الفصل 2

قصة الطاقة الحيَّة

نشأ المفهوم الحديث عن الطاقة في القرن التاسع عشر، كنتيجة للثورة الصناعية، إلاَّ أن جذور هذا المفهوم تعود إلى بلاد الإغريق القديمة، فظهر بين العناصر والأخلاط الأربعة وروح العالَم الكلاسيكي. وسوف نتابع نشوء هذه الأفكار عن الطاقة والحياة حتى نصل للعصر الحديث، لأن الأمر الصعب إلى أبعد الحدود هو أن ندرك المفهوم الحالي «للطاقة الحية» دون معرفة من أين جاءت هذه الأفكار.

العناصر والأخلاط الأربعة
وروح العالَم الكلاسيكي

لقد بدأ العلم في بلاد الإغريق القديمة والكلاسيكية، ونستطيع هنالك أن نبدأ في تعقب الأثر الذي يقودنا إلى الأفكار الحالية عن الطاقة والحياة. لقد كان الإغريق مفكرين مبدعين على نحو مدهش.

إلاَّ أنه من المستحيل تقريباً أن نميز بوضوح ماذا قالوا عن أي شيء، لأنهم أتوا بأَفكار معظمها متناقض عن الشيء الواحد. (ويشبِّه هذا الأمر وايت كوين White Queen في كتاب Through the Looking Glass، التي كانت تصدق ستة أمور مستحيلة قبل الإفطار، دون أن يفسد ذلك شهيتها للطعام). لقد أخطأ الإغريق، على نحو ملحوظ في أمور كثيرة. وهذا بحد ذاته أمر هام، والسبب أنه لمدة ألفي سنة بعد سقوط أثينا اعتقد المفكرون في العصر الهلِّيني والروماني وفي العصر الإسلامي، والعصر الوسيط وعصر النهضة في أوروبا، أن ما قاله الإغريق كان حقيقةً لا شك فيها. فأَفكار الحكماء الإغريق حول الفلسفة والعلم والطب كانت تُقبل بخشية وتبجيل، كما قُبلت أَفكار الانبياء موسى ويسوع عليهما السلام ومحمد صلى الله عليه وآله وسلم عن الدين والأخلاق. إلاَّ أننا نعلم الآن أن الكثير من «الحقائق» التي أتى بها الإغريق ليست صحيحة. ولكن صياغة أَفكارهم ونوع الأسئلة التي طرحوها والأساليب التي اتبعوها للإجابة عنها كان لها أثر أساسي على تطور المعرفة والأَفكار المعاصرة. ولو لم يكن ذلك العدد القليل نسبياً من المفكرين الإغريق القدماء والكلاسيكيين، لما وُجد الآن العلم والفلسفة والثقافة الغربية التي نعرفها.

كان إمبيدوكليس Empedocles (حوالي 490 ـ 435 ق. م) واحداً من أعظم الأشخاص متعددي البراعات في كل العصور، وكان مِثالاً مرموقاً للتنوّع والإبداع الهائليْن للمفكرين الإغريق القدماء. وُلِد لأسرة أرستقراطية في الدولة ـ المدينة المسماة أكراغاس في سيسيليا Acragas,

Sicily، وشارك بانقلاب ضد حكم القلّة التي كانت تحكم المدينة، كما عُرض عليه التاج ولكنه رفض العرض، وأسَّس ديمقراطية وأصبح نفسه سياسياً. ولكنه في وقت فراغه استطاع أن يصبح واحداً من أعظم الشعراء والعلماء والفلاسفة والأطباء في عصره. ويبدو أن هذا لم يكن كافياً، فبعد طرده وإبعاده عن موطنه أصبح رمزاً ومثالاً. وتقول الأسطورة أنه صنع المعجزات وسَخَّر الرياح وأحيى الموتى ثم قتل نفسه قافزاً في فوهة بركان إتنا Etna ليبرهن على صدقه. وسواء برهنت هذه القفزة على ذلك أم لا، فإن التاريخ لم يقل كلمته حول ذلك. والأثر المادي الواضح لإمبيدوكليس Empedocles كان خُفَّه. أما أفكاره فقد بقيت تتردّد في عالم الفكر لأكثر من ألفي سنة.

ابتكر إمبيدوكليس Empedocles نظرية العناصر الأربعة، التي وُصفت بأنّها أنجح نظرية علمية على الإطلاق فيما يتعلّق بشهرتها وطول بقائها، علماً أنّها لم تكن صحيحة، من غير ريب. قالت النظرية إن كل شيء يتألّف من اتحاد أربعة عناصر فقط. تبدو هذه النظرية كحل ديبلوماسي وسط بين الأفكار المتناقضة الأولى التي تقول إن العالم يتكون فقط من الماء (ثاليس Thales) أَو من مادة معروفة أَو غير معروفة (أناكزيماندر Anaximander) أَو الهواء (أناكزيمينيس Anaximenes) أَو النار (هيراكليتس Heraclitus). قال إمبيدوكليس Empedocles إنه ليس هنالك مادة أساسية واحدة إطلاقاً، وإنما أربعة عناصر (أَو جذور كما دعاها): التراب، والنار، والهواء، والماء. وهنالك ميزة أن يكون هناك أربعة عناصر وليس عنصر واحد

وهي أن الأمر يتضح للجميع أن العالم يتألّف من تنوّع لا يصدق من الأشياء، ومن الصعب أن نفسّر هذا التنوّع إذا كان كل شيء مكوناً من مادة واحدة. لقد كان من الصعب كذلك أن نفسّر كيف يمكن لكل شيء أن يتحوّل، إذا كانت كل الأشياء مكونة من الشيء نفسه. قال إمبيدوكليس Empedocles إن كل نوع مختلف من الأَشياء في العالم يتكوّن من خصائص العناصر الأربعة، وعلاوة على ذلك، يحدث التحوّل بسبب تبادل العناصر المكونة للشيء. فقال مثلاً، إن العظم مكوّن من النار والماء والتراب بنسبة 2 : 1 : 1، أما اللحم فمكوّن من كل العناصر بنسب متساوية.

مهما يكن من أمر، لا يمكن أن يُرد التحول إلى العناصر فقط. وإلاَّ لماذا تتعدل الأَشياء إذا كان هنالك فقط مادة جامدة ذات عطالة في العالم؟ لماذا تسقط الصخور؟ لماذا تنفجر البراكين؟ لماذا يشوه الرعد والبرق السماء؟ لقد كان التحوّل مشكلة كبرى للإغريق. وهو مرتبط بالطاقة بصورة أساسية، لأن الطاقة يمكن أن تُعتبر كمصدر وسبب خفي للتحوّل. ولكن كيف كان على الإغريق أن يفسّروها دون توسل ومناشدة القوى الخارقة أَو الأرواح أَو العقول؟ كيف للمادة وحدها أن تسبِّب تحولاً؟ كيف يمكن لشيء جديد أن يبرز من لا شيء؟ إضافة للعناصر الأربعة، هنالك، حسب ما قاله إمبيدوكليس Empedocles، قوتان كذلك، دعاهما «حب» و«كراهية». فالكراهية (أَو النزاع) كان يُبعِدُ الأَشياء عن بعضها، بينما يجذبها الحب لبعضها مرة أُخرى، أما إذا توازنت القوتان فلم يكن هنالك تحول، بل كان هنالك تعادل.

والأمر يبدو وكأنّه أحداث في رواية رومانسية، لكن إمبيدوكليس Empedocles تصوّر الحب والكراهية على شكل مشابه قليلاً للتصور الحديث للقوة، أي كجذب ودفع غير ذي حياة للمادة. وهكذا فإن تصور إمبيدوكليس Empedocles عن العالم كشيء مكون من عناصر ثابتة مختلفة، تدفعها وتجذبها القوى، وأن التغيير مرده للصدفة والضرورة، أكثر من التصميم، تصور مشابه على نحو لافت للنظر لفيزياء القرن التاسع عشر. نود أن نقول إن هذا التشابه ليس صدفة، لا ريب، لأن المفهوم العصري مشتق على نحو ما من إمبيدوكليس.

إن رأي إمبيدوكليس Empedocles عن العالم مختلف جذرياً عن الرأي المعاصر وذلك من عدة وجوه: لقد رأى كذلك معنى دينياً في القوتين، الحب والكراهية، فرأى فيهما نزاعاً بين الخير والشر (وكل عنصر من العناصر الأربعة يشبه رمزاً). وتنظيمه للأشياء يختلف عن تنظيمنا، فعناصره تنسجم مع الحالات الأربع للمادة (صلب، وسائل، وغاز، وبلازما) وليس مع العناصر الحالية (كالهيدروجين، والأوكسجين، والنيتروجين، والكربون) والاختلاف ناشئ على نحو ما من الحقيقة أن إمبيدوكليس قد رفض كما يبدو فكرة الفضاء الخالي ـ الخلاء ـ الفضاء الخالي من أي شيء أَو عنصر. وبما أنه يرى أن الهواء مادة فلم يجد أي سبب يدعوه ليقبل فكرة الفضاء الخالي من العناصر. وهكذا فقد رأى العناصر مواداً متجانسة، امتزجت معاً بعد خلطها كما تمتزج الأصبغة مختلفة الألوان.

المفكرون الأوائل (مثل أنكسيمينيس Anaximenes) والمفكّرون

المتأخرون (مثل ديموكريتس Democritus) تبنوا الرأي الحديث القائل إن المادة تتألّف من عدد كبير من الجسيمات الصغيرة يفصل بينها فضاء فارغ، أما التحوّل من السائل إلى الغاز فليس بسبب تحوّل العناصر، بل بسبب تباعدها عن بعضها. وهكذا يتكون الجليد من جزيئات الماء التي تماسكت مع بعضها بإحكام، ويتألّف الماء السائل من جزيئات الماء نفسها والتي تجري فوق بعضها، ويتكون البخار أَو الماء المتبخر من جزيئات الماء نفسه وقد تباعدت جداً عن بعضها. أما العالمان الذريان ـ ليوسيبس وديموكريتس (حوالي 460 ـ 370 ق. م) فقد دفعا الفكرة عن العالم إلى أقصى حدودها المادية، فقد تَبنّيا عالَم إمبيدوكليس وخلّصاه من عناصره الدينية، ولكنهما أضافا فكرة الخلاء. وهكذا أصبحت فكرتهما أنه ليس هنالك شيء في العالَم ما عدا عدد هائل من الجسيمات الدقيقة (ذرّات) تتحرك في فضاء فارغ. ولكل عنصر من العناصر الأربعة جسيم مختلف الشكل. ويقرّر الشكل خصائص العنصر. فكرة هذه التفاسير عن العالَم كان لها أفضلية على الفكرة التي تقول بعدم وجود خلاء، لأنها تستطيع أن تفسِّر بسهولة كيف يمكن للعناصر أن تختلط ومن ثم تنفصل: أي الجسيمات تمر بين بعضها، بينما يصعب التفسير إذا لم يكن هنالك فضاء فارغ بين العناصر. إمبيدوكليس كذلك وجد صعوبة كبيرة حول لماذا لملايين الأشياء في العالم خصائص مختلفة على نحو مدهش، إذا كان الاختلاف فقط بنسب العناصر الأربعة. لماذا يسبب الاختلاف خصائص جديدة؟ يستطيع ديموكريتس Democritus (والعلم الحديث)

أن يفسِّر هذا ويردّه إلى ترتيب الذرات ضمن الشيء. وتنشأ الخصائص الجديدة من ترتيبات مكانية جديدة، أَو من الوضع النسبي للذرات في الجزيء. وهنالك عدد غير محدود من الطرق لتغيير ذرات العناصر الأربعة، وبالتالي عدد غير محدود من الأشياء أَو الأجسام المختلفة. وهذا هو السر الأساسي للكيمياء والبيولوجيا العصرية: تفسير خصائص الأشياء بلغة البنية المجهرية للعناصر التي تتركب منها. ولسوء حظ علماء الذرة، لم يكن هنالك وسيلة تكنولوجية لدى الإغريق لدراسة البنية المجهرية للأَشياء، وبالتالي اختبار نظرياتهم.

لقد تابعنا هذه الأَفكار عن المادّة لأنها أساس الآراء العصرية عن الطاقة. ولكن إمبيدوكليس Empedocles كان أكثر من فيزيائي مبدع (فيزياء تعني طبيعة باللغة الإغريقية)، فلقد كان عالم أحياء مُبْتكِراً. (بيولوجيا تعني الحياة باللغة الإغريقية) قال إمبيدوكليس إن لحم ودم الجسم يتألَّفان من نسبٍ متساوية من كل العناصر الأربعة، وتجذب هذه العناصر عناصر مشابهة من البيئة. وهكذا فإن العناصر الأربعة نفسها تُكوِّن المادّة غير الحيّة والحيّة، العقل والقوى الخارقة الخالدين. وينتقل الدم من القلب إلى سطح الجسم، حيث يَدخل الهواء من خلال المسام ثم يرجع ثانية، أي يجذب الدم الهواء ويطرده بصورة متناوبة. وحركة الدم في القلب وحوله يخلق الفكرة، ولذلك يُنظر إلى القلب كعضو للوعي ولكن لإمبيدوكليس رأي ملموس عن الوعي، فيرى مثلاً أن الفكرة ما هي إلاَّ الدم في حالة الحركة. والإدراك يحدث بواسطة

عناصر موجودة بالدم تجتمع مع العناصر نفسها الموجودة في البيئة. أما الشيء الخارجي فإنه يُرى من خلال عناصر منه تدخل الجسم وتجتمع بالعناصر المماثلة فيه. واجتماعها واختلاطها يشكلان الإدراك. وتحدث التغذية من خلال الامتصاص المباشر، أي تجذب عناصرُ الجسم إليها عناصرَ مشابهة من البيئة. وهذه العناصر الجديدة تتكيّف مع المكان لتشكّل الجسم الذي يكبر وينمو.

كانت العناصر الأربعة منتشرة على نحو يثير الدهشة، فعاشت طويلاً، ودامت من القرن الخامس الميلادي حتى الثورة الكيميائية في القرن السابع عشر. ومع ذلك، من الصعب أن نفهم تماماً لماذا توقف المفكّرون عند العناصر الأربعة. وجاء أرسطو بالعنصر الخامس ـ الأثير ـ الذي يشكّل كل الأشياء خارج الأرض. واستخدم الصينيّون العناصر الخمسة (أو الحالات): الماء، والتراب، والنار، والمعدن، والخشب. ولدينا في العلم المعاصر حوالي 100 «عنصر» كيميائي مختلف، يمكن أن تتحد لتشكّل عدداً غير محدود من الجزيئات الممكنة. وفي بداية القرن العشرين، اكتشف الفزيائيون من جامعة كامبريدج (وهم ج. ج. تومسون J. J. Thomson وإرنيست روثرفورد Ernest Rutherford وجيمس شادويك James Chadwick) أن هذه العناصر الكيميائية ليست في الواقع العناصر بالمعنى الكلاسيكي (جسيمات أساسية وغير ممكن تحطيمها) لأنه يمكن تحطيمها كما أنّها مُكوَّنة من ثلاثة جسيمات أبسط منها ويمكن تحطيمها، وهي البروتون والإلكترون والنيوترون. ثم تبين فيما بعد أن هذه الجسيمات الثلاثة

تتفاعل بواسطة جسيم رابع (قصير العمر) وهو الفوتون. ولذلك فإن نظرية إمبيدوكليس حول العناصر الأربعة والقوتين، باختصار، ليست غير متشابهة كثيراً عن النظريات الحديثة عن الكون.

يدعى أبقراط Hippocrates (حوالي 460 ـ 377 ق. م) الأب المؤسِّس للطب. وكان لنظرياته عن المرض والعلاج ووظائف الأعضاء تأثير على الطب وعلم الأحياء حتى القرن الثامن عشر. ومهما يكن من أمر، فإن حياته تحوَّلت إلى أسطورة، ولذلك من المستحيل أن نميِّز أحداث حياته الرئيسية أو حتى إذا كان موجوداً. وحسب الأسطورة، كان أبقراط طبيباً من كوس Cos وحارس الطب في ثريس Thrace وثيسالي Thessaly وماكدونيا Macedonia، قبل أن يعود إلى كوس Cos ليؤسِّس مدرسة للطب. وازدهرت هذه المدرسة من أواخر القرن الخامس إلى أوائل القرن الرابع قبل الميلاد، وأصدرت عدداً كبيراً من المصادر الطبية الأصلية رفيعة المستوى. وبقي منها حوالي سبعون نسخة كتاب. وَنُسِبَت، تقليدياً، إلى أبقراط Hippocrates، علماً أنه ربما لم يكتب هو نفسه أياً منها. أما الصفة المميزة لطب أبقراط فهي رفضها التفاسير الدينية والفلسفية عن المرض وبحثها عن قاعدة تجريبية عقلانية من أجل العلاج.

ومنذ عصور ما قبل التاريخ، كان يُعتقد، على نطاق واسع، أن سبب المرض يعود إلى القوى الخارقة أو الأرواح الشريرة أو السحر الأسود، ولذلك يتحقق العلاج بإخراج الخطيئة أو الروح أو السحر من المريض بواسطة عمليات مختلفة من التطهير. وفي بلاد الإغريق،

كان الطب التقليدي يُمارَس من قِبل الأطباء الكهنة في المعابد المكرّسة للإله أسكليبيوس Asclepius، وفي معابد الصحة هذه، شُخِّص المرض بوضوح على أساس الأحلام والعِرافة أَو الرجم بالغيب من جهة، وعلى أساس الأعراض من جهة أُخرى. أما العلاج فكان نصفه طقوس وتعاويذ، ونصفه الآخر مبني على الصوم والغذاء والعقاقير والتمارين. وقد انحدر أبقراط، حسب أسطورة متأخرة، من الإله أسكليبيس Asclepius ونشأ في كوس Cos كابن لطبيب كاهن ذائع الصيت. أما العلاقة بين الطب الدنيوي (ويمثله أبقراط) والطب الديني (القائم على شفاء متعلق بالإيمان والسحر) في بلاد الإغريق القديمة فيصعب أن ندركها، علماً أن العلاقة الظاهرة بينها ليست متنافرة كما هي متنافرة اليوم.

لقد قَبِل أبقراط Hippocrates وأتباعه بمبدأ العناصر الأربعة كتفسير للعالم الطبيعي. وكان شغلهم الشاغل البحث عن أسباب المرض وعلاجه. والعناصر الأربعة ـ التراب والنار والهواء والماء ـ لا يمكن أن تُدرَك في أي شيء يضاهي الهيئة التامة المتعلقة بالجسم. كما أنّهم عرفوا القليل نسبياً عن داخل الجسم لأن التشريح كان منهياً عنه دينياً وأخلاقياً. ولذلك كان أتباع أبقراط معنيين بما كان يمكن أن يشاهدوه ويستعملوه في تشخيص المرض وخصوصاً سوائل الجسم: الدم، واللعاب، والبلغم، والعرق، والقيح، والقيء، والسائل المنوي، والغائط، والبول. وبالتدريج تطور المبدأ وأصبح هنالك أربعة سوائل أساسية فقط (أخلاط الجسم): الدم، والبلغم، وسائل الصفراء

الأصفر، وسائل الصفراء الأسود. أما الدم فيظهر في الجروح أَو في حيض المرأة أَو القيء أَو البول أَو الغائط. والبلغم سائل لزج في الفم (لعاب) والطرق التنفسية، ويخرج من الفم والأنف في حالات السعال والرشح. وسائل الصفراء هو السائل العادي الذي يفرزه الكبد في القناة الهضمية ليساعد على الهضم، إنه سائل بني مصفر يُلون الغائط. أما طبيعة سائل الصفراء الأسود فغير واضحة تماماً لأنه كان يشير أصلاً إِلى تخثّر الدم الغامق الناشئ من نزف داخلي. ويمكن أن يَظهر في القيء أَو البول أَو الغائط. وعلى كل حال، لم تشر الأخلاط الأربعة إِلى هذه السوائل وحسب، بل اعتُبِرتْ مكونات الجسم الأساسية. والصحة الجيدة كان مردها إِلى توازن هذه الأخلاط. أما الصحة العليلة فمردها إِلى عدم توازن هذه الأَخلاط. والصرع كان بسبب زيادة البلغم في الدماغ، الأمر الذي يعيق سريان النَّفْس (الروح الحية) إِلى الدماغ. وهكذا بحثوا عن علاج يعيد التوازن بين الأَخلاط وذلك بإزالة خلط زائد عن حده. بالفصد مثلاً أَو تناول شيء مُسهل أَو مُليِّن أَو بالتعرّق أَو التقيؤ أَو الحمية أَو التمارين.

الأَخلاط الأربعة (الدم، والبلغم، وسائل الصفراء الأصفر، وسائل الصفراء الأسود)، كانت تربط بالعناصر الأربعة (الهواء، والماء، والنار، والتراب) وبالصفات الرئيسية الأربع (الساخن، والبارد، والجاف، والرطب) والرياح الأربع، والفصول الأربعة، أما هيمنة خلط على آخر فتؤدي إِلى حالات نفسية أربع. فلدينا مثلاً الشخص دموي المزاج، بسبب هيمنة الدم، ويكون مرحاً وواثقاً من نفسه. ولدينا

الشخص اللامبالي، بسبب زيادة البلغم، ويكون هادئاً وغير عاطفي. والشخص سريع الغضب أَو الصفراوي، المصاب بزيادة إفراز الصفراء، ويكون سريع الاهتياج والمشاجرة، والشخص سوداوي المزاج، المصاب بزيادة إفراز سائل الصفراء الأسود، ويكون، بصورة واضحة، كئيباً، أي حزيناً ومُحبطاً، بسبب انخفاض مستوى الطاقة. لقد كان هذا أول تصنيف نفسي للشخصية أَو الطبع. وقد استُخدِم لتصنيف الناس حتى الأزمنة الحديثة. ومن الواضح أن أحداً لم يبتكر حتى الآن طريقة أفضل لتصنيف الطباع. هذا وقد هَيْمَنَتْ نظرية الأَخلاط الأربعة على التفكير الطبي إِلى ما قبل 300 سنة خلت. والفصد كان ما يزال يستعمل للكثير من المرضى حتى في القرن الثامن عشر.

اعتقد أتباع أبقراط والإغريق بالصحة الإيجابية، أي يمكن للصحة أن تتحسّن، علاوة على انعدام المرض، باتجاه خير وسعادة الإِنسان. أما الطب الحديث فَيُعنى بالصحة السلبية (أي المرض) وكيف يعيدنا للعافية، أكثر من تقديم العون لنشعر أننا في غاية الغبطة والسعادة. واعتنى أتباع أبقراط بنظام أَو نمط حياة يستلزم ـ في حالة الصحة والمرض ـ توازناً صحيحاً للغذاء والتمارين. وقد قُدِّرَتْ أهمية التمارين بالنسبة للصحة البدنية والعقلية، وأُنشِئ لها الملاعب حيث كانت التمارين تمارس على أساس اجتماعي. ولو قَابَلْتَ أبقراط عام 400 قبل الميلاد (بفرض أنك استطعت أن تجده) لتشتكي أنه كان ينقصك طاقة، لربما أعطاك نظاماً مفصلاً اشتمل على برنامج مفصَّل للتمارين مع التحذير من التمارين غير الصحيحة أَو المبالغ فيها.

وربما أعطاك كذلك نظاماً غذائياً يشتمل، بصورة خاصة، على حساءٍ مصفّى، وأوصاك بالإكثار من الحمامات الساخنة والباردة إضافة للتدليك، وبعض الجنس (إذا كنت محظوظاً)، وبعض النصائح المبهمة عن العلاقة بين طاقتك واتجاه الريح وفصل السنة.. إلخ. وسيكون هذا، عموماً، نظاماً فعَّالاً ومعقولاً، وستكون محظوظاً لو حصلت على نصائح أفضل من طبيبك اليوم.

أرسطو Aristotle (384 ـ 322 ق. م) كان تمثالاً ضخماً من الفكر، يجلس بين بلاد الإغريق الكلاسيكية وأوروبا في عصر النهضة. وكان قد هيمن على عالم الفكر كحكيم حميد حيناً، وكدكتاتور مستبد أحياناً أُخرى. وقد قُدِّسَتْ أفكاره لدرجة أنّها قيدت أي محاولة لفكرة مبتكرة إلى أن رُفضتْ في النهاية من قبل عصر النهضة في أوروبا عندما اعتُبِر مسؤولاً عن خنق ألفي سنة من الفكر. الكثير من أثر أرسطو Aristotle مستمد من تَلْمَذَتِه على يدي أفلاطون Plato (ربما أعظم المفكرين في كل العصور) وكونه معلّم الإسكندر الكبير Alexander the Great (ربما أعظم الفاتحين في التاريخ).

أفكار أرسطو عن علم وظائف الأعضاء والطاقة استمدت غالباً من إمبيدوكليس وأبقراط وأفلاطون. التغذية والحرارة الحية والنَّفْس (الروح الحية) كانت أموراً بالغة الأهمية بالنسبة لهذه الأفكار. وكان القلب مركز الجسم ومنشأ الوعي وأداة الروح. ومصدر الحرارة، النَّفْس، والدم والحركة لبقية الجسم. والنَّفْس كانت مادة كالهواء أَو الروح، وتحتوي على الحرارة الحيوية والتي كانت دائماً في حركة

سريعة، ولذلك كانت مصدراً لكل من الحرارة والحركة داخل الجسم. كانت النَّفْس مُسْتَمدة من الهواء، ويؤتى بها من خلال الفم والأنف والجلد إلى القلب حيث قَدَّمت إمدادات الحرارة. وتدفق ثابت من سائل مغذٍ من القناة الهضمية كان يأتي بالحرارة. وحرارة السائل داخل القلب كان يُنتِج الدم، وبعدئذٍ، كان الدم والنَّفْس يُوزعان خلال أوعية لبقية الجسم حيث يتخثر الدم ليشكِّل نسج الجسم بتأثير من «الروح المغذية». لم يكن هنالك دوران لِلدّم، وإنما كان الدم يُنْتَجُ في القلب (وفي الكبد والطحال) ومن ثم يوزع إلى الأنسجة دون رجعة. وقد اعتُقِدَ أن الأوعية الدموية (الشرايين) كانت جوفاء (كما هو الحال للكثير منها عندما يَرْشح الدم منها بعد الموت)، ولذلك اعتُقِد أنها تحمل الهواء أَو النَّفْس خلال الجسم. وكان الدماغ يُبرِّد الدم ويعمل على منع الدم من ارتفاع حرارته. وكانت العضلات طبقة للحماية وحسب فتحافظ على بقية الجسم دافئاً، وليس لها وظيفة في الحركة. والأعصاب، بحد ذاتها، لم تكن معروفة، إذ يصعب رؤيتها، ولكن الأعصاب كبيرة الحجم والأوتار العصبية كانت تدعى إجمالاً عصب neura، واعتُقِدَ أن لها وظيفة في تحريك الأطراف وتعمل كالحبال في جَرِّ العظام. أما النَّفْس فكانت تُعطي طاقة الإنطلاق والحركة في الجسم كله.

النَّفْس بالنسبة لأرسطو كانت أيضاً قوة دافعة خارج الجسم ـ في العالم الطبيعي. وحسب تطبيقاته الميكانيكية، كانت الحالة الطبيعية للأَشياء السكون أكثر من الحركة، ولذلك فإن الحركة المستمرة لجسم

كالسهم مثلاً في حالة إنطلاق، كان يتطلب نَفْساً تدفعه باستمرار من الخلف. وهكذا نستطيع أن نرى أن النَّفْس كانت طاقة بالنسبة لأرسطو، علماً أنه كان لها دور مختلف في التفكير الكلاسيكي. وكان أرسطو Aristotle مسؤولاً، على نحو ما، عن نظرية الصفات الأربع: الساخن، والبارد، والرطب، والجاف والتي كانت مكونات العناصر الأربعة. وهكذا كان التراب بارداً وجافاً، والماء بارداً ورطباً، والهواء ساخناً ورطباً، والنار ساخنة وجافة. وأصبح هذا الأمر مبدأً هاماً في الطب المتأخر والكيمياء القديمة لأنه أعطى مفتاح الحل عن كيف تُعدَّلُ نسب العناصر. فالماء مثلاً يمكن أن يحول إلى هواء بالتسخين أو الهواء يمكن أن يُحوّل إلى نار بالتجفيف.

كان أرسطو أول سلطة تستخدم عبارة إنيرجيا energeia التي تشتق منها كلمة «energy» طاقة. ولكنه استعملها بمعنى «حقيقي» ليعارض بها كلمة «ممكن»، فقد استعمل نظرية مبهمة تقول إن «التغيير» كان يشتمل على تحويل الشيء الممكن إلى شيء حقيقي. وهكذا عندما يحدث شيء فإن حدثاً ممكناً يتحوَّل إلى حدث واقعي. وهكذا فإن كلمة طاقة «إنيرجيا» كانت مرتبطة بالتغير والنشاط، ولكن فيما يبدو الآن كطريقة مبهمة ومجردة إلى حدٍ ما.

بالرغم من أن فكرة أرسطو عن علم وظائف الأعضاء وعلم الطاقة كان الأكثر نفوذاً وتأثيراً إلاَّ أنها كانت أقل أصالة وإمتاعاً من رأي أفلاطون. فلم يكن أفلاطون Plato في الواقع معنياً بعلم الوظائف لأن عقله كان منتبهاً لأمور أسمى من ذلك. فقد كان يريد أن يجد

مكاناً ملموساً للأقسام المختلفة للروح التي تَعَرَّفَ عليها. والجسم، حسب رأي أفلاطون، يُؤَهَّل بواسطة مجموعة متخاصمة من الأرواح يحكمها رأس صعب الإرضاء نوعاً ما. وتقع الروح الخالدة في الرأس، وتقع الروح الفانية بين الرقبة والقسم السفلي. ويقع القسم الشجاع للروح الفانية فوق الحجاب الحاجز، حيث تستطيع أن تُصغي للعقل (من الرأس) وتسيطر على المناطق السفلى. وموطن هذه الروح هو القلب. وعندما يظن الرأس أن الانفعالات في حالة يصعب التحكّم بها، فإنّه يخبر بقية الأعضاء، فيهتاج القلب وترتفع حرارته، وعندئذٍ تُوَفِّر الرئتان طاقتهما بالتزام الهدوء، وتقدمان الراحة للقلب المرهق. وتحت الحجاب الحاجز، تسكن الروح «فاتحة الشهية» التي، بالرغم من ضرورتها للحياة، يلزم أن تبقى مقيدة وبعيدة عن مقر العقل. هذا الجزء من الروح يسيطر عليه الكبد، وقادر أن يُصغي للعقل. وينظم الكبد المناطق الدنيا إما بالتقلص فيغلق الطرق المسبِّبة للألم والغثيان أو بنشر البهجة والسكينة في الأقسام المحيطة بالروح. والغرض من طول الأحشاء منع الطعام من المرور بسرعة زائدة، الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى شهية نهمة للطعام وعدم انفتاح الإنسان على الثقافة والفلسفة، وَيُدْعَى نقي عظام العمود الفقري «مادة المني» الشاملة (ويدعى كذلك مصدر ماء الرجل) ويَرْبِط الروح بالجسم. وتوجد الأنواع المختلفة للروح في أقسام مختلفة من النقي، بينما العقل والروح يحتلان الدماغ. ونظرية مجموعة الأرواح هذه تدعو للإعجاب، ولكنها يمكن أن تكون خالية من علم الوظائف وتفسير

النوايا. ومن أجل التقدم والتطور، ينبغي أن يحل محل ما هو خارق للطبيعة الأسباب الميكانيكية والطاقة كمصدر للتغير.

كان موت أرسطو والإسكندر سنة 322 و323 ق. م على التوالي علامة مميزة لنهاية العصر الكلاسيكي لبلاد الإغريق. ولكن الإسكندر كان قد نشر الثقافة الإغريقية عبر العالم المعروف مبشراً باقتراب الهلّينية التي كانت انصهاراً للثقافة الإغريقية والفارسية. وكانت الإسكندرية أشهر مراكز العصر الهِلّيني التي اشتهرت بوقت قصير في عهد بطليموس الأول Ptolemy، الذي كان قد تتلمذ سابقاً على يدي أرسطو. وجذب بطليموس أعظم العلماء والمفكرين الإغريق إلى متحف ومكتبة الإسكندرية. وتمكّن طبيبان مبرزان، هيروفيلس وإراسيستراتس، Herophilus, Erasistratus ولأول مرة من أن يمارسا تشريح الجسم البشري هنالك، ونجحا في ذلك نجاحاً عظيماً. ولقد كان ذلك مستحيلاً سابقاً بسبب العقيدة السائدة أن الجسم يحتفظ ببعض الحساسية أَو بقية حياة بعد الموت. والعقائد المتغيرة حول علاقة الروح بالجسم مَكَّنت هيروفيلس وإيراسيستراتس أن يُشَرِّحا الأشخاص الأموات وكذلك المجرمين الأحياء، كما ادُّعي وقتئذ. وأدَّت النتيجة إلى ثورة في علم التشريح: أي اكتشاف كامل المملكة الجديدة الواقعة تحت الجلد. واكتُشِفت الأعصاب وعلاقتها بالدماغ والعضلات. واكتُشِف الدماغ وكان يُظَن أن التجاويف المملوءة بالسائل أنها مملوءة بشكل جديد من النَّفْس: نَفْس عقلية (أرواح حيوانية). وكانت هذه الروح العقلية تَصْدُرُ من الدماغ مارة بالأعصاب

لتسخن العضلات بالطاقة. وعلى كل حال، انْحَدَرَ الإبداع العلمي الإسكندراني بالتدريج وازداد أثر التصوف الشرقي.

في القرن الثاني والأول قبل الميلاد، اكتَسَحَتْ روما المسرحَ السياسي، بينما كانت تَتَبنَّى على نطاق واسع الثقافة والتفكير الإغريقي. وَوُلِدَ في هذا العالم الجديد غالين Galen (حوالي 129 ـ 216 م) آخر طبيب عظيم وعالم أحياء من العصور القديمة. كان ابناً لمهندس معماري من بيرغامون Pergamon، درس الفلسفة ثم ذهب إلى الإسكندرية ليتعلّم التشريح. وبعد أن عاد إلى بيرغامون، أصبح جرّاحاً لمدرسة المجالدين حيث كسب خبرة لا تثمن في معالجة الجروح. وفي سنة 169 م دُعِيَ غالين إلى روما ليصبح الطبيب الخاص لماركوس أوريليوس Marcus Aurelius، الإمبراطور الفيلسوف. ويبدو أن هذه الواجبات لم تكن مرهقة وشاقة كثيراً بالنسبة إليه لأنه تابع كتابته وعمله العلمي، مؤلفاً في النهاية أكثر من 130 كتاباً. كثيرة هي التعليقات والمؤلفات عن المعرفة الطبية السابقة، ومنها كتب ومقالات حول كل الأمراض تقريباً والعلاجات وطرائق التشخيص. وقد أصبحت هذه الكتب النصوص الطبية الأساسية لمدة 1500 سنة واعتُبِر غالين Galen اللاهوتي الطبي. وكان التشريح بالنسبة إليه تمجيداً وتوقيراً للّه الحق. وهذا، بعد أن تقارنت تفاسيره عن الجسم مع تعابير أرسطو، ضمن له قبول كتاباته من قبل المسيحيين فيما بعد وأطباء العالم الإسلامي.

مبدأ غالين Galen عن النَّفْس يمثل الأَفكار الأولى لأبقراط

وأرسطو وعلماء الإسكندرية والرواقية (فلسفة أسّسها زينو). وكلمة الروح Pneuma يمكن أن تترجم بكلمة «هواء» airs، وكان يُظن أنها قوة خفية في الهواء. وكانت النَّفْس تترجم إلى اللاتينية بكلمة روح spiritus. ولكنها ترجمت اليوم على نحو ناجح بكلمة «طاقة». أما بالنسبة للرواقيين، فكانت النَّفْس صفة غير مادية أو صيغة فُرِضَت على المادة. وهيمنت الروح على الكون، وكانت مَرْكَبَةً كونية من أفكار مشتركة، بواسطتها كان كل جزء من الكون ذو حساسية لبقية الأحداث في بقية الأجزاء. وكانت تعمل الروح كحقل للقوة في الهواء تنشر فوراً الحركة حتى طرف الكون ثم تعيده ثانية. وهذا يُذكِّر بالمفاهيم العصرية عن أمواج الصوت أو الأمواج الكهربائية المغناطيسية التي تتحرَّك في الهواء. وفي داخل الجسم تنتشر الروح في الأوعية الدموية والأعصاب وتساعد في بث الحساسية والحركة والطاقة.

مَيَّزَ غالين Galen بين ثلاثة أنواع من النفس داخل الجسم: النفس الطبيعية، والنفس الحيوية، والنفس الحيوانية. وتكونت هذه بواسطة ثلاثة أعضاء رئيسية ومن الوظائف أو الأرواح المرتبطة بها (الفكرة أُخذت من أفلاطون Plato). الكبد، وهو محور الروح الفاتحة للشهية والمصدر المفتَرَض للأوردة، قد كَوَّن النفس الطبيعية. القلب، وهو مركز الروح النشيطة ومصدر الشرايين، قد كوَّن النفس الحيوية. الدماغ، وهو مقر الروح المنطقية ومصدر الأعصاب وقد كون النفس الحيوانية. ويأخذ الكبد الطعام المهضوم من المعدة والأحشاء ويُعِدّه

على شكل دم وريدي يحتوي على النفس الطبيعية، وعندما يُوزَّع إلى بقية الجسم، يُمتصُ مشكِّلاً مادة العضو. كان ذلك الأساس في وظيفة الكبد الفاتحة للشهية (المغذية). أَخْذُ الدم الوريدي، القلبُ يخرجه مع النَّفْس المستمدة من الهواء من خلال الرئتين، تكوينُ دم شرياني أحمر، مملوء بالنَّفْس الحيوية. هذه الوظائف الحيوية المنتشرة في الجسم بواسطة الشرايين، كانت المسؤولة عن العمليات الحيوية الأخرى بصرف النظر عن عمليات الحركة والفكر. وكان الدماغ يحول النَّفْس الحيوية إلى نَفْسٍ عقلية، التي أصبحت فيما بعد مسؤولة عن الوعي، وعندما تُوزَّع بواسطة الأعصاب، تصبح مسؤولة عن حركة العضلات والإحساس.

النَّفْس pneuma، المفهوم الذي حصلنا عليه في العصور القديمة، أقرب إلى المفهوم العصري للطاقة. إنها صيغة كامنة غير مادية للحركة والعمل والحرارة وتحولاتها تماثل تحولات الطاقة. ولا يزال شبح النَّفْس pneuma يتردّد على فكرة الطاقة الحديثة. ولكنها تحوَّلت إلى مفهوم مادي بكل ما في الكلمة من معنى على أيدي علماء اليوم الواقعيين.

بعد غالين Galen، كان هنالك القليل من التجديد في العالم الإغريقي والروماني، وتوكيد متزايد على التصوف واللاهوت. وفي القرن الرابع أصبحت المسيحية الدين الرسمي لروما، ولكنها كانت ديانة معارضة تماماً للروح العلمية في ذلك الزمن. وفي القرن الخامس، غَزَتْ القبائل الألمانية النصف الغربي للإمبراطورية مُعلنة

اقتراب العصور المظلمة التي دامت قرابة ألفي سنة. أما الجانب الشرقي من الإمبراطورية والناطق باللغة الإغريقية، فدام مدة أطول من ذلك بكثير فاقداً سلطته بالتدريج. وفي القرن السابع والثامن فتح العرب المسلمون سورية ومصر وشمال أفريقيا وإسبانيا متشربين المعرفة الإغريقية. ولم تتمكن أوروبا المسيحية إلاَّ في القرن الحادي عشر وبعده، من أن تمتص ثانية المعرفة الإغريقية من الغرب وأن تُطْلِقَ شرارة عصر النهضة.

تشكِّل الكيمياء القديمة جسراً بين الإغريقية القديمة والمعرفة الرومانية من جهة ومولد العلم العصري في أوروبا في القرن السابع عشر من جهة أُخرى. وإذا بدأ بحث الكيميائيين القدماء منذ ألفي سنة في الإسكندرية والصين والهند، فقد كان إسحق نيوتون في أواخر سنة 1680 يكرس معظم وقته لهذا الفن الغامض. وبما أن الكيمياء القديمة ظهرت خلال العصور المظلمة للمعرفة والعلم، فقد عكست الأشكالَ الدينيةَ والرمزيةَ والصوفيةَ. ولكنها أبقت على علاقة ممارسيها مع المعرفة الكلاسيكية والعلم التجريبي. ويبدو أنّه أمر لا يصدق أن يأتي مواطنون عقلاء بهذا الاتحاد الغريب بين الكيمياء والدين. لماذا لا يوجد اتحاد أَو جمع بين الهندسة والجنس، أَو الشِّعر وتزيين الحدائق. فماذا يمكن أن يكون حداثة أكثر من ذلك؟ ولسوء حظهم، كانت نظريات الكيمياء القديمة مغلوطة كلياً .

أهمية الكيمياء القديمة في قصتنا أنها حاولت على الأقل أن تفهم ماهيَّة الأشياء، والأهم من ذلك كيف تتحوّل. فإذا نظرنا ببساطة إِلى

حجر أَو بيضة، فمن الصعب أن نرى مما يتكونان ومن أين تأتي إمكانياتهما للتغيير. وما هو الشيء الذي يُمَكِّن البيضة من أن تتحول إِلى دجاجة؟ ما هو الشيء الذي يسمح لقطعة الخشب أن تحترق؟ ما هو الشيء الذي يجعل قطعة الذهب تدوم للأبد؟ لقد وضع الكيميائيون القدماء كل هذه الأسئلة في النار. لقد كانت النار محولاً ومغيِّراً عظيمين: إنها تفصل المعادن، وتُصَفِّي المحاليل، وتطبخ الطعام. كان الكيميائي القديم من نواح مختلفة طباخاً وتكنولوجيته مُسْتَمدة من المطبخ. وسعى أن يُحوِّل مواده الخام إِلى الكمال وذلك من خلال وصفةٍ طهويةٍ أَو أعشاب أَو استلهام الحل. لقد حاول الكيميائي القديم كذلك أن يفصل (بالتقطير والأَساليب الأُخرى) جوهر أَو روح الأَشياء، كفصل المعدن عن فلزاته أَو تقطير الخل من الكرمة، أَو «استخراج» الدواء من النبات. لقد ظنوا أن إضافة جوهر الذهب (الذي عرف فيما بعد بحجر الفلاسفة) إِلى المعادن الأُخرى، سيحول المعادن الخسيسة إِلى ذهب. ولسوء حظ الكيميائيين القدماء، لم يعرفوا حينئذٍ أن الذهب كان عنصراً غير قابل للتغيير وأنّه جوهري أكثر من التراب والنار والهواء والماء، وأنّه ليس هنالك جوهر للذهب يمكن أن يُعطى للمعادن الأُخرى، أما الإنجاز الحقيقي للكيميائيين القدماء فكان، من خلال كدحهم فوق موقد ساخن وتلفيقهم المفاهيم العقلية، أنّهم بالتدريج غَيَّروا الأنواع والأَفكار التي فُهِمتْ المادة من خلالها، وساعدوا في النهاية في تطوير الكيمياء والكيمياء الأحيائية.

ماذا تعلمنا من رحلتنا خلال التقدم العلمي في العالم

الكلاسيكي؟ من إمبيدوكليس Empedocles وأرسطو Aristotle وعلماء الذرة، اكتشفنا أن العالَم وتغيراته لا ينبغي أن تُفهم حسب أمنيات ورغبات الكهنة أَو الأرواح أَو رغبات المادة نفسها، بل يمكن أن تُفسّر حسب بنية وتفاعلات عدد صغير من الجسيمات والعناصر التي هي أصغر من أن تُرى، ولكن عندما تُخلط معاً فإنّها تُكَوِّن مادة يمكن أن تُشاهد. أما التغيرات التي نراها فتعود أسبابها إِلى تجاذب أَو تنافر بين الجسيمات التي تؤدي إِلى التغيرات في تركيب المادة. من أبقراط Hippocrates وغالين Galen علمنا أن أسباب الموت والمرض لا تعود إِلى إرادة الكهنة أَو الشياطين أَو السحرة، ولكن يمكن أن تُفَسَّر بحسن أَو سوء أداء آلة الجسم. وهذا يمكن أن يُفهم من خلال ارتباط الأعضاء المختلفة بوظائفها والسوائل الحيوية المختلفة التي تجري فيها وبينها، وأنواع مختلفة من الأَنشطة أَو الغازات الخفية التي تنفخ الحياة في الجسم. ومهما يكن من أمر، فإن هذه المعرفة لا تشرح كيف يحرك شخص يده بإرادته أَو كيف يمكن أن تحدث الفكرة أَو كيف تختلف الحياة عن الموت، فلذلك يجب أن تستمر رحلتنا في العالم الحديث بحثاً عن طاقة الحياة.

التنوير

بدأ عالمنا المعاصر بالظهور إِلى الوجود على أيدي علماء ومفكري أوروبا في القرن السابع والثامن. ولولا تدخلهم لعشنا الآن على نحو مختلف، ربما في حالة مرتجلة أولية. ولكن الأمر احتاج ثورات وثورات مضادة، وأبطالاً وأبطالاً معارضين، ودماءً

ودموعاً لتحقيق تحول الفكر الذي أصبح يُعرف باسم «التنوير».

لقد كان من عمل أربعة علماء، على وجه التحديد، الذين مهدوا الطريق لهذا الأسلوب العلمي الجديد. فنسفت اكتشافاتهم معتقدات القرون الوسطى عن علم الكونيات. وأول مفاجأة مذهلة حرَّرت العالم، الذي كان منزعجاً بمعتقداته في القرون الوسطى كان الاكتشاف القائل أن الأرض لم تكن مركز الكون. ولحكمة ما، لم يذكر كوبرنيكس ذلك علناً إطلاقاً (1473 ـ 1543 Copernicus). ولكن موجات الصدمة التي خرجت من نظريته حول مركزية الشمس هَزَّتْ الكنيسة في العصور الوسطى على كل حال. وَبَيَّنَ كيبلر Kepler (1571 ـ 1630) أن الكواكب لا تتحرَّك على شكل دائري وإنما على شكل بيضوي. إضافة لذلك استخدم غاليليو Galileo (1564 ـ 1642) التلسكوب ليبيِّن أن ليس كل شيء يبلغ حدّ الكمال فيما يتعلّق «بالأجسام السماوية»، فالقمر تغطيه الفوهات البركانية والبراكين. ولكوكب جوبيتر أقمار، ويتألَّف غطاء المجرة في الواقع من ملايين وملايين من النجوم. وتابع نيوتون (1642 ـ 1727) لِيُبيِّن أن الكواكب ليست قانوناً لنفسها وإنما تتبع قواعد الأشياء نفسها على الأرض.

والأهم من ذلك بكثير، قال كيبلر وغاليليو ونيوتون؛ أن كل شيء بدءاً من أباريق الشاي إلى الكواكب «ينصاع» إلى قوانين ميكانيكية دقيقة رياضياً، مستحضرين في أذهانهم الكون شديد التنظيم، الذي تحكمه «قوى» ميكانيكية باردة. ولم يعد هنالك متسع للأرواح أو إدعاءات الكهنة، ولا متسع لقوى إمبيدوكليس

Empedocles عن الحب والنزاع. فالأشياء لم تتحرَّك (ولم تتوقف كذلك) لأنها أرادت أن تفعل ذلك، ولكن لأنّها أُجبرت على ذلك. وحسب نيوتون (وغاليليو) عن القانون الأول للحركة، لم تعد الحركة تشير إلى الحياة أَو الروح. وإن مجرد تغيير في السرعة أَو الاتجاه كان عملية نشيطة بسبب «قوة» خارجية. وهكذا، وعلى نحو مذهل، كل الحركة في العالم، بصرف النظر عن الحيوانات الحية، يمكن أن تفسّر كحركة سلبية ميكانيكية. وفجأة، أصبح العالَم غير المادي بارداً للغاية وفارغاً وميتاً. وبدلاً من الأرواح والأشكال والنوايا، كان هنالك قوى. وفي الواقع لم تكن «القوى» التي سكنت عالم نيوتون مختلفة جذرياً عن الأرواح السابقة. فالقوى الجديدة كانت غير مُفَسَّرة ومتعذرٌ تعليلها، ولكن كان لها أساس ميكانيكي غير حي، بالمقارنة مع الحرية الحية «للأرواح». وأطاعت هذه القوى، رغماً عنها، قوانين رياضية دقيقة، بينما تبعت الأرواح أهواءها. أما المعجزة التكنولوجية لذلك الزمن، فكانت الساعة الميكانيكية، التي أصبحت، بدورها، المعنى المجازي للكون نفسه. وباختراع الساعة، بدأ الزمن يسجِّل وأُجبر الكون أن ينبض في الوقت المحدّد.

لم تكن فقط الأشياء غير الحيّة التي أُرغمت على الإنحناء إلى الروح الميكانيكية الجديدة للعصر، فقد رأى رينيه ديكارت René Descartes (1596 ـ 1650) أن الحيوانات أيضاً كانت أجهزة ميكانيكية محضة، أي أجهزة أوتوماتيكية بلا شعور أَو وعي. كما يمكن أن تُعلّل عمليات الجسم باستخدام القوانين الميكانيكية. فالأعصاب،

مثلاً، كانت تعمل كأنابيب هوائية تنقل تغيرات ضغط روح الحيوان (النفس العقلية) من نهايات الأعصاب إلى الدماغ. ومن هنالك، خلال أعصاب أُخرى، إلى العضلات حيث كان الضغط يضخّم العضلات.

«الآن حسبما تدخل هذه الأرواح إلى تجاويف الدماغ، فإنّها تمر من هنالك إلى مسامات المادة، ومن هذه المسامات إلى الأعصاب، وحسبما تدخل أَو بينما تتجه لتدخل في واحد أَو أكثر، يكون لديها القدرة لتغيير شكل العضلات التي تدخل فيها الأعصاب، وبهذه الوسيلة تجعل كل الأعضاء تتحرَّك».

وتابع مقارناً الوظائف العصبية للجسم والعقل بالدمى المتحركة والأنيقة، التي تتحرَّك بأنابيب هيدروليكية، ويمكن أن تتحرَّك وتتكلم في ما يبدو.

وترك ديكارت فتحة صغيرة للروح في الغدة الصنوبرية، وهي غدة لوزية الشكل في مركز الدماغ. وقال إن الروح كانت مختلفة جوهرياً عن المادّة ولا تخضع لقوانين الطبيعة، ولكنها تتفاعل مع الجسم، من خلال الأرواح الحيوانية داخل الغدة الصنوبرية. وقال إنها تتألّف من مادّة تفكير غير قابلة للانقسام أَو التمدد، وتشكِّل العقل وكل الأفكار والإرادة والرغبات. ولكن كل شيء على الأرض، أي الجسم البشري والدماغ كذلك، هو عبارة عن آلية عمل ساعة ضخمة.

قيل إن ديكارت كان خاضعاً لتلبس الشياطين أَو العفاريت

لابتكاره مذهب «الثنائية» الذي مفاده أن العالَم يتكون من مادتين مختلفتين جوهرياً: العقل والمادّة. والثنائية على كل حال مفهوم قديم وموجود في كل الثقافات الأولى، ففي عصر النهضة في بلاد الإغريق، كان المفهوم لأفلاطون Plato عن عالمين منفصلين يتكونان من مظاهر خارجية وأَفكار بالغة درجة الكمال، وكذلك حسب مفهوم أرسطو Aristotle حول المادّة والشكل، والثنائية موجودة كذلك وباستمرار في كل مكان من الفكر الهندوسي واليهودي والمسيحي والإسلامي، وتقول بانفصال الجسم عن الروح. ولم يبتكر ديكارت الثنائية. على العكس تماماً، كان مادياً، راديكالياً، مُعتَبِراً كل الأشياء تقريباً تَتَكَوَّنُ من شيء واحد فقط وهو المادّة. ولكن ربما خانته شجاعته عندما وصلت إلى إنكار الروح. ويمكن أن تتصوّر أن ديكارت فعل ذلك بعد أن أدانت محاكم التفتيش، سنة 1616 و1633، غاليليو بسبب معتقداته الهَرْطَقِيَّة.

سواء قصد ديكارت ذلك أم لم يقصد، فإن فلسفته والفلسفات الميكانيكية الأُخرى كانت تفصل الجسم عن العقل إلى حد بعيد. ولذلك اعتُبرت عموماً أنّها مختلفة بصورة جذرية. وكان يُنظر إلى الجسم والعقل كآلتين باردتين وكانا يُحلّلان وكأن الواحد منهما دمية فنية حديثة أَو ساعة أَو رافعة أَو دمية هيدروليكية أَو آلة بخارية، أَو إنسان آلي كهربائي أَو كمبيوتر إلكتروني، وهكذا أصبح العقل شيئاً غير واضح وغير مادي، ويتزعزع عند التحليل والأفضل أن يترك

لعلماء اللاهوت والفلاسفة ليفكّروا به. وبالتالي ينقسم السعي وراء الطاقة الجسدية والطاقة الفكرية إلى قسمين هنا، إلاّ أنهما يجتمعان مرّة أُخرى في الوقت الحاضر تقريباً.

كان ديكارت من أعظم فلاسفة ورياضيي وعلماء العالم، ولكن يبدو أنّه كان كسولاً فعلاً. فنادراً ما كان ينهض قبل منتصف النهار، وكان يعمل لساعات قصيرة، ويقرأ قليلاً. ولكن من أين جاء بإبداعاته التي ظهرت في أعماله العظيمة؟ قد يكمن واحد من الإجابات في تجنّبه للروتين. ولم يكن بحاجة لوظيفة، لأنه باع ممتلكات والده، وكان ينفق من ريع استثماراته. ولذلك انهمك في أبحاثه. وعندما هدَّده الملل، التحق بالجيش، فاختبر جيوش فرنسا وهولندا وباڤاريا. لقد كان اجتماعياً، ولكن إذا صرفه أصدقاؤه عن عمله، كان يبتعد عنهم. لم يتزوج ديكارت قط، ومات طفله غير الشرعي في الخامسة من عمره، ولذلك لم يكن هنالك حاجة لكي يتكيّف مع الروتين المنزلي. وكان قادراً على التركيز الشديد في فترات قصيرة. ففي صباح يوم بارد من شتاء سنة 1619 ـ 1620، عندما كان في الجيش الباڤاري، دخل إلى فرن كبير ليحافظ على دفء جسمه. ومكث هنالك كل اليوم مفكراً. وعندما خرج كان قد أنهى نصف فلسفته الانتقادية، التي أصبحت أساس الفلسفة الحديثة. تؤكد هذه الحكاية الطريفة على أهمية إبعاد كل ما يَصْرف الذهنَ من المحيط الخارجي الذي يمكن أن يشوّش المجهود الفكري. ولكن ما كان لديكارت أن يتوصل إلى هذا العمل الفذّ دون أن يُبْعِدَ كذلك كل الإغواءات

الداخلية للأَفكار الروتينية والمشاعر والرغبات. والأهم من ذلك كله، أنه ما كان له أن يحقِّق شيئاً بدون تلك الدرجة الرفيعة من الثقة بالنفس. ولو لم يكن مُسَلَّحاً بالتفاؤل لما استطاع أن يَرفض كل التفكير السابق، وأن يجدّد المصوَّر الفكري للعالَم. والثقة شرط ضروري للإبداع. ولكن عزيمته انهارت أخيراً عندما أغرته الملكة كريستينا Christina للذهاب إلى السويد. وكان مُرغَماً على إعطائها دروساً يومية عند الساعة الخامسة صباحاً. وكان ذلك مرهِقاً بالنسبة لبنيته الضعيفة فمات خلال ستة أشهر.

لقد حاول ديكارت، ولكنه لم ينجح، في تطبيق منهجه الميكانيكي الجديد على البيولوجيا. ولكن على يدي وليام هارڤي William Harvey (1578 ـ 1657)، وحسب رأيه، أدَّى هذا المنهج إلى نجاح مرموق عندما اكتشفَ الدورةَ الدمويةَ. كان يُعتَقَد أن الدم يُصنع في الكبد والقلب، ماراً مباشرة من الجانب الأيسر للقلب إلى الجانب الأيمن ثم يخرج إلى بقية الجسم ولا يعود إلى القلب أبداً، علماً أنّه يمكن أن ينحسر ويتدفق في الأوعية الدموية. وكان يُعتقد أن خفقان القلب كان مردّه، على نحو ما، إلى التنفّس، وعلى نحو آخر، إلى تشكّل الحرارة والأرواح داخل القلب. ولذلك لم يضخ القلبُ الدمَ، كما ظُنَّ سابقاً. لَقَدْ بَيَّن هارڤي Harvey بالتجربة والبرهان الكمي أن القلب يتلقَّى من الدم بقدر ما يضخ إلى الخارج. ولم يكن يصنع الدم بل كان يوزعه في الجسم. لم يكن القلب كيميائياً قديماً بل مضخة ميكانيكية. إضافة لذلك، أثبت هارڤي أنه كان مضخة مزدوجة،

فالأوردة كانت تأتي بالدم من أطراف الجسم إلى الجانب الأيمن من القلب الذي كان يضخ الدم إلى الرئتين ثم يعود من هنالك إلى الجانب الأيسر من القلب ثم يُضَخ إلى أطراف الجسم من خلال الشرايين. وهذا يخبرنا أن وظيفة القلب والأوعية الدموية كانت تفسر بتشبيه ميكانيكي، وقد أوحت هذا التشبيهَ المضخةُ والأنابيب المستخدمة لتوزيع الماء.

كان هنالك نقطة ضعف في منهج هارڤي، فلم يعرف كيف وصل الدم من الشرايين وعاد إلى الأوردة. وسبب ذلك أن الأوعية الشعرية كانت صغيرة للغاية ولم يتمكن هارڤي من رؤيتها. ولذلك ترك الأمر لمارسيلو مالبيغي Marcello Malpighi (1628 ـ 1694) ليكمل صورتنا عن دوران الدم، وذلك باكتشاف الأوعية الشعرية بواسطة مجهر اكتشف حديثاً، تماماً كما اكتشف التلسكوب السماء وكما اكتشف مشرط التشريح الجسم تحت الجلد. ولا بد أن أول من استخدم المجهر شعر بالدهشة عندما دخل إلى مناطق مجهولة. وهكذا وصف مالبيغي Malpighi لأول مرة بنية الرئات والطحال والكلى والكبد والجلد. ولا يزال الكثير من أقسام الجسم تحمل اسمه (مثلاً أقنية مالبيغي في الكلى) تماماً كما ترك الذين اكتشفوا البر والبحر أسماءهم في الأمريكيتين. ثم أنتوني ڤان ليونهوك Antoni van Leeuwenhoek (1632 ـ 1723) تاجر أجواخ هولندي، ومن أوائل من استخدم المجهر، اكتشف العضلة المخططة والسائل المنوي والباكتريا. ومن ثم جاء العالم الإنكليزي روبر هوك Robert Hooke (1635 ـ 1703)

الذي كان أول من شاهد وسَمَّى «الخلية» ولكنه فشل في معرفة أهميتها.

إن معرفة البنية المجهرية للأشياء الحية أمر ضروري كي نفهم كيف تعمل. وفي هذا المجال تختلف عن الآلات الميكانيكية التي تُرى بالعين المجردة، بينما تُبْنى الأشياء الحية من أجزاء مجهرية منسجمة التكوين ولكن غير مشوقة. وتبدو الأشياء الحية للعين المجردة بسيطة تماماً، إلاَّ أنّها تُظْهِرُ تعقيداً يدهش العقل حسب المقياس المجهري. وهذا التعقيد المتقلّب يستمر حتى يصل للمقياس الذري. ولم يكن البيولوجيون الميكانيكيون وكل الأجيال السابقة من البيولوجيين مدركين لهذا الجانب الحي من المعرفة. وتُفْهمُ بعض الوظائف البيولوجية (كيف يدور الدم مثلاً) على مستوى العين المجردة. ولكن أهم الأسرار (لماذا يدور الدم مثلاً) فتوضع على ميزان الجزيئات، كما أنّها ليست في متناول يد الذين يستخدمون المجاهر كذلك. وهكذا، تمكّن البيولوجيون الميكانيكيون من القيام بتقدّم قليل نسبياً، بالرغم من تقدّمهم المفاجئ أحياناً فيما يتعلّق بدوران الدم وعلم بصريات العين.

رداً على التفسير الميكانيكي (والكيميائي) للحياة الذي ذُكر في القرن السابع عشر، دافع الكثير من العلماء والمفكرين عن الحياة لأنها مختلفة جذرياً عن الأشياء غير الحية بسبب امتلاكها «قوة حيوية». وكان جورغ إيرنيست ستاهل (1660 ـ 1734) واحداً من القائلين بالمذهب الحيوي، الذي فسَّر الحياة والمرض كأعمال روح

حسَّاسة «anima» تسكن كل جزء من الكائن الحي وتمنع تفسخه. «والأرواحية» هذه نظيرة «الحيوية»، أي الاعتقاد أن الحياة لا تفسر بلغة ميكانيكية وكيميائية محضة، وهذا يُرجِعنا إلى زمن أرسطو وما قبله. كان ستاهل كيميائياً وجاء بالنظرية اللاهوبية سيئة السمعة، والتي فسّرت الاحتراق، أي الاحتراق مع ما يرافقه من لهب وحرارة، أنه ناشئ عن إطلاق مادة خاصة تدعى فلوجيستون phlogiston، أي طاقة حرارية مخزّنة. كان يعتقد ستاهل أن النباتات تأخذ مادة الفلوجيستون من الهواء وتدمجها في مادتها، فإذا احترق النبات فيما بعد (كالخشب أَو القش) فإن مادة الفلوجيستون تسرّب إلى الهواء. وإذا أكل الحيوان النبات فإن الفلوجيستون ينطلق عن طريق تنفس الحيوان، وهذا شكل من الاحتراق داخل الحيوان. لقد ضلّل شبح مادة الفلوجيستون الكيميائيين مئة سنة تقريباً إلى أن قضى عليه لاڤوازييه Lavoisier الذي دحض حيوية ستاهل كذلك. ومات ستاهل، على كل حال، في حالة من الاكتئاب الشديد قبل زوال نظرياته بوقت طويل.

لقد أدّت بنا الرحلة التاريخية إلى عالَم بارد وتجريدي من العلم، أُبْعِدَ عن الشعوذات والأرواح، وحَكَمَتْه، بدلاً من ذلك، القوانين والقوى. وقد قُمنا بمغامرة تحت قشرة من المظاهر الخارجية، ويجب أن نسير قدماً لنصل إلى مقاييس أصغر إذا أردنا أن نفهم معنى الحياة. لقد أصبح الجسم البشري آلة، وينبغي أن يفكك قطعة قطعة. ولكن حجاب الألغاز التالي الذي يخفي سر الحياة ليس جسدياً أَو

ميكانيكياً. وعلى الحلم القديم للكيميائيين القدماء أن يُثمر على شكل كيمياء الحياة.

الثورة

المحاولات البشرية لاكتشاف سر طاقة الحياة قد توقفت لمدة ألف سنة ولكنها بدأت الآن لتسير قدماً. وكان ذلك بفضل منجزات مروعة لرجل واحد: وهو أنطوان لورينت لاڤوازييه Antoine Laurent Lavoisier (1743 ـ 1794)، أبو الثورة الكيميائية وضحية الثورة الفرنسية. وكان كل من أرسطو Aristotle وغالين Galen وباراسيلسوس Paracelsus وستاهل Stahl وآخرون يدركون أن هنالك علاقة ما بين التنفّس والحرارة والحياة. ولكن طبيعة هذه العلاقة لم تكن واضحة. لقد بَيّن هارڤي أن الدم ينتشر من الرئتين إلى أطراف الجسم ثم يعود ثانية عن طريق القلب، ولكن لماذا انتشر بهذه الطريقة. أكان ذلك من أجل إحضار شيء للأنسجة أم نزعه منها؟ ولقد لوحظ التشبيه بين الحياة والاحتراق، ولكن كان ينظر إلى الاحتراق كنوع من التحليل ولذلك كانت الصلة مع الحياة غير واضحة.

ألقى بعضُ العلماء البريطانيين الضوءَ على تلك الألغاز. فاكتشف روبرت بويل Robert Boyle (1627 ـ 1691) أن حيواناً لا يستطيع أن يعيش طويلاً في جرة فُرِّغ منها هواؤها بواسطة مضخة تخلية الهواء، مبيناً أن حياة الحيوان تعتمد على الهواء أو بعض مكوناته. وَبَرْهَنَ مساعدُ روبرت كوك Robert Kooke (1635 ـ 1703) أن حركة الصدر

الميكانيكية أثناء التنفّس لم تكن ضرورية للحياة، لأنه تمكن من إيقاف حركة الصدر في الحيوانات، بينما كان يحافظ على الحياة وذلك بنفخ الهواء ثم تخليته بواسطة المنفاخ. وبرهن ريتشارد لووَر Richard Lower (1631 ـ 1691)، وهو رائد من روّاد نقل الدم، أن تَغَيُّرَ لون الدم من أسود مزرق في الأوردة إلى اللون الأحمر في الشرايين يحدث أثناء مروره من خلال الرئتين.

يعتقد بعض علماء القرن السابع عشر، على نحو لا يصدق، أَن الحياة كانت تسير بطاقة مماثلة للبارود. وقد أدَّى اختراع البارود في أواخر العصور الوسطى إلى الاعتقاد أن مكونات البارود (كبريت ونيترات) كانت مسؤولة عن الرعد والبراكين والهزّات الأرضية، وأكَّد هذا الافتراض، بصورة واضحة، الرائحةُ الكبريتية للبراكين والعواصف الرعدية. وكان يُظن أن البرق كان ينشأ عن مركب نتراتي من الهواء، هو روح النترات. وكان يُعتقد كذلك أن روح النترات هذه كانت تستخلص من الهواء بواسطة الجسم المتنفس ثم تتحد مع مركبات كبريتية موجودة في الجسم أصلاً على شكل احتراقات ـ أي انفجار الحياة. إن نظرية البارود عن الحياة مثال آخر مدهش عن كيفية تقديم التغيير التكنولوجي أمثلة تشبيهية وأساليب تفكير مبتكرة عن البيولوجيا.

بين سنتي 1750 و1775 اكتُشِفت الغازات الرئيسية من قبل كيميائيين بريطانين. جوزيف بلاك Joseph Black اكتشف غاز ثاني أوكسيد الكربون سنة 1757. وهنري كافِنديش Henry Cavendish

اكتشف الهيدروجين سنة 1766. ودانيال روثرفورد Daniel Rutherford اكتشف النيتروجين سنة 1772. أما الأوكسجين فقد اكتشفه جوزيف بريستلي Joseph Priestley سنة 1774 وكارل سكيل Karl Scheele سنة 1772. وكان كل واحد منهما مستقلاً عن الآخر. على كل حال، لم تُعتَبر هذه الغازات مواداً كيميائية مميزة وإنما أنواع من الهواء. وهذا يذكرنا بنظرية إمبيدوكليس عن العناصر الأربعة التي ما يزال لها نفوذها ـ فقد دامت 2200 سنة بعد موته. فمثلاً كان يُعرف ثاني أوكسيد الكربون كهواء ثابت. وكان يعرف الأوكسجين بهواء النار. إلاَّ أن المسرح العلمي كان مهيئاً لثورة: من أجل الإطاحة بالعناصر الأربعة، وإخماد نار مادة فلوجيستون phlogiston، ورفض النظرية الحيوية، ومن أجل خلق الكيمياء والكيمياء الفيزيولوجية.

كان لافوازييه Lavoisier ثائراً غير مرغوب فيه: فقد كان والده محامياً، وكانت أسرته جزءاً من البورجوازية الفرنسية المزدهرة. وتلقى أحسن تعليم ممكن ودرس القانون. وكسب فائدة في الكيمياء من صديق الأسرة. وكانت الأكاديمية الفرنسية للعلوم قد تأسّست منذ سنة 1666. وقرَّر لافوازييه، عندما بلغ الحادية والعشرين من عمره، أن يكون عضواً فيها. ونجح في البحث عن طرائق مختلفة من أجل إنارة الشوارع العامّة. ونال الميدالية الذهبية، قدّمها له الملك. وفي الخامسة والعشرين من عمره انتخب ليكون عضواً في الأكاديمية. ثم بحث في سلسلة من التجارب الكيميائية التي أعادت هيكلة عالم المعرفة. وكان عليه أن يُمول تجاربه الكيميائية الخاصة به، شأنه في

ذلك شأن العلماء الآخرين المعاصرين له ولذلك باع ما ورثه عن والدته ليشتري عضوية في مؤسسة لجباية الضرائب. الأمر الذي طمأنه مالياً، إلاَّ أن ذلك كان عملاً مشؤوماً في النهاية لأن جباة الضرائب أصبحوا غير محبوبين بعد الثورة الفرنسية، إلاَّ أن مهنته كانت سبباً في التعرّف على فتاة في الثالثة عشرة من عمرها، تُدعى ماري، ابنة جابٍ من جباة الضرائب، والتي أصبحت زوجته فيما بعد. وقد ظهر فيما بعد أن ذلك كان أمراً حكيماً لأن ماري بسرعة أصبحت عالمة ماهرة، وقامت بدور مساعد قدير في كل أعمال لاڤوازييه.

وفي سنة 1775 عُيِّن لاڤوازييه مديراً علمياً في الإدارة الملكية للبارود. وبدأ يعمل لإيجاد وسائل لتحسين الإنتاج. وبحث في الطبيعة العامة للاحتراق والأكسجين والتنفّس. وعندما دحض أخيراً نظرية الفلوجيستون، قدّم أفراد أسرته للجمهور احتفالاً، ارتدت ماري فيه رداء كاهنة، وأحرقوا كتابات ستاهل على مذبح الكنيسة، أما سنة 1789، وهي السنة التي نشر فيه لاڤوازييه كتابه العظيم Traite elementaire de chimie، فكان علامة بارزة لبداية الثورة الفرنسية. ومع أنّه خدم في إدارة ثورية، إلاَّ أن بورجوازيته وجباية الضرائب أحدثت أثراً قاسياً عليه، فَسُجِن خلال حكم الإرهاب. وأتيحت الفرصة لزوجته ماري أن تقدم التماساً من أجل الإبقاء على حياته، ولكنها بدلاً من ذلك شجبت النظام بشدة، وحوكم لاڤوازييه ونُفِّذَ فيه حكم الإعدام بالمقصلة سنة 1794.

كان أول أهداف لاڤوازييه نظرية العناصر الأربعة. كان الكيميائيون القدماء قد وجدوا أن تسخين الماء لمدة طويلة يؤدي إلى اختفائِهِ وظهور مخلفات صلبة. وظنّوا أن هذا ناشئ من تحوّل عنصر واحد ـ وهو الماء ـ إلى عنصر آخر ـ وهو التراب ـ وذلك بفعل الحرارة أَو التجفيف. ونحن نعلم الآن أن المخلفات الصلبة تنشأ، على نحو ما، من الأملاح الذائبة في الماء غير الصافي، وعلى نحو آخر، من الوعاء الذي تُسخَّنُ فيه الماء. وبرهن لاڤوازييه على ذلك بتسخين ماءٍ نقي في وعاء زجاجي مختوم لمدة مئة يوم ويوم. ووجد أن كمية ضئيلة من مادة صلبة ظهرت في الماء. ولكنه وزن المادة والماء والوعاء فتبين أن كل هذه المادة كانت ناشئة فقط من الوعاء. وهكذا برهن أن الماء لا يمكن أن يتحوّل إلى تراب.

وبعد ذلك التفت إلى إحراق المعادن. إن تسخين المعادن يؤدي إلى صدأ السطح. وقد شُبِّه هذا بالاحتراق. ولكن حسب نظرية فلوجيستون (أي التسوية بين الفلوجيستون وعنصر النار) ينشأ الاحتراق عن إطلاق مادة الفلوجيستون من المادّة إلى الهواء. واختبر لاڤوازييه هذه المسألة بقياس وزن المعدن قبل التسخين وبعده. ووجد أن المعدن كان دائماً يزداد وزنه بعد التسخين. وهكذا نجد أن نظرية فلوجيستون عن احتراق المعادن لا يمكن أن تكون صحيحة: وشرح لاڤوازييه اكتشافه بأنه أثناء تسخين المعدن، اتحد شيء من الهواء مع المعدن ليشكِّل الصدأ. ولذلك زاد وزن المعدن. ولكن ما هو ذلك الشيء الذي اتحد مع المعدن؟

في هذا الوقت (تشرين أول 1774) زار جوزيف بريستلي Joseph Priestly باريس، وتناول العشاء مع لاڤوازييه والعلماء الفرنسيين الآخرين. وأدّى هذا الاجتماع الحاسم إلى الحصول على الحل الأساسي لبحث لاڤوازييه، ولكنّه أدّى إلى نزاع مرير وطويل الأمد حول الأفضلية العلمية والانتحال. كان بريستلي (1733 ـ 1804) Priestly قسيساً بروتستنتياً من مدينة يوركشاير قد أظهر مَيْلاً مفاجئاً نحو العلم. فبينما كان يدرس خصائص غاز ثاني أكسيد الكربون الناشئ عن مصنع الجعة المجاور له، اكتشف بريستلي أن انحلال الغاز في الماء، يشكّل مشروباً لذيذاً. (المياه الغازية، الموجودة في معظم المشروبات غير المسكرة اليوم) ونال ميدالية مميزة من الجمعية الملكية لهذا الإكتشاف. ودُعِم فيما بعد بعضوٍ جديد ليساعده في عمله وهو إيرل شيلبورن Earl of Shelburn الذي كان بالنسبة له سكرتيراً ومفكراً مقيماً. وأنشأ بريستلي مخبراً على أرضٍ يملكها شيلبورن Shelburn في الريف وواصل عمله من أجل فصل عدد من الغازات. وفي آب 1774، تمكّن بريستلي من فصل الأوكسجين وذلك بجمع الغاز الناتج عن تسخين أوكسيد الزئبق. فقد وجد أن الشمعة تتوهج أكثر أثناء احتراقها والفأر يعيش مدة أطول في جرة مملوءة بهذا الغاز بالمقارنة مع الهواء العادي. واعتبر بريستلي Priestly الغاز الجديد نوعاً من الهواء (هواء صاف) وسمّاه فيما بعد (الهواء نقيض الفلوجيستون) لأنّه كان مؤيداً لنظرية فلوجيستون. عند هذه النقطة الحاسمة أخذ شيلبورن Shelburn بريستلي Priestly إلى باريس،

وأثناء عشاء مهم مع لاڤوازييه، تحدث بريستلي عن تجاربه الحديثة. ولكن هل استلهم لاڤوازييه أفكاراً من هذا الاجتماع أم لا؟ سؤالٌ جرى حوله جدلٌ ساخن فيما بعد. وأعاد لاڤوازييه تجربة بريستلي للحصول على الأوكسجين وذلك بتسخين أوكسيد الزئبق، وهو يدرك أن هذا الغاز الجديد لا بدّ أن يكون المادة الموجودة في الهواء والتي تتحد مع المعدن المسخن لتؤدي إلى الصدأ (أوكسيد المعدن) ولكن لاڤوازييه فهم الغاز الجديد كمادة منفصلة (أو عنصر)، وليس نوعاً من الهواء وسمّاه فيما بعد «أوكسجين»، وتعني هذه الكلمة باللغة الإغريقية (مُشكل الحمض) لأنه اعتقد خَطأً أن كل الأحماض تحتوي على بعض الأوكسجين. وفي نيسان سنة 1775 قدّم لاڤوازييه نتائج بحثه إلى الأكاديمية الفرنسية دون أن يشير إلى بريستلي مدعياً أنه اكتشف الأوكسجين دون الاعتماد على أحد. ونتيجة لذلك، ناقش بريستلي بشدة أولويته في اكتشاف الأوكسجين. ويبدو أنه يوجد الآن شك ضئيل حول ما إذا اكتشف بريستلي Priestly وسكيل Scheele الأوكسجين. ولكن بما أنّهم استخدموا نظرية فلوجيستون، وكان لديهم مفهوم غير واضح عن العناصر الكيميائية، فقد فشلوا في تفسير اكتشافهم كمادة جديدة.

بعد ذلك، ظهر نزاع جديد حول تركيب الماء. كان الماء لا يزال يُعتبر عنصراً. ولكن وَجَدَ كلٌ من بريستلي Priestly وكاڤنديش Cavendish وجيمس وات James Watt (المشهور باكتشاف الآلة البخارية) أنه إذا اشتعل مزيج من الهيدروجين والأوكسجين (أو هواء

يحتوي على الهيدروجين) نتج عن ذلك ماء. وعلى كل حال تأخر هؤلاء في نشر نتائج أبحاثهم. وصدف أن زار مساعد كافنديش Cavendish باريس، وببراءةٍ أخبر لافوازييه عن نتائج أبحاثهم حول الحصول على الماء من الأوكسجين والهيدروجين. فعاد لافوازييه في الحال إلى مخبره وكرّر التجربة، بل ذهب أكثر من ذلك، وتحرّك بعكسها، فسخّن البخار للحصول على الأوكسجين والهيدروجين. ونشر النتيجة سريعاً مدعياً أولية الاكتشاف. ومن المفهوم أن هذا سبَّب غضباً شديداً. ولكن المعلومة الهامة كانت أن الماء لم يكن عنصراً كما اعتُقد سابقاً، ولكنه اتحاد بين الأوكسجين والهيدروجين (أو «مولد الماء» التسمية التي صاغها لافوازييه). وأخيراً انهارت نظرية العناصر الأربعة وشيء آخر كان ينبغي أن يأخذ مكانها. لقد وَفَّر لنا لافوازييه ذلك النظام الجديد، وخاصة الكيمياء الحديثة، التي تتكون من عدة عناصر، منها الأوكسجين والهيدروجين والنيتروجين والكربون والفوسفور، التي يمكن أن تتحد بطرائق مختلفة لتشكل مُركَّبات، يمكن أن تكون صلبة أو سائلة أو غازية، حسب طبيعتها وشروطها.

كان إسهام لافوازييه الرئيسي قياسه بدقة التغير بالوزن واستعماله مبدأ بقاء المادّة ـ أي بغضّ النظر عما تفعل للشيء فإن وزنه لن يتغيّر (طالما أن المادّة لا تتسرّب). وقبل التقدّم العلمي المفاجئ الذي قام به لافوازييه، لم يكن واضحاً حول ما إذا كان يمكن للمادّة أن تظهر أو تختفي خلال تفاعل أو تحوّل. برهن لافوازييه بالوزن أن المادّة

بقيت على حالها خلال تفاعل، وصاغ بوضوح مبدأ بقاء المادّة: لا تُخلق المادّة ولا تُعدم. واستخدم هذا المبدأ ليتابع أين تذهب المادّة في سلسلة من التفاعلات. وبسبب مبدأ لاڤوازييه، ساهم التطور المعاصر للوزن في تطوير الكيمياء، كما ساهم المجهر في تقدّم البيولوجيا. كما زوّدنا برموز علمية للمواد الكيميائية، ولا تزال تستعمل حتى يومنا هذا. وأدّت كل هذه التغيرات إلى الثورة العلمية التي حوّلت الكيمياء القديمة إلى الكيمياء الحديثة. وتَبنَّت أوروبا بكاملها النظام الجديد بسرعة ورفضه فقط قلة عنيدة من أنصار نظرية فلوجيستون، ومنهم، على نحو غير مفاجئ، بريستلي. أما حبل الودّ فلم ينقطع بين هذين العالِمين العظيمين. فقد اعتبر بريستلي، وهو العالم التجريبي، نظريات لاڤوازييه «أسراب من مبتكرات الخيال» بينما وصف لاڤوازييه، وهو الباحث النظري، أبحاث بريستلي «نسيج حيك من تجارب قليلاً ما يُعترض عليها بأي حجج أو براهين».

انتقل بريستلي إلى بيرمنغهام Birmingham سنة 1780 وانضم إلى الجمعية القمرية، وهي رابطة من المبتكرين والعلماء ومنهم جيمس وات James Watt وماثيو بولتون Mathew Boultonn وجوسيا ويدجوود Josiah Wedgwood (مهندس ومُصَنِّع قدور فخارية) وإراسموس داروين Erasmus Darwin (شاعر وعالم بالتاريخ الطبيعي وجد تشارلز). وفي سنة 1791 نُهِبتْ كنيسة بريستلي وبيته من قبل الغوغاء الذين أغضبهم تأييده للثورة الفرنسية. فهرب إلى لندن. وفي سنة

1794، وهو في الحادي والستين من عمره، هاجر إلى أمريكا واستقر في بينسلفانيا وأصبح واحداً من أوائل العلماء البارزين في العالم الجديد.

ثم شكّل لاڤوازييه فريقاً مع بيير ـ سيمون دو لابلاس - Pierre Simon de Laplace وهو من أعظم علماء الرياضيات في فرنسا. أرادا أن يبحثا في العلاقة بين الاحتراق والتنفس، فالاحتراق عملية يرافقها لهب عادة، كاحتراق شمعة مثلاً. أما التنفس فارتبط بكلمة نفخ أَو زفير. ولكن هذه العملية مرتبطة، كما اكتشف بالماضي، باستهلاك الأوكسجين وتشكيل ثاني أوكسيد الكربون. وهكذا أصبح التنفس يمثِّل عملية تبادل الأوكسجين مع الكائن الحي. فالاحتراق والتنفس يستهلكان الأوكسجين من الهواء ويحلان محل ثاني أوكسيد الكربون وكلاهما يشكِّلان حرارة. ولكن هل يستطيع تحول الأوكسجين إلى ثاني أوكسيد الكربون بواسطة الحيوان الحي أن يُفَسِّر تشكيل الحرارة بطريقة رقمية؟ بعبارة أُخرى، هل كان التنفس حقاً احتراقاً ويفسّر الحرارة التي تشكلها الحيوانات؟ فقررا أن يقارنا تشكيل الحرارة وثاني أوكسيد الكربون في تنفس خنزير غينيا والفحم المحترق (فحم صاف). فابتكر لاڤوازييه ولوبلاس جهازاً حسّاساً لقياس تشكيل الحرارة، علماً أن الجهاز كان يعمل بصورة جيدة في الأيام التي تكون درجة حرارتها قريبة من درجة التجمد. وعندما ساءت الأمور في النهاية بصورة حسنة، وجدا أن احتراق الفحم وتنفس خنزير غينيا شكَّلا الحرارة نفسها من أجل كمية معلومة من ثاني أوكسيد الكربون.

وهكذا استنتجا أَن تشكّل حرارة تنفس الحيوان مردّه إلى احتراق الفحم (من الطعام) في الحيوان، وأن التنفّس ما كان إلاَّ احتراقاً بطيئاً. ومن هذه النتيجة كان لديهما الشجاعة أن يدعيا أن العملية الحيوية للكائن الحي كانت في الواقع مجرد تفاعل كيميائي. وقد كانا على صواب ـ بمقدار ضئيل.

وكان بريستلي يعمل ثانية بالنشاط نفسه. وبرهن أن الشموع والفئران دامت مدة أطول بخمسة أضعاف تقريباً، وهما في جرة مليئة بالأوكسجين بالمقارنة مع بقائهما في الهواء العادي. ويعود السبب إلى أن الهواء العادي يتكون من خمس من الأوكسجين وأربعة أخماس من النيتروجين، وهو غاز لا يساعد على الحياة. وقال بريستلي عن الأوكسجين (إنه نقيض الفلوجيستون).

> «إنه العنصر الموجود في الهواء الجوي الذي يساعد على الاحتراق وحياة الحيوان، وبواسطته يمكن أن تتشكّل معظم الحرارة الشديدة، وفي أنقى حالاته، يمكن للحيوانات أن تعيش خمسة أضعاف بقائها في الكمية المساوية من الهواء الجوي. وأثناء التنفس، جزء من هذا الهواء، بعد تجاوزه أغشية الرئتين، يتحد مع الدم وينقل إليه اللون الوردي. بينما يشكل الجزء الباقي من الهواء، بعد اتحاده مع مادة الفلوجيستون المنطلقة من الدم الخمري، هواءً متنوعاً».

ولكن إذا استهلكت كل حيوانات العالم باستمرار كميات كبيرة من الأوكسجين، فلماذا لا ينفذ أوكسجين الجو كما ينفذ في الجرة؟ اكتشف بريستلي Priestly أن النباتات تطلق كميات كبيرة من

الأوكسجين إذا تعرّضت للضوء، وقال بأن كل الأوكسجين الذي تستخدمه حيوانات العالم تشكّله النباتات. هذا الرأي صحيح تقريباً، لأن باكتيريا التفاعل الضوئي وطحالب البحار (المصنفة كنباتات كذلك) تساهم أيضاً في تشكيل الأوكسجين. وسوف يستغرق الأمر أكثر من ألفي سنة لكي ينفذ الأوكسجين، إذا توقفت النباتات عن تشكيل الأوكسجين. وهكذا نجد، أن الطعام الذي نأكله والأوكسجين الذي نتنفسه يأتي في النهاية من النباتات، وهذا يعني أن كل الطاقة تأتي من النباتات، التي بدورها تحصل على طاقتها من الشمس.

ولكن إذا كان تنفس الحيوانات نوعاً من الاحتراق، فأين يحدث الاحتراق داخل الحيوان؟ اعتقد لاڤوازييه ولابلاس أنه كان يحدث في الرئتين. لقد اعتقدا أن الفحم (والهيدروجين) المشتق من الطعام يصل إلى الرئتين بواسطة الدم، وكان يحترق هنالك بالأوكسجين المستنشق، مشكلاً فضلات نفايات ثاني أوكسيد الكربون (والماء) ثم يخرج بالزفير، إضافة للحرارة التي كان الدم قد امتصها ووزعها لبقية أطراف الجسم. أما اعتقادهما أن التنفس كان عبارة عن احتراق الطعام باستخدام الأوكسجين فكان اعتقاداً صحيحاً. ولكنهما كانا مخطئين في اعتقادهما أن هذا الاحتراق كان يحدث في الرئتين. ودامت وجهة نظرهما لمدة خمسين سنة، علماً أن لاغرانج Lagrange، عالم الرياضيات الفرنسي الشهير، قال إن الاحتراق لا يمكن أن يحدث في الرئتين فقط، لأنه إذا أُطْلِقَتْ كل الحرارة هنالك، فإن الرئتين سوف تتحولان إلى حجرة حارة. وافترض أن الدم كان يمتص الأوكسجين

وأن احتراق الطعام يحدث في الدم. لقد كان لهذه النظرية تأثيرها الكبير ونافست نظرية لاڤوازييه ولابلاس. ولكن في سنة 1850 اكتُشِفَ أن عضلة ضفدع، بعد انفصالها عن الجسم، كانت ما تزال تمتص الأوكسجين مطلقة ثاني أوكسيد الكربون. واكتُشِفَ كذلك أن الكبد والكلى والدماغ وكل أنسجة الجسم الأُخرى تفعل الأمر نفسه. وفي سنة 1870 وبعدها ببضع سنين، ظهر بوضوح أن دور الدم كان فقط لنقل الأوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة حيث كان يحدث التنفس داخل الخلية، ثم يعيد الدم ثاني أوكسيد الكربون الذي تشكل للرئتين. إن تغيّر لون الدم من أسود ضارب للزرقة إلى أحمر عند مروره خلال الرئتين كان سببه يعود إلى مكون وحيد للدم، وهو الهيموغلوبين، الذي كان يمتص الأوكسجين. كان الهيموغلوبين يحمل أوكسجين الدم: كان يلتقط أوكسجين الرئتين (متغيراً من الأزرق إلى الأحمر) ثم يحمله إلى الأنسجة، حيث كان يطلق الأوكسجين (متغيراً ثانية من الأحمر إلى الأزرق) وهكذا كان يحدث التنفس (أو الاحتراق) ليس في الرئتين ولكن في جميع أطراف الجسم.

ولكن الأمر كان ما يزال غير واضح حول علاقات التنفس، إذا كان هنالك علاقات، وتشكل الحرارة العائدة له، بالحياة وعملياتها أمثال الحركة والعمل والتفكير. لقد بيَّن لاڤوازييه وسيغوين Séguin، مساعده، (مستخدمين سيغوين كشخص تجرى عليه التجربة) أن التنفس ازداد أثناء العمل وبعد وجبة الطعام وفي البرد وعند التفكير

العميق. وهكذا ظهر أن هنالك علاقة بين التنفس وعمل وظائف الأعضاء. ولكن من الصعب أن نتخيّل حجم استهلاك الأوكسجين أَو الحرارة التي يمكن أن تسبِّب تحريك ذراع، ناهيك عن إمعان النظر بالأفكار العظيمة. ولتضييق تلك الفجوة الفكرية، احتاج الأمر أن تتخيل شيئاً جديداً كلياً، وكان ذلك الشيء «الطاقة».

القوة الحيوية

كشف انهيار نظرية العناصر الأربعة عن وفرة من المادّة. فإذا كان «الهواء» مزيجاً من عدة غازات، فقد كان «الماء» ناتجاً من اتحاد الهيدروجين والأوكسجين. ولم تكن «النار» عنصراً على الإطلاق. وماذا كان «التراب» يا ترى؟ علم الكيمياء الذي تكون حديثاً وبدأ بجرأة في بداية القرن التاسع عشر، كان يتوق شوقاً لمعرفة إمكانية تقسيم «التراب» إلى آلاف «من الأنواع» المختلفة. إن مفهوم الأنواع والفصائل قد استُخدِم بنجاح من قبل لينايوس Linnaeus في القرن الثامن عشر لينظم التصنيف البيولوجي. ولكن ماذا كانت لبنات البناء وكيف كان ينبغي أن تُنظم؟

أعاد لاڤوازييه صياغة نظرية العناصر، ولذلك كان هنالك على الأقل ثلاثين عنصراً مختلفاً (الآن، نعرف مئة تقريباً) موجودة «كذرات» ابتدائية غير قابلة للانقسام (كما قال دالتون Dalton سنة 1808) ومتحدة بنسبة ثابتة لتشكِّل «جزيئات»، وقَسَّم الكيميائيون مهمتهم بين تحليل المادّة غير العضوية والمادّة العضوية (أَو المنظمة)

أما المادّة العضوية فهي مكونات أَو نتاج الكائنات الحية. وتَعامَل الكيميائيون القدماء مع المادّة العضوية كما لو كانت مادّة وحيدة أَو عدداً قليلاً من العناصر، فمثلاً، عالجوا نتاج تقطير البيض أَو البول كمادة مفردة. وبدأ الكيميائيون بتحليل مكونات البيض والبول مستخدمين وسائل جديدة للتحليل العضوي. وكان لاڤوازييه أول من أبدع تحليلاً كهذا، وذلك بحرق مركبات عضوية في جِرارٍ مليئة بالأوكسجين، ثم جَمْع الكربون كثاني أوكسيد للكربون والهيدروجين كالماء. وبقياس كمية الكربون C والهيدروجين H والأوكسجين O فإن صيغة المركب يمكن أن تُسجل الآن. هنالك من اعتقد أن صيغة النشاء مثلاً هي C12 H10 O10 وكانت صيغة غير صحيحة، وكانت قد نشأت من فكرة خاطئة قالت إن الماء كان HO وليس H2O. ولكن هذه الوسائل تطورت بسرعة وَطَبَّقها بحماسة الكثير من الكيميائيين الألمان وخاصة لايبيغ Liebig وووهلر Wöhler. وفي سنة 1835 كتب ووهلر: «تبدو لي الكيمياء العضوية كغابة بدائية في المناطق الاستوائية مليئة بأروع الأشياء». على كل حال، لم يفهم هؤلاء الكيميائيون البيولوجيون المتفائلون الأوائل التعقيد الكامل والرقعة المترامية الأطراف لمجالهم الجديد. أما الآن فهنالك من يعتقد أنه يمكن أن يوجد خمسة ملايين من المركبات العضوية المختلفة في الجسم البشري، ويمكن أن تُنظم هذه المركبات في عدد غير محدود تقريباً من الطرائق المختلفة.

لقد أصبحت ألمانيا في القرن التاسع عشر، وقبل أن تتوحد،

مركزاً كبيراً للمبتكرات العلمية والتكنولوجية، كما برزت الحركة الرومانسية في ألمانيا في أواخر القرن الثامن عشر وقدَّمت لنا فلسفة علمية عُرفت باسم فلسفة الطبيعة Naturphilosphie، وربما ظهرت الرومانسية على نحو ما رَداً على نهوض العلم والمذهب الصناعي. ولكن هذا النتاج الهجين العجيب من الفلسفة الرومانسية والعلم، أدَّى إلى ظهور جديد من الاهتمام بالقوة الحيوية والعلاقات بين القوى.

لقد هيمن جستوس ڤون لايبيغ Justus von Liebig (1803 ـ 1873) على الكيمياء الألمانية والكيمياء البيولوجية في القرن التاسع عشر، وأحياناً كان يسبِّب ضرراً للبيولوجيا. كان ابناً لتاجرٍ يبيع العقاقير والأصبغة والزيوت والمواد الكيماوية، واكتسب اهتماماً في الكيمياء من خلال مساعدته لأبيه. وكان أداؤه في المدرسة سيئاً. وسخر منه البعض عندما أحب مهنته الكيمياء. كما تعلّم صناعة المتفجرات من مهرِّجٍ متنقل. وأنهى تدريبه في الصيدلة عندما فجَّر عن غير قصد مخبر الصيدلة. فأرسله والده إلى الجامعة ليدرس الكيمياء، ولكن سرعان ما قُبض عليه، وأُعيد لبيته بعد أن تورط كثيراً في المناورات السياسية الطلابية. وبطريقة أَو بأُخرى تمكّن في النهاية من الحصول على شهادة الدكتوراه وذهب ليعمل في باريس مع واحد من أفضل الكيميائيين الفرنسيين في عصره وهو جوزيف غيه ـ لوساك Joseph Gay-Lussac وفي العشرينيات من القرن التاسع عشر، شَغَل منصباً في جامعة ألمانية صغيرة في غايسن Giessen وخلال خمس وعشرين سنة تلت قَدَّمَ مقداراً وافراً من المعلومات الكيميائية التي يمكن إثباتها

والتحقق منها. وعلى كل حال، لم يأت ڤون لايبيغ بهذه المعلومات وحده، وإنما أتى بفريق بحثٍ كوسيلة على الطريقة الصناعية، لتقديم النتائج العلمية. فعيَّن العلماء الناشئين كضبّاط، وعيَّن الطلاّب كجنود مشاة، وعَيّن نفسه قائداً حازماً بيده كل السلطات. وقد كان هذا النوع من فريق البحث ناجحاً في إنتاج الكثير من الأبحاث المطلوبة في العالم الصناعي واستعمله الكثير على نطاق واسع، وبقي الأسلوب الرئيسي لإنتاج الأبحاث العلمية حتى اليوم. وهذا يختلف اختلافاً بيناً عن نظام ما قبل العصر الصناعي الذي كان يعتمد على عالِم وحيدٍ يفكِّر بتجارب وينفّذها وحده بمساعدة أحد أَو بدون مساعدةً. كان ڤون لايبيغ Von Liebig متكبراً ومولعاً بالجدل وكان له نزاعات شديدة مع العلماء الآخرين. وأوصله نجاحه إلى نفوذ كبير وذلك من خلال هيمنته على المجلات العلمية والتوظيف والجمعيات. وما أشبه اليوم بالأمس. فالعلم اليوم يهيمن عليه عدد قليل نسبياً من سياسيي العلم الذين يتحكمون بمجالس الجمعيات العلمية والمجلات والمؤتمرات والهيئات التي تقدم المنح ومجالس التوظيف. ولا يزال يعتمد النجاح في المهنة العلمية، على نحو ما، على كسب إحسان العلماء السياسيين.

ڤون لايبيغ بدأ عملاً مذهلاً من أجل تحليل الملايين من مركبات مختلفة من العناصر ـ الجزيئات ـ التي تكوِّن الكائن البشري. وهنالك من أدخل نوعاً من النظام إلى هذه الفوضى وذلك بالتمييز بين ثلاثة أنواع من الجزيئات: الكاربوهيدرات، والدسم، والبروتين. وفي

البداية ظن البعض أن هذه الجزيئات «العضوية» يمكن أن تُنْتجها الكائنات الحية، مستخدمة نوعاً من القوة الحيوية. ولكن في سنة 1828 وجد فريدريك ووهلر Friedrich Wöhler ـ صديق وزميل ڤون لايبيغ في العمل ـ أنّه يستطيع أن يصطنع البولة (مركب هام في البول) دون استخدام أي عمليات حية. ولكن سوف يؤدي هذا في النهاية إلى ذوبان الحدود بين ما هو حي وما هو غير حي، ولكن ليس بعد.

على الرغم من أن ڤون لايبيغ برهن أن الكائنات الحية كانت مكونة من عدد كبير من المواد الكيميائية العضوية، إلاَّ أنه اعتقد أن «قوة حيوية» كانت ضرورية لمنع هذه المواد الكيميائية المعقدة من التحلّل أَو التفكّك تلقائياً. وقد توصّل لهذا الاستنتاج، لأنه، في حالة غياب الحياة، لم تتفكّك بالتأكسد (الاتحاد مع الأوكسجين كما في حالة الاحتراق) أَو التعفن (كما يحدث للحم بعد الموت) أو التخمر (تحول السكر إلى كحول) وكان مفهوم ڤون لايبيغ عن القوة الحيوية أنها مشابهة للقوى الطبيعية كالجاذبية أَو القوة الكهربائية، ولكنها كانت موجودة فقط في الكائنات الحية. وقاومت القوة الحيوية في الجسم الحي عمل القوى الكيميائية (التي تسبب التأكسد أَو التعفن أَو التخمّر) وهكذا تمنع تفسخ الجسم الذي يكون واضحاً تماماً بعد الموت. وادعى ڤون لايبيغ كذلك أن القوة الحيوية كانت تسبِّب تقلص العضلات لأنه اعتقد أنّه لا يمكن أن يكون هنالك طريقة أُخرى تفسِّر سيطرة العقل على العضلات. فإذا تقلصت عضلة فهذا يعني أن قوة حيوية قد استُهلكت لكي تزود التقلص بالطاقة. وبالتالي، كان

هنالك، بعد التقلّص مباشرة، قوة حيوية أقل لتقاوم تفسخ (تأكسد) المواد الكيميائية في العضلة، الذي تسارع بزيادة مترافقة في التنفس. لقد كانت تعمل القوة الحيوية كمكبح للقوى الكيميائية، وعندما استُهلِكت بسبب التقلّص العضلي، فإن القوى الكيميائية تسارعت. وهذه الفكرة مشابهة لقصة بيتر الشهيرة، الفتى الهولندي الصغير الذي أدخل إصبعه في سد كان يتسرب منه ماؤه، ليمنع البحر من جرف الحقول والمدينة (تماماً كما منعت القوة الحيوية القوى الكيميائية من أن تأكل الجسم). لقد استُعمل هذا الفهم الخاطئ لتفسير الاكتشاف الهام لكل من لاڤوازييه Lavoisier وسيغوين Séguin الذي قال إن التنفس (أي استهلاك الأوكسجين لتشكيل ثاني أوكسيد الكربون والحرارة) يزداد إذا قام إنسان أو حيوان بعمل أو تمرين. ومع أن فهم لايبيغ عن القوة الحيوية كان شكلاً من الحيوية، إلاّ أنّه كان حسب عرف أرسطو وباراسيلسوس وستاهل أكثر ميكانيكية في احتكامه إلى قوى نيوتون، ويؤذن بمفهوم الطاقة التي تشكلت في منتصف القرن التاسع عشر.

عارض ثيودور شوان Theodor Schwann (1810 ـ 1882) رأي ڤون لايبيغ Von Liebig في أن كل شيء يمكن تفسيره بالكيمياء وبالقوة الحيوية. وكانت المناوشة فاجعة لأن شوان كان حساساً لم يُوَطِّد نفسه وقتها. ودام نتاج شوان فقط أربع سنوات (1834 ـ 1838) بينما كان في العشرينيات. ولكن كان ذلك كافياً لِيبدأ إعادة تنظيم البيولوجيا على نحو جوهري كما حدث لكيمياء لاڤوازييه. وحاول

شوان أولاً أن يفصلَ عضلة من ضفدع ويقيسَ القوة التي تَنْتُجُ عن العضلة المتقلصة عندما تُثَبَّتُ عند أطراف مختلفة أَو تُشَدُّ بأوزان مختلفة. فوجد أن العضلة تقلصت بالقوة القصوى عندما كانت بطولها الطبيعي في الجسم. وفي ألمانيا هنالك من اعتقد أن تلك التجارب كانت عظيمة إِلى حد بالغ، لأنه ولأول مرة تحقَّقت عملية حيوية بواسطة القوة الحيوية، تُعَالَجُ وتُقَاسُ بنفس الطريقة التي تُعالجُ وتُقاسُ بها القوة الطبيعية. وهكذا أصبح الآن من الممكن أن يُقَدِّموا تفسيراً طبيعياً عن العمليات الحيوية أَو إخضاعها إِلى القوى الطبيعية. ولم يُرضِ هذا الأسلوب ڤون لايبيغ وأنصار القوة الحيوية الآخرين. وبالفعل استخدم ماير Mayer تجربة شوان بصورة واضحة ليدحض رأي لايبيغ عن تقلّص العضلات.

أما إنجاز شوان التالي فكان عزل أنزيمة، كان قد سمّاها بيبسين، عن العصارات الهاضمة. والأنزيمة مادة بيولوجية موجودة بكميات ضئيلة تنشط التفاعل الكيميائي دون أن تتحوّل هي بالتفاعل. ولكن الأنزيمة فكرة ظهرت في القرن العشرين. وفي القرن التاسع عشر هنالك من سَمَّى الأنزيمة والبيبسين الخمائر. أما بالنسبة للكيميائيين القدماء، فكانت الخميرة كمية ضئيلة من مادة فعالة، إذا أضيفت إِلى مادة غير فعالة، فإنّها تستطيع أن تحوّلها إِلى مادّة فعّالة مشابهة للخميرة. فمثلاً كانت النار الخميرة التي تحول المواد القابلة للالتهاب إِلى لهب. وكان حجر الفلاسفة الخميرة التي تحول المعادن الخسيسة إِلى ذهب. والتخمير هو العملية المسؤولة عن تحويل العجين الذي

يشكِّل الخبز، وتحويل العنب إلى كحول ثم خلّ. وقد عُرف هذا التحول السحري المظهر منذ العصور القديمة. ولكن كيف حدث هذا تماماً فهو أمر كان غير واضح. ولكن كان معروفاً أن التحول يحتاج خميرة دعيت باسم بيست. وبعد أن اكتشف ڤون لايبيغ الخميرة في العصارة الهضمية، استنتج شوان أن الهضم كان نوعاً من التخمّر. ومن جهة أُخرى، اعتبر ڤون لايبيغ والكيميائيون الآخرون الهضم عملية كيميائية صرفة وذلك بسبب الأحماض المضافة إلى الطعام. ولذلك عندما نشر شوان نتائجه في مجلة ڤون لايبيغ، أضاف لايبيغ ملاحظة تقوم على الشك فيما يتعلّق ببحثه.

ثم التفت شوان إلى طبيعة التخمر ذاته: وهو أحد المشاكل العلمية الرئيسية والتكنولوجية في القرن التاسع عشر. وكان ڤون لايبيغ وكيميائيون آخرون يعتقدون أن التخمر كان مسألة كيميائية صرفة ولا يشتمل على أي كائنات أَو عمليات بيولوجية. أما شوان وباحثان آخران فقد اكتشفا أَن التخمّر كان عملية بيولوجية يسبِّبها الفطر ـ بيست ـ الذي يمكن أن تُشاهد خلاياه من خلال المجهر كما يمكن أن يُقضى عليها بالغلي. وبيَّن شوان كذلك أن تعفّن أَو تفسخ اللحم يمكن أن يُبَطَّأ بتسخين اللحم أَو تغليفه بإحكام. وأغضب هذا التقدم البيولوجي المفاجئ الكيميائيين الذين سرعان ما ثأروا لأنفسهم. ففي غضون ذلك باشر شوان بدراسة مجهرية لدور الخلايا في النمو الحيواني وفي البيولوجيا عموماً. فأتى «بنظرية الخلايا» ونشرها سنة 1839 فأحدثت تغييراً بالطريقة التي كان يُنْظَرُ بواسطتها إلى الجسم.

ومنذ نظرية الأخلاط الأربعة، كان هنالك من يعتقد أن المكونات الهامة هي السوائل والهواء: الدم، والبلغم، والصفراء، والبول، والسائل المنوي، والسائل الفقري، والدماغي، والنَّفْس. وكانت المواقع الهامة في الجسم عبارة عن فجوات (للقلب، والرئتين، والدماغ، والأحشاء، والأوعية الدموية) حيث كانت الحياة تتجلَّى في الحركات المضطربة للسوائل والهواء. كما اعتبروا الأجزاء الصلبة عموماً (اللحم) أجزاءاً هيكلية وربما لأن صلابتها وانعدام حركتها كانت أموراً تنم عن عدم علاقتها بالتغيير أَو التحويل. ولذلك كان من الصعب معرفة كيف يمكن أن يكون لها علاقة بالعمليات الحيوية. ولكن شوان غَيَّر كل ذلك وبَيَّن أن الأنسجة كانت مكونة من خلايا وأن معظم العمليات الحيوية كانت تحدث داخل الخلية. ولم تكن الخلايا بُنْيَةً ساكنة أَو جامدة، فلها حياتها الخاصة بها. فكانت تنمو وتتكاثر وتتحوّل إلى أشكال مختلفة وتموت. والأهم من هذا كله أن القدرة التي تسبِّب هذا التغيير كانت تقع في الخلية ذاتها، وليس في محيطها. وسَمّى شوان هذه القدرة «الاستقلاب» وهي كلمة تعني التغيير باللغة الإغريقية. وكان الاستقلاب الواقع في الخلية مسؤولاً عن التخمّر الذي سَبَّبته مادة البيست، ومسؤولاً عن التَّنَفس وتكوين الحرارة التي تشكّلها كل الخلايا. وإذا كان من الواجب الكشف عن أسرار الحياة والطاقة، فعلى العلم الآن أن يتابع البحث في الخلية وليس دراسة الهواء الوهمي والقوى الحيوية الوهمية. ويتطلب هذا الأمر مفاهيم وأساليب جديدة كلياً.

كان روبرت هوك Robert Hooke أول من شاهد الخلايا وذلك في مطلع ظهور المجاهر. ولكن هوك Hooke شاهد فقط الخلايا الخشبية الكبيرة للنباتات. وكان من الأكثر صعوبة مشاهدة الخلايا الحيوانية لأنها كانت أصغر، وجدرانها (الأغشية) يصعب مشاهدتها. ولذلك لم تكن بُنْية النسيج الحيواني واضحة المعالم، وغالباً ما كانت توصف كألياف أَو «كريات صغيرة» وتقوم بوظيفة غير معروفة. واستفاد شوان من التقدّم العظيم في مجال البصريات المجهرية. واستعمل ذلك ليبرهن أن الخلايا لم تكن موجودة في كل أنحاء الجسم فقط وإنما كانت أساس تنظيم الجسم كذلك. وكانت كل خلايا الجسم مستمدة من خلايا غير ناضجة انقسمت وتميزت لتشكِّل أنواعاً مختلفة من الخلايا التي شَكَّلت المخلوقات الحية. فإذا كان هنالك أساس حيوي، فيجب أن يكون، كما اعتقد شوان، في الخلية لأن كل العمليات الأساسية، كالتكاثر والنمو والتَّنَفُس كانت تجري في خلايا خاصة ومتميزة عن غيرها. وقدّر شوان إمكانية القوة الحيوية أكثر وأكثر، وظنّ أن كل خصائص الخلايا يمكن أن تفسّر بالبنية والحركة الطبيعية للجزيء. لقد كان ذلك تبصراً هاماً ومؤثراً وبَشَّرَ بالانفجار المذهل لبيولوجيا الخلية والجزيء في القرن العشرين. ومع أن شوان كان شديد التدين إلاَّ أنه حاول أن يبرهن أن مفهوم القوة الحيوية غير ضروري إطلاقاً، مُنْكِراً بذلك الإنجاز العظيم للّه في خلق الكون وقواه الطبيعية. وكانت كل تلك الأمور ضرورية لخلق الحياة.

لم يحصل شوان Schwann على الجواب الشافي عن كيفية تجديد

الخلايا للحياة. ولكنه كان قد وجد دلائل هامة في فكرته عن «الاستقلاب» وفي اكتشافه أن سبب الهضم يعود إلى مادة البيبسين. وهنالك من ظن أن مادة البيبسين كانت خميرة، ولكن في نهاية القرن التاسع عشر، اكتشف البعض أن تلك الخمائر كانت تتكون من جُزيئات بيولوجية خاصة وتُدعى الآن «أنزيمات». والأنزيمات عبارة عن جزيئات سحرية داخل الخلية وتسبِّب، في الواقع، «تغيّر» الاستقلاب. والأنزيمات مكونة من البروتين، وتؤثِّر على المواد الكيميائية والبنية داخل وخارج الخلية وتُغَيِّرها من شكل لآخر. فمثلاً، تُجزِّئ مادة البيبسين البروتينات إلى أجزاء دون أن تتجزأ هي. وكل نوع من الأنزيمات يمكن أن يسبِّب نوعاً واحداً من التحوّل، علماً أن هنالك حوالي 10000 نوع من الأنزيمات في الخلية. وكأن هذه الأنزيمات كيميائيون يعملون داخل الخلية. وكل جزيء أنزيمة يُنْظَرُ إليه كأنه جزيئية مصمّمة على نحو متقن ودقيق. نقول آلات لأنها بنية مصمَّمة لتؤدي مهمة محددة وَتُحَوِّل الأشياء بالتفاعل الطبيعي معها. وجزيئية لأنها تتكون من جزيئات خاصة. وهنالك من يعتبر الأنزيمات والآلات الجزيئية الأُخرى للخلية محركات الحياة.

وأول اكتشاف للأنزيمات كان داخل مادّة الييست. وتعني كلمة أنزيمة «في الييست». هذا، وكان شوان Schwann وآخرون قد بَيَّنوا أن سبب التخمّر يعود إلى خلايا الييست، إلاَّ أن هذا الاكتشاف سخر منه ڤون لايبيغ والكيميائيون، وحل محله نظرية كيميائية غامضة وضعها ڤون لايبيغ Von Liebig وهكذا فإن النظرية البيولوجية عن

التخمر (أن سببه يعود إلى الخلايا الحية وليس إلى المواد الكيميائية الميتة) كان ينبغي أن تُعاد صياغتها في آخر القرن من قبل لويس باستور Louis Pasteur. ولم يتمكن باستور على كل حال من فصل «الخميرة» من خلايا الييست، الخميرة التي يمكن أن تؤدي إلى تخمر عصير العنب وتحوّله إلى خلّ، في غياب الخلايا الحية. وهكذا لم يكن واضحاً فيما إذا كان التخمّر عملية حيوية فعلاً، وتحدث فقط في الخلايا الحية. وكان ذلك أمراً حاسماً، لأنه إذا كانت العمليات الفرعية للحياة، كتحوّل المواد الكيميائية مثلاً، لا يمكن لها أن تحدث في معزل عن الخلية الحية، فهذا كان يعني أن هنالك قوة حيوية ما مشاركة في العمليات الحيوية وبلغة عملية، كان ذلك يعني أن العلم لن ينفذ إلى أعماق الخلية، لأن العمليات الخاصة لا يمكن أن تُدرس منعزلة. وتُرك الأمر إلى بَتْشنَر Buchner في نهاية القرن لكي يحلِّل أخيراً بنجاح خلايا الييست وأن يعزل شيئاً ما (مجموعة من الأنزيمات) التي يمكن أن تسبِّب التخمّر في غياب خلايا ييست الحية، وهو الحدث الذي يميِّز البداية الحقيقة للكيمياء العضوية، لأنه، إلى حد ما، قضى على مفهوم القوة الحيوية، ولأن العلم، إلى حد كبير، قد اقتحم أخيراً الخلية وتمكّن من أن يدرس الحياة على مستوى الجزيء.

كان شوان Schwann قد عارض آراء ڤون لايبيغ والكيميائيين الآخرين حول كل شيء في الواقع: دور البيولوجيا وليس الكيمياء في الهضم، والتخمّر والتعفن والاستقلاب وبنية النسيج ووظيفة العضلات

والقوة الحيوية. وبدأ الكيميائيون، وقد ضايقتهم هذه الوثبة المفاجئة، يتهجمون ويهجون في مقالتهم آراء «البيولوجيين» حول التخمّر. وسخرت هذه المقالة، التي وضع مخططها ووهلر Wöhler وملأها ڤون لايبيغ بالنقد اللاذع عن نظرية شوان وغيره حول الخلية واصفاً إيَّاها بقسوة ومشبهاً الخلية بدورق التقطير ولها فم كبير ومعدة تَتَجَرَّع عصير العنب وَتَتَجَشَّأ الغازات والكحول. وهكذا تحطمت مصداقية شوان Schwann وفقد وظيفته ومُنع من الحصول على وظيفة أكاديمية أُخرى في ألمانيا، فهرب إلى منفاه في بلجيكا. وهناك حصل على وظيفة في الجامعة الكاثوليكية في لوڤين، حيث أمضى وقته في تدريس التشريح. ولم يَقم بأي بحث بيولوجي هام ثانية خافضاً رأسه وراء المتراس. وهيمن الكيميائيون على الساحة مرة أُخرى في ألمانيا. ولكن كان للتجارب التي قام بها شوان Schwann والكتاب الذي ألَّفه خلال سنواته الأربع من البحث الفعَّال الأثر البالغ، وكذلك إلى اختفاء هيمنة ڤون لايبيغ Von Liebig وتحول البيولوجيا في آخر الأمر. وعارض ڤون لايبيغ باستور Pasteur علناً. ولكن بعد ثلاثين سنة من الإنكار، كان عليه أن يَعترف في النهاية أنه كان مخطئاً حول الأساس البيولوجي للتخمّر. ومن المحتمل أن ضغوط النزاع وهزيمته في النهاية أدَّى سريعاً إلى موته. وماتت فكرة القوة الحيوية معه، ولكن لِتُبْعَث من جديد على شكل «طاقة».

لقد فهمنا درسنا عن «الكيمياء» الآن. وأصبحنا نعرف أن الحياة لا تخلقها الأرواح المستمدة من الهواء لكي تدفع أَو تسحب آلة

جسمنا، وإنما هي عنصر من الهواء، وهو الأوكسجين، يتحد مع جزيئات من الطعام داخل خلايا الجسم مشكِّلاً شيئاً يستطيع دفع أجسامنا وعقولنا للعمل والحركة. وهكذا أصبح المسرح مهيئاً لاكتشاف الطاقة.

مولد الطاقة

كان المفهوم العلمي الحديث عن الطاقة اكتشافاً من اكتشافات منتصف القرن التاسع عشر. فالطاقة طفل أنجبته الثورة الصناعية: ووالده المحرِّك البخاري القوي، ووالدته الجسم البشري ذاته بكل طبيعته المذهلة، وأجداده أرواح غير مادية من النَّفَس والهواء. هذا، وقد ساعد على تطور هذا المفهوم مجموعة مدهشة من المهندسين والأطباء والرياضيين والفيزيولوجيين والفيزيائيين، إضافة إلى مجموعة مساندة قوية من الجنود والبحارة وكذلك المسؤولين الذين يتعذّر اجتنابهم. وللمفهوم العلمي للطاقة اليوم مظهر خشن من القوى الباردة ورياضيات صارمة، ولكن قلبها أكثر ليناً وجاذبية عاكساً بداياتها البيولوجية المرتبطة بالقوى الحيوية والأرواح الجامحة.

يبدأ الميراث الميكانيكي للطاقة مع ابتكار واط Watt للمحرِّك البخاري في القرن الثامن عشر. وينتج المحرك البخاري عملاً (حركة مقابل قوة) من الحرارة. وهو أمر لم يكن ممكناً في الماضي إطلاقاً. ولكن كيف؟ هل تتحوّل الحرارة بطريقة أَو بأُخرى إلى عمل أم هل جريان الحرارة من السخونة إلى البرودة يحرِّك العمل كما يحرِّك

جريان الماء في الجدول طاحونة الماء؟ اعتقد سادي كارنوت Sadi Carnot (1796 ـ 1832) أن المثال الثاني كان صحيحاً بل نصف صحيح. كان والد كارنوت وزيراً للحرب في حكومة نابليون. وحارب سادي Sadi دفاعاً عن باريس سنة 1814. وهُزمت جيوش نابليون هزيمة شاملة واستسلمت على نحو مُذل، الأمر الذي وجه أفكار كارنوت Carnot إلى مصدر وحيد لقوة إنكلترا النامية: وهي المحرِّك البخاري لجيمس واط James Watt. وأوحى المحرِّك بأنّه قوة غير محدودة من الهواء الساخن والبخار فقط. أما الآلات الغريبة المعقدة في أوائل القرن التاسع عشر فلم تكن تُنَفِّذُ ما كانت تَعِد به. وأراد كارنوت أن يُحَسِّنَ كفاءة المحركات البخارية. ولكن لم يكن هنالك نظرية جيدة حول كيفية عملها في الواقع. وهكذا أنتج كارنوت Carnot محرِّكاً حسب مفهوم لاڤوازييه Lavoisier عن الحرارة. وكان لاڤوازييه قد نَبَذَ نظرية فلوجيستون عن الاحتراق وحلّ محلها نظرية مشابهة: هي نظرية الكالوري عن الحرارة. وكانت الحرارة، كما قال لاڤوازييه، مادّة سائلة عديمة الكتلة تدعى «كالوري» واعتبرها واحدة من العناصر كالأوكسجين والفوسفور. ولم تكن نظرية الكالوري صحيحة ولكن تراثها سيبقى في فصلنا عن الطاقة الحرارية: أي الكالوري. وإذا كانت الحرارة، كما ظن كارنوت، سائلاً لا يمكن تحطيمه، إذاً لا بد أن يكون المحرِّك البخاري يعمل بجريان الحرارة من مصدر ساخن (المرجل) إلى مصرف بارد (المكثف)، تماماً كما يدفع تدفق الماء دولاب الطاحونة. وحسب اكتشافه الهام، لا بد أن

يكون هنالك اختلاف حراري كبير لكي يجعل الحرارة تجري وأن يكون هنالك علاقة كمية بين جريان الحرارة ومردود الطاقة للمحرِّك، الذي يمكن أن يُستعمل لنتنبأ بفعالية تحويل الفحم إلى عمل.

وبُنِيتْ نظرية كارنوت على خطأ لاڤوازييه الذي قال إن الحرارة لا يمكن تحطيمها. واكتشف هذا الخطأ جيمس جول (1818 ـ 1889) وهو رجل غني يملك مصنعاً للمشروب ومن مدينة مانشستر Manchester. قاس جول في مصنعه الحرارة الناتجة عن مرور الكهرباء في الماء. وأظهرت نتائجه أن الكهرباء قد تحوّلت إلى حرارة، وكان ذلك أمراً مستحيلاً، إذا كانت الحرارة والكهرباء عبارة عن سائلين لا يمكن تحطيمهما. ولم يلتفت أعضاء الجمعية الملكية لنتائج بحثه. فعاد جول إلى مصنعه وبدأ يقيس بدقّة الكمية الضئيلة للحرارة التي تتولّد بتدوير دواسات في الماء. وظهرت من هذه التجارب أن العمل يمكن أن يتحوّل كمياً إلى حرارة. ورفضت مرة أُخرى الجمعية الملكية الحذرة نتائج جول واعتبرتها مستحيلة. واستبدت به فكرة البرهنة على رأيه، ولذلك، عندما كان يُمضي شهر العسل في سويسرا، تجاهل المواقف والمشاهد الرومانسية، وأمضى الكثير من وقته في سحب زوجته إلى أعلى وأسفل شلال، محاولاً أن يقيس اختلاف الحرارة للماء بين أعلى الشلال وأسفله، وهي مهمة مستحيلة. وبدأ علماء آخرون، بالتدريج، الانتباه إلى جول. فإذا كان العمل يمكن أن يُحوّل إلى حرارة، إذاً، يمكن للحرارة أن تُصان، وأن تَتَحول ثانية إلى عمل.

ضايقت نتيجة جول المتطرفة، على وجه الخصوص، عالماً نضج مبكراً، وهو وليام تومسون William Thomson، الذي أصبح فيما بعد اللورد كيلڤِن Lord Kelvin (1824 ـ 1907). وكان كيلڤِن قد التحق بجامعة غلاسكو وهو في العاشرة من عمره، وأصبح أستاذاً جامعياً عندما كان في الثانية والعشرين من عمره، وتابع نشاطه الجدي في مجال الفيزياء النظرية. وكان له ميزة عملية قوية، كما كسب ثروة من ابتكاره للتلغراف. واستمع كيلڤن إلى جول وهو يصف اكتشافاته في اجتماع علمي في مدينة أوكسفورد سنة 1847، وبعد ذلك رفض بشدة أن يقبل نتيجة أبحاث جول Joule التي قالت إن الحرارة والعمل أمران لا يقبلان الجدل مع فرضية كارنوت Carnot التي قالت إن الحرارة لا يمكن تحطيمها ولكن تدفقها كان يُسيِّر العمل. أما حل هذه المشكلة المحيرة فقد أدَّى إلى ظهور قانونين على الكون أن «يطيعهما» وهما القانون الأول والثاني للديناميكية الحركية، وكل قانون منهما عبارة عن نتاج مشترك لعقول جول ومايَر وكيلڤِن وهيمهولتز وكلوسيوس Joule, Mayer, Kelvin, Helmholtz, Clausius وقال القانون الأول إن الحرارة والعمل (وأشكال أُخرى من الطاقة) أمران لا يقبلان الجدل ولكن الطاقة ذاتها غير قابلة للتحطيم. وقال القانون الثاني للديناميكية إن الطاقة لا يمكن تحطيمها في أي عملية تَحَوُّل بين أشكالها، إلاَّ أنّها كانت تتبدّد إلى أشكال أُخرى (وخاصة الحرارة) غير قادرة تماماً على القيام بالعمل. وهكذا، مع أن العمل يمكن أن يتحوّل كلياً إلى حرارة، فإن الحرارة لا يمكن أن تتحوّل كلياً

إلى عمل، والسبب، كما أشار كارنوت، أن جزءاً من الحرارة يجب أن يُطلق إلى المصرف البارد حتى يمكن أن يستمر جريان الحرارة. وهذه الحرارة لا يمكن عندئذ أن تتحوّل للعمل. وكان القانون الثاني يعني أن كل الطاقة تتبدّد باستمرار إلى حرارة. ولذلك، لا بدّ لهذا الكون المنظم بدقة متناهية أن يتبدّد في النهاية. إلاّ إذا كان هنالك شيء ما ـ أو أحد ما ـ خارج الكون يمكن أن يشحنه بالطاقة مرة أُخرى.

بَيَّن القانون الأول أن الحياة لا يمكن أن تتحطم، الأمر الذي قاد إلى بَعْث نظرية قديمة تقول إن الحرارة (وربما كل أشكال الطاقة) كانت أشكالاً خَفية من الحركة. فجزيئات الماء، في الماء الساخن، تتحرَّك بسرعة، بينما تتحرَّك الجزيئات ببطء في الماء البارد: وعندما يختلط الماء البارد والساخن معاً، تصطدم الجزيئات التي تتحرَّك بسرعة في الماء الساخن مع الجزيئات التي تتحرَّك ببطء في الماء البارد، الأمر الذي يُبَطِّئ الجزيئات السريعة ويُسَرِّع الجزيئات البطيئة فيشكِّل ذلك ماءً فاتراً. وهكذا نجد أن تحول الحرارة ما هو إلاّ تحول الحركة. أما التبادل بين كل أنواع القوى الطبيعية أثناء الانتشار العادي للطاقة، فقد أدَّى إلى وحدة عظيمة للعلم الذي ظهر في أواخر القرن التاسع عشر، وهي وحدة كانت مفقودة في القرن الثامن عندما كانت الكهرباء والمغناطيسية والحرارة والضوء والعمل أموراً مختلفة جميعها كما أنّها دُرِستْ بعبارات مختلفة. وفي القرن التاسع عشر، ولأن هذه الأشكال الطبيعية المختلفة ظاهرياً يمكن أن تتحوّل

فيما بينها، فقد أصبحت تعتَبر مظاهر مختلفة لشيء واحد: وهو الطاقة. ولكن الطاقة لم تكن نوعاً من المادّة ولكن كانت حركة المادة أَو ترتيبها. وقد عزّز هذا المفهوم للطاقة آمال أتباع المذهب الميكانيكي الذين ظنوا أن بإمكانهم في النهاية أن يَصفوا كل شيء في الكون بلغة المادة أثناء الحركة. وهنالك من قال إن بداية مفهوم الطاقة يرجع، على نحو ما، إلى علم المحاسبة الذي رافق نهضة التصنيع: من المؤكد تماماً أنّه كان للطاقة انتشار جديد في علم الفيزياء المتابع لمسار العمليات الميكانيكية. وقبل الخمسينيات من القرن التاسع عشر لم تكن الطاقة مفهوماً مفيداً في مجال العلم، ولكنها أصبحت بعد ذلك مفهوماً أساسياً. وعلى كل حال، دخلت كلمة «طاقة» اللغة الإنكليزية في القرن السادس عشر وكانت تَعني «قوة التعبير» ثم أصبحت تعني «قوة النشاط». وفي الأصل اشتُقت الكلمة من عبارة أرسطو energia التي كانت تعني الفعلية/ النشاط. وهذه الكلمة مشتقة بدورها من العبارة الإغريقية en التي تعني في/ بـ، وكذلك من كلمة ergon التي تعني العمل. أما اليوم فلكلمة طاقة وجود مفصوم وتعني شيئاً فنياً أَو شيئاً يمكن قياسه. ولكن لها معان مجازية أُخرى في المجتمع العريض.

لم ينشأ المفهوم العلمي للطاقة من الفيزياء فقط ولكن من البيولوجيا كذلك وبنفس الوقت أيضاً. وفي الواقع، اكتُشِف مبدأ بقاء الطاقة من قبل اثني عشر عالماً ولكن كان أول من صاغه الطبيبان ماير Mayer وهيلمهولتز Helmholtz مع الإشارة إلى قوى الحياة. كان

روبرت ماير (1814 ـ 1878) طبيباً ألمانياً، ولكن لم تكن حياته سعيدة. وكان طالباً عادياً في المدرسة. قُبض عليه وطُرد من المدرسة بسبب انتسابه إلى جمعية سرية. وفي النهاية، تخرَّج وعمل كطبيب على متن سفينة تسافر إلى جزر الهند الشرقية. في ذلك الوقت، كان الأطباء يتبعون نصيحة أبقراط وغالين فيما يتعلّق بِفَصْدِ المرضى من أجل معالجة الكثير من الأمراض. وبينما كان يقوم بفصد البحارة في جزر الهند الشرقية، أصابه الذعر عندما رأى أن دم الأوردة كان أكثر احمراراً مما هو عليه عادة ومشابهاً تقريباً لدم الشرايين. وفي البداية أصابته الخشية وظن أنّه كان يثقب الشرايين خطأً. ولكن أكد له الأطباء المحليون أنه أمر طبيعي أن يكون الدم الوريدي أكثر احمراراً في المناطق الاستوائية مما هو عليه في المناطق الشمالية. أطلق هذا الأمر تفكير ماير. وكان يعرف أن لاڤوازييه قال إن وظيفة التنفس هي تشكيل حرارة للجسم، وكان يعلم كذلك أن تغيير دم الشرايين الأحمر إلى دم الأوردة الأزرق كان سببه نزع الأوكسجين من الدم من أجل التنفس. ولذلك، فإن الدم الأكثر احمراراً في أوردة البحارة في المناطق الاستوائية يمكن أن يكون سببه تنفس أقل وتشكيل حرارة أقل. وهذا أمر معقول لأن الجسم احتاج أن يشكِّل حرارة أقل في المناطق الاستوائية منها في المناطق الشمالية الباردة. وكان يعرف كذلك أن لاڤوازييه قد بَيَّن أن الأشخاص الذين يقومون بعمل متعب كانوا يتنفسون بسرعة أكثر، ولكنه لم يُعطي تفسيراً مقنعاً عن نتيجة هذا البحث الهام. وقال ماير Mayer إن الوقود والحرارة والعمل

يمكن أن يتحوّل واحد منها إلى الآخر. لذلك يمكن للعمل الذي يقوم به الأشخاص أن يُشَكِّل من الحرارة (كما هو الحال في المحرِّك البخاري) كما يمكن للحرارة بدورها أن تُشَكِّل بواسطة التنفس (حرق الطعام) ويحتاج لمزيد من العمل المزيد من الحرارة والتَّنَفُّس كما وجد لافوازييه وسيغوين Séguin بالتجربة. وهذا التفكير، مع أنه غير صحيح على نحو ما، كان يقترب بلا ريب من سر طاقة الحياة.

وعندما عاد ماير Mayer إلى ألمانيا، وصف بتفصيل أفكاره في مقالة علمية، ولكن ذهنه كان مشوشاً فَنُبِذَتْ مقالته. وفي محاولة أُخرى، أرسل المقالة إلى ڤون لايبيغ الذي نشرها سنة 1842. ولكن عندما نشر ڤون لايبيغ بعد قليل نظرية مشابهة لأَفكاره اتهمه ماير بانتحال آرائه. ولكن لم يكن من الحكمة بمكان معارضة ڤون لايبيغ القوي، كما كان يمكن أن يوافق على ذلك شوان Schwann. ودخل ماير إلى مياه أكثر عمقاً كذلك عندما بدأ نزاعاً مع جول Joule حول أسبقية الشخص الذي فكَّر أولاً ببقاء الطاقة. ولكن ماير خسر كلا النزاعين وذلك بسبب مركزه الذي لم يتوطد بعد. وأصبحت كلمة «جول» وحدة قياس علمية للطاقة. وأصبحت كلمة «كيلڤن» وحدة قياس للحرارة. بينما لا يُشاهد اسم ماير في عالم الوحدات العلمية العملية. ومما يثير العطف، أنّه أصبح مكتئباً وأخذ يعاني من انهيار عقلي وحاول الانتحار.

لم تكن آراء ماير عن بقاء القوى عامة أَو مقدارية لتقنع معظم العلماء أن شيئاً هاماً قد اكتُشف. ولكن هذا الموقف قد تغيّر على

نحو مفاجئ على يدي الفِزيولوجي الألماني هيرمان ڤون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz (1821 ـ 1894) الذي كان في سنة 1847، في السادسة والعشرين من عمره، نشر مقالته الشهيرة «بقاء القوة» وأعطى هيلمهولتز تعريفاً مقدارياً دقيقاً عن الطاقة شارحاً أن بقاء الطاقة جاء بصورة طبيعية من قوانين الفيزياء المعروفة. وقال، بعد أن استخدم تلك المبادئ، إن العمل والحرارة اللذان تُشكّلهما الحيوانات لا بد أنهما يُشتقان كلياً من احتراق الطعام أثناء التنفس. ومع أن هيلمهولتز كان يؤيد بقوة عمل ڤون لايبيغ، ولكنه بَيَّن أن القوة الحيوية كانت غير متجانسة مع بقاء الطاقة (والسبب أن القوة الحيوية يمكن أن تتحوّل إلى قوى طبيعية جسدية ولكن ليس العكس) ولذلك ينبغي أَن ينبذها علم الطاقة الجديد. كان هيلمهولتز Helmholtz عضواً مُؤسِّساً لمدرسة للفزيولوجيين الألمان (وعُرفت أحياناً باسم مدرسة هيلمهولتز في برلين أَو مدرسة الفزيولوجيين التي تأسست سنة 1847) الذين حاولوا أن يَشرحوا كل العمليات البيولوجية بلغة القوى الطبيعية الجسدية، وليس القوى الحيوية.

وحسب رأي هيلمهولتز عن بقاء الطاقة، هناك طاقة أساسية لكل الطبيعة، وهي طاقة وحيدة وغير قابلة للتحطيم، ولكن قابلة للتحوّل على نحو غير محدود. وهذه الطاقة ضرورية للكون أكثر من المادّة والقوة، ولذلك أوْقَفَتْ هيمنة نظرية بقاء الطاقة الأشكالَ الواضحةَ للمادّة والحركة. وكان النبأ السار المتعلق بالقانون الأول أن الكون كان عبارة عن مستودع من الطاقة المتقلبة منتظرة تحويلها إلى عمل.

وكان النبأ السيء المتعلق بالقانون الثاني أن هذا التحوّل كان يقدر بتبدّد بعض الطاقة إلى حرارة. ومع أن كل أشكال الطاقة كانت متساوية، إلاّ أن بعض الأشكال كانت مساوية أكثر من غيرها.

اكتشاف بقاء المادّة كان سببه يعود إلى الإقرار أن الأُمنية من أجل بناء آلة ذات حركة دائمة كانت محكومة بالإخفاق. وكانت الأكاديمية الفرنسية للعلوم قد شكّلت لجنة لدراسة اقتراحات لبناء هذه الآلة الخيالية. وحاول الكثيرون (ومنهم ماير Mayer الشاب) ولكن الجميع فشل. إن آلة كهذه تشكّل حركة وعملاً من لا شيء. إنها «محرّك لا يتحرّك». إنها شيء كان أرسطو قد ربطه باللّه وحده. وأدى الإقرار بأن الحركة الدائمة كان أمراً مستحيلاً إلى الفكرة التي قالت إن كل الحركة يجب أن تنشأ من حركة سابقة أَو حقيقية أَو كامنة: وليس هنالك تغير بدون تغير سابق. لذلك كان تاريخ الكون كله متشابكاً بشبكة غير نظامية. وانتقد هيلمهولتز مفهوم ڤون لايبيغ عن القوة الحيوية التي كانت تزود التقلص العضلي بالطاقة، والسبب أن المفهوم سمح بإمكانية وجود آلة ذات حركة دائمة، الأمر الذي اعتبره مستحيلاً. ولكن إذا منعت فكرة بقاء الطاقة القوة الحيوية من العمل، فإنّها سوف تمنع، كما ظن البعض، الإله من التدخّل بالعالم المادي. ولكن اللورد كيلڤن بصدره الرحب وتفكيره السمح نسب للّه مدبر شؤون الكون خَلْقَ الطاقة أَو تحطيمها.

قال الإغريق القدماء إن بروميثيوس كان قد سرق النار من القوى الخارقة وأعطاها للبشر ومعها جزء من المعرفة والقدرة الإلهية. الآن

ومن خلال هيلمهولتز والآخرين، تمكّن البشر من الحصول على مفهوم الطاقة ذاتها ومعها قدرة متزايدة من أجل الخير والشر. وإذا أمكن استخدام هذا المفهوم عن الطاقة لفهم سر الحياة والموت، إذاً يُمكن للموت أن يُهزم ويُمكن أن يصبح البشر خالدين.

العلاقة بين تشكّل الحرارة التنفسية والعمل العضلي، والربط، عموماً، بين التنفس واستخدام الطاقة في الجسم كان ما يزال غامضاً خلال القرن التاسع عشر. وقد ثبت بالتدريج أن التنفس ـ أي استهلاك الأوكسجين وثاني أوكسيد الكربون وتشكّل الحرارة ـ يحدث في خلايا النسج وليس في الرئتين أو الدم. وهكذا فإن العضلات، كما رأى البعض، يمكن أن تعمل كمحركات بخارية بيولوجية مستخدمة الحرارة التي شكّلها التنفس لإحداث التقلص. ولكن في نهاية القرن، أدرك آخرون أن هذا لا يتحقَّق، لأن القانون الثاني للديناميكية الحرارية يبيِّن أن الحرارة مصدر عمل غير فعَّال، إلاَّ إذا كان الفرق بين الآلة والبيئة مرتفعاً كثيراً. والمحرِّك الحراري عندما يكون بدرجات فزيولوجية طبيعية محرك غير فعَّال ويولِّد عملاً ضئيلاً مقابل كمية الطعام التي احترقت. والطريقة الواقعية لاستخدام التنفس ليحدث التقلّص العضلي كانت تقوم على تمرير تشكّل الحرارة بطريق جانبي وتحرير الطاقة التي أطلقها التنفس من خلال مستودع متوسط للطاقة إلى التقلّص العضلي دون إطلاق الطاقة كحرارة. إلاَّ أن الأمر استغرق قرناً آخر لنفهم كيف تحقق هذا العمل غير العادي.

الطُّرق التاريخية التي سلكناها بحثاً عن أسرار الحياة والطاقة قد

تفرعت عدة مرات، كما تعدَّدت الأسئلة وأدَّت بنا الأجوبة إلى مناطق أكثر غموضاً وتجريداً. ومن أجل أن نلخص ما قرأنا، وقبل أن نواصل في الفصول التالية لنصل إلى ذروة الفهم الحالي لطاقة الجسم: نقول إننا بدأنا بالنظر إلى طريقة العمل العامة للتفسير البيولوجي في الثقافات الأولى حيث لم يكن هنالك تمييز بين الطاقة والحياة، وحيث نُسِبتْ الحركة والتغيير إلى أرواح أَو قوى أَو أشباح لها صفات بشرية. أما الطاقة والحماسة والحياة فكانت تُمْنحُ من قبل الآلهة كما أن الروح والصحة يمكن أن تُنتزع من قبل الآلهة. أما المذهب الميكانيكي فلم يؤخذ بعين الاعتبار لأنه لم يكن مستخدماً في ذلك الوقت. وفي بلاد الإغريق القديمة وروما أخذ دور الآلهة والأرواح يضعف بالتدريج. ثم جاءت الطاقة على شكل نَفْس pneuma، أي روح من الهواء تنتشر في الجسم وتقدم حركة ونشاط الحياة. أما أوروبا في عصر النهضة والتنوير فقد حثّها التقدم التكنولوجي إلى الأمام. ونُبِذتُ الآلهة والأرواح من قبل العلم وحلّ محلها علم الميكانيك البارد. وعلى نحو حاسم ونهائي، اختُبرت الفرضيات بالتجربة وليس بالقبول المنطقي وقد ساعد على ذلك إدخال الرياضيات إلى النظريات والتجارب العلمية. وحل محل النَّفْس pneuma والأرواح «القوى» و«القوانين». واكتشف البعض أن عنصراً من الهواء، وهو الأوكسجين، كان ضرورياً للحياة وكان يُستهلك داخل الجسم الحي أثناء عملية احتراق الطعام المهضوم وينتج عنه تشكّل حرارة الجسم. واكتُشِف في النهاية أن عملية التنفس

هذه تجري في خلايا الجسم وتنفذها الأنزيمات وهي الآلات الجزيئية للجسم. كما وجد أن القوى المختلفة للطبيعة يمكن أن تتحوّل فيما بينها إلى حركة وحرارة، وهكذا ارتبطت بالمفهوم العام للطاقة، وهي المصدر الكوني لكل الحركة والتغير. . وهكذا أصبح الجسم محول طاقة (أو آلة)، يوجه الطاقة المنطلقة من الطعام المحترق إلى حركة وفكر. ولكن أحداً لم يكن يعرف كيف كان يحدث ذلك.

كان تاريخ العلم في تقدّم مستمر نحو ذروة الحقيقة الحديثة. وهذا أمر حسن إلاَّ أنه أمر بغيض لمعظم المؤرخين. إنهم يقولون إن وجهة نظر التاريخ هذه تنشأ من أخذ حقيقة معاصرة وحياكة قصة حولها ـ وقد أُحْسِن اختيارها من الماضي. ويعطي بَحْثي التاريخي المختصر فكرة بسيطة عن كيف فكَّر العلماء وعملوا. كما يعطينا نظرة عن المكان الذي جاء منه مفهوم الطاقة الحالي المتحرِّك باستمرار، حيث ينتظرنا عدد من الصدمات .