانفصال تُعرف باسم الأنساق، والسلاسل والمراحل. ويحدث فرق أيضاً بين الأخير والمبكر (إشارة إلى الزمن) والأعلى والأدنى (إشارة إلى طبقات الصخور). ويمكن أن يصبح كل هذا مشوشاً بنحو مرعب لغير المختصين، ولكن بالنسبة لعالم الجيولوجيا يمكن أن تكون هذه المسائل مسائل هيام*. لقد رأيت أشخاصاً ناضجين يتوهّجون احمراراً من الغضب من هذه المثلثانية في تاريخ الحياة»، هذا ما كتبه عالم الإحاثة البريطاني رتشارد فورتى عن جدل في القرن العشرين استمر طويلاً عن: أين يقع الحد الفاصل بين العصر الكمبري والأردفيشي.

نستطيع على الأقل أن نحضر اليوم تقنيات تأريخ معقدة إلى الطاولة. ففي معظم القرن التاسع عشر، لم يستطع علماء الجيولوجيا الاعتماد على أي شيء سوى التخمين الآمل. وكان الموقف المخيب آنذاك أنه بالرغم من أنهم يستطيعون وضع الصخور المتنوعة والمستحاثات بالترتيب حسب العمر، غير أنهم لم يعرفوا كم كان طول أي من هذه العصور. وحين تأمل بكلانند قدم هيكل عظمي لزحافة الإكصور* لم يستطع أن يفعل أي شيء سوى أن يقترح أنها عاشت منذ «عشرة آلاف أو أكثر من عشرات الآلاف» من السنين.

وبالرغم من أنه لم تكن هناك طريقة موثوقة لتأريخ الدهور، لم يكن هناك نقص في الأشخاص الذين كانوا راغبين بالمحاولة. تمت المحاولة الأولى الأكثر شهرة في عام 1650، حين قام كبير الأساقفة (جيمس أشر) من كنيسة أيرلندة بدراسة متأنية للكتاب المقدس ومصادر تاريخية أخرى، واستنتج في مجلّد ثقیل جداً دُعي حوليات العهد القديم أن الأرض خلقت في منتصف النهار، في 23 تشرين الأول عام 4004 قبل

* زحافة بحرية منقرضة من رتبة الإكسوريات عاشت في الدهر الوسيط.

الميلاد، وكان هذا تأكيداً سَلَّى المؤرخين وكتاب المقررات المدرسية منذ ذلك الوقت*.

هناك أسطورة تُذكر دوماً بنحو عرضي نوقشت في كثير من الكتب الجدّية مفادها، أن وجهات نظر أشر هيمنت على المعتقدات العلمية حتى القرن التاسع عشر، وأن ليل هو الذي صححها. ويذكر ستيفن جي جولد في كتابه سهم الزمن كمثال نموذجي هذه الجملة المأخوذة من كتاب مشهور من الثمانينيات: «قبل معظم المفكرين فكرة أن الأرض كانت فتية إلى أن نشر ليل كتابه». غير أن هذا ليس صحيحاً. وكما عبّر مارتين ج.س. ردويك عن الأمر: «لم يناصر أي عالم جيولوجيا - من أي جنسية يحترم علماء الجيولوجيا الآخرين - عمله مقياساً زمنياً محصوراً داخل حدود تأويل حري في لسفر التكوين». حتى المؤرّر بكلاند - الروح الورعة التي أنتجها القرن التاسع عشر - قال: إن الكتاب المقدّس لا يوحى في أي موضع بأن الله خلق السماوات والأرض في اليوم الأول، ولكن فقط في «البدء». وقال: إن ذلك البدء يمكن أنه استمر «ملايين الملايين من الأعوام». وافق الجميع على أن الأرض قديمة: ولكن كم يبلغ قدمها؟

جاءت إحدى أفضل الأفكار في وضع موعد لخلق الكوكب من إدموند هالي الموثوق دوماً، الذي اقترح في 1717 أنك إذا قسمت الحاصل الكلي للملح في بحار العالم على الكمية التي تُضاف كل يوم، فإنك ستحصل على عدد الأعوام التي وجدت فيها البحار، مما سيمنحك فكرة تقريبية عن عمر الأرض. كان المنطق رائقاً، ولكن لسوء الحظ لم يعرف أحد كم من الملح كان في البحر أو كم يزداد كلّ عام، مما جعل التجربة غير عملية.

إن محاولة القياس الأولى التي يُمكن أن تُدعى علمية بنحو كبير قام بها الفرنسي جورج لويس لوكليير Georges - Louis Leclerc، وكونت دي بفون Comte de Buffon، في سبعينيات القرن الثامن عشر. كان من المعروف لوقت طويل أن الأرض تصدر كميات قابلة للتقدير من الحرارة كانت واضحة لكل من ينزل إلى منجم للفحم

● بالرغم من أن جميع الكتب في الحقيقة تجد له مكاناً فإن هناك تنوعاً في التفاصيل المتعلقة بأشر. تقول بعض الكتب: إنه قام بإعلانه في عام 1650، وتقول أخرى: في 1664. وتذكر كتب كثيرة أن تاريخ بداية الأرض المشهورة هو 26 تشرين الأول. على الأقل كتاب واحد مهم يكتب اسمه أشر. وقد مُسحت المسألة بنحو مهمت في كتاب ستيفن جي ثمانية خنايص صغيرة.

الحجري، ولكن لم تكن هناك أي طريقة لتقدير نسبة التبدّد (فقد الطاقة). عمدت تجربة بفون إلى تسخين الأجواء إلى أن تتوهّج، وتصبح شديدة الاتقاد ثم تقدير نسبة فقدان الحرارة عن طريق لمسها (من المفترض بشكل خفيف جداً في البداية) وهي تبرّد. وقد خُمّن من هذا أن عمر الأرض بين 75,000 و 168,000 سنة. كان هذا بالطبع تقديرأً بخساً بشكل كبير، ولكنه كان فكرة راديكالية، ووجد بفون نفسه مهدداً بالحرم الكنسي للتعبير عنه. وبما أنه رجل عملي، فقد اعتذر حالاً عن هرطقته الطائشة، ثم كرّر بمرح التأكيدات في كتاباته اللاحقة.

في منتصف القرن التاسع عشر اعتقد جميع العلماء أن عمر الأرض هو بضعة ملايين من السنين على الأقل، وربما نحو عشرات الملايين من السنين، وليس أكثر من هذا على الأرجح. وهكذا كان الأمر مفاجئاً حين أعلن تشارلز دارون في عام 1859 في كتابه أصل الأنواع أن العمليات الجيولوجية التي أنشأت الويلد the Weald - وهي منطقة في جنوب إنكلترة - تمتد عبر كينت وسوري و سسيكس، استغرقت - وفق حساباته - 306,662,400 عاماً كي تكتمل. وكان التأكيد لافتاً للانتباه قليلاً؛ لأنه محدّد بنحو أسر ولكنه كان أكثر لفتاً للنظر؛ لأنه عارض الحكمة السائدة عن عمر الأرض*. وقد برهن هذا أنه مثير للجدل بحيث إنّ دارون سحبه من الطبعة الثالثة لكتابه. ولكن المشكلة بقيت في قلبه على أي حال. كان دارون وأصدقاؤه الجيولوجيون بحاجة إلى أن تكون الأرض قديمة، ولكن لم يستطع أحد أن يبتكر طريقة لجعلها هكذا.

* * *

لسوء حظ دارون، وحظ التقدّم، انتبه إلى المسألة اللورد كلفن العظيم (الذي بالرغم من أنه كان عظيماً بنحو لا سبيل إلى الشك فيه)، كان لا يزال آنذاك وليم طومسون البسيط؛ ولم يُرَفَّع إلى سجل النبالة حتى 1892 حين كان في الثامنة والستين من عمره ويقترب من نهاية وظيفته، (ولكنني سأتابع التقليد هنا وأستخدم الاسم ارتجاعياً). كان كلفن أحد الشخصيات الأكثر خرقاً للعادة في القرن التاسع عشر

* كان دارون يحب الأرقام الدقيقة. ففي عمله اللاحق، أعلن أن عدد الديدان التي يمكن العثور عليها في دونم عادي من التربة الريفية الإنكليزية هو 53,767.

وبالفعل، في أي قرن. وكتب العالم الألماني هرمان فون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz، الذي لم يكن غير كفاء على المستوى الفكري، إن كلفن يمتلك حتى الآن أعظم «ذكاء ووضوح، وحرارة فكري» من أي رجل سبق وقابله. «كنت أشعر أحياناً بالغباء التام إلى جانبه»، أضاف بقليل من الكآبة.

إن هذا الشعور قابل للفهم، ذلك أن كلفن كان حقاً نوعاً من السوبرمان الفكتوري. ولد عام 1824 في بلفاست، لأب كان أستاذاً للرياضيات في المؤسسة الأكاديمية الملكية الذي نُقل حالاً إلى غلاسكو. وهناك برهن كلفن أنه طفل عبقرى، بحيث قُبِلَ في جامعة غلاسكو تحت سن العاشرة. وفي الوقت الذي وصل فيه إلى أوائل العشرينيات، درس في مؤسسات في لندن وباريس، وتخرج من كمبريدج (حيث فاز بجوائز الجامعة الأولى في سباق التجذيف والرياضيات، وعثر نوعاً ما على الوقت؛ كي يؤسس جمعية موسيقية أيضاً)، وانتخب زميلاً في بيترهاوس، وكتب بالإنكليزية والفرنسية دزينات من المحاضرات في الرياضيات الصرفة والتطبيقية تمتلك أصالة مدهشة، بحيث اضطر إلى نشرها دون اسم؛ خوفاً من مضايقة رؤسائه. وفي سن الثانية والعشرين عاد إلى غلاسكو كي يُعين أستاذاً جامعياً في الفلسفة الطبيعية، وكان هذا منصباً شغله في السنوات الثلاث والخمسين اللاحقة.

وفي مجرى وظيفة طويلة (عاش حتى 1907)، كتب 661 محاضرة، وراكم 69 براءة اختراع (جعلته ثرياً جداً) وحظي بالشهرة في جميع فروع العلوم الفيزيائية تقريباً. وبين أمور أخرى كثيرة، اقترح المنهج الذي قاد مباشرة إلى ابتكار التبريد، واخترع مقياس درجة الحرارة المطلقة* الذي لا يزال يحمل اسمه، واخترع مضخّات التردد اللاسلكي التي سمحت للبرقيات أن تُرسل عبر المحيطات، وقام بتحسينات لا تُحصى للشحن وفن الملاحة، عبر اختراع بوصلة بحرية شعبية وابتكار أول مسبار للأعماق. وكانت هذه مجرد إنجازات عملية له.

* وهي درجة الحرارة المقيسة على أساس الصفر المطلق، أي حالة فقدان الطاقة الحرارية فقداناً كاملاً. وثمة مقياسان للحرارة المطلقة: أولهما مقياس كلفن وهو مبني على أساس الدرجة المئوية أو الستينغرادية، ومقياس رانكن وهو مبني على أساس الدرجة الفارنهایتية. المترجم.

إن عمله النظري في الكهرومغناطيسية والديناميكا الحرارية والنظرية الموجية، كان ثورياً بنحو مساوٍ*. ولم يرتكب إلا خطأ واحداً وكان هذا عدم القدرة على حساب العمر الصحيح للأرض. وقد شغلت المسألة كثيراً النصف الثاني من مهنته، ولكن لم يقترب من الصحة في ذلك أبداً. وقام بمحاولته الأولى في 1862 ونشر مقالة في مجلة شعبية تدعى ماكميلانز قال فيها: إن عمر الأرض 98 مليون سنة أو 400 مليون. وبذكاء لافت أقر بأن حساباته يمكن أن تكون غير صحيحة إذا كانت «المصادر التي هي الآن مجهولة بالنسبة لنا قد جُهّزت في مخزن كبير للخلق». ولكن كان واضحاً أنه اعتقد أن هذا غير مرجح.

مع مرور الوقت سيصبح كلفن أكثر مباشرة في تأكيدات وأقل صحة. راجع باستمرار تقديراته نزولاً من حد أعلى هو 400 مليون عام إلى مئة مليون عام، ثم إلى 50 مليوناً، وأخيراً في 1879 إلى 24 مليون عام. لم يكن كلفن عنيداً. كان الأمر ببساطة أنه لم يكن هناك أي شيء في الفيزياء يستطيع شرح كيف أن جرمًا بحجم الشمس يمكن أن يحترق باستمرار لأكثر من بضع عشرات الملايين من الأعوام دون أن يستنفد وقوده. يتبع من ثم أن الشمس وكواكبها كانت نسبياً، وبنحو لا مهرب منه فتيين.

وكانت المشكلة هي أن جميع أدلة المستحاثات تتناقض مع ذلك، وفجأة كان هناك في القرن التاسع عشر كثير من أدلة المستحاثات.

* أوضح بنحو خاص القانون الثاني للديناميكا الحرارية. تحتاج مناقشة هذه القوانين إلى كتاب كامل، ولكنني أقدم هنا هذا الملخص البسيط الذي قام به عالم الكيمياء بي. دبليو. أتكينز، فقط لتبسيطها: «هناك أربعة قوانين. القانون الثالث منها، وهو القانون الثاني، عُرف في البداية: الأول، القانون الصفري، صيغ فيما بعد؛ كان القانون الأول ثانياً؛ والقانون الثالث يمكن حتى ألا يكون قانوناً بالمعنى نفسه كالقوانين الأخرى»، وباختصار، يقول القانون الثاني: إن قليلاً من الطاقة يُبدّد دوماً. لا تستطيع الحصول على أداة حركة دائمة لأنها مهما كانت فاعلة، فإنها ستفقد الطاقة دوماً وترهق في النهاية. يقول القانون الأول: إنك لا تستطيع أن تخلق الطاقة ويقول الثالث: إنك لا تستطيع اختزال الحرارة إلى الصفر المطلق؛ سيكون هناك دوماً حرارة متبقية. وكما ينوّه دينيس أوفرباي: إن القوانين الثلاثة الرئيسة يعبر عنها أحياناً بمزاح مثل (1) لا تستطيع أن تربح، (2) لا تستطيع حتى أن ترتاح، و (3) لا تستطيع الخروج من اللعبة.

الفصل السادس

التنافس العلمي العنيف

في عام 1787، اكتشف شخص في نيوجيرسي - يبدو كأنه نُسي الآن - عظم فخذه ضخماً وناتئاً عند ضفة جدول في مكان يُدعى ودبري كريك. لم يكن العظم ينتمي إلى أي نوع من المخلوقات الحية، ولا سيما في نيوجيرسي. وقليلًا من الذي يُعرف الآن، يُظن أنه لهيدروصور، وهو ديناصور ضخم. كانت الديناصورات وفي ذلك الوقت مجهولة.

أُرسل العظم إلى الدكتور كاسبار ويستر، عالم التشريح الأبرز في البلاد، الذي وصفه في اجتماع للجمعية الفلسفية الأميركية في فيلادلفيا في ذلك الخريف. ولسوء الحظ، أخفق ويستر بنحو كامل في التعرف على أهمية العظم، وقام فقط ببعض الملاحظات غير الملهمة بحيث كانت كذبة كبيرة. وهكذا خسر الفرصة كي يكون مكتشف الديناصورات قبل أي شخص آخر بنصف قرن. والواقع أن العظم لم يثر إلا انتباهاً قليلاً فُوض في غرفة للخرن واختفى في النهاية. وهكذا فإن عظم الديناصور الأول الذي سبق واكتُشف كان أيضاً أول من نُسي.

إذا لم يكن العظم قد لفت انتباهاً أكبر، فإن هذا أكثر من محير؛ لأن ظهوره تم في وقت كانت فيه أمريكا في أوج الإثارة حيال بقايا الحيوانات القديمة الضخمة. وكان سبب هذه الإثارة تأكيداً غريباً قام به عالم الطبيعة الفرنسي العظيم كونت دي بفون، الذي كان يسخن الأجواء كما ذكرنا في الفصل السابق مفاده، أن الأشياء الحية في العالم الجديد هي أدنى من تلك التي في العالم القديم. وكتب بفون في كتابه الضخم والمحترم كثيراً: «التاريخ الطبيعي» أن أمريكا أرضٌ مياهاها آسنة، وتربتها عقيمة، وحيواناتها صغيرة الحجم وقليلة الحيوية، ومركباتها ضعيفة بسبب «الأبخرة المزعجة» المنبعثة من مستنقعاتها النتنة وغاباتها المعتمة. ففي بيئة كهذه حتى السكان الأصليون الهنود يفتقرون إلى الرجولة. وقال بفون: «ليس للرجال لحية أو شعر على أجسادهم ولا تثيرهم الأنثى». وكانت أعضاؤهم التناسلية «ضامرة وضعيفة».

ومن المفاجئ أن ملاحظات بفون عشرت على مناصرين متحمسين بين الكتاب الآخرين، ولا سيما أولئك الذين لم تكن استنتاجاتهم تستند إلى معرفة فعلية بالبلاد. وأعلن هولندي يدعى كورنيل دي بوي في كتاب شعبي يدعى «أبحاث فلسفية» عن الأميركيين، أن الذكور الأميركيين المحليين ليسوا ضعيفين تناسلياً فحسب، وإنما أيضاً «يفتقرون إلى الرجولة، بحيث إنه يوجد حليب في أثدائهم». حظيت وجهات نظر كهذه باستمرارية غير مرجحة وقد تكررت أو ترددت أصداؤها حتى نهاية القرن التاسع عشر تقريباً.

وبنحو غير مفاجئ، قوبلت شتائم كهذه باستياء في أمريكا. وقد قام توماس جيفرسون برد غاضب (وإذا لم يفهم سياقها فإنه كان محيراً أيضاً) في ملاحظات عن ولاية فرجينية، وأقنع صديقه الذي من مهمبشير الجنرال جون سوليفان بإرسال عشرين جندياً إلى الغابات الشمالية للعثور على بلموظ؛ كي يُقدم لبفون برهاناً على قوة وهيبة رباعيات الأرجل في أمريكا. وبحث رجلان لمدة أسبوعين للعثور على شيء مناسب. وحين أطلقت النار على البلموظ كان يفتقر لسوء الحظ لقرنين مهيبيين وصفهما جيفرسون، ولكن سوليفان أحضر عن دراية قرني ذبيحة من إلكة أو آيل مقترحاً إرسالهما بدلاً من البلموظ. فمن في فرنسا سيعرف في النهاية؟

في غضون ذلك، بدأ علماء الطبيعة في فيلادلفيا مدينة ويسترن بجمع عظام مخلوق ضخمة يشبه الفيل عُرف في البداية باسم «المجهول الأمريكي العظيم»، ولكنه سُمي فيما بعد - ولكن ليس بنحو صحيح - الماموث. واكتُشفت العظام الأولى في مكان يدعى بيغ بون ليك في كنتكي، ولكن في الحال كانت تظهر عظام أخرى الأنحاء جميعها. وتبين أن أمريكا كانت مرة موطن مخلوق قوي حقاً؛ مخلوق سيبتل بالتأكيد سجلات بفون الغالية الحمقاء.

وفي محاولاتهم لشرح ضخامة ووحشية الحيوان المجهول تبين أن علماء الطبيعة الأميركيين أمعنوا في الشطح. فقد ضخّموا حجمه ستة أضعاف ومنحوه مخالب مخيفة، التي هي في الحقيقة لميغالونيكس Megalonyx أو حيوان أرضي ضخم يُدعى الكسلان، عُثر عليه في الجوار. ومن اللافت أنهم أقتنعوا أنفسهم أن الحيوان

يتمتع «برشاقة النمر ووحشيته»، وصوروه في رسوم وهو ينقض برشاقة السنور على الفريسة من فوق الجلاميد. وحين اكتشفت الأنياب، وُضعت قسراً في رأس الحيوان بعدد من الطرق المبتكرة. وقام أحدهم بتثبيت الأنياب مقلوبة، مثل القط مسيف الأنياب، مما منحه مظهراً عدوانياً بنحو مرضٍ. ورتّب آخر الأنياب بحيث إنّها التوت إلى الخلف بحسب النظرية القائلة بأن المخلوق كان مائئياً واستخدمها، كي يرسو على الأشجار حين يكون نائماً. وكان الاعتبار الأكثر ارتباطاً بالحيوان المجهول هو أنه تبين أنه منقرض، وكانت هذه حقيقة تمسك بها بفون بمرح كبرهان على طبيعته المنحطة غير القابلة للجدل.

توفي بفون في عام 1788، ولكن الجدل استمر. ففي 1795 شقت عظام مختارة طريقها إلى باريس، حيث فحصها النجم الصاعد لعلم الإحاثة، الشاب الأرستقراطي جورج كوفييه Georges Cuvier. كان كوفييه يدهش الناس نظراً لعبقريته في تحويل أكوام العظام المتناثرة إلى أشكال. قال: إنه يستطيع وصف منظر وطبيعة حيوان من سن واحد أو قطعة من الفك، وغالباً ما يسمي النوع والجنس في الصفة. مدركاً أنه لم يفكر أحد في أمريكة بتأليف وصف رسمي للوحش المدوّي، فعل كوفييه هذا، وهكذا أصبح مكتشفه الرسمي. وقد سمّاه المستودون* (مما يعني، بنحو غير متوقع أنه من القوارض).

ألّف كوفييه عام 1796 في المهم من الجدل، مقالة عدت معلماً عنوانها ملاحظة عن نوع الفيلة الحية والمستحاثية، التي ذكر فيها للمرة الأولى نظرية رسمية عن الانقراضات. اعتقد أنه بين مدة وأخرى تمر الأرض في كوارث كوكبية تنقرض فيها مجموعات الكائنات. وأثارت الفكرة لدى المتدينين - وكان كوفييه منهم - معاني ضمنية غير مريحة بما أنها افترضت حالة عرضية غير قابلة للتفسير من قبل العناية الإلهية. من أجل أي غاية يخلق الله الأنواع؛ كي يقضي عليها فيما بعد؟ كانت الفكرة مناقضة للإيمان بسلسلة الوجود الكبرى، التي مفادها أن العالم مرتّب بعناية وأن كل مخلوق حي داخله له مكان وهدف، وكان له هذا دائماً ودائماً سيكون له. لم يستطع

* حيوان ثديي منقرض يُعدّ السلف الأول للفيل. المترجم.

جيفرسون تحمل فكرة أن الأنواع كلها سوف يُسمح لها بالتلاشي (أو بالتطور). وهكذا حين قيل له: إنه يمكن أن يكون هناك قيمة علمية وسياسية في إرسال فريق، لاستكشاف الداخل الأميركي وراء الميسيسيبي قفز مثاراً من الفكرة، آملاً أن المغامرين الجسورين سيعثرون على قطعان من المستودونات ذات الصحة الجيدة وكائنات أخرى أكبر ترعى في السهول الخصبة. واختير سكرتير جيفرسون الشخصي وصديقه الموثوق ميريويزر لويس كقائد مشترك، مع وليم كلارك، وعالم طبيعة رئيس للبعثة. أما الشخص الذي اختير كي ينصحه بما يبحث عنه بخصوص الحيوانات الحية والميتة فلم يكن سوى كاسبار ويست.

في العام نفسه في الحقيقة، في الشهر نفسه الذي كان فيه الأرستقراطي المحتفى به كوفيه يشرح نظرياته عن الانقراض في باريس، كان هناك في الجانب الآخر من القناة الإنكليزية رجل إنكليزي امتلك فهماً عميقاً لقيمة المستحاثات، التي ستكون لها أيضاً تشعبات مستمرة. كان وليم سميث مراقب بناء شاباً في قناة سومرست كول. وفي مساء الخامس من كانون الثاني 1796، كان يجلس في نزل للمسافرين في سومرست حين أتته فكرة صنعت شهرته. من أجل تأويل الصخور لا بد من وسيلة تواشج، من أساس تستطيع وفقاً له أن تقول: إن هذه الصخور الكربونية من ديفون هي أصغر في العمر من الصخور الكمبرية في ويلز. وكان سميث يعتقد أن الإجابة تكمن في المستحاثات. فلدى كل تغير في طبقات الصخور تختفي أنواع معينة من المستحاثات، بينما تُنقل أخرى إلى مستويات لاحقة. وعبر معرفة الأنواع التي ظهرت في الطبقات المختلفة، بوسعك استنتاج الأعمار النسبية للصخور أينما ظهرت. معتمداً على معرفته كما سح، بدأ سميث فوراً وضع خريطة لطبقات الصخور في بريطانيا، التي نُشرت بعد محاكمات عديدة في 1815، وصارت حجر زاوية للجيولوجيا الحديثة. (وقد رويت القصة بنحو شامل في كتاب سيمون وينشستر المشهور الخريطة التي غيرت العالم).

ولسوء الحظ - بعد أن قام باكتشافه - كان سميث غير مهتم بنحو يثير الفضول بفهم لماذا الصخور موضوعة في الوضعية التي هي فيها. «لقد تركت التساؤل عن

أصل طبقات الصخور، وأرضيت نفسي بمعرفة أنها هكذا»، كما قال: «إن اللماذات والأسئلة عن الأمكنة (عمّ، ممّ) ليست ضمن مجال ماسح معادن».

زاد اكتشاف سميث بخصوص طبقات الصخور من الارتباك الأخلاقي بخصوص الانقراضات. فقد أكد أن الله يقضي على الكائنات ليس بالمصادفة وإنما بنحو متكرّر. وجعله هذا يبدو ليس غير مكترث بقدر ما هو عدواني. وجعل هذا من الضروري بنحو غير ملائم شرح لماذا تنقرض بعض الأنواع بينما تستمر أخرى دهوراً متعاقبة. ومن الواضح أن الانقراضات تنطوي على أكثر مما يمكن أن يفسّره طوفان نوحٍ واحد، كما كانت القصة التوراتية معروفة. حلّ كوفيه المسألة بطريقة أرضته، مقترحاً أن سفر التكوين لا ينطبق إلا على الطوفان الأحداث. وتبيّن أن الله لم يرغب بأن يضلّ أو يربع موسى بأنباء عن انقراضات أولى سابقة لا علاقة لها بالموضوع.

وهكذا - في السنوات الأولى من القرن التاسع عشر - حظيت المستحاثات بأهمية معينة لا يمكن الهرب منها، مما جعل إخفاق (ويستر) في اكتشاف أهمية عظم الديناصور ينطوي على ما هو أكثر من الحظ السيئ. وفجأة بدأت العظام تظهر في جميع الأمكنة. وسنحت عدة فرص جديدة للأميركيين كي يزعموا أنهم من اكتشف الديناصورات، ولكنها ضيّعت كلها. وفي عام 1806 مرت بعثة لويس وكларك في هيل كريك فورميشن في مونتانا، وهي منطقة كان يسير فيها صيادو المستحاثات فوق الديناصورات فيما بعد، فحصوا ما كان بوضوح عظام ديناصورات منطمرة في الصخور ولكنهم فشلوا في الاستفادة منها. وعُثر على عظام وآثار أقدام مستحاثية أخرى في وادي نهر كنيكتيكت في نيويورك، بعد أن قام فتى مزرعة يدعى بليونس مودي باكتشاف آثار قديمة على سلسلة صخرية في ساوث هادلي، وماساتشوسيتس. بقيت بعض هذه العظام - ولا سيما عظام الأنكسيصوروس Anchisaurus - ضمن المجموعة الخاصة بمتحف بيبودي في بيل. وكانت العظام التي اكتشفت في 1818، عظام الديناصورات الأولى التي فُحصت وأنقذت، ولكن لسوء الحظ لم تُعرف هويتها إلى عام 1855. وفي ذلك العام نفسه، 1818، توفي كاسبار ويستر، ولكنه حظي بخلود معين غير متوقّع حين سمّي عالم نبات يُدعى توماس نوتال شجيرة متسلّقة باسمه. وما يزال بعض النباتيين المتمسكين بالأعراف يصرون على لفظها كآلاتي: وستاريا.

في ذلك الوقت - على أي حال - انتقل زخم علم الإحاثة إلى إنكلترة. ففي 1812 كان هناك في لايم ريجيس على ساحل دورسيت طفلة فائقة للعادة تُدعى ماري آنغ. كانت في الحادية عشرة من عمرها، أو في الثانية أو الثالثة عشرة، كما تقول المصادر المختلفة. عثرت على مستحاثات وحش بحري غريب طوله سبعة عشر قدماً ويُعرف الآن باسم الإكصور، وكان مطموراً في الجروف المنحدرة والخطرة على طول القناة الإنكليزية.

كان هذا بدء وظيفة لافتة للنظر. وقد أمضت آنغ السنوات الخمس والثلاثين اللاحقة وهي تجمع المستحاثات، وكانت تبيعها للزوّار. (وهناك اعتقاد شائع بأنها مصدر المقولة المشهورة: «تبيع الأصداف البحرية على شاطئ البحر». وقد عثرت أيضاً على البَلْصور*، وهو واحد من أوائل وأفضل التيرودكتيلات (الزواحف المجنّحة). وبالرغم من أن أياً من هذه لم يكن ديناصوراً بالمعنى التقني، لم يكن لهذا أي معنى في ذلك الوقت بما أن الجميع لم يكونوا يعرفون ما هو الديناصور. كان يكفي الإدراك أن العالم كان فيه مرة كائنات لا تشبه بشكل واضح أي شيء يمكن أن نجده الآن.

لم يكن الأمر أن آنغ كانت جيدة في العثور على المستحاثات فحسب بالرغم من أنه لم يكن يضاهيها أحد في ذلك، وإنما كانت قادرة على انتزاعها بالرشاقة الأفضل ودون أن تتأذى. إذا حدث وسنحت لكم فرصة لزيارة قاعة الزواحف البحرية القديمة في متحف التاريخ الطبيعي في لندن، ألحّ عليكم أن تنتهزوها، إذ ما من طريقة أخرى لتقدير وزن وجمال ما أنجزته تلك الشابّة دون مساعدة من الأدوات الأكثر أساسية في ظروف مستحيلة تقريباً. وقد استغرق البَلْصور وحده عشرة أعوام من التنقيب الصبور. وبالرغم من أن آنغ كانت غير مدرّبة، إلا أنها كانت قادرة على تقديم رسوم وتوصيفات تنافسية للباحثين. ولكن بالرغم من مهارتها، كانت الاكتشافات المهمة نادرة وأمضت معظم حياتها في فقر مدقع.

سيكون من الصعب التفكير بشخص أهمل أكثر من ماري آنغ في تاريخ علم الإحاثة، ولكن كان هناك واحد قريباً من حالتها بنحوم مؤلم. كان اسمه جيديون ألجرتون مانتل وكان طبيباً ريفياً في سسيكس.

* ضرب من الزواحف البحرية المنقرضة. المترجم.

كان مانتل خليطاً هزياً مليئاً بالعيوب. كان مغروراً، ومستغرقاً في شؤونه الذاتية، ومتمزماً ومهملاً لأسرته. ولكن لم يكن هناك عالم إحاطة أكثر التزاماً منه. كان محظوظاً بامتلاكه لزوجته مخلصه ومتنبهة. ففي 1822 -وبينما كان يقوم بزيارة منزلية إلى مريض في ريف سسيكس- ذهبت السيدة مانتل في نزهة في زقاق في الجوار وعثرت في كومة من الحطام -تركت لل حفرة في الطريق- على شيء مثير للفضول. كان حجراً بنياً ملتويًا، بحجم جوزة. ولأنها تعرف اهتمام زوجها بالمستحاثات، وظنت أنها يمكن أن تكون هذه واحدة منها، أخذتها إليه. عرف مانتل على الفور أنه سنّ مستحاثي، وبعد قليل من الدراسة تأكد أنه من حيوان آكل للعشب وزاحف وضخم جداً طوله عشرة أقدام وهو من العصر الطباشيري. وكان مصيباً في جميع التفاصيل، ولكن هذه كانت استنتاجات جسورة بما أنه لا شيء من هذا القبيل شوهد أو تم تصوّره من قبل.

مدرّكاً أن اكتشافه سوف يقلب رأساً على عقب ما فهم عن الماضي، وبعد أن حثّه صديقه الموقر (وليم بكلاند) الجامعي الذي يملك ميلاً تجريبياً أن يواصل بحذر، كرّس (مانتل) ثلاث سنوات مؤلمة؛ بحثاً عن الدليل لدعم استنتاجاته. أرسل السن إلى (كوفيه) في باريس التماساً لرأيه، ولكن الفرنسي العظيم عدّه سنّاً من فرس نهر. (اعتذر كوفيه فيما بعد بلباقة من أجل هذا الخطأ الفادح). في أحد الأيام -وبينما كان يقوم بالبحث في متحف هنتريان في لندن- دخل مانتل في حديث مع زميل في البحث أخبره أن السن يبدو شبيهاً بأسنان الحيوانات التي كان يدرسها، وهي الإغوانات الأميركية الجنوبية. وأكدت مقارنة سريعة التشابه. وهكذا أصبح مخلوق مانتل هو الإغواندون (ديناصور ضخم عاشب)، على اسم عظامه استوائية لا يمت إليها بأي صلة.

حضر مانتل كلمة كي يلقبها في الجمعية الملكية. ولسوء الحظ، تبين أنه تم اكتشاف ديناصور آخر في مقلع للحجارة في أوكسفوردشير، وقد وُصف لتوه رسمياً من قبل الموقر بكلاند، الرجل نفسه الذي حثّه على ألا يعمل بسرعة. كان الميغالوصوروس megalosaurus، وقد اقترح الاسم بالفعل على بكلاند من قبل صديقه الدكتور جيمس

باركنسون، الراديكالي المدّعي، الذي يُنسب إليه مرض باركنسون. ويمكن تذكر أن بكلاند، كان قبل أي شيء آخر عالم جيولوجيا، وقد أظهر ذلك في عمله على الميغالوصوروس megalosaurus. وفي تقريره لمحاضر جلسات الجمعية الجيولوجية في لندن قال: إن أسنان الكائن ليست مركبة مباشرة على عظم فكّه، كما في العظايات، ولكنها موضوعة في تجاويف، على طريقة التماسيح. ولكن بالرغم من أنه لاحظ ذلك كثيراً، أخفق بكلاند في إدراك ما كان يعنيه: أعني أن الميغالوصوروس كان نمطاً جديداً تماماً من المخلوقات. وهكذا فإن اكتشاف خط الكائنات القديم صار من حظ بكلاند بالرغم من أن مانتل يستحقه أكثر منه.

غير مدرك أن الخيبة ستظل سمة مستمرة في حياته، واصل مانتل بحثه عن المستحاثات وعثر على عملاق آخر، يدعى الهاليليوصوروس hylaeosaurus، عام 1833. واشترى مستحاثات أخرى من الحجارين والمزارعين إلى أن صار لديه ربما أكبر مجموعة من المستحاثات في بريطانيا. كان مانتل طبيباً ممتازاً وصيّاد عظام موهوباً، ولكن لم يكن قادراً على دعم الموهبتين. وبينما نما هوسه بالجمع، أهمل ممارسته الطبية. وفي الحال ملأت المستحاثات منزله كله في برايتون واستهلكت معظم دخله. وذهب جزء لا بأس به من دخله المتبقي إلى تمويل نشر كتب لم تكثرث بها سوى قلّة. وقد باع كتاب توضيحات عن جيولوجيا سسيكس، الذي طُبِع في 1827 خمسين نسخة وجعله يخسر 300 باوند وكان هذا مبلغاً يُحسب حسابه في تلك الأزمنة.

وفي حالة من اليأس خطرت لمانتل فكرة تحويل منزله إلى متحف يتقاضى أجراً مقابل دخوله، ثم أدرك متأخراً أن عملاً مرتزقاً كهذا سيدمر مركزه بوصفه سيّداً، ناهيك عن مركزه باعتباره عالماً. وهكذا سمح للناس أن يزوروا المنزل مجاناً. جاؤوا بالمئات، أسبوعاً بعد آخر، مقاطعين مهنته وحياته المنزلية. في النهاية أُجبر على بيع معظم مجموعته؛ كي يسدّد ديونه. بعد ذلك حالاً، هجرته زوجته آخذة معها أبناءه الأربعة. ومن اللافت أن مشكلاته كانت تبدأ فحسب.

في مقاطعة سندهم في جنوب لندن، وفي مكان يُدعى كريستال بالاس بارك، ينتصب مشهد غريب ومنسيّ: نماذج لديناصورات بحجمها الطبيعي. لا يسافر كثير

من الناس إلى هناك هذه الأيام، ولكن كان هذا المكان مرة الأكثر جاذبية في لندن. وكما قال رتشارد فورتى: كان أول حديقة ملاء موضوعية في العالم. غير أن تفاصيل كثيرة في النماذج غير صحيحة. فقد وُضع إبهام الإغواندون على أنفه، على أنه نوع من الرزة، وينتصب على أربع أرجل قويّة، مما جعله يبدو ككلب ضخّم ومفرط النمو. (في الحقيقة لم يكن الإغواندون يدبُّ على أربع أرجل، وإنما كان ثنائي القدمين). فإذا ما نظرت إليها اليوم من النادر أن تخمّن أن هذه الوحوش الغريبة التي تتحرك بتثاقل يمكن أن تسبب حقداً كبيراً ومرارة، ولكنها فعلت. ربما لا شيء في التاريخ الطبيعي كان في مركز أحقاد أشد قوة، واستمرارية أكثر من الوحوش القديمة المعروفة باسم الديناصورات.

وفي وقت بناء الديناصورات، كانت (سندهم) على حافة لندن وعدت حديقتهما الفسيحة مكاناً مثالياً لإعادة بناء قصر الكريستال المثالي، البناء المؤلف من الزجاج وحديد الزهر الذي كان واسطة العقد في المعرض الكبير عام 1851، الذي أخذت منه الحديقة اسمها بنحو طبيعي. وشكّلت الديناصورات التي بُنيت من الإسمنت نوعاً من الجاذبية الإضافية. وفي مساء عيد رأس السنة عام 1853 أعد عشاء لواحد وعشرين عالماً بارزاً داخل الإغواندون غير المنتهي. وإن جديون مانتل - الرجل الذي اكتشف وعرف الإغواندون - لم يكن بينهم. وكان الشخص الذي على رأس المائدة النجم الأعظم لعلم الإحاثة الفتى، كان اسمه رتشارد أوين وفي ذلك الوقت كان قد خصص عدة أعوام مثمرة في جعل حياة (جديون مانتل) جحيماً.

ترعرع أوين في لانكستر، في شمال إنكلترة، حيث تدرّب على الطب. كان عالم تشريح بالولادة ومخلصاً لدراساته، بحيث إنّه أحياناً كان يستعير بنحو غير شرعي أعضاء من الجثث، ويأخذها إلى المنزل؛ كي يشرّحها من أجل اللهو. مرة، بينما كان يحمل كيساً فيه رأس بحار إفريقي انزلق أوين على حصى الرصيف المبللة، وراقب بهلع الرأس وهو يقفز بعيداً عنه في الزقاق ويدخل الباب المفتوح لكوخ، حيث استقر في الردهة الأمامية. ويمكن تصوّر ما سيقوله أصحاب المنزل لدى رؤية رأس مقطوع تدحرج وتوقف عند أقدامهم. يفترض المرء أنهم لم يشكّلوا أي استنتاجات مرعبة

مقدماً، بعد لحظة اندفع إلى الداخل شاب بدا مذعوراً، استرد الرأس دون أن يتفوه بكلمة وخرج مسرعاً.

في 1825، وفي سن الحادية والعشرين فحسب، انتقل أوين إلى لندن وانشغل في الحال بعد ذلك مع الكلية الملكية للجراحين؛ كي يساعد في تنظيم مجموعاتهم الكبيرة ولكن غير المنسقة من العيّنات الطبية والتشريحية. وقد ترك معظمها للمؤسسة جون هنتر؛ الجراح المميّز والجامع الذي لا يكلّ للأشياء الطبية الغريبة، ولكنها لم تُجدول أبداً أو تُنظّم، ويعود السبب في ذلك إلى أن العمل الورقي الذي يشرح أهمية كل منها ضاع بعد وفاة هنتر.

برز أوين بسرعة بسبب قواه في التنظيم والاستنتاج. وفي الوقت نفسه بين أنه عالم تشريح لا نظير له، يمتلك غرائز لإعادة البناء مساوية تقريباً لكوفيه العظيم في باريس. وصار خبيراً في تشريح الحيوانات بحيث مُنح حق الشُّقعة* في البداية عن أي حيوان ينفق في حدائق الحيوانات في لندن، وكان يرسل إلى منزله كي يفحصه. ومرة عادت زوجته إلى المنزل فشاهدت كركدناً نافقاً يملأ الصالة. وصار أوين بسرعة خبيراً بارزاً في جميع أنواع الحيوانات الحية والمنقرضة، من خلود الماء، وقنافذ النمل وجرايئات مكتشفة حديثاً إلى طيور الدودو سيئة الحظ والطيور العملاقة المنقرضة التي تدعى الموة التي طافت في نيوزلندا إلى أن قضى عليها الماووريون**. كان أوين أوّل من وصف الطائر الأوّلّي (الأركيوبتركس) بعد اكتشافه في بافاريا في 1861، وأوّل من كتب مرثية رسمية لطائر الدودو. وقد ألّف قريباً من ست مئة بحث في التشريح، وكانت هذه محصلة غزيرة.

ولكن أوين يُذكر بسبب عمله مع الديناصورات. وقد نحت مصطلح ديناصوريا dinsauria عام 1841. وتعني «الزاحف المروعة»، وكان هذا اسماً غير ملائم بنحو غريب. إن الديناصورات كما نعرفها اليوم لم تكن كلها مروعة: فبعضها لم يكن أكبر من الأرانب، وعلى الأرجح كانت منطوية بنحو كبير، والشيء الوحيد الذي لم تكنه

* حق قبول شيء أو رفضه قبل عرضه على الآخرين. المترجم.

** سكان نيوزلندا الأصليون. المترجم.

بنحو مؤكد هو العظايات، التي هي بالفعل من نسب أقدم (بثلاثين مليون عام). كان أوين يعرف جيداً أن الكائنات من الزواحف وكان تحت تصرفه كلمة يونانية جيدة herpeton، ولكنه اختار لأحد الأسباب ألا يستخدمها. والخطأ الآخر الأكثر قابلية للعدر (بسبب ندرة العينات آنذاك) كان فشله في أن ينتبه إلى أن الديناصورات لا تشكل نسقاً واحداً من الزواحف، بل اثنتين: وهي الزواحف الطائرة والعظاءات.

لم يكن أوين شخصاً جذاباً في مظهره أو مزاجه. وتكشف صورة له حين كان في منتصف العمر أنه كان كئيباً وشريراً، كالوغد في ميلودراما فكتورية، بشعر طويل سبطٍ وعينين منتفختين، كان وجهه يخيف الأطفال. وقد كان بارداً ومتغطرساً، وكان دون وازع في تعزيز طموحه. وكان الشخص الوحيد الذي عُرف أن تشارلز دارون لا يطيقه. وحتى ابن أوين (الذي انتحر فيما بعد) شكّا من «برودة قلب والده».

ولكن مواهبه الفذة كونه عالم تشريح سمحت له بأن يمر بأكثر الأكاذيب صفاقة. ففي 1857 كان عالم الطبيعة ت.ه. هكسلي يقلب في طبعة جديدة من دليل تشرشل الطبي، فانتبه إلى أن أوين مسجّل كبروفسور في التشريح المقارن والفسولوجيا في المدرسة الحكومية في ماينز، مما أدهش هكسلي بما أنه كان هذا هو المنصب الذي يشغله هو. ولدى التحقق من كيفية ارتكاب تشرشل لهذا الخطأ الجوهري، قيل له: إنهم حصلوا على المعلومات من الدكتور أوين نفسه. كان هناك عالم طبيعة زميل يدعى هيو فالكونر أمسك بأوين وهو يقتنص التكريم من أجل أحد اكتشافاته. واتهمه آخرون باستعارة عينات، ثم إنكار ذلك فيما بعد. وقد دخل أوين في نزاع مرير مع طبيب أسنان الملكة حول استحقاق نظرية تتعلق بفسولوجيا الأسنان.

لم يتردد أوين في اضطهاد أولئك الذين كرههم. وباكراً في مهنته استخدم نفوذه في الجمعية الحيوانية؛ كي يطرد شاباً يدعى روبرت جرانت، الذي كانت جريمته الوحيدة أنه أظهر وعداً بأن يصبح عالم تشريح. ودُهِش جرانت حين اكتشف فجأة أنه مُنِع من الحصول على العينات التشريحية التي يحتاج إليها للقيام بأبحاثه. فلم يقدر على مواصلة عمله، ودخل في إحباط غامض قابل للفهم.

لم يعانِ أحد مثل (جيدون مانتل) سيئَ الحظ والمأساوي من مجاملات أوين غير اللطيفة. فبعد أن فقد زوجته وأبناءه ومهنته الطبية ومعظم مجموعته من المستحاثات، انتقل مانتل إلى لندن. وهناك، في عام 1841؛ العام المشؤوم الذي أنجز فيه أوين مجده الأعظم لتسمية وتحديد الديناصورات، تعرض مانتل لحادث مروع. فبينما كان يعبر (كلابهم كومون) في عربة سقط من مقعده، وعلق بالأعنة وجُرَّ بسرعة على الأرض الوعرة من قبل الأحصنة المسعورة. وقد تركه الحادث محنياً ومشلولاً وفي ألم مزمن، بعمود فقري مخرب لا يعالج.

انطلق أوين مستثمراً حالة مانتل الضعيفة، بشكل منهجي؛ كي يحذف إسهاماته من السجل، ويعيد تسمية الأنواع التي سماها مانتل قبل سنوات ويدعي حق اكتشافها لنفسه. واصل مانتل القيام بالبحث الأصيل، ولكن أوين استخدم نفوذه في الجمعية الملكية لضمان رفض معظم أبحاثه. وفي 1852 انتحر مانتل غير قادر على تحمل المزيد من الألم أو الاضطهاد، أُزيل عموده الفقري المشوّ وأرسل إلى الجمعية الملكية للجراحين حيث -وهنا مفارقة لكم- وُضع في رعاية رتشارد أوين؛ مدير متحف هنريان في الكلية.

لكن الإهانات لم تنته تماماً. حالاً بعد وفاة مانتل، ظهرت نعرة شريرة بنحو لافِت في ليتراي جازيت، صُوِّر فيها مانتل عالمٌ تشريح عادي، اقتصرت إسهاماته المتواضعة في علم الإحاثة على «حاجة إلى المعرفة الدقيقة». وقد أزال في النعوة حتى اكتشاف الإغوادون من أعماله، ومنحه بدلاً من ذلك لكوفيه وأوين، من بين آخرين. وبالرغم من أن المادة لم تُذيل باسم الكاتب إلا أن الأسلوب كان أسلوب أوين، ولم يشك أي شخص في عالم العلوم الطبيعية بالمؤلف.

في هذه المرحلة -على أي حال- بدأت انتهاكات أوين تؤثر عليه. وبدأ سقوطه حين قررت لجنة الجمعية الملكية التي كان رئيسها أن تمنحه جائزتها الأعلى، وهي الوسام الملكي، من أجل بحث كتبه عن حيوان رخويّ يُدعى السّيجارية؛ وهي محارة متجسّرة أشبه بالسيجار. وكما تقول ديوراه كادبري في كتابها الممتاز الذي يؤرخ لتلك المدة بعنوان «الزاحف المروع»: «على أي حال لم يكن هذا البحث أصيلاً». وتبيّن

أن السيجارية قد اكتُشفت قبل أربع سنوات على يد عالم طبيعي يدعى تشانتج بيرس، وقد أذيع الاكتشاف بشكل كامل في اجتماع للجمعية الجيولوجية. كان أوين حاضراً في ذلك الاجتماع، لكنه امتنع عن ذكر ذلك حين قدّم تقريراً إلى الجمعية الملكية، وأعاد فيه - بشكل مقصود - تسمية الكائن باسم سيجارية أوين *belemnites Owenii* مانحاً لنفسه شرف الاكتشاف. وبالرغم من أنه سُمح لأوين بالاحتفاظ بالوسام الملكي، فإن الحادثة لطّخت سمعته بشكل دائم، حتى بين داعميه المتبقيين.

أخيراً نجح هكسلي في أن يفعل لأوين ما فعله أوين مع كثيرين آخرين: جعلهم يصوّتون على طرده من مجالس الجمعيات الحيوانية والملكية. وكي يتوجّ العقوبة أصبح هكسلي الأستاذ الجديد في الكلية الملكية للجراحين.

لم يقم أوين بعد ذلك بأي أبحاث مهمة، ولكنه كرّس النصف الأخير من حياته العملية من أجل إنجاز واحد يعلو على النقد والاعتراض، يمكن أن نكون جميعنا ممتنين له من أجله. ففي 1856 صار رئيس قسم التاريخ الطبيعي في المتحف البريطاني، وصار القوة المحركة وراء إنشاء متحف التاريخ الطبيعي في لندن. إن ذلك المجمع المهيّب والجميل والقوطي في ساوث كنسنگتون، افتُتح عام 1880، ويشهد بشكل كامل على رؤيته.

قَبْلَ أوين، كانت المتاحف مصمّمة لاستخدام وتثقيف النخبة، وكانوا يجدون صعوبة في الدخول إليها. وفي الأيام الأولى للمتحف البريطاني، كان على الزوار المحتملين أن يقدّموا طلباً مكتوباً، ويخضعوا لمقابلة موجزة لتحديد إن كانوا ملائمين؛ كي يسمح لهم بالدخول. ثم كان عليهم أن يعودوا مرة ثانية كي يأخذوا بطاقة هذا، إذا نجحوا في المقابلة ثم يأتون مرة ثالثة للنظر إلى كنوز المتحف. حتى آنذاك كانوا يتجولون في جماعات ولا يُسمح لهم بالتريّث. كانت خطة أوين هي الترحيب بالجميع، إلى درجة تشجيع الموظّفين على الزيارة في الليل، وتخصيص معظم مساحة المتحف للعروض الشعبية. واقترح - على نحو جذري - أن يضع لصقات تحتوي على معلومات في كل مادة معروضة؛ كي يستطيع الناس معرفة ما يشاهدونه. ولكن على نحو غير متوقّع، عارضه في ذلك ت.ه. هكسلي، الذي اعتقد أن المتاحف يجب أن تكون مؤسسات بحث

في الدرجة الأولى. وبتحويل متحف العلوم الطبيعية إلى مؤسسة للجميع، حوّل أوين توقّعاتنا حول هدف المتاحف.

مع ذلك، إن إثارة للبشر لم يحرفه عامة عن المزيد من الخصومات الشخصية. وكانت آخر أفعاله الرسمية هي حشد الدعم ضد اقتراح لتشديد تمثال في ذكرى تشارلز دارون. لكنه أخفق في ذلك، بالرغم من أنه حقّق انتصاراً متأخراً غير مقصود. واليوم يقوم تمثاله بإطلالة متقنة من سلّم القاعة الرئيسة لمتحف العلوم الطبيعية، بينما وُضع تمثالا دارون وهكسلي لسبب غامض نوعاً ما في مقهى المتحف، حيث ينظران بجديّة فوق بشر يشربون الشاي ويأكلون الكعك المحلّى.

سيكون من المعقول افتراض أن خصومات روبرت أوين التافهة تشرح الأهمية المنخفضة لعلم الإحاثة في القرن التاسع عشر، ولكن الأسوأ، جاء هذه المرة من وراء البحار. ففي أمريكا، وفي العقود الأخيرة للقرن نشأت خصومة أكثر سميّة - هذا إن لم تكن أكثر تدميراً - بين رجلين غربيين لا يرحمان هما إدوارد درينكر كوب وأوثنييل تشارلز مارش.

كانا يشتركان في أمور كثيرة. كلاهما كان مُفسداً من الدلال، ومقوداً، وأنانياً، وميلاً إلى النزاع، وفاقداً للثقة، وغيوراً غير سعيد ودائماً. وتبادلا فيما بينهما عالم علم الإحاثة.

بدأ اصدقين معجبين ببعضهما بعضاً، وكان يسميان عيّات المستحاثات باسميهما، وأمضيا أسبوعاً ممتعاً سوية في عام 1868. على أي حال، حدث خطأ ما بينهما لا أحد متأكد ما هو وفي العام الآتي نشأت بينهما عداوة تحوّلت إلى حقد استهلك ما في العقود الثلاثة اللاحقة. إنه لآمن من الأرجح القول: إنه لم يكن هناك اثنان في العلوم الطبيعية احتقرا بعضهما بعضاً أكثر منهما.

كان مارش - الأكبر بثمانية أعوام - شخصاً منغزلاً وقارئاً، لحيته مشدّبة وأنيق، وكان يمضي وقتاً قليلاً في العمل الميداني، ونادراً ما كان جيداً جداً في العثور على أشياء حين يكون هناك. ففي زيارة إلى حقول الديناصورات المشهورة كومو بلوف، في ويومنج، لم يرَ العظام التي كانت - كما عبّر أحد المؤرخين - «تتناثر في كل مكان كالحطب». ولكن

كان لديه المال لشراء أي شيء يريده تقريباً. وبالرغم من أنه جاء من خلفية متواضعة كان والده مزارعاً في الجزء الشمالي من نيويورك، فقد كان عمه الغني الكبير والممول المسرف جورج بيبودي. وحين أظهر مارش ميلاً إلى التاريخ الطبيعي، بنى له بيبودي متحفاً في بيل وقدم له تمويلاً كافياً؛ كي يملأه بكل ما يهواه.

ولد كوب مباشرة في جو غني كان والده رجل أعمال غنياً من فيلادلفيا، وكان الأكثر ميلاً بين الاثنين إلى المغامرة. ففي صيف 1876 في مونتانا، بينما كان جورج أرمسترونغ كستر وقواته يقتلون في ليتل بيك هورن، كان كوب يبحث عن العظام الجوار. وحين قيل له: إن هذا ليس الوقت الأفضل لأخذ الكنوز من الأراضي الهندية، فكّر كوب للحظة وقرر أن يتابع بأي حال. كان يمر في موسم جيد جداً. فقد صادف فريقاً من هنود الكراو المثيرين للريبة، ولكنه نجح في ربحهم بإخراجه المتكرر لطقم أسنانه وإدخاله.

بعد عقد تقريباً، أخذت كراهية مارش وكوب المتبادلة شكل التعريض الصامت، ولكن في عام 1877 حلقت إلى ذروات جديدة. في ذلك العام عثر مدرس من كولورادو يدعى آرثر ليكس على عظام قرب موريسون بينما كان يتنزه مع صديق. وبعد أن عرف أن العظام هي لـ«زاحف عملاق» أرسل ليكس بعد تفكير عيّنات منها إلى مارش وكوب. أرسل كوب المسرور 100 دولار إلى ليكس؛ لقاء أتعابه، وطلب منه ألا يخبر أحداً عن الاكتشاف، وخاصة مارش. طلب ليكس مشوشاً، من مارش أن يرسل العظام إلى كوب. فعل مارش هذا، ولكن هذه كانت إهانة لن ينساها أبداً.

حدد هذا أيضاً بداية حرب بين الاثنين صارت مريرة بنحو متزايد، وماكرة وسخيفة في غالب الأحيان. وقد انحدرت مرة إلى مستوى أن حفّاري أحد الفريقين كانوا يرمون الصخور على حفّاري الفريق الآخر. وقد قبّض على كوب مرة وهو يسرق معلومات من الصناديق المفتوحة التي يملكها مارش. وقد أهاانا بعضهما في مؤلفاتهما وازدريا مكتشفات بعضهما بعضاً. نادراً ما دُفع العلم بسرعة ونجاح أكبر من قبل العداوة. ففي السنوات العديدة اللاحقة زاد الاثنان من عدد أنواع الديناصورات المعروفة في أمريكا من تسعة إلى مئة وخمسين تقريباً. وقد عثرا تقريباً على جميع الديناصورات

التي يعرفها الإنسان العادي، عثرا على الأسطفوروس، والبرونتوصور، والديلودوكوس، وثلاثي القرون*. ولسوء الحظ عملاً بسرعة طائشة، بحيث إنهما أخفقا في غالب الأحيان في ملاحظة أن اكتشافاً جديداً كان معروفاً في السابق. ونجحا سوية في «اكتشاف» نوع يُدعى *Uintatheres anceps* ليس أقل من اثنتين وعشرين مرة. استغرق الأمر سنوات لحل بعض أخطاء التصنيف التي ارتكباها. وبعضها لم يحل بعد.

كان تراث كوب العلمي أكثر أهمية من تراث مارش. فقد ألف طوال حياة مهنية مجهدة ساحرة نحو 1400 بحث علمي ووصف تقريباً 1300 نوع من المستحاثات (من جميع الأنواع، وليس الديناصورات فقط). وكان هذا أكثر من ضعفي محصلة مارش في كلتا الحالتين. كان من الممكن أن يفعل كوب أكثر من ذلك، ولكن لسوء الحظ انحدر بشكل متهور في سنواته الأخيرة. بعد أن ورث ثروة في 1875، استثمر دون حكمة في الفضة وخسر كل شيء. وانتهى به الأمر إلى الحياة في غرفة واحدة في مثنوى في فيلادلفيا، محاطاً بالكتب والأوراق والعظام. بالمقابل، انتهى الأمر بمارش إلى منزل رائع في نيو هيفن. توفّي كوب في 1897، ومات مارش بعده بعامين.

طور كوب في أعوامه الأخيرة اهتماماً آخر ممتعاً. كانت رغبته الجديدة هي أن يعلن بوصفه نموذجاً طرازياً للإنسان الحديث، أي أن تكون عظامه عينة رسمية للسلسلة البشرية. عادة يكون النموذج الطرازي لنوع ما هو أول مجموعة عظام يتم العثور عليها، وبما أنه لم توجد مجموعة أولى من عظام الإنسان الحديث، كان هناك فراغ، رغب كوب بملئه. كانت رغبة غريبة وعشبية، ولكن لا أحد يستطيع التفكير بأي أسس لمعارضته. من أجل هذه الغاية، أوصى أن تُمنح عظامه لمؤسسه ويستر؛ وهي جمعية علمية في فيلادلفيا وهبها المنحدرون من كاسبار ويستر، الذي يبدو أنه لا يمكن الهرب من تأثيره. ولسوء الحظ - بعد أن جُهِّزَت عظامه وجمعت - اكتُشف أن فيها أعراض سفلس أولية، ولهذا لن يرغب المرء بحفظها على أنها نموذج طرازي للبشر الحديثين.

أما بالنسبة للممثلين الآخرين في هذه المسرحية، فقد توفّي أوين في 1892، قبل كوب ومارش ببضع سنوات. أصيب بكلاند بالجنون وأنهى أيامه حطاماً مهذاراً في

* الاستثناء الملحوظ هو التيرانوصور الذي اكتشفه بارنوم براون في 1902.

مشفى للمجانين في كلابهم، غير بعيد عن المكان الذي تعرّض فيه مانتل للحادث الذي أدّى إلى شلله. وبقي عمود مانتل الفقري الملتوي معروضاً في متحف هنتاريان تقريباً مدة قرن قبل أن تطمسه برحمة قبلة ألمانية في البليتز. ما بقي من مجموعة مانتل بعد موته انتقل إلى أولاده ونُقل كثير منه إلى نيوزلندة من قبل ولده والتر، الذي هاجر إلى هناك في 1840. أصبح والتر مواطناً نيوزلندياً مميّزاً، وحصل في النهاية على منصب وزير الشؤون المحلية. وفي 1865 تبرّع بالعينات الرئيسة من مجموعة والده، وبينها سن الإغوادون المشهور، إلى المتحف الكولونيالي (الذي هو الآن متحف نيوزلندة) في ولونغتون، حيث بقيت هناك منذ ذلك الوقت. إن سن الإغوادون الذي بدأ الأمر كلّه والذي يُعدُّ بنحو مثير للجدل أهم سن في علم الإحاثة لم يعد معروضاً.

لم ينتهِ البحث عن الديناصورات بوفيات صيادي المستحاثات العظام في القرن التاسع عشر. فقد بدأ لتوّه إلى درجة مفاجئة. ففي عام 1898 -العام الذي يقع بين وفاة كوب ومارش- تم اكتشاف كنز هو الأعظم بين كل ما عثر عليه حتى الآن، في مكان يُدعى بون كين كواري، لا يبعد إلا عدة أميال عن أرض صيد مارش الرئيسة في كومو بلف، ويومنغ. هناك، مئات ومئات من العظام المستحاثية اكتُشفت ناتئة من التلال. كانت كثيرة جداً -في الحقيقة- بحيث إنّ أحداً ما بنى كوخاً منها ومن هنا جاء الاسم. استُخرج في الموسميين الأولين فحسب مئة ألف رطل من العظام القديمة من الموقع، وجاءت عشرات الآلاف من الأطنان الأخرى في السنوات التي أعقبت ذلك.

وفي مستهل القرن العشرين كان علماء الإحاثة يمتلكون أطناناً من العظام القديمة؛ كي يفحصوها. المشكلة هي أنهم لا يزالون يجهلون كم عمر أي من هذه العظام. والأسوأ، إن الأعمار المتفق عليها للأرض لا تستطيع أن تدعم بنحو مريح أعداد الدهور والعصور والحقب، التي احتوى عليها الماضي بوضوح. فلو كان عمر الأرض في الحقيقة فقط 20 مليون عام أو ما يقارب ذلك، كما ألح اللورد كلفن العظيم، لكانت أنظمة الكائنات القديمة كلها يجب أن تكون قد وُجدت، وانقرضت مرة ثانية عملياً في اللحظة الجيولوجية نفسها. وليس لهذا أي معنى.

فكّر علماء آخرون على غرار كلفن في المشكلة وخرجوا بنتائج عمّقت عدم اليقين فقط. وأعلن سامويل هوتون -عالم الجيولوجيا المحترم، في كلية ترينيتي في دبلن- عمراً مقدّراً للأرض وهو 2,300 مليون عام تجاوز كل ما اقترحه الجميع. حين جذب هذا انتباهه، أعاد الحساب مستخدماً المعطيات نفسها وجعل الرقم 135 مليون عام. وفكر جون جولي؛ الذي كان هو أيضاً في ترينيتي، أن يجرب فكرة إدmond هالي عن أملاح المحيط، ولكن منهجه استند إلى كثير من الافتراضات المغلوطة، بحيث لم يصل إلى نتيجة. حسب أن عمر الأرض 89 مليون عام، وهذا عمر انسجم بما يكفي مع افتراضات كلفن، ولكنه لم يكن حقيقياً لسوء الحظ.

هكذا كان التشوش بحيث إنّه عند اقتراب نهاية القرن التاسع عشر، وبحسب المصادر المتنوعة، يمكنكم أن تعرفوا أن عدد السنوات التي فصلت بيننا وبين فجر الحياة المعقّدة في العصر الكامبري كان 3 ملايين، 18 مليوناً، 600 مليون، 794 مليوناً، أو 2,4 بليون، أو عدد ما آخر داخل التسلسل. وفي أواخر 1910، جعلت أحد أكثر التقديرات احتراماً، التي قام بها الأميركي جورج بيكر، عمر الأرض 55 مليون سنة.

وحين بدت الأمور مشوشة جداً جاء رقم آخر فائقاً للعادة بمقاربة جديدة. قدم فتى مزرعة نيوزلندي ذكي ومتألق - يدعى إرنست رزرفورد - دليلاً غير قابل للدحض بأن عمر الأرض كان على الأقل مئات كثيرة من ملايين الأعوام، وربما أكثر.

وبنحو لافيت، استند دليله على الخيمياء^(*) التي كانت طبيعية، وتلقائية، وقابلة للتصديق علمياً وغير خفية بنحو كامل ولكنها كانت كيمياء. وتبيّن أن نيوتن لم يكن مخطئاً في النهاية. كيف صار هذا واضحاً بدقة هو قصة أخرى بالطبع.

* هي الكيمياء القديمة وكانت غايتها تحويل المعادن الخسيسة إلى ذهب. (المراجع).

الفصل السابع

مسائل عناصرية

غالباً ما يُقال: إن الكيمياء كعلم جدي ومحترم بدأت في 1661، حين نشر روبرت بويل من أكسفورد كتابه عالم الكيمياء الشكّاك، العمل الأول الذي ميّز بين الكيميائيين والخييميائيين، ولكن هذا كان تحولاً بطيئاً وعشوائياً في غالب الأحيان. وفي القرن الثامن عشر كان الباحثون يشعرون بالارتياح بنحو غريب في كلا المعسكرين، على غرار الألماني جوهان بيكر Johann Becher الذي ألّف عملاً رصيناً يعلو على النقد عن علم المعادن يُدعى فيزياء باطن الأرض، والذي كان متأكداً أيضاً أنه لو توافرت المواد المطلوبة لاستطاع جعل نفسه غير مرئي.

ربما لا شيء يصوّر الطبيعة الغريبة والعرضية في غالب الأحيان لعلم الكيمياء في أيامه الأولى أكثر من اكتشاف قام به ألماني يُدعى هينج براند Hennig Brand في 1675. صار براند مقتنعاً أن الذهب يمكن أن يُستخرج من البول البشري. (وبدا كأن التشابه في اللون كان عاملاً في استنتاجه). جمع خمسين دلواً من البول، وحفظه لشهور في قبوه. وعبر عمليات مبهمة متنوّعة، حوّل البول في البداية إلى عجينة كريهة ثم إلى مادة شمعية شفّافة. لم ينتج الذهب، بالطبع، ولكن حدث شيء غريب وممتع. بعد مدة، بدأت المادة بالتوهّج. فضلاً عن ذلك، حين تعرضت هذه المادة للهواء، اشتعلت على الفور.

لم يضيّع التجار المتلهفون احتمال تسويق المادة التي صارت في الحال تُعرف باسم الفوسفور، من الجذر اللاتيني واليوناني، الذي يعني «حامل الضوء» ولكن صعوبة التصنيع جعلتها مكلفة جداً. كان سعر أونصة من الفسفور ستة باوندات ربما 300 جنيه بعملة اليوم وكانت أغلى من الذهب.

في البداية، كان الجنود يُستدعون لتقديم المادّة الخام، ولكن ترتباً لهذا بالكاد كان مفضياً إلى إنتاج على المستوى الصناعي. وفي خمسينيات القرن الثامن عشر، اخترع

عالم كيمياء سويدي يُدعى كارل سكيل Carl Scheele طريقة لصناعة الفوسفور بكميات كبيرة دون تلوث أو رائحة البول. وربما بسبب إتقان صناعة الفسفور صارت السويد -وما تزال- الأولى في إنتاج أعواد الثقاب.

كان سكيل شخصاً فائقاً للعادة وسيئ الحظ بنحوفائق للعادة في آن واحد. فهذا الصيدلي المتواضع الذي لم يكن يملك سوى القليل من الأجهزة المتطورة، اكتشف ثمانية عناصر: الكلورين والفلورين والمنغنيز والباريوم والموليبدنوم، والتنغستين، والنتروجين والأوكسجين ولم يحصل على شرف اكتشاف أي منها. وفي كل حالة، إما أهملت مكتشفاته أو نُشرت بعد قيام شخص آخر بالاكتشاف نفسه بنحو مستقل. وقد اكتشف أيضاً كثيراً من المركبات المفيدة وبينها الأمونيا والجلسيرين وحمض التنيك، وكان أول من عرف الإمكانية التجارية للكلورين كمبيض، وكانت هذه كلها فتوحات جعلت بشراً آخرين أثرياء بنحو يفوق الوصف.

كان خطأ سكيل الوحيد الملحوظ هو إصراره الغريب على تذوق قليل من كل شيء عمل عليه، بما فيه مواد غير متفقة كالزئبق وحمض الهيدروسيانيك (اكتشاف آخر له)، وهو مزيج سام واسع الشهرة بحيث إن إروين شروندجر اختاره بعد 150 عاماً في تجربة فكرية مشهورة (انظر ص 190). وأخيراً أودى تهوّر سكيل به. ففي 1786 -وفي سن الثالثة والأربعين- عُثر عليه ميتاً على مقعد عمله محاطاً بحشد من المواد الكيماوية السامة، وأي منها يمكن أن يفسر النظرة المدهوشة والمهلكة على وجهه.

لو كان العالم عادلاً ويتكلم السويدية لتمتّع سكيل بشهرة كونية. وكما حدث، كانت الاحتفاءات من حظ علماء الكيمياء، وكان معظمهم من العالم الناطق بالإنكليزية. لقد اكتشف سكيل الأوكسجين في 1772، ولكن لعدة أسباب معقدة ومحطمة للقلب لم يستطع نشر أبحاثه في وقت مناسب. ذهب الشرف بدلاً من ذلك إلى جوزف بريستلي، الذي اكتشف العنصر نفسه على نحو مستقل، ولكن فيما بعد، وفي صيف عام 1774. وكان من اللافت أكثر هو عدم تلقي سكيل لشرف اكتشاف الكلورين. وما تزال جميع النصوص تقريباً تعزو اكتشاف الكلورين إلى همفري ديفي، الذي اكتشفه بالفعل، ولكن بعد ستة وثلاثين عاماً من سكيل.

وبالرغم من أن الكيمياء قد قطعت شوطاً طويلاً في القرن الذي فصل نيوتن وبويل عن سكيل وبريستلي وهنري كافندش، كان لا يزال أمامها طريق طويل. وحتى الأعوام الختامية للقرن الثامن عشر (وفي حالة بريستلي بعد ذلك بقليل) بحث العلماء في كل مكان، واعتقدوا أحياناً أنهم عثروا بالفعل على أشياء لم تكن هناك فحسب: أجواء فاسدة، وبقايا بحرية محترقة، وأحماض، وأعشاب معمرة، ونثار معادن، ومزفورات يابسية مائية، وقبل كل شيء، اللاهوب، المادة التي اعتُقد أنها العامل الفاعل في الاحتراق. وفي مكان ما في كل هذا، اعتُقد أنه تكمن أيضاً القوة الخلاقة؛ القوة التي أحييت الأشياء. لم يعرف أحد مكن هذا الجوهر الأثيري، وكان هناك شيان مرجحان: إنك تستطيع أن تحيي الشيء الميت بصدمة كهربائية (الفكرة التي استغلتها ماري شيللي من أجل نتائجها النهائية في روايتها فرانكشتاين)؛ وإنها توجد في بعض المواد ولكن ليس في أخرى، ولهذا انتهينا بفرعين من الكيمياء: العضوية (لتلك المواد التي اعتُقد أنها تحتوي عليها) واللاعضوية (لتلك التي لم تحتوِ عليها).

كانت هناك حاجة إلى شخص مبدع؛ كي يجدد الكيمياء في العصر الحديث، وكان الفرنسيون هم الذين قدّموه. كان اسمه أنطوان لوران لافوازييه. وُلد في عام 1743، وكان عضواً من النبلاء الثانويين (أمّن والده لقباً للأسرة). وفي عام 1768 اشترى حصة جيدة في مؤسسة مزدرة جداً تُدعى المزرعة العامة، كانت تجمع الضرائب والأجور لصالح الحكومة. وبالرغم من أن لافوازييه كان بحسب كل الروايات لطيفاً وغير متحيز، لم تكن المؤسسة التي عمل فيها هكذا. ذلك أنها لم تفرض الضرائب على الأغنياء بل على الفقراء، وغالباً بنحو اعتباطي. بالنسبة للافوازييه، كانت جاذبية المؤسسة هي أنها قدمت له الثروة؛ كي يواصل ملاحقة العلم الذي كرّس له حياته. في أوج عمله، كان دخله الفردي 150,000 لّيْفِر* في العام، ما يعادل ربما 12 مليون جنيه بعملة اليوم.

بعد ثلاث سنوات من الانخراط في هذه المهنة المربحة، تزوج من ابنة أحد رؤسائه التي تبلغ الرابعة عشرة من عمرها. كان الزواج اجتماعاً للعقل والقلب. كانت المدام

* وحدة نقد فرنسية قديمة. المترجم.

لافوازييه تمتلك ذكاء حاداً وصارت في الحال تعمل بنحو مثمر مع زوجها. وبالرغم من متطلبات عمله وحياته الاجتماعية المشغولة، نجح في معظم الأيام في أن يخصص خمس ساعات للعلم، اثنتين في الصباح الباكر، وثلاثاً في المساء، بالإضافة إلى يوم الأحد كله، الذي سمّاه يوم السعادة. ونوعاً ما عثر لافوازييه أيضاً على الوقت؛ كي يكون مفوّض البارود، ويشرف على بناء سور حول باريس لردع المهربين، وساعد في اكتشاف النظام المتري وشارك في تأليف منهج الترميز الكيميائي الذي صار توراة للإقرار بأسماء العناصر.

وبوصفه عضواً بارزاً في الأكاديمية الملكية للعلوم، طُلب منه أيضاً أن يهتم بطريقة فاعلة بكل ما كان ذا علاقة بالأحداث الجارية: التنويم المغناطيسي، وإصلاح السجن، وتنقّس الحشرات، وتزويد باريس بالماء. وبسبب تمتّعه بقدرات كهذه تفوّه في عام 1780 ببعض الملاحظات ضد نظرية الاحتراق الجديدة، التي قدّمها إلى الأكاديمية عالم شاب طموح ورفضها. كانت النظرية خاطئة بالفعل، ولكن العالم لم يسامحه أبداً. كان اسمه جان بول مارا Jean-Paul Marat.

كان الشيء الوحيد الذي لم يفعله لافوازييه أبداً هو اكتشاف عنصر في وقت بدا فيه أن أي شخص تقريباً لديه كوب الصيدلي، ولهب وبعض المساحيق المهمة، يستطيع أن يكتشف شيئاً جديداً. حينها، كان ثلثا العناصر دون اكتشاف وأخفق لافوازييه في اكتشاف عنصر واحد. لم يكن الأمر بالتأكيد بسبب الحاجة إلى كؤوس الصيادلة. كان لافوازييه يملك منها ثلاثة عشر ألفاً فيما كان -إلى درجة خارقة- أروع مختبر خاص في الوجود.

بدلاً من ذلك قام باكتشاف عناصر أخرى وجعلها مفهومة. رمى جانباً الفلوجستين والأجواء السامة وحدد طبيعة الأوكسجين والهيدروجين وأعطى كليهما اسميهما الحديثين. باختصار، أدخل الدقة والوضوح والمنهجية إلى الكيمياء.

جاءت أجهزته الخيالية بسهولة. شغل نفسه طيلة أربع سنوات هو وزوجته بدراسات عالية الدقة تتطلب أفضل المقاييس. حدّداً (مثلاً) أن الشيء الذي يصدأ لا يفقد

الوزن، كما افترض الجميع لوقت طويل، ولكنه يكسب وزناً: وكان هذا اكتشافاً فائقاً للعادة. حين يصدأ الشيء، فإنه يجذب جسيمات أولية من الجو. كان هذا هو الإدراك الأول بأن المادة يمكن أن تتحول لكن لا تُزال. إذا أحرقت هذا الكتاب الآن، فإن مادته ستتحول إلى رماد ودخان، ولكن الكمية الصافية للمادة في الكون ستكون نفسها. وصار هذا معروفاً باسم بقاء المادة، وقد كان هذا مفهوماً ثورياً. ولسوء الحظ، تزامن مع نمط آخر من الثورة هو الثورة الفرنسية وفي هذه كان لافوازييه في الجهة الخطأ.

لم يكن عضواً في المزرعة العامة المكروهة فحسب، وإنما بنى أيضاً بحماس السور الذي أحاط بباريس، هذا الصرح الذي كُره إلى درجة أنه كان الشيء الأول، الذي هُوجم من قبل المواطنين المتمردين. استثمر مارا هذا في 1791 وبعد أن صار صوتاً بارزاً في المجلس الوطني. شجب لافوازييه وقال: إنه لم يفت الوقت على شق لافوازييه، بعد ذلك في الحال أغلقت المزرعة العامة. ولم يمض وقت طويل على هذا حتى قُتل مارا في حمامه على يد شابة محزونة اسمها شارلوت كوردي، ولكن في هذا الوقت كان الوقت متأخراً جداً بالنسبة للافوازييه.

وفي عام 1793 وصل عهد الإرهاب الذي كان قوياً إلى أوجه. وفي تشرين الأول سيقّت ماري أنطوانيت إلى المقصلة. وفي الشهر اللاحق -وفيما كان هو وزوجته يضعان خططاً متأخرة للهرب إلى أسكتلندة- اعتُقل لافوازييه. وفي أيار مثّل هو وواحد وثلاثون زميلاً من المزرعة العامة أمام المحكمة الثورية (في قاعة محكمة يرأسها تمثال مارا الصدري). أعفي عن ثمانية ولكن لافوازييه والآخرين أُخذوا إلى ساحة الثورة (التي هي الآن ساحة الكونكورد)، وهو موقع أكثر المقاصل الفرنسية انشغالاً. راقب لافوازييه والد زوجته فيما كان رأسه يُقطع، ثم خطا إلى الأمام وقبل مصيره. بعد أقل من ثلاثة أشهر، في 27 تموز، أرسل روبسبير إلى المكان نفسه، فانتهى عهد الإرهاب بسرعة.

بعد مئة عام من موته، شُيّد تمثال للافوازييه في باريس وأعجب به الكثير إلى أن أشار أحدهم أنه لا يشبهه. ولدى التحقق، اعترف النحات أنه استخدم رأس الرياضي والفيلسوف الماركيز (دو كوندورسيت) على ما يبدو كان لديه بديل، آملاً أنه لا أحد سيلاحظ ذلك وإن لاحظ فلن يأبه. وكان محقاً في الأمر الثاني. فقد سُمح لتمثال

لافوازييه المتحد مع كوندورسيت بالبقاء في مكانه لنصف قرن آخر حتى الحرب العالمية الثانية، حين سُرق في صباح أحد الأيام، وتم تذويبه إلى خردة.

وفي أوائل الثمانينيات انتشرت في إنكلترة عادة استنشاق الأكسيد النّثري (مخدّر)، أو الغاز الضاحك، فبعد اكتشافه تم استخدامه «بحماسة عالية ومتعة كبيرة». وبقي في نصف القرن اللاحق المخدر المفضّل للشباب. ولكن هيئة علمية أخرى تدعى جمعية أسكسيان كانت مكرسة لشيء آخر. وعرضت المسارح «أمسيات الغاز الضاحك» حيث كان المتطوّعون ينعشون أنفسهم باستنشاق قوي، ثم يمتعون الجمهور بحركاتهم الكوميديّة المذهلة.

لم يكتشف أحد استخداماً عملياً للأكسيد النّثري كمخدّر حتى عام 1846. ولا أحد يعرف إلا الله كم عانت آلاف كثيرة من البشر من آلام غير ضرورية من سكين الجراح؛ لأنه لم يفكر أحد بالاستخدام العملي الأكثر وضوحاً للغاز.

أذكر هذا كي أشير إلى أن الكيمياء -بعد أن وصلت إلى هذا الحد، في القرن الثامن عشر- ضلّت سبيلها في العقود الأولى من القرن التاسع عشر، كما فعلت الجيولوجيا في الأعوام الأولى للقرن العشرين. وكان السبب هو محدودية الأجهزة لم يكن هناك -على سبيل المثال- أدوات تعمل وفقاً لمبدأ القوة النابذة حتى النصف الثاني من القرن، مما قيّد بعدّة كثيراً من أنواع التجارب وكان السبب أيضاً اجتماعياً. وإذا ما تحدثنا بصورة عامة، كانت الكيمياء علماً لرجال الأعمال، أولئك الذين عملوا في الفحم الحجري والبوتاس والأصبغة، وليس للسادة، الذين شدّوا إلى الجيولوجيا، والتاريخ الطبيعي والفيزياء. (كان هذا أقل صحة بنحو طبيعي في أوروبا القارية منه في بريطانيا، ولكن فقط بنحو ضئيل). كان أهم اكتشاف في القرن هو الحركة البراونيّة*، التي أسست الطبيعة الفاعلة للجزيئات، الذي لم يقم به كيميائيٌّ وإنما عالم نبات أسكتلندي يدعى روبرت براون. (ما لاحظته براون في 1827 هو أن حبات صغيرة من غبار الطلع المنحلة

* ظاهرة فيزيائية اكتشفها عالم النبات البريطاني روبرت براون قوامها تذبذب الجسيمات العالقة في سائل أو غاز تذبذباً سريعاً، وذلك بسبب اصطدامها بجزيئات الوسط المحيط بها. وهذه الظاهرة تُعدّ دليلاً لا يُدحض على وجود الحركة الجزيئية.

في الماء، تبقى في حركة دائمة مهما حاولت جعلها تستقر. كان سبب هذه الحركة الدائمة وأعني فعل الجزيئات اللامرئية لغزاً لوقت طويل).

يمكن أن تكون الأمور أسوأ لولا شخصية رائعة ومفاجئة تدعى الكونت فون رمفورد، الذي - بالرغم من مهابة لقبه - بدأ حياته في وبرن، ماساتشوسيتس، في 1753 باسم بنجامين تومسون البسيط. كان تومسون مندفعاً وطموحاً، «أنيق الشكل والشخصية»، وكان بين فينة وأخرى شجاعاً ومتألقاً بنحو مفرط، ولكن لم يردعه أي وازع. تزوج في سن التاسعة عشرة من أرملة تكبره بأربعة عشر عاماً، ولكن حين نشبت الثورة في المستعمرات انضم دون حكمة إلى المواليين، وتجنّس لصالحهم لبعض الوقت. وفي عام 1776 المشؤوم، كان معرضاً للاعتقال بتهمة «فقدان الحماسة في قضية الحرية»، فهجر زوجته وطفله وهرب أمام رعاع من المضادين للمواليين مسلحين بدلاء من القار الساخن، وحقائب من الريش ورغبة جدية لتزيينه بكليهما.

هرب في البداية إلى إنكلترا ثم إلى ألمانيا، حيث خدم كمستشار عسكري لحكومة بافاريا، ولأنه أثار إعجاب السلطات قلّد عام 1791 لقب الكونت فون رمفورد من الإمبراطورية الرومانية المقدسة. بينما في ميونخ صمّم أيضاً وأنشأ الحديقة المشهورة المعروفة باسم الحديقة الإنكليزية.

وفيما بين هذه الحوادث عثر نوعاً ما على الوقت كي يقوم بكمية جيدة من الأبحاث العلمية. صار المرجع الأول في العالم في الديناميكا الحرارية، وأول من فسّر مبادئ الحَمَل الحراري للسوائل ودوران تيارات المحيط. ابتكر أيضاً أشياء عديدة مفيدة، بينها جهاز تقطير لصناعة القهوة، ولباس داخلي حراري وموقد ما يزال يُعرف باسم موقد رمفورد. وفي 1805 - في أثناء إقامة مؤقتة في فرنسا - تودد إلى المدام لافوازييه وتزوَّجها، وكانت أرملة أنطوان لوران. لم ينجح الزواج وانفصلا في الحال. بقي رمفورد في فرنسا حيث وافته المنية في 1814، وقُدِّر كونياً من الجميع عدا زوجاته السابقات.

إن هدفنا من ذكره هنا هو أنه في 1799 - وفي أثناء فاصل قصير نسبياً في لندن - أسّس المؤسسة الملكية، وهي واحدة من مؤسسات علمية أخرى كثيرة ظهرت إلى الوجود

في أنحاء بريطانيا كافة في أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر. كانت لبعض الوقت المؤسسة الوحيدة تقريباً التي عززت بنحو فاعل علم الكيمياء الفتّي، ويعود الفضل في ذلك بشكل كامل إلى شاب متألق يدعى همفري ديفي، الذي عُيّن أستاذاً للكيمياء في المؤسسة بعد وقت قصير من افتتاحها، وحظي بسرعة بالشهرة كمحاضر متميّز ومجرب مثمر.

بعد أن تولّى منصبه حالاً بدأ ديفي ينتج عناصر جديدة واحداً بعد آخر البوتاسيوم، والصوديوم، والمغنيزيوم، والكالسيوم، والإسترنشيوم، والألومينوم أو الألمنيوم، وهذا يعتمد على فرع الإنكليزية الذي تفضّله*. اكتشف عناصر كثيرة ليس لأنه كان ذكياً فحسب، بل لأنه طوّر تقنية بارعة في استخدام الكهرباء على مادة مذابة، الطريقة المعروفة باسم الكهرّلة أو التحليل الكهربائي. وقد اكتشف دزينة من العناصر، شكّلت خمس العدد الكلي المعروف في زمنه. كان بوسع ديفي أن ينجز أكثر من هذا ولكن لسوء الحظ طوّر باعتباره شاباً ارتباطاً قوياً بمتع الأكسيد النتري. وقد ارتبط بهذا الغاز بحيث كان يستخدمه ثلاث أو أربع مرات في اليوم. أخيراً، في 1829، اعتقد أنه قتله.

لحسن الحظ، كانت شخصيات أكثر رصانة تعمل في أمكنة أخرى. ففي 1808 صار صاحبيُّ صارم يدعى جون دالتون الشخص الأول الذي أعلن طبيعة الذرة (وهذا تقدم سيُناقش بنحو كامل فيما بعد) وفي 1811 قام إيطالي ذو اسم أوبرالي رائع هو لورنزو رومانو أماديو كارلو أفوغادرو، كونت كوارिका وسيريتو باكتشاف سيبرهن على أنه مهم جداً على المدى الطويل، وهو أن حجمين متساويين من الغاز من أي نوع، إذا حُفظا في الضغط والحرارة نفسيهما، سيحتويان على أعداد متساوية من الجزيئات.

* إن التشوش في تهجية الألومينوم والألمنيوم يعود إلى صفة غير مميزة لعدم الحزم لدى ديفي. حين عزل العنصر لأول مرة في 1808، دعاه ألومينوم. لسبب ما فكّر بهذا بنحو أفضل وسماه الألومنيوم بعد أربع سنوات. تبنى الأميركيون مطيعين المصطلح الجديد، لكن كثيراً من البريطانيين كرهوا الكلمة، مشيرين إلى أنها تقاطع نموذج الـ ium الذي أسسه الصوديوم والكالسيوم والإسترنشيوم، وهكذا أضافوا حرفاً صائتاً وآخر ساكناً. بين إنجازاته الأخرى، اخترع ديفي أيضاً مصباح الأمان الخاص بالمعدنين.

كان هناك شيان واضحان في مبدأ أفوغادرو البسيط بشكل مغرٍ، كما صار يُعرف: أولاً: قَدِّم أساساً لقياس حجم ووزن الذرات بشكل أكثر صحة. فباستخدام رياضيات أفوغادرو، كان علماء الكيمياء في النهاية قادرين على استنتاج، (مثلاً) أن ذرة عادية لها قطر من 0.00000008 سم، وهذا قليل جداً بالفعل. وثانياً: لم يعرف أحد عنها تقريباً لخمسين سنة*.

ويعود السبب في هذا جزئياً إلى أن أفوغادرو كان شخصاً منطوياً. كان يعمل وحده، ونادراً ما يتواصل مع زملائه العلماء، لم ينشر سوى أبحاث قليلة ولم يحضر أي اجتماعات؛ لأنه لم تكن هناك اجتماعات كي يحضرها أو مجلات كيميائية كافية كي ينشر فيها. وهذا حقيقة فائقة للعادة. فقد دُفعت الثورة الصناعية بنحو كبير بتطورات في الكيمياء، وبالرغم من ذلك فإن الكيمياء كعلم منظم نادراً ما وُجدت لعقود.

لم تتأسس الجمعية الكيميائية في لندن حتى 1841 ولم تبدأ بإنتاج مجلة منتظمة حتى 1848. وفي ذلك الوقت كان عمر معظم الجمعيات العلمية في بريطانيا الجيولوجية والجغرافية والحيوانية والجنائية واللينينيوسية** (الخاصة بعلماء الطبيعة والنبات) عشرين عاماً على الأقل وفي عدة حالات أكثر بكثير. ولم تتأسس المدرسة المنافسة في الكيمياء حتى 1877، بعد عام من تأسيس الجمعية الكيميائية الأميركية. ولأن الكيمياء كانت بطيئة التنظيم، لم تنتشر الأنباء عن فتوحات أفوغادرو في 1811 حتى مؤتمر الكيمياء الأول في كارلسروهي Karlsruhe في 1860.

* قاد المبدأ فيما بعد إلى التبنّي الكثير لرقم أفوغادو، وهي وحدة قياس أساسية في الكيمياء، سميت على اسم أفوغادو بعد موته بوقت طويل. إن عدد الجزيئات التي اكتشفت في 2.016 غرام من غاز الهيدروجين (أو كمية مساوية من أي غاز آخر) وضعت قيمته في 6.0221367×10^{23} ، وهذا رقم ضخم جداً. تسلّى طلاب الكيمياء لوقت طويل بحساب كم هو رقم كبير، وهكذا أُستطيع أن أفيد أنه مساوٍ لعدد من حبات البوشار كافٍ لتغطية الولايات المتحدة كلها على عمق تسعة أميال، أو مساوٍ لأكوّاب الماء في المحيط الهادئ، أو علب مشروبات باردة، التي إذا خزنت بنحو مستوٍ، فستغطي الأرض على عمق 200 ميل. إن عدداً مساوياً من البنسات الأميركية سيكون كافياً لجعل كل شخص على الأرض بليونيراً. إنه عدد كبير.

** منسوبة إلى عالم النبات السويدي كارولوس ليننيوس أو إلى طريقته في تقسيم النباتات. المترجم.

كانت التقاليد بطيئة الظهور؛ لأن الكيميائيين عملوا طويلاً في عزلة. وحتى النصف الثاني من القرن، كانت صيغة H_2O_2 يمكن أن تعني الماء لعالم كيمياء وقد تعني بيروكسيد الهيدروجين* لآخر. كان يمكن أن تشير C_2H_4 إلى الإثيلين أو غاز الميثان. بالكاد يوجد جزيء مُثل بشكل منتظم في مكان آخر.

استخدم الكيميائيون أيضاً تنوعاً محيراً من الرموز والاختصارات، وغالباً ما كانت مبتكرة ذاتياً. فقد أدخل العالم السويدي ج.ج. برزليوس مقياساً مطلوباً جداً لترتيب المسائل قائلاً: إن العناصر تُختصر على أساس أسمائها اللاتينية واليونانية، لهذا اختصار الحديد هو FE من الكلمة اللاتينية ferrum واختصار الفضة هو AG (من الكلمة اللاتينية argentums). وبما أن كثيراً من الاختصارات الأخرى تتسجم مع أسمائها الإنكليزية (N للنيتروجين و H للهيدروجين وإلى ما هنالك) فإنها تعكس طبيعة إنكليزية لاتينية، لا طبيعتها الرفيعة. وللإشارة إلى عدد الذرات في جزيء استخدم برزليوس ترميزاً مرقوماً في الأعلى H^2O . فيما بعد -ودون سبب خاص- صارت الموضة هي التعبير عن الرقم كترميز مرقوم في الأسفل: H_2O .

وبالرغم من محاولات التنظيم بين فينة وأخرى كانت الكيمياء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر مشوشة، لهذا كان الجميع مسرورين من بروز بروفيسور مجنون وغريب المنظر في 1869 في جامعة سينت بتسبرغ يدعى ديميتري إلفانوفيتش مندلييف.

وُلد مندلييف في 1834 في توبولسك، في الغرب الأقصى من سيبيريا، لأسرة ضخمة جداً ومتعلمة جيداً ومزدهرة. كانت الأسرة كبيرة، بحيث إن التاريخ لم يعرف عددها: تقول بعض المصادر: إنه كان هناك 14 ولداً، وبعضها الآخر يقول: 17. ويتفق الجميع أن ديميتري كان أصغرهم. لم يحالف الحظ هذه العائلة دوماً. فحين كان ديميتري صغيراً أصيب والده -الذي كان مدير مدرسة- بالعمى فاضطرت أمه للذهاب إلى العمل. كانت على ما يبدو امرأة فائقة للعادة، وصارت فيما بعد مديرة لمعمل زجاج ناجح. وسارت الأمور على ما يُرام حتى عام 1848، حين احترق المعمل وحلّ الفقر بالأسرة.

* سائل ثقيل، عديم اللون والرائحة، يتألف من ذرتي هيدروجين وذرتي أوكسجين ويذوب بسرعة في الماء وفي الكحول أيضاً. المترجم.

-مصممة على تعليم ابنها الأصغر- قطعت السيدة مندلييف هي وابنها أربعة آلاف ميل إلى سان بطرسبرغ، وهذا يعادل السفر من لندن إلى غينيا الاستوائية ووضعت في مؤسسة علم أصول التدريس. ماتت بعد ذلك في الحال منهكة من جهودها.

أكمل مندلييف دراساته ومُنح في النهاية منصباً في الجامعة المحلية. صار عالم كيمياء كُفئاً ولكنه لم يكن متميزاً جداً وكان معروفاً من شعره ولحيته الفوضوية التي كان يحلقها مرة واحدة في العام، أكثر مما عُرف من مواهبه في المختبر.

على أي حال، في عام 1869 - وفي سن الخامسة والثلاثين - بدأ يتسلّى بطريقة لترتيب العناصر. في ذلك الوقت، كانت العناصر تُجمع عادة بطريقتين: إما بالوزن الذري (باستخدام مبدأ أفوغاردو) أو بالخواص الشائعة (سواء كانت معادن أو غازات، على سبيل المثال). وكان فتح مندلييف هو رؤية إن كان الاثنان يمكن جمعهما في جدول واحد.

وكما كان شائعاً في العلم، توفّع المبدأ قبل ثلاث سنوات عالم كيمياء هاوٍ في إنكلترة هو جون نيولاندز. فقد اقترح أنه حين تُرتّب العناصر بالوزن فإنها على ما يبدو تكرر مواصفات معينة بمعنى ما، كي تتناغم في كل مكان ثمانية على الميزان. دعا نيولاندز المبدأ قانون الجواب وشبه الترتيب بالنعيمات الثماني على لوح البيانو بشكل غير حكيم جزئياً، ذلك أن هذه كانت فكرة لم يحن وقتها بعد تماماً. ربما كان هناك شيء ما في شرح نيولاندز، ولكن الفكرة عدت منافية للعقل وسُخر منها على نحو واسع. ففي الاجتماعات، كان أعضاء الجمهور الأكثر سخرية يطلبون منه إحضار عناصره؛ كي يعزف لهم لحناً قصيراً. تخلى نيولاندز عن الفكرة محبطاً، وغاب عن البصر أيضاً.

استخدم مندلييف مقارنة مختلفة قليلاً، واضعاً عناصره في مجموعات سباعية، ولكنه طبق جوهرية الفرضية نفسها. فجأة بدت الفكرة متألقة وقابلة للإدراك بنحو رائع. ولأن المواصفات كررت نفسها دورياً، عُرف الابتكار باسم الجدول الدوري.

قيل: إن مندلييف ألهم من لعبة ورق تدعى السوليتير في أمريكا الشمالية والصبر في أمكنة أخرى، التي بمقتضاها ترتب الأوراق أفقياً بالنقش وعمودياً بالعدد. مستخدماً

مفهوماً مشابهاً بنحو كبير، رتب العناصر في صفوف أفقية دُعيت الدورات وفي أعمدة عمودية دُعيت المجموعات. أظهر هذا فوراً مجموعة واحدة من العلاقات حين تُقرأ إلى الأعلى والأسفل، ومجموعة أخرى حين تُقرأ من جانب إلى آخر. وبنحو محدد، إن الأعمدة العمودية تجمع سوياً مواد كيميائية لها مواصفات مشابهة. وهكذا يجلس النحاس على قمة الفضة وتجلس الفضة على قمة الذهب بسبب قرابتها كونها معادن، بينما الهليوم، والنيون والأرجون ففي فئة الغازات. (إن المحدد الفعلي الرسمي في الترتيب هو شيء يدعى تكافؤاتها الإلكترونية، وإذا أردت أن تفهمها فسيجب عليك أن تسجل في الدروس المسائية). إن الصفوف الأفقية - في غضون ذلك - ترتب المواد الكيميائية في ترتيب تصاعدي وفق عدد البروتونات في نواتها، ما يُعرف باسم عددها الذري.

سأشرح بنية الذرات وأهمية البروتونات في فصل لاحق؛ أما الآن فكل ما هو ضروري هو فهم المبدأ المنظم: الهيدروجين له بروتون واحد فقط، وهكذا فإن له العدد الذري 1 ويأتي أولاً على الجدول؛ اليورانيوم له 92 بروتوناً وهكذا فهو يقترب من النهاية وله الرقم الذري 92. بهذا المعنى - وكما أشار فيليب بويل - إن الكيمياء هي في الحقيقة مسألة إحصاء فقط. (إن الرقم الذري - بالمصادفة - يجب ألا يُخلط مع الوزن الذري، الذي هو عدد البروتونات بالإضافة إلى عدد النيوترونات في عنصر مفترض).

كان لا يزال هناك كمية كبيرة غير معروفة أو مفهومة. إن الهيدروجين هو العنصر الأكثر شيوعاً في الكون، ومع ذلك لم يخمن أحد هذا إلا بعد ثلاثين عاماً آخر. والهليوم - العنصر الثاني الأكثر غزارة - اكتُشف قبل عام فقط ولم يُشتبه بوجوده قبل ذلك، ثم ليس على الأرض، وإنما في الشمس، حيث اكتُشف بمنظار التحليل الطيفي في أثناء كسوف شمسي، ولهذا يكرّم إله الشمس اليوناني هليوس بهذا الاسم. ولم يُعزل حتى عام 1895. وحتى هكذا، وبفضل اختراع مندلييف، حصلت الكيمياء الآن على موطنٍ قدم صلب.

إن الجدول الدوري - بالنسبة لمعظمنا - شيء جميل على المستوى التجريدي، ولكنه بالنسبة للكيميائيين أسس ترتيباً ووضوحاً فوريين لا ينطويان على مبالغة. «إن الجدول الدوري للعناصر الكيميائية هو - دون شك - الخريطة التنظيمية الأكثر

رشاقة التي سبق واخترعت»، كما قال روبرت ي. كرييس في كتابه تاريخ واستخدام العناصر الكيماوية لكوكن الأرضي، وبوسعكم العثور على عواطف مشابهة فعلياً في جميع الكتب التي أرخت للكيماء.

لدينا اليوم 120 عنصراً معروفاً، يتشكل 92 منها بنحو طبيعي وهناك دزيتان تبتكران في المخابر. إن العدد الفعلي مثير للجدل قليلاً؛ لأن العناصر الثقيلة المركبة لا توجد إلا لجزء من المليون من الثانية، ويجادل الكيمايون أحياناً فيما إذا تم فحصها أم لا. في زمن مندلييف لم يُعرف سوى 63 عنصراً، ولكن ذكاه جعله يدرك أن العناصر المعروفة آنذاك لم تصنع صورة كاملة، وأن كثيراً من القطع كانت مفقودة. تلباً جدوله، بدقة تبعث على السرور، أين ستأخذ العناصر مكانها حين تُكتشف.

لا أحد يعرف -بالمصادفة- إلى كم يمكن أن يرتفع عدد العناصر، بالرغم من أن أي شيء يتجاوز 168 كوزن ذري يُعد «مجرد تأملي»؛ ولكن ما هو مؤكد هو أن أي شيء يُكتشف فإنه سيتلاءم مع خطة مندلييف العظيمة.

تمخّض القرن التاسع عشر عن مفاجأة أخيرة مهمة لعلماء الكيماء. بدأت في 1896 حين ترك هنري بيكويريل في باريس بإهمال مجموعة من أملاح اليورانيوم على لوح فوتوغرافي مغلف في درج. حين أخرج اللوح بعد مدة فوجئ أن الأملاح أحرقت طبعة في اللوح، وكأن اللوح كان معرضاً للضوء. كانت الأملاح تُطلق أشعة من نوع ما. مفكراً بأهمية ما اكتشفه قام بيكويريل بشيء غريب جداً: أرسل المادة إلى طالبة متخرّجة؛ كي تتحقّق منها. ولحسن الحظ كانت طالبة مهاجرة حديثة العهد من بولونيا تدعى ماري كوري. فيما كانت تعمل مع زوجها بيير، اكتشفت كوري أن أنواعاً معينة من الصخور تصدر كميات متواصلة وفائقة للعادة من الطاقة، دون أن يتقلّص حجمها أو أن تتغير بأي طريقة قابلة للرصد. ما لم يستطع أن تعرفه هي وزوجها ما لم يستطع أن يعرفه أحد إلى أن شرح آينشتاين الأمور في العقد الآتي، هو أن الصخور كانت تحوّل الكتلة إلى طاقة بطريقة فاعلة بنحو مفرط. سمّت ماري كوري التأثير (الإشعاعية). وفي سيرورة عملهما، عثرت كوري وزوجها أيضاً على عنصرين جديدين هما البولونيوم الذي سمته باسم بلدهما، والمذايعم. وفي عام 1903 حصلت

كوري وزوجها على جائزة نوبل في الفيزياء مع بيكويريل. (فازت ماري كوري بجائزة ثانية، في الكيمياء، في 1911؛ وكانت الشخص الأول الذي فاز بالجائزة في كل من الكيمياء والفيزياء).

وفي جامعة مكجيل McGill في مونريال أصبح الشاب المولود في نيوزلندا إرنست رزرفورد مهتماً بالمواد الإشعاعية الجديدة. واكتشف مع زميل يُدعى فردريك سودي أن احتياطيات ضخمة من الطاقة، كانت مقيدة في تلك الكميات الصغيرة من المادة، وأن الانحلال الإشعاعي لهذه الاحتياطيات يمكن أن يفسر دفء الأرض كله. اكتشفا أيضاً أن العناصر الإشعاعية انحلت في عناصر أخرى، أنه في أحد الأيام لديك ذرة من اليورانيوم، (مثلاً) وفي اليوم الآتي لديك ذرة من الرصاص. كانت كيمياء صافية وبسيطة؛ ولم يسبق أن تصوّر أحد أن شيئاً كهذا يمكن أن يحدث بنحو طبيعي وتلقائي.

كان رزرفورد البراغماتي أول من رأى أنه يمكن أن يكون هناك تطبيق عملي قيم في هذا. لاحظ أنه في أي عيّنة من المادة الإشعاعية، فإن الأمر دوماً يستغرق كمية الوقت نفسها لنصف العيّنة، كي يقضي على نصف الحياة المحتفى به*، وأن هذه النسبة الثابتة الموثوقة من الانحلال يمكن أن تُستخدم بوصفها نوعاً من أنواع الساعات. وعبر الحساب إلى الوراء كم من الإشعاع تمتلك مادة الآن وكم تنحل بسرعة، تستطيع أن تستنتج عمرها. اختبر قطعة من البتشلند** واكتشف أن عمرها 700 مليون سنة، أكثر بكثير من العمر، الذي كان معظم الناس مستعدين كي يمنحوه للأرض.

* لو سبق وتساءلت كيف تحدّد الذرّات أي 50% ستموت وأي 50% ستحيا حتى الجلسة اللاحقة، فإن الإجابة هي أن نصف الحياة هو في الحقيقة مجرد وسيلة إحصائية، نوع من الجدول الفعلي للأشياء العنصرية. تخيل أن لديك عيّنة من المادة بنصف حياة 30 ثانية. ألا يعني هذا أن كل ذرة في العيّنة ستوجد بالضبط 30 ثانية أو 60 ثانية أو 90 ثانية أو لمدة محددة أكثر. ستحيا كل ذرة في الحقيقة لمدة عشوائية من الزمن لا علاقة لها بمضاعفات الرقم 30؛ يمكن أن تستمر لثانيتين من الآن، أو يمكن أن تتذبذب بعيداً لسنوات أو عقود أو قرون قادمة. لا أحد يعرف. ولكن ما نستطيع قوله هو: إنه من أجل العيّنة ككل فإن نسبة الاختفاء ستكون هكذا، بحيث إن نصف الذرات ستختفي في كل 30 ثانية. إنها نسبة عادية، بتعبير آخر، ويمكنك تطبيقها على أي عيّنة ضخمة. استنتج أحدهم مرة -على سبيل المثال- أن الدائيات الأميركية لها نصف حياة يبلغ 30 عاماً. المؤلف.

** معدن داكن لَماع يعد مصدراً مهماً من مصادر اليورانيوم والراديوم. المترجم.

في ربيع 1904 سافر رزرفورد إلى لندن؛ كي يلقي محاضرة في المؤسسة الملكية، المؤسسة الجليلة التي أسسها الكونت فون رمفورد قبل 105 سنوات، بالرغم من أن عصر اللغات المستعارة و(البودرة) بدا الآن كأنه يبعد مسافة دهر بالمقارنة مع فظاظة رفع الأكمام لدى الفكتوريين المتأخرين. كان رزرفورد هناك كي يتحدث عن نظريته الجديدة في الانحلال الشعاعي، وبذلك أحضر من أجل هذه الغاية قطعة البتشلند. ذلك أن كلفن الكهل كان حاضراً، وإن لم يكن مستيقظاً طوال الوقت نوّه رزرفورد أن كلفن نفسه كان قد اقترح أن اكتشاف مصدر آخر للحرارة سيقضي على حساباته. لقد اكتشف رزرفورد ذلك المصدر. وبفضل الإشعاعية يمكن أن يكون عمر الأرض ومن الواضح أن عمرها كان أكثر من الرقم الذي وضعته حسابات كلفن الأخيرة؛ الذي هو 25 مليون سنة.

ابتسم كلفن من شرح رزرفورد المحترم، لكنه في الحقيقة لم يتأثر. لم يقبل أبداً الأرقام المنقّحة وصدق حتى يوم وفاته أن عمله بما يتعلق بعمر الأرض هو إسهامه الأكثر ذكاء وأهمية في هذا العلم، وأعظم بكثير من عمله على الديناميكا الحرارية.

وكما هو الأمر مع معظم الثورات العلمية، لم يُرحّب باكتشافات رزرفورد العلمية عالمياً. فقد أصّر جون جولي الدّبلي بقرّة حتى الثلاثينيات أن عمر الأرض ليس أكثر من 89 مليون سنة، ولم يوقفه عن ذلك سوى وفاته. وبدأ آخرون يتضايقون من أن رزرفورد منحهم الآن كثيراً من الوقت. ولكن حتى بالتأريخ المذباغمترّي - كما صار اسم القياسات الانحلالية - ستمر عقود قبل أن ندخل في بليون عام أو ما يقارب ذلك من عمر الأرض الفعلي. كان العلم في المسار الصحيح، ولكنه كان لا يزال بعيداً.

توفي كلفن عام 1907. وشهد ذلك العام أيضاً وفاة دمترّي مندلييف. وعلى غرار كلفن، كان عمله المثمر خلفه بعيداً، ولكن أعوام انحداره كانت أقلّ جدية. وفيما كان يكتهل، صار مندلييف غريب الأطوار ورفض أن يقرّ بوجود الإشعاع أو الإلكترون أو أي شيء آخر كان كثيراً، وجديداً، وصعباً. أمضى عقود الأخيرة يندفع خارجاً من المختبرات وقاعات المحاضرات في أنحاء أوروبا كلها. وفي 1955، سمي العنصر العاشر بالمندليفيوم على شرفه. وقال بول ستراثم: «بنحو ملائم، إنه عنصر غير مستقرّ».

تواصل الإشعاع -بالطبع دوماً- بشكل حقيقي وبطرق لم يتوقعها أحد. وفي أوائل التسعينيات بدأ بيير كوري يعاني من إشارات مرضية واضحة ناجمة عن الإشعاع، وعلى ما يبدو آلام بليدة في عظامه وشعور مزمن بالإعياء، الذي دون شك كان سيتقدم بنحو غير سار. ولن نعرف أبداً بنحو مؤكد؛ لأنه في 1906 دهسته عربة وقتلته، فيما كان يعبر شارعاً في باريس.

أمضت ماري كوري ما تبقى من حياتها وهي تعمل بتميز في هذا الميدان، وساعدت في تأسيس مؤسسة المذياعم في جامعة باريس في 1914. وبالرغم من حصولها على جائزتي نوبل، لم تُنتخب أبداً عضواً في أكاديمية العلوم؛ والسبب في ذلك هو أنه بعد وفاة بيير أقامت علاقة -مع عالم فيزياء متزوج- كانت غير محتشمة بما يكفي كي تفضح حتى الفرنسيين، أو على الأقل العجائز الذين أداروا الأكاديمية، التي ربما هي مسألة أخرى.

افترض لوقت طويل أن أي شيء يتمتع بالطاقة بنحو إعجازي كالإشعاعية يجب أن يكون مفيداً. ولسنوات، كان صانعو معجون الأسنان وملينات الأمعاء يضعون الثوريوم الإشعاعي في منتجاتهم، وعلى الأقل حتى أواخر العشرينيات عرض جلن سبرينغ أوتل في فنجر ليكس في نيويورك بفخر النتائج العلاجية (لينايبعة المعدنية الإشعاعية). ولم تُمنع في المواد الاستهلاكية حتى 1938. وفي ذلك الوقت كان هذا متأخراً جداً لماري كوري، التي ماتت من اللوكيميا، في 1934. إن الإشعاع هو في الحقيقة مآكر ويستمر طويلاً، بحيث إن أوراقها من ثمانينيات القرن التاسع عشر، وحتى كتب الطبخ لديها خطرة جداً حتى الآن. فقد حُفظت كتب مختبرها في صناديق مخططة بالرصاص، والذين يرغبون برؤيتها يجب أن يلبسوا ثياباً واقية.

وبفضل العمل المخلص والمجازف جداً بنحو غير متعمد لعلماء الذرة الأوائل، صار من الواضح في الأعوام الأولى للقرن العشرين، أن الأرض مقدسة بنحو غير قابل للتشكيك، بالرغم من أن نصف قرن آخر من العلم يجب أن يُنجز قبل أن يستطيع أي شخص أن يقول بثقة كم هي مقدسة. كان العلم -في غضون ذلك- على وشك الحصول على عصر خاص به، هو العصر الذري.