2

نوعية الحياة

«الرجل الواقف خلف المجهر لديه لك هذه النصيحة: لا تسأل أبداً ما هو شيء ما، اسأل فقط، ما الذي يقوم به؟»

هيلاري بيلوك

اخترنا طريقنا بحذر شديد ونحن ننزل الوادي الذي تبعثرت فيه الحجارة المدورة، بينما كنا نراقب محترسين ألا يصيبنا شوك الصبار أو تعترضنا حية مجلجلة. يسير المرء بحذر في وادي «المنعطف الكبير»، لذلك استغرقنا بعض الوقت ريثما شاهدنا أول «صخرة حية» نراها. كان ذلك اللقب مناسباً: كانت هذه الصخرات المسطحة، الرمادية، القاسية، النصف ـ مغطاة بالرمل، تندمج مع بيئتها الصخرية. لكن حالما تلاحظها، فإنك لا تشك بطبيعتها: إنها دون شك نباتات حية تتنكر كصخور. كثيراً ما يكون الأمر هكذا: على الرغم من أن تعريف الحياة محير، فإننا نادراً ما نجد صعوبة في تمييز الكائنات الحية عن الجمادات عديمة الحياة بميزاتها الخاصة.

إن صنف «الحياة» لم يختف أبداً من الأدب العلمي من حيث كونه موضوعاً للبحث الجدي؛ تملأ خصائص الحياة، وليس طبيعتها، عدداً لا

يحصى من المجلات العلمية. لكن أية محاولة لاستخلاص قواعد أساسية من هذا السيل من المعلومات، يجب أن تبدأ، إذا لم يكن بتعريف الحياة، فعلى الأقل بصفات نستطيع من خلالها أن نتعرف على وجود هذه الظاهرة. مع حلول عصر السفر في الفضاء، لم يعد هذا السؤال مجرد سؤال أكاديمي. عندما يهبط المستكشفون من مشروع النجوم على كوكب ما يدور حول نجم بيتلغيوس، فهل سيتعرفون على الحياة إذا واجهوها في زي غير مألوف؟ ربما نعم، لأنه حيثما يأخذنا شغفنا للبحث عن أشياء غريبة، فإننا نتوقع أن تكون الحياة صفة لنوع فريد من الكائنات يسمى «العضويات». يصعب جداً تعريفها، لكن لا يصعب تقديم خواص عامة ترسم عملية الحياة كما نراها حولنا، ويجب أن ينطبق ذلك على الحياة كما يمكن أن نتخيلها في أمكنة أخرى من الكون. هاكم الخواص الأساسية.

(1) تدفق المادة والطاقة. إن العضويات الحية مسرح لنشاط كيميائي متوال. إنها تمتص الغذيّات، وتنتج كتلاً حيوية وتتخلص من الفضلات الناتجة ومن الحرارة؛ تتعرض معظم مكوناتها للتفكك وإعادة البناء خلال فترة حياة كل عضوية منفردة. يشير الاستقلاب، وهو مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية للتغيير، إلى كامل التبدلات الكيميائية التي تجرى من قبل العضوية. إن الاستقلاب خصوصاً هو دمغة للحياة إلى حد أن الدليل على وجود استقلاب هو ما كان يبحث عنه المسبر الفضائي الذي أرسل إلى المريخ سنة 1976، دون جدوى.

يدور الكثير من شأن الاستقلاب هذا حول الطاقة. تعتمد النشاطات المميزة للأشياء الحية ـ نموها، حركتها، نفس محافظتها على بنيتها وسلامتها ـ على وارد من الطاقة يأتي من البيئة. إن هذه واحدة من الوظائف الأساسية للاستقلاب، لأن المواد الكيميائية تخدم كحاملات للطاقة إضافة إلى المادة. مثل الشعلة أو الدوامة، فإن العضوية هي أقرب لأن تكون عملية من أن تكون شيئاً، ويحافظ عليها مرور تيار مستمر ضمنها من كل من الطاقة والمادة.

(2) التوالد الذاتي. تتولد الأشياء الحية بشكل ذاتي، وليس بقوى خارجية، ويكون ما تنتجه من نفس نوعها. النظير يولّد النظير. إن الوراثة الحيوية تختلف كثيراً عن النقل نقطة ـ لنقطة الذي تقوم به آلات النسخ. تنقل الصفات، بدلاً عن ذلك، من الآباء إلى الأبناء ببرنامج أو وصفة تتضمن تعليمات لإنتاج الجيل التالي. إن العملية دقيقة جداً، لكنها مع ذلك عرضة للأخطاء بين الحين والحين مما يفسر التفاوت الملاحظ في كل مجموعة طبيعية.

(3) التنظيم. كلما تحدثنا عن العضويات فإننا نسلّم بوجود العلاقة الأساسية بين الحالة الحية ونوع خاص من النظام. تبدي حتى أبسط المخلوقات وحيدة الخلية مستويات من الانتظام والتعقيد تتجاوز بمقاييسها أي شيء موجود في دنيا المعادن. تتألف الخلية الجرثومية من أكثر من ثلاثمئة مليون جزيء (عدا الماء)، وعدة آلاف من أنواع مختلفة من الجزيئات، وتحتاج إلى حوالي 2،000 جينة لتحديد خاصيتها. لا يوجد أي شيء عشوائي في هذا التجمع، الذي يكاثر نفسه بتركيب ثابت ومن جيل إلى جيل. تشكل الخلية وحدة منفردة، وحدة من الحياة، من ناحية أخرى أكثر عمقاً: مثل الأرجل والأوراق في العضويات الأعلى، فإن لمكوناتها الجزيئية وظائف معينة. سواء كانت تعمل منفردة، كمعظم الأنزيمات، أو كجزء من تكوين فرعي أكبر كالجسيمات الريبية، فإن الجزيئات جزء من نظام متكامل، ويمكن أن يقال في هذا المجال أنها تخدم نشاطات الخلية ككل. مثل أي نظام هرمي، فإن كل مكوّن من المكونات هو مباشرة وحدة في ذاته وجزء من التصميم الأكبر؛ لكي تدرك طبيعته يجب أن تفحصه من كل من المنظورين. قال جون فون نيومان مرة أنه يوجد للتنظيم هدف؛ في حين لا يوجد للنظام هدف (1). من الواضح أن للأشياء الحية هدف واحد على الأقل، أن تكثر من نوعها الخاص. لذلك، فإن التنظيم هو الكلمة التي تلخص ماهية النظام الحيوي.

(4) التأقلم. إن أية عضوية مصنوعة من أجزاء متميزة، وتتكاثر بالوراثة مع التنوع، يجب أن تطور أجزاء تشجع على نجاة العضوية وتكاثرها. ستتبدل بنية هذه الأجزاء ووظيفتها مع مرور الوقت، مقتفية أثر التغيرات في كل من البيئة الداخلية والخارجية. السبب في ذلك هو أن نجاح تكاثر الفرد يجب أن يتأثر بالعوامل البيئية، وسوف يفضل الانتقاء الطبيعي أفضل من يتأقلم على حساب المتأقلم بشكل أسوأ. يشاهد التأقلم التطوري في كل العالم الحي، ليس فقط على مستوى الأرجل والأوراق ولكن أيضاً على مستوى بروتينات الأنزيمات والعضيّات الخليوية. بالطبع، كانت فكرة أن التأقلم ينبع من التفاعل بين التنوع العشوائي والانتقاء الطبيعي، هي الفكرة التي ناضل داروين من أجلها. حين نقر بالتأقلم على أنه صفة للحياة فإننا نعطي تنوع الحياة الداخلي حقه. كما أننا نؤكد على أن المظاهر الكيميائية والفيزيائية للعضويات تجد معناها، أولاً في إطار التنظيم ثم في إطار التاريخ. إن الفيزيولوجيا والتطور عنصران مركزيان في قواعد الحياة.

يمكننا بمساعدة هذه الصفات أن نتخلص بسرعة من بعض الحالات المشكوك فيها. هل اللهب حي؟ لا. صحيح أن الشمعة تشعل الشمعة الأخرى، لكن حجم وشكل اللهب يتحددان بالكلية بالوقود المزود والهواء، وليس ما إذا كانت الشعلة قد بدأت من شمعة أخرى أو من عود ثقاب. تتكاثر النيران، لكنها لا تتكاثر بالوراثة. تشكل الفيروسات موضوعاً أكثر إثارة. إنها تكاثر نوعها بالطرق الوراثية، وإنها تتطور وتتأقلم بسرعة هائلة حسب الظروف المتغيرة؛ إن الذين يعتبرون التكاثر والتأقلم العنصرين الضروريين للحياة سيعتبرون الفيروسات حية. لكن الفيروسات من ناحية البنية أبسط بكثير من الخلايا، بل حتى أبسط من كثير من عضيات الخلية، إنها تفتقر لأي نوع من الاستقلاب وهي طفيليات داخل خلوية مجبرة. إن قدراتها محدودة أكثر بكثير من أية خلية، بحيث أنني واحد من الذين لا يعتبرون أن معايير الحياة تنطبق على الفيروسات. تنطبق نفس المناقشة على المتقدرات،

والعضيّات داخل الخلية إجمالاً: حيث أن الجينات المطلوبة لإنتاجها تتوضع بشكل أساسي في نواة الخلية، فإن العضيّات لا تتكاثر بشكل ذاتي ولذلك يجب أن تستبعد من صفوف الحياة. وماذا عن الجراثيم المجمدة ـ المنشفة؟ كانت هذه حية في يوم من الأيام، وبشرط أن تكون «ممكنة الحياة»، فإنها قد تعيش مرة أخرى، لكنها ليست حية الآن. إن مثل هذه الحالات التي تقع على خط الحدود تعطينا الدروس بدلاً من أن تكون نذيراً بالخطر. إذا كانت الحياة قد نشأت من دنيا المعادن بعمليات طبيعية، فإننا نتوقع أن نجد الخط الذي يفصل الحي عن الميت مبهماً قليلاً. إن التصانيف الصارمة عادة ما تكون أشياء نطبقها على الطبيعة، وليست أشياء نجدها فيها.

كانت الحالة المبهمة للفيروسات، التي تمكّن العلماء حديثاً من بلورتها، هي التي قادت ن. دبليو. بيري لأن يستنتج أن مصطلحات «الحياة» و«الحي» هي مصطلحات لا معنى لها ضمناً. لم يمنع ذلك خلفاءه من تقديم تعاريف، يدس أفضلها نواة من الحقيقة في صَدَفة من الحِكم (2). بالنسبة لـ جيه. بيريت فإن «الحياة هي [صفة] أنظمة مفتوحة يمكن أن تكاثر ذاتها من التفاعلات الكيميائية المترابطة، تتحفز على مراحل بشكل متعادل حرارياً تقريباً عبر مجموعة معقدة وخاصة من الحافزات التي تنتجها هي نفسها الأنظمة ذاتها». يؤكد غيل فلايشاكر ولين مارغوليس، باتباع الافتراض الأصلي لفرانسسكو فاريلا، نفس النقطة بشكل أكثر إيجازاً وبتأكيد أكثر حدة على مظاهر التنظيم العميقة، عندما يعرفان العضويات الحية على أنها «أنظمة ذاتية التولد». يضع فريمان دايسون نفسه في نفس المعسكر بتأكيده أن «الحياة تقع في التنظيم، وليس في المادة». رضي آخرون بالنمط المعاصر؛ بالنسبة لدلبيكو، فإن «الحياة هي تشغيل التعليمات المشفر لها في الجينات». لكن مينارد سميث يشير في اتجاه مختلف تماماً عندما يقترح بأن الحياة يمكن أن تعرف ببساطة «باحتوائها على تلك الصفات المطلوبة لضمان التطور بالانتقاء الطبيعي. أي أن الأشياء التي لها صفات التكاثر، والتنوع والوراثة هي أشياء حية، بينما الأشياء

التي تفتقر إلى واحد أو أكثر من هذه الصفات ليست حية»(2).

لقد بدأت أشك بأن تعريف الحياة هو مرآة ترى فيها اختصاصات علم الأحياء المختلفة نفسها. يميل علماء علم الأحياء الوظيفي ـ علماء الكيمياء الحيوية، وعلم الأحياء الجزيئي، وعلماء الفزيولوجيا ـ إلى أن ينظروا إلى العضويات على أنها أنظمة معقدة، ومتكاملة، وذاتية التكاثر يحافظ عليها بتيار من المادة والطاقة. إنهم يتساءلون كيف تعمل هذه الأنظمة، ويبحثون عن الأسباب القريبة للظاهرة التي يلاحظونها من حيث الآليات الفيزيائية والكيميائية. أما علماء علم الأحياء التطوري، فإنهم يأخذون، على النقيض، نظرة أبعد. فهم يسألون كيف جاءت هذه الأنظمة وكيف أصبحت أجزاؤها متأقلمة بشكل تعاوني.

إنهم يأملون بأن يكتشفوا الأسباب النهائية، مثل الميزات الانتقائية أو الطوارئ التاريخية التي رسمت نماذج الشكل والوظيفة التي نلاحظها في جميع العضويات. إن سر الحياة هو أن هذين مظهران من حقيقة مفردة يجب علينا أن نجاهد لنحيط بها. لا يمكن أن يقال أن ظاهرة حيوية قد صارت مفهومة إلى أن نجد كلاً من تفسيرها الوظيفي والتطوري ـ وإن كلاً من هذين لا بد أنه متعدد المستويات. لكي نفك خيوط المتاهة من الجدل الذي نسج حول العلاقة بين الحالتين الحية وغير الحية للمادة يجب علينا أن نمشي على رجلين، واحدة وظيفية والأخرى تطورية.

من بين جميع الأشياء غير الحية في الكون، لم يستحوذ على خيالنا شيء أكثر من المحركات والآلات ذاتية الحركة التي صنعناها بأنفسنا. ينظر للكومبيوتر اليوم على أنه أكثر الأمثلة تعليماً عن الأشياء الحية، حيث تقارن بنية الخلية بالمكونات الصلبة، والـ «د.ن.أ DNA» ببرامج الكومبيوتر. تملك الآلات ذاتية الحركة التعقيد والأجزاء ذات الوظيفة والسلوك الهادف تماماً مثل العضويات الحية، لكن بما أنها من صنع الإنسان فليس لها أية صيغة غيبية. منذ أيام ديكارت، كان هناك علماء أحياء ميكانيكيون يرون أن مهمتهم

هي «تقليص» علم الأحياء إلى الكيمياء والفيزياء، مثلاً، كإظهار أن جميع الظواهر الحيوية يمكن أن تشرح بالكامل على أنها حركات لأجزائها المكونة والقوى بينها. يرى مجمل علماء الكيمياء الحيوية وعلم الأحياء الجزيئي بالخاصة أن مثل هذا التقليص هو غايتهم، مع أنهم لن يوافقوا على معنى ذلك التعبير. يرضى بعضهم بأن ذلك التقليص قد تحقق فعلاً، شكراً للإجماع شبه العالمي على أن كل ما تقوم به الأشياء الحية يعتمدعلى المواد الفيزيائية. يوافق عدد أكبر مع فرانسيس كريك (3) بأن «الهدف النهائي للحركة الحديثة في علم الأحياء هو في الواقع شرح كامل علم الأحياء بتعابير الفيزياء والكيمياء». ويذهب عدد قليل من المقلّصين حتى أبعد من ذلك، حيث يدعون أن القوانين والنظريات التي تشكلت في علم الأحياء يجب أن تعاد صياغتها كحالات خاصة من تلك المقترحة في العلوم الفيزيائية. أكدت كتابات جورج غيلورد سيمبسون، ومايكل بولاني، وإيرنست ماير وأليكساندر روسنبرغ (4) بوفرة أن الهدفين الأخيرين وهميان. في الواقع، حتى الآلات لا يمكن أن تفسر بالمبادئ الميكانيكية وحدها، لأن تصميمها موجه بأهداف المصمم الذي يقيد العمل الأعمى لقوانين الفيزياء. في حالة العضويات الحية، إن تنظيمها الهرمي ومنشأها في تفاعل التنوع العشوائي والانتقاء الطبيعي هي التي تكبح جماح أي مقلّص متطرف. وتجدر الملاحظة بإن نجاحنا الذي لا شك فيه في كشف الآليات الجزيئية للحياة لم يعط حتى الآن سوى القليل من البصيرة عن منشأ الأشكال والوظائف المنطقية على مستوى الخلايا والعضويات.

لهذا السبب، ربما تجد أن غالبية علماء أحياء العضويات يناصرون موقفاً عاماً بديلاً، يعرف عامة باسم الكلية (يفضل البعض التعبير الأكثر دقة لكن الغريب «العضوية»). يؤمن المناصرون بأن العضويات الحية تكون مجموعة فريدة منظمة هرمياً تعمل كل منها كوحدة كاملة. كلما جمّع نظام من أجزائه المكونة، تظهر صفات جديدة لا يمكن توقعها من معرفة تلك

الأجزاء لوحدها. يعطي جناح الطائرة الذي تأملنا به في الفصل الأول مثالاً يؤكد الفكرة، وتنطبق المناقشة على أية عضوية. إن الشكل، والسلوك، والتطور أمثلة على مثل هذه الصفات التي تظهر والتي لم تكن لتعرف أبداً من الآليات الجزيئية حتى ولو عرفت بكامل تفاصيلها. ينجم عن ذلك أن علم الأحياء هو علم مستقل ذاتياً (5)، تحكمه قوانين ونظريات تظهر بالتتابع على مستوى الخلية، والضفدع، وسرب من الطيور وفي بركة في البرية. يمكننا أن نضع جانباً، في الوقت الحالي على الأقل، مسألة ما إذا كان علم الأحياء مستقلاً ذاتياً بالمبدأ أم فقط عملياً، لكننا يجب أن نذكر أن العضويين يشعرون بضيق حيزهم المتناقص. كان هناك وقت يظن فيه أن الوراثة وحفظ الطاقة امتيازان يقتصران على الأنظمة الحية. أليس من المحتمل، بعد مرور بضعة عقود من الزمن، أن التطور والتكون التشكلي سوف يقلصان بنجاح للعبة تقوم بها الجزيئات التي لا عقل لها والتي تطيع فقط القوانين المحلية؟

لا أظن ذلك، وكثيراً ما أتذكر الصراع القاحل حول طبيعة الثالوث التي أبقت البيزنطينيين في اضطراب قروناً طويلة. لماذا يجب أن نقسم بالطاعة لأي من المقلصين أو الكليين؟ كما قال جون تيلر بونر(6)، «إن ما يحيرني فعلاً هو لماذا لا يستطيع المرء أن يكون مقلصاً وكلياً في آن واحد». إن التقليص هو عادة أفضل استراتيجية في الأبحاث، وعندما ينجح، فإنه يقدم شرحاً مرضياً (وإن كان جزئياً). يتذكر الكليون التعقيد المتأصل في الأشياء الحية، ويبقون المقلصين صادقين. لقد سرني أن أرى هنتر (6)، وهو يعيد فحص سؤال ما إذا كان يمكن تقليص علم الأحياء إلى الكيمياء، يتخذ بنفس الشكل موقفاً يوفق بين الموقفين. إن طرفي النقيض متكاملان، وليسا متضادين، يحتاج من يريد فهم العضويات الحية إلى كل من منظور الكليين من الأعلى إلى الأسفل وتدقيق المقلصين من الأسفل للأعلى. لا يكفي أي منهما لوحده.

قبل عدة سنوات، وفي مقالة لطيفة تبحث في أصول علم الأحياء الجزيئي، تكلم غنثر ستنت عن الصفات المتناقضة للأشياء الحية، التي تطيع

جميع قوانين الفيزياء والكيمياء، ومع ذلك لا يمكن شرحها باستخدام هذه العلوم. أمل نيلز بور، وماكس ديلبروك، وستنت نفسه بأن يكتشفوا قوانين جديدة للفيزياء، غير معروفة حتى الآن، يمكنها أن تقدم شرحاً فيزيائياً وكيميائياً للوظائف الخاصة بالحياة. لم تظهر أياً من أمثال هذه القوانين، لكن المرء يتساءل ما إذا كنا نبحث في الاتجاه الخاطئ. إن الظواهر الحيوية التي لها أي أهمية هي دائماً تقريباً صفات نظام، منظم هرمياً بشكل أو بآخر في مستويات عديدة. إن التبسيط (التقليص) مفيد عادة، بل حتى ضروري، حتى يغدو بالإمكان تتبع المشكلة، لكنه يحمل خطر تغيير السؤال بدلاً من الجواب عليه. حسب رأيي، فإن بداية الحكمة هي إدراك أن الأشياء الحية تتكون بالكلية من جزيئات، وأن كل ما تقوم به يجد تفسيراً ميكانيكياً في الأفعال والتفاعلات بين جزيئاتها المكونة. لكن ترتيبها في أنظمة متزايدة التعقيد يضمن ظهور البنية والنشاط فوق الجزيئي. كلما تقدم مستوى التنظيم، كلما كان البحث عن الفهم فقط في المكونات الجزيئية أقل فائدة. لا يوجد الكثير من المنطق في محاولة البحث عن الأساس الجزيئي للسبات الشتوي لأن ذلك أصلاً عمل عضوي (مع أن المرء يأمل بأن يجد الجينات والبروتينات التي تدخل في عملية السبات الشتوي). بنفس المنحى، إن دراسة كيمياء الجلد ليس لها فائدة في وصف حذاء. يتطلب المنطق العام أن نقود أنفسنا بحذر بين الآليات الميكانيكية والحيوية المتحجبة، يمكن التعبير عن بعض البصائر بشكل مفيد بالمصطلحات الجزيئية، بينما يتطلب بعضها الآخر تفسيرات فيزيولوجية أو أفكاراً مناسبة لمستوى أعلى حتى من التنظيم. يجب أن نتطلع على الدوام لمبادئ تنظيمية تربط الجزيئات بالخلايا والعضويات، ولقوى تاريخية رسمت شكل الحصيلة. يتفق المنطق العام مع بول وايس في أنه، «لا توجد أية ظاهرة في النظام الحي ليست جزيئية؛ ولكن لا توجد أيضاً أية ظاهرة جزيئية بالكامل». بسبب كل هذا المبهم والمألوف، فإن العضويات الحية أشياء غريبة حقاً.