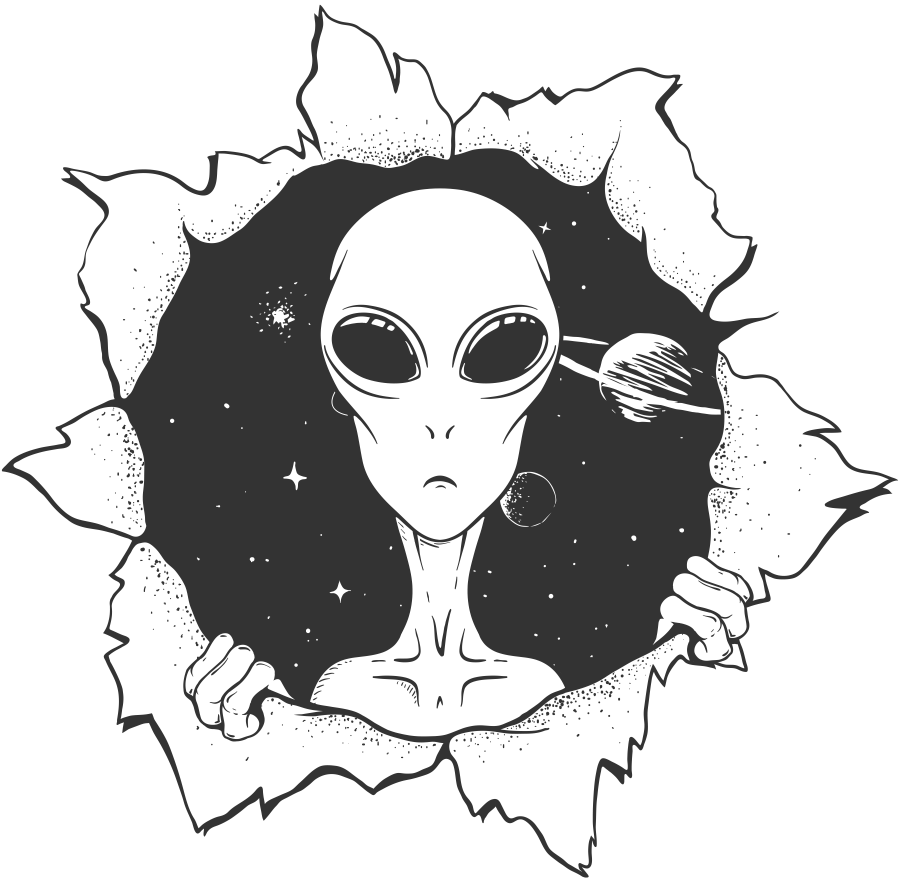
ويد روش

البحث عن حياة خارج الأرض

ترجمة ياسمين العربي



سلسلة المعارف الأساسية

البحث عن حياة خارج الأرض

تأليف
ويد روش

ترجمة
ياسمين العربي

مراجعة
محمد إبراهيم الجندي

هنـــداوي

البحث عن حياة خارج الأرض

ويد روش

Extraterrestrials

Wade Roush

الناشر مؤسسة هنداوي
المشهرة برقم ١٠٥٨٥٩٧٠ بتاريخ ٢٦ / ١ / ٢٠١٧

يورك هاوس، شييت ستريت، وندسور، SL4 1DD، المملكة المتحدة
تليفون: ٨٣٢٥٢٢ ١٧٥٣ (٠) ٤٤ +
البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org
الموقع الإلكتروني: https://www.hindawi.org

إنَّ مؤسسة هنداوي غير مسئولة عن آراء المؤلف وأفكاره، وإنما يعبِّر الكتاب عن آراء مؤلفه.

تصميم الغلاف: ولاء الشاهد

الترقيم الدولي: ٩ ٣٤٣٥ ٥٢٧٣ ١ ٩٧٨

صدر الكتاب الأصلي باللغة الإنجليزية عام ٢٠٢٠.
صدرت هذه الترجمة عن مؤسسة هنداوي عام ٢٠٢٣.

جميع حقوق النشر الخاصة بتصميم هذا الكتاب وتصميم الغلاف محفوظة لمؤسسة هنداوي.
جميع حقوق النشر الخاصة بالترجمة العربية لنص هذا الكتاب محفوظة لمؤسسة هنداوي.
جميع حقوق النشر الخاصة بنص العمل الأصلي محفوظة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (إم آي تي).

Copyright © 2020 Massachusetts Institute of Technology.

المحتويات

تمهيد السلسلة	٧
تمهيد	٩
مقدمة	١٥
١- أحلام بوجود كائنات غير أرضية	٢٣
٢- تحوُّل البحث عن ذكاء خارج الأرض إلى علم	٣٧
٣- الكائنات المُحبة للظروف القاسية والكواكب الخارجية	٦٥
٤- حل مفارقة فيرمي	٨٣
٥- الانضمام إلى المحادثة	١١١
مسرد المصطلحات	١٢٩
ملاحظات	١٣٥
قراءات إضافية	١٥١

تمهيد السلسلة

تُقدِّم «سلسلة المعارف الأساسية» التي تَنشرُها مؤسسة «إم آي تي بريس» كُتبًا موجزة بلغةٍ جَزلة سهلة الفهم، وشكلٍ أنيق، وحَجمٍ صغير يُلائم الجيب، تُناقِش الموضوعات التي تُثير الاهتمام في الوقت الحالي. ولَّما كانت كُتب هذه السلسلة من تأليف مُفكرين بارزين، فإنها تُقدِّم آراء الخبراء بشأن موضوعاتٍ تتنوَّع بين المجالات الثقافية والتاريخية، إضافةً إلى العِلمية والتِّقنية.

في ظلِّ ما يَشيع في هذا العصر من إشباعٍ لَحظي للمَعلومات، أضحى لدى الجميع القُدرةُ على الوصول إلى الآراء والأفكار والشروح السطحية بسرعةٍ وسهولة، وأصبح من الصعوبة بمكانٍ أن يَحظى المرءُ بالمعرفة الأساسية التي تُيسِّر فَهمًا صادقًا للعالَم؛ وما تَفعله كُتب هذه السلسلة هو أنها تُحقِّق ذلك الغرض. وكل كتابٍ من هذه الكُتب المختصَرة يُقدِّم للقارئ وسيلةً مُيسَّرة للوصول إلى الأفكار المعقَّدة، من خلال تبسيط المواد المُتخصِّصة لغير المُختصِّين، وشرْح الموضوعات المهمة بأبسطِ طريقةٍ مُمكنة.

بروس تيدور
أستاذ الهندسة البيولوجية وعلوم الكمبيوتر
«معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا»

تمهيد

نحن نَعيش في خِضمِّ قصةٍ كبرى غير مُكتملة؛ حكاية ظهور البشر كنوعٍ يُهيمن على الكوكب ولكنه مُقيَّد داخله، وإمكانية تحوُّلنا إلى نوعٍ يرتحل في الفضاء مُستوطنًا عدة كواكب.

إننا نعرف كيف بدأت القصة؛ حين تَركنا السكن فوق أعالي الأشجار، وانتشَرنا عبر القارات، وطوَّرنا اللغة والزراعة والثقافة المكتوبة، والعلم في نهاية المطاف.

ونحن نعرف كذلك أين وصَلَت القصة اليوم. في القرن الحالي، سنكون مشغولِين بمواجهة التحدِّيات الوجودية المُتعدِّدة التي أوجدناها لأنفسنا. ولكن إذا استطعنا أن نُتقِن قوى السياسة على نطاقٍ عالَمي والتكنولوجيا على نطاقٍ صناعي، وإذا استطعنا تحمُّل مسئوليتنا بإدارة مناخ الأرض وأنظمتها البيئية، وإذا استطعنا تنظيم استكشافنا للكواكب الأخرى — وهي جميعًا افتراضات كبرى تَكتنفُها الشكوك بكل تأكيد — فحينها لن يُوجَد شيءٌ آخر يَمنعنا من التوسُّع خارج الكوكب في أنحاء المجرة.

أما ما لا نعرفه فهو الاتجاه الذي ستَسير فيه القصة بعد ذلك. يُوجَد احتمالان لا ثالثَ لهما. إما أننا سنبقى وحدَنا في جهودنا الاستكشافية، أو سنجد أن هناك من يُشاركنا فيها.

من الوارد أن نكون أول الكائنات الذكية في المجرَّة على الإطلاق التي تُفكر في مغادرة كوكبها الأصلي. وفي هذه الحالة، سنَعلم أن بقية مجرَّة درب التبانة هي موطن للميكروبات وبعض الكائنات الأخرى. في كلِّ مكانٍ نَذهب إليه، سنجد مساحاتٍ خاويةً وغير مأهولة، في انتظار استعمارنا لها، بأنفسنا أو عن طريق آلات الذكاء الاصطناعي التي ابتكرناها.

أو ربما سنُصادِف أشخاصًا آخرين أثناء رحلتنا، كما كان يَحدُث دائمًا في الماضي. ربما تُوجَد مجموعة مُتحدة كاملة وناشطة من الكواكب المُمتدة عبر المجرَّة في انتظار استقبالنا، أو ربما عدد قليل من الحضارات المُبعثَرة ولكن يُمكننا مُخالطتها بأُلفة ومودَّة.

وفي حالِ تمكَّنَّا مِن التواصُل مع ثقافاتٍ أخرى، فالأرجح أنها ستكون أقدمَ من ثقافتنا بكثير، ومن المُحتمَل أن يُؤدي التواصُل معها إلى تعرُّضنا لتحوُّلات من الصعب تصوُّرها الآن. يعتقد عالم الفلك بول ديفيز، الذي يترأَّس مجموعة المهام ما بعد الاستكشافية للبحث عن ذكاء خارج الأرض، أن التواصُل مع الكائنات غير الأرضية سيكون له «تأثير على الإنسانية أكبر من اكتشافات كوبرنيكوس، وداروين، وأينشتاين مجتمِعين.»[1]

لكنَّ التشويق في هذا الأمر قد يستمرُّ طويلًا. فإذا لم نكن أول مُستكشفي المجرة، فقد نعرف ذلك غدًا أو بعد مائة عامٍ أو ألف عام. وإذا بدَت المجرة خاويةً، فسنُضطرُّ إلى أن نعيش في وحدتنا إلى الأبد، دون أن نَعرف ما إذا كنا الأوائل (أو الأواخر) أو ما إذا كانت هناك أنواع أخرى، ولكنها بعيدة إلى درجةٍ لا يُمكننا معها اكتشافها.

ما يُثير اهتمامي هو أننا نَضِجنا كنوعٍ بما يكفي لنعرف كيف «نطرح» السؤال «هل نحن وحدَنا في الكون؟» ولكنَّنا لم نَنضَج بما يكفي لنَعرف كيف نُجيب عنه.

سيكون من المعقول أن نَفترض، في الوقت الحالي، أننا وحدنا في الكون حقًّا. فلا يُوجد أي دليل مادي على أن كائناتٍ غريبةً قد زارت نظامَنا الشمسيَّ.[2] إننا نُحاول رصد إشارات راديو ذات أصلٍ ذكي قادمة من خارج الكوكب منذ ٦٠ عامًا، ولم يَصلنا شيءٌ من كائنات كتلك. قد يكون الفضائيون مُختبئين، أو شديدي البُعد عنا، أو ربما يَتواصلُون بطرقٍ لا يُمكننا اكتشافها بعدُ، غير أن الافتراض الأحوَط الآن هو القول بعدم وجودها.

لكن يظلُّ هذا مجرَّد تخمين. فنحن لا نعرف كيف تنشأ الحياة أو عدد العوالم التي تَصلُح لها بالضبط. ولا نعرف الوتيرة التي تتطوَّر بها الكائنات البسيطة بالكامل لتصِل إلى مرحلة الوعي الأوَّلي وصناعة الأدوات. ولا نَعرف الطرق التي ربما تُحاول الثقافات الأخرى التواصُل معنا بها. لقد اخترنا حتى الآن البحث عن إشاراتِ تَواصُلِها في موجات الراديو والتردُّدات البصرية، لكن استخدام تلك الطُّرق على وجه الخصوص هو أيضًا مجرَّد تخمين. قد يكون بحثُنا محكومًا عليه بالفشل، أو ربما نكون قد بدأنا للتو.

إن مسألة وجود كائناتٍ خارج كوكب الأرض ليست مجرد أحدِ أكثر الألغاز إلحاحًا في تاريخ العلم؛ بل هي الفراغ الأكبر في مسار قِصَّتنا نحن النوع البشري. وعدم حسمها أمرٌ عجيب ومُحير.

ذلك ما يتناوله هذا الكتاب: السؤال نفسه، ولماذا يظلُّ بلا إجابة، وكيف يُحاول العلماء الإجابة عنه.

لطالما كان هذا السؤال يُؤرِّق عقلي منذ بداية وعيي. لقد وُلدتُ في أواخر ستينيَّات القرن العشرين. نهلتُ من الأعمال الفنية الشعبية، مثل فيلم المخرج ستانلي كوبريك «٢٠٠١: ملحمة الفضاء» («٢٠٠١: إيه سبيس أوديسي») (١٩٦٨)، وفيلم المخرج ستيفن سبيلبرج «لقاءات قريبة بالنوع الثالث» («كلوز إينكونترز أوف ذا ثرد كايند») (١٩٧٧)، و«إي تي: الكائن غير الأرضي» («إي تي: ذا إكسترا تريستيريال») (١٩٨٢). صارت فكرة «احتمالية» وجود كائنات فضائية غريبة، وأنه ربما يكون من المُقدَّر لنا أن نَلتقي بها جزءًا من روح العصر منذ فترة طويلة.

وكما سنرى في الفصل الأول، فإنَّ الفِكرة تعود إلى الإغريق القدماء، وقد دخَلَت بقوةٍ في الثقافة الشعبية في القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين بفضل علماء مثل عالِم الفلك المهووس بالمرِّيخ بيرسيفال لويل، وكُتَّاب الخيال العلمي مثل إتش جي ويلز.

لكن بالنسبة إليَّ، كان عمل الفلَكي المشهور، والمُحاور العِلمي، والشخصية التليفزيونية كارل ساجان هو ما أدخل الفكرة إلى بُؤرة تركيزي. كان ساجان جزءًا من مجموعة صغيرة من الباحثين الذين كانوا يعملون منذ أوائل الستينيات على جعل البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، أو ما يُعرف اختصارًا بـ SETI، مجالًا علميًّا يَحظى بالتقدير. كتب ساجان بإسهاب عن الحياة خارج الأرض في كتابه «الرابط الكوني» (١٩٧٣)،[3] ثم قاد إنتاج «تسجيل فوياجر إنترستيلار». أُرسِلَ التسجيل المُشفَّر بالصوت والصور إلى الفضاء السحيق في عام ١٩٧٧ على متن مسبارَي مركبتَي الفضاء «فوياجر ١» و«فوياجر ٢» كما لو كانت رسالةً طامحةً وُضِعت في زجاجة. لكن ربما كان أهمَّ ما في الأمر هو أنَّ ساجان قد أثار حماسة جِيلٍ بأكمله من مهووسي العلوم من النشء ببرنامجه التليفزيوني الشهير «الكون: رحلة شخصية» (١٩٨٠).

كانت الحلقة قبل الأخيرة من البرنامج بالكامل عن البحث عن ذكاء خارج الأرض، وقد كانت بعنوان «الموسوعة المجرِّية». وأوضحت أن مسألة الحياة خارج كوكب الأرض كانت مسألةً يمكن للعلماء، وليس فقط مُؤلِّفي الخيال العلمي، البحث فيها. وعندما التحقتُ بكلية هارفارد في خريف عام ١٩٨٥، لم أُشارك ساجان في حماسه لوجوب وجود كائنات خارج كوكب الأرض فحسب، بل أصبحتُ أتُوق أن أُصبح ساجانًا آخر بامتياز، فاخترتُ التخصُّص في علم الفلك، وعملتُ أثناء الدراسة في مركز هارفارد-سميثسون للفيزياء الفلَكية، حيث عملَ ساجان ذات يوم.

لك أن تتخيَّل سعادتي حينها عندما ظهر ساجان بنفسِه في الحرم الجامعي. كان هناك للمُشاركة في ندوة لتدشين فحص للحياة خارج الأرض عبر عددٍ هائل من القنوات،

وهو أحد مشروعات البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض عبر تردُّدات الراديو يتزعَّمه عالِم الفيزياء بجامعة هارفارد بول هورويتز. حضرتُ الندوة وتواصلتُ مع الدكتور ساجان بعد ذلك لمُشاركته كلَّ ما عندي من حماسٍ شابٍّ من مُعجبِيه. وقد كان كريمًا ومُتعاونًا بالقَدر الذي كنتُ أتمنَّاه.

في الوقت نفسه، كنتُ أُحاول الكتابة في قسم الأخبار لصحيفة الحرم الجامعي الأسبوعية، «هارفارد إندبندنت». وبفضل النَّدوة، كان لديَّ مقالة للنشر. ظهرت المقالة التي تناوَلَت مشروع «هورويتز»، الذي لم يكن ليُدشَّن لولا هدية بقيمة ١٠٠ ألف دولار، والتي لم تكن لتأتي سوى من ستيفن سبيلبرج (قال سبيلبرج في الندوة:[4] «اعتقدتُ أن الوقت قد حان للمشاركة في القليل من الواقع العِلمي»)، منشورة في الأسبوع التالي. كانت أولَ مقالة أنشُرُها على الإطلاق، وقد جعلتُ لي شغفًا بالكتابة عن العلم والتكنولوجيا لم يتوقَّف قط.

وفي غضون عامَين، تغلَّب اهتمامي بالصحافة وتاريخ العلم على اهتمامي بالفلك. واصلتُ دراستي للحصول على درجة الدكتوراه من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في التاريخ والدراسة الاجتماعية للعلوم والتكنولوجيا، وقضيتُ سنوات رشدي في العمل صحفيًّا تكنولوجيًّا في الصحف المطبوعة، والإنترنت، ووسائل الإعلام الصوتية.

لكنَّني شعرتُ لفترة طويلة أنني مَدين بمسيرتي المهنية، نوعًا ما، لكلٍّ من سبيلبرج وهورويتز وساجان، ومجال البحث عن ذكاء خارج الأرض. الطريف في الأمر هو أنَّني بعد تلك المقالة الأولى لصحيفة «هارفارد إندبندنت»، لم أَعُد قطُّ إلى الكتابة عن الموضوع، حتى دعَتْني مؤسسة «إم آي تي بريس» للمُساهمة بهذا الكتاب.

قدَّم لي هذا المشروع إذن أملًا لإكمال دورة حياةٍ مُهمَّة وفُرصة يُحتفَى بها لأنغمس، بعد أكثر من ٣٠ عامًا من نَدوة هارفارد، في التفكير التاريخي والحالي في مسألة البحث عن حياةٍ خارج كوكب الأرض وحضارات الفضائيِّين.

وقبل أن أبدأ في مُشاركة ما تعلَّمتُه، أودُّ أن أشكر سوزان باكلي، مُحرِّرتي في مؤسسة «إم آي تي بريس»، وفي كتابي السابق لُمقتطَفات من الخيال العلمي الصعب «اثنا عشر غدًا» (٢٠١٨). لقد تقدَّمتْ باقتراح هذا الكتاب، وكانت مُستشارةً مُبدعةً وصبورة.

وفي خريف ٢٠١٨، بينما كنتُ أُجري بحثي لتأليف هذا الكتاب، تشرَّفت أيضًا بالمشاركة في إلقاء ندوةٍ حول البحث عن ذكاء خارج الأرض لمجموعة الدراسة التجريبية التابعة لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. وقد جعلَت صديقتي والمُعلِّمة المشارِكة لي، عالمة الفيزياء الفلَكية بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا باولا ريبوسكو، هذه التجربة مُمتعة،

وألهمَتْني بأفكارها الإبداعية في التدريس. أولَتْني باولا أيضًا وقتَها لمراجعة مخطوطة هذا الكتاب. في السنوات الأولى لندوة معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، طرح كلٌّ من أناليزا بروسكي، وجوليانا دروزد، وراكيل جارسيا، وسارة لينكولن، وجوشوا رودريجيز، وإيلينا روماشكوفا، وتاليا سبيتز أسئلةً صعبةً ساعدَتْني أيضًا في شحذِ جميع الأفكار الواردة في هذا الكتاب. أتقدَّم بالشكر العميق لباولا وجميع الطلاب. كما أنَّني مُمتنٌّ لضُيوفنا المتحدِّثين، خاصة بول هورويتز، الذي تذكَّر مقالتي وقضَى ساعتَين سخيَّتَين في مناقشة الآفاق الحديثة للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض مع طلابنا.

إضافةً إلى ذلك، أودُّ أن أشكُر مُديرة مجموعة الدراسة التجريبية، لي رودين، والمدير المساعد جراهام رامزي لتقبُّلهما لفكرة الندوة في المقام الأول. كذلك أتاحت «لي» لي التعيين كشريك بحثٍ في قسم علوم الأرض والغلاف الجوي والكواكب في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، الأمر الذي جاءت معه فائدة جوهرية، وهي إمكانية استخدام مكتبة المعهد.

أشكر أيضًا مارك بيلوفسكي على قراءته للمخطوطة وأصدقائي وزملائي في مجموعة «هاب آند سبوك» الصوتية على دَعمِهم وتشجيعهم.

في أكتوبر ٢٠١٨، أخذت أنا وباولا طلابنا في ندوة معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا إلى معهد رادكليف بجامعة هارفارد لحُضور ندوة «غير المُكتَشَف»، وهي ندوة استغرَقَت يومًا واحدًا نظَّمتها صديقتي عالمة الفلك بجامعة هارفارد أليسا جودمان. اختُتِم الحدث بحديثٍ لعالمة الفلَك جيل تارتر، الشريكة المؤسِّسة المُتقاعِدة لمعهد البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في كاليفورنيا. الدكتورة تارتر هي واحدة من الروَّاد الذائعي الصيت في مجال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، وكانت المرجع لشخصية إيلي أرواي في رواية «اتصال» (١٩٨٥)[5] لكارل ساجان. (جسَّدت جودي فوستر دورها في الفيلم المُستوحى من الرواية عام ١٩٩٧، وهو العام التالي لوفاة ساجان.) سحَرَنا حديث الدكتورة تارتر، وفي إعادةٍ رائعة لتجربتي في أكتوبر ١٩٨٥، تمكَّنتُ من التحدُّث إليها بعد ذلك وإخبارها عن هذا الكتاب. وقد كانت كريمةً ومُتعاونة بقدْر ما كنتُ أتمنَّى.

لذا فإن هذا الكتاب مُهدًى لجيل تارتر، وبول هورويتز، وكارل ساجان، وأمثالهم من العلماء من أصحاب الكرم والتفرُّد والرؤية الذين علَّمونا كيف نبحَث عن حياةٍ خارج كوكب الأرض، وكيف يربطنا البحث نفسه بالكون.

كامبريدج، ماساتشوستس
صيف ٢٠١٩

مقدمة

دعونا نبدأ بقصة تخيُّلية قصيرة. تخيَّل أننا في عام ١٤٩١. المكان هو بقعة ما جنوب بحيرة أونتاريو، فيما يُعرف الآن بشمال ولاية نيويورك. عقد عشرات الساتشيم، زعماء القبائل، من اتحادٍ كبير لقبائل سكان أمريكا الأصليِّين، المعروف باسم الهودينوشوني، اجتماعًا للمجلس الكبير، وكان ثمة بند مُذهل على جدول أعمالهم.

لقد علموا من الشامانات (الكُهان) أن هناك ساريةً احتفالية ذات طولٍ قياسي تُلقي بظلال منتصف النهار التي تَختلِف في الطول اعتمادًا على ما إذا كانت تُقاس في قرية على الحافة الشمالية البعيدة من أراضي الاتحاد أو في قرية على الحافة الجنوبية البعيدة.

في كِلا الموقعَين، تُشير السارية باتجاهٍ مُستقيم إلى الأعلى، عموديًّا على الأرض. لا يمكن لهذا الفرق أن ينشأ، بحسب تفسير الشامانات، إلا إذا كان «الأعلى» مختلفًا قليلًا في كلِّ موقعٍ من الموقعَين على خطٍّ مُمتدٍّ من الشمال إلى الجنوب، ما يعني أن الساريتَين، في واقع الأمر، مُوجَّهتَين بزاويتَين مختلفتَين قليلًا إلى أشعة الشمس. وكانت النتيجة الحتمية هي أنَّ العالَم مُنحنٍ؛ أي عبارة عن كرة كبيرة جدًّا. (استخدم عالم الرياضيات الإغريقي إراتوستينس المنطق نفسه لحساب محيط الأرض في القرن الثالث قبل الميلاد.)[1]

تلك الكرة كبيرة جدًّا لدرجة تجعلها ممتدَّة حتمًا إلى ما بعد الأراضي المعروفة لدى الأمم الخمس وجيرانها بكثير. في الواقع، لاحظ بعض الشامانات، أن الكرة كبيرة بما يكفي لوجود أراضٍ جديدة تمامًا في أماكن أخرى عليها، تسكنها قبائل غير معروفة؛ قبائل قد تَرغب في التجارة مع الهودينوشوني أو محاربتهم.

يبدو الاستنتاج غير معقول للساتشيم المُتجمِّعين. لكن بعضهم قال إنه في حالة صحة هذا الاستنتاج، فقد يَجدُر بهم الاستعداد لوصول هؤلاء الأشخاص المُفترَضين من أراضٍ أخرى.

عارض ذلك آخرون. زعموا أنه إذا كانت هناك أراضٍ أخرى حقًّا، لكان سُكانها قد أتَوا بالفعل عبر المحيطات على متن القوارب لتقديم الهدايا أو للقتال. لكنهم لم يأتوا. وعليه فإن الهودينوشوني والقبائل المحيطة هم الشعوب الوحيدة في العالم بالتأكيد، ولا يُوجَد سبب للقلق.

هل ذكرت أن العام هو عام ١٤٩١؟[2]

أين الجميع؟

لنحكي الآن قصةً أخرى، وهي قصة أُعِيدَ سردُها كثيرًا بين علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض حتى أصبحت تنتمي إلى عالَم الأساطير. إنه صيف عام ١٩٥٠. في لوس ألاموس، نيو مكسيكو — موقع صُنْعِ أول قُنبلة ذرية — يجتمع مجموعة من الفيزيائيين النوويين المرموقين، بمَن فيهم هانس بيثي، وإدوارد تيلر، وإميل كونوبينسكي، وإنريكو فيرمي، للعمل على سلاحٍ أكثر قوة بكثير؛ القنبلة الهيدروجينية.

يجتمع العلماء يوميًّا لتناول الغداء في فولر لودج، وهو المبنى الرئيسي لمدرسة البنين القَديمة التي اشتراها الجيش الأمريكي في عام ١٩٤٣ لإفساح مكانٍ لمُختبر القنابل. ينضمُّ ذات يوم هربرت يورك، وهو زائر من قسم الفيزياء في بيركلي، إلى طاولة في النزل حيث يَجري كونوبينسكي وتيلر وفيرمي محادثة.[3]

يَمتلك فيرمي عقلًا بارعًا ومرحًا، ويَستمتِع بطرح أسئلة شِبه بلاغية يُمكن الإجابة عنها من خلال التقدير التقريبي والعمليات الحسابية التقريبية السريعة. إنها عادةٌ بالنِّسبة إليه، حتى إن ألغازَه العقلية — مثل «كم عدد ضابطي البيانو في شيكاجو؟» — ستُعرَف فيما بعدُ باسم مسائل فيرمي أو أسئلة فيرمي. (الإجابة على لغز شيكاجو هي بضع مئات.)

في هذا اليوم تحديدًا، لم يكن الموضوع هو البيانو، وإنما الأطباق الطائرة. ابتداءً من عام ١٩٤٧ كانت هناك سلسلة مِن المُشاهَدات التي حظِيَت بتغطيةٍ إعلامية كبيرة لهذه الأجسام غير المُحددة الهوية. خلَّفت التغطية الصحفية الكثير من الضجة الهزلية لدرجة ألهمَت ظهور رسم كاريكاتوري في صحيفة «نيويوركر» لكائناتٍ غريبة عائدة إلى كوكبها الأصليِّ وهي تَحمل صناديق قمامة سرقتْها من إدارة النظافة في نيويورك. (كان الكاريكاتير حلًّا ساخرًا للُغزَين في آنٍ واحد؛ الأجسام الطائرة غير المحدَّدة الهوية (UFOs) والعدد المُتزايد لصناديق القمامة المفقودة في نيويورك.) وفي وقتٍ مُبكِّر من اليوم، لاحظ كونوبينسكي هذا الكاريكاتير وذكره لفيرمي، وهو ما بدأ المُحادثة.

بمُجرد جلوس يورك، اندفع فيرمي قائلًا: «ألا تتساءل مُطلقًا أين الجميع؟» يفهم جميع الجالِسين إلى الطاولة أن فيرمي يتحدَّث عن الكائنات غير الأرضية.

من السهل بمكانٍ على العلماء أن يَضحكُوا على الفِكرة الشائعة القائلة بأنَّ الأطباق الطائرة هي مركبات فضائية قادمة من أنظمةٍ نجمية أخرى، وتقودُها كائنات غريبة حقيقية. لكن هذا يطرح سؤالًا أكبر، وهو إذا لم تكن الأطباق الطائرة حقيقية ولم يُسافر أحدٌ عبر الفضاء بين النجوم لزيارتنا، فلِمَ لا؟

يُجري فيرمي بعض العمليات الحسابية السريعة لتقدير الكميات، مثل عمر مجرة درب التبانة وحجمها، وعدد النجوم والكواكب التي تحتويها، واحتمالات تطوُّر حياة ذكية على كل كوكب. يُظهِر حسابه أن مجرَّتنا لا بد أنها حافلة بالحضارات. ويَستنتِج فيرمي أنه إذا لم يكن أحد قد زارنا، فإن ذلك ربما ليس لأنه لا يُوجَد أحد؛ بل مِن المرجَّح لأنَّ الحد الأقصى للسرعة في الكون لأينشتاين — سرعة الضوء، ٣ × ١٠٨ متر/ثانية — يجعل السَّفر بين النجوم صعبًا أو مُستحيلًا.

يُومئ رفاق الغداء برءوسهم ويُوافقُون على أن السؤال عميق ومُهم. لكنَّهم لا يتمكنون من حلِّه في هذا اليوم. ويعودون بعد الغداء لتصميم قنبلتهم.

قوة المفارقة

المغزى من هاتين القصتين — واحدة خيالية والأخرى حقيقية — هو أننا لا نَعرف ما الذي لا نعرفه.

لآلاف السنين، كان سكان الأمريكتَين الأصليِّون آمنِين في عُزلتهم. كان من الطبيعي ألا يعبئوا بالخوف من الغُزاة الجَشِعين المُستعبِدين وحاملي الأمراض حتى لحظة وصل كولومبوس.

وحتى في يومِنا هذا، لا تُوجَد طريقة لدحض استنتاج فيرمي بأنَّنا آمِنون في عزلتنا على الأرض. ربما كان مُحقًّا في قوله إنَّ المسافات الشاسعة بين النجوم ستمنعُنا للأبد من مقابلة كائناتٍ تعيش خارج الأرض. لكن فيرمي كان يفكر في الاتصال «الجسدي» فقط. من شأن استنتاجه أن يُصبح محل نظر لو كنَّا قد اكتشفنا إشارةً كهرومغناطيسية من أصل ذكي خارج كوكب الأرض أو لاحَظْنا بعض العلامات الواضحة على هندسةٍ ما في مكانٍ آخَر من المجرَّة.

اختمر سؤال فيرمي «أين الجميع؟» على مرِّ السنين ليُصبح مُعضلة فكرية أكبر لدرجةِ أنَّ طلاب البحث عن ذكاء خارج الأرض أطلقُوا عليه مُفارقة فيرمي. المشكلة في الواقع ليست في سرعة الضوء أو فيما إذا كانت شدَّة الكسل أو القصر الشديد في العمر الذي تتميَّز به الكائنات الغريبة يحول بينها وبين زيارتنا. يمكن صياغة الأمر بهذه الطريقة: كل ما نَعرفه عن تكوُّن الكواكب وكيفية نشوء الحياة يُشير إلى حتمية أنَّ الحضارة البشرية على الأرض ليست فريدةً من نوعِها. وفي الواقع، إن مجرَّتنا من القِدم بمكانٍ لتُستعمَر بالكامل، ربما عدة مرات. ومن ثم كان ينبغي أن نرى أدلةً وفيرة على نشاطٍ لكائنات خارج كوكب الأرض. لكنَّنا لا نرى أي شيء، ولا حتى إشارات راديو، وبالتأكيد لا نرى مركباتٍ فضائية مهجورة أو آثارًا لحَضارات زائلة. لا يجب أن نكون وحدَنا، ولكن يبدو أننا كذلك. كيف يُمكن ذلك إذن؟

ظلَّ هذا السؤال محلَّ جدلٍ وتكهُّنات طيلة عقود، ومؤخَّرًا صار محلَّ بعض البحث العلمي الفِعلي. كتب ميلان سيركوفيتش في كتابه «الصمت العظيم» — وهو كتاب رائع جديد يُظهِر مدى عُمق المسألة في الواقع — يقول:[4] «من الصعب تصوُّر مسألة علمية أكثر ثراءً وأغنى في المعنى والصِّلة بـ «الأسئلة الكُبرى» الأخرى للعِلم على مرِّ العصور.»

جزء مما يجعل المشكلة شديدة العُمق هو أنها بالفعل مُفارقة منهجية. يعود أصل الكلمة الإنجليزية للمُفارقة *paradox* إلى المُصطلح اليوناني *paradoxon*، والذي يعني «رأي مُتناقض». وتشير الكلمة في العادة إلى «اقتراح يَنطلِق من مُقدمات تبدو سليمةً إلى استنتاج لا معنى له أو غير منطقي».

يُمكن النظر إلى المُفارقات باعتبارها مُزعجات مفيدة. فهي تُلِحُّ لحلِّها. بيت القصيد في التعريف هو «مقدمات تبدو سليمة». عندما تنشأ مُفارقةٌ ما، فإن ثمة إشارة غالبًا إلى أن المُقدِّمات لا تبدو كما هو مُفترَض أو إلى وجود شيءٍ خاطئ في تسلسل التفكير المنطقي.

> لا يجب أن نكون وحدَنا، ولكن يبدو أننا كذلك. كيف يمكن ذلك إذن؟

إذن ما الحقيقة الخفيَّة وراء مُفارَقة فيرمي؟ أيُّ افتراضٍ خاطئ يجب إزالته لحلِّها؟ ما الذي يغيب عنا؟

أحد الاحتمالات هو أن الحياة، وخاصة الحياة الذكية، أقل شيوعًا مما توصَّلَت إليه حسابات فيرمي الأصلية. تلك هي الفِكرة التي يُفضلها بيتر وارد ودونالد براونلي مؤلِّفا

كتاب «الأرض النادرة: لماذا يندر وجود الحياة المعقَّدة في الكون».[5] أقرَّ المؤلِّفان أننا قد نجد حياةً ميكروبية على العديد من الكواكب. ولكنهما ارتأيا أنه لا يُمكننا العثور على حياةٍ متقدمة مُتعددة الخلايا سوى في حالة وجود كوكب يتمتَّع بمزيجٍ غير عادي من المزايا، مثل وجود كوكبٍ قريب منه بحَجم كوكب المُشتري (لتخليص المساحة المُحيطة من المُخلَّفات الفضائية)، وقمر كبير، وصفائح تكتونية، ومجال مغناطيسي.

وثمَّة احتمال آخر، وهو أن ثمَّة كائنات ذكية بالفعل تعيش خارج كوكب الأرض، ولكنَّنا لم نَلتقِ بها بعدُ. هذه هي الإجابة التي قدَّمها كارل ساجان في كلٍّ من رواية وفيلم «اتصال» («كونتاكت»). في معالجة ساجان الخيالية، تصل إشارات تليفزيونية من جهاز كشفٍ غريب بالقُرب من نجم النَّسر الوَاقِع الذي يبعد ٢٥ سنة ضوئية. يحفز هذا استجابة مشفَّرة ومعقَّدة تشتمِل على مخططات لنوعٍ من بوابات النجوم؛ ويأتي مُعظم التشويق في النسخة السينمائية من ترقُّب مَن الذي سيعبُر من خلالها. ترقى القصة إلى مستوى الجدلية في مسألة أنَّنا لسنا وحدَنا وأنه ربما ثمة علامات على وجود حياةٍ ذكية خارج نطاق إحاطتنا. وعلينا أن نستمرَّ في البحث عنها لأنه إذا نجحنا في العثور عليها، فإن ما سنكتشِفُه من شأنه أن يُغيِّر كل شيء.

هذا هو الحل لمُفارقة فيرمي الذي ما زال مُعظَم مُناصِري البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض يؤمنون به حتى اليوم. غير أن هناك العديد والعديد من الردود المُحتمَلة الأخرى. في الواقع، من أحد الكتب العظيمة الفائدة في هذا المجال كتاب بعنوان «إذا كان الكون حافلًا بالكائنات غير الأرضية ... فأين الجميع؟ ٧٥ حلًّا لمُفارقة فيرمي ومسألة الحياة خارج كوكب الأرض.»[6]

وهذا الكتاب يهدف لأن يكون مقدمةً عامة للنقاش حول فكرة وجود كائنات ذكية خارج كوكب الأرض، وسنَتناول في الصفحات القادمة العديد من الأفكار حول كيفية حلِّ مفارقة فيرمي في نهاية المطاف. في الفصل الرابع، أُلخِّص الحلول المُحتمَلة في فئاتٍ عامة — أعدُكم أنها ستكون أقل من ٧٥ — وأستعرض الحجج المؤيدة والمعارِضة لكلٍّ منها. يَعتقِد وارد وبراونلي أنه «يبدو» أننا وحدنا لأننا وحدَنا بالفعل. بينما يشعر آخرون، بمَن فيهم أنا، أنه من السابق لأوانه كثيرًا أن نَخلُص إلى هذا الاستنتاج. ففي هذه المرحلة، ما زلنا نُصنِّف ما أسماه وزير الدفاع الأمريكي الأسبق دونالد رامسفيلد — في سياق مختلف للغاية — بـ «المعروفات المعروفة»، و«المجهولات المعروفة»، و«المجهولات المجهولة».

مجال علم الأحياء الفلَكية بأكمله، على سبيل المثال، مُكرَّس لمعرفة الكيفية التي ربما تنشأ بها الحياة في بيئاتٍ غير أرضية مُشابهة. عندما نشأ هذا التخصُّص قبل عدة عقود، لم يكن لدى العلماء سوى فكرة ضئيلة عن نطاق البيئات التي قد تزدهِر فيها الحياة، حتى هنا على الأرض، ناهيك عن أي مكانٍ آخر في نظامنا الشمسي أو في أيِّ مكانٍ آخر في المجرَّة. ولكن على مدار الأربعين عامًا الماضية، شهد المجال تقدمًا جوهريًّا. فمن ناحية، اكتشفنا أنواعًا عديدة من كائنات «مُحبة للظروف القاسية» تزدهر حول فتحات حرارية تحت سطح البحر وفي أماكن أخرى قاسية لم يكُن أحد ليتصوَّر أن يجد حياةً فيها حتى اللحظة التي عثرنا فيها على تلك الكائنات. علاوةً على ذلك، يواصل علماء الفلك إضافاتهم إلى فهرس الكواكب خارج المجموعة الشمسية، أو الكواكب الخارجية. حتى وقت كتابة هذه السطور، اكتُشف ٤٠٢٥ كوكبًا منها.[7] وحتى الآن لا يتماثَل أيٌّ منها مع الأرض، ولكن يبدو أن الكثير منها يدور داخل المناطق الصالحة للعيش في أنظمتها النجمية.

بيت القصيد هو أننا كلَّما اكتشفنا المزيد من الكائنات المُحبة للظروف القاسية والكواكب الخارجية، زادَت المساحة المتاحة لاكتشافات علماء الفلك وعلماء الأحياء الفلَكية وزادت المجهولات المجهولة التي تتحوَّل إلى مجهولات معروفة. وبالعمل الجاد، والتمويل، وقليل من الحظ، قد نتمكَّن من تحويل بعضٍ منها إلى معروفات معروفة. تَغمُرني مُتابعة هذه العملية بالدهشة والأمل.

تنظيم جهلنا

على الرغم من هذه الاكتشافات، يظلُّ البحث عن ذكاء خارج الأرض جانبًا غير مُعتاد من جوانب العلم، فهو جانب فجَواتُه أكثر خواءً من المعتاد. المعلومة الثابتة الوحيدة التي لدَينا هي أنَّ الصمت يسُود الفضاء، حتى الآن. في عام ١٩٧٥، أطلَقَ عالم الفلَك مايكل هارت على هذا الصمت في مقالٍ مُشكِّك شهير حول البحث عن ذكاء خارج الأرض اسم «الحقيقة أ».[8] وتلك هي الملاحظة التي تؤدِّي إلى مُفارقة فيرمي، وأي حُجة جادة تؤيد البحث عن ذكاء خارج الأرض لا بد أن تُواجِه هذه الملاحظة.

ولإعادة صياغة المفارقة: نحن لا نرى كائنات غير أرضية، ولكنَّنا «يجب أن نراها» بناءً على بضع افتراضات تبدو معقُولة. ما هي تلك الافتراضات؟ في الصفحات القادمة، سنأتي على ذكر معادلة دريك، التي اقترحها أول مرة عالم الفلك الراديوي فرانك دريك في عام ١٩٦٠ كطريقة لتقدير N، أي عدد الحضارات المُتطوِّرة تكنولوجيًّا والقادِرة على

التواصُل التي لا بد أنها موجودة في مجرَّة درب التبانة. تُساعد المعادَلة على قياس كمية المُدخَلات التي تُؤدي إلى مفارقة فيرمي، وقد استخدم فيرمي في الواقع النهج نفسه في حساباته التقريبية أثناء تناوُل الغداء في لوس ألاموس. في الشَّكل الكلاسيكي لمعادلة دريك، N هو ناتج سبعة عوامل، مثل عدد النجوم في المجرَّة، والكسر المُتمثل في النجوم التي تدور حولها كواكب، واحتمالية أن تتطوَّر حياة بسيطة على أحد الكواكب إلى حياة ذكية. وكما سنرى في الفُصول القادمة، فقد علمنا الكثير عن العوامل الأربعة الأولى في المعادلة، لكنَّنا ما زلنا نجهل الكثير عن العوامل الثلاثة الأخيرة. يُمكن أن تكون قيمة المتغيِّر N هي العدد واحد بالضبط (بالتأكيد لا يُمكنها أن تكون أقل من ذلك لأننا موجودون)، أو يُمكن أن تكون أكبر بكثير. ليس لدينا أدنى فكرة.

إن معادلة دريك ليست معادلة علمية تقليدية، بمعنى كونها صيغة تُعبر عن العلاقة بين الخصائص الفيزيائية، مثل $E = mc^2$. لكنها كانت مفيدة لدريك وأوائل نُظرائه في مجال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض كخريطة طريق، أي طريقة للبدء في مناقشة المجهولات المعروفة. في الواقع، لقد وصفت رائدة البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض جيل تارتر المعادَلة بأنها «طريقة رائعة لتنظيم جهلنا».[9]

يواصل هذا الكتاب بتلك الرُّوح نفسها، في محاولة لتصنيف المعروفات المعروفة، والمجهولات المعروفة، والمجهولات المجهولة. اكتسب النقاش حول الكائنات غير الأرضية ومفارقة فيرمي سمةً تخمينية بعض الشيء بطبيعة الحال. لن أُخفي آرائي، وسأُحاول توضيحها عندما نتجاوَز حدَّ المنطق القائم على الدليل إلى التخمينات المُستنِدة إلى معلومات؛ لكني لن أترك ذلك يُبطِّئ من وتيرتنا.

يُشبه الحديث عن البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض نوعًا ما طهي حساءٍ من الحجر. نحن مُجبرون على البدء بعددٍ قليل للغاية من الأفكار. لكنَّنا إذا استعرنا قليلًا من مرَق الحساء من الفلاسفة الذين ناقشوا مدى معقولية وجود حياةٍ خارج كوكب الأرض، وبعض الجَزَر من علماء المُحيطات الذين يدرسون الكائنات المُحبة للظروف القاسية، وبعض التوابل من علماء الفلك الباحثين عن المزيد من الكواكب الخارجية، سيُمكننا على الأرجح أن نصنع شيئًا مُغذِّيًا فكريًّا.

ها هي قائمة المكوِّنات الخاصة بي. في الفصل الأول، سأستعرِض التاريخ الطويل المُثير للدهشة للتكهُّنات حول الكائنات غير الأرضية. عندما قال أرسطو إن الطبيعة تمقت الفراغ، لم يكن مُحقًّا؛ فمعظم الكون شِبه فارغ. ولكن يبدو أن البشر يَمقُتون بالفعل فكرة أننا ربما نكون وحدَنا، ولا نزال نُناقش الفكرة منذ آلاف السنين.

أدرك العلماء في النهاية أنه يُمكنهم الذهاب إلى أبعد من مجرد النقاش. يتناول الفصل الثاني نشأة البحث عن ذكاء خارج الأرض باعتباره تخصُّصًا جادًّا في ستينيَّات القرن العشرين. وسنعرف كيف تحوَّل العلماء إلى التقنيات الراديوية والبصرية لبدء البحث العملي عن إشاراتٍ من حَضارات خارج كوكب الأرض وكيف تطوَّر هذا البحث على مدار الستِّين عامًا الماضية.

ويدور الفصل الثالث حول الثورات في عِلم الأحياء الفلَكية والبحث عن الكواكب الخارجية منذ عام ١٩٧٧ وكذلك كيف غيَّر التقدُّم السريع بشكلٍ غير مُتوقَّع في هذَين المجالَين طريقة تفكير العلماء في إمكانية وجود حياة خارج كوكب الأرض.

وأعود في الفصل الرابع إلى مفارقة فيرمي بعد التزوُّد بكل هذه المعلومات الإضافية. لقد اقتُرِح العديد من الحلول المُثيرة للاهتمام لهذه المُفارقة، وما أفعلُه في هذا الفصل هو أنَّني أُراجعها وأُقيِّم معقوليتها.

وأخيرًا، في الفصل الخامس، أُركِّز على الحلول المفضَّلة لديَّ وألقي نظرةً على بعض الأفكار الجديدة لإعادة تركيز أعمال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض من أجل زيادة فُرَص حلِّ المفارقة والعثور على كائناتٍ خارج كوكب الأرض.

وفي النهاية، آمُل أن تُوافِقوني الرأي في أن البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض هو أحد مجالات البحث الأكثر إثارة، والتي من المُحتمَل أن تُغير العالَم في زماننا الحالي، وأن تشعروا بالإلهام لمواصَلة استكشاف الموضوع بأنفسكم. يُمكنك فعل ذلك بمساعدة المصادر المذكورة في الملاحظات، ومسرد المصطلحات، وقائمة القراءات الإضافية في نهاية الكتاب.

بالمناسبة، سأفترض أنه لم تُكتشَف كائنات غير أرضية بعدُ في تلك اللحظة التي تقرءون فيها هذه الكلمات. ولكن إذا كان الأمر خلاف ذلك، فقد أصبح هذا الكتاب الآن قطعةً أثرية عديمةَ الفائدة ترجِع إلى عصر ما قبل الاتصال. لن يُسعِدَني شيءٌ أكثر من ذلك، لكنَّني لستُ متفائلًا إلى هذا الحد. لذلك تبقى المفارقة، وتظلُّ تطلُب الحل.

الفصل الأول

أحلام بوجود كائنات غير أرضية

لكي نَشعُر بالضآلة، كلُّ ما علينا فعله هو النظر لأعلى. إن وجود الشمس، والقمر، والنجوم، والكواكب، ومجرَّة درب التبانة يُمثل أدلةً كافية على أن الأرض ليسَت هي كل ما في الكون. ومنذ اكتسب البشَر القُدرة على الكلام ونحن نتشارَك القصص حول بناةِ السماوات المُقبَّبة وسكانها المُفترَضين، مِن آلهة وأرواحٍ وملائكة وشياطين، الذين كانوا، بشكلٍ من الأشكال، أولى الكائنات غير الأرضية.

وفقًا لإحدى قصص قبيلة شيروكي الأمريكية الأصلية، على سبيل المثال، فإن درب التبانة عبارة عن شبكةٍ كبيرة غزَلَتْها عبر السماء العنكبوتة الجدة، والتي استخدمتها للوصول إلى الجانب الآخر من العالم وإرجاع الشمس.[1] وفي إحدى أساطير الأزتيك المُروِّعة، خرج إله الحرب هويتزيلوبوشتلي من رحم أمِّه كواتليكويه مُكتملَ النمو ومُدرَّعًا بالكامل. قطع رأس أخته كويولشاوكي، التي كانت تُخطِّط لقتل كواتليكويه، وألقى برأسها في السماء، خالقًا بذلك القمر.[2]

حلَّت التفسيرات المادية للكون في نهاية المطاف مكان التفسيرات الأسطورية. غير أنَّ فكرة أنه ربما تكون هناك كائنات أخرى في السماء بقِيَت معنا، ووجدت جذورها العِلمية الأولى في اليونان في القرن السادس قبل الميلاد.

ساهم أناكسيماندر، الفيلسوف الذي عاش في ميليتوس في المكان الذي أصبح في العصر الحديث تركيا، بإحدى الأفكار الرئيسية. كان هو أول من اقترح أنَّ الأرض جرم يطفو في فراغ لا نهائي، غير مدعوم بشيء. وبالنسبة إلى شخصٍ عاش قبل ٢٢٠٠ سنة من إسحاق نيوتن، كانت هذه رؤية مُذهلة. وصفها الفيلسوف كارل بوبر بأنها «إحدى أجرأ الأفكار، وأكثرها ثورية، وأكثرها روعة في تاريخ الفكر البشري بأكمله.»[3] اعتقد أناكسيماندر أيضًا أن الأرض كانت أسطوانية، حيث تصطفُّ القارَّات في طرفٍ مسطح،

لذلك لم يكن مُحقًّا في كل شيء. غير أنه ابتكر فكرة الفضاء، ذلك المكان الذي ليس لِعلوِّه أو انخفاضه نهاية. وبالقَدر نفسه من الأهمية، كان نظام أناكسيماندر أول من ترك الباب مفتوحًا أمام احتمالية وجود عوالِم أخرى مثل عالمنا. (على الرغم من أنه ربما لم يكن يَعتقِد في وجود هذه العوالم في مكانٍ آخر في الفضاء. ربما كان يعتقد أنها قد سبقت الأرض أو أعقبتها في الزمن أو ربما صاحبتها في الوجود في كونٍ موازٍ آخر.)[4]

كان أناكسيماندر هو أول من اقترح أن الأرض جرم يَطفو في فراغ لا نهائي، غير مدعومٍ بشيء.

كان خلفاء أناكسيماندر أكثر تحديدًا بشأن الفكرة التي أصبحت تُعرف باسم «تعدُّد العوالم» وأكثر استعدادًا لاستِكشاف آثارها. في القرن الخامس قبل الميلاد، ابتكر الفيلسوف التراقي ليوكيبوس وتلميذه ديموقريطوس المذهب الذرِّي، أي الاعتقاد بأنَّ الكون المرئي يتكوَّن من ذراتٍ مُتناهية الصِّغَر غير قابلة للانقسام أو الائتلاف تتمخَّض في الفراغ دون سببٍ أو غرض. العوالم في هذا التصوُّر ليسَت مخلوقة بقُدرة إلهية؛ بل تتكوَّن ببساطة عندما يتصادم عددٌ كافٍ من الذرات ويلتصق معًا. اعتقد ديموقريطوس أن ثمة إمداد غير محدود من هذه الذرات، لذلك استنتج أنه لا بدَّ وأن هناك عددًا لا نهائيًّا من العوالم.[5] وقد صاغ تلميذه ميترودوروس من خيوس الفِكرة قائلًا: «يبدو من السخف القول بأنه في حقلٍ كبير لا تنمو سوى قصبة واحدة فقط، وأنه في فضاء لا مُتناهٍ لا يُوجد سوى عالم واحد.»[6]

ثم جاء إبيقور. عاش إبيقور بعد حوالي قرنٍ من ديموقريطوس واشتُهر أكثر ما اشتهر بفلسفته القائلة بأن المتعة — وأفضل ما يمكن تحصيلها به العيش المتواضع المكتفي بالذات — هي الخير الأعظم. لكن إبيقور قرأ لديموقريطوس واستوعَب تمامًا نظرته الذرية التجريبية للعالم، بما في ذلك فكرة وجوب وجود عدة عوالم. كتب إبيقور في رسالةٍ إلى المؤرِّخ هيرودوت يقول:[7] «ثمة عدد غير محدود من الأكوان [العوالم]، وبعضها يُشبه هذا العالم وبعضها الآخر لا يُشبهه.»

ولا تكتسب أفكار إبيقور أهمية لمجرَّد أنها كانت تنبُّؤية ولكن لأنها مثَّلت عاملًا مُثيرًا طويل الأمد للفلاسفة واللاهوتِيِّين المُستقبليين. فُقِدَت مُعظَم كتاباته للأسف. وما نعرفه عن فكره جاء في الأساس من قصيدة «عن طبيعة الأشياء»، وهي قصيدة بطول كتاب لتلميذه الرُّوماني لوكريتيوس.

يُمكنكم التفكير في هذا الكتاب، الذي كُتِب في سنة ٥٠ قبل الميلاد تقريبًا، باعتباره الكتاب الأول في العلوم المبسطة. هذا ما قاله لوكريتيوس حول النظرة الإبيقورية للعوالم الأخرى:

إن كان ثمة مخزون هائل من البذور،
بحيث لا تكفي أعمار الكائنات الحية كلها لحَصرِها …
وإن ظلت قُدرتها وطبيعتها كما هي،
قادرةً على إلقاء بذور كلِّ الأشياء معًا
في أماكنها، كما ألقت بذور كلِّ الأشياء في عالَمنا هذا،
فلا بدَّ من الاعتراف بأنه لا يزال هناك أكوان أخرى،
وعوالم أخرى، وسلالات أخرى من البشر،
وأجيال أخرى من البرية.[8]

يُعد هذا المقطع نقطةً فارقة في المناقَشات حول الكائنات غير الأرضية. فقد تجاوز الفكرة الأساسية التي مفادُها أن اللانهاية يجب أن تحتوي على العديد من العوالم إلى تقديم ما هو على الأرجح أول تأكيدٍ صريح في الأدب الغربي على ضرورة وجود كائنات غير أرضية.

وقد كان الأول والأخير، بكل أسف، لفترة طويلة للغاية.

الحقيقة هي أن صورة العالم ذات الطبيعة الآلية غير الخارقة للطبيعة التي قدَّمها أناكسيماندر وديموقريطوس وإبيقور كانت راديكالية في أيامها. فقد فشلت في حشد عددٍ كبير من المُؤيِّدين في اليونان القديمة. وفي أثينا عام ٤٥٠ قبل الميلاد، افترض الفيلسوف أناكساجوراس أنَّ الشمس صخرة نارية، وأن القمر جسم شبيه بالأرض يُضيء من خلال عكس ضوء الشَّمس. قُبِض عليه على الفور بتهمة الزندقة وحُكِم عليه بالإعدام. وبعد أن جاء صديقُه وتلميذه السابق بريكليس للدفاع عنه، أُطلِق سراحه ولكنَّه نُفي.

انتقد كلٌّ من أفلاطون (٤٢٨–٣٤٨ قبل الميلاد) وأرسطو (٣٨٤–٣٢٢ قبل الميلاد) فكرة ديموقريطس عن تعدد العوالم على أسس لاهوتية. رجَّح أفلاطون، المُوحِّد، أنه لا يُوجَد سوى خالقٍ واحد؛ ومن ثمَّ فلا يُمكن أن يوجد سوى عالمٍ واحد، «إذا كانت النسخة الناتجة تتوافَق مع العالم الأصلي».[9] وبالمثل، اعتقد أرسطو أنَّ تعدُّد العوالم يتطلَّب تعدُّد «المحرك الأول» للإبقاء على تلك العوالم في حالة الحركة؛ وتلك فكرة هرطقية بحتة. تعارضت أيضًا فكرة اللانهائية مع نظرته للفيزياء؛ حيث تميل العناصر الخمسة الأساسية — الأرض،

والهواء، والنار، والماء، والأثير الإلهي — للحركة لأعلى أو لأسفل تجاه «أماكنها الطبيعية» في مركز الكون أو حوافه. ونظرًا لأن الأشياء المُكوَّنة من الأرض تغرق دائمًا في المركز، فقد اعتقَدَ أرسطو أن الأرض لا بد أنها العالم الوحيد، وأنه لا يُمكن أن تُوجَد أجسام صلبة في السماء.[10]

وعلى الرغم من أن أرسطو كان وثنيًّا، فقد كان تصوُّره عن مركزية الإنسان في الكون بمثابة هبة لعلماء اللاهوت المسيحيِّين الأوائل. لم يترك سفر التكوين، الذي يقول إنَّ الله خلق «السماوات» و«الأرض» عمدًا، مجالًا لافتراض وجود عوالم أخرى أو كائناتٍ عاقلة أخرى (إلا لو أخذنا في الحسبان الملائكة والشياطين). ثم قدَّم العهد الجديد فكرة أنَّ الإله تجسَّد في صورة المسيح لتخليص المؤمنين من الخطيئة واللعن، في قصةٍ مُداهِنة تُوحي بالاستحقاق الفريد للبشر بأن يتمتَّعوا بتضحية المسيح. وكما قال العالم والمدافع عن المسيحية ويليام ويويل في وقتٍ لاحق فإنَّ التجسُّد وضع الأرض في «مرحلة الدراما الكبرى لرحمة الإله وخلاص الإنسان».[11]

على النقيض من ذلك، قدَّم ديموقريطس وإبيقور ولوكريتيوس تصوُّرًا لكونٍ ميكانيكي بحت؛ حيث ينشأ كلُّ شيءٍ من الاصطدامات غير المقصودة للذرَّات، وحيث ربما يكون البشر مجرَّد أحد الأجناس الذكية اللامُتناهية العدد. كتب عالم الأخلاق الكاثوليكي بنجامين ويكر: «لا عجب أن المسيحيِّين الأوائل ألقوا بالمُعتقَدات الإبيقورية، من الكائنات غير الأرضية وكل ذلك، في هاوية الأخطاء العقائدية.»[12]

وعندما اجتاحت المسيحية الإمبراطورية الرُّومانية المتدهورة في القرنَين الثالث والرابع الميلادِيَّين، سخر آباء الكنيسة من الإبيقوريِّين ومن أفكارهم وقمَعوهم وسمحوا بحرق كتاباتهم أو تحطيمها. المذهب الذرِّي، والسعي للمُتعة، وتعدُّد العوالم؛ جميعها أفكار واراها الظلام الذي كتَب ويكر يقول إنه «ظلَّ باقيًا لما يَقرُب من ألف عام».[13]

الطرد من فردوس مركزية الأرض

على الرغم من ذلك، تمكَّنت قصيدة لوكريتيوس «عن طبيعة الأشياء» من عبور الهاوية إلى القرن الخامس عشر. يُخبرنا كتاب «الانعطاف»، وهو كتاب رائع عن «كيف أصبح العالم حديثًا» لعالم الأدب بجامعة هارفارد، ستيفن جرينبلات، بقصة جامع الكتب الفلورنسي بوجيو براتشوليني، الذي استعاد نسخة من القصيدة في مكتبة أحد الأديرة في جنوب ألمانيا عام ١٤١٧. خلال ٦٠ عامًا، ظهرت مئات المخطوطات وكانت النُّسَخ المطبوعة مُتداولة،

وهو ما أعاد الاهتمام بالإبيقورية.[14] يُرجِّح جرينبلات أن الأفكار الإلحادية والمادية في القصيدة قد ساعَدَت على التبشير بدخُول عصر النهضة الإنسانية، وهي فلسفة فُضولية بدأت، على الرغم من اسمها، في التشكيك في المكانة المُميزة للبشَرية في الكون.

وسواء أكان الفضل يَرجع إلى براتشيوليني أم لا، فقد شهد عصر النهضة اهتمامًا متزايدًا بفكرة تعدُّد العوالم ونتيجتها الطبيعية؛ أي إمكانية وجود عوالِم أخرى مأهولة بكائناتٍ أُخرى. قدَّم ميكوي كوبرنيك، المشتهر أكثر باسم نيكولاس كوبرنيكوس، إحدى نقاط الانطلاق الرئيسية.

وُلِد عالم الرياضيات والفلك البولندي في عام ١٤٧٣، وهو مُصادفةً العام نفسه الذي ظهرت فيه أول نسخة مطبوعة من كتاب «عن طبيعة الأشياء». (لاحظوا التاريخ هنا، فقد عاش كوبرنيكوس في الوقت نفسه الذي عاش فيه كريستوفر كولومبوس، الذي كان يَكبُره باثنَتَين وعشرين سنة، وليوناردو دافنشي، الذي كان يَكبُره بإحدى وعشرين سنة، ونيكولو مكيافيلي، الأكبر بأربع سنوات، ومارتن لوثر، الذي كان أصغر بعشر سنوات.) يُمثِّل كوبرنيكوس محور قصة الكائنات غير الأرضية، ليس لأنه اعتقد في وجودها — فلم يبدُ أن السؤال قد أثار اهتمامه — ولكن لأنه كان أول شخصٍ يقترح — بناءً على الملاحظة والحساب — أن الأرض ليست هي مركز الكون المرئي.

حوالي عام ١٥١٠، بدأ كوبرنيكوس في كتابة التعليقات والمخطوطات التي ستُصبح فيما بعدُ كتابًا «عن دوران الكواكب السماوية». قَلَب الكتاب الذي نُشِر أخيرًا في عام ١٥٤٣، وهو العام الذي تُوفِّيَ فيه كوبرنيكوس، النظام الأرسطي القديم رأسًا على عقب. رجَّح كوبرنيكوس أن الأرض تدور حول قُطبها، وأن القمر يدور حول الأرض، وأن عطارد، والزهرة، ونظام الأرض والقمر، والمريخ، والمشتري، وزُحَل؛ جميعها تدور حول الشمس، كلٌّ بمُعدَّل دورانه. وأخيرًا، أكَّد على أن الجلد — الكرة السماوية الخارجية التي تَحتوي على النجوم — لا بدَّ أنها بعيدة بُعدًا غير مُدرَك، على الأقل مُقارنةً بالمسافات بين الشمس والكواكب.

فسَّر نموذج مركزية الشمس لكوبرنيكوس ظواهر غريبة ومُهمَّة لم يستطع النظام الأرسطي القديم تقديم شرح وافٍ لها، مثل «الارتداد» أو الحركة العكسية للكواكب الأخرى في مُواجَهة النجوم الموجودة في خلفيتها. ولكن بالطبع لم تُصبح مركزية الشمس مقبولةً على الفور، وأحد الأسباب المهمة لذلك أنها كانت بمثابة حطٍّ كبيرٍ من مكانة الأرض. لم تترك لنا سوى تابعٍ سماوي واحد فقط، وهو القمر، وقد أَجبَرَت قراء كوبرنيكوس على

التفكير في فكرة أننا نَعيش على كوكب مثله مثل أي كوكب آخر. هذا الافتراض — بأنه ليس ثمَّة أفضلية خاصة بالأرض، وأننا لسنا في موضعٍ مِحوَري مُتميِّز لمراقبة الكون — سوف يُعرَف فيما بعدُ بمبدأ كوبرنيكوس، وهي الحجة الجوهرية في العصر الحديث للبحث عن ذكاء خارج الأرض، كما سنَعرض في فصولٍ لاحقة.

> بالطبع، لم تُصبح مركزية الشمس مقبولة على الفور، وأحد الأسباب المُهمَّة لذلك أنها كانت بمثابة حطٍّ كبيرٍ من مكانة الأرض.

عرف كوبرنيكوس أن نظريته ستُثير اعتراضاتٍ دينية، وربما هذا هو السبب في رفضه نَشرَها خلال حياته. لكن لم يكن تابعه جيوردانو برونو بهذا الحذَر. لقد كان برونو أحد الرعايا الصقليِّين الذين دخلوا الرهبنة الدومينيكانية في نابولي، ثم أصبح أحدَ عابري السبيل المتديِّنين. قرأ للوكريتيوس وكوبرنيكوس، وتشرَّب أفكارهما حتى النخاع، وحقَّق هو نفسه بعض القفزات المُذهلة.

في ثلاثِ مجموعات من المحاورات نُشرت بين عامي ١٥٨٤ و١٥٩١ — «عشاء أربعاء الرماد»، و«عن الكون اللانهائي والعوالم»، و«عن الاتِّساع» — رجَّح برونو أن بعض النجوم على الأقل هي شموسٌ لها كواكبها التي تدور حولها، وأن بعض هذه الكواكب لا بدَّ أن عليه مَن يسكنه. وفي هذا الموضوع والعديد من الموضوعات الأخرى، تعارضت آراء برونو الجريئة مع العقائد القائمة لزمنٍ طويل للكنيسة الكاثوليكية؛ بادئ ذي بَدءٍ أن الكون قد خُلِق من أجل البشرية وحدَها وأنه لا يمكن أن يكون هناك أشخاص آخرون في عوالم أخرى من دون وجود مَسيحٍ آخرَ ليُخلِّصهم. أُلقي القبض على برونو في فينيسيا عام ١٥٩٢ بتهمة التجديف والهرطقة وأُرسِل إلى روما؛ حيث استمرَّت محاكمته سبع سنوات. وفي ١٧ فبراير ١٦٠٠، عُلِّق عاريًا رأسًا على عقب وأُحرِق على الوتد.

حظِيَ اضطهاد برونو بمتابعةٍ واسعة النِّطاق مِن قِبَل أشخاصٍ يعيشون خارج روما، لكنه لم يستطع أن يمنع ظهور فهمٍ جديدٍ للسماء. في عام ١٦٠٩، نشر يوهانس كيبلر، عالم الرياضيات والفلك الألماني، كتاب «الفلك الجديد»، والذي توسَّع في الكوبرنيكية توسُّعًا جوهريًّا. من المعقول أن كيبلر كان فَرِحًا بِتلقِّي نسخة من «الرسالة الفلَكية» لجاليليو جاليلي بعد فترةٍ وجيزة من نَشرِها في السنة التالية. أعلن الكتاب عن اكتشاف

جاليليو لجبالٍ على سطح القمر ولأربعةِ أقمارٍ تدور حول كوكب المشتري، نُطلِق عليها أسماء «آيو»، و«أوروبا»، و«جانيميد»، و«كاليستو». شكَّلت أقمار المشتري هذه ما كان، في جوهره، نموذجًا مُصغَّرًا للنظام الشَّمسي يخضع للقواعد نفسها التي تخضع لها الكواكب. قدَّم هذا الاكتشاف دليلًا مُذهلًا على الكوبرنيكية، وأكَّد لكيبلر نظرياته الخاصة حول حركة الكواكب. لكن هنا يأتي الجزء المُثير للاهتمام ذو الصلة بأغراضنا في هذا الكتاب؛ فعلى الرغم من أن كيبلر (البروتستانتي) قد علمَ بالمشاقِّ التي عاناها برونو وبموقف الكنيسة الكاثوليكية تجاه فكرة تعدُّد العوالم، أرسل إلى جاليليو (الكاثوليكي) خطاب تهنئةٍ تضمَّن تكهُّنات حول وجود كائناتٍ تعيش خارج كوكب الأرض. افترض كيبلر أن أيَّ كوكبٍ كان من الأهمية بمكانٍ لتكون له أقمار، فلا بد أن يكون عليه أشخاصٌ أيضًا. كتب: «هذه الأقمار الأربعة الصغيرة هي لكوكب المشتري، وليس لنا. كلُّ كوكبٍ بدوره، بمَن عليه من ساكنيه، تخدُمُه أقماره الخاصة به. ومن هذا المنطق نَستنتِج بأعلى درجات الاحتمالية أن ثمَّة حياة على كوكب المشتري.»[15]

رفض جاليليو بتعقُّل تأييد هذه الفكرة. وكتب في مَنشُورٍ بعنوان «تاريخ وشروحات حول البُقَع الشمسية» في عام ١٦١٣ يقول: «وجهة نظر أولئك الذين يَفترضون وجود سكَّانٍ لكواكب المشتري، والزهرة، وزحل، والقمر، ويعنون بـ «السكان» حيوانات كالتي لدَينا، وبشر على وجه الخصوص» كانت «خاطئة وسيئة للغاية».[16] ولكن في حين كان جاليليو ربما يتجنَّب خطأ برونو في هذه الحالة، فقد اصطدم في نهاية المطاف بالكنيسة لأسبابٍ مُختلفة. أثار مُجلَّده «حوار حول النظامَين الرئيسيين للكون»، الذي يُمثل دفاعًا تحريضيًّا عن كوبرنيكوس، غضب البابا أوربان الثامن وقضاة محكمة التفتيش التابعة له. وفي عام ١٦٣٣، حكمت الكنيسة على جاليليو بالإقامة الجبرية التي استمرَّت حتى وفاته عام ١٦٤٢.

العديد من الكواكب المُشابهة للأرض

لستُ أسعى في هذا الفصل إلى ذِكر كل عالمٍ أو فيلسوف تناول مسألة وجود كائنات خارج كوكب الأرض قبل عصر البحث المنظَّم عن ذكاء خارج الأرض.[17] كلُّ ما أُحاول فعله هو بيان أن فكرة أن عوالم أخرى قد تكون موطنًا لكائناتٍ غريبة — تأتي الكلمة الإنجليزية *alien* (والتي تعني غريبًا أو أجنبيًّا) من المُصطلَح اللاتيني *alius* (والذي يعني «آخر») — لطالَما كانت جزءًا من تفكيرنا طوال تطلُّعنا نحو السماء.

من ديموقريطس إلى جاليليو، تعامل المُفكِّرون مع هذه الفكرة بجديةٍ شديدة. وفي نهاية المطاف، كان الاعتقاد في وجود كائناتٍ أخرى يتسبَّب في النَّفي أو الحرق على الوتد. ولكن في عام ١٦٨٦، أصبح رجلٌ فرنسي — كان يُدعى برنارد لي بوفير دي فونتينيل — أولَ كاتب يستغلُّ الجوانب الفكاهية في الموضوع. كان كتابه «محادثات عن تعدُّد العوالم» مثالًا مُبكرًا آخر على تعميم العلوم للجمهور.

قدَّم فونتينيل حُجةً صارمة على الكوبرنيكية، ولكن للإبقاء على التسلية في الأمر استخدم أيضًا مفاهيم خيال عِلمي أولية غريبة حول ثقافات الكواكب الأخرى. تخيَّل فونتينيل أن أهل الزهرة «سفعتهم الشمس، وتملؤهم الحماسة والنار، وفي حالة غرامٍ دائمة، ومُحبون للأشعار والموسيقى، ويُبدعون في الاحتفالات والرقص والبطولات كل يوم.» بينما سكان زُحَل على النقيض من ذلك «يتميزون بلامُبالاةٍ شديدة. … إنهم أشخاص لا يَعرفون معنى الضَّحِك، ويستغرقون يومًا كاملًا للإجابة عن أبسط سؤال يُطرَح عليهم.»[18]

أكَّد فونتينيل لقُرَّائه أن هذه الأفكار لم تكن تتعارَض مع عقيدة التجسُّد الفريد للمسيح على الأرض؛ لأنَّ الاشخاص على الكواكب الأخرى لم يَنحدِرُوا من آدم، ولن يحتاجوا إلى الخلاص. ومع الأسف، لم يَمنع هذا الكنيسة من وضع كتاب «المحادثات» في فهرس الكتب الممنوعة.

سلك كريستيان هوجنس، عالِم الفلك الهولندي الذي شرَح حلقات زحل واكتشف القمر «تيتان»، نهجًا أكثر جديةً في كتابه «النظريات الكونية»، الذي نُشِر بعد وفاته في عام ١٦٩٨ وتُرجِم إلى اللغة الإنجليزية باسم «عوالم سماوية مُكتشَفة»، أو «تخمينات بشأن السكان، والنباتات، وإنتاج العوالم في الكواكب». أشار هوجنس إلى أن كوكبَي الزُّهرة والمشتري لهما غلافان جوِيَّان، الأمر الذي يُعدُّ أحد مُتطلبات الحياة. وتوسَّع في تأكيد رأي برونو بأن النجوم الأخرى لا بد أن لها أنظمةً كوكبية خاصة بها، واستنتج أنه حيثما تُوجَد كواكب، فلا بد من وجود أشخاص.

> لماذا ليس لكلِّ نجمٍ أو شمس من هذه النجوم أو الشموس ركب عظيم من الكواكب، كالذي لشَمسِنا، بأقمارها التي تخدمها؟ … لا بدَّ أن بها نباتاتها وحيواناتها، بل ومخلوقاتها العاقلة أيضًا، وأولئك المُعجَبُون كثيرًا بالسموات ومراقبوها الدءوبون مثلنا. … يا له مِن نظامٍ رائع وبديع لدَينا هنا من اتساعٍ مهيبٍ في الكون! الكثير جدًّا من الشموس، والكثير جدًّا من الأراضين، وكل منها

مُزَوَّد بالكثير جدًّا من الأعشاب، والأشجار، والحيوانات، ومُزَيَّن بالكثير جدًّا من البحار والجبال![19]

بحلول زمن هوجنس، كان مفهوم تعدُّد العوالم قد بدأ يبدو عاديًّا. قَبِله مُفكِّرُو القرن الثامن عشر مثل إدموند هالي، وجوتفريد لايبنتز، وألكسندر بوب، وإيمانويل كانط، ووليليام هيرشل، وبيير لابلاس، وتوماس باين باعتباره جزءًا من نظرةٍ عالَمية من الواقعية العلمية. غير أن هذه النظرة لا تزال غير مُتوافقة مع المسيحية الصارمة. هذا ما حفَّز واحدًا من قادة علماء القرن التاسع عشر ومؤمنًا سابقًا بوجود عوالم أخرى مأهولة، وهو ويليام ويويل، للتخلِّي عن فكرة تعدُّد العوالم ونشر أحد أقوى فهارس الحجج العلمية «ضد» الفكرة.

كان ويويل عالمًا موسوعيًّا، وأستاذًا في علم المعادن بجامعة كامبريدج، ثم أستاذًا في فلسفة الأخلاق، وأخيرًا رئيس كلية ترينيتي، حيث دَرَس السير إسحاق نيوتن. وفي ثلاثينيات القرن التاسع عشر، نشر ويويل مقالات تركت مجالًا لِفكرة وجود كائناتٍ خارج كوكب الأرض. لكن بعد ذلك حيَّره بشكلٍ مُتزايد السؤال عما إذا كان الإله قد قدَّم «منظومة خلاص مُماثلة» لكلِّ عالَمٍ من العوالِم الأخرى. وإن كان لا يُمكن الإيمان بصحة التعدُّد والتجسُّد؛ فقد قرَّر ويويل الالتزام بالإيمان بالتجسُّد. لذلك جمَّع انتقادات عِلمية وفلسفية ضد فكرة العوالم الأخرى، ونشرها في عام ١٨٥٣ تحت عنوان «عن تعدُّد العوالم: مقال».

أشار ويويل إلى أن البشر، وفقًا للسجلِّ الجيولوجي الذي اكتُشِف بعد ذلك، كانوا موجودين على هذا الكوكب قبل ما لا يتجاوَز «ذرة من الزمن». وإذا كانت الأرض، في الواقع، غير مأهولة بالسكان خلال مُعظم تاريخها، فلن يكون مُفاجئًا إذا كانت الكواكب الأخرى البَعيدة فارغة أيضًا. وأشار إلى أنه على أيِّ حالٍ لم يتمَّ حتى الآن رصد أيِّ كواكب حول نجومٍ أخرى، وأن العديد من السُّدُم، والعناقيد النجمية، والأنظمة المتعدِّدة النجوم؛ ستكون أماكنَ غير مناسبة لوجودها. لاحظ ويويل أنه هنا، في مُحيط ملاحظاتنا، القمر ليس له غلاف جوي ولا يحتوي على الماء، ويتميز كوكب المشتري بجاذبية ساحِقة وقد يَفتقِر إلى سطحٍ صلب، ومن المحتمَل أن تكون الكواكب زُحَل وأورانوس ونبتون بعيدة جدًّا عن الشمس؛ ومن ثم شديدة البرودة بحيث لا تدعم وجود حياةٍ عليها، ومن المُحتمَل أن يكون كوكبا عطارد والزهرة شديدَي القُرب من الشمس؛ ومن ثمَّ ترتفع درجة الحرارة عليهما للغاية. لم يكن متأكدًا بشأن الوضع على كوكب المريخ، لكنه افترض أن كوكب الأرض وحدَه هو ما يقع فيما أسماه «المنطقة المُعتدلة للنظام الشمسي.»[20]

وباختصار، على الرغم من أن هدف ويويل النهائي كان الدفاع عن عِلم اللاهوت المسيحي، فقد كان أول من حشد الأدلة التجريبية للإشارة إلى نقاط الضعف الحقيقية في فكرة تعدُّد العوالِم. كان هذا التحدي قد تأخَّر إلى حدٍّ ما. كان كوبرنيكوس مُحقًّا في إنكار الوضعية المميزة لكوكب الأرض بصفته مركز الكون، غير أن ذلك التعَقُّل في حدِّ ذاته لا يقول شيئًا عما قد يكون موجودًا في الكون «غير ذلك». نحن نعلم اليوم أن ديموقريطس وإبيقور كانا على المسار الصحيح عندما وضعا نظرياتٍ حول الذرات والعوالم الأخرى، لكنَّهما لم يكن لديهما أيُّ بيانات مؤكدة، وكذلك كان الوضع مع برونو، وكيبلر، وهوجنس، وفونتينيل. وخلص ويويل إلى نتيجةٍ مفادها أن «الاعتقاد بأن كواكب أخرى، إضافة إلى كوكبنا، هي أماكن صالحة لسُكنى الكائنات الحية، قد دخَلَ حيِّز التفكير، بوجهٍ عام، ليس نتيجةً لأسبابٍ فيزيائية، ولكن «على الرغم من» الأسباب الفيزيائية.»[21]

على الرغم من أن هدف ويويل النهائي كان الدفاع عن علم اللاهوت المسيحي؛ فقد كان أول من حشَدَ الأدلة التجريبية للإشارة إلى نقاط الضعف الحقيقية في فكرة تعدُّد العوالم.

ونظرًا لصدور هذا الهجوم من رئيس كلية ترينيتي، فقد تسبَّب في ضجةٍ في العالم العِلمي. أُجبِر المدافعون عن تعدُّد العوالم على العودة إلى مُختبراتهم وتلسكوباتهم (وهو دليل، إذا كنتَ في مزاج مُتفائل، على أن الماديِّين والمؤمِنين لا يخوضون حربًا يستأثر فيها الفائز بجميع الغنائم، بل في منافسة صحية في الأفكار). وحتى اليوم، فإنَّ الهدف الأساسي لعلماء الأحياء الفلَكية والباحِثين عن الكواكب الخارجية هو توفير ما أطلق عليه ويويل «الأسباب المادية» المفقودة.

بناة القنوات

كان بيرسيفال لويل أحد الباحثين الذين ضخُّوا دماءً جديدةً في البحث عن كائناتٍ غير أرضية في أواخر القرن التاسع عشر. استخدم لويل، الذي كان عالِم فلك هاويًا، ثروته وعلاقاته، بصفته عضوًا في إحدى عائلات نخبة بوسطن القديمة، لتأسيس مرصدِه الخاص في فلاجستاف بولاية أريزونا عام ١٨٩٤.

في العام السابق، كان عالم الفلك الإيطالي البارز جيوفاني سكاباريلي قد نشر كتاب «الحياة على كوكب المريخ»؛ حيث عرض ملاحظاته عن «البحار» و«القارات» والممرَّات المائية على سطح المريخ. وبعد قراءة كتاب سكاباريلي وكتاب آخر عن المريخ من تأليف عالم الفلك الفرنسي كميل فلاماريون، اقتنعَ لويل أن الممرات المائية المزعومة كانت قنوات اصطناعية، وبنى المرصد لمُراقبتها، وتوثيقها، والإعلان عن وجودها.

تُفيد إحدى الروايات الدائمة التكرار في الكتب ومقالات المجلَّات والمنشورات على الإنترنت عن كوكب المريخ بأن ما أَطلَق خيال لويل كان إحدى أكثر الترجمات الهزلية الخاطئة في التاريخ. تقول القصة إنَّ سكاباريلي وصف الخطوط التي رآها على سطح المريخ مُستخدِمًا الكلمة الإيطالية *canali*، (قنوات). لكنَّ المُترجِمين الإنجليز ترجموها بالكلمة الإنجليزية *canals* (قنوات اصطناعية). والكلمة الإيطالية لا تعني بالضرورة قنوات اصطناعية، بينما الكلمة التي استخدمها المترجمون الإنجليز فتعني ذلك بالضرورة. كان اختيار الكلمات المُضلِّلة هو ما يُفترض أنه قد أدَّى إلى جموح لويل في سعيه.

هذه واحدة من تلك القصص التي يُسمِّيها الصحفيون «جيدة جدًّا لدرجة أنه من الصعب التحقُّق من صحتها». في الواقع، بدأ سكاباريلي الحديث عن «القنوات» مُبكرًا في عام ١٨٧٨، وهو العام الذي أعقب تقاربًا شديدًا بين كوكبَي المريخ والأرض. كان يُدرك جيدًا أن عمله قد ألهم الآخرين للتكهُّن بأن القنوات كانتِ اصطناعية، وربما كانت تُستخدم للري. لم يفعل شيئًا لإخماد هذه التكهنات. كتب سكاباريلي في «الحياة على كوكب المريخ»: «مظهرها الفريد وحقيقة أنها مُصمَّمة بدقةٍ هندسيةٍ تامة، وكأنها رُسمَت بمسطرة أو بوصلة، قد قادَت البعض ليروا في هذه الملامح عمل الكائنات الذكية؛ سكان الكوكب. سأَحرص على عدم تفنيد هذا الافتراض الذي لا يتضمَّن أيَّ شيءٍ مُستحيل.»[22]

بصرف النظر عمَّن كان مصدر الإلهام وراء هوس لويل بالقنوات، فقد شرَع في تأكيد اكتشاف سكاباريلي؛ حيث أجرى ملاحظات تقريبية ليلية للمريخ بدايةً من منتصف عام ١٨٩٤. نجح في اكتشاف ١٨٤ قناة، ما جعله يتفوَّق على سكاباريلي الذي اكتشف ٧٩ قناة. نشر لويل هذه النتائج في مجلدٍ شائع بعنوان «المريخ» (١٨٩٥)، وتبعه بمُجلَّدَين آخرين «المريخ وقنواته» (١٩٠٦)، و«المريخ مأوى للحياة» (١٩٠٨). ومثل سكاباريلي من قبله، أدهش لويل «الاتساق»، و«الدقة»، والمظهَر «المُنتظِم انتظامًا خارقًا للطبيعة» للقنوات المزعومة. كتب في المجلد الأول: «إنَّ الاتساق الرائع للغاية في حدِّ ذاته هو أكثر الظروف إثارةً للشكِّ في أن الأمر نتاج عمل ذكاءٍ ما.»[23]

مثل هذه المجموعة الكبيرة من الأعمال من شأنها أن تحتاج إلى بنَّائين، بالطبع، وسيُواصِل لويل الاستنتاج — على أساس جاذبية المريخ المُنخفِضة — أن سكان المريخ لا بدَّ أنهم أكبر بكثيرٍ وأقوى من البشر. أكبر عُمرًا وأكثر حكمةً أيضًا. كتب: «يبدو أن عقلًا ذا قُدرة غير ضئيلة يرأس النظام الذي نراه، عقلًا بالتأكيد أكثر إحاطةً من ذلك الذي يتولَّى مُختلِف أقسام الأشغال العامة في عالِمنا. ما نراه يُشير بالتأكيد إلى وجود كائناتٍ أكثرَ تقدُّمًا منَّا، وليسوا مُتخلِّفين عنا، في رحلة الحياة.»[24]

رحَّب العامة بعمل لويل بحماس، بينما كان العلماء أقل حماسًا. كان ألفريد راسل والاس، أحد مُشاركي تشارلز داروين في اكتشاف التطوُّر عن طريق الانتقاء الطبيعي، لا يزال على قيد الحياة عندما ظهَرَت كتب لويل. وقد انتقَد فكرة سكان المريخ الأذكياء بُناة القنوات بشدة. أشار والاس، على نحوٍ صحيح، إلى وجود القليل من الماء السائل على المريخ؛ بحيث يَصعب انتقاله في قنوات.[25] وتوقَّع الانتقادات اللاحِقة لمجال البحث عن ذكاء خارج الأرض عن طريق تسليط الضوء على الاحتمال الوهمي المُناقِض لظهور ولو نوع تكنولوجي واحد في نظامٍ نَجمي، ناهيك عن نوعَين على كوكبَين مجاورَين. وبالنظر إلى سلسلة الأحداث التطوُّرية التي مهَّدت الطريق لظهور الرئيسيَّات، نجد أن كلَّ حدثٍ مُعتمِد على الحدث الذي سبقه؛ كتب والاس: «إجمالي الفُرَص ضد تطوُّر الإنسان، أو كائنٍ أخلاقي مُفكِّر مكافئ … يُساوي مائة مليون مليون إلى واحد.»[26]

كان والاس محقًّا في قوله بعدَم وجود بشَرٍ على سطح المريخ. لكن «كان» ثمَّة ذكاء في القصة، وهو ذكاء لويل.[27] نعلم بفضل عُقود من الاستِكشاف للكوكب الأحمر عبر التلسكوبات والأقمار الاصطناعية والروبوتات أنه لا تُوجَد قنوات أو حتى ملامح مثل الكُثبان الرملية أو العواصف الترابية يُمكنها أن تتسبَّب في توهُّمنا بوجود قنواتٍ على سطحه. ما رآه لويل لا بدَّ أنه كان ما أطلَقَ عليه عالِم الفلك سيمون نيوكومب، في عام ١٩٠٧، «الاستدلالات البصَرية» اللاواعية؛ أي إسقاط لرغبة لويل في رؤية ما كان يَعتقِد بالفعل في وجوده. ذكَّرني هذا بالاختصار الساخر الذي يَستخدمُه أحيانًا العاملون في الدعم الفني لوصف المشكلات للسُّذَّج من مُستخدِمي أجهزة الكمبيوتر: «المشكلة تكمُن بين لوحة المفاتيح وكرسي». في حالة لويل، كانت المُشكِلة تَكمُن بين عدسة التليسكوب ولوح الرسم.

ولكن حتى قبل أن يَنشر والاس نقدَه في عام ١٩٠٤، كان قد فات الأوان لنَزع فتيل فِكرة لويل. كانت فكرة سكان المريخ قد توغَّلت في الثقافة الشعبية. أخذ إتش جي ويلز فكرة لويل عن وجود جنسٍ قديم ومُتقدِّم من سكان المريخ وأضاف طبقةً من الحِقد

الإمبراطوري في رواية «حرب العوالم»، التي نشَرَها في شكلِ سلسلة في عام ١٨٩٧، وفي صورة رواية مطبوعة في عام ١٨٩٨. واستخدم إدجار رايس بوروز كوكب المريخ، ويُعرف أيضًا باسم «برسوم»، إطارًا لسلسلة من القصص والروايات الشَّعبية التي نُشِرت بين عامَي ١٩١٢ و١٩٤٨. واقتبس أورسون ويلز قصة إتش جي ويلز في بثٍّ درامي إذاعي مُباشر في عشية عيد الهالوين عام ١٩٣٨، وأرعبَت بصياغتها الإخبارية المُتَكَلَّفة على الأقل عددًا قليلًا مِن المُستمعين لدرجةٍ جعلتهم يُصدِّقون بأن غُزاةً من المريخ قد وصلوا الأرض حقًّا. انتشرت الصورة النمطية للأعداء المرِّيخيِّين بسرعةٍ كبيرة حتى أصبحت بحلول عام ١٩٤٨ محلَّ تهكُّم في صورة شرِّير أفلام لوني تيونز المتحرِّكة المُفضَّل لدى جميع المهووسين بالعلوم، مارفين المريخي، ولحقَت بها في عام ١٩٥٠ مجموعة قصص راي برادبري القصيرة الرائدة «سجلات المريخ»، التي تحكي عن الصراعات بين المَريخيِّين ذوي القُدرات التخاطُرية والمستوطِنين من الأرض.

إننا نعلم اليوم أن المريخ بارد وجاف، وإنه إذا كان هناك مريخيُّون بالفعل، فقد يكونون ميكروبات مدفونة أسفل السطح. لكن المريخ لطالَما كان بيئةً شديدة الخُصوبة كبستانٍ لنظرياتنا ومخاوفنا وأشواقنا المُتطوِّرة حول الكائنات غير الأرضية. لا نعرف حتى الآن ما إذا كانت السماء مليئة «بعوالم أخرى بها سلالات أخرى من البشر»، كما قال لوكريتيوس بصيغة شاعِرية. ولكن لا تزال هناك حقيقة واحدة صامدة ومُشوِّقة؛ وهي أن الحياة على الكوكب التالي لنا مباشرةً ليست غير مُحتملة، حتى إن انتهى الأمر بكوننا نحن من سنُشكِّل هذه الحياة.

الفصل الثاني

تحوُّل البحث عن ذكاء خارج الأرض إلى علم

طيلة آلاف السنين، لم يكن بوسع المُتجادِلين إلَّا التخمين والتفلسُف حول وجود كائنات خارج كوكب الأرض. لم تكن المشكلة تكمن فقط في عدم وجود دليلٍ مادِّي يُؤيد أحد الرأيَين المتعارضَين، كما أشار ويويل على نحوٍ صحيح. بل كانت المشكلة أنه لم يكن أحدٌ يعرف حتى كيفية التوصُّل إلى أي دليلٍ (على الرغم من أن سكاباريلي ولويل يَستحقان أن يرجع إليهما جزءٌ من الفضل على الأقل؛ لنَظرِهما في تلسكوباتهما).

وقد بدأ كل ذلك يتغيَّر في عام ١٩٥٩، عندما نشرت المجلة العلمية البريطانية «نيتشر» ورقةً بحثية بسيطة مكوَّنة من ثلاث صفحات للفيزيائيين جوزيبي كوكوني وفيليب موريسون بعنوان «البحث عن اتصالاتٍ فيما بين النجوم».

استهلَّ كوكوني وموريسون بحثهما بافتراض أن مجتمعًا متقدِّمًا من الناحية التِّقنية وطويلَ العمر موجودٌ في مكانٍ ما بالقُرب منَّا في المجرَّة. ولنفترِض أنهم يعرفون أن شمسَنا من النوع الذي يُمكنه أن يدعم كواكب أخرى بالحياة أيضًا. إذا أرادوا إرسال رسالةٍ بطريقتنا، فكيف سيفعلون ذلك؟ وهل ستكون لدينا التكنولوجيا لاكتشاف تلك الرسالة؟

للإجابة عن السؤال الأول، افترض كوكوني وموريسون أن الكائنات غير الأرضية المُفترَضة ستستخدِم موجات الراديو، التي تنتقِل بسرعة الضوء ولدَيها القدرة على اجتياز العوائق مثل السُّحب الغازية والغلاف الجوي للأرض. وللإجابة عن السؤال الثاني، أجرَيا بعض العمَليات الحِسابية. وتمكَّنا مِن إثبات أنه إذا زادَت الكائنات الفضائية من قوة إشارة الراديو الخاصة بها إلى مُستوًى أبعدَ قليلًا من قُدراتنا، ولكنَّه من المفترَض في

حدود قُدراتها، فإن تلسكوبات الراديو الأرضية مثل تلك التي كانت تُبنى بالفِعل في أواخر خمسينيات القرن الماضي، ستكون حساسةً بما يكفي لاكتشافها.

كانت تلك الورقة البحثية بمثابة صرخة تنبيهٍ فِعلية. كان كوكوني وموريسون يقولان إنه ربما كان خطُّ الهاتف المشترَك فيما بين النجوم يضجُّ بالفعل بالمحادثات. والآن، وقد صار لدَينا هاتف، ينبغي أن نَستقبِل المكالمات ونستمِع إليها. وقد خلصا إلى نتيجة مفادها:

> قد يسعى القارئ إلى إحالة هذه التخمينات برُمَّتها إلى مجال الخيال العلمي. لكننا بالأحرى نُؤكد أن الجدل السالف ذِكره يُبيِّن أن فكرة وجود إشارات بين النجوم تتوافق تمامًا مع كل ما نعرفه الآن، وأنه «إذا كانت الإشارات موجودة فإن وسيلة اكتشافها صارت في مُتناوَل أيدينا الآن». قليلون هم من سينكرون الأهمية العميقة — على المستوى العمَلي والفلسفي — التي ستتَّضح إذا ما اكتشفنا وجود اتصالاتٍ فيما بين النجوم. لذلك نشعر أن البحث التمييزي عن وجود إشارات يستحقُّ جهدًا كبيرًا. من الصعب تقدير احتمالية النجاح، ولكن إذا لم نبحث مطلقًا فستُصبح فرصة النجاح صفرًا.[1]

افترض كوكوني وموريسون أنَّ الكائنات غير الأرضية المُفترَضة ستستخدِم موجات الراديو، التي تنتقل بسرعة الضوء ولدَيها القُدرة على اجتياز العوائق، مثل السُّحب الغازية والغلاف الجوي للأرض.

ومِن المُفيد لنا أن نتراجَع ونُلقي نظرة على تطورات مُنتصَف القرن العشرين التي مهَّدت الطريق لرُؤى كوكوني وموريسون. درس موريسون الفيزياء في بيركلي تحت إشراف روبرت أوبنهايمر في ثلاثينيات القرن، وانضمَّ إلى مشروع «مانهاتن» خلال الحرب العالمية الثانية. عمل في مُختبر المعادن بجامعة شيكاجو على تصميم مُفاعلٍ نووي، وساعدَ لاحقًا في لوس ألاموس في تصميم «العدسات المُتفجِّرة» اللازمة لتفجير أول قنبلةٍ نوَوية. بل إنه نقل نواتها المصنوعة من البلوتونيوم إلى موقع اختبار ترينيتي النووي في الجزء الخَلفي لسيارته الدودج سيدان. تولَّى موريسون بعد الحرب وظيفةً بجامعة كورنيل، وأصبح ناشطًا في حركة عدم انتشار الأسلحة النووية ومُهتمًّا بإمكانية دراسة الفلك بأشعة جاما.

وهكذا التقى بكوكوني، عالم الفيزياء الإيطالي الذي كان يُدرِّس أيضًا في جامعة كورنيل والذي كان قد دَرَّس الأشعة الكونية، التي هي جسيمات سريعة الحركة وعالية الطاقة من المادة التي تحمِل طاقةً أكبر حتى من أشعَّة الجاما. علم موريسون أن أشعة جاما يُمكنها أن تخترِق الغبار بين النَّجمي الذي يحجب رؤيتنا لجُزء كبير من مجرَّة درب التبانة، وعلم أن الفيزيائيِّين كانوا يتعلَّمون كيفية بناء المسرعات الدورانية التزامُنية (السنكروترونات) التي تَنبعِث منها أشعة جاما. وتساءل موريسون وكوكوني معًا عمَّا إذا كانت هذه الحُزَم من الأشعة يُمكنها أن تحمِل رسائل فيما بين النجوم. ومع الأسف، كان ذلك سؤالًا افتراضيًّا لأنَّ التكنولوجيا التي تُتيح تجميع وتركيز وقياس أشعة جاما بشكلٍ دقيق لم تكن قد وُجِدت بعد. ولذلك تحوَّلت محادثاتهما نحو احتمالية مُبشِّرة أكثر، وهي تردُّدات الراديو.

يدين مجال علم الفلك الراديوي بميلاده العرضي لمُهندس في مُختبَرات بيل للهَواتف كان يبلُغ من العمر آنذاك ٢٦ عامًا ويُدعى كارل جانسكي. في عام ١٩٣٢، كان جانسكي يَستخدِم هوائيًّا اتجاهيًّا قصير الموجة لدراسة الضوضاء الراديوية المُزعجة التي تعوق الاتصالات الهاتفية عبر المُحيط الأطلنطي. وفي هذه الأثناء، اكتشف إشارة راديو غامضةً كانت تمرُّ أمام الهوائي كلَّ ٢٣ ساعة و٥٦ دقيقة. تصادَف أن هذه المدة هي ذاتها مدة طول «اليوم النجمي»؛ أي الوقت الذي تستغرقه الأرض لتدور دورة واحدة حول محورها بالنسبة إلى النجوم. (اليوم الشمسي أطول قليلًا من اليوم النجمي؛ لأنَّه في الوقت نفسه الذي تدور فيه الأرض حول محورِها، تدور في مدارها حول الشمس. يجب أن تدور بما يَزيد قليلًا عن دورة واحدة أمام النجوم لتعود إلى موضعِها نفسه من الشمس.) والفترة النَّجمية للإشارة تعني أن المصدر يجِب أن يكون في السماء، لكن لا يُمكن أن يكون هو الشمس. تتبع جانسكي في النهاية الإشارة إلى كوكبة الرامي في الجزء الأكثر كثافةً من مجرة درب التبانة، وبذلك أصبح أول شخص يكتشف جسمًا باعثًا لإشارة راديوية خارج نظامنا الشمسي.

يُعتقَد الآن أن الإشارات التي وجدها جانسكي مُنبعثة من الإلكترونات المُحاصَرة في المجال المغناطيسي لمنطقة الرامي *A، التي تُمثِّل الثُّقب الأسود الهائل في وسط المجرَّة. وتكريمًا للاكتشاف، سُمِّيَت الوحدة الأساسية لكثافة الفيض الإشعاعي في عِلم الفلك الراديوي فيما بعدُ بوحدة الجانسكي. لكن شركة بيل للهواتف — التي كانت، على أيِّ حال، تعمل في مجال خدمات الاتصالات وليس علم الفلك — لم تترك لجانسكي الوقت

لُمتابعة اكتشافه. ونتيجة لذلك، فإن علم الفلك الراديوي الجديد ظلَّ راكدًا أغلب الوقت خلال السنوات التي سبقت الحرب العالمية الثانية وامتدَّ هذا الركود ليشمل سنوات الحرب.

غير أن الحرب غيَّرت المجال تمامًا، كما غيَّرت في مجالات أخرى كثيرة، من الفيزياء النووية إلى الحوسبة وعلم الصواريخ. وبالتزامُن مع مشروع «مانهاتن»، اضطلعَت الولايات المتحدة وبريطانيا بمشروعٍ مُكثَّف لاستخدام النبضات الراديوية الدقيقة للمساعدة في اكتشاف الهجمات القادمة وتوجيه القاذِفات إلى أهدافها. وأثناء عملية تطوير الرادار، حقَّق علماء في مُختبَر الإشعاع بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا تقدمًا جذريًّا في الإلكترونيات الراديوية، مثل تقنيات ترشيح ضوضاء المُستقبِل. وبمُجرَّد انتهاء الحرب، أدرك علماء الفلك أن التكنولوجيات الجديدة من شأنها أن تُتيح اكتشاف حتى المصادر الراديوية الضعيفة في السماء.

ساعدت التكنولوجيا الألمانية أيضًا. فالعلماء البريطانيون الذين استخدموا أطباق فورتسبورج، وهي أجهزة رادار مُضادَّة للطائرات تركتها القوات النازية عندما فرَّت من سواحل فرنسا وهولندا، كانوا أول من لاحظ انبعاثات الراديو من البُقَع الشمسية. وفي هولندا، استخدم عالِم الفلك يان أورت أحد أطباق فورتسبورج ليؤكِّد في عام ١٩٥١ على اكتشاف «خط الهيدروجين» البالِغ طوله ٢١ سنتيمترًا.

ونظرًا لأهمية خطِّ الهيدروجين في قصة البحث عن ذكاء خارج الأرض، سأُبطئ من وتيرتي كي أُشرِّحه. تتكوَّن ذرة الهيدروجين من بروتون واحد وإلكترونٍ واحد. في ميكانيكا الكم، لكلا الجُسيمَين نوع من الزخم الزاوي يُسمَّى «اللف المغزلي». وعندما يكون للجُسيمَين لفٌّ مغزلي (متوازٍ) واحد، تَحتوي ذرة الهيدروجين على طاقة إجمالية أكبر قليلًا، وعندما يكون لهما لفٌّ مغزلي (غير متوازٍ)، يكون للذرَّة طاقة أقل. من حينٍ إلى آخر على فتراتٍ متباعدة — كل ١٠ ملايين سنة في المتوسط — يُمكن للإلكترون في ذرة الهيدروجين العالية الطاقة أن يعكس لفَّه المغزلي من متوازٍ إلى غير المتوازي. وعندما يحدث ذلك، تُطلَق الذرة دفقة من الطاقة الراديوية بطول موجي دقيق للغاية (٢١,١٠٦١ سنتيمترًا) وتردُّد (١٤٢٠,٤٠٥٨ ميجاهرتز [MHz])، وهو ما يُسمَّى خط الهيدروجين.

على الرغم من أن انعكاس اللفِّ المغزلي يَندر حدوثه للغاية في ذرة هيدروجين مُفرَدة، تحتوي السحب الغازية فيما بين النجوم على عددٍ كبير جدًّا من ذرات الهيدروجين يجعل هناك دائمًا انعكاسًا لبعض الإلكترونات وتسرُّبًا لبعض الموجات بطول ٢١ سنتيمترًا

تقريبًا. كان الفيزيائيان هارولد إيون وإدوارد بيرسيل من جامعة هارفارد هما أول من اكتشف هذه الطاقة في ربيع عام ١٩٥١، وتلاهما على الفَور أورت.

ونظرًا إلى أن خطَّ الهيدروجين ضيق ودقيق للغاية، فمن السهل العثور عليه على إشعاعات الخلفية الأخرى، ما يعني أنه من السهل أيضًا قياس مدى تحوُّل الخط نحو الطرف الأحمر للطَّيف الكهرومغناطيسي عندما يتحرَّك مصدر الانبعاث بعيدًا عن الكاشف أو باتجاه الطرف الأزرق إذا كان يتحرَّك نحو الكاشف. (تمامًا كما يُؤدِّي تأثير دوبلر لارتفاع صوت بوق السيارة عندما تكون آتية في اتجاهك وانخفاضه عندما تبتعِد عنك.) استخدم أورت هذا التأثير لوضع أولى الخرائط الراديوية للأذرع الحلزونية لدرب التبانة. كما أثبت أن المجرة ككل تدور وأن نظامنا الشمسي ليس بالقُرب من مركزها. في الواقع، نحن على الحافة الداخلية لطرفِ ذراع الجبار، وهو بِنيةٌ مألوفة في منتصف المسافة تقريبًا بين مركز المجرَّة وحافتها الخارجية.

أقنع علماء الفلك في الولايات المتحدة — الذين حمَّستهم هذه الاكتشافات — مؤسسة العلوم الوطنية لتمويل مجموعة من التلسكوبات الراديوية الأكبر بكثير. وبدأ بناء هذه التلسكوبات في عام ١٩٥٨ في المرصد الوطني لِعلم الفلك الراديوي في جرين بانك، فيرجينيا الغربية، في جبال أليجيني. كان العمل يُعد مُهمًّا للغاية لدرجةٍ جعَلَت لجنة الاتصالات الفيدرالية تُنشئ منطقة الهدوء اللاسلكية حول جرين بانك. وحتى يومِنا هذا، يجب أن تَعمل جهات البثِّ اللاسلكي داخل هذه المنطقة التي تبلغ مساحتها ١٣ ألف متر مربَّع بقَدْر شديد الانخفاض من الطاقة، ما يُسهِّل عمليات الرصد؛ حتى أفران الميكروويف وموجِّهات الاتصال بالإنترنت (أجهزة الراوتر) محظورة في هذه المنطقة.

قبل أن يَتعاون كوكوني وموريسون معًا، كانا على علمٍ بالطفرة الحاصلة في مجال بناء التلسكوبات التي تُموِّلها الحكومة. كانت ورقتهما البحثية في مجلة «نيتشر» بمثابة اقتراحٍ باستخدام الأدوات الجديدة، لبعض الوقت على الأقل، للبحث عن إشاراتٍ من كائنات خارج الأرض. بل لقد كانت لديهما — بفضل إيون وبيرسيل وأورت — بعض الأفكار حول قنَوات الراديو التي قد يستخدمها جنسٌ فضائي لتسهيل العثور على رسائله.

> على أي تردُّد يجب أن نبحث؟ ثمة معيار تردُّد فريد وموضوعي تمامًا في المنطقة الراديوية الأكثر استحسانًا، والذي يجب أن يعرفه كلُّ راصدٍ في الكون، وهو خط الانبعاث الراديوي الشهير عند ١٤٢٠ ميجاسايكل (مليون دورة) في الثانية (λ = ٢١ سم) من الهيدروجين المُحايد. من المنطقي توقُّع صناعة

أجهزة دقيقة لاستقبال هذا التردُّد في مرحلةٍ مبكرة من مراحل تطوير علم الفلك الراديوي. سيكون ذلك هو توقُّع المُتحكِّمين في المصدر المُفترَض، كما يدعمه بالفعل الوضع الحالي للأجهزة الأرضية.[2]

صيغ رياضية

لم يكن كوكوني وموريسون الوحيدَين اللذَين فكَّرا على هذا النحو. ففي أوائل عام ١٩٥٩، حصل فرانك دريك الذي كان شابًّا في ذلك الوقت على وظيفةٍ في جرين بانك؛ حيث كان الجهاز الأول، وهو طبق بطول ٢٦ مترًا يُسمَّى تلسكوب تاتيل، قد اكتمل إعداده للتو. وقبل ذلك بقليل، أثناء إنهاء دراسته العُليا بجامعة هارفارد، وجه دريك تلسكوبًا راديويًّا أصغر نحو عنقود الثريَّا النجمي، واكتشف ما بدا أنه إشارة ضيِّقة النطاق ذات أصلٍ ذكي. سرعان ما قرَّر أن الإشارة قادمة من الأرض، وليس من عنقود الثريَّا، لكنه لا يستطيع أن ينسى الإثارة التي شعر بها في تلك اللحظة؛ وقد شغَفَه سِحر البحث عن ذكاء خارج الأرض. تحدَّث في جرين بانك مع المدير الجديد للسماح له باستخدام طبق تاتيل للبحث عن المزيد من الإشارات. وكان يعرف أين يريد البحث: الخط الـ ٢١ سنتيمترًا.[3]

بحلول الوقت الذي نُشرت فيه ورقة كوكوني وموريسون في مجلة «نيتشر» في سبتمبر من ذلك العام، كان دريك ومعاونوه يَبنون بالفعل المُكبِّرات والمُعدات الأخرى التي سيحتاجونها لمشروع «أوزما»، الذي سُمِّي بهذا الاسم تيمُّنًا بأميرة أوز الخيِّرة في روايات إل فرانك بوم. وفي الفترة من أبريل إلى يوليو عام ١٩٦٠، جمع دريك ١٥٠ ساعة من القراءات الراديوية من مُحيط «تاو سيتي» و«إبسيلون إريداني»، وهما نجمان يُشبهان الشمس، ويقعان على بُعدِ ١٢ و١٠٫٥ سنة ضوئية من الأرض، على التوالي.

وباستثناء بعض النتائج الإيجابية الزائفة — مثل طائرةٍ تمرُّ في سماء المنطقة، أو إشارة من منشأة رادار عسكرية سرية — لم يَكتشِف مشروع «أوزما» شيئًا غير عادي. (لكن، بالتأمُّل في الماضي، نجد أن النجم «تاو سيتي» كان اختيارًا ذكيًّا لاستهدافه. يُعتقَد الآن أن لهذا النجم أربعة أو خمسة كواكب، تبلُغ كتلة كلٍّ منها ضعف كتلة الأرض أو أربعة أمثالها. وللنجم «إبسيلون إريداني» حزامان من الكويكبات وربما كوكبان.) غير أنَّ المشروع قد نجح بالفعل في جذب انتباه مجلة «تايم»، وكذلك انتباه جي بيتر بيرمان، وهو أحد المُوظَّفين في مجلس علوم الفضاء في الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم. وفي

صيف عام ١٩٦١، اتصل بيرمان بدريك وقال إنه يُريد أن يُنظِّم مؤتمرًا يهدف لحَشدِ المزيد من الدعم الفيدرالي للبحث عن كائناتٍ خارج كوكب الأرض.

وافق دريك على مدِّ يد العون على الفور. ولكن مَن عساهما يدعوان إلى هذا المؤتمر؟ كتب دريك في وقتٍ لاحق: «فكَّرنا معًا في عام ١٩٦١ لنتذكَّر كلَّ عالِمٍ عرفناه كان يُفكر حتى في وجود حياة خارج كوكب الأرض. تبيَّن أنه لا يزيد عددهم على عشرة، بما في ذلك أنا وبيرمان.» الثمانية الآخرون كانوا كوكوني وموريسون، والرائد في مجال أعمال لإلكترونيات دانا أتشلي، والباحث في شركة هيوليت-باكارد بارني أوليفر، وعالم الأعصاب جون ليلي، والكيميائي ميلفين كالفين، ومدير مرصد الفلك الراديوي الوطني أوتو ستروف، وكارل ساجان الذي كان لا يتعدَّى عمره السادسة والعشرين في ذلك الوقت، ولكنه بحسب قول دريك: «كان يعلم عن عِلم الأحياء أكثر من أيِّ عالِمِ فلَكٍ عرفتُه على الإطلاق».[4]

وبإضافة مُشاركٍ آخر، وهو عالِم الفيزياء الفلَكية في وكالة ناسا سو شو هوانج، اجتمعت المجموعة في جرين بانك في نوفمبر. كان على دريك أن يُعِدَّ جدول الأعمال. سأل نفسه: ما الذي يحتاج العلماء إلى معرفته ليتمكَّنوا من تقييم احتمالية نجاح مشروع «أوزما» المستقبلي؟ وبدأ في سرد الموضوعات، التي كان يُمكن تلخيص بعضها بالأرقام أو كسور.

> بالتأكيد كنَّا بحاجةٍ إلى معرفة عدد النجوم الجديدة التي تنشأ كلَّ عام. وإذا كانت هناك كواكب خارجية مُناسبة للحياة عليها، فكم منها يُمكن حقًّا أن يكون موطنًا لكائناتٍ حية؟ وكم من هذه الكائنات يُمكن أن يكون ذكيًّا؟ ... ثم جاءني الإلهام: لم تكن المواضيع على القَدر نفسه من الأهمية فحسب، بل كانت أيضًا مستقلةً كلٌّ منها عن الآخر تمامًا. علاوةً على ذلك، شكَّلت هذه الأعداد بتجميعها معًا صيغةً لتحديد عدد أنواع الكائنات المُتقدِّمة والقادرة على التواصُل. وسرعان ما أعطيتُ كل موضوع رمزًا، صيغة رياضية، ووجدتُ أنه باستطاعتي اختصار جدول أعمال الاجتماع بأكمله في سطرٍ واحد.[5]

وبهذه الطريقة، وضَع دريك المعادلة التي ستحمِل اسمَه إلى الأبد. كتبها على السبورة أثناء الجلسة الافتتاحية، وقضى الحاضرون الأيام الثلاثة التالية في محاولة إيجاد تقديراتٍ معقولة لكلِّ حدٍّ من حدود المعادلة.

بدت المعادلة كما يلي:

$$N = R^* f_p n_e f_l f_i f_c L$$

في معادلة دريك، R^* هو معدَّل تكوين النجوم في مجرة درب التبانة الذي يُمكن أن يدعم وجود حياة، وf_p هو الكسر المُعبِّر عن النجوم التي لها كواكب، وn_e هو عدد الكواكب في كل نجم الصالحة للحياة، وf_l هو الكسر المُعبِّر عن الكواكب التي تظهر فيها حياة، وf_i هو الكسر المعبر عن الكواكب التي تتطوَّر فيها كائنات ذكية، وf_c هو الكسر المعبر عن الأنواع الذكية التي طوَّرت تكنولوجيا للاتصال فيما بين النجوم، وL هو المدة الزمنية التي يَبقى فيها مثل هذا النوع قابلًا للاكتشاف، في الواقع، مدة بقائه قبل أن يَموت أو يُقضى عليه. (للمهووسين بالرياضيات: إذا عبَّرنا عن R^* بعدد النجوم في السنة، وعن L بعدد السنوات، فإن هاتَين الوحدتَين ستُلغي كلٌّ منهما الأخرى، وN هو عدد صحيح بلا وحدة، فهو عدد الحضارات القادرة على التواصُل في المجرة.)

عندما أدخل أفراد مجموعة جرين بانك أفضل تقديراتهم لحدود المعادلة، فوجئوا بأن حاصل ضرب أول ستة حدود، من R^* إلى f_c، كان العدد واحد. كتب دريك لاحقًا: «وهكذا بدا أن قيمة N تعتمد اعتمادًا حصريًّا على قيمة L. وبعبارة أخرى، إذا افترضت أن حضارة تكنولوجية متقدمة ستستمر لمائة ألف سنة، فستقول المعادلة إنه يجب أن تكون هناك مائة ألف حضارة قادرة على التواصُل في المجرة». ذكر دريك أنه في نهاية الاجتماع رفع ستروف نخبًا، وقال: «إلى قيمة L. علَّها تكون عددًا ضخمًا.»[6]

وبالمناسبة، بدا المُشاركون في مؤتمر جرين بانك على درايةٍ بالطبيعة التاريخية والغريبة في الوقت نفسه لمُناقشاتهم. ظلَّت مسألة ذكاء الدلافين تتكرَّر باستمرار، فإذا كان الذكاء قد ظهر على الأرض ليس مرةً واحدة بل مرتَين؛ فقد يُؤدِّي ذلك إلى تحريف تقدير f_i. نتيجةً لذلك، سيُطلِق المشاركون في المؤتمر على أنفسهم في وقتٍ لاحق اسم «جماعة الدلافين».

> إذا افترضتَ أن حضارة تكنولوجية مُتقدِّمة ستستمرُّ لمائة ألف سنة، فستقول المعادلة إنه يجب أن تكون هناك مائة ألف حضارة قادرة على التواصُل في المجرة.

وفي عام ١٩٦١، تطلَّب ملء بُنود المعادلة الكثير من التخمين البحت مِن جانب جماعة الدلافين. لم يكن أيٌّ من حدود المعادلة مفهومًا بقَدْرٍ جيِّد في ذلك الوقت سوى الحد R^*، وهو مُعدَّل تكوُّن النجوم في درب التبانة. وقد ثبَّتَت المجموعة هذا الحد عند نجمٍ واحدٍ لكلِّ سنة. كان ذلك تقديرًا قريبًا إلى حدٍّ ما؛ فعلماء الفلك الآن يَعتقدُون أن سبعة نجوم ونصف النجم تتكوَّن كل سنة.

وبالانتقال إلى عالَم التخمين البحت، قدَّرت جماعة الدلافين أن قيمة f_p تتراوَح بين ٠٫٢ إلى ٠٫٥، ما يعني أن خُمس إلى نصف النجوم الشبيهة بالشمس لها كواكب. وظنُّوا أن قيمة n_e، عدد الكواكب الشبيهة بالأرض لكل نجم، هي بين العددَين واحد وخمسة. وبحالةٍ من التفاؤل المُفرط، عيَّنوا القيمة واحدًا لكلٍّ من f_l وf_i، ما يعني أن مائة بالمائة من هذه الكواكب الشبيهة بالأرض ستتطوَّر عليها حياة، وأن الكائنات الذكية ستَظهر على هذه الكواكب في مائة بالمائة من الوقت. ووضعوا للحد f_c القيمة مِن ٠٫١ إلى ٠٫٢، ما يَعني أن ١٠ إلى ٢٠ في المائة من الأنواع الذكية ستكتشف في النهاية كيف تبني تلسكوبات راديوية. وخمَّنوا أن مثل هذه الأنواع ستَستمرُّ ما بين ألف سنة ومائة مليون سنة.

وعندما أجرَوا الحسابات، جاءت قيمة N، عدد الحضارات القادِرة على التواصُل في المجرة، ٢٠ حضارة على الأقل و٥٠ مليونًا على الأكثر.

وهنا، من الجدير بالذكر أن نقول إن هذه النتائج لا تُساعد في حلِّ مفارقة فيرمي. في الواقع، لقد زادت الأمر حيرة. فحتى لو لم تُوجَد سوى ٢٠ حضارة مُتقدِّمة في المجرة، فلا بد أن حضارةً واحدة منها على الأقل قد زارت نظامَنا الشمسي حتى الآن إذا قبلنا افتراض فيرمي القائل بأنَّ المجتمعات تتوسَّع دائمًا لملء الفَراغ المُتاح. وعلى الطرف الآخر، إذا كان هناك ٥٠ مليون حضارة، فلا بد أن تكون العلامات على وجودها واضحةً وضوح الشمس في كبد السماء.

لكنَّنا سنعود إلى هذه النقطة لاحقًا. الغرض الحقيقي من مُعادلة دريك لم يكن وضع تقديرٍ راسخ لقيمة N. بل كان ببساطة تصورًا لأنواع الأسئلة التي سيَحتاج العلماء إلى دراستها من أجل استيعاب العمليات التي تُؤدِّي إلى نشوء حضاراتٍ متطورة تكنولوجيًّا. ومن الواضح أن هذه الأسئلة تجاوزت الفيزياء الفلَكية لتشمل علم الكواكب، والكيمياء الحيوية، وعلم الأحياء التطوري، والدراسات الثقافية. وهكذا، كانت المعادلة بمثابة انطلاقةٍ لجدول أعمالٍ بحثي جريء لمستقبل علم البحث عن ذكاء خارج الأرض.

كما لعبَت المعادلة أيضًا دور أداة للعلاقات العامة. فقد منَحَت علماء الفلك طريقةً سهلة لشرح البحث عن ذكاءٍ خارجَ الأرض لغير العلماء. وإذا كان بإمكان جماعة الدلافين تقديم حُجةٍ معقولة بأن للحد N قيمة كبيرة، فمن شأن ذلك أن يُساعد في تبرير المزيد من الإنفاق على البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض.

بحث السوفيت عن ذكاءٍ خارج الأرض

إذا كانت قائمة بيرمان ودريك، التي تضمُّ «كل عالِمٍ عرفناه كان يُفكِّر في وجود حياة خارج كوكب الأرض»، لم تتجاوز العشرة أشخاص، فقد كان ذلك يَرجع إلى عدم معرفتهما بما يكفي من العلماء. فبعد ثلاث سنواتٍ من مؤتمر جرين بانك، عقد العلماء في الاتحاد السوفيتي اجتماعهم الذي شملَ عددًا أكبر بكثيرٍ من العلماء، وهو المؤتمر الأول لعموم الاتحاد حول الحَضارات خارج كوكب الأرض والتواصُل فيما بين النجوم؛ وذلك في مرصد بيوراكان للفيزياء الفلَكية في أرمينيا. كان مُنظِّم المؤتمر هو عالم الفيزياء الفلَكية وعالم الفلك الراديوي الأوكراني يوسف شكلوفسكي، الذي كان يُطلَق عليه «فرانك دريك السوفيتي». وكان أحد نجوم المؤتمر هو تلميذ شكلوفسكي نيكولاي كارداشيف.[7]

على الرغم من أن شكلوفسكي وكارداشيف شعرا بأن عدد الحضارات الأخرى في مجرَّتنا قد يكون صغيرًا، فقد كانا أكثر استعدادًا من مجموعة جرين بانك لإطلاق التخمينات حول طبيعة تلك الحضارات. قال شكلوفسكي في حديثِه الافتتاحي: «نحن لسنا أكثر من أطفالٍ رُضَّع فيما يتعلَّق بالعلم والتكنولوجيا.» وتماشيًا مع الفلسفة الماركسية التي تؤمِن بحتمية التطور الاجتماعي، اعتقد أن الحضارات الأخرى سيكون لديها تكنولوجيا تفُوقنا بكثير. إلى أيِّ مدًى؟ اقترح كارداشيف في بيوراكان طريقة لتصنيف الحضارات حسب مقياس موارد الطاقة التي تستخدمها. النوع الأول من الحضارات هي التي يُمكنها استخدام كل الطاقة المتاحة على كوكبها. البشر من النوع الأول أو يقتربون منه. والنوع الثاني يستخدم جميع الطاقة المُتاحة من النجم الذي يدور حوله كوكبهم. («غلاف دايسون»، الذي وضع تصوُّرَه لأول مرة الفيزيائي فريمان دايسون في عام ١٩٦٠، هو هيكل عملاق افتراضي يُبنى حول النجم لالتقاط كل طاقته، وهو بذلك تعبير مثالي عن تكنولوجيا النوع الثاني.) ويُمكن لحضارة من النوع الثالث التحكُّم في طاقة مجرةٍ بأكملها.

استنتج كارداشيف أنه إذا اتبعت الحضارات مسار التطور هذا، فلا بد أنها ستجعل مهمة علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض أسهل؛ لأنَّ أنشطة الحضارات من النوعَين الثاني والثالث سيكون من المُمكن اكتشافها من على سطح الأرض. قد تُشير حقيقة عدم وجود مثل هذا النشاط إلى قيمةٍ مُنخفِضة للحد L، ما يعني أن معظم الحضارات تُدمِّر نفسها في مكانٍ ما بين مرحلتَي النوع الأول والنوع الثاني. بدا هذا الاحتمال معقولًا للغاية في أوائل الستينيات. ولكن بعد اجتماع بيوراكان، بدأت مجموعةٌ في موسكو بقيادة كارداشيف، ومجموعة أخرى في جوركي (نيجني نوفجورود حاليًّا) بقيادةِ في إس ترويتسكي؛ سلسلةً من الأبحاث في السماء بأكملها عن إشاراتٍ من خارج الأرض. استخدموا هوائيات غير اتجاهية وأخذوا عيناتٍ من نطاق واسع من التردُّدات على افتراض أن الحضارات الفائقة من النوع الثاني أو الثالث ستُرسل إلينا «إشارات اتصال» قصيرة وواضحة على قوة تردد عالية للغاية.[8]

مشروع «سايكلوبس»

على الرغم من أن بيرمان وأفراد مجموعة الدَّلافين الآخرين كانوا يأمُلُون أن يعمل مؤتمر جرين بانك على الإسراع من وتيرة البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في الولايات المتَّحدة؛ فقد تباطأ المجال بدرجةٍ كبيرة في الواقع. ركَّز علماء الفضاء على مسائل أكثر إلحاحًا، مثل التفوُّق على السوفييت في الوصول إلى القمر وإرسال أول المسبارات الروبوتية إلى كواكب أخرى.

انشغل ساجان بمساعدة ناسا في مهمتها «مارينر ٢» إلى كوكب الزهرة. لكنه مع ذلك وجد الوقت للتعاون مع شكلوفسكي. وسَّع ساجان في محتوى كتاب الأوكراني الذي حمل عنوان «العالم والحياة والعقل» ١٩٦٢، والذي قدَّم أساسًا لاجتماع بيوراكان، ونشرَه في الولايات المتَّحدة عام ١٩٦٦ تحت عنوان «الحياة الذكية في الكون». حقَّق الكتاب مبيعات جيدة وأصبح أول بيانٍ عامٍّ للبحث عن ذكاء خارج الأرض (إلا إذا وضَعنا في الحُسبان كتاب فونتينيل «محادثات حول تعدُّد العوالم» ١٦٨٦، الذي كان أيضًا من الكتب الأكثر مبيعًا في عصره).

جاهد الكتاب لتصوير البحث عن كائنات غير أرضية باعتباره أحد فروع العِلم الموثوقة، على الرغم من مقدار التخمين الذي لا يزال يَنطوي عليه. تساءل شكلوفسكي وساجان: «هل من المُمكن حقًّا أن نعُد كتابًا يَتناول الحياة الذكية في الكون؛ كتابًا «علميًّا»؟

لدينا قناعة راسِخة أنه بالإمكان اتباع نهج مسئول في التعامُل مع المسألة فقط إذا ذُكِرَت الافتراضات التي تَنطوي عليها صراحةً، وإذا استُخدِمَ الأسلوب العِلمي بأكثر الطرق كفاءة. وحتى مع ذلك لن نتوصَّل إلى العديد من الإجابات النهائية. لكن لصياغة المسائل في حدِّ ذاتها أهميتها وإثارتها.»[9]

بعد خمس سنوات، طلبت ناسا من بارني أوليفر — أحد الأعضاء الأصليِّين في مجموعة الدلافين — تقدير الوقت، والأجهزة، والأموال اللازمة «لتنظيم جهدٍ واقعي ... يَهدف إلى الكشف عن وجود حياةٍ ذكية خارج كوكب الأرض (نظام خارج المجموعة الشمسية).»[10] ترجم أوليفر تفويضَه على نطاقٍ واسع، ما أدَّى في النهاية إلى تقديم حُجة من ٢٥٠ صفحة مفادها أن الكائنات غير الأرضية ربما كانت في انتظار العثور عليها فقط لو كان بإمكاننا البدءُ في البحث بجدِّية. جاء في التقرير أنه لا يُوجَد شيء مميز في الأرض أو ساكنيها: «العمليات الأساسية لتطوُّر النجوم والكيمياء والبيولوجيا والتطور الثقافي قابلة للحُدوث في أي مكان في الكون، ومتى تُؤتي ثمارها، تؤدي إلى ظهور التكنولوجيا التي لا بد أن تَحمل أوجه تشابُهٍ شديد مع التكنولوجيا التي لدَينا اليوم وفي المستقبل.»[11]

وانطلاقًا من المنطق نفسه الذي اتبعه كوكوني وموريسون، خلص تقرير أوليفر إلى أنَّ نطاق الراديو الدقيق الموجات سيكون أفضل مكانٍ للبحث عن إشارةٍ من خارج الأرض. ومن أجل إيجاد فرصة جيدة للنجاح، نظرًا للعدد الهائل من المواقع والتردُّدات التي كان سيتعيَّن فحصها، أوصى التقرير بأنْ تَبني ناسا مجموعةً من أطباق الاستقبال الراديوية القابلة للتوجيه. حاكت خطة أوليفر مصفوفة نيومكسيكو البالغة الكبر — التي كانت بالفِعل في مراحل التخطيط، وكانت ستتألَّف في النهاية من ٢٧ طبقًا، كلٌّ منها بقُطر ٢٥ مترًا، على طول ثلاثة مسارات، طول كلٍّ منها ٢١ كيلومترًا — حيث كانت ستَستخدِم عمليةً تُسمَّى القياس بالتداخُل لمُحاكاة جهاز استقبالٍ أكبر بكثير. الاختلاف الكبير كان في أن منشأة أوليفر، التي أطلق عليها اسم «سايكلوبس»، كانت ستتكون من ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ طبق، قُطر كلٍّ منها ١٠٠ متر. كانت المنشأة ستكون من الضخامة بحيث كانت ستتطلَّب مدينةً جديدة (سُمِّيت «سايكلوبس» بالطبع، نسبة لكائن الصُّقلوب الأسطوري الضخم)؛ وذلك لخدمة موظفيها وعائلاتهم. كانت التكلفة المُقدَّرة هي ستة إلى عشرة مليارات دولار، دون حساب الحاجة إلى مشروع «سايكلوبس» ثانٍ على الجانب الآخر من الكوكب لتغطية كاملة للسماء ومُراقبتها المستمرة.

من ناحية، كان اقتراح مشروع «سايكلوبس» باهظ الثَّمن نتاج عصره. كانت ناسا قد أوفَت للتوِّ بالجدول الزمني الذي وصل حدَّ الجنون في طُموحه والذي وضعه الرئيس

جون كينيدي للهبوط على سطح القمر. وفي ذلك الوقت، لم يَبدُ من المُستبعَد أن الفنادق الفضائية، ومستعمرات القمر، والسفن الفضائية فيما بين الكواكب، وأجهزة الكمبيوتر الواعية مثل تلك التي يُصوِّرها ستانلي كوبريك في فيلم «٢٠٠١: ملحمة الفضاء» (٢٠٠١: إيه سبيس أوديسي) (١٩٦٨) ستُبنى بالفعل في غضون بضعة عقود. كانت ناسا قد طلبت من أوليفر أن يكون طموحًا، وقد كان كذلك بالفعل.

ولكن مع اقتراب انتهاء بعثات أبولو، كان التمويل المُخصَّص لناسا في تراجُع سريع. كان مشروع «سايكلوبس» سيَستهلِك نحو خُمس الميزانية التي خصَّصتها الوكالة في عام ١٩٧١ للعَقد المُقبل. وزَّعت ناسا ١٠ آلاف نسخة من تقرير أوليفر، ولكن، في الواقع، حُكم على المشروع على الفور بالإجهاض. قالت الصحفية سارة سكولز: «على الرغم من أن ناسا كانت تَقصِد من تقرير «سايكلوبس» أن يجعل البحث عن ذكاء خارج الأرض يبدو قابلًا للتنفيذ، فقد فعل الفريق العكس في واقع الأمر.»[12]

التحدُّث باسم الأرض

بدلًا من «الاستماع» إلى الكائنات غير الأرضية، قضى علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض مُعظَم فترة السبعينيات في جهودٍ غير عملية، ورمزية إلى حدٍّ كبير، وأقل تكلفة بكثير لتعريف الكائنات غير الأرضية بكوكب الأرض. يُطلق على هذا المسعى أحيانًا اسم «التواصُل مع ذكاءٍ خارج الأرض» CETI، أو «مُراسَلة ذكاء خارج الأرض» METI. وقد حفَّزه اجتماع مُشترك بين الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي في مرصد بيوراكان للفيزياء الفلَكية في عام ١٩٧١، ويُطلَق عليه أحيانًا اجتماع بيوراكان الثاني، والذي جمَع كل كبار هذا المجال — موريسون، ودريك، وساجان، ودايسون، وشكلوفسكي، وكارداشيف، وحتى رائد الذكاء الاصطناعي مارفن مينسكي، والمُكتشف المشارك للحِمض النووي فرانسيس كريك — للتساؤل عن اللغة المشتركة التي يمكن تطويرها للتواصُل مع الحضارات المُتقدِّمة. من الطبيعي للغاية لمجموعةٍ من العلماء أن يَخلُصوا إلى أنَّ اللغة العالمية لا بد أن تكون لغةً حسابية. قال مينسكي مازحًا: «غالبًا سيكون التواصُل مع عالِم من كوكب المشتري أسهل منه مع مُراهِق أمريكي.»[13]

سرعان ما أُتيحت الفرصة لساجان لوضع الفِكرة موضع التطبيق. أطلقت ناسا في عامَي ١٩٧٢ و١٩٧٣ المسبارين «بايونير ١٠» و«بايونير ١١» في المسارات التي من شأنها أن تجعلهما يمرَّان بكوكبَي المشتري وزحل. كان ساجان يُدرك أن المِسبارَين سيكونان

أول جسمَين من صنع البشر يُغادران المجموعة الشمسية، لذلك طلب من وكالة ناسا الإذن بإلحاق لوحٍ صغير بكلِّ مركبةٍ مُصمَّمٍ لتراه أيُّ حضارةٍ قد تَعترض أيًّا من المركبتَين في مرحلةٍ ما في المستقبل البعيد.

وافقت الوكالة. احتوى اللوحان المطليَّان بأكسيد الألومنيوم بطول ٢٣ سنتيمترًا وعرض ١٥ سنتيمترًا، اللذان صمَّمهما ساجان ودريك ورسَمَت مُحتواهما زوجة ساجان آنذاك ليندا سالزمان ساجان، على رسمٍ توضيحي لتَحوُّل اللفِّ المغزلي للهيدروجين — لتحديد مقاييس الوقت والمسافة — وكذلك رسمًا تخطيطيًّا لموقع المجموعة الشمسية بالنسبة إلى ١٤ نجمًا نابضًا تمَّ تحديدُها من خلال تردُّداتها. وفي الواقع، كانت تلك خريطة لهووسي الرياضيات للعودة إلى الأرض. احتوى اللوحان أيضًا على صورةٍ شخصَين عاريَين: رجل وامرأة. من غير المُحتمَل على الإطلاق أن تُشاهدهما أعينُ كائناتٍ غير أرضية، غير أنهما قد تسبَّبا في جدلٍ لا نهاية له هنا على الأرض. عدَّهما بعض المعلِّقين صورًا إباحية، بينما رأى آخرون تحيُّزًا عنصريًّا وجنسانيًّا في رسم آل ساجان يدفع لاعتبار الشخصَين أوروبيَّين، ويُظهر الرجل وحدَه هو مَن يرفع يده بالتحية.

في عام ١٩٧٤، رفع دريك من مستوى التحدي. فبحلول ذلك الوقت، كان مدير المركز الوطني لعلم الفلك والغلاف الأيوني، الذي كان يُشغِّل تلسكوب «آريسيبو» الراديوي لمدة ١٠ سنوات في بورتوريكو. وفي حفلٍ بمُناسبة الانتهاء من مشروعٍ كبير لزيادة دقة التلسكوب ومُقاوَمتِه للأعاصير، استخدم دريك الطبق البالِغ قطرُه ٣٠٥ أمتار لإرسال رسالة راديو قصيرة تحمل مزيدًا من المعلومات المُشفَّرة عن الأرض وسكانها.

تألفت رسالة «آريسيبو» من ١٦٧٩ رقمًا ثنائيًّا: حاصل ضرب عددَين أوليَّين، وهما ٢٣ و٧٣. إذا كان مُستقبِل الرسالة سيُرتِّب تدفُّق التيار وعدم تدفُّقه في شبكةٍ مكوَّنة من ٢٣ مربعًا عرضيًّا و٧٣ مربعًا عموديًّا، فسيظهر رسمٌ تخطيطي بدائي بنمطٍ يُذكِّر بنمط الرسومات الثنائية الأبعاد البسيطة في ألعاب الفيديو التي كانت موجودة في هذا العقد من القرن العشرين، مثل لعبة «بونج». يُظهر الرسم التخطيطي نظام الأعداد العشري الذي نعرفه، والأعداد الذرية للعناصر في الحمض النووي البشري (الهيدروجين، والكربون، والنيتروجين، والأكسجين، والفوسفور)، والصيغ الكيميائية للسكريات، والقواعد في نيوكليوتيدات الحمض النووي، ورسمًا تخطيطيًّا للَّولب المزدوج للحمض النووي، وصورة مُكوَّنة من مكعبات لإنسان (تبدو أشبَهَ بروبوت قاتل)، وطول ذكَر مُتوسِّط الحجم، وعدد سكان الأرض (٤,٣ مليار في ذلك الوقت)، ورسمًا بيانيًّا لمجموعتنا الشمسية، وصورة تلسكوب «آريسيبو».

كانت قوة بث الرسالة عالية للغاية، بما يَكفي لاكتشافها عبر تلسكوب بحجم «آريسيبو» في أي مكان من المجرة. غير أنه كان من غير المُرجَّح أن يتلقَّاها أحد؛ نظرًا لأنها كانت تستهدِف حصرًا العنقود النجمبي M13، وهو عنقود نجمي كُروي يبعُد ٢٥ ألف سنة ضوئية؛ فبحلول الوقت الذي تصِل فيه الرسالة إلى هذا البُعد، سيكون عنقود النجمي قد تحرَّك بعيدًا. وفقًا لعالِم الفلك دونالد كامبل من جامعة كورنيل، الذي كان باحثًا مشاركًا في مشروع «آريسيبو» في ذلك الوقت، فإن رسالة «آريسيبو» «كانت بالأحرى حدثًا رمزيًّا، لإظهار أننا قادِرُون على فعل ذلك».[14] يقول دريك إن الرسالة كانت مجرد «لفتٍ للأنظار» و«استعراض».[15]

ولكن في الوقت نفسه، كانت نوعًا ما نموذجًا مُتخيلًا لرسالةٍ «واردة». فإذا ما استقبلنا في أي وقتٍ من الأوقات إشارة راديو ذكية من النجوم، فسيكون من الملائم للغاية أن تكون مُشفَّرة باستخدام نظامٍ رياضي يُمكن للباحثين عن ذكاء خارج الأرض التعرُّف عليه وفك شفرته، مثل شبكة الأعداد الأولية. ولكن على ما يبدو كانت رسالة «آريسيبو» أيضًا مثارًا للجدل. فبعد أيامٍ من الحفل، كتب مارتن رايل، عالم الفلك الملَكي في إنجلترا، إلى دريك يشكو من أنه «من الخطير جدًّا الكشف عن وجودنا ومَوقِعنا في المجرة؛ لأننا نعرف جميعًا أن أيَّ مخلوقاتٍ خارج الأرض قد تكون شريرة؛ أو جائعة.»[16]

> «هذه هدية من عالِم صغير وبعيد، تعبيرًا عن أصواتنا، وعلومنا، وصورِنا، وموسيقانا، وأفكارنا، ومشاعرنا.»

لم تُثنِ الاحتمالات المُتعلقة بغزو الكائنات الفضائية علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض عن متابعة أبحاثهم. لقد استنتَجُوا أننا كنا نُسرِّب إشارات الراديو والبث التليفزيوني لبقية ذراع الجبار منذ ثلاثينيات القرن العشرين، فما الفرق الذي يُمكن أن يُحدِثه بثٌّ قصير ومدروس؟

وفي الواقع، عندما جاءت الفرصة الكبيرة التالية لإرسال رسالة صادرة، استغلَّها ساجان. قاد لجنة من وكالة ناسا اختارت ١١٥ صورةً ثابتة وساعة من التسجيلات، والأصوات البشرية، والمقاطع الموسيقية لتسجيل فوياجر المُرتحِل عبر النجوم، الذي أُرفِقَ بمسباري «فوياجر١» و«فوياجر٢» قبل إطلاقهما في عام ١٩٧٧. (غادر كِلا المسبارَين الآن المجموعة الشمسية وسيُسرعان إلى ما لا نهاية في الفضاء السحيق بين النجوم.) كان

الغرض مِن التسجيل أن يكون كنزًا دفينًا ليكتشِفَه علماء الأنثروبولوجيا من خارج الأرض في المستقبل البعيد. لكنَّ مُحتواه، الذي نُشرت نُسخ منه على نطاقٍ واسع هنا على الأرض منذ عام ١٩٧٧، كان أيضًا بمِثابة شكلٍ من أشكال الكبسولات الزمنية. قال الرئيس جيمي كارتر في بيانٍ ضمَّنه في التسجيل: «هذه هدية من عالم صغير وبعيد، تعبيرًا عن أصواتنا، وعُلومنا، وصورنا، وموسيقانا، وأفكارنا، ومشاعرنا. نحن نُحاول البقاء على قيد الحياة في زمَنِنا حتى نتمكَّن من الوصول إلى زمنكم.»

إشارة «واو!»

بعد فشل مشروع «سايكلوبس» عند وصوله إلى وكالة ناسا، أصرَّ العلماء على أنه لكي يستمر البحث عن كائنات خارج الأرض، لا بدَّ أن يكون سعيُهم خارج الوكالة وأن يَبتكرُوا أساليب أقل تكلفة. كانت إحدى الأفكار الواضِحة هي إعادة توجيه الغرض مِن التلسكوبات الراديوية الموجودة بالفعل، أو الاستفادة منها.

حتى قبل كوكوني وموريسون، حصَلَ عالم الفلك الراديوي بجامعة ولاية أوهايو، جون كراوس، على تمويلٍ لبناء تلسكوب الراديو ذي الشكل الغريب في ديلاوير بولاية أوهايو، والذي سُمِّي «بيج إير» («الأذن الكبيرة»). ومع وجود ريشةٍ عاكسة كبيرة في أحد طرفَي حقلٍ مفتوح وكبير وعاكس تركيز منحنٍ في الطرف الآخر، عمل التلسكوب كماسحٍ مسطح عملاق. سحب دوران الأرض مجال رؤية التلسكوب عبر السماء، مع عدم إبقاء نقطةٍ واحدة في مجال الرؤية لأكثر من ٧٢ ثانية. كان تلسكوب «بيج إير» يُستخدَم من عام ١٩٦٥ إلى عام ١٩٧٢ لإعداد المسح الفلَكي لسماء أوهايو، وهو فهرس يحتوي على ٢٠ ألف مصدرٍ راديوي في الفضاء، مُعظمها لم يَسبِق أن رأيناه من قبلُ. وبعد أن أوقف الكونجرس تمويل المسح، قرَّر كراوس البدءَ في البحث عن إشاراتٍ ذات أصل ذكي. بدأ التسجيل في ديسمبر ١٩٧٣، مع التركيز على قناة تردُّدها ١٤٢٠ ميجاهرتز؛ أي خط الهيدروجين.

كان تلسكوب «بيج إير» يُستخدَم من عام ١٩٦٥ إلى عام ١٩٧٢ لإعداد المسح الفلَكي لسماء أوهايو، وهو فهرس يحتوي على ٢٠ ألف مصدر راديوي في الفضاء، مُعظمها لم يَسبِق أن رأيناه من قبل.

وبعدما يَقرُب من أربع سنوات، في ١٥ أغسطس ١٩٧٧، سجَّل تلسكوب «بيج إير» إشارةً قوية قادمة من نقطة بالقُرب من العنقود النجمي الكروي «إم ٥٥» في كوكبة «الرامي». كانت الإشارة على تردُّد الهيدروجين؛ وقد كانت قوية للغاية (أعلى ٣٠ مرة من ضجيج الخلفية)، وقد كانت محلية (اكتسبت شدة لمدة ٣٦ ثانية، وتضاءلت لمدة ٣٦ ثانية، تمامًا كما هو متوقَّع من جسمٍ فلَكي يعبر مجال إدراك تلسكوب «بيج إير»). وعندما استعرض عالِم الفلك جيري إيهمان نسخة مطبوعة من جلسة الرصد بعد ثلاثة أيام، وضع دائرةً حول قمة الإشارة بقلم أحمر وكتب كلمة «واو!».

كان التسجيل الذي التقطَه تلسكوب «بيج إير»، والذي عُرِف بعد ذلك دائمًا باسم «إشارة واو!» مِن أكثر لحظات البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض إثارةً.[17] لكن في المرة التالية التي مسح فيها إيهمان المنطقة، لم تكن الإشارة موجودة. باءت عدَّة دراسات لمنطقة «إم ٥٥» في السنوات التالية بالنتيجة الفارغة ذاتها. ولا يزال من المُمكن أن تكون إشارة «واو!» من أصلٍ ذكي؛ فعلماء الفلك لم يَخلُصوا إلى تفسيرٍ طبيعيٍّ مُقنِع. ولكن في هذه الحالة، من الصعب معرفة سبب عدم تكرار المُرسِل للرسالة، والرسالة التي لا تتكرَّر ليس لها مصداقية كبيرة. (بطريقةٍ ما، تكشف هذه المشكلة عن ضعف في نهجنا في البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض بالكامل؛ إذ لا يُمكننا بعدُ الاستماع إلى السماء بأكملها طوال الوقت، لذلك نَعتمِد على كائنات غير أرضية مُفترَضة لمساعدتنا عن طريق بناء فنارات ذات عمرٍ طويل.)

في السنوات التي تلَت ذلك، لم يَلتقِط فريق ولاية أوهايو شيئًا مُثيرًا للاهتمام بهذا الحدِّ الكبير كإشارة «واو!». وفي ١٩٩٨، بمجرَّد دخول مشروع «بيج إير» موسوعة جينيس للأرقام القياسية لكونه وجهةً لأطول بحثٍ مُستمِر في مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض، دُمِّر التلسكوب لتهيئة مساحته لبناء ملعَب جولف خاص.

خطوات صغيرة وعنيدة

عندما قرأ عالم الفلك في بيركلي ستيوارت بوير تقرير «سايكلوبس»، أعطاه فكرة مشابهة لفكرة كراوس. لماذا لا نَبني نظامًا للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض يكون مُتكافئًا مع جهود علم الفلك الراديوي الحالية؟ فإذا كان بإمكان بوير الحصول على نسخةٍ من بيانات الراديو الواردة لتحليلها لاحقًا بحثًا عن إشاراتٍ مشكوكٍ في أمرها، فيُمكِن لعلماء فلك آخرين مواصَلة عمِلهم العلمي. أطلق بوير على الفِكرة اسم «التراكُب»، ووُجدَ عالم فلك

في مرصد راديو هات كريك في شمال كاليفورنيا كان على استعدادٍ للسماح له بتجربتها، وهو جاك ويلش. تطوَّعت جيل تارتر، التي كانت طالبة دراساتٍ عُليا في علم الفلك في بيركلي في ذلك الوقت، للمساعدة (وقد تزوَّجَت ويلش لاحقًا).

أطلقوا على مشروعهم اسم «البحث عن الانبعاثات الراديوية خارج الأرض من الجماعات الذكية المتطوِّرة القريبة»، أو SERENDIP.[18] كان مِن أوائل المشروعات التي تَستمِع إلى السماء على تردُّدات مُتعدِّدة في وقتٍ واحد: ١٠٠ قناة فقط في البداية غطَّت نطاقًا من التردُّدات بعرض ١٠٠ كيلوهرتز، ولكنه شمل المزيد لاحقًا. بدأ المشروع في العمل عام ١٩٧٩ وأُجريَت عليه العديد مِن الترقيات والانتقالات منذ ذلك الحين، مِن هات كريك إلى جرين بانك وفي النهاية إلى آريسيبو، حيث لا يزال موجودًا ويعمل إلى اليوم.

انطلق المشروع بتمويلٍ حكومي ضئيل، وكان صغيرًا نسبيًّا من حيث الحَجم، وظلَّ في تقدُّمه في الغالب بفضل رُوح الإصرار والمبادرة لدى الباحثين الذين آمَنوا بأهمية البحث. وبعبارةٍ أخرى، كان مثالًا نموذجيًّا للجهود المنظَّمة للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض من أواخر سبعينيات القرن العشرين فيما بعد. في تلك المرحلة، كانت رُوح المغامَرة التوسُّعية لعلوم الفضاء التي تُموِّلها الحكومات في حالةٍ من الركود. لم يعُد علم الفلك الراديوي أمرًا جديدًا، وقد جعلته الطبيعة التخمينية في أساسها — وقُرب موضوعاته من حكايات الأجسام الطائرة غير المحدَّدة الهُوية والمريخيِّين في المخيلة الشعبية — عرضةً للهجمات السياسية. كان على الباحثين عن ذكاءٍ خارج الأرض الكفاح من أجل كل بنسٍ من التمويل الفيدرالي، أو أن يبحثوا بأنفسهم عن تمويلٍ لأبحاثهم.

فعلت جيل تارتر الأمرَين. ففي عام ١٩٧٥، بدأت وكالة ناسا في تمويل دراسةِ تصميمٍ صغيرة، مشروع «مُراقبة الموجات الدقيقة» MOP، لتحديد نوع التكنولوجيا اللازمة لاستمرار الباحِثين عن ذكاءٍ خارج الأرض؛ كان المشروع في جوهره صورةً قليلة التَّكلفة من مشروع «سايكلوبس». واصلت تارتر، التي كانت وقتَها عضوًا في هيئة التدريس في بيركلي، تصميمات الأجهزة. لكن المشروع كان له أعداء في واشنطن العاصمة، لا سيما ويليام بروكسمير، الذي كان سيناتورًا ديمقراطيًّا من ولاية ويسكونسن وعُرفَ بأنه أحد صقور الميزانية. مُنِح المشروع جائزة الصوف الذهبية في عام ١٩٧٨، بحجة أنه «لا يُوجد الآن ذرة دليل على وجود حياة خارج مجموعتنا الشمسية». (بالطبع كان اكتشافُ مثل هذا الدليل هو بيت القصيد.) وعندما لم تُؤدِّ الضجة الإعلامية السيئة إلى وقف المشروع، حاول بروكسمير اقتطاع تمويله من ميزانية وكالة ناسا في عام ١٩٨١، لولا أن كارل ساجان قد أقنعَه شخصيًّا بالعدول عن ذلك.

بعد ذلك، تقدَّم المشروع ببطءٍ اعتمادًا على الحد الأدنى من الميزانية. وفي عام ١٩٨٤، توصلت تارتر إلى خطة لتقليل التكاليف العامة وتعظيم الاستفادة من أموال ناسا من خلال تأسيس معهدٍ غير ربحيٍّ للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في ماونتن فيو، كاليفورنيا، بالقُرب من مركز أميس للأبحاث التابع لناسا. تولَّى المعهد تطوير الأجهزة الأساسية اللازمة لتسريع عملية البحث عن الإشارات الراديوية لأغراض البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، ولا سيَّما تحليلات الطيف التي يُمكن أن تُعالج الإشارات على عدة تردُّدات في آنٍ واحد.

ظهرت ببطء خطة لاستخدام أجهزة التحليل هذه في عمليتَي بحثٍ مُنفصلتَين: بحث عميق يستهدف النجوم في نطاق ١٠٠ سنة ضوئية، ومسح سَطحي للسماء بأكملها. وفي عام ١٩٩٢ — وهو الوقت الذي أُعيد فيه تسمية مشروع «مراقبة الموجات الدقيقة بمسح الموجات الدقيقة عالي الدقَّة» HRMS — كانت معدات البحث العميق جاهزة أخيرًا لنقلها جوًّا إلى آريسيبو. بدأ المسح هناك في يوم كولومبوس، وهو الذِّكرى السنوية الخمسمائة «لاكتشاف» أمريكا الشمالية.

لكن مشروع «مراقبة الموجات الدقيقة بمسح الموجات الدقيقة عالي الدقة» لم يَدُم طويلًا. ففي غضون عام، تمكَّن خلفاء بروكسمير في الكونجرس من إلغاء ميزانيتِه التي كانت تُقدَّر بنحو ١٢,٣ مليون دولار، ما أدَّى إلى إنهاء العمل في مجال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في وكالة ناسا نهائيًّا. جاء في بيانٍ صحفي ساخر صادر من مكتب القابض على زمام الأمور الرئيسي سيناتور نيفادا ريتشارد برايان: «حتى يومِنا هذا، أُنفِقَت الملايين ولم نتمكَّن من الإمساك بأيِّ كائن أخضر صغير. لم يَقُل مرِّيخيٌّ واحد «خُذني إلى قائدك»، ولم يتقدَّم طبق طائر واحد للحصول على تصريحٍ من إدارة الطيران الفيدرالية.» وكان على تارتر أن تبحث عن التمويل في مكان آخر.

أما في الشرق، في غضون ذلك، كان الفيزيائي بول هورويتز قد اختار استراتيجية للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، تجنَّبت إلى حدٍّ كبير التمويل الفيدراليَّ وجميع المخاطر التي تُصاحبه. اخترع هورويتز، الذي كان خبيرًا في الإلكترونيات، مِطيافًا يُمكنه قياس قوة الإشارة على ٦٥ ألف قناة إذاعية بالغة الضيق حول خطِّ الهيدروجين. (كلَّما كان عرض كلِّ تردُّد يخضع للفحص أضيق، زادَت قُدرة الكاشفات على تمييز الإشارة عن الضجيج وقلَّ التداخُل من المصادر الأرضية.) وفي عام ١٩٧٨، استخدم هورويتز المطياف في آريسيبو لفحص ١٨٥ نجمًا قريبًا.[19] وبدعمٍ من مجموعة الترويج للعلوم التي يقودُها

ساجان، الجمعية الكوكبية، حسَّن بعد ذلك مُعداته وصغَّر حجمها لتُصبح في صورة جهاز محمول أسماه حقيبة البحث عن ذكاء خارج الأرض، والذي تمَّ اختباره في آريسيبو وتعديله مرةً أُخرى لتركيبه في تلسكوب هارفارد-سميثسون الراديوي في بلدة هارفارد الريفية في ماساتشوستس.

بين عامَي ١٩٨٣ و١٩٨٥، في عملية تُسمَّى مشروع «سينتينيل»، أكمل فريق هورويتز عدة عمليات مسح للسَّماء الشمالية. لكن مطياف «سينتينيل» كان أمامه قيدان أساسيَّان. فمن ناحية، لا يُمكنه الاعتماد على تأثيرات دوبلر المحتملة في الإشارة الواردة، وهذا يعني أنه إذا كان هورويتز يأمل في التقاط إشارات حول تردُّد ١٤٢٠ ميجاهرتز السِّحري، فإنه سيتعيَّن على الحضارة المُرسِلة المُفترَضة تصحيح إشاراتها «مسبقًا» بما يَتناسَب مع الحركة النسبية لنظامها النجمي ونظامنا. ومن ناحية أخرى، كانت معالجات «سينتينيل» بطيئة؛ فقد استغرقت ٣٠ ثانية على الأقل لتحليل البيانات الواردة لنقطة معيَّنة في السماء على جميع التردُّدات البالغ عددها ٦٥ ألف تردُّد، وهو الوقت الذي يكون التلسكوب خلاله قد انتقل إلى الهدف التالي.

ولتجاوز هاتين المشكلتَين، صمَّم هورويتز جيلًا جديدًا من أجهزة قياس الطَّيف بقُدرة حسابية أكبر. كان بإمكان جهاز المشروع الجديد «ميتا» META («فحص الحياة خارج الأرض عبر عدد هائل من القنوات») مسح ٨,٤ ملايين قناة بالقُرب من خط الهيدروجين آنيًا. كما كان بإمكانه أيضًا تصحيح دوران الأرض والحركات الأخرى مثل حركة المجموعة الشمسية حول مركز المجرَّة، ما كان يَعني أنَّ الباحثين قد يتمكَّنون للمرة الأولى من اكتشاف إشارة ضيِّقة النطاق لم تُصمَّم خصوصًا للأرضيِّين.

بنى هورويتز مطياف مشروع «ميتا» بمُساعدة من الجمعية الكوكبية وهدية قَدرُها مائة ألف دولار من المُخرج ستيفن سبيلبرج. زار ساجان وسبيلبرج حرم جامعة هارفارد في سبتمبر ١٩٨٥ لحُضور ندوةٍ تَحتفي بإطلاق المشروع. وهنا أَدخُل في القصة لفترةٍ وجيزة. في أول جولة لي وأنا طالب صحفي، قابلتُ ساجان وأجريتُ مقابلةً شخصية مع هورويتز (انظر التمهيد). لم يَسعْني إلا أن أطرح على هورويتز السؤال التقليدي الذي يطرَحه كلُّ صحفيٍّ على عالِمٍ من علماء البحث عن ذكاء خارج الأرض: ما هي فُرَصُ نجاحِك؟ فأجاب قائلًا: «لا أحدَ يعلم. يُمكننا استخدام المعادلات لتخمين عدد الحَضارات خارج كوكب الأرض التي لا بدَّ أنها في مجرَّتنا. لا تُوجَد طريقة لتكون إجابتنا دقيقة تمامًا، لكن الأعداد تُظهِر ضرورة وجودِها.»[20]

«يُمكننا استخدام المعادلات لتخمين عدد الحضارات خارج كوكب الأرض التي لا بدَّ أنها في مجرتنا. لا تُوجَد طريقة لتكون إجابتُنا دقيقة تمامًا، لكن الأعداد تُظهر ضرورة وجودها.»

المزيد من كل شيء

استمرَّ مشروع «ميتا» META، ومن بعده مشروع «بيتا» BETA (كما خمَّنتُ: فحص الحياة خارج الأرض عبر مليار قناة) من ١٩٨٥ إلى ١٩٩٩. وغنيٌّ عن القول أنَّ أيًّا من المشروعَين أو مشروع «البحث عن الانبعاثات الراديوية خارج الأرض من الجَماعات الذكية المُتطوِّرة القريبة» أو «مُراقبة الموجات الدقيقة بمَسح المَوجات الدقيقة عالي الدقة» لم يَجِد على الإطلاق إشاراتٍ مرشَّحة قد تتكرَّر إن أعَدْنا النظر. غير أنها قد وضَعَت نمَطًا للبحث عن ذكاء خارج الأرض في العصر الحديث من عام ١٩٩٥ حتى وقتِنا الحاضر. وهذا العصر يُمكن وصفه بأنه عصرُ «المزيد من كل شيء»، بالطبع باستثناء تمويل الحكومة الأمريكية.

المزيد من العمل الخيري: بعد إلغاء مشروع «مُراقبة الموجات الدقيقة بمسح الموجات الدقيقة عالي الدقة»، استحوذَ معهد البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض على مُعِدات الكشف التي كان قد شيَّدها، وشقَّت تارتر الطريق لجَمع الأموال للوصول لشكلٍ مِن أشكال البحث يُموِّله القِطاع الخاص. جاءت الملايين من أقطاب صناعة الكمبيوتر مثل المؤسِّسَين المشاركَين لشركة هيوليت-باكارد، ويليام هيوليت وديفيد باكارد، والمؤسِّس المشارك لشركة إنتل، جوردون مور، والمؤسِّس المشارك لشركة مايكروسوفت، بول ألين. بدأ مشروع «فينكس» في عام ١٩٩٥ بالاستفادة من وقتِ تأجير التلسكوبات في مرصد باركس في أستراليا، ثم في جرين بانك، ثم في آريسيبو.

ولكن كان من الواضح أنَّ عمل المعهد كان بحاجةٍ إلى مكانٍ دائمٍ خاصٍّ به، ما أثار فكرة إنشاء مصفوفة جديدة من عددٍ كبير مِن الهوائيات ذات الأقطار الصغيرة، التي يُمكنها معًا أن تُؤدِّي عمل تلسكوب واحد كبير للغاية. بدأت مصفوفة تلسكوبات ألين التابعة لمعهد البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض العمل في مرصد هات كريك التابع لجامعة بيركلي في عام ٢٠٠٧، وقد تكوَّنت من ٤٢ طبقًا مُنفصلًا قُطر كلٍّ منها ستة أمتار. سُمِّيت بهذا الاسم تيمنًا ببول ألين، الذي وضَع أكثر من ٣٠ مليون دولار في المشروع قبل وفاته في عام ٢٠١٨.

في عام ٢٠١٥، في إطارٍ يَحتمِل أن يُغيِّر قواعد اللعبة في مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض، عهدَ قُطبٌ آخر من أقطاب مجال التكنولوجيا، وهو رائد الأعمال والمستثمر الإسرائيلي الروسي يوري ميلنر، بمبلغ ١٠٠ مليون دولار على مدار ١٠ سنوات لمشروعٍ يُسمَّى «بريكثرو ليسن». يشتري البرنامج، الذي يُديره مركز البحث عن ذكاء خارج الأرض في جامعة بيركلي (والذي هو أيضًا مقرُّ مشروع «البحث عن الانبعاثات الراديوية خارج الأرض من الجَماعات الذكية المُتطوِّرة القريبة»)، وقت الرصد في تلسكوب جرين بانك الجديد، البالِغ قُطره ١٠٠ متر، في النِّصف الشمالي من الكرة الأرضية وباحث الكواكب الآلي، وهو تلسكوبٌ بصَريٌّ في مرصد ليك بالقرب من سان خوسيه، كاليفورنيا. قال ميلنر إنَّ هذه الأدوات تجمع معًا أكبر قدرٍ مِن البيانات في يوم واحد، وهو ما يُوازي القَدر الذي كانت مشاريع البحث عن ذكاء خارج الأرض السابقة تجمعُه في عام.[21] تُرسل البيانات الآتية مِن جرين بانك إلى SETI@home، وهو برنامج يَسمح للمُتطوِّعين بالتبرُّع بوقت فراغهم على أجهزة الكمبيوتر في منازلهم للمُساعدة في فرز البيانات المليئة بالضوضاء للكشف عن الإشارات الضعيفة. (لا تزال هذه التجربة التي بدأت منذ ٢٠ عامًا اعتمادًا على العلم الذي يجلبُه المواطنون والحوسَبة الموزَّعة قائمة بقوة؛ ويُمكنك الانضمام إليها على الموقع setiathome.berkeley.edu.)

المزيد من التردُّدات: إنَّ خط الهيدروجين البالغ طوله ٢١ سنتيمترًا وتردده ١٤٢٠ ميجاهرتز ليس المكان الوحيد في نطاق الاتصال الراديوي الذي قد تختاره الحضارات خارج كوكب الأرض لبثِّ إشاراتها؛ إنما هو فقط الأكثر وضوحًا؛ لأن الهيدروجين هو العنصر الأكثر شيوعًا في الكون. على مرِّ السنين، حاول علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض أيضًا الاستماع إلى تردُّدات أخرى، مثل مضاعفات التردُّد ١٤٢٠ ميجاهرتز. في فيلم «كونتاكت» («اتصال»)، عُثر على إشارة من خارج الأرض عند «تردُّد خط الهيدروجين مضروبًا في العدد باي (π)». «تردد خط الهيدروجين مضروبًا في عدد أويلر (e)» و«خط الهيدروجين مضروبًا في الجذر التربيعي للعدد اثنين» هما أيضًا صيغتان مقبولتان بالقدْر نفسه.

وبعيدًا عن خط الهيدروجين، هناك خطوط الإشعاع لأيونات الهيدروكسيل (OH) بين النجوم عند التردُّدات من ١٦١٢ إلى ١٧٢٠ ميجاهرتز. أطلق بارني أوليفر على قطاع الطيف الراديوي حول خطَّي الهيدروجين والهيدروكسيل «حفرة الماء»؛ لأن H (الهيدروجين) وOH (الهيدروكسيل) يمكن أن يتَّحِدا لتكوين H_2O (الماء).[22] حفرة الماء

هي أيضًا مكان لتجمُّع العديد من أنواع الكائنات، لذلك التصقَ الاسم الذي يتَّسم بالتفاؤل في الأذهان.

لكن على العموم، لا يحتاجُ الباحثون عن ذكاء خارج الأرض اليوم إلى وضع العديد من الافتراضات حول التردُّدات التي قد تستخدمها الكائنات غير الأرضية. فالكاشِفات الحديثة المبنية على المبادئ نفسها التي بُنيَ عليها مِطياف مشروع «فحص الحياة خارج الأرض عبر مليار قناة» لهورويتز يُمكنها الاستماع إلى مليارات القنوات الضيقة في وقتٍ واحد. وحتى التقنيات الأحدث قد تُساعِد الباحثين عن ذكاءٍ خارج الأرض على إلقاء نظرة خاطفة على «إطار الموجات الدقيقة (الميكروويف)»، وهو النطاق الضيق للتردُّدات (من ١٠٠٠ إلى ١٠ آلاف ميجاهرتز) الذي يُمكن أن ينتقِل بسلاسة عبر الغلاف الجوي للأرض، المكوَّن من النيتروجين والأكسجين والماء. حتى وقتٍ قريب، لم نتمكَّن من البحث خارج نطاقات التردُّد هذه لأنَّ طاقة الراديو عند تردُّدات أعلى من ١٠ آلاف ميجاهرتز يمتصُّها الغلاف الجوي، والطاقة عند تردُّداتٍ أقل من ١٠٠٠ ميجاهرتز تميلُ إلى أن تكون محجوبة بواسطة الضوضاء الخلفية للمجرَّة. لكن تلسكوب «مصفوفة التردُّد المنخفض» LOFAR — وهو عبارة عن مصفوفة من ٤٤ هوائيًّا مُنتشِرة في جميع أنحاء هولندا وفرنسا وألمانيا والسويد والمملكة المتحدة — بُني لدِراسة النجوم البعيدة لدرجة أن تأثير دوبلر — الناتج في هذه الحالة عن توسُّع الكون — قد أدَّى إلى الانزياح الأحمر لإشعاعها وصولًا إلى نطاق ١٠ إلى ٢٤٠ ميجاهرتز. وهذا هو نطاق التردُّد نفسه الذي نستخدِمه في البث الإذاعي والتلفزيوني، لذا مِن المُقترَح أن تكون مصفوفة التردُّد المُنخفِض دقيقة بما يكفي للتنصُّت على الاتصالات التي تتسرَّب من الحضارات المُجاورة.[23] وفي الوقت نفسه فإن مصفوفة الكيلومتر المربَّع — وهو مشروع مُقترَح بقيمة ٢,٣ مليار دولار لتوزيع مئات التلسكوبات الراديوية عبر جنوب أفريقيا وغرب أستراليا — ستكون دقيقة للغاية؛ بحيث يُمكنها اكتشاف إشارات الراديو أو التليفزيون بنمطِ إشارات الأرض التي تتسرَّب من كوكبٍ يبعد عشرات السنوات الضوئية.[24]

المزيد من أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي: حتى الآن، لم أتناول سوى البحث الراديوي عن ذكاءٍ خارج الأرض. غير أن ارتباط البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض بعلم الفلك الراديوي هو حدث تاريخي مُرتبِط بحقبة الحرب العالمية الثانية، كما سردنا في بداية هذا الفصل. لكنَّ الحضارات البعيدة لن تكون على علمٍ بتركيزنا على إشارات الراديو، وعلى الرغم من كلِّ ما نَعرفه؛ فقد تكون هناك طُرق أفضل بكثيرٍ لإرسال الرسائل فيما بين النجوم، مثل ضوء الليزر.

ظهر البحث البصري عن ذكاءٍ خارج الأرض كفِكرة منذ اختراع الليزر في ستينيَّات القرن العشرين، لكن استخدامَه لم يُؤخَذ مأخذ الجد حتى أواخر التسعينيات. خلص بول هورويتز في هارفارد إلى أن البشر يُمكنهم باستخدام التكنولوجيا الحالية توليد نبضات ليزر قصيرة يمكن لأشعتها أن تفوق وهج أشعة الشمس بمقدار ١٠٠٠ ضعف، وتظلُّ ثابتة عبر مسافاتٍ شاسعة. لاكتشاف إشارة كهذه قادمة من حضارةٍ أخرى، ستَحتاج إلى مُستشعِر ضوئي قادر على تسجيل نبضات قصيرة تَصِل في زمنها إلى النانوثانية. (يكاد لا يُوجد شيء طبيعي يُولِّد مثل هذه النبضات الضوئية العالية التردُّد؛ ومن ثمَّ فأيُّ إشارة عند معدَّل نقل البتَّات هذا ستكون اصطناعية على الأرجح.) ذلك إذن ما بناه هو وفريقه بتمويلٍ من «الجمعية الكوكبية» ومعهد البحث عن ذكاء خارج الأرض. وابتداءً من عام ١٩٩٨، استخدم مشروع «هورويتز البصري للبحث عن ذكاء خارج الأرض» تلسكوبات بصرية موجودة بالفعل في هارفارد وبرينستون. وفي عام ٢٠٠٦، تحول الفريق إلى التلسكوب البصري الجديد المخصَّص لمسح السماء بأكملها للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض OSETI، والمصمَّم لمسح كامل السماء الشمالية كل ٢٠٠ ليلة صافية.

يُرجى ملاحظة أنني ذكرتُ للتوِّ أنه «يكاد لا يُوجد شيء طبيعي يُولِّد مثل هذا الضوء العالي التردُّد». كان مشروع «التلسكوب البصري للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض» الذي أسَّسه هورويتز عُرضةً لإصدار الإنذارات الكاذبة المُتكرِّرة، التي كان يتسبَّب فيها في الأساس إشعاع شيرينكوف، وهو ومضات سريعة من الضوء المُتولِّد عندما تصطدِم الأشعة الكونية بجزيئات الغاز في الغلاف الجوي للأرض. قُرب عام ٢٠١٠، قرَّر فريق بقيادة فرانك دريك معالجة هذه المُشكلة عن طريق تركيب جهاز بصري للبحث عن ذكاء خارج الأرض بثلاثة مُستشعِرات ضوئية منفصلة في تلسكوب نيكل في مرصد ليك بكاليفورنيا. وبرَفض الومضات المُنفصِلة المُتزامنة، قلَّل النظام الجديد من مُعدَّل الإنذارات الكاذبة إلى إنذارٍ واحد فقط في السنة. وفي عام ٢٠١٥، في مرصد ليك أيضًا، عمل معهد البحث عن ذكاء خارج الأرض مع شيلي رايت، وهي عالمة فيزياء بجامعة كاليفورنيا في سان دييجو؛ وذلك لبدء البحث عن إشارات الليزر في أطوال موجية قريبة من الأشعة تحت الحمراء. قد تكون الأشعة تحت الحمراء خيارًا أفضل للاتصالات المُعتمِدة على الليزر من الأطوال الموجية المرئية؛ لأنَّ إرسال الأشعة تحت الحمراء يستهلك طاقةً أقل، ويُمكن أن تمرَّ بسهولةٍ أكبر عبر الغاز والغبار فيما بين النجوم.[25]

المزيد من أجزاء السماء: لا يُمكن لتلسكوب بصري أو راديوي في نصف الكرة الشَّمالي أن يرى سوى السماء الشمالية، ولكن من المُحتمَل بالقَدر نفسه أن تأتي إشارة

من خارج الأرض من السماء الجنوبية. كان جزء من قصة البحث عن ذكاء خارج الأرض خلال العقود الثلاثة الماضية يدور حول التوسُّع في بناء التلسكوبات في نصف الكرة الجنوبي. ولإنشاء المشروع الثاني لفحص الحياة خارج الأرض عبر عددٍ هائل مِن القنوات «ميتا ٢» META II في أوائل تسعينيات القرن العشرين، أخذ علماء الفلك نُسخًا من معدات هورويتز إلى مرصدي تيدبينبالا وباركس في أستراليا ومعهد الأرجنتين لعِلم الفلك الراديوي في الأرجنتين. رصد مشروع «فينكس» ٢٠٠ نجم في السماء الجنوبية في عام ١٩٩٥، واستمرَّ عمل البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في المراصد الجنوبية منذ ذلك الحين. وعلى الرغم من ذلك، لا يزال هناك قدر كبير من العمل المتأخِّر الذي يجب إنجازه؛ فمِن أصل ١٠٣ مشاريع للبحث الراديوي عن ذكاءٍ خارج الأرض منذ عام ١٩٦٠ — وفقًا لقاعدة بيانات «تكنوسيرش» الشاملة التابعة لمعهد البحث عن ذكاء خارج الأرض — يستخدِم أقل من ٢٠ منها المَراصد الجنوبية.[26]

المزيد من أنواع النجوم: إنَّ سيرة النجم — مراحل تطوره وعمره الإجمالي — تتحدَّد مسبقًا بواسطة كتلته. استهدفت معظم عمليات البحث عن ذكاء خارج الأرض نجومًا متوسِّطة الحجم مثل شمسِنا لأنَّها تتطوَّر بمعدَّلٍ قابلٍ للتنبُّؤ على مدى ١٠ مليارات سنة، وهي فترة طويلة بما يكفي (نظريًّا) لنشأة الحياة على كواكبها. غالبًا ما يَتجاهل الباحثون النجوم الكبيرة جدًّا، التي تَحترق بسرعة كبيرة، وكذلك النجوم الصغيرة جدًّا مثل الأقزام الحَمراء والأقزام البُنية، التي تعيش أعمارًا طويلة جدًّا، ولكن لا تَنبعِث عنها حرارة كبيرة. وفي حالة هذه النجوم الصغيرة، ستكون «منطقة جولديلوكس» — النطاق الذي لا تَصِل فيه الكواكب إلى درجة الغلَيان أو التجمُّد، ولكنَّها تحصُل فحسب على ما يَكفي من الطاقة للحفاظ على مياهها في الحالة السائلة — ضيِّقة للغاية.

لكن الحقيقة، كما بدأنا نُدرك، هي أن النجوم القزمة الحمراء وكواكبها تفُوق بأعدادها نجومًا مثل شمسنا و«كواكبها». وفي الواقع، وجد الباحثون في عام ٢٠١٦ كوكبًا أكبر قليلًا من الأرض في المنطقة الصالحة للعيش حول «قنطور الأقرب»، وهو قزم أحمر يشكل الجار الأقرب لنا في الفضاء، على بُعدٍ أكثرَ بقليلٍ من أربع سنوات ضوئية، وفي عام ٢٠١٧، عثروا على كوكبٍ آخر يدور حول قزمٍ أحمر هو «روس ١٢٨»، على بُعد ١١ سنة ضوئية فقط. (هذه المسافات ليست صغيرةً كما تبدو. لا يزال الأمر سيَستغرِق ٧٥ ألف سنةٍ لوصول أسرع جسمٍ تمَّ إطلاقه على الإطلاق، وهو مسبار «فوياجر١»، إلى «قنطور الأقرب». وفي الواقع، يَسلك «فوياجر» في اتجاه مختلف تمامًا.)

ستكون الكواكب الصخرية الداخلية للنجوم القزمة غريب بالنسبة إلينا — ستكون قريبة جدًّا من نجومها لدرجة أنها ستكون خاضعةً للتقييد المَدِّي؛ بحيث يكون أحد جوانبها حارًّا دائمًا والآخر متجمدًا دائمًا — غير أنَّ الأبحاث الحديثة تُشير إلى أنها ربما تظلُّ صالحةً للعيش عليها. ولأن نجومها أقدم بكثيرٍ وتتطوَّر على نحوٍ أبطأ، فإنَّ الحضارات على هذه الكواكب تحظى بالمزيد من الوقت لتتطوَّر. يقول سيث شوستاك، كبير علماء الفلك في معهد البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض: «قد يكون هذا أحد الأمثلة التي يكون فيها الأقدم أفضل.»[27] ومنذ عام ٢٠١٦، كان يستفيد من مُعظَم الوقت الذي يَقضيه في المعهد في استخدام مصفوفة تلسكوبات ألين لإجراء بحثٍ يستهدف ٢٠ ألف قزم أحمر.

المزيد من الأمم: نشأت الجهود العمَلية للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي. وعلى مرِّ العقود، انضمَّت إليهما أستراليا والأرجنتين، ومجموعة متنوعة من الدول الأوروبية. غير أن أحد أكثر التطوُّرات المُحتملة إثارةً في مجال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض تحدُث في مقاطعة قويتشو جنوب غرب الصين. فعندما اكتمل بناء التلسكوب ذي الفتحة الكروية البالِغ قطره ٥٠٠ متر، والذي يعرف اختصارًا باسم «فاست» FAST، والمُمول من الحكومة في عام ٢٠١٦، تفوق على تلسكوب آريسيبو في كونه أكبر تلسكوب راديوي في العالم. يعني حجم الطبق وشكله أنَّ التلسكوب يُمكنه رؤية أجزاء من السماء أكثر ممَّا يُمكن لتلسكوب آريسيبو رؤيته، وقد تصل دقته إلى ثلاثة أمثال دقة آريسيبو. اكتشف التلسكوب العشرات من النجوم النابضة الجديدة (نجوم نيوترونية سريعة الدوران تَنبعِث منها حزم من الإشعاع)، ووقع مالكه — المرصد الفلكي الوطني الصيني — اتِّفاقية مع مشروع «بريكثرو ليسن» في عام ٢٠١٦ لمشاركة خطط الرصد وطرق البحث والبيانات.[28] وحتى كتابة هذه السطور، لم تبدأ بعد عمليات الرصد للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض باستخدام هذا التلسكوب.

نصف الكوب المُمتلئ

مرَّ ٦٠ عامًا منذ أن حوَّل فرانك دريك تلسكوب تاتيل لأول مرةٍ في جرين بانك باتجاه تاو سيتي وإبسيلون إريداني. وما تزال النقاشات الفلسفية والنظرية حول الكائنات غير الأرضية مُستمرة، كما ينبغي لها. غير أننا — على الأقل في هذه الأيام — على الرغم من السخرية الصادرة من المُشرِّعين ضيقي الأفق، نبحث بالفعل عن كائناتٍ فضائية، ولا نتحدَّث عنها فحسب. فلا تمرُّ ليلة دون أن يستمرَّ هذا البحث.

لكن الحقيقة الأكثر أهميةً هي أننا لم نجد شيئًا. ويستمر الصمت العظيم. تُوجَد على الأقل ثلاث طرق للنظر إلى الأمر: نصف الكوب المُمتلئ، ونصف الكوب الفارغ، وما أُسميه «الكوب الخاطئ».

لنبدأ بتفسير نصف الكوب المُمتلئ. لفهمه، فكِّر في كوبٍ حقيقي. اذهب إلى الشاطئ واغمر الكوب في المُحيط. هل اصطدتَ سمكة في الكوب؟ ألم تفعَل؟ يُمكنك أن تستنتج أن الأسماك غير موجودة. أو يُمكنك أن تستمر في البحث.

هذه هي الاستعارة التي قدَّمتها جيل تارتر عام ٢٠١٠، عندما حسبت أن الجزء من المجرة الذي مسحه الباحثون عن ذكاءٍ خارج الأرض حتى ذلك الوقت هو ككوبٍ من الماء مُقارنة بمحيطات الأرض.[29] وأعاد العلماء الحساب في عام ٢٠١٨ وخلصُوا إلى أنه أقرب إلى حوض استحمام مُمتلئ بالماء وليس كوبًا.[30] في كلتا الحالتَين، ليس من المُستغرَب الحصول على نتيجة سلبية. يُمكننا أن نفقِد الأمل في رحلة الصيد ونترك الشاطئ لأنَّنا لم نَصطد شيئًا حتى الآن. أو يُمكننا أن نُحضر المزيد من الأكواب، ونَغمُرُها على مسافاتٍ أعمق، ونستمرُّ في الاستعداد لليوم الذي سنُصبِح فيه علماءَ بحار موثوقين.

> ويستمرُّ الصمت العظيم.

لم يفشل البحث التقليدي عن ذكاءٍ خارج الأرض، من وجهة النظر هذه؛ لأنه بالكاد قد بدأ. يُمكِن فهم هذا الموقف؛ نظرًا لأنَّ البحث عن ذكاء خارج الأرض بالطُّرق التقليدية لموريسون، ودريك، وساجان، وهورويتز، وتارتر قد نشأ جنبًا إلى جنب مع علم الفلك الراديوي. لا يُمكننا أن نُنكر أن التقنيات الراديوية والبصرية المُستمدَّة من الممارسات السائدة لعلم الفلك قد قدمت للعلماء أول بياناتهم التجريبية الصلبة حول الكائنات غير الأرضية، حتى لو كانت هذه البيانات لم تُسفِر عن نتائج إيجابية حتى الآن. لإعادة صياغة كلام دونالد رامسفيلد، فإنك تذهب إلى الحرب ومعك التلسكوبات وأجهزة التصوير والرصد التي تَمتلكُها بالفعل، وليس التي ترغب في أن تَمتلكها. وتبعًا لنطاق الكون وتنوُّعه، فستُوجَد دائمًا أماكن جديدة لتوجيه تلسكوباتنا وتردُّدات جديدة للبحث فيها.

أما تفسير نصف الكوب الفارغ، فهو أكثر قتامة. إننا نَعرِف الآن — على نحوٍ مؤكَّد أكثر حتى ممَّا عرفه فيرمي — أنه بغَمرنا للكوب في المياه المحلية، لن نجد أيَّ كائناتٍ

فضائية تَنتظِر مَن يكتشفها في جوارنا المباشر. لقد فحصنا مُعظم النجوم القريبة في جميع أجزاء الطيف الذي يُمكِن قياسه بسهولة. وإذا كانت هناك أيُّ حضارات على مسافةٍ قريبة، وإذا كانت تلك الحَضارات تُريد أن يَعثر عليها أحد، لكنَّا قد صادَفناها بحلول وقتِنا هذا.

ولكن ذلك لم يحدُث. لا بد أن ذلك يُخبرنا «بشيء» مُهم عن التردُّد، أو التوزيع، أو التواصُل مع المجتمعات المتقدِّمة في المجرَّة. لا يُمكن أن يكون هناك ٥٠ مليون نظامٍ نجمي تسكَنُه حضارات متكلمة، هذا حسب الحد الأعلى لتقدير جماعة الدلافين الأول. لا بدَّ أن قيمة N أقلُّ بكثير، وقد تُساوي العدد واحدًا بالضبط. لقد فشل مجال البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض حتَّى الآن، وفقًا لتفسير نصف الكوب الفارغ؛ لأنه بحث عن شيء ربما لا يكون موجودًا.

لكن لا تزال هناك احتمالات أخرى. ربما الكوب ليس أداة جيدة لصيد الأسماك. ربما تعرف الأسماك أننا نُحاول اصطيادها، فتَبتعِد عنا. ربما كنَّا نَبحث بجديةٍ عن شيءٍ يُشبه الأسماك لدرجة أننا أغفلنا الفريسة الحقيقية، مثل مخلوقات الهيبتابود المُتفوِّقة على البشر المُسيَّرة آليًّا ذات القُدرة على التنقُّل عبر الأبعاد.

كل هذا يعني أنه يُمكن أن يكون هناك شيء خطأ في الأساس أو أن ثمَّة قُصور في النظر في الطريقة التي نبحَث بها عن ذكاءٍ خارج الأرض حتى الآن. وفي تاريخ العلم، نادرًا ما تُسلِّم المسائل المهمَّة لأول فرضية تخطر بالأذهان. لذلك ربما حان الوقت لتطوير فرضيةٍ أفضل حول الكائنات غير الأرضية.

سنعود لتلك الفكرة وإمكانية حل مفارقة فيرمي في الفصل الخامس. لكنَّنا نحتاج أولًا لمراجعة الاكتشافات الحديثة في التخصُّصات التي كانت بالكاد موجودة عندما بدأ مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض، والتي غيرت ملامح الحلول الممكنة.

الفصل الثالث

الكائنات المُحبة للظروف القاسية والكواكب الخارجية

لم يكن العلماء قطُّ متَّفقين على رأيٍ واحد أو مزاج واحد بشأن إمكانية وجود حياةٍ خارج كوكب الأرض. ساد الموقف المنفتح لهوجنس حتى جاء ويويل صلب الرأي وطالب ببعض الأدلة الحقيقية. قدَّم سكاباريلي ولويل تصورًا جذابًا لأقرب جيراننا، وعلى الرغم من أنه قد ثبت أن قنوات المريخ ليست سوى وهمٍ، تغلغلت فكرة سكان المريخ في الثقافة الشعبية على مدار نصف القرن التالي. لكن بحلول ستينيات القرن العشرين، تأرجَحَ البندول في الاتجاه الآخر مع بدء علماء الأحياء في استكشاف آليات علم الوراثة. بدت فكرة أن تظهر مصادفةً أنظمة مُعقدة وغير مُحتملة — مثل الحمض النووي الريبوزي RNA والحمض النووي DNA — على أكثر من كوكب كما ذكر الفيزيائي والكاتب ومُناصِر البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، بول ديفيز: «مخزية لدرجةٍ قاربت السخف.»[1]

ولكن هناك دائمًا بعض العلماء الذين لا يُعيقُهم نعتُهم «بالسخف». تذكر أن الستينيات كانت أيضًا الوقت الذي انطلق فيه مشروع «أوزما» وظهرت فيه جماعة الدلافين. واليوم، كما يلاحظ ديفيز، عادت لتسود رُوح التفاؤل السخيف لجماعة الدلافين. يُظهر الصمت الذي يسود السماء حتى الآن أن الحياة «الذكية» ستكون جائزة بعيدة المنال، لكن يَعتقِد مُعظم الباحثين أننا أقرب من أي وقتٍ سبق في التاريخ من اكتشاف مُؤشِّراتٍ على حياةٍ من نوعٍ ما خارج عالمنا؛ حياة بسيطة على الأرجح.

ولكي نكون واضحِين، ليس لدَينا ذلك النوع الذي نُريده من الأدلة الملموسة. نحن نعلم من الحفريات أن التولُّد التلقائي، ظهور الكائنات الحية الذاتية التكاثُر من موادها المولِّدة الكيميائية غير الحية، حدث هنا على الأرض منذ ٣,٨ مليار سنة على الأقل، تقريبًا

فور أن برَد سطح الكوكب المُنصهِر الساخن وظهرت المحيطات. لكن حتى الآن ليس لدَينا دليل مباشر على وجود حياةٍ في عوالم أخرى. سيكون من الرائع لو عثرنا على سطح المريخ على حفريةٍ ما، أو ربما طرف أحد اللوامس في تصدُّع جليدي على سطح القمر «أوروبا»، أو حتى مجرَّد آثار كيميائية للعمليات العضوية في غلافٍ جوي بعيد. لكن لم يُحالِفنا مثل هذا الحظ الحسَن بعد.

لكنَّنا «نُدرك الآن» أن عدد العوالِم الصالحة للعيش أكثر بكثيرٍ ممَّا افترضنا سابقًا وأن الحياة على الأرض أكثر تنوعًا بكثيرٍ ممَّا توقعنا في أيِّ يومٍ سبق. وكلاهما مُؤشِّران غير مُباشرَين على وجود مسارٍ لظهور حياةٍ ذكية في عوالم أخرى. لذلك عندما يكتب ديفيز أن «التغيير في المشاعر ... يرجع إلى الموضة وليس الاكتشاف»،[2] أعتقد أنه يُظهِر بعض التذمُّر ليس إلَّا.

في الواقع، استمرَّت على مدى العقود الأربعة الماضية ثورة في مجال علم الأحياء الفلكية الناشئ، وقد دعمتها الاكتشافات في كِلا الجانبَين: «الفلكي» و«البيولوجي». (بالمناسبة، يا له من أمرٍ رائع أن يَتقاضى هؤلاء الناس أجرًا على كونهم «علماء أحياء فلَكية»! لو كنتُ طالبًا جامعيًّا اليوم، لكان هذا هو تخصُّصي الرئيسي.)

حياة جديدة

عندما شرع دريك وأقرانه في بحثِهم قبل ٦٠ عامًا، اعتقدوا أن الإشارات الكهرومغناطيسية القادمة من الكائنات الذكية خارج الأرض ستكون علامتنا الوحيدة المؤكَّدة على ظهور الحياة في مكانٍ آخر. لكن فهمنا لكيفية عمل الحياة على الأرض — أماكن عيش الكائنات الحية، وطُرق تطوُّرها، وقدراتها — قد تحوَّل جذريًّا منذ ذلك الوقت. يبدو الآن أنه من المُحتمَل بالقدْر نفسه أن نكتشف دليلًا على وجود حياةٍ ميكروبية أولًا؛ باستفادتنا من فهمٍ جديد لأنواع البيئات التي يُمكِن أن تزدهر فيها الحياة وكيف تُغيِّر الحياة نفسها في تلك البيئات.

تأمَّل قصة كارل ووز. في عام ١٩٦٩، قرَّر ووز، عالِم الأحياء الدقيقة بجامعة إلينوي في أوربانا، أنه يُريد أن يعرف متى تباعَدَت أصناف البكتيريا المختلفة بعضها عن بعض في شجرة التطور، أو ما كان يُعتقَد حينها أنه شجرة. وبعد أن أمضى سنواتٍ في تحليل تسلسل الحمض النووي الريبوزي للريبوسومات — ما يُعَد عملًا خارقًا في الأيام التي سبقت ظهور أجهزة السلسلة الجينية الآلية — نشر ورقة بحثية في عام ١٩٧٧ أعلن فيها

أنه اكتشف شكلًا جديدًا تمامًا من أشكال الحياة، وهو العتائق. لطالَما حدث خلط بين هذه الكائنات الحية الصغيرة الوحيدة الخلية وبين البكتيريا، لكن ووز أظهر أن شفرتها الجينية تختلف في الواقع عن الشفرة الجينية للبكتيريا بالقَدر نفسه الذي تختلف به عن شفرتنا الجينية. وعلاوة على ذلك، اكتشف دليلًا هائلًا على انتقال الجينات بين العتائق، وهذا الانتقال عبارة عن حركة جانبية للجينات من كائنٍ حي إلى آخر وليس من الآباء إلى الأبناء، وغالبًا ما يحدث عبر خطوط الأنواع. أصبح من الواضح في النهاية أن شجرة الداروينية الكلاسيكية أشبه بشجرة أَثأَب مجنونة، بفروع مستمرة في التداخُل والتقاطع. قاوم مجتمع علم الأحياء النتائج التي توصَّل إليها ووز لسنواتٍ عديدة، لكننا نعرف اليوم أن العتائق هي أحد أشكال الحياة السائدة على الكوكب، وأن النقل الجيني الأُفقي أمر شائع. وفي الواقع، تتكوَّن نسبة سبعة بالمائة من الجينوم البشري من جينات فيروسية أدخلتها إليه فيروسات قهقرية.[3]

وما يجعل هذه القصة مُذلة ومُخجلة لنا نحن البشر هو أنه حتى أواخر سبعينيات القرن العشرين، كان هناك نطاق كامل من الكائنات الحية لم نُلاحظه، وكان يستخدِم شكلًا من أشكال التبايُن الوراثي الذي لم نكن نحلم بوجوده. جعلت رُؤى ووز علماء الأحياء يُعيدون التفكير في الأيام الأولى للحياة على كوكب الأرض، وعقَّدت بشكلٍ كبير تصوُّرَهم عن التطور. وأشار الاكتشاف إلى أنَّنا إذا غفلنا عن اكتشاف شكلٍ وفير من أشكال الحياة على كوكبنا، فربما سيكون تصورنا عن الحياة في مكانٍ آخر محدودًا بالقَدر نفسه.

ولكن لم تكن هذه سوى البداية؛ فسيتبيَّن أن عام ١٩٧٧ سيكون عامًا عظيمًا للعلماء المهتمين بما قد تكون عليه الحياة في عوالم أخرى.

حدثت صدمة العام التالية على بُعد كيلومترَين أسفل سطح المحيط الهادي، نحو ٢٨٠ كيلومترًا شمال شرق جزر جالاباجوس. كان باحثون من «مؤسسة وودز هول لعلوم المحيطات» WHOI يرسمون خرائط قاع البحر بالاستعانة بكاميرا عن بُعدٍ عندما ظهَر لهم في الصور شيء غير متوقَّع، وهو مُستعمَرة من الحلزون الصدفي الأبيض. لم يكن ذلك مُتوافقًا مع عقيدة ذلك الوقت، التي كانت تقول بأنَّ الكائنات الحية التي يُعثَر عليها في مثل هذا العُمق الكبير وفي مثل هذا الظلام الدامس ستكون نادرةً ومُتفرِّدة. لذلك استقل الجيولوجيان جون كورليس وجون إدموند الغواصة «ألفين»، وهي الغواصة البحثية الشهيرة التي كانت تُشغِّلها مؤسسة وودز هول لعلوم المُحيطات، كي يتقصَّيا

الأمر من مصدره المباشر. وما اكتشفاه بالقُرب من أحد الينابيع حيث كانت المياه الحارة تترشَّح للأعلى عبر أرضية البحر كان من شأنه أن يُطلق شرارة علمٍ جديد كليًّا. يقول الكاتب العِلمي ديفيد تومي موضحًا في كتابه الرائع «الحياة الغريبة»: «كان الأمر بمثابة حديقةٍ رائعة تحت البحر، واحة تنبض بالحياة.» كانت هناك شقائق النعمان، والحلزون الصدفي العملاق، وسرطان البحر، والأسماك، وبلح البحر، كلها تعيش في مياهٍ تحتوي على مستويات عالية من كبريتيد الهيدروجين. وسرعان ما قرَّر علماء مؤسسة وودز هول لعلوم المحيطات أن البكتيريا كانت تقوم بعملية التمثيل الكيميائي؛ أي إنها تتغذَّى على كبريتيد الهيدروجين وتُكوِّن قاعدة لسلسلة غذائية كاملة تعمل دون حاجة إلى البناء الضوئي.[4]

بعد ذلك بعامَين، زار كورليس وإدموند موقعًا أكثر غرابة تحت البحر بالقُرب من خليج كاليفورنيا، حيث كانت هناك مداخن طبيعية تضخُّ إلى الخارج مياهًا شديدة السخونة مليئة بكبريتيد الحديد. أكدت «فوَّهات الدخان السوداء» هذه أن المخارج المائية الحرارية يُمكن العثور عليها على حدود الصفائح التكتونية للأرض. كان الجزء غير المتوقَّع من الحكاية هو الحجم الهائل للحياة حول تلك المخارج. فعلى الرغم من درجات حرارة المياه المرتفعة ارتفاعًا لا يُصدَّق — ٣٠٠ درجة مئوية أو أكثر عند فوَّهات الدخان — كانت المَخارج مُحاطةً بحصائر من بكتيريا التمثيل الكيميائي، والعتائق كما اتَّضح فيما بعد. دعمت هذه الكائنات الحية الدقيقة النُّظم البيئية الغنية لبطنيات الأرجل، وثنائيات الأصداف، والقِشريات، والحلقيات، بما في ذلك الديدان الأنبوبية العملاقة الغريبة الشكل.

السبب الوحيد في عدم غليان المياه الشديدة السخونة هو أنها تقع تحت ضغطٍ هائل للمُحيط من فوقها. وقبل هذه الاكتشافات، لم يكن علماء الأحياء يَفترضُون أن الحياة يُمكن أن تزدهر وسط هذه المستويات من الضغط ودرجة الحرارة أو مثل هذا الحمَّام الساخن من المعادن الذائبة والفلزات الثقيلة، ناهيك عن قِلَّة ضوء الشمس. لكن النتائج أثارت طوفانًا من الاهتمام بالكائنات المحبة للظروف القاسية، وهي الكائنات الحية التي تَكيَّفت للعيش في البيئات القاسية التي من شأنها أن تُدمر أقاربها من الكائنات الأكثر هشاشةً. وفجأةً بدا أكثر صلةً بالموضوع بحث يعود إلى ستينيات القرن العشرين عن البكتيريا «المُحبة للظروف الفائقة الحرارة» التي تنمو في مياهٍ درجة حرارتها ٩٠ درجةً مئوية في الينابيع الساخنة في مُتنزَّه يلوستون الوطني.

عندما بدأ الباحثون البحث عن حياةٍ في مواقع كان يُعدُّ سابقًا أنه من غير المرجَّح وجود حياةٍ فيها، اتَّضح أن الحياة موجودة في كل مكانٍ تقريبًا. وانضمَّت الآن إلى

«مُحبات الملوحة» — الميكروبات المحبة للملح التي عُثِر عليها في البحر الميت في ثلاثينيات القرن العشرين — «مُحبات الحموضة» (الكائنات المُحبة للأحماض، الموجودة في اليَنابيع البركانية والمناجم)، و«مُحبات البرودة» (الكائنات المُحبة لدرجات الحرارة المُنخفِضة، التي تُوجَد في الجليد القُطبي والتربة الصقيعية)، و«مُحبات الضغط» (الكائنات المُحبة للضغط، التي تُوجَد عميقًا تحت الأرض أو في الخنادق المحيطية)، و«مُحبات الظروف القاسية المتعدِّدة» (مثل «ثيرموكوكوس باروفيلوس»، وهو نوع من العتائق يتغذَّى على الكبريت ويُوجَد في المخارج المائية الحرارية في أعماق البحار)، وحتى «مُحبات الإشعاع» (مثل الفِطريات التي وُجِد أنها تُحوِّل الإشعاع المُؤيِّن إلى طاقة قابلة للاستخدام في قلب مفاعل تشيرنوبيل المنكوب).[5]

يبدو الآن أن الحياة القائمة على الحِمض النووي يُمكن أن تُوجَد حيثما وُجِدَ الماء. ففي عام ٢٠١٣، وُجِد أربعة آلاف نوعٍ من البكتيريا والعتائق في عينات مأخوذة من بحيرةٍ في القارة القطبية الجنوبية، والتي كانت قد عُزِلَت عن الشمس تحت مسافة ٨٠٠ متر من الجليد لما لا يقلُّ عن ١٢٠ ألف سنة.[6] يُعتقَد أن هناك في القِشرة القارية، على مسافة ثلاثة إلى ستة كيلومترات تحت السطح، «مُحيطًا حيويًّا عميقًا» يتكوَّن من البكتيريا والعتائق التي تُجري تمثيلًا غذائيًّا للمواد الغذائية الكيميائية.[7]

وخلاصة كل هذه الاكتشافات هو أن الحياة تمتلك قدرة مذهلة على التكيف. وهذه النتيجة تُوسِّع بدورها مفاهيم علماء الأحياء الفلكية حول نطاق البيئات الذي من شأنه أن يكون صالحًا للعيش على الكواكب الأخرى. ذكر المجلس القومي الأمريكي للبحوث في عام ٢٠٠٧ في تقريرٍ حول مُتطلَّبات الحياة الأساسية والاتجاهات المستقبلية لِعلم الأحياء الفلَكية أنه على الأرض «الحياة هي القاعدة وليست الاستثناء».[8] وليس ثمَّة سبب لافتراض أن الطبيعة أقل إبداعًا في عوالم أخرى.

يبدو الآن أن الحياة القائمة على الحِمض النووي يُمكن أن توجد حيثما وُجِدَ الماء.

حتى إنه من المُمكن، في واقع الأمر، أن تكون هناك الآن ميكروبات أرضية على سطح المريخ؛ انتقَلَت عن طريق مركبة ناسا المتجوِّلة «كيريوسيتي». قرَّرت وكالة الفضاء بعد الإطلاق أن هناك أجزاءً من المركبة لم يتمَّ تعقيمُها وفقًا للإجراءات المناسبة، وأظهرت

المسحات التي تمَّ أخذُها أنه حتى أجزاء المركبة التي تمَّ تنظيفها تنظيفًا صحيحًا بالبيروكسيد والأشعة فوق البنفسجية حملت على متنها أكثر من ٦٠ نوعًا من البكتيريا.[9] من غير المعروف ما إذا كانت هذه الميكروبات قادرة على البقاء على قيد الحياة في الرحلة الطويلة إلى المريخ والظروف القارسة على سطحه أم لا. لكن عبر التجارب في محطة الفضاء الدولية، يعلَم العلماء أن أبواغ بعض أنواع العصويات يُمكنها أن تبقى على قيد الحياة في الفضاء — وهو بيئة قاسية للغاية — لمدة ١٨ شهرًا على أقل تقدير.[10]

غزاة الفايكنج

بالحديث عن الكوكب الأحمر، فلنَعُد مرةً أخرى إلى عامي ١٩٧٦ و١٩٧٧. ثالث تطوُّر كبير في تلك الفترة، من منظور علماء الأحياء الفلَكية، كان وصول المركبتَين الفضائيتَين التوءمتَين «فايكنج» على سطح المريخ. هبطت المركبة «فايكنج ١» في منطقة «كريسي بلانيتيا» في ٢٠ يوليو ١٩٧٦، وهبطت المركبة «فايكنج ٢» في منطقة «أوتوبيا بلانيتيا» في ٣ سبتمبر. وحتى يومنا هذا، لا يزال هذان المِسباران هما الوحيدَين على الإطلاق اللذين صُمِّما وأُطلِقا بهدف الاختبار المباشر لعلامات وجود حياة خارج كوكب الأرض.

جُهزَت كلتا المركبتَين بمجارف آلية يُمكنها إحضار حفنة من تربة المريخ وإلقاؤها في نظام التجارب البيولوجية لإجراء أربعة أنواعٍ من الدراسات. كان هناك جهاز يُسمَّى مطياف الكتلة والاستشراب الغازي الذي كان بإمكانه تسخين التربة وقياس كتلة الجزيئات المتبخِّرة للتعرُّف عليها من خلال أوزانها الجزيئية. انطوَت تجربة مُبتكَرة لـ «تبادل الغازات» على إضافة مُغذيات عضوية للتربة ثم المشاهدة لمعرفة ما إذا كان سيَنبعِث منها الأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين، والهيدروجين، والميثان؛ أي جميع العلامات التي تحتمِل وجود ميكروبات في التربة تُجري تمثيلًا غذائيًّا للعناصر الغذائية. كانت تجربة «الإطلاق الموسوم» مُماثلة، باستثناء أن العناصر الغذائية المُضافة كانت تحتوي على ^{14}C، وهو نظيرٌ مُشِعٌّ من الكربون، وقد رُصِد الهواء فوق العيِّنة لمعرفة ما إذا كان يشتمل على غاز $^{14}CO_2$ أو $^{14}CH_4$ منطلق من الخليط، وأي منهما كان سيُمثِّل علامةً أخرى على وجود الحياة. عرَّضت تجربةٌ أخيرة لـ «الإطلاق التحليلي الحراري» عيِّنةَ التربة إلى غازٍ يُشبه الغلاف الجوي لكوكب المريخ، غير أنَّ الغازات الحاملة للكربون كانت مُكوَّنة من ^{14}C؛ وكانت الفكرة هي معرفة ما إذا كانت هناك أيُّ كائناتٍ حية تقوم بالبناء الضوئي في التربة ويُمكنها تحويل هذا الكربون المشعِّ إلى كتلة حيوية.

جاءت النتائج من كلتا المركبتَين سلبية، في الغالب الأعم. لم يَعثُر الاستشراب الغازي على أي أثرٍ لوجود جزيئات عضوية؛ فلم تَكتشِف تجربة تبادل الغازات أي علامات على حُدوث تمثيلٍ غذائي، ولم تجد تجربة الإطلاق التحليلي الحراري أيَّ دليلٍ على عملية البناء الضوئي. لكن تجربة الإطلاق الموسوم كانت استثناءً مُحيرًا. في كلتا المركبتَين، «فايكنج ١» و«فايكنج ٢»، امتصَّت عينات التربة المُغذيات وبدأت على الفور في إنتاج $^{14}CO_2$ مشع. اختفى التأثير في عينات التحكم التي تمَّ تعريضها للحرارة أو عزلها لفترة كافية لقتل أي كائناتٍ حية دقيقة، وهو تمامًا ما كنتَ ستتوقَّعه إذا كانت في التربة كائنات حية تُجري عملية التمثيل الغذائي. ولكن نظرًا لعدم حدوث التحقُّق عبر تجارب أخرى، قلَّلت ناسا من أهمية نتائج تجربة الإطلاق الموسوم. وافترض الباحثون أن الكربون المُشع الذي اكتشفته التجربة يمكن أن يكون نتاج تفاعل أكسدة غير عضوية.

لكن مُصمِّم تجربة الإطلاق الموسوم، جيلبرت ليفين، وهو مهندس بجامعة ولاية أريزونا، يعتقد حتى يومِنا هذا أن المركبتَين قد اكتَشفتا كائناتٍ دقيقة مرِّيخية.[11] يقول جويل ليفين، عالم أبحاث سابق في ناسا إنه بعد مرور أكثر من ٤٠ عامًا على بعثتَي «فايكنج» «لا نزال نُناقش ما إذا كانت هناك حياة على سطح المرِّيخ أم لا».[12]

علم الأحياء الخارجية (كما كان علم الأحياء الفلَكية معروفًا حتى عام ١٩٩٠) هو علم قائم على الكثير من النظريات والتكهُّنات وليس على الكثير من البيانات الثابتة، ولم تتمكَّن بعثتا «فايكنج» من إصلاح ذلك. غير أن هذا التوصيف كان بالإمكان أن يتغيَّر بهبُوط مركبة «إكسو مارس روزاليند فرانكلين» الجوَّالة، التابعة لوكالة الفضاء الأوروبية، على سطح المريخ في عام ٢٠٢١. ستُجري المركبة الجوالة تجربةً مُصمَّمة لاختبار ما إذا كانت الأكسدة تُمثِّل تفسيرًا معقولًا لنتائج تجربة الإطلاق الموسوم لبعثتي «فايكنج». وستبحَث المركبة الجوالة عن حَفريات دقيقة حول المسطحات المائية التي كانت على الكوكب فيما مضى. وهي مجهَّزة بمطيافات على غرار مطيافات بعثتَي «فايكنج»، والتي لن تبحث عن الجزيئات العُضوية فحسب، ولكن أيضًا عن دليلٍ على الكيرالية، أو «اليدوانية». تأتي اللبنات الأساسية للحياة، مثل السكريات والأحماض الأمينية، في صور مرآوية «يمينية» أو «يسارية». ولتحقيق أداءٍ أكثر كفاءةً، تُفضِّل الكائنات الحية الأرضية استخدام صورةٍ كيرالية واحدة فقط؛ فجميع السكريات يمينية، وجميع الأحماض الأمينية يسارية، على سبيل المثال. وإذا وجدت المركبة الجوالة «إكسو مارس» جزيئات عضوية، وإذا تفوَّقت إحدى صورتَي الكيرالية على الأخرى، فستكون تلك علامةً قوية على وجود

حياة. (من المفارقات أن ليفين كان يُخطط لتضمين تجربة للكيرالية في مركبتَي «فايكنج»، لكن الأمر لم يتمَّ بسبب الحاجة إلى خفض التكاليف.)[13]

بحار مختلفة

كان هناك تقدُّم آخر في عام ١٩٧٧ ساعَدَ في تغيير الطريقة التي نُفكر بها في الحياة في عوالم أخرى. كما رأينا في الفصل الثاني، كان ذلك العام الذي أطلقت فيه ناسا مسباري «فوياجر» الآليين تجاه المشتري والنظام الشمسي الخارجي. أما وقد غادَرَت كِلتا المركبتَين النظام الشمسي الآن، فقد أصبحتا سفيرتَين وحيدتَين مُهمَّتهما الرئيسية المُتبقية هي حمل سجلاتهما الذهبية إلى الفضاء العميق بين النجوم. ولكن عندما مرَّتا بالمشتري وزُحَل وأقمارهما بين عامَي ١٩٧٩ و١٩٨١، أرسلتا صورًا وقياساتٍ دفعت علماء الكواكب إلى إدراكٍ جديد: أنه ربما تُوجَد مآوٍ للحياة في نظامِنا الشمسي خارج «منطقة جولديلوكس» التقليدية التي تدور فيها الأرض.

وبالنسبة إلى علماء الأحياء الفلَكية، تركَّزت الإثارة في ثلاثة عوالم: قمر المشتري «أوروبا»، وقمري زحل «إنسيلادوس» و«تيتان».

أظهرت صور «أوروبا» من التحليق المنخفض لمسبار «فوياجر١» حول كوكب المشتري في أوائل عام ١٩٧٩ قشرةً من جليد الماء محفورة بها شبكة من الخدوش الطويلة، الأمر الذي يُذكِّرنا بقنوات سكاباريلي على المريخ. ولكن عندما اقترب مسبار «فوياجر٢» أكثر من «أوروبا» بعد أربعة أشهر، ظهرت الخطوط على شكل أوردة بُنية دقيقة كما لو كانت مرسومة عبر سطح مُستوٍ إلى حدٍّ لا يُصدَّق، السطح الأكثر استواءً في النظام الشمسي. والتفسير الأكثر احتمالًا هو أن الأوردة كانت أماكنَ تصدَّعت فيها إحدى القشور الجليدية في «أوروبا»، مما سمحَ للمياه المالحة بالصعود من مُحيطٍ سائلٍ أسفلَها، ثم تجمَّدت في صورة جليدٍ أحدثَ تكوينًا وأكثرَ قتامةً في لونه.

بعد التحليق المُنخفِض، تكهَّن علماء بعثة «فوياجر» أن محيط «أوروبا» قد بقيَ في حالة سائلة بفعل ثني المد والجزر، وهي عملية الاستطالة والاحتكاك نفسها التي تُولِّد البراكين المذهلة على القمر الأقرب للمشتري؛ قمر «آيو». اكتشفَت بعثة جاليليو التابعة لوكالة ناسا بعد ذلك بكثيرٍ أن للقمر «أوروبا» مجالًا مغناطيسيًّا، مما يدعم فكرة وجود طبقةٍ مُوَصِّلة عميقة من الماء السائل المالح. وحتى في وقتٍ لاحق، رصد تلسكوب هابل الفضائي فوَّاراتٍ ضخمةً من المياه تتدفَّق من القطب الجنوبي للقمر «أوروبا».

يتطلَّب ظهور الحياة، في أي صورةٍ يُمكننا تصوُّرها، وسطًا سائلًا للتفاعُلات الكيميائية ونقل المواد مثل العناصر الغذائية والفضلات عبر غشاء الكائن الحي. الماء مثالي نوعًا ما بسبب خصائصِه كمُذِيب. أدَّى بالطبع اكتشاف محيط مائي سائل على سطح القمر «أوروبا» — وهو في الواقع الأكبر في المجموعة الشمسية؛ ويُمثل ضعفًا إلى ثلاثة أمثال حجم مُحيطات الأرض — إلى تساؤل علماء الأحياء الفلكية عن احتمالية وجود حياة هناك.

وبسبب حصار القمر «أوروبا» أسفل القشرة الجليدية، فإنه لن يحصل على ضوءٍ من الشمس، لكن هذا ليس عائقًا، نظرًا لِما نعرفه الآن عن قدرات التمثيل الكيميائي لمُحبات الظروف القاسية على الأرض. قد تُوفِّر القشرة في الواقع حماية جوهرية من الأحزمة الإشعاعية القاتلة لكوكب المشتري. ولأن علماء الفلك يعتقدون أن مُحيطات «أوروبا» تتفاعل مع قلبها الصخري، فمن المُمكن أن يكون «الغذاء» الكيميائي وفيرًا هناك في الأسفل. (في وقتٍ ما في عشرينيات القرن الحادي والعشرين، ستُحاول إحدى بعثات وكالة ناسا التي تُسمَّى بعثة «التحليقات المتعددة حول «أوروبا»» التحليق عبر أعمدة بخار الماء، مما يَسمَح لها بأخذ عيِّنات من المواد العضوية من محيط «أوروبا» دون أن تلمس سطح القمر على الإطلاق.)[14]

اتَّضح أن القمر «إنسيلادوس»، الذي زاره مسبارا «فوياجر» في عام ١٩٨١، عبارة عن قمر «أوروبا» مُصغَّر، وأن له مُحيطًا من المياه السائلة مُغطًّى بالجليد. كان اختلاف المناطق فيه بين المناطق التي تسودها الحُفر والمناطق الملساء علامة على أن أجزاءً من تضاريسِه أحدث من أجزاء أخرى، وربما تكون مُغطَّاة بجليد مُتكوِّن حديثًا من البراكين المائية. يظلُّ مصدر الحرارة الداخلية في «إنسيلادوس» لغزًا؛ لأن مدارَه ليس منحرفًا بالدرجة التي تجعل قُوى المدِّ والجزر تلعب فيه دورًا كبيرًا. لكن بعثة «كاسيني» المشتركة بين ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية أكَّدت وجود مياه أسفل الجليد، وكشفت عيِّنات من الأعمدة عن مزيجٍ يُشبه المُذَنَّب من بخار الماء، والنيتروجين، والميثان، وثاني أكسيد الكربون، والهيدروكربونات. اكتشفت بعثة «كاسيني» أيضًا الهيدروجين الجزيئي، وهو علامة على أن مُحيط «إنسيلادوس» ربما قد غذَّته منافس مائية مثل تلك الموجودة هنا على الأرض. لا عجب أن علماء الأحياء الفلَكية قد تقدموا بما لا يقلُّ عن خمسة مُقترحات للعودة إلى «إنسيلادوس» للبحث عن حياة.

ثم هناك القمر «تيتان»، أكبر كواكب زُحل وأكثرها إثارة للاهتمام. أثبت مسبارا «فوياجر» أن هذا الكوكب مُغطًّى بضباب دخاني برتقالي كثيف ينبعث عندما تعمل أشعة الشمس فوق البنفسجية على تكسير غاز الميثان في الغلاف الجوي العلوي. وجد مسبارا «فوياجر» أنه أسفل طبقة الضباب الدخاني يوجَد غلاف جوي سميك ومُعتدل الحرارة نسبيًّا من النيتروجين والميثان؛ حيث يُنتِج الميثان تأثير الدفيئة الذي يُبقي درجة حرارة السطح عند١٨٠ درجة مئوية.

من الواضح أن هذه أجواء باردة مُقارنة بدرجات الحرارة على الأرض، لكنها دافئة بما يكفي للحفاظ على الهيدروكربونات في حالة سائلة، ممَّا يُوحي أن «تيتان» قد تكون عليه بحيرات من الميثان والإيثان السائلَين. أكَّدت بعثتا «هابل» و«كاسيني» لاحقًا هذه الفرضية بكشفهما عن بركةٍ في حجم بحيرة ميشيجن من هذين السائلين. أرسل مسبار «هوجنس»، الذي هبط على سطح القمر «تيتان» في عام ٢٠٠٥ صورًا لقنوات ضخمة نحتَتها أنهار من الميثان ولسطحٍ مملوء بصخور الجليد المائي ومُغبَّر بالثلج الهيدروكربوني الداكن.

لماذا يجب أن يهتمَّ علماء الأحياء الفلَكية ببحيرات الميثان؟ حسنًا، الماء هو المذيب الأكثر شيوعًا لدعم الحياة؛ ولذلك تبنَّت ناسا العبارة «اتبع الماء» في بحثها عن الحياة في النظام الشمسي. لكن الماء ليس هو المُذيب المحتمَل الوحيد. يقول المجلس القومي الأمريكي للبحوث في تقريره عام ٢٠٠٧: «إن بحثنا العملي عن حياة خارج كوكب الأرض ينصبُّ على الكواكب والأقمار التي تحتوي على المياه بسبب إمكانية دعمِها لحياةٍ تُشبه الحياة على الأرض.» ولكن «هذا لا يمنع وجود استراتيجيات للبحث عن حياة أساسها الكربون تزدهر في مُذيبات غير مائية، مثلما هو الحال على سطح القمر «تيتان».»[15]

لا أحد يعرف كيف يُمكن أن تبدأ الحياة في غاز الميثان. لكن لا أحد يعرف أيضًا كيف حدث التولُّد التلقائي هنا على الأرض. تكون المذيبات العُضوية مثل الميثان والإيثان سامةً في العموم للكائنات الدقيقة الأرضية القائمة على الكربون. لكن علماء الأحياء الفلَكية تخيَّلوا «خلايا» لها أصداف خارجية قائمة على الميثان تحمي الآلية الجزيئية التي تُنتِج المياه.[16] وقد رسموا أنظمة للبوليمرات الجينية التي كان من شأنها أن تحتفظ بالمعلومات القابلة للتوريث سليمة حتى في المحاليل غير المائية، فضلًا عن التمثيلات الغذائية القائمة على عملياتٍ مثل تحويل الأسيتيلين إلى ميثان. لم تُلاحَظ على الإطلاق مثل هذه الأشكال من الحياة البديلة أو «الغريبة» على الأرض؛ حيث يبدو أن التولُّد التلقائي قد حدث مرةً واحدة فحسب أو أنَّ الحياة القائمة على الحِمض النووي قد قضَت على الأشكال البديلة.[17]

لكنها ليست مُستحيلة ما دامت المتطلبات الأساسية للحياة موجودة؛ أي البيئة السائلة الغنية بمصدر للطاقة، والعديد من الذرَّات التي تحتوي على الكربون، ودرجات الحرارة العالية بما يكفي للسماح بحدوث التفاعُلات الكيميائية الأساسية.

لا أحد يَعرف كيف يمكن أن تبدأ الحياة في غاز الميثان. لكن لا أحد يعرف أيضًا كيف حدث التولُّد التلقائي هنا على الأرض.

قاد مثل هذا التفكير اللجنة إلى ما وراء دراسة المجلس القومي الأمريكي للبحوث في عام ٢٠٠٧ لاستخدام ما كان، في نظر العلماء، لغة قوية للغاية:

> إذا كانت الحياة خاصية جوهرية للتفاعُلات الكيميائية، فلا بد أن تُوجَد على سطح القمر «تيتان». في الواقع، إن لم يكن هناك حياة على سطح القمر «تيتان»، فسيتعيَّن علينا أن نُرجِّح أن الحياة ليسَت خاصية جوهرية للجزيئات المحتوية على الكربون في ظلِّ الظروف التي تكون فيها مستقرة. عوضًا عن ذلك، لا بدَّ أن نستنتج أن الحياة إما أنها نادرة في هذه الشروط أو أن [هكذا وردَ] هناك شيء مميز، وأفضل، في البيئة التي تُوفرها الأرض (بما في ذلك مياهها).[18]

من وجهة نظر الثقافة العِلمية الغارقة في الكوبرنيكية، تقترب فكرة وجود شيء مميز في الأرض، بالطبع، من الهرطقة. ويُعدُّ ذلك جزءًا كبيرًا من الدافع وراء النظر فيما وراء الأقمار «أوروبا»، و«إنسيلادوس»، و«تيتان» للبحث عن المزيد من الأماكن التي ربما تكون مَوئلًا للحياة.

عوالم جديدة غريبة

في عام ١٧٥٥، نشر الفيلسوف إيمانويل كانط، من بين جميع الناس، شرحًا لطريقة تكوُّن مجموعتنا الشمسية، والذي تبيَّن أنه الشرح الصحيح؛ وذلك تحت عنوان «التاريخ الطبيعي العالمي ونظرية السماوات». في الأساس، تتجمَّع سُحب الهيدروجين فيما بين النجوم تحت تأثير الجاذبية في صورة كُرات تدور، وتهوي، وتَشتعِل كالنجوم وتُشكِّل

أقراصًا كوكبية أولية. تتَّحد حبات الغبار حول النجوم لتُشكِّل كواكبَ مُصغَّرة، ثم جنينًا كوكبيًّا، ثم (في بعض الأحيان) كواكبَ صخرية مثل عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ. وإذا كانت الأجنة الكوكبية كبيرة وبعيدة بما يكفي عن نجمها؛ تبدأ في جمع الهيدروجين والهيليوم التي تدفعها طاقة النجم الجديد إلى الخارج، وتنتفخ لتصبح كواكبَ غازيةً عملاقة مثل المشتري، وزحل، وأورانوس، ونبتون.

وبمجرد أن اكتشف علماء الفلك تفاصيل «نموذج القرص السديمي الشمسي» هذا، بدا واضحًا أن الشيءَ نفسه سيَحدُث حول النجوم الأخرى. غير أنه مرَّ وقتٌ طويل للغاية قبل أن يحصلوا على دليلٍ على أن كواكب مجموعتنا الشمسية الثمانية ليسَت الكواكب الوحيدة في المجرة.

كان أول نجمٍ كشف عن كواكبه نجمًا نابضًا يُسمَّى PR1257+2، وهو عبارة عن بقايا نجم ذي كتلةٍ كبيرةٍ انفجَر كمُستعرٍ أعظم. بتتبُّع التغييرات الطفيفة في معدَّل دوران النجم النابض، استنتج علماء الفلك الراديوي في عام ١٩٩٢ أن للنجم النابض ثلاثة كواكب، كلها على ما يبدو تشكَّلت من الحطام الذي خلفه المستعر الأعظم.

لكن النجم PR1257+2 كان حالة غريبة، وقد ضاهاه بعد ثلاث سنوات الكشف عن أول كوكبٍ خارجي حول نجمٍ شبيهٍ بالشمس، وهو النجم «٥١ بيجاسي». تبلغ كتلة الكوكب، الذي سُمِّي فيما بعد «ديميديوم»، نصف كتلة كوكب المشتري، على أقل تقدير، ولكن مَداره يُقرِّبه بشكلٍ غير مُتوقَّع من النجم «٥١ بيجاسي»؛ وجعله هذا النموذج الأوَّلي لفئة من الكواكب الخارجية تُسمى الآن «كواكب المشتري الساخنة». وكان الاكتشاف، الذي توصَّل إليه ميشيل مايور وديدييه كيلوز بجامعة جنيف بسويسرا، بمثابة الدويِّ الذي أطلق العنان لطُوفانٍ بحجم جبال الألب من اكتشافات الكواكب الخارجية؛ إذ اكتُشِفَ أكثر من أربعة آلاف كوكبٍ حتى وقتِ كتابة هذه السطور. وقد أثار هذا الطوفان بدوره سحابةً من الأفكار الجديدة حول الحياة خارج الأرض والظروف التي قد نجدُها فيها.

عادةً لا يُمكنك ببساطة توجيه تلسكوبٍ بصري نحو نجمٍ بعيد ورؤية كواكبه. فحينها ستجد تلك الكواكب باهتةً للغاية، وسيَحجُبها ضوء نجمها في جميع الأحوال. عادةً ما يلجأ علماء الفلك إلى المزيد من الطُّرق غير المباشرة، وقد توصَّلُوا حتى الآن إلى طريقتَين ناجحتَين للغاية.[19] تتمثل طريقة السرعة الشعاعية في مُراقبة أي حدوثٍ لتأثير دوبلر في الخطوط الطيفية المميزة للنجم للبحث عن حركة تذبذبية أثناء تحركه في الفضاء، وهو مؤشر واضح على أن حوله كوكبًا أو أكثر. ومن خلال حجم وفترة هذه التقلُّبات، يُمكن

لعلماء الفلك تحديد نصف القطر المداري والكتلة التقريبية لتلك الكواكب. هكذا عثَر مايور وكيلوز على كوكب «ديميديوم»، الذي اتَّضح أنه يدور حول النجم «٥١ بيجاسي» في ٤٫٢٣ أيام فقط، على مسافة ٠٫٠٥ وحدة فلَكية؛ أي إنه أقرب بكثيرٍ من نجمه مُقارنةً بقُرب عطارد من شمسنا. لكنه لم يعْدُ كونه أول كوكب يُكتشَف باستخدام طريقة السرعة الشعاعية؛ فحتى كتابة هذه السطور، تمَّ رصد ٧٦٠ كوكبًا خارجيًّا آخَر بهذه الطريقة.[20]

كشفت التقنية الرئيسية الأخرى، وهي طريقة العُبور الفلَكي، عن العديد من الكواكب الأخرى؛ ٣١١٤ حتى الآن. تَقيس هذه الطريقة ضوء النجم لترى ما إذا كان يخفُت قليلًا عندما «يعبر» أحد كواكبه؛ أي يمرُّ بين النَّجم وتلسكوباتنا. من الواضح أن هذا النهج لا يعمل إلا إذا كانت الهندسة صحيحةً تمامًا وصادف وجودنا في نفس مُستوى دوران النجم ومدارات الكواكب. إذا كنَّا نَنظر إلى أسفل على نجمٍ من قطبه الشمالي، فسنرى كواكبه تدور حوله ولكنَّنا لن نراها تعبر أبدًا. لكن علماء الفلك الذين يَستخدمون التلسكوبات الأرضية وجَدُوا عدة مئات من الكواكب بهذه الطريقة، وقد وجدت تلسكوبات في الفضاء لرصد الكواكب الخارجية — بعثة «كوروت» الأوروبية التي انطلَقت عام ٢٠٠٦ وبعثة «كيبلر» التابعة لوكالة ناسا التي انطلقت عام ٢٠٠٩ — آلاف الكواكب الأخرى. يُعزَى لبعثة «كيبلر»، التي أبقَت تلسكوبها موجهًا نحو مقطعٍ صغير من السماء لمدة أربع سنوات، وفحصَت سطوع أكثر من ١٥٠ ألف نجم كل ٣٠ دقيقة، اكتشاف ٢٦٦٢ كوكبًا خارجيًّا، بما في ذلك العديد من الأنظمة التي تحتوي على عدة كواكب.

ظهرت مُفاجأتان كبيرتان من كل هذا العمل. الأولى كانت أن النجوم ذات الكواكب هي القاعدة، وليست الاستثناء. أدرك مُستكشفو الكواكب الخارجية أن غالبية النجوم الشبيهة بالشمس يدور حولَها كوكب أو أكثر؛ يُعتقَد الآن أن مُتوسط عددها نحو ١٫٦ كوكب لكل نجم. ومن ثم فإن مجرتنا، التي تضم ١٠٠ مليار نجم على أقل تقدير، هي موطنٌ لما لا يقلُّ عن ١٦٠ مليار كوكب، وهذا حتى دون حساب الكواكب بين النجمية التي خرجت من أنظمتها النجمية (أجل، هذا شيء يحدث حقًّا).

كانت المُفاجأة الأخرى تكمُن في مدى تشابُه بعض الأنظمة الكوكبية مع نظامنا. اعتاد الفلَكيُّون على الشكل التخطيطي لنظامنا الشمسي — بنَجمِه المُبهِج من النوع G في المُنتصَف، مُحاطًا بكواكب داخلية صَخرية صغيرة وكواكب عملاقة غازية أبعد — لدرجة أنهم افترضُوا أن هذا التخطيط كان حتميًّا. كان اكتشاف كوكب «ديميديوم» هو أول دليل على أن الحال ليست كذلك بالضرورة. ونظرًا لأنَّ الكواكب الكبيرة أسهل في العثور

عليها، فقد كانت مُعظم العوالم المُكتشَفة في السنوات الأولى من ازدهار اكتِشاف الكواكب الخارجية، في الواقع، كواكب ساخنة تُشبه كوكب المشتري.

ونحن نعلم الآن أن القصة أكثر غرابة من ذلك. ففي عام ٢٠١٧، أعلن علماء الفلك في بلجيكا وسويسرا، أنهم عثروا على نظام بسبعة كواكب في حجم الأرض، كلها تدور على مسافة قريبة جدًّا من نجم قزم أحمر/بُني صغير أسمَوه «ترابيست-١»؛ وذلك بالاستعانة بالتلسكوب الصغير للكواكب العابرة والكواكب المصغَّرة (TRAPPIST). نظرًا لوقوعه على بُعد ٤٠ سنة ضوئية، فهو يُشبِهُ نظامًا شمسيًّا مُنمنمًا دقيقًا؛ إذ تُوجد الكواكب في حلقاتٍ ضيقة على بُعد ١,٦ مليون إلى ٨,٨ ملايين كيلومتر من النجم، قريبة للغاية لدرجة أن مدار كوكب عطارد يُمكن أن يتَّسع لها بالكامل. ولو كانت تلك الكواكب تدور حول شمسنا على تلك المسافات، لكانت قد تحمَّصت كرقائق البطاطس. لكن «ترابيست» هو نجم بحجم المُشتري وبكتلة ثمانية بالمائة فقط مقارنةً بكتلة شمسنا، ولَمعانه ضعيف للغاية، وتبلغ نسبتُه ٠,٠٥ بالمائة من لمعان الشمس. هذا يعني أن منطقة «جولديلوكس» الخاصة به أقرب إليه بكثير. تُوجَد على الأقل ثلاثة من كواكبه، «ترابيست-إي»، و«ترابيست-إف»، و«ترابيست-جي»، داخل هذه المنطقة، مما يَعني أنه من المُحتمَل أن تحتوي أسطحها على ماء سائل. (للأسف، إن كانت عليها حياة، فلا يُرسِل أحد هناك إلينا أيَّ إشارات في الوقت الحالي؛ فقد مسَح معهد البحث عن ذكاء خارج الأرض منطقة «ترابيست-١» في عام ٢٠١٦ ولم يجد أيَّ نتائج.)[21]

من منظور علم الأحياء الفلَكية، فإنَّ النتيجة الكبرى المُستخلَصة من هذا العصر الذهبي لاكتشاف الكواكب الخارجية هو أنَّ هناك الآن قائمة محدَّدة من عوالم أخرى غير الأرض يُحتمَل أن تكون صالحة للعيش. وإذا وضعنا تعريفًا مُتحفظًا لمُصطلح «صالحة للعيش» — بالتقيُّد فقط بحساب الكواكب الخارجية الصَّخرية ذات نصف القُطر الذي يبلغ أقل من ١,٦ من نصف قطر الأرض وكتلة أقل من كتلة ستة كواكب ككَوكب الأرض، في المدارات التي يمكنها فيها الحفاظ على الماء السائل على أسطحها — يُمكننا الإشارة إلى ١٩ عالِمًا حتى الآن؛ وذلك وفقًا للعلماء في جامعة بورتوريكو في آريسيبو. أقربها هو «قنطور الأقرب بي»، الذي يَبعُد ٤,٢٢ سنوات ضوئية. وإذا عرفنا صلاحية العيش على نحو أكثر اتساعًا بعض الشيء — بحساب الكواكب الخارجية الأكبر والأصغر في نطاقٍ أوسع قليلًا من المدارات — فسنَجد أن هناك ٣٣ كوكبًا آخر، ليُصبح الإجمالي ٥٢ كوكبًا.[22]

وقد يرتفع هذا العدد قريبًا. ففي عام ٢٠١٨، أطلقت وكالة ناسا مركبةً فضائية بناها معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا تُسمَّى «القمر الاصطناعي للبحث عن

الكواكب الخارجية» (TESS)، والمُصمَّم لاكتشاف الكواكب بحَجم كوكب الأرض أو بحجم كوكبٍ يُمثل نسخة ضخمة من كوكب الأرض حول النجوم القريبة. مقارنةً بتلسكوب كيبلر، يرصد «القمر الاصطناعي للبحث عن الكواكب الخارجية» مجالَ رؤيةٍ أوسعَ بكثير. كما يقيس سطوع النجوم على فترات أكثر تكرارًا، وسيُغطي في النهاية مساحة أكبر بكثير من السماء. يتوقَّع مُخطِّطو البعثة العثور على ٥٠ كوكبًا صخريًّا على الأقل خلال مدة البعثة المُقرَّرة بعامَين. وإذا كان أيٌّ منها مُثيرًا للاهتمام بشدة — إذا بدا أن لها أغلفة جوية على سبيل المثال — فسيُتابع علماء الفلك استخدام «تلسكوب جيمس ويب الفضائي» (JWST) المُقرَّر إطلاقه في عام ٢٠٢١.

مرآة «تلسكوب جيمس ويب الفضائي» الرئيسية أكبر بكثيرٍ من مرآة «تلسكوب هابل الفضائي»، وهو ما يَمنحه وضوحًا ودقةً أكبر. كذلك فإن أدواته مُصمَّمة لدراسة الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء؛ حيث يكون للماء، والميثان، وثاني أكسيد الكربون خطوط طيفية قوية. لذا فإن الأمل هو أن يتمكَّن «تلسكوب جيمس ويب الفضائي» للمرة الأولى من الكشف عن تكوين الأغلفة الجوية للكواكب الخارجية، وذلك بطرح أطياف الكواكب العابرة مِن أطياف نجومها.

سيبحث الباحثون بجدٍّ عن «البصمات الحيوية»، وهي المزيج المُميز من الغازات الذي قد يدلُّ على أن هناك كائنات حية تحافظ على الغلاف الجوي للكوكب بعيدًا عن الاستقرار. هنا على الأرض، على سبيل المثال، لا بد أنَّ تركيز ٢١ بالمائة من الأكسجين في غلافنا الجوي دليل واضح لعلماء الأحياء الفلَكية غير الأرضيِّين على أن هناك حياة في عالمنا. ففي نهاية المطاف، فإنَّ الأكسجين مادة كيميائية نشطة للغاية بحيث لن يكون هناك الكثير منها في الجوِّ لولا وجود البكتيريا الخضراء المُزرقة، والعوالق النباتية، والنباتات الأرضية التي تستمرُّ في إطلاقه كناتج ثانوي لعملية التمثيل الضوئي.

يتوافر بكثرة في غلافنا الجوي غازان آخران تنتجهما الحياة على الأرض لدرجةٍ يمكن معها الكشف عنهما من الفضاء، وهما الميثان وأكسيد النيتروز. لكن قائمة المواد الكيميائية «التي يُحتمَل» أن تترك بصمة حيوية في الأغلفة الجوية للعوالم المأهولة أطول من ذلك بكثير. جمعت عالِمة الفلك في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا سارة سيجر، نائب المدير العِلمي لبعثة «القمر الاصطناعي للبحث عن الكواكب الخارجية العابرة» قائمة مهولة من ١٤ ألف من تلك المواد.[23] من شأن أي من هذه المواد إذا وجدت بتركيزات غير عادية في الأغلِفة الجوية للكواكب الخارجية أن تكون أقوى إشارة حتى الآن على وجود حياة في عوالم أُخرى.

معادلة جديدة للحياة خارج كوكب الأرض

ما هي فرص علماء الأحياء الفلَكية ومُستكشفي الكواكب الخارجية في العثور على حياة خارج عالَمنا في المستقبل القريب؟ صاغت سيجر طريقة مُثيرة للاهتمام للتفكير في تلك المسألة. إنها نسخة منقَّحة ومحدَّثة من معادلة دريك، وهي كالتالي:

$$N = N^* F_Q F_{HZ} F_O F_L F_S$$

وفي هذا السياق، لا يُمثل الحد N عدد الحضارات القادرة على التواصُل، ولكن بالأحرى عدد الكواكب التي تُوجَد عليها غازات البصمة الحيوية التي يمكن اكتشافها.

N^* هو عدد النجوم التي ستُدرَس عن كثبٍ باستخدام تلسكوب «القمر الاصطناعي للبحث عن الكواكب الخارجية العابرة» و«تلسكوب جيمس ويب الفضائي». وهي ٣٠ ألفًا تقريبًا.

F_Q هو الكسر المعبر عن تلك النجوم «الهادئة»؛ ومن ثم الصالِحة للحياة. وهو نحو ٢٠ بالمائة، أو ٠٫٢، حسب تخمين سيجر.

F_{HZ} هو الكسر المُعبِّر عن النجوم الهادئة التي لها كواكب صخرية في مناطقها الصالحة للعيش. قدَّرته سيجر بنسبة ١٥ بالمائة، أو ٠٫١٥.

F_O هو الكسر المُعبِّر عن تلك الكواكب التي يُمكن ملاحظتها باستخدام طريقة العبور. ومع الأسف، هذا الجزء صغير جدًّا بسبب المشكلة الهندسة الموصوفة سابقًا. حسبته سيجر بالقيمة ٠٫٠٠١.

تلك الحدود هي الحدود التي يَسهُل تعيينها. تميل قيمتا الحدَّين الأخيرَين إلى أن تكونا قيمتَين تخمينيتَين، وهما ما يُحدِث الفرق كله. F_L هو الكسر المُعبِّر عن الكواكب التي يُمكن رصدها، والتي بها حياة، وقد افترضت سيجر مُتفائلةً أنه سيكون كل الكواكب، أي إن $F_L = 1$.

وأخيرًا، F_S هو الكسر المُعبر عن الكواكب المأهولة؛ حيث ستكون بصمات الحياة الطيفية مُثيرة بدرجة كافية لاكتشافها. تُقدِّره سيجر بالقيمة ٠٫٥.

وعندما نُجري العمَلية الحسابية، سنجد أنها ٣٠٠٠٠ × ٠٫٢ × ٠٫١٥ × ٠٫٠٠١ × ١ × ٠٫٥ = ٢. وبعبارة أخرى، بعد كل العمل الذي قام به فريق بعثة «القمر الاصطناعي للبحث عن الكواكب الخارجية العابرة» للعُثور على كوكب خارجي يُشبه الأرض، وكل العمل الذي قام به علماء بعثة «تلسكوب جيمس ويب الفضائي» لدراسة الأَغلِفة الجوية

لتلك الكواكب، فإنَّ سيجر تَعتقِد أنهم «إذا كانوا محظوظين جدًّا جدًّا»، يُمكنهم أن يتوقَّعوا العثور على إشاراتٍ على وجود حياة على كوكبَين من تلك الكواكب.

ولزيادة فُرَص النجاح، تُوصي سيجر بنهجٍ شديد الشمولية للبحث الطيفي. هذا يعني أن «تلسكوب جيمس ويب الفضائي» يجب ألَّا يَبحث عن الأكسجين، والميثان، وأكسيد النيتروز وغيرها من غازات البصمة الحيوية المشهورة فحسب، ولكن أيضًا عن مجموعة كبيرة من الغازات. في عرضٍ تَقديمي مُؤخرًا حول «مُعادلة سيجر-دريك»، استخدمتْ نصيحة كثيرًا ما استُشهِد بها من تقرير علم الأحياء الفلَكية الصادِر عن المجلس القومي الأمريكي للبحوث في عام ٢٠٠٧. كتبت اللجنة تقول: «لا شيء من شأنه أن يكون أكثر مأساوية في الاستكشافات الأمريكية للفضاء من مُصادَفة حياة خارج الأرض والفشل في التعرُّف عليها.»[24]

بالطبع الأمريكيون ليسوا وحدَهم مَن يَبحث عن الحياة خارج الأرض. يُمثِّل علم الأحياء الفلَكي الآن مسعًى عالَميًّا ذا آثار عالمية مُحتملة. وقد تسارَع تطوُّره كثيرًا بفضل الاكتشافات في العقود القليلة الماضية للظروف البيئية القاسية التي يُمكن أن تتحمَّلها الكائنات الحية، وعدد الأماكن التي توجد فيها تلك الظروف. ولكي نَعثُر على حياة ذكية، يجب أن نجد حياة في الأساس، ولدَينا الآن الكثير من الأماكن التي يُمكننا البحث فيها عن الحياة.

الفصل الرابع

حل مفارقة فيرمي

حسنًا، أين الجَميع؟ إن ما أسماه مايكل هارت «الحقيقة أ»؛ أي الغياب الواضح للكائنات غير الأرضية في عالَمنا أو في أيِّ عالمٍ قريب، لم تتزحزَح. بفضل علماء الأحياء الفلَكية، ومُستكشِفي الكواكب الخارجية، والباحثين عن ذكاءٍ خارج الأرض، أصبح لدَينا المزيد من البيانات للتفكير بناءً عليها أكثر ممَّا كان لدى دريك وأعضاء جماعة الدلافين الآخَرين في عام ١٩٦١، وأكثر بكثيرٍ ممَّا كان لدى فيرمي عام ١٩٥٠. إلا أنَّ تلك ثروة من البيانات لم تَجعل المشكلة الأصلية تَختفي. من نواحٍ كثيرة، لم تزدَد مُفارقة فيرمي سوى حدة.

ولمعرفة السبب، دعونا نعود بإيجاز لمعادَلة دريك الأصلية، التي تُعطينا طريقةً سريعة لفرز المعروفات المعروفة من المَجهولات المعروفة ونرى أين تظلَّ الفجوات الأكبر. (كان ذلك هو المقصد من المعادلة في الأساس. وقد انهال عليها بعض العلماء بالنَّقد مؤخرًا؛ قائلين إنها سطحية وغير علمية،[1] ولكن نظرًا لفائدتها كأداة توجيهية وتفسيرية على مدى ما يقرُب من ستة عقود، يبدو أن هذا الانتقاد غير عادل بعض الشيء.) وإليك المعادلة مرة أخرى:

$$N = R^* f_p n_e f_l f_i f_c L$$

حيث N هو عدد الحضارات المتقدِّمة في مجرَّة درب التبانة التي يُفترَض أن لدَيها القُدرة على التواصل معنا والاستعداد لذلك. إحدى الطرق الآن لحلِّ مُفارقة فيرمي هي التأكيد على أن الحقيقة أ لن تتزعزَع أبدًا وأننا — في الواقع — وحدَنا في المجرَّة. ويُعادل هذا قولنا إن $N = 1$.

ما مدى واقعية ذلك؟ حسنًا، مِن عملِ عُلماء الفلك الذين يَدرُسون التطور النجمي، نعلم أن R^*؛ أي مُعدَّل تكوُّن النجوم الجيدة التي يُمكنها أن تَدعم وجود حياة في مجرَّتنا، هو نحو ٧٫٥ نجوم سنويًّا.

وقد علِمنا من علم الكواكب الخارجية، الذي ظهَر في العقد أو العقدَين الماضيَين، أن مُعظَم النجوم الشبيهة بالشمس لديها كواكب وأنَّ للعديد منها أكثر من كوكبٍ واحد، لذا بوسعنا أن نقول إن $f_p = 1$.

ومن هذا البحث نفسه عن الكواكب الخارجية، يَعتقِد الباحثون أن $n_e = 0.3$. أي إنه من كل ١٠ كواكب لا بد أن يكون هناك ما يَقرُب من ثلاثة كواكب صالحة للحياة.

هنا على الأرض، ظهرت الحياة على الفور تقريبًا بمجرَّد توافُر الماء السائل لدعمها، وقد ثبت أنها قوية وقادرة على التكيُّف بشكلٍ مدهش. لا يزال هناك مجال كبير للنقاش حول ذلك، ولكننا لن نخرج عن السياق إذا قدَّرنا أن الحياة تنشأ على كوكبٍ واحد من بين كل أربعة كواكب صالحة للحياة: $f_l = 0.25$.

كل شيء يسير على ما يُرام حتى الآن. بالنسبة لهذه الحدود الأربعة الأولى، لن نكتفي بالتخمين بعد الآن؛ إذ إن لدَينا بعض الأدلة الفعلية، أو بعض المؤشرات القوية. وبالمناسبة، عندما شاركت في إلقاء ندوة حول مفارقة فيرمي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في عام ٢٠١٨، تحدَّيت أنا وزميلتي باولا ريبوسكو طلابَنا بالإتيان بأفضل تقديراتهم كمَجموعةٍ لكلِّ حدٍّ من حدود معادلة دريك. والقيَم التي أستخدمها هنا هي تلك التي استقرُّوا عليها.

ممَّا قيل حتى الآن، فإن حاصل ضرب الحُدود الأربعة الأولى، $R^* f_p n_e f_l$، يُساوي (٧٫٥ × ١ × ٠٫٣ × ٠٫٢٥) = ٠٫٥٦. وإذا قبلت هذه التقديرات وكنتَ ترغب في جعل مُعادلة دريك تُعطي إجابة مِقدارها واحد بالضبط، فلا بد أن حاصل ضرب الحدود الثلاثة الأخرى، $f_i f_c L$، سيكون ١٫٧٩ (لأن ١٫٧٩ × ٠٫٥٦ = ١). وللتذكير، f_i هو الكسر المُعبر عن عدد الكواكب التي تتطوَّر عليها الحياة البسيطة إلى حياة معقَّدة وذكية، وf_c هو الكسر المعبر عن عدد الكواكب التي يُطوِّر عليها نوع ذكي واحد على الأقل تكنولوجيا للتواصُل فيما بين النجوم، وL هو متوسِّط عمر الحضارة القادِرة على التواصُل.

عبر مثالٍ واحد يُمكننا الانطلاق منه — وهو الأرض — لا يسعنا سوى تخمين تلك الحدود الثلاثة. نظرًا لعدم وجود قيود صارمة، قرَّر طلابنا في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا أن يكونوا متفائلين وأن يُخمِّنوا أن L هو عمر طويل جدًّا، والفِكرة هي أنه

بمجرَّد أن تتخطَّى الحضارات مرحلة المراهقة التكنولوجية، يكون لدَيها ما يكفي من المعرفة للبقاء على قَيدِ الحياة حتى تُصبح نجوم مَواطنها نجومًا عملاقة حمراء وتحرق كواكبها. في حالة شمسنا، سيحدث ذلك بعد مليار سنة من الآن. (ما يبدو أنه متَّسع من الوقت لابتكار خطة للفرار وإطالة بقائنا، لكننا سنُنَحِّي هذا التعقيد جانبًا في الوقت الراهن.) وبعد تعديلٍ طفيف لاحتمال وقوع أنواع أخرى من الكوارث الكونية، مثل انفجار أشعة جاما الذي من شأنه أن يَمحو كل أشكال الحياة على أي كوكب من الكواكب، قرَّر طلابنا أن الحضارة النموذجية العالية التقنية قد تستمرُّ نصف مليار سنة: $L = 5 \times 10^8$ من السنوات.

إذا كانت قيمة L كبيرة بالفعل، فلتقليل قيمة $f_i f_c L$ إلى ١,٧٩، لا بدَّ أن تكون قيمة $f_i f_c$ صغيرة للغاية: تحديدًا ٣,٥٨ × ١٠⁻⁹. بعبارة أخرى، يجب أن يكون الكسر المُعبِّر عن الكواكب الصالحة للحياة حيث تتطوَّر الميكروبات إلى علماء في مجال الفلك الراديوي نحو ٣,٥٨ لكلِّ مليار أو واحد كل ٢٧٩ مليونًا.

للتوضيح: لنَفترِض أنه يُمكنك إرجاع شريط تاريخ الأرض إلى زمن ما قبل الانفِجار الكامبري، أي قبل ٥٤٠ مليون سنة، ثم لتدعه يتقدَّم في الزمن مرةً أخرى. إذا فعلتَ ذلك ٢٧٩ مليون مرة، فإن حساباتنا حتى الآن تقول إنك لن تَحصل في النهاية على حضارة ذات تقنية عالية كحضارتنا سوى «مرة واحدة».

إذا قبلت هذه الاحتمالات، فلن تكون مُفارقة فيرمي مُفارقة لأنَّ فيرمي كان مُتفائلًا للغاية في حساباته التقريبية. وسيكون سبب عدم زيارة الكائنات الفضائية لنا هو أنها غير موجودة.

> في الواقع، إذا قضيت أيَّ وقت في التفكير بهذه الطريقة، فستُدرك أن الكوبرنيكية الصارمة تنهار في سياق تطوُّري.

يبدو هذا وكأنه حلٌّ كئيب للمُفارَقة، ولكنه ليس مُستحيلًا. في الواقع، إذا قضيت أيَّ وقتٍ في التفكير بهذه الطريقة، فستُدرك أن الكوبرنيكية الصارمة تنهار في سياقٍ تطوُّري. قد لا يكون هناك شيءٌ مُميز في كوكب الأرض، وقد نكون نحن البشر مجرَّد فرعٍ صغير في شجرة تطوُّرية مُعقَّدة، ولكن هناك بالفعل شيء فريد فينا. خاضت الحياة القائمة على الحمض النووي الكثير من المُحاولات لبناء مخلوقاتٍ ذكية وبارعة، والبشر هم الوحيدون

الذين تمكَّنوا من التسلُّل إلى ما وراء الغلاف الجوي للأرض. تخيَّل أنك وجدت كائنًا غرويًّا أوليًّا على كوكب «قنطور الأقرب بي»، ثم قدَّمت الزمن بضعة مليارات من السنين؛ سيكون من المُدهش للغاية أن تجد أن نوعًا صانعًا للأدوات قد نشأ في المرة الأولى. كتب ماثيو كوب عالم الحيوان وعالم الأحياء التطوُّري في جامعة مانشستر يقول: «هذه النظرة للحياة ليسَت نظرةً قاتمة؛ إنها ببساطة حقيقة الأشياء.» وتابع قائلًا:

> إن حقيقة أننا وصَلنا إلى هذا الحد لا تَعني بالضرورة وجود كائنات فضائية تَرتحِل في الفضاء، أو أنه مُقدَّر لنا أن نصل بطريقةٍ ما إلى النجوم. إنَّ الحتمية الظاهرية لوجود الحضارة الإنسانية هي إحدى خدع المنظور الشخصي، فهي من باب اللغو الكوني؛ إذ إنَّنا لا يسعنا أن نتساءل عن مثل هذه الأمور سوى لأننا موجودون. لم تُوجِّه وجودَنا قوة خارقة للطبيعة، كما أن الأمر ليس مكتوبًا في جيناتنا. كل ما هنالك أننا كنَّا محظوظين إلى درجةٍ كبيرة جدًّا.[2]

من وجهة نظري الشخصية، أشعر حقًّا أنني محظوظ لكوني على قَيد الحياة ولكوني إنسانًا يعيش في هذا الزمان والمكان. يقول كارل ساجان: «نحن وسيلة ليعرف الكون نفسه.»[3] وأن يكون للمرء دور في هذه المُغامَرة لهو امتياز لا يُمكن تصوُّره.

وعلى الرغم من ذلك، فإن أيَّ حلٍّ لمُفارقة فيرمي يعتمِد «كثيرًا جدًّا» على الحظ قد يكون عرضة للشك. ربما كانت هناك طريقة واحدة فقط من بين ٢٧٩ مليون طريقة للتطوُّر كي ينشأ الإنسان الحديث على الأرض. لكن قد يكون هناك العديد من المسارات الأخرى لظهور الذكاء والتكنولوجيا. كي تقبل فكرة أن $N = 1$، عليك أن تَعتقِد أن «كل مسار آخر» على «كل كوكب آخر» قد فشل في «كل محاولة» على مدار تاريخ المجرة البالغ ١٣,٥ مليار سنة. ويا له من مَطلبٍ كبير للغاية!

إنه مطلبٌ كبير في الواقع لدرجة تُجبرنا على النظر في المزيد من الحلول لتلك المُفارقة. يُشير كل شيءٍ نتعلمه من علم الأحياء الفلَكية أنه سيتضح لنا أن الحياة في صورتها البسيطة أمر شائع في الكون؛ ما يوفر مليارات نقاط الانطلاق المُنفرِدة لعملية تطوُّر الذكاء. ومن ذلك المنظور، لا تبقى مفارقة فيرمي قائمة فحسب، ولكنها أيضًا أكثر مناسبةً للمقام من أي وقتٍ مضى.

وكما أدركنا على مرِّ الزمن، فإن أكبر المجهولات في الجدال حول وجود الكائنات غير الأرضية هو نشوء الحياة وتطورها من شكلها الميكروبي البسيط إلى أنواع ذكية، وطويلة

العمر، ومتطورة تكنولوجيًّا، وهذا ما يُمثله الجزء $f_l f_i f_c L$ من معادلة دريك. وفي هذا الفصل، سنأخُذ جولةً سريعة للتعرُّف على الحلول المُقترحة لمُفارقة فيرمي، والمُرَتَّبة حسب طريقة تعامُلها مع هذه المجهُولات الأربعة. سيُهيِّئنا هذا للمناقشة النهائية في الفصل الخامس حول الحلول التي تبدُو أكثر قابليةً للتحقُّق والأكثر إقناعًا والطرق المُمكنة للمُضيِّ قدمًا في البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض وعن أنواع الكائنات الأرضية الغريبة.

ثمَّة مُؤلَّفات علمية كبيرة حول مفارقة فيرمي، ولستُ أول مَن حاوَلَ فهرسة وتقييم جميع الإجابات التي اقترحها العلماء. سيَرغب القُراء شديدو الفضول في الرجوع إلى كتاب «إذا كان الكون حافلًا بالكائنات غير الأرضية ... فأين الجميع؟» لستيفن ويب، وكتاب «الصمت العظيم: العلم والفلسفة وراء مفارقة فيرمي» لميلان تشيركوفيتش. وكلاهما كان مصدرًا رئيسيًّا في كتابة هذا الفصل.

غير أنني أُنظِّم قائمتي بطريقة مُختلفة تهدف لإظهار كيف تزداد قيمة الحلول المُحتملة لمُعادلة دريك، منتقِلة من العوامل الفيزيائية العجماء إلى العوامل البيولوجية والاجتماعية الأكثر تعقيدًا. لم يعُد أحد يقول بأن قيم R^* أو f_p أو n_e هي قيم صغيرة؛ فقد أظهر العلم الحديث أنها ليست كذلك. لذا فإن الحُجج المتبقِّية حول كون قيمة N قيمةً شديدة الصغر تَعتمِد على الحدود f_l، وf_i، وf_c، وL. ومن الواضح أنه بينما نُطوِّر القُدرة على اكتشاف البصمات الحيوية في الأغلفة الجوية للكواكب الخارجية، سيكون الحد f_l هو العامل التالي الذي سيَنتقِل من قائمة «المجهولات المعروفة» إلى قائمة «المعروفات المعروفة». سيترك لنا هذا الأسئلة الأصعب بلا إجابة، وهي الأسئلة حول ماهية الذكاء الحقيقية، وكيف ينشأ، وكيف تُطوِّر الأنواع الذكية التكنولوجيا، وما الذي تَفعلُه بها حين تمتلكها. تُعَدُّ جميع وجهات النظَر حول هذه الأسئلة قيِّمة؛ لأنَّنا بحاجةٍ لفهمها جيدًا كي نَعرف عمَّ نبحث. لكني أُرجِّح أنَّنا لن نحصل على إجاباتٍ محدَّدة حتى نلتقي فعليًّا ببعض الكائنات غير الأرضية.

خلال هذه المناقشة، ضع في اعتبارك أننا أثناء محاولتنا لحلِّ مفارقة فيرمي، فإننا نبحث في الواقع عن طُرق لإبطال أيٍّ من مُقدِّماتها؛ وذلك كي يختفي التعارُض المنطقي وتبدو الأمور منطقيةً مرة أخرى. في هذه الحالة، فإن المقدمات التي تبدو سليمة هي:

(١) مما نعرفه عن الفيزياء الفلكية وعلم الأحياء، لا بد أنَّ هناك الكثير من الحضارات خارج كوكب الأرض في مجرتنا.

(٢) حتى الآن، لا بدَّ أن هذه الحضارات كان أمامها الكثير من الوقت للتوسُّع في جميع أنحاء مجرَّتنا، وزيارة كل نظامٍ كوكبي أو التواصُل معه.

(٣) لا شيء مما رأينا حتى الآن مُؤهَّل بثِقَة أن يُعَدَّ إشارة أو أثرًا من أصل ذكي خارج كوكب الأرض.

لا بد أن تكون مُقدمة أو أكثر من هذه المُقدمات خاطئة، نحن على يقينٍ من ذلك. لذا دعونا نُلقِ نظرة على المحاوَلات المُتنوِّعة لاكتشاف ثغراتها.

ندرة الحياة (f_l قيمة صغيرة)

لفترة طويلة، كانت إحدى الطرق المعقولة لحلِّ مُفارقة فيرمي تُرجِّح عدم شيوع الكواكب المناسبة للحياة، لا سيما الكواكب الصغيرة، والصخرية، والغنية بالمعادن مثل كوكب الأرض في شبابه. ولكن بفضل البيانات الواردة من تلسكوب كيبلر والتلسكوبات الأخرى، نعلم الآن أن هذا ليس صحيحًا. لقد تمكَّنا من قياس نصف قُطر ما يَقرُب من ثلاثة آلاف كوكب من الكواكب الخارجية المعروفة البالغ عددها أربعة آلاف، ووجدنا أن نحو ثُلثِها يُمثل عوالم صخرية بنِصف قُطر أقل من ضعف نصف قطر الأرض.[4]

وماذا عن المياه؟ عالم صخري مِن دُون مياه لن يكون مكانًا رائعًا للحياة. لم يكن علماء الجيولوجيا مُتأكِّدين لفترةٍ طويلة من مصدر مياه الأرض وممَّا إذا كانت العمَلية التي جلبتها هنا فريدة من نوعها أم أنه يُمكن تكرارها بسهولةٍ في أنظمةٍ أخرى. والآن هم مُتأكِّدون تمامًا من أن مياه الأرض جاءت من الكُويكبات والكواكب المُصغَّرة التي كانت موجودة في النظام الشمسي المبكر أو ربما من المذنَّبات الناشئة في حزام كايبر، وهو عبارة عن حلقة مُنتشرة من الكويكبات خارج مدار نبتون. وقد اكتُشفَت هياكل مشابهة لحزام كايبر حول العديد من النجوم الأخرى. لذا فإن فكرة أن الكواكب الداخلية الصَّخرية تكون جافة عادة ليست طريقةً جيدة لحلِّ المفارقة.[5]

السؤال التالي هو كم عدد الكواكب التي تدور في المناطق الصالحة للعيش حول نجومها؛ أي تلك البُقَع اللطيفة حيث يُذوِّب إشعاع النجم أي جليد مائي ولكنَّه لا يَتسبَّب في وصول المياه إلى درجة الغليان. كلما اتسعَت هذه المنطقة، كان ذلك أنسب للحياة، خاصَّة لأنَّ المنطقة تتحرَّك للخارج عندما تتقدَّم أعمار النجوم وتُصبح أكثر سخونةً وإشراقًا. أشارت نماذج حاسوبية طُوِّرت في سبعينيات القرن العشرين إلى أن هذه المناطق

ضيقة جدًّا وأنه بالنِّسبة للعديد من أنواع النجوم، لا يُمكن «لأي كوكب» أن يبقى داخل المنطقة لفترةٍ كافية لتطوُّر الحياة عليه.[6] لكن في عام ٢٠١٣، أكَّد الباحثون الذين يستخدمون بيانات تلسكوب كيبلر أن ٢٢ بالمائة من النجوم الشبيهة بالشمس لها كواكب في حجم الأرض في مناطقها الصالحة للعيش.[7] وكما يُوضِّح النظام «ترابيست-١»، فإنَّه حتى المناطق الضيقة الصالحة للعيش يُمكن أن تضمَّ عدة كواكب. لذا فمِن المُحتمل أن تكون مليارات الكواكب في مجرَّتنا في مناطق نجومها الصالحة للعيش باستمرار.

إذن فحتى الآن، يبدو نظامنا الشمسي عاديًّا جدًّا، ولا يُوجَد ما يفسر سبب كون الحياة المُعقدة استثناءً على الأرض. هنا يأتي دور عالم الجيولوجيا بيتر وارد والفلكي دونالد براونلي، الأستاذَين بجامعة واشنطن في سياتل. أحدثَ الكتاب الذي نشراه عام ٢٠٠٠ بعنوان «الأرض النادرة: لماذا لا تشيع الحياة المعقدة في الكون» موجات صدمة في مجتمعَي عِلم الأحياء الفلكية والبحث عن ذكاء خارج الأرض. صاغ الكتاب حُجة مُتقَنة، وموثوقة، ومُقنِعة بأننا نحن البشر ما كنا لنُصبح هنا لولا وجود مجموعة استثنائية — ربما لا تتكرَّر — من الظروف.

إذن فحتى الآن، يبدو نظامنا الشمسي عاديًّا جدًّا، ولا يُوجَد ما يُفسر سبب كون الحياة المعقَّدة استثناءً على الأرض.

الأرض لها صفائح تكتونية: درسٌ سريع في الجيولوجيا: يُرسِل الحِمل الحراري في الوشاح العلوي، الذي يشغله الجزء الداخلي المُشِع من الكوكب، صهارة إلى مراكز الانتشار في قشرة المحيط، ما يدفع صفائح المحيط للخارج باستمرار. ترتفع حواف الصفائح القارية الأخف وزنًا فوق هذه الأحزمة الناقلة العملاقة فيما تتراجَع الحواف الأمامية للصفائح المُحيطية لتغوص في الوشاح. تتكوَّن مناطق الاندساس الغنية بالبراكين عند التداخُلات. تُشكِّل الصفائح التكتونية أهمية للحياة؛ لأنها تعمل بشكلٍ غير مباشر كمُنظِّم حرارة (ثيرموستات) للغلاف الجوي. تساعد تجوية الصخور، حيث يتَّحد الكالسيوم مع ثاني أكسيد الكربون الحابس للحَرارة في الهواء لتكوين كربونات الكالسيوم، لضمان عدم وصول الغلاف الجوي لدرجات حرارة عالية للغاية أبدًا. بينما يأخُذ النشاط البركاني في مناطق الاندساس كربونات الكالسيوم القديم في قاع البحر ويُعيد تدويره، مما ينتج عنه إطلاق صخور سطحية غنية بالكالسيوم وكذلك ثاني أكسيد الكربون، وهو ما يضمن

عدم وصول الغلاف الجوي لدرجات حرارة مُنخفِضة للغاية أبدًا. رجَّح وارد وبراونلي أنه على كوكبٍ ليس به صفائح تكتونية، سيكون من الأصعب بكثيرٍ الحفاظ على مناخ مُستقِر نسبيًّا كالذي ساعد في نشأة حياة معقَّدة على الأرض.[8]

الأرض لها قمر كبير وقريب: يَعمل القمر على استقرار ميل دوَران الأرض بالنِّسبة إلى مستوى النظام الشَّمسي عن طريق مُوازَنة قوة سحب الجاذبية من الشمس والمشتري. وبدون التأثير المُلطف للقمر، من المُحتمل أن يتغيَّر ميل الأرض تغيرًا كبيرًا على مقياسٍ زمني يُقدَّر بمئات آلاف السنين إلى ملايين السنين (كما يحدُث مع ميل كوكب المريخ)، ممَّا يتسبَّب في اضطرابات مناخية هائلة بصورة مُنتظمة، وهو ما يجعل نشأة حياة معقَّدة، مرةً أخرى، احتمالًا صعبًا للغاية.

الأرض يَحميها المُشتري: ربما ساعدت جاذبية هذا الكوكب العملاق، الواقع على الحدود بين النظام الشمسي الداخلي والخارجي، في تخليص المنطقة الداخلية من مُعظم الكويكبات والكواكب الصغيرة التي كانت تدور في أرجائها في النظام الشمسي المبكر. إننا نعلم مقدار الضرر الذي سببه كويكب واحد عندما تسبَّب في نشأة فوهة تشيكشولوب البالغ عرضها ١٥ كيلومترًا قبل ٦٥ مليون سنة؛ فقد كان يومًا سيئًا للديناصورات. من شأن أي كوكب صخري داخلي يواجِه هجمات مستمرة من مثل هذه الأجرام أن يكون مكانًا غير مُلائم لنشأة حياة مُتقدِّمة.

الأرض يجاورها المريخ: أصبح الكوكب المُجاور لنا مباشرة ملائمًا للحياة قبل الأرض بفَضل مياهه السائلة والحماية التي يُوفِّرها غلافه الجويُّ السميك. (وللأسف لم يبقَ على هذا النحو.) ونحن نعلم أن التأثيرات الكبيرة تُثير في بعض الأحيان حطام المريخ، والذي يَهبط بعضه في نهاية المطاف على الأرض. من الوارد أن تكون الحياة الميكروبية قد بدأت على المريخ ثم انتقلت إلى هنا أو حتى إنه كانت ثمة صلة عادية بين الأرض والمريخ عملت بمثابة قارب نجاة لميكروبات الأرض في فترة أو أكثر من تاريخ نظامنا الشمسي.[9]

بناءً على كل هذه العوامل مُجتمعة، يبدو أن الحياة المعقَّدة قد ظهَرَت على الأرض بفضل «مجموعة من الظروف السعيدة للغاية التي لا يُمكن توقُّع شُيوعها على كواكب أخرى»، بحسب تعبير وارد وبراونلي قبل ٢٠ عامًا.[10] وقد توقعا أننا في رحلاتنا المستقبلية في أرجاء المجرة قد نجد العديد من العوالم التي تُئوي الميكروبات، ولكنَّنا لن نجد أيًّا منها يُئوي حيوانات، ناهيك عن أن يُئوي علماء في مجال الفلك الراديوي. لم يَشرع وارد وبراونلي في حلِّ مُفارقة فيرمي، غير أنهما كانا يواجهان عن قصد بالفعل أحد المبادئ

التقليدية في مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض، والقائل بأنه بمُجرد ظهور الحياة على كوكب من الكواكب، فإنها تتطوَّر تطورًا شبه حتمي نحو شكلٍ أكثر تعقيدًا. يقول المؤلِّفان: «إذا كانت فرضية الأرض النادِرة صحيحة، فمن الواضح إذن أن [البحث عن ذكاء خارج الأرض] هو جهد لا طائلَ من ورائه.»[11]

أثار كتاب وارد وبراونلي نقاشًا عنيفًا ومزدهرًا داخل مجتمعَي علم الأحياء الفلكية والبحث عن ذكاء خارج الأرض. تنقسم الحُجَج المُتعارضة إلى مجموعتَين رئيسيتَين. تُعارض المجموعة الأولى التفاصيل العِلمية الخاصة التي تُسهم في الفرضية. على سبيل المثال، لسنا مُتأكِّدين من كيفية بدء تكوُّن الصفائح التكتونية على الأرض؛ ومن ثمَّ لا يُمكننا تحديد مدى شيوع الظاهرة أو عدم شيوعها على الكواكب الخارجية. قد لا يكون النشاط البركاني في مناطق الاندساس الآلية الوحيدة للحفاظ على مستويات غازات الدفيئة تحت السيطرة. كما تُشير عمليات المُحاكاة الحاسوبية الحديثة إلى أن كوكب المشتري لا يُمثل درعًا جيدةً للغاية؛ فقد يُرسِل إلينا في الواقع «المزيد» من الكويكبات والمذنَّبات. وغير ذلك من التفاصيل العلمية.

أما الحُجَج المضادة للمجموعة الأخرى فهي أكثر فلسفية. يُمكن النظر إلى تفسير الأرض النادرة — الذي يقول بأننا لن نحصل على حياة معقَّدة كالتي على الأرض سوى عندما تكون الظروف مُماثلة تمامًا لتلك التي على الأرض — باعتباره حالةً من حالات الاستدلال الدائري أو على أقل تقدير الذي لا يُمكن تصوره. حذَّر تقرير المجلس القومي الأمريكي للبحوث المذكور في الفصل الثالث ممَّا أسماه «التمحور حول الأرض» وحث الباحثين على «بذل جهد واعٍ لتوسيع أفكارنا حول الأماكن التي يُمكن أن تُوجَد بها الحياة والأشكال التي قد تتَّخِذها».[12] رجَّح عالم الفلك ديفيد جيه دارلينج في عام ٢٠٠١ أنَّ وارد وبراونلي كانا في واقع الأمر يَرويان قصة عن عالَمِنا «نحن»، ولا يُقدمان فرضية عن عوالم «أخرى». كتب دارلينج: «ليس المُهم هو ما إذا كان هناك أي شيءٍ مُميز في الأرض أم لا؛ فسيتَّضح أن ثمة شيئًا فريدًا لكلِّ كوكب في الفضاء. وإنَّما المُهم هو ما إذا كانت أيٌّ من ظروف الأرض ليست مُميزة فحسب، ولكنها أيضًا ضرورية لنشأة حياةٍ معقَّدة. لم نرَ شيئًا حتى الآن يُشير إلى ذلك.»[13]

أم أنَّنا قد رأينا بالفعل؟ من السهل انتقاد تفاصيل فكرة الأرض النادرة، غير أنَّ هناك وجهات نظر أخرى قد تُرجع المرء إلى استنتاج أن قيمة f_l صغيرة أو — على نحوٍ يدعو للإحباط بالقَدر نفسه — أنه بمجرَّد أن تبدأ الحياة في مكان مُعين، فإنها لا تستمرُّ

طويلًا بما يكفي لتطوُّرها إلى أشكالٍ معقَّدة. نحن نعلم، على سبيل المثال، أن الحياة ظهرت على الأرض بمجرَّد أن سمحت الظروف بذلك، قبل ما لا يقلُّ عن ٣٫٨ مليار سنة. لدَينا فَهم مُتزايد لآلية عمل الحياة، ولكننا ما زلنا لا نستطيع تحديد كيف بدأت. ويَبدو أن هذا قد حدث مرةً واحدةً فقط؛ فلم نجد أيَّ دليلٍ على وجود «مُحيط حيوي خفي» لحياةٍ غير قائمة على الحمض النووي على الأرض. ولكي نتمكَّن من الهندسة العكسية للعملية من نقطة الصفر، سنظلُّ نَفتقِر إلى طريقة الحكم على احتمالية أو عدم احتمالية وجود مثل تلك الحياة على كواكب أخرى. لذا يُحتمَل أن يكون التولُّد التلقائي هنا على الأرض مجرد صدفةٍ خارقة، وأنه لن يكون أيُّ كوكبٍ آخر محظوظًا بهذا القدر.

وثمَّة المزيد من العقبات على الطريق من f_l إلى f_i. كانت الأرض لما يُقدَّر بنحو مليارَي سنة بعد التولد التلقائي تسودُها الكائنات الحية المجهرية الوحيدة الخلية (بدائيات النوى). نشأت الكائنات الحية المتعدِّدة الخلايا (حقيقيات النوى) في مكانٍ ما قبل نحو ١٫٢ إلى ١٫٦ مليار سنة. ثم «سبحت» في كل مكان لمدة مليار سنة أخرى مُؤدِّيةً عمليات حقيقيات النوى البسيطة، من تناول بدائيات النوى، وتناول بعضها بعضًا، وإنتاج الأكسجين. وأخيرًا، قبل ٥٤٠ مليون سنة كان هناك ما يكفي من الأكسجين في الماء والهواء لإمداد الحيوانات بأشكال أجسامٍ أكبر وأكثر تعقيدًا. حدَثَت تقريبًا كل الأشياء المُثيرة للاهتمام في عملية التطور (دون التقليل من قيمة علماء البكتيريا المَعنيين) في ذلك الثُّمن الأخير من تاريخ الكوكب.

إذن، أحد الحلول المُمكنة لمفارقة فيرمي هو أن القفزة التي حدثت من بدائيات النوى إلى حقيقيات النوى كانت صعبة للغاية لدرجة أنها لا تَحدُث على معظم الكواكب. هذا أحد السيناريوهات التي تندرج تحت ما يُسمَّى بفرضية المرشِح العظيم المُبكِّر، التي تعني أنه يمكن لإحدى خطوات التطور — على الرغم من أننا لا نعرفها تحديدًا — أن تكون غير مُحتملة إلى حدٍّ كبير.[14]

ويرتبط بهذا فكرة أن نظامنا الشمسي يتميَّز بنوع خاص من محركات التطوُّر، والذي حافظ على استمرار الأنواع أو حتى قام بتحفيزه في لحظاتٍ حاسمة مُعينة. في عام ١٩٨٦، أطلق الفيزيائي جون كريمر على هذه الظاهرة اسم «مضخَّة التطور». كان يستمدُّ أفكاره من الأفكار الجديدة آنذاك، التي تقول بما يلي (١) يبدو أن التطور يستمرُّ على فترات متقطعة، يتخلَّلها فترات طويلة من الركود — نظرية «التوازن النقطي» الأكثر ارتباطًا بعالم الحفريات القديمة ستيفن جاي جولد — و(٢) أن كوارث مثل ارتطامات

الكويكبات يُمكنها أن تتسبَّب في انقراضات جماعية، مما يفتح مجالًا بيئيًّا مُلائمًا لأنواع جديدة. تكهَّن كريمر أنه ربما يؤدي توازٍ دوريٌّ للكواكب في مداراتها إلى إخراج أجرام من حزام الكويكبات وإرسالها في وابلٍ على الأرض. لا يَحدُث هذا كثيرًا لدرجة أنه يَقضي على أنواعٍ واعدة، ولكنَّه لا يحدُث أيضًا على فتراتٍ شديدة التباعُد لدرجةٍ تجعل التطوُّر يعود إلى وتيرتِه البطيئة المُعتادة. كتب كريمر يقول: «ذلك هو تفسيري للصمت العظيم: لم يتواصَل معنا جنس أقدم لأننا بالفعل الجنس الأقدم. لقد تصادَفَ أننا تطوَّرنا على كوكبٍ يُحفز التطوُّر للتقدُّم أسرع من أي مكانٍ آخر في الكون تقريبًا.»[15]

ندرة الذكاء (f_i قيمة صغيرة)

اعتمد كريمر على الكويكبات وغيرها من الأجرام القاتلة الآتية من الفضاء باعتبارها طريقةً لتفسير السبب وراء أن التطوُّر أدَّى إلى ظهور الذكاء على الأرض. وعلى النقيض من ذلك، اعتمد علماء آخرون على الكوارث لتفسير السبب في أن التطور لم يُؤدِّ إلى ظهور الذكاء في أماكن أخرى.

إنَّ الكون مكان خطير؛ هذا أمر لا جدال فيه. يجب أن تتصارَع الحياة مع كوارث على نطاق كوكبي مثل ارتطامات الكويكبات، والاندلاعات البركانية الهائلة، والعُصور الجليدية العالَمية، وجموح تأثير الاحتباس الحراري، كما حدَث على كوكب الزهرة. وعلى رأس هذه المِحَن الكوكبية، ثمة مخاطر فيما بين النجوم مثل المُستعرات العُظمى، وانفجارات أشعة جاما، والثقوب السوداء المتناثرة. تقول إحدى المدارس الفكرية إن النوع الأخير من الكوارث أكثر تواترًا في المجرة مما نُدرك تمام الإدراك نحن الأرضيِّين الذين لطالَما فررنا أو نجونا منها حتى يومنا هذا. واقتباسًا من مُلخَّص ميلان تشيركوفيتش لهذا الموقف: «إن السلسلة التطورية المؤدية إلى ظهور كائنات ذكية تَنقطِع بانتظام، ولا تنشأ أنواع مُتقدِّمة تكنولوجيًّا سوى من خلال استثناء غريب.»[16]

لا تُوجد طريقة تستند إلى الدليل لدحض مثل هذه الحُجَج. وللحُكم على ما إذا كانت تفسيرًا جيدًا لمُفارقة فيرمي، سيكون علينا أن نُراقب السماء وأن نُدخل التحسينات على تقديراتنا للمخاطر الحقيقية لأحداث نهاية العالم، مثل انفجارات أشعة جاما. (يُعَد انفجار أشعة جاما حدثًا مُرعبًا حقًّا تَنثر فيه مُستعرات عُظمى داخلية الانفجار أشعةً مُعَقِّمة في الأنظمة المحيطة؛ ويُعتقد أن أحد تلك الانفجارات قد يكون السبب وراء الانقراض الأوردفيشي قبل ٤٥٠ مليون سنة. وإذا كانت مُتكرِّرة إلى حدٍّ ما، فربما تفسر سبب كونِنا

وحدَنا وتجعلنا نخاف على مستقبلنا). ومِن وجهة نظري الشخصية، فإنَّ الشيء الوحيد المُريب بعض الشيء في الحُلول التي تَعتمِد على الكوارث هو «أننا نكون دائمًا الناجين الوحيدِين على نحوٍ استثنائي». ومرة أخرى، كي نقبل هذه التفسيرات علينا أن نقبل بوجود شيءٍ شديد التميز أو شديد الحظ يتعلَّق بالأرض. وبالنسبة إلى شخص غارق في الكوبرنيكية، لا يبدو هذا صحيحًا.

ومرة أخرى، من المُحتمل أن يُعزى هذا الشعور إلى شكلٍ مختلف من مركزية الإنسان التي يُطلِق عليها العلماء «التأثير الانتقائي للراصد». هذا ما يَحدُث عندما تدَع طريقة تقييمك للأدلَّة تتأثر بحقيقة «وجودك» عند جمع الأدلة. على سبيل المثال، لا يعني مجرد أن البشرية قد وصلت إلى هذا الحدِّ الذي وصلت إليه أنه يُمكننا الاستدلال على أن مخاطر أي كارثة كوكبية أو مجرِّية لا بد أنها ستكون خفيفة. وبالمِثل، لا يُمكننا لمجرَّد كوننا أذكياء أن نستنتج أن الذكاء بالضرورة أمر شائع في كون.

يُعَد التأثير الانتقائي للراصد شكلًا مُهمًّا من أشكال التحيُّز المعرفي، وسيأتي مرةً أخرى في هذا الفصل. ولكنه قد يكون سيفًا ذا حدَّين. أفترض أنه يصعب الاعتماد عليه في فرضية الأرض النادرة، على سبيل المثال، حيث تُعتبر الأرض النموذج الأوَّلي لجميع الكواكب التي تسكُنها الحيوانات. لذلك بينما نَمضي قُدُمًا في المزيد من التفسيرات للصمت العظيم، سنحتاج إلى أن نبقى على حذَر من جميع أشكال التفكير المُتمركز حول الإنسان، سواء أكنَّا ننظُر إلى نصف الكوب الفارغ أو نصف الكوب المُمتلئ.

من التسرُّع في الواقع افتراض أن الذكاء أمر واسع الانتشار في الكون في حين أنه ليست لدينا فكرة كبيرة عن ماهيته أو تحديدًا عن سبب امتلاكنا لقَدرٍ كبيرٍ منه. عاشت أنواع أخرى، مثل ديدان الأرض والبكتيريا الخضراء المُزرقة، لفتراتٍ أطول بكثير من البشر وانتشرت بالقدر نفسه في جميع أنحاء الكوكب دون أن تتعلَّم إجراء العمليات الرياضية أو كتابة المسرحيات. وهذا دون أن نتطرَّق حتَّى إلى الوعي، الذي يبدو أنه سمةٌ مُنبثقة من الأدمغة المعقَّدة، ولكننا لم نستطِعْ تفسيرَه بعدُ أو محاكاته، والذي له علاقة غير واضحة بالذكاء وربما كان بمثابة تتويجٍ له. (لقد قيل إن الوعي ليس شرطًا أساسيًّا للبقاء على قيد الحياة، وأنه حتى الكائنات الحية المعقَّدة يُمكنها التحرُّك «بذكاء» في محيطاتها دون أن تكون واعية).

هذا هو السبب وراء وجود فئةٍ كاملة من التفسيرات لمفارقة فيرمي التي تقول بأن الذكاء والوعي مجرد حظ، أو أن هناك نوعًا من الانتقاء الذي يَمنع الكائنات الحية من

التطوُّر إلى ما يتجاوز مستوًى مُعينًا من الذكاء. قد تكون أقوى حُجَّة لوجهة النظر هذه هي أنه حتى خلال السنوات البالِغ عددها ٥٤٠ مليون سنة من التَّجارِب البرية لمُختلف الحيوانات، لم يُنتِج التطوُّر على الأرض إلا نوعًا واحدًا يُمكنه أن يطرح سؤال: «هل نحن وحدَنا في الكون؟». (بالطبع، كانت هناك أنواع أخرى من جنس «الهومو» (الإنسان) التي ربما طرَحَت السؤال، مثل «الهومو نياندرتال» و«الهومو دينيسوفا»، ولكن يبدو أن «الهومو سابينس» (الإنسان العاقل) قد قضى عليها بالمنافسة والتهجين بين الأنواع). ربما من السهل الوصول إلى مُستوى ذكاء الكلاب أو حتى القِرَدة، غير أن تعلُّم كيفية التحدث، ومن ثمَّ نَقل التعلُّم والثقافة في مجموعاتٍ هي خطوة يَستعصي بلوغها. أو ربما يكون الذكاء سمةً سريعةَ الزوال؛ أي إنَّ الأنواع تَمتلكه ما دام يُوفر قيمةً تكيفية، ولكنه يصبح بعد ذلك غير ضروري أو حتى غير قادر على التكيف.[17]

أو ربما تُصبح العديد من الأنواع ذكيةً وتُطوِّر لغةً، ولكنَّها لا تستمر في تطوُّرها ولا تخترع أبدًا علمًا، أي طريقة منهجية تَكفُل لها تقليل الخطأ فيما تَعتقِده بشأن العالَم. تبدو الثورة العِلمية التي أشعلها مُفكرون شجعان مثل كوبرنيكوس خطوة معقولة ومفيدة بداهةً عند النظر إلى الوراء، ولكنها كانت بعيدةً كل البُعد عن كونها أمرًا حتميًّا. يقترح ستيفن جرينبلات في كتابه «الانعطاف» أنها لم تكن لتحدُث على الإطلاق إن لم يكن بوجيو براتشيوليني قد استعاد مخطوطة لوكريتيوس «عن طبيعة الأشياء». تلك نظرية مَرِحة، ولكنها تُذكِّرنا بأن التاريخ البشري مليء بالمصادفات العجيبة. من منظور التقويم الكوني — وهو أداة لحكاية قصة الكون أشاعها كارل ساجان تضغط عُمر الكون البالغ ١٣,٨ مليار سنة ماضية في ٣٦٥ يومًا — فإن عمر العلم بأكمله منذ جاليليو يأتي في اللحظة الأخيرة من يوم ٣١ ديسمبر. لذا قد يكون من عدم الحكمة أن نَفترِض أن الأنواع الواعية على الكواكب الأخرى ستكون قد قضت زمانها بالطريقة نفسها.

ندرة التكنولوجيا (f_c قيمة صغيرة)

تبني العديد من الأنواع الأرضية أشياءَ (النحل، الدبابير، النمل الأبيض، طيور التعريشة، القنادس) أو تستخدِم الأشياء الموجودة في بيئاتها كأدوات (ثعالب الماء، الشمبانزي). شاهَدَ الباحثون الغربان وهي تُشكِّل العصيَّ في صورة خطافات، وحتى إنها تُجمِّع عدة أجزاء منها لتصنَع أداة.[18] غير أن البشر وحدَهم هم مَن يَتعاونون لتحسين الأدوات بمرور الوقت.

في وقتٍ ما من القرن التاسع عشر، توصَّلنا إلى صيغةٍ لِفعل ذلك بمعدلٍ مُتسارع، ويبدو اليوم أن التقدُّم التكنولوجي المُتسارع يكاد يكون طبيعيًّا. لكنه بالطبع من الناحية التاريخية بعيد كلَّ البُعد عن كونه طبيعيًّا. استخدم النياندرتال مجموعة الأدوات الأساسية نفسها من الشفَرات الحجرية والمطارق لمدة ١٢٠ ألف سنة مع القليل من الابتكار طوال ذلك الوقت. لذلك مِن المُمكن بالتأكيد أن نتخيَّل وجود كواكب يَصنع سُكانها الواعون الأدوات، ولكنَّهم لا يُصبحون أبدًا مُهندسين مُتحمِّسين، أو حيث يكون التحسُّن بطيئًا جدًّا لدرجةٍ لا تُؤدي أبدًا إلى اختراع الطاقة البخارية، ناهيك عن سفن الفضاء أو الاتصالات الراديوية.

وبصفتي صحفيًّا تكنولوجيًّا يعتقد أن اختراعاتنا لديها إجمالًا تأثير قوي دائم، أميل إلى الاعتقاد بأن الذكاء، واللغة، والعِلم، والهندسة حزمة شاملة؛ كلٌّ منها يُسهِّل اكتساب ما يَليها، وبمُجرَّد أن تبدأ في هذا التسلسل، تُصبح في طريقك إلى النجوم.

لكنني أعتنق هذا الرأي فقط لأنَّني نشأتُ في عصرٍ من الانتصارات التكنولوجية المُذهلة. إنه التأثير الانتقائي للراصد في تطبيقِه العمَلي. علينا أن نقبل احتمال أنه لا تُوجَد أنواع في المجرَّة حقَّقت تقدمًا أكثر ممَّا حقَّقنا أو حتى نَقبل أننا وصلنا إلى الدرجة العُليا في سُلَّم تطوُّرنا، وأنَّنا لن نُصبح أبدًا ثقافة ترتحِل بين النجوم.

من هذا المُنطلَق يقلب التفسير التالي لمفارقة فيرمي قواعد اللعبة. إنه يفترض أن قيَمَ f_l وf_i وf_c كبيرة، وأن الحضارات التكنولوجية يُمكنها أن تنشأ، وقد نشأت بالفعل ولكن عقبات أخرى تضع سقفًا لتطوُّرها.

> من المحزن أن أقول إننا ابتكَرنا في عصر ما بعد الحرب الباردة المزيد من الطرق للقَضاء على أنفسنا؛ أو على أقل تقدير إرجاع أنفسنا إلى الوراء لبضعة قرون.

انتهاء الحضارات التكنولوجية (L عمر قصير)

عندما جلس دريك وساجان وباقي أعضاء جماعة الدلافين لمُناقشة القِيَم التي ينبغي تعيينها للحدود على سبورة دريك، كان ذلك عام ١٩٦١، بالقُرب من ذروة الحرب الباردة. كان غزو خليج الخنازير قد فشل قبل بضعة أشهر. وكانت أزمة الصواريخ الكوبية قد اندلعَت قبلَ ما يقلُّ عن عام. وعندما وصلوا إلى الحد L، وهو عمر الحضارة القادِرة على

التواصُل، تحوَّلت أفكارهم بطبيعة الحال إلى الإبادة النووية. إن أيَّ نوع حقَّق تقدُّمًا بما يَكفي لاكتشاف موجات الراديو سيكون قد اكتشف أيضًا بالتأكيد مقدار الطاقة الكامنة في النوى الذَّرِّية وكيفية إطلاقها عبر سلسلة من تفاعُلات الانشطار أو الاندماج.

لا عجب أنه عندما مثَّل ساجان في وقتٍ لاحق مُعادلة دريك بالرسم في كتابه «الكون»، استخدم سحابة فِطرٍ كي يَرمُز للحد L. إليك كيف فكر في المسألة:

> يصعب استبعاد احتمال أن نُدمِّر أنفسنا غدًا. إذا افترضنا أنَّ هذه حالة نموذجية، وأن التدمير كان كليًّا لدرجةٍ لا يُحتمَل معها أن تظهَرَ حضارة تكنولوجية أخرى — من البشر أو من أيِّ نوع آخر — خلال السنوات البالغة خمسة مليارات سنة أو نحو ذلك المُتبقية قبل موت الشمس. إذن $N = N^* f_p n_e f_l f_i f_c f_L \approx 10$، وفي أي وقتٍ مُحدَّد لن يكون هناك سوى عددٍ قليل مُتناثر، حفنة يُرثى لها من الحضارات التكنولوجية في المجرة. ... من شأن الحضارات أن تستغرِق مليارات السنين في تطوُّر مُتَعَرِّج لتنهض، ثم تُهلك نفسها في لحظة إهمال لا يُغتفَر.[19]

من المحزن أن أقول إننا ابتكرنا في عصر ما بعد الحرب الباردة المزيد من الطرق للقضاء على أنفسنا؛ أو على أقلِّ تقدير إرجاع أنفسنا إلى الوراء لبِضعة قرون. فبالإضافة إلى التهديد الذي لا يَزال قائمًا للحرب النووية، ثمَّة خطر الأوبئة الخارجة عن السيطرة، الذي يُسهِّله السفر بالطائرات النفاثة والحركات المناهضة للقاحات، وخطر الإرهاب البيولوجي المُتعمَّد أو الحرب البيولوجية، وما نجلبه لأنفسنا من أضرارِ تغيُّر المناخ التراكمية، بما في ذلك الجفاف وحرائق الغابات والعواصف العنيفة وارتفاع مُستوى البحر. وعلى الجانب الأكثر غرابة، يشعر بعض المُفكِّرين بالقلق من أن تُدمرنا الآلات الفائقة الذكاء أو من فقدان السيطرة على تكنولوجيا النانو أو إحدى تَجارِب فيزياء الجسيمات التي قد تتسبَّب في إحداث فجوةٍ في الفضاء.

وتلك هي فقط التهديدات التي يُمكن أن نتخيَّلها في مُستقبلنا القريب. ماذا قد يحدُث للحضارات بمجرد أن تبدأ في المجازفة بالسفر عبر المجرَّة؟ يقول أحد الحلول لمفارقة فيرمي إن المجتمعات المَجَرِّية تنهار دائمًا لأنه لا يُمكنها العثور على مناطق جديدة أو موارد جديدة بسرعةٍ تكفي لاستمرار مواكبة النمو السكاني.[20] يقول حلٌّ آخر إنها محاصرة بالمرض أو الحالات الطبية التنكسية وأن الحال ينتهي بها إلى استخدام جميع

مواردها في الرعاية الصحية.[21] كما يقول حلٌّ آخَر إنها تموت من الملل بعد استنفادها كلَّ جديد يُمكن استكشافه.[22] ويفترض حلٌّ آخر أنها تَبني مَسابر روبوتية ذاتية التكرار للمساعدة في الاستكشاف والاستعمار، ولكن هذه المسابر يُصيبها الخلل وتقضي على صانعيها وعلى الجميع.[23]

كل هذه الأفكار من شأنها أن تُصبح قصصًا مُسلية لروايات الخيال العلمي، ولكن بالنسبة إليَّ، فإنها تعكس مخاوفنا الحالية بشكلٍ أكبر من أيِّ قوانين متوقَّعة لبناء إمبراطورية مَجَرِّية. ثمَّة حل واحد يبدو أكثر إقناعًا، وهو حلٌّ بيئي؛ وهو فكرة أن «مناخ» درب التبانة يتطوَّر بمرور الوقت، مثله مثل مناخ أي كوكب. في التاريخ المبكر للمجرة، وفقًا لهذه الفكرة، ربما كانت انفجارات أشعة جاما وغيرها من الأحداث الكارثية الأخرى أكثر شيوعًا مما هي عليه اليوم، وهو ما يُؤدي إلى القضاء بانتظام على أشكال الحياة الناشئة عبر العديد من الأنظمة النجمية. لم تدخل المجرة في حالةٍ من الهدوء سوى في عصرنا الحالي، مما يعني أننا نشهد عددًا أقل من الكوارث وعددًا أقل من عمليات إعادة البدء. لا نرى حضارات أخرى حتى الآن؛ لأنها لا تزال في بداية الطريق (وكذلك نحن). وبفضل الحظ، سيكون لدينا الوقت الكافي لاكتشاف كيفية حماية أنفسنا قبل وقوع الانفجار التالي.[24]

في جامعة أكسفورد بإنجلترا، هناك منظَّمة بأكملها — وهي معهد مُستقبل الإنسانية — مُكرَّسة لدراسة هذه الأنواع من المخاطر الوجودية. أسَّسها الفيلسوف نيك بوستروم، الذي ليس فقط من أنصار أن $N = 1$ البارزين، ولكنه أيضًا نشر كتابًا كاملًا عن التأثير الانتقائي للراصد.[25] كتب بوستروم أنه يأمُل ألا نَكتشِف ميكروباتٍ أبدًا على المريخ أو على أي كوكب آخر. فمثل هذا الاكتشاف سيكون معناه بالنسبة له أن الحياة أمر شائع، ولكن لأنه يبدو أن الحضارات ليست شائعة، فلا بد أن نستنتج أن مُعظم الحضارات تُدمِّر نفسها أو تُدمِّرها عوامل خارجية.[26]

تُعد حجة بوستروم، بدورها، نسخة من فكرة تُسمَّى «المرشح العظيم»، التي كان أول مَن اقترحها هو الاقتصادي روبن هانسون في عام ١٩٩٨. كتب هانسون أنه لأنَّ الفضاء يبدو فارغًا وميتًا، فلا بد أن يُوجَد «مُرشح عظيم بين الموت والحياة المتوسِّعة المستمرة»؛ أي لحظة شديدة الخطورة يجب أن يمرَّ خلالها أي نوع مُتقدم. بالنسبة للبشرية، فإن السؤال المُهم هو ما إذا كنا قد تجاوزنا هذا المرشح بأمانٍ في تاريخنا التطوري أم أنه لا يزال يلوح في الأفق. من منظور المرشح العظيم، سيكون من السيئ للغاية العثور على أي

دليلٍ على وجود حياة خارج كوكب الأرض؛ لأن ذلك سيكون علامة على أن التطوُّر سهَّل الحدوث (بعبارة أخرى، أن قيم f_l وf_i وf_c كبيرة) وأن أكبر تحدياتنا الوجودية لا تزال تَنتظرنا (أي إنَّ L أقصر مما قد نرغب في أن يكون). لخَّص هانسون الأمر قائلًا: «كلما كان من الأسهل أن تتطور الحياة إلى مرحلتنا الحالية، كانت فُرَصُنا المستقبلية أكثر قتامةً على الأرجح.»[27]

إنها حُجة مُثيرة للاهتمام، لكنَّها، في نظري، لا تتسم بالنضج ومفرطة في التشاؤم. أولًا، لكي تؤمن بسيناريو المرشح العظيم، عليك أن تَقبل أن الفضاء ميت وفارغ حقًّا؛ أي إن الكائنات غير الأرضية ليست فقط تبدو غير موجودة، بل إنها غير موجودة بالفعل أو نادرة الوجود للغاية. لكننا لا نستطيع أن نقول ذلك حتى الآن. هناك الكثير من المجهولات المعروفة والمجهولات المجهولة. وعليك أيضًا أن تَعتقِد أن المرشح العظيم أمر فظيع لدرجة أنه لا يُمكن لأي حضارة التنبؤ بقدومه والتغلب عليه. تلك فكرة مُحبِطَة وانهزامية. أنا أؤيد الفيزيائي ديفيد دويتش، الذي يقول: «يكاد لا يُبدع أحد في المجالات التي يتبنَّى فيها وجهة نظر تشاؤمية.»[28] والآن وقد أصبح لدينا العلم — أي طريقة موثوقة لطرح أسئلة أفضل، وجمع المزيد من المعرفة، وبناء تفسيرات أفضل، وابتكار طرق أكثر تأثيرًا للسيطرة على العالم — أصبح من المعقول الاعتقاد بأننا في مسار تصاعُدي لا يُمكن إيقافه، ولتذهب انفجارات أشعة جاما والمرشحات العُظمى إلى الجحيم.

الحضارات التكنولوجية تنمو ببطء

لكن ربما لا يكون التوسُّع حتميًّا. تتعامل الفئات الثلاث التالية من الحلول المُمكنة لمفارقة فيرمي مع المسألة بطريقةٍ مختلفة تمامًا. إنها لا تضع أية شروط لحدود معادلة دريك. وبدلًا من ذلك، فإنها تفترض أننا «لسنا» وحدنا، وتسعى لتوضيح السبب وراء أن جيراننا المُفترَضين لا يزالون غير مُكتشَفين.

تتمثَّل إحدى الطرُق في التشكيك في إحدى مُقدمات فيرمي الرئيسية، وهي فكرة أن المجرَّة كانت موجودةً لفترة طويلة بما فيه الكفاية لاستعمار حضارةٍ واحدة على الأقل لها بالكامل. عندما تُفكر في الأمر، تجد أن بناء الإمبراطوريات سمة إنسانية بالأحرى. وقد يكون هناك أنواع عديدة من الأسباب التي لا تجعل للمُجتمعات خارج كوكب الأرض دافعًا نَهِمًا للتوسُّع.

قد يكُونون نُسَّاكًا ولا يَرغبون في مُغادَرة كواكبهم أو التواصُل مع كائناتٍ ذكية أخرى.[29] ربما يكون كوكبهم، مثل كوكب الزُّهرة، غائمًا دائمًا؛ ومن ثَمَّ لم يُطوِّروا عِلم الفلك أو السفر عبر الفضاء.[30] ربما يحسبون مُسبقًا أن النمو الدائم سيكون مُكلِّفًا للغاية أو غير مُستدام.[31] أو ربما قد يُحاولون بالفِعل عبور المجرَّة، ولكنَّهم يَكتشفُون أنهم لا يملكُون الموارد أو قوة الإرادة للاستمرار.[32] (ملاحظة: أمرٌّ بإيجاز على كل هذه التفسيرات، غير أنَّ كلًّا منها قد اقترَحه باحثون جادُّون ووُصِفَ بإسهابٍ في المجلات التي تخضع لمراجعة الأقران.)

لمفهوم التوسُّع البطيء بعض الصور المُختلفة المثيرة للاهتمام. ربما يَبني كل جنس خارج كوكب الأرض مصفوفة للواقع الافتراضي ويَنغمسون فيها لدرجةٍ لا تجعل لدَيهم رغبةً في استكشاف العالم الحقيقي.[33] ربما هم سعداء بتلسكوباتهم، وقرَّروا أنهم يستطيعون اكتشاف كل ما يُريدون معرفته عن الكون من دون السفر إلى الفضاء.[34] ربما تنزلق مجتمعاتهم دائمًا في الشمولية، ويَفقدون الدافع الإبداعي أو الرأسمالي اللازم للتوسع.[35] ربما لا تزال المجرة تحتوي على تجاويف أو فجوات لم تخترقها الكائنات غير الأرضية، وربما تصادَفَ أن يكون نظامُنا الشمسي واحدًا منها.[36] تُشير عمليات المحاكاة الرياضية الحديثة إلى أن المجرَّة يمكن أن تكون مُستوطَنة بالكامل بشكلٍ أو بآخَر، غير أنها لا تزال تتناثر فيها مناطق لم تُكتَشَف لملايين السنين.[37]

أو ربما — كي نعود إلى الفكرة التي اقترَحها فيرمي بنفسِه لحلِّ المُفارقة — ثمة عدد لا بأس به من الحضارات في المجرة، ولكن كلُّ ما هُنالك أنها بعيدة لدرجة تجعل السفر إليها أو التواصُل معها أمرًا لا يستحق العناء.

قد تتساءل أين أخفق طلاب معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في تمرين معادلة دريك الذي ذكرتُه في بداية هذا الفصل. كما ذكرت، لقد خمَّنوا أنَّ $R^* = 7.5$، وأن $f_p = 1$، وأن $n_e = 0.3$، وأن $f_l = 0.25$. وقد ذهبوا إلى تقدير أن $f_i = 0.001$ (أي إن الذكاء يظهر على كوكب واحد من بين كل ألف كوكب مأهول)، وأن $f_c = 0.6$ (ستة من كل ١٠ أنواع ذكية تُطوِّر تكنولوجيا متقدمة)، وأن $L = 500$ مليون سنة. وبإدخال كل هذه القيم، كان تقديرُهم النهائي لقيمة N هي ١٦٨٧٥ حضارة قادرة على التواصُل في درب التبانة.

إذا كان هذا هو العدد التقريبي الصحيح، فقد يُساعد في توضيح سبب عدم تواصُلنا حتى الآن مع كائنات غير أرضية على الرغم من نشرنا عن غير قصد ما يُعَدُّ بطاقات اتصال — إشارات الراديو والتليفزيون الأرضية التي تتسرَّب إلى الفضاء — لأكثر من ٨٠ عامًا.

افترض أن المجرة عبارة عن أسطوانة مسطحة جدًّا نصف قُطرها ٥٠ ألف سنة ضوئية وارتفاعها ألف سنة ضوئية. سيكون حَجمُها تقريبًا ٧,٨٥ × ١٠^١٢ سنة ضوئية مكعبة. لو كان هناك ١٦٨٧٥ حضارة قادرة على التواصُل داخل ذلك الحجم، وإذا كانت موزَّعة بالتساوي (وهو على سبيل التبسيط المُفرط لأنَّ مركز المجرَّة ربما يكون غير مُلائم للحياة)، فإن مُتوسِّط المسافة بين أيِّ حضارتَين قادرتَين على التواصُل هو ٨٧٠ سنة ضوئية.[38]

نحن نعلم بوجود كوكب خارجي ضخم يُشبه الأرض يَبعُد عنا تلك المسافة بالضبط في كوكبة الدجاجة. يُسمَّى الكوكب «كيبلر-١٢٢٩ بي»، وهو عبارة عن عالَم صخري يَزيد نصفُ قُطره على نصف قُطر الأرض بنحو ١,٤، ويدور داخل المنطقة الصالحة للعيش لنَجمِه، الذي هو قزم أحمر.[39] فإذا كانت هناك حضارة على «كيبلر-١٢٢٩ بي»، وإذا كانت تلك الحضارة تَمتلِك تلسكوبًا يُمكنه تتبع الأحداث على الأرض، فإنه في هذه اللحظة من عام ٢٠٢٠ سيكون سُكَّانه يَنظُرون إلينا في عام ١١٥٠ عندهم، أي مُباشرةً بعد انتهاء الحملة الصليبية الثانية بالفشل الذريع والإذلال لملوك أوروبا المسيحيِّين. ولن تصلَ أقدم إشاراتنا التليفزيونية إليهم قبل عام ٢٨٠٦، وحتى لو استجابوا على الفور، فلن نَسمع ردَّهم قبل عام ٣٦٧٦.

وبعبارة أخرى، «الفضاء كبير»، واقتباسًا من دوجلاس آدامز: «كبير باتِّساع وضخامة وعلى نحو يذهل العقل».[40] ما لم يكن عدد الحَضارات القادرة على التواصُل في المجرَّة بعشرات الآلاف، أو تكون قد أعدَّت محطات استماع آلية، فقد لا يكون هناك ما يكفي من الوقت لوصول إشاراتنا إليها. إن ما يُسميه علماء الفيزياء «مخروطنا الضوئي المستقبلي» ببساطة لم يمتدَّ بعيدًا جدًّا. وفي مجرة مُنخفِضة الكثافة، لن تعرف هذه الحضارات الأخرى أننا هنا أو أننا مشغولون ببناء أجهزة الراديو والصواريخ والتساؤل عن الكائنات الفَضائية.

(بالطبع لا يحدُّ حجم المخروط الضوئي المُستقبَلي للأرض من الإشارات «الواردة». لا يعتمد ما إذا كان بإمكاننا الْتقاط الإشارات الراديوية أو الضوئية من الحضارات الأخرى سوى على مدى بُعدها وزمن بدء إرسالها. فعلى سبيل المثال، إذا كان هناك نظامٌ نجميٌّ مأهول يَبعُد ثلاثة آلاف سنة ضوئية، لكن الحضارات في ذلك النظام لم تبدأ في البثِّ سوى قبل ألفَي عام، فلن تكون رسائلها قد وصلَت لنا حتَّى الآن).

الحضارات التكنولوجية غير راغبة في التواصُل

من الطرق الأخرى للخروج من المُفارقة افتراض أن عدد الحضارات القادِرة على التواصُل معنا كبير ولكن العدد الذي «يختار» التواصُل معنا صغير.

> ما لم يكن عدد الحضارات القادِرة على التواصُل في المجرَّة بعشرات الآلاف، أو تكون قد أعدَّت محطات استماع آلية، فقد لا يكون هناك ما يكفي من الوقت لوصول إشاراتنا إليها.

على سبيل المثال، ربما هناك الكثير من الكائنات الفضائية، غير أنها جميعها قد تركت أنظمتها النجمية الأصلية داخل المجرة للتسكُّع في مكانٍ أكثر أمانًا وسلامًا، مثل حافة المجرة. أو ربما يكونون من البدو الرحَّل يُسافِرُون في أنحاء الفضاء بسفنٍ عالَمية يُزوِّدُونها بالوقود باستخدام سُحب الغاز الموجودة بين النجوم؛ فإذا لم يكن لديهم حاجة للكواكب، لما كانوا ليهتمُّوا بأمرنا.[41]

وإحدى أكثر الأفكار إثارةً للقلق في هذه السيناريوهات هي أن تَبقى معظم الحضارات صامتةً لعلمها بوجود قُوى خبيثة تعمل في المجرة، ولذلك لا تجرؤ على لفت الانتباه إليها.[42] يُولي العلماء انتباهًا أكبر لهذا الاحتمال الآن بفَضلِ موجة جديدة من المُقترحات لإرسال رسائل إلى الفضاء لإعاقة عمل البحث عن ذكاء خارج الأرض وحث الكائنات الفضائية على الاستجابة. (كما ذكرت في الفصل الثاني، تُسمَّى هذه العملية METI، مُراسَلة ذكاء خارج الأرض. يُطلِق عليها أحيانًا «البحث النشط عن ذكاء خارج الأرض»).

بالنسبة إلى مُعارضي هذه العملية، قد يكون الصمت العظيم بمَثابة علامةٍ على أن الرعب يسود المجرة. ومن باب الحيطة، كما يقولون، ربما يجب أن نتجنَّب الإفصاح عن وجودنا. كتب مارك بوكانان، أحد كتَّاب الأعمدة في مجلة «نيتشر فيزيكس»، عام ٢٠١٦ يقول: «يُمكن أن تكون العواقب وخيمة، لأنَّ أي حضارة ستَكتشِف وجودنا من المرجح أن تكون متقدمةً للغاية من الناحية التكنولوجية، وقد لا تميل للتعامل معنا بلطف.»[43] في الواقع، يخشى بعض العلماء من أن أيَّ شكلٍ من أشكال التواصُل مع كائنات غير أرضية من شأنه أن يعود علينا بالسوء سريعًا. حذَّر عالم الكونيات الراحل ستيفن هوكينج في أحد الأفلام الوثائقية عام ٢٠١٠، قائلًا: «إذا زارتنا الكائنات الفضائية، ستكون النتيجة مثلما حدث عندما نزل كولومبوس على أرض أمريكا، لم يكن الأمر جيدًا لسكان أمريكا الأصليين.»[44]

من الصعب تحديد الجانب المُذنِب أكثر بشأن الاستسلام للتحيزات، والمخاوف، والآمال البشرية؛ أولئك الذين يَفترضون أن الكائنات الفضائية ستكون وحوشًا إمبريالية شرِّيرة (شاهد الأفلام «حرب العوالم» («ذا وور أوف ذا ورلدز») [١٩٥٣]، «فضائي» («إليان») [١٩٧٩]، «يوم الاستقلال» («إندبندانس داي») [١٩٩٦])، أم أولئك الذين يَفترضون أنها ستُظهِر إحسانًا إلهيًّا («٢٠٠١: ملحمة الفضاء» («٢٠٠١: سبيس أوديسي»)، «لقاءات قريبة مع النوع الثالث» («كلوز إينكونترز أوف ذا ثرد كايند»)، «اتصال» («كونتاكت»)). وبدلًا من محاولة التحليل النفسي للكائنات التي لم نلتقِ بها بعدُ، علينا أن نُجري مناقشةً هادئة وعقلانية حول مزايا مراسلة ذكاء خارج الأرض مع الاستمرار في برامج الاستماع الحالية، وهو نشاطٌ يحتاج الآن إلى ما يُعرَف بالمصطلح المُركَّب نقليًّا «البحث السلبي عن ذكاء خارج الأرض».

وفي الوقت نفسه، هناك تفسيرات ذات صِلة للصمت العظيم لا تَنطوي على القدْر نفسه من التوقُّع. ربما تعرف الحضارات خارج كوكب الأرض بوجودنا، وكل ما هنالك أنها ليست مُهتمة بالقَدرِ الذي يجعلها تتواصَل معنا. في نهاية المطاف، إذا اكتشفت وجودنا، فمن المُحتمَل أن تكون مُتقدمة للغاية من الناحية التكنولوجية، فما الذي يُمكننا أن نُقدِّمه لها؟ قد تُعجبها الأديبة سيلفيا بلاث، والمُغني برنس، وطبق الباذنجان بجبن البارميزان، لكن ليس من المُحتمَل أن تحتاج إلى ألواح الأسقف أو الدراجات الكهربائية.

ثم هناك فرضية حديقة الحيوان، التي تُسمَّى أحيانًا فرضية الحظر. إنها أحد أقدم الحلول لمفارقة فيرمي وأشهرها، وقد كان أول مَن وضعها بالتفصيل العِلمي عالِم الفلك الراديوي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا جون بول في عام ١٩٧٣. إنها حُجة بالمناظرة. كتب بول يقول: «نحن لا نَبذُل دائمًا الطاقة التي نمتلكها. أحيانًا نُخصِّص مناطق برية، أو محميات، أو حدائق حيوان يُسمح فيها للأنواع الأخرى بالتطوُّر بشكل طبيعي.» إذا شعرت الكائنات خارج الأرض أننا — الأرضيين — بحاجة إلى المزيد من الوقت «للتطوُّر» قبل أن نكون مُستعدِّين للدخول في علاقاتٍ ذات مغزًى معها، فربما ستُطوقنا تمامًا قدْر الإمكان لأنه، كما قال بول: «حديقة الحيوان المثالية ... هي تلك التي لا تتفاعَل فيها المجموعات الحيوانية مع حراس الحديقة، أو تُدرك وجودهم».[45]

طرح مؤلِّفو الخيال العِلمي أفكارًا مُماثلة قبل وقتٍ كبير مِن ظهور ورقة بول البحثية. تخيل فيلم «٢٠٠١: ملحمة الفضاء»، المُقتبَس من رواية آرثر سي كلارك بعنوان «الحارس» (١٩٥١)، أن للأرض حراس حديقة حيوانٍ ترَكوا مفتاح البوابة الأمامية في

شكل عمود مونوليث مدفون على القمر. يقول «المدير الرئيسي» — الذي ذُكِر لأول مرة في إحدى حلقات مسلسل «ستار تريك» في عام ١٩٦٦ — إنه لا يُمكن لأفراد منظَّمة «ستارفليت» التدخُّل في التطور الاجتماعي للثقافات الأقل تقدمًا (إلى أن يتطوَّروا هم أنفسهم، وإلا فسيصعب التكهُّن بالعواقب).

إنها فكرة مريحة. فهي تقول إن الصمت العظيم شديد الهدوء لأنه مُصمَّم ليكون على هذا الحال. بل إنها فكرة مُغرية كذلك، على نحوٍ ما؛ لأنها تقول إنَّ الحضارة المتقدمة تعتقد أننا نستحق الحفاظ علينا بشكلنا الأصلي غير المُلوَّث. وفي نهاية المطاف، نحن نفعل الشيء نفسه عندما نحاول عزل القبائل المنقطعة عن العالم في منطقة الأمازون الكولومبية أو شمال جزيرة سينتينل.

لكن مصدر الراحة في الفِكرة هو أيضًا موطنُ ضَعفها. إذا كانت الكائنات غير الأرضية المزعومة عازمة على الاختباء منَّا، فلن نتمكَّن أبدًا من إثبات الفرضية أو دحضها إلى أن تأتي لحظة خروجنا من حديقة الحيوان. هذه أخبار سيئة للعلم الحديث الذي يتبنَّى على نطاقٍ واسع مبدأ «قابلية الدحض»، الذي قدَّمه الفيلسوف كارل بوبر في عام ١٩٥٩. يقول المبدأ إنه لكَي تُوصَف نظرية ما بأنها نظرية علمية، يجب أن تتضمَّن في ذاتها طريقة تُظهِر أنها ربما تكون خاطئة. عادةً ما يتم تجنُّب الفرضيات غير القابلة للدحض؛ لأنه لا تُوجد طريقة لتصميم تجارب لاختبارها. (على الرغم من ذلك، هناك أفكار، مثل نظرية الأوتار، تَحظى بشعبيةٍ عِلمية كبيرة على الرغم من كونها غير قابلة للاختبار بالسُّبل التكنولوجية الحالية.)

علاوة على مُشكلة قابلية الدحض، تتطلَّب فرضية حديقة الحيوان أن يتعاون «كل» مجتمع و«كل» فردٍ في «نادي المجرة» المُفترَض للحفاظ على الحجر الصحي قائمًا. إنها مشقَّة كبيرة يتعيَّن عليهم المُضي فيها، نظرًا لضخامة مخروطنا الضوئي الماضي. تخلُّ أفكار كهذه بمبدأ عدَم الحصرية، الذي يقول إنه ينبغي علينا التشكُّك تجاه السيناريوهات التي تتطلَّب مستوًى عاليًا من التوافُق للعمل عندما يكون التنوع هو القاعدة المُعتادة في الطبيعة.[46] (تنطبق الانتقادات نفسها على العديد من التفسيرات الموضحة حتى الآن.)

حلول جامحة

جميع حلول مُفارقة فيرمي التي ذكرتُها حتى الآن لها جوانبها الإيجابية والسلبية. وفي الفصل القادم والأخير، أعرض فئةً من الحلول الأكثر إقناعًا لي من بقية الحلول.

(أجل، إنَّني أحتفظ بالأفضل للنهاية). ولكن قبل المُضيِّ قدمًا، أودُّ أن أذكر المزيد من الأفكار العشوائية بهدف إكمال الطرح. جميعها قُدِّمَت كتفسيراتٍ مُحتمَلة للمفارقة، ولكنِّي أرى أنها أفكار غريبة، أو جامحة، أو غير مُرجَّحة، أو غير مُرجَّحة إلى حدٍّ كبير، أو مجرَّد غباء تام. لك الحكم عزيزي القارئ.

الأطباق الطائرة: يقول هذا الحل بخطأ مُقدمة فرضية فيرمي القائلة بأن الكائنات الفضائية لم تَزُر كوكبنا. فإن كانوا هنا بالفِعل ويذهبون ويجيئون في أنحاء الكوكب بواسطة الأجسام الطائرة غير المُحدَّدة الهوية (التي نادرًا ما يتمُّ رصدها)، فإنه لا تُوجَد مفارقة. ونظرًا إلى أنه يبدو من المستحيل الكتابة عن البحث عن ذكاء خارج الأرض دون التطرُّق لهذه المسألة، دعوني أقولها للعلن: مجرد وجود جسم مجهول الهوية لا يعني أن مَن يقوده كائنات فضائية. لا يُوجَد مثال واحد على رؤية جسم طائر غير محدَّد الهوية أو زيارة مزعومة أو حادث اختطاف من قِبَل كائنات فضائية يُمكن لعالِم موضوعي أن يستند إليه كي يصِل إلى تفسيرٍ غير أرضي قبل أن يلجأ إلى التفسيرات الأرضية أو النفسية.

لا يوجَد مثال واحد على رؤية جسم طائر غير محدَّد الهوية أو زيارة مزعومة أو حادث اختطاف من قِبَل كائنات فضائية يُمكن لعالِم موضوعي أن يستند إليه كي يصل إلى تفسيرٍ غير أرضي قبل أن يلجأ إلى التفسيرات الأرضية أو النفسية.

قِطَع أثرية فضائية: تُشبه هذه فكرة الأطباق الطائرة، باستثناء أنها تقول بزيارة الكائنات الفضائية لكوكبنا قبل آلاف السنين وأنها ساهمت في بناء الأهرامات أو في نقش خطوط نازكا في بيرو. من بين العديد من أوجُهِ القصور الأخرى، تُعدُّ هذه الفكرة إهانة لأسلافنا ولمهاراتهم الفنية والمعمارية. ولكني أُوافق على أنه يجب أن نظلَّ في حالة بحثٍ عن أجسام من أصلٍ خارج النظام الشمسي في أماكن أخرى من النظام الشمسي.

المبدأ الأنثروبي القوي: الفِكرة هنا هي أن الكون قد وجِدَ لنا وحدنا. ليس من قبل إله، بالطبع، بل بالأحرى يبدو أن جميع المعايير والثوابت المهمَّة في الفيزياء قد ضُبِطت جيدًا للسماح بظهور البشر أو، في الواقع، لاستلزام ظهورهم بصفتهم مُراقِبين واعين. هذا المبدأ في جوهره هو مبدأ التأثير الانتقائي للراصد — والذي عادةً ما يكون فخًّا — وقد تمَّ تعديله وصياغة تفسير منه.

فرضية القبة السماوية: تقول هذه الصورة المختلفة على نحوٍ خبيث من فرضية حديقة الحيوان إن المجرة تعجُّ بنشاطٍ فضائي مرئي، ولكننا غير مُدركين لذلك؛ لأن الكون الذي نراه هو عبارة عن تجسيدٍ أو وهم صُمِّمَ ليُبقينا في الظلام. ليس من الواضح ما إذا كان صاحب هذه الفكرة — وهو الإنجليزي مؤلِّف الخيال العلمي ستيفن باكستر — كان يعني ذلك بجديةٍ أم لا. فحتى هو يتَّفق على أن هذا الوهم لا يُمكن أن يبقى لفترةٍ طويلة بمجرَّد أن يشرع البشر بجدية في السفر عبر الفضاء؛ لأن «المحاكاة المثالية المطلوبة ستَتجاوز قُدرات أي صانع للواقع الافتراضي يُمكن تصوره.»[47]

فرضية المحاكاة: ماذا لو لم تكن السماء هي المحاكاة، ماذا لو كنا «نحن» المحاكاة؟ فكرة أن واقعنا بأكمله هو محاكاة لواقع افتراضي صنعَتْه كائنات غير أرضية فائقة الذكاء قدَّمها نيك بوستروم وآخرون، وقد روَّجَت لها مؤخرًا شخصيات مثل إيلون ماسك.[48] وفي رأيي أن هذه الفرضية هي مُنتَج آخر لهوسنا وقلقنا المُعاصِرَين، ومثال على توغل استعارات الخيال العلمي في الحياة اليومية. أثَّر في مواليد ثلاثينيات القرن العشرين فيلم «حرب العوالم» («ذا وور أوف ذا ورلدز»)، بينما أثَّر في مواليد جيلنا فيلم «المصفوفة» («ذا ميتريكس») (١٩٩٩).

حُجة يوم القيامة: في عام ١٩٩٣، نشر عالِم الفيزياء الفلَكية في جامعة برينستون، جيه ريتشارد جوت، ورقةً بحثية في مجلة «نيتشر» مُعلنًا بثقةٍ بنسبة ٩٥ بالمائة أن الجنس البشري سوف يَنقرِض في وقتٍ ما بعدما يَتراوح بين خمسة آلاف سنة إلى ثمانية ملايين سنة من الآن.[49] لم يكن يَملِك بلورة سحرية تُوفر له أيَّ رؤيةٍ خاصة على تطوُّر الأمور. لقد استند في تنبُّؤه إلى الفكرة التي هي على ما يبدو فكرة كوبرنيكية والقائلة بأنه إذا رأيت شيئًا ما في لحظةٍ عشوائية من الزمن، فمن غير المُحتمَل أن تكون رؤيتك له في بداية عُمره أو نهايته. في الواقع، يُمكنك بسهولة حساب ذلك؛ لأنك ربما لم تظهر في الربع الأول أو الأخير من عمر الشيء؛ فهناك فرصة نسبتها ٥٠ بالمائة أن يستمر الشيء في الوجود زمنًا يُعادل ثلث إلى ثلاثة أمثال عمره الحالي. أتاح هذا الحساب لجوت التنبؤ في عام ١٩٦٩ بأنَّ ثمَّة احتمالية بنسبة ٥٠ بالمائة لتهدُّم جدار برلين بحلول عام ١٩٩٣، وفي الواقع، كما نعلم، فقد سقط الجدار في عام ١٩٨٩. تقول الحسابات نفسها إن هناك احتمالًا بنسبة ٩٥ بالمائة أن يستمر الشيء المرصود (الإنسانية، في حالة ورقة مجلة «نيتشر» البحثية) من واحد على ٣٩ إلى ٣٩ مرة أخرى من عمره الحالي، ومن هنا جاء تقديره بين خمسة آلاف إلى ثمانية ملايين سنة. وبتطبيق المنطق نفسه على البحث عن ذكاء خارج الأرض

وجماعات الكائنات الفَضائية، خلص جوت إلى أنه لا يُمكن أن تُوجَد أي حَضارات تُغطي المجرة بأكملها أو حتى العديد من الحضارات بعدد سكانٍ أكبر من حضارتنا؛ لأنه إذا كان هناك حضارات كهذه، فالأرجح أنك أنت نفسك (الراصد العشوائي) ستكون فردًا من أفراد تلك الحضارات. كانت حساباته بسيطة ويصعب دحضها، ولكن من الصعب أيضًا تقبُّلها. وأحد الأسباب وراء ذلك هو أننا لا نَعرف ما إذا كنَّا في موضع الراصد العشوائي أم لا.[50]

العيش في فقاعتنا الصغيرة: تنشأ هذه الفكرة من نظرية التضخُّم في عِلم الكونيات التي تتنبَّأ بأن الرُّقعة الزمكانية التي نَعيش فيها عبارة عن «كون فقاعي» نشأ كتقلُّب صغير في الفراغ وأن هناك عددًا لا نهائيًّا من الأكوان الفقاعية الأخرى التي يتعذَّر الوصول إليها من كوننا. إذا كانت فكرة «تعدُّد الأكوان» هذه صحيحة، فسيكون هناك عدد لا حصر له من الأكوان التي يُوجَد في كل منها حضارة واحدة مُتقدمة فقط، وعدد لا نهائي ولكنه أقل من الأكوان التي يُوجَد في كلٍّ منها حضارتان أو أكثر من الحضارات المتقدمة، وعدد لا نهائي ولكنه أكبر بكثير من الأكوان التي لا يُوجَد بها أيُّ حضارات مُتقدمة. من منظور تعدُّد الأكوان، فإن احتمال وجودنا في أحد الأكوان الفقاعية التي بها أكثر من حضارة متقدِّمة واحدة هو صفر في الأساس؛ فالأرجح كثيرًا أنَّنا في كون ليس به سوى حضارة واحدة (نحن). هل هذا مزيد من خداع الرياضيات؟ ربما.[51]

التَبَذُّر الشَّامِل أو البانسبيرميا: لقد ذكرت بالفِعل فكرة أن الحياة الموجودة على كوكب الأرض قد بدأت في الأساس على كوكب المريخ. هذه الفِكرة هي صيغة محدودة من فكرة التَّبَذر الشَّامِل، وهي النَّظرية القائلة بأن التولُّد التلقائي حدث في مكانٍ ما غير الأرض وأن الحياة وصلَت إلى هنا بعد السفر عبر الفضاء، ربما برعاية سلالة قديمة من ناثِري بذور الكواكب. إنه حلٌّ بديهي لمفارقة فيرمي من حيث إنه يقول «إنَّ الكائنات الفضائية موجودة، وهي نحن». لكنه لا يقول أيَّ شيءٍ عن فُرَص وجود كائنات في عوالم أخرى. حتى إنه لا يُجيب عن سؤال كيف بدأت الحياة؛ كل ما هنالك أنه يدفعه خطوة للخلف.

الثقوب السوداء: في هذا السيناريو، لا نرى أي حَضارات خارج الأرض؛ لأنها جميعًا تعيش بالقُرب من ثقوبٍ سوداء أو حتى داخلها. في هذه المناطق، يكون كلٌّ من المكان والزمان والطاقة والمادة مضغوطة، ما يجعل الحساب وغيرها من العمَليات أسرع وأسهل من الناحية النظرية.[52]

التسامي: يقول هذا الحلُّ إننا لا نرى كائنات غير أرضية لأنها تطوَّرت إلى شكلٍ لا يُمكننا أن نُدركه أو نفهمه. قد تكون ذات طبيعة ما بعدَ بيولوجية، وقد حمَّلت عقولها على أجهزة كمبيوتر، بأسلوب التفرُّد. في الواقع، سيكونون كالآلهة. إنه مفهوم كامن في التصوُّف. ربما تكون الكائنات الفضائية التي تقدَّمت غير مُهتمة بنا وغير مفهومة «لنا»، لذلك لست متأكدًا من أنه علينا تضمينها في مجموعة الكائنات التي نُحاول اكتشافها. إلى جوار التسامي، يُوجَد اقتراح عملاق الخيال العلمي البولندي ستانيسواف لِم القائل بأن الحضارات القديمة جدًّا تَمتزِج في الخلفية، بالمعنى الحرفي. إذ تُصبح تكنولوجياتها غير قابلةٍ للتمييز عن الطبيعة، و«نعتبرها عملياتٍ لقوانين الفيزياء»،[53] على حدِّ تعبير تشيركوفيتش. إنها فكرة تُذهِل العقل، لكني لا أعرف كيف يُمكننا اختبارها، ما لم نُصادف بعض العلامات الواضحة لأمور اصطناعية داخل الواقع، مثل رسمٍ تخطيطي لدائرة كاملة مُدمجة في أرقام العدد باي (وهي فكرة تظهر في نهاية رواية «اتصال»).

على أقل تقدير، تُمثل مجموعة الأفكار الواردة في هذا الفصل عرضًا للخيال البشَري. يُمكننا التفكير في عدة طرق تُؤدي لنتيجة مفادها أننا وحدَنا في هذا الكون.

تستمر جهود البحث عن ذكاء خارج الأرض في العودة خالية الوفاض، وربما يَظهر أن أحدَ هذه التفسيرات في النهاية هو التفسير الأقوى. أو قد يتَّحد عدد قليل منها؛ فقد يكون وجود الذكاء نادرًا كما اعتقَدَ فيرمي، «إضافة إلى» أن التوسُّع بين النَّجمي قد يكون أمرًا صعبًا كما اعتقد.

الطريقة الوحيدة السهلة للخُروج من المفارقة هي التقاط إشارة من خارج كوكب الأرض أو الكشف عن أثرٍ من مصدر خارجه. حينها سنُواجه مجموعةً مختلفة من الأسئلة، حول ما إذا كنا سنُنشئ منظومة تَواصُلٍ ثُنائية الاتجاه وحول كيفية فعل ذلك. لكن على الأقل ستَنتهي عُزلتنا.

آمُل أن يكون قد اتَّضح في هذه المرحلة من الكتاب أن أكبر الشُّكوك حول وجود كائنات غير أرضية لم تَعُد الشكوك الفيزيائية بشأن ما إذا كان هناك ما يَكفي من الأماكن الصالحة للعيش لتطور كائنات ذكية أخرى أم لا، أو ما إذا كانت الحياة تتَّسم بالصلابة والإبداع الكافيين لانتشارها في أنحاء الكون. ملأ علماء الفلك وعلماء الأحياء الفلَكية أجزاءً كبيرة من تلك الصورة في العقدَين إلى الثلاثة عقود الماضية. وقد يكون من السابق لأوانه رفْض فرضية الأرض النادِرة، لكن جميع المؤشِّرات تدعو إلى التفاؤل. تتمحوَر التفسيرات

المُتبقية للصمت العظيم حول مسائل أسهل مثل كيفية تطوُّر الإدراك، وما يستلزِمه الأمر كي يُصبح أحد الأنواع متطلعًا لما هو خارج كوكبه ويمكنه العمل على تحقيق أحلامه للسفر بين النجوم، وما هي الحواجز السياسية، أو الاقتصادية، أو البيئية، التي قد تقف في طريق نموٍّ المجتمع على المدى الطويل للغاية، وكيف يُحتمَل أن نتواصَل مع كائنات مختلفة عنَّا تمامًا.

إذا امتدَّ خيالنا إلى التفكير في الطريقة التي ربما تتعامل بها المجتمعات المتقدمة مع هذه المسائل؛ فذلك لأننا لم نحلَّها نحن البشر أنفسنا.

الفصل الخامس

الانضمام إلى المحادثة

العلم يحبُّ الشذوذ؛ أي البيانات التي لا تَتناسب مع النظرية السائدة. ويمكن للتركيز على هذا الشذوذ أن يكون فرصة لـ (أ) تأكيد النظرية السائدة من خلال اكتشاف شيءٍ جديد يُفسر هذا الشذوذ ولكنه لا يزال يَتناسب مع النظرية، أو (ب) مراجعة أو تجاهل النظرية والتوصُّل إلى شيءٍ مختلف يُناسب البيانات القديمة والبيانات الجديدة «معًا». وفي كلتا الحالتَين، يعود الأمر بالمجد والنجاح. ولكن أحيانًا يتعثر العلماء في (أ)؛ إذ يبذلون كل شيء للدفاع عن النظرية القائمة، ونسيان أمر (ب)؛ لأنهم ليسوا مُستعدِّين للوصول بتفكيرهم إلى هذا الحد.

في أربعينيات وخمسينيات القرن التاسع عشر، منحت الطبيعة علماء الفلك مظهرَين من مظاهر الشذوذ الرائعة. فلم يكن أورانوس أو عُطارد في المكان الدقيق الذي كان مفترضًا أن يكونا فيه وفقًا لتنبُّؤات ميكانيكا المدارات النيوتونية.

كانت المشكلة مع كوكب أورانوس هي أنه في بعض النقاط في مداره يبدو أنه يسبق الموقع المتوقَّع وفقًا للجداول الفلَكية، لكنه في وقتٍ لاحقٍ يتأخَّر عن تلك المواقع. وفي عام ١٨٤٥، حسبَ عالِم الفلك الإنجليزي جون كوش آدامز وعالِم الرياضيات الفرنسي أوربان لوفيرييه، كلٌّ على حِدَة، أنه لا بدَّ أن هناك كوكبًا آخَر وراء أورانوس يَخلُق جذبُهُ دفعةً طفيفة عندما كان أورانوس يقترب منه وسحبةً طفيفة بعد مروره بعيدًا عنه.

أثبتت حسابات لوفيرييه أنها أكثر دقةً من حسابات آدامز. ووجَّه عالم الفلك الألماني يوهان جوتفريد جال تلسكوبه في الاتجاه الذي أشار به لوفيرييه، وهنالك كان كوكب نبتون. وبسبب اكتشافه الكوكب الجديد، «بالورقة والقلم» على حدِّ تعبير زميله فرانسوا أراجو، حصل لوفيرييه على وسام كوبلي من الجمعية الفلَكية الملَكية عام ١٨٤٦.

مدفوعًا بهذا الانتصار، عمل لوفيرييه على حسابات كوكب عُطارد. يَمتلك الكوكب الأقرب للشمس مدارًا إهليلجيًّا للغاية، وتتقدَّم نقطة أقرب اقتراب له من الشمس — الحضيض الشمسي — أو «تسبق» قليلًا مع كل تمايل، بحيث يَتبع مدار عطارد بمرور الوقت مسارًا شبيهًا ببتلات الأقحوان أو نمط سبيروجراف. يَتناسب هذا النمط مع الديناميكيات النيوتونية. كان الجزء الشاذ في الأمر أن مدار عطارد يتقدَّم أسرع بمُعدَّل مرتَين مما تنبَّأت به صيغ نيوتن. وفي عام ١٨٥٩، افترض لوفيرييه — تطبيقًا للأفكار نفسها التي استخدمها في اكتشاف كوكب نبتون — أنه لا بد أن هناك كوكبًا غير مُكتشَف داخل مدار عطارد يسحب عطارد ببراعةٍ إلى الأمام. سمَّى هذا الكوكب دون أن يراه فولكان، باسم إله النار الروماني.

أشعلت ورقة لوفيرييه سباقًا لاكتشاف الكوكب المزعوم الجديد. لكن تبيَّن أن فولكان كان أقلَّ تعاونًا من نبتون. فعلى مدار العقود الأربعة التالية، راقب العديد من علماء الفلك الأجسام المارة عبر سطح الشمس أو المتلصِّصة بجوارها خلال الكسوف الشمسي الكُلي. سادت الإنذارات الكاذبة، لكن لم تَثبُت أيٌّ من مُشاهداتهم على الإطلاق.[1]

وأخيرًا، في عام ١٩١٥، نشر ألبرت أينشتاين نظرية النِّسبية العامة. وقد قلبَت النظرية المفهوم النيوتني القديم للجاذبية رأسًا على عقب وقدَّمت توقُّعاتٍ تتطابَق تمامًا مع المسار المُلاحَظ لعطارد دون الحاجة لاكتشاف أيِّ كواكب جديدة. تبيَّن أن الاختلاف بين الحسابات النيوتونية والأينشتينية يَكمن في النسيج المُنحني للزمكان، الذي تسحبه كتلة الشمس حتى مع حركة عطارد والكواكب الأخرى عبر ذلك النسيج. كان لوفيرييه عبقريًّا، لكنه لم يكن أينشتاين.

عندما نُفكر في الكائنات غير الأرضية وكيفية اكتشافها، فمِن الذكاء أخذ قصة فولكان في الاعتبار كتحذير.

إن الشذوذ، في حالة البحث عن ذكاء خارج الأرض، هو مُفارقة فيرمي. الكائنات الفضائية غير موجودة على الرغم من توقُّع النظرية ضرورة وجودها.

كان لوفيرييه عبقريًّا، لكنه لم يكن أينشتاين.

ولحلِّ هذا الشذوذ، لجأ مجتمع البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض إلى أدواتهم المُفضلة والمألوفة، وهي التلسكوبات الراديوية والبصرية. وجَّهوها للبحث عن إشاراتٍ على التردُّدات التي يعتقدون أن الكائنات غير الأرضية ستختارها إن أرادُوا لفْت انتباهنا.

عند هذه المرحلة، كانوا قد أمضَوا وقتًا أطول في الاستماع إلى هذه التردُّدات ممَّا قضاه علماء الفلك في القرن التاسع عشر في البحث عن كوكب فولكان، ولم تكن استراتيجيتُهم أكثر نجاحًا. كان هناك عددٌ قليل من اللحظات التي تُشبه لحظة اكتشاف إشارة «واو!»، ولكن لم يُثبَت وجود أيِّ إشارةٍ فضائية عند التحقُّق.

ما الذي يجب علينا فعله الآن؟ هل نستنتِج أن الكائنات غير الأرضية هي أمر خيالي مِثلها في ذلك مثل كوكب فولكان؟ بالتأكيد لا. هل نظلُّ نأخذ عيناتٍ من المحيط بكأسٍ واحدة في كل مرة؟ هل نبحث عن طريقةٍ جديدة؟ أم نُعيد النظر في النظرية السائدة؟

يجب أن تكون الإجابة مزيجًا من هذه الخيارات، وأن تُنقَّح بتواضُع جديد أمام منظورنا المحدود ووعينا بما تُسمِّيه لجنة علم الأحياء الفلَكية التابعة للمجلس القومي الأمريكي للبحوث «التمحور حول الأرض».

مع قرب نهاية هذا الكتاب القصير، أدرس احتمالية «أننا لا نَنظُر إلى المسألة بالطريقة الصحيحة». وتمامًا مثلما كان على أينشتاين أن يذهب أبعدَ ممَّا ذهب إليه نيوتن ليُفسِّر حركة عطارد، ربما نحتاج إلى ابتكار أفكارٍ جديدة أفضل حول طرق تفكير الكائنات غير الأرضية قبل أن نتمكَّن من التواصُل معها.

من ناحية، لا جدال في حُجة جيل تارتر القائلة بأنه من السابق جدًّا لأوانه التخلِّي عن البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، في حين أننا لم نَدرُس بعدُ سوى جزءٍ من النجوم في جزء صغير من التردُّدات الممكنة. وما لم تكن المجرة مُشبَعة بالحضارات، ومن الواضح أن الحال ليس كذلك، فربما كلُّ ما علينا فعله هو أن نبحث لبعض الوقت. إن حقيقة استمرار البحث السَّلبي عن ذكاءٍ خارج الأرض من الأساس في الولايات المتحدة بعد فترةٍ طويلة من حظر الكونجرس للتمويل الحكومي للبحث يُمثل شهادةً على صبر الإنسان الخارق وسَعَة حيلة أشخاص مثل دريك وتارتر وشوستاك وهورويتز.

ومن ناحية أخرى، ليس من الأنانية أن نأمُل في أن يُحقِّق البحث نجاحًا فعليًّا في حياتنا. حتى المُعجبون الشغوفون بالبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض يجب عليهم التفكير في احتمالية أن المشروع بأكمله يَخضع لقُدراتنا التكنولوجية وطُرق تفكيرنا الحالية. ومثل

السكران الذي يبحث عن مفاتيحه المفقودة تحت ضوء مصابيح الشارع، فنحن لا نبحث سوى في الأماكن التي نعرف كيف نبحث فيها.

ماذا لو كانت علامات وجود كائناتٍ غير أرضية في كل مكانٍ حولَنا، ولم نتمكَّن من التعرُّف عليها؟ هذا ما أسميتُه في نهاية الفصل الثاني بفكرة «الكوب الخاطئ». إنها أيضًا مقدمة لمجموعةٍ نهائية من حلول مفارقة فيرمي. لقد احتفظتُ بها للنهاية لأنني أعتقدُ أنها الأكثر إثارةً وتحفيزًا وربما الأكثر إنتاجية.

إشارة وضجيج

إحدى تنويعات فكرة الكوب الخاطئ هي احتمال أن يكون الطَّيف الراديوي هو المكان المناسِب للاستماع إلى رسائل مُرسَلة عن عمدٍ من كائنات غير أرضية، لكن علماء الفلك ركزوا كثيرًا في وقتٍ مُبكِّر جدًّا على قنواتٍ «سحرية» مزعومة مثل خطِّ الهيدروجين. ربما تُوجَد تردُّدات مثيرة للاهتمام لم نأخذها في الاعتبار. ربما كان علينا النظر في تردُّداتٍ أعلى أو أدنى أو البحث عن طرقٍ لفحص تريليونات القنوات عبر الطيف الراديوي بأكمله. أو ربما كانت الكائنات الفضائية غير مُهتمة بالقنوات على الإطلاق، ويستخدمون شيئًا مماثلًا لتكنولوجيا النطاق الفائق العرض، حيث تُنقَل نبضات فائقة الصغر عبر نطاقٍ واسع من التردُّدات.

من التفسيرات الأخرى أننا نتوقَّع الكثير من أصدقاء المراسلة المُفترَضين. على سبيل المثال، ربما لا يعرفون أن غلافنا الجوي يمتصُّ موجات الراديو، وأن نطاقًا معينًا فحسب من التردُّدات يُمكنه التسلل عبره؛ ومن ثم فليس لديهم سبب مُحدد لإرسال رسائلهم ضمن «إطار الموجات الدقيقة» الأرضي. أو ربما كانوا يُرسلون رسائلهم بقوة أقل بكثيرٍ مما قد نأمُله.

في كلتا الحالتَين، قد نحتاج إلى التفكير في بناء تلسكوبات أكبر أو مصفوفات أكبر وأكثر توزيعًا لزيادة خط الأساس لقياس التداخُل. أو ربما نحتاج إلى اتِّخاذ خطواتٍ جِذرية لتقليل الضجيج في الخلفية، عن طريق وَضعِ تلسكوبات راديوية في مدارٍ أو على الجانب الآخر من القمر، على سبيل المثال. ورغم ذلك، فإن مجرَّد بناء مُعدات أفضل يُعدُّ «المزيد من الشيء نفسه»، الأمر الذي لم يُفلح حتى الآن.

من الأفكار الأخرى للعثور على كائناتٍ خارج الأرض صرفُ النظر عن فكرة الإشارات الضوئية واستراق السَّمع لمُحاولة العثور عليها وهي تتواصَل بعضها مع بعضٍ، بالطريقة

نفسها التي من شأن أيِّ حضارةٍ فضائية أن تستخدِمها لالتقاط تسريباتنا الراديوية والتليفزيونية. لكن ما لم تكن جهات البثِّ الفضائية مُسرفةً في إشاراتها مثلنا، فمن المشكوك فيه أننا سنَلتقِط إشاراتها باعتبارها إشارات اصطناعية.[2] يقول ستيفن ويب: «أظهر الفيزيائيون أنه إذا أُرسِلَت رسالة كهرومغناطيسيًّا وتمَّ ترميزها بأقصى كفاءة، فإن المُراقب الذي يَجهل مُخطط الترميز سيتعذَّر عليه تمييز الرسالة عن إشعاع جسم أسود.»[3] إشعاع الجسم الأسود هو الحرارة المُنبعثة من جميع الأجسام عند درجة حرارة أعلى من الصفر المُطلَق. إذا كانت الكائنات غير الأرضية تتمتَّع بهذا القدْر من الكفاءة، فلن يكون لدَينا أمل في سماعها.

ولصياغة المسألة بصيغةٍ أكثر عمومية، فإنَّنا لسنا مُتأكِّدين من أننا سنُميِّز الإشارات القادمة من كائنات غير أرضية «باعتبارها» إشارات. يَفترض الباحثون الذين يعملون في البحث عن ذكاء خارج الأرض في إطاره التقليدي دائمًا أن الإرسال الراديوي من الكائنات الفضائية سيتَّخذ شكلًا واضحًا بشكلٍ صارخ، مثل تسلسل من الأعداد الأولية تُبَث على تردُّد خط الهيدروجين، ١٤٢٠ ميجاهرتز، أو مُضاعفاته. لكن ربما لا تسعى الكائنات الفضائية للوضوح. أو ربما تتجاوَز فكرتها عن الوضوح حساباتنا بقرنٍ أو قرنَين.

> لسْنا متأكِّدين من أننا سنُميِّز الإشارات القادمة من كائناتٍ غير أرضية «باعتبارها» إشارات.

وعلى المنوال نفسه، من المُمكن أن تكون الحضارات خارج كوكب الأرض تبثُّ رسائلها باستخدام أساليب قد لا نعرف أنها وسائل للاتصال حتى. كمثال مُبالغٍ فيه، دعنا ننظر في الموجات الثقالية. لقرنٍ كامل بعد أن تنبَّأ أينشتاين بالموجات الثقالية، لم يكن الفيزيائيون متأكِّدين من وجودها، أو من كيفية اكتشافها إن كانت موجودة. ثم في عام ٢٠١٥، التقطت تجربة مرصد الموجات الثقالية بالتداخُل الليزري LIGO التموج الناتج في الزمكان بفعل اندماج ثُقبَين أسودَين في مجرة بعيدة، وهو الاكتشاف الذي بدأ حقبةً جديدة من علم فلك الموجات الثقالية.

حضرتُ محاضرة في جامعة هارفارد في عام ٢٠١٨، اقترح فيها ماريك أبراموفيتش، عالم الفيزياء الفلكية بجامعة جوتنبرج، أن إحدى الطرق التي لا يمكن أن نُخطئها والتي يُمكن أن تستخدِمها حضارة مُتقدِّمة خارج الأرض لإرسال إشارةٍ تُعلن بها عن وجودها

ستكون بناء نوع مِن فنارات الموجات الثقالية. كان اقتراحه كما يلي: خلق ثُقبٍ أسود اصطناعي بكتلة كوكب المُشتري ووضعه في المدار الدائري الأكثر استقرارًا حول منطقة الرامي *A، الثقب الأسود الهائل في مركز مجرتنا. قدَّر أبراموفيتش أن كاشفًا كمرصد الموجات الثقالية بالتداخُل الليزري سوف يتمكَّن من استشعار الموجات الثقالية التي يُنتجها هذا النظام. وإذا لم يتدهور مدار الثقب الأسود الأصغر على مدى فترة تتراوح بين سنةٍ وخمس سنوات — مما يعني أن الكائنات الفضائية قد وجَدَت مصدرًا للطاقة يمنعها من السقوط في منطقة الرامي *A — فإننا سنَعرِف بالتأكيد أن الجسم اصطناعي.[4]

على حدٍّ علمي، لم يُستخدَم مرصد الموجات الثقالية بالتداخُل الليزري حتى الآن لهذا النوع من أنواع البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض، وأعتقد أن حديث أبراموفيتش يُقصَد به الإثارة وليس تقديم اقتراح جاد. كانت النتيجة المُستخلَصة في رأيي أنه ربما تُوجَد طرق للتواصُل أكثر مما نحلُم به في فلسفتنا. ربما يمكن استخدام النيوترينوات، أو جسيمات التشابُك الكمِّي، أو التكيونات لتشفير المعلومات ونقلها عبر المسافات بين النجوم. لا أحد يستطيع الجَزم بعد؛ وما تلك سوى المجهولات «المعروفة».

رسالة في زجاجة

من القناعات الأخرى في مجال البحث التقليدي عن ذكاءٍ خارج الأرض أنه من غير المرجَّح أن تأتي الكائنات الفضائية إلى هنا بنفسِها بينما من الأرخص والأسرع بكثيرٍ أن تتواصَل باستخدام موجات الراديو أو ضوء الليزر. وبطريقةٍ ما، يبدو هذا الافتراض طبيعيًّا أكثر من أي وقتٍ مضى. يبدو أن حركتنا تقلُّ مع الوقت في عصر الإنترنت، وسرعان ما نتخلَّى عن الوسائط المادية مثل الأقراص المضغوطة، وأقراص الفيديو الرقمية، وأقراص الأشعة الزرقاء («بلو راي») لصالح تقنية النطاق العريض الواسعة الانتشار والوسائط المُتدفِّقة.

لكن فلتُلقِ بقرص فيديو رقمي بذاكرة الوصول العشوائية عبر الغرفة، وستكون بذلك قد نقلتَ حجم بياناتٍ أكبر بمعدل ٢٥٠ مرة مما تنقلُه تقنية النطاق العريض المنزلية.[5] هذه الفكرة هي ما يُطلِق عليه الباحثون في مجال الشبكات اسم «الشبكة المتسلِّلة»، وقد تكون طريقة لا بأس بها لإرسال الرسائل بين النجوم. وأحيانًا لا يُوجَد بديل عن الذهاب الفِعلي إلى مكانٍ ما أو على الأقل إرسال وكيل آلي. لقد كان علينا إرسال عشرات روَّاد الفَضاء إلى سطح القمر للعثور على الصخور التي أثبتَت نظرية الاصطدام العِملاق الذي نتَجَ عنه تشكُّل القمر. وقبل أن يطأ روَّاد الفضاء كوكبَ المريخ بوقتٍ طويل،

كشفت وكالة ناسا عن ألغازٍ عميقة حول تاريخ الكوكب عن طريق إرسال المركبات الجوالة «سوجورنر»، و«سبيريت»، و«أوبورتيونيتي»، و«كيوريوسيتي» كي تجوب أرجاء سطحِه الذي كان مغمورًا في السابق بالمياه.

ماذا لو لم تكن الكائنات الفضائية مقيَّدة بافتراضاتنا حول الاقتصاد؟ هل يُمكن أن تَبني مسابر فيزيائية تتوزَّع في العديد من الأنظِمة التي يُحتمَل أن تكون مأهولة؟[6] وإذا فعلت ذلك، فهل سنَعرف ما الذي نبحث عنه؟ ربما لا. في الواقع، من المُمكن أن يكون أحد تلك المسابر قد مرَّ بنا في عام ٢٠١٧، ولكنَّنا لم نَلحظْه حتى فوات الأوان.

إنني أتحدَّث هنا عن «أوموامووا»، ذلك الزائر بحجم ناطحة السحاب الذي أتى من نظامٍ نَجمي آخر ومرَّ داخل مدار عطارد في أوائل سبتمبر عام ٢٠١٧ ثم طار على بُعد ٣٣ مليون كيلومتر من الأرض (نحو ٨٥ ضعف المسافة إلى القمر) في السابع من أكتوبر تقريبًا.

لاحَظَ علماء الفلك «أوموامووا» بعد ١٢ يومًا من تحليقِه حول الأرض حين كان مُتوجهًا بالفعل للعودة إلى الفضاء السحيق. رصدَه تلسكوب المسح البانورامي ونظام الاستجابة السريعة («بان-ستارز»)، وهو منشأة في هاواي بُنيَت لاكتشاف الكويكبات التي قد تَصطدِم بالأرض.

ومن المُثير للاهتمام أن «أوموامووا» لم يَسلُك المسار المعتاد للكويكبات. لفَتَ آفي لوب، رئيس قسم علم الفلك بجامعة هارفارد، الانتباه إلى صفاته الغريبة في ورقة عِلمية ومنشور على إحدى المدوَّنات في نوفمبر عام ٢٠١٨.[7]

أولًا، رجَّح لوب أن «أوموامووا» ما كان ينبغي أن يُوجد على الإطلاق. فإذا كان كويكبًا، ووصل بصدفةٍ عشوائية، فإن ثمة شيئًا خاطئًا تمامًا في نماذجِنا الخاصة بكيفية طرد الكويكبات الكبيرة من أنظمتنا ومدى وَفرتِها في الفضاء بين النَّجمي. ثانيًا، أشارت حركة الجِسم إلى أنه كان في حالة سكونٍ بالنِّسبة لمتوسِّط دوران النجوم المحلية في أنحاء درب التبانة. بعبارة أخرى، لقد مرَرْنا بـ «أوموامووا»، وليس العكس، كما لو كان قد وُضِع في الفضاء كعوَّامة ثابتة. ثالثًا، بناءً على طريقة التزايُد والتناقُص المُستمرَّين للضوء المنعكس من «أوموامووا» أثناء حركته، فلا بد أنه شديد الانبساط والتمدُّد وأنه مكوَّن من شيء أكثر سطوعًا من الصخور والجليد. وأخيرًا، أثناء استدارته حول الشمس، اكتسب سُرعةً أكبر من تلك التي من المفترَض أن يكتسبها بفعل الجاذِبية وحدَها. تكتسب المذنبات أحيانًا سرعةً زائدة من إطلاق الغازات، لكن «أوموامووا» لم يَبدُ أنه تَنبعِث منه أي غازات.

كل حالات الشذوذ هذه مُجتمعة قادَت لوب إلى التكهُّن بأن السرعة الزائدة كانت تأتي مِن ضغطِ الإشعاع الشمسي — الزخم الذي تَحملُه الفوتونات من الشمس — وأن «أوموامُوا» هو في الواقع شراعُ ضوءٍ اصطناعي. وقد اقترح أنه ربما نُسيَ باعتبارِه حطامًا أو ربما تُركَ لنا لنَجدَه.

شراع الضوء هو بالضبط كما يُوحي اسمه؛ طائرة ورقية مصنوعة من مرآة رفيعة وكبيرة جدًّا تسحب حمولة عبر الفضاء باستخدام ضغط ضوء النجوم أو ضوء الليزر. وقد استخدمنا تلك التكنولوجيا بالفعل؛ كان للمركبة الفَضائية الشراعية التي تَسير بطاقة الأشعَّة الشمسية بين الكواكب (IKAROS) التي أطلقتها اليابان شراعٌ شمسي مساحته ١٤ مترًا في ١٤ مترًا يسحبها إلى كوكب الزهرة في عام ٢٠١٠. تَقترِح مبادرة «بريك ثرو ستارشوت» — بدعم من يوري ميلنر — استخدام الأشرعة الضوئية التي تعمل بالليزر الأرضي لتسريع «مركبة نانوية» صغيرة إلى خُمس سرعة الضوء، ممَّا يَسمح لها بالوصول إلى نجم رجل القنطور في غضون ٢٠ عامًا فقط. يُشير لوب، الذي يعمل مُستشارًا لمشروع «ستارشوت»، إلى أنَّ الأشرعة الضوئية ستكون أيضًا وسيلةً فعَّالة لنَقلِ حُمولاتٍ أكبر فيما بين الكواكب أو النجوم؛ ومن ثمَّ قد لا يكون من المُستغرَب أن نجد شراعًا قديمًا منها مُتجولًا في الفضاء.

[تكهن] لوب ... أن «أوموامُوا» هو في الواقع شراعُ ضوء اصطناعي. وقد اقترح أنه ربما نُسيَ باعتباره حطامًا أو ربما تُركَ لنا لنجدَه.

لاقت ورقة لوب انتقادات على «تويتر» من الزملاء الذين شعَرُوا بإمكانية وجود تفسيرات أبسط لسلوك «أوموامُوا». ولكن في المقابلات الصحفية، لم يبدُ لوب مُستعدًّا للاعتذار:

> في رأيي أنه حتى مناقَشة مسألة وجودهم [الكائنات الفضائية] لا يُعَد جريمة. لأنه إذا نظرنا إلى تاريخ العلم، نجد أن جاليليو جاليلي قد رجَّح أن الأرض هي التي تدور حول الشمس وقد وُضِع تحت الإقامة الجبرية لقوله بذلك. وهذا بالطبع لم يُغير الحقائق. لا يهمُّ ما يُقال على «تويتر». الأمر هو ما هو عليه، أليس كذلك؟ ... لا أرى أنَّ الكائنات غير الأرضية أمرٌ أكثر غرابة من المادة المُظلِمة أو الأبعاد الإضافية. بل أرى أنَّ الأمر على العكس من ذلك.[8]

بحلول وقتِ اكتشافِ «أوموامواا»، كان من الصعب للغاية على علماء الفلك الْتقاط الصور التي من شأنها أن تَحسم المسألة. ولكن قد يكون من المُمكِن اللحاق بالجِسم الغريب. تُقيِّم منظمة بريطانية غير ربحية تُسمَّى مُبادَرة الدراسات بين النجمية جدوى إرسال بعثة تستغرق ما لا يَتجاوز الخمس سنوات للوصول إلى «أوموامواا» باستخدام مسار بالقُرب من المُشتري. سيتمثَّل التحدِّي في هذه الخطة في إبطاء المركبة بمجرَّد وصولها إلى هناك كي يُمكنها دراسة الجسم على مهَل.[9]

وبالنِّسبة إلى لوب، فالشيء المُهم هو الاستعداد للزائر القادم. يُشير لوب إلى أن تلسكوب المسح الشامل الكبير في تشيلي، المقرَّر تشغيله على الإنترنت في عام ٢٠٢٣، سيكون أكثر دقَّة بكثيرٍ من «بان-ستارز» ومن المُفترَض أن يكون قادرًا على رؤية أجسامٍ شبيهة بـ «أوموامواا» قبل وقتٍ طويل من وصولها إلى نظامنا. صرح لوب لمجلة هاآرتس قائلًا: «بالتأكيد سنرى الكثير من الأجسام الأخرى القادمة من خارج النظام الشمسي. ثم سنَكتشِف ما إذا كان «أوموامواا» حالة شاذَّة أم لا. ... من المُمكن أن يكون الفراغ مملوءًا بأشرعةٍ كهذه ولكنَّنا فقط لا نراها.»[10]

بحر شاسع

لنكن واضحين: الأرجح هو أن «أوموامواا» جسم طبيعي. إذا أرسلنا مسبارًا لزيارته، فعلى الأقل سنَعرِف شيئًا جديدًا عن الكويكبات والمذنَّبات ومساراتها الغريبة. وإذا تبيَّنت صحة تخمين لوب الشجاع، فسيكون ذلك أحد أعظم الاكتشافات العِلمية على الإطلاق. بيت القصيد هو أن دراسة الشذوذ هي ما يدفعنا إلى الأمام.

وبعد أن ظللتَ معي إلى هذا الحد، عزيزي القارئ، فأنت تستحق أن تعرف رأيي في الشذوذ المذكور في مُنتصَف هذا الكتاب، وهو مفارقة فيرمي. لماذا يبدو أننا وحدَنا في الكون؟ لا يُمكن أن يكون هذا لأنَّنا «بالفعل» وحدنا؛ فالمجرة شاسعة جدًّا على أن تكون هذه هي الإجابة، وبمجرَّد أن تبدأ الحياة، فإنها تكون مُبدعة وعنيدة للغاية. التفسير المفضَّل لديَّ هو مزيج من العديد من الأفكار التي تناوَلناها على مدار هذا الكتاب.

أولًا، عدم اكتشاف البحث عن ذكاء خارج الأرض لشيء حتَّى الآن هو في حدِّ ذاته نتيجة من نوعٍ ما. فهو يُخبرنا أنه ربما لا تُوجَد أي حضارات ممتدَّة عبر المجرة (ما أطلق عليه كارداشيف النوع الثالث من الحضارات) وأنه لا تُوجَد أي حضارات على مسافةِ

بضع عشرات من السنوات الضوئية منا تهتمُّ بالرد بطريقةٍ واضحة على الإشارات التي نُرسلها منذ ٨٠ عامًا في شكل بثٍّ راديوي وتليفزيوني.

لذا، إذا كانت هناك «بالفعل» حضارات خارج كوكب الأرض، فإما أنها (أ) تُوجد بعيدًا جدًّا عن بثِّنا بحيث لا يُمكنها الوصول إليه، أو (ب) غير مُهتمَّة بإرسال رسالة يُمكننا التعرُّف عليها، أو (ج) بعيدة جدًّا إضافة إلى أنها تَتبع طريقةً لا يُمكننا فهمها في الوقت نفسه.

إذا كان السيناريو (أ) صحيحًا وكانت أقرب الأنظمة المأهولة ببساطةٍ بعيدةً للغاية؛ بحيث لا يُمكن لأخبارنا أن تصِلها، فإن ذلك يُشكل حُجة على أن المجرة قليلة السكان؛ أي إن المجرة تَحتوي على عشرات أو مئات الحضارات غير الأرضية، ولكن بالتأكيد ليس الملايين. يبدو هذا التفسير معقولًا. فالحياة المعقَّدة تبدو فريدة، والتكنولوجيا تبدو أكثر تفردًا؛ لكننا لا نعرف «مدى هذا التفرد». والنجوم بعيدة جدًّا، مما يجعل التجارة والتواصُل صعبَين في أحسن الأحوال.

ورغم ذلك، إذا كانت هناك حضارة واحدة دامت طويلًا في مكانٍ آخر من مجرَّة درب التبانة، فلا يزال علينا أن نطرح أسئلة فيرمي الأصلية: لماذا «لم» تَنتشِر تلك الحضارة عبر المجرَّة بأكملها؟ لماذا لا نرى أفرادها أو مُعداتها؟

هنا ألجأ إلى عِلم الأحياء، والاقتصاد، والفيزياء. إنَّ أجسامنا البشرية الفانية المرتبطة بالأرض ليست مخلوقة لتحمُّل رحلات الفضاء الطويلة. فلكَي نُغادِر نظامنا الشمسي، سنحتاج إلى بناء سفن جيلية محميَّة بشدة من الإشعاعات، أو تطوير نوع من الحياة المعلَّقة، أو هندسة سلالة جديدة من البشر أكثر تحمُّلًا، أو ربما تحميل عقولنا في أجهزة آلية. لماذا نتوقَّع أن تقوم أي حضارة أخرى بمِثل هذه الرحلة الشاقة والمُكلِّفة ما لم تكن ذات أهمية هائلة؟ وحتى إن قررت الكائنات غير الأرضية أن تسافر بنفسِها، فمن الصعب تخيُّل السبب الذي يجعل نظامنا الشمسي وجهةً مُقنعة لها. فعلى كل حال، إننا لم نُعلن عن وجودنا منذ فترة كافية تسمح لأحدٍ بالوصول إلينا بسرعات دون سرعة الضوء (وهي السُّرعات الوحيدة المُمكنة).

لا تُسئ فهمي؛ فأنا أعتقد أنه إذا تجاوَزْنا هذا القرن وأسَّسنا لنا مَوطئ قدم في أماكن مثل القمر، والمريخ، وحزام الكويكبات، والقمر أوروبا، فسنُصبح في النهاية مُستكشِفين بين النجوم. ولكن في أي مُستقبل قريب، يجب أن تكون رحلاتنا إلى الأنظمة النَّجمية الأخرى فائقة الدقة. (فيما بعد المُستقبل القريب، تُصبح التوقعات بلا معنى بالطبع.) إن

التوسُّع من أجل التوسُّع — الاستيلاء على الأراضي، أو الموارد، أو العمل بالسخرة — هو، كما آمُل، علامة على ماضينا الاستعماري على كوكبٍ محدود. وتوقع ذلك من حضارات أخرى يجعلنا نبدو وكأنَّنا نُعاني من شكلٍ ضيِّق الأفق من أشكال مركزية الإنسان.

أعتقد أنه إذا تجاوَزنا هذا القرن وأسَّسنا لنا مَوطِئ قدم في أماكن مثل القمر، والمريخ، وحزام الكويكبات، والقمر أوروبا، فسنُصبح في النهاية مستكشِفين بين النجوم.

يُعد جمع البيانات سببًا أفضل للسفر عبر الفضاء. وإذا كان العلم هو الرسالة، فمن الأسهل بكثيرٍ إرسال الروبوتات. لماذا إذن لا نرى مركبات آلية تابعة لحَضارات أخرى؟ حسنًا، حتى وقتٍ قريبٍ جدًّا، لم تكن لدَينا التكنولوجيا التي تُمكِّنُنا من اكتشاف مثل هذه المركبات. لقد كاد «أوموامو» — وهو جسمٌ بحجمِ مبنى إمباير ستيت — أن يُفلت خارجًا من نظامنا الشمسي دون أن يُلاحظه أحد. ولو لم نكن قد بنَينا تلسكوبًا في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين للبحث عن الكويكبات المُهَدِّدة القريبة من الأرض، لما لاحظناه على الإطلاق. وبينما يُمكننا بالكاد الكشف عن الأجسام المُثيرة للريبة في أفنيتِنا الخَلفية، فليس من المُستغرَب ألا نتمكَّن من رؤية علامات على وجود قُدرة هندسية في مكانٍ آخَر مِن المجرَّة.

لذلك هذا هو الجزء الأول مِن توضيحي المُفضَّل: المجرة هي بحرٌ شاسع للغاية، وأرخبيل الحضارات مُتناثر. وحتى لو وضعنا إشارات من النِّيران على أعلى قمة لدَينا، فمِن المُمكن ألا يرى كلٌّ منَّا الآخر سوى بصعوبة. ستكون الرحلات بين الجُزر صعبة ونادِرة. وقد تكون أي جزيرة معزولة لدرجة أن سكانها سيَفقدُون الأمل في إمكانية تواصُلهم مع أحدٍ في يومٍ من الأيام.

لكني أعتقد أن السيناريو «ب» الذي قدَّمتُه مُحتملٌ بالقَدر نفسه. إنه ينطلِق من فكرة أن نهجنا الحالي في البحث عن ذكاء خارج الأرض غير مُكتمِل؛ فثمَّة شيء في الأمر لا نُدركه.

فلنَرجع إلى فرضية حديقة الحيوان المذكورة في الفصل الرابع. إنها الفِكرة القائلة بأننا نعيش في نوع من محميات الحياة البرية عزلَتْها حضارات أخرى من حولنا، ربما لحمايتِنا، وربما لحمايتها. لم يتحرَّ جون بول، مُنشئ الفرضية، جميع مُقتضيات تلك

الاستعارة في ورقته البحثية عام ١٩٧٣. ولكن من تلك المُقتضيات الواضحة أننا وفقًا لمنطق حراس الحديقة لم نتطوَّر بالقَدر الذي يُمكِّننا من التواصُل مع أفراد خارج حديقة الحيوان؛ فمثل هذا التواصُل من المُفترَض أن يكون إما غير آمِن أو لا طائل من ورائه. ربما نُصبح يومًا ما مُؤهَّلين لإخراجنا من حديقة الحيوان إذا تمكَّنا من الوصول إلى مُستوًى غير مُحدَّد من التنظيم الاجتماعي، أو البصيرة العِلمية، أو التقدُّم التكنولوجي، ولكن من يعرف أين قد تكون هذه العتبة؟

وكما أشرتُ سابقًا، فإنَّ إحدى نقاط الضعف الرئيسية في فرضية حديقة الحيوان هي أنه سيكون من المُستحيل تقريبًا الإبقاء على حديقة حيوان أو منطقة هادئة كبيرة بما يَكفي مُحيطة بنا، بمعنى ليس نظامنا الشمسي فحسب ولكن أيضًا جميع مَصادر الراديو التي يُمكننا قياسها من هنا. وحتى لو كان ذلك مُمكنًا، فلماذا يتكبَّد أحد كل هذا العناء لمجرَّد إبقائنا في الظلام لبضعة قرون أو آلاف السنين؟

ولكن علاوة على تلك الاعتراضات اللوجستية، فإنَّ فرضية حديقة الحيوان هي فرضية مُحزنة ومخيبة للأمل على نحوٍ يصعب قبوله. إن تصديقها يعني قبول فكرة أننا لا نستحِق الانضمام إلى مجتمعٍ أكبر من الحضارات وأننا يُحكَم علينا في صمتٍ وفقًا لقواعد غير مسموح لنا بمَعرفتها. مع الاعتذار لجوردان بيل، يبدو الأمر كما لو أن نادي المجرة كان يُبقي البشرية بأكملها في مكانٍ مغمور. وإذا كان هذا هو الحال، فربما ليس هذا ناديًا نودُّ الانضمام إليه.

لكل هذه الأسباب، أعتقد أننا بحاجة إلى أن نُنحي جانبًا فرضية حديقة الحيوان، غير أنها تؤدي إلى فكرة ذات صِلة قد تكون أكثر إقناعًا وسلوى.

في الشُّرفة

ربما في أمسيات الصيف عندما كنتَ طفلًا، أخذك والداك إلى حفلات الحي حيث كان جميع الأطفال يلعبون لعبة الوسم أو يُطاردون اليراعات في الفناء الخلفي بينما يجلس الكبار في الشرفة يحتسون المشروبات ويتحدثون.

لعلَّك كنتَ تُحب اللعب في الشَّفق الذي يزداد حُمرة. ولكن لأنك طفل فضولي في عمر التاسعة أو العاشرة، تتساءل أيضًا عن الموضوعات العميقة والمهمَّة والمحظورة التي قد يتحدَّث عنها الكبار.

لعلك تجولت بالقرب من الشرفة بين الحين والآخر. ولكن عندما كنتَ تتدخَّل أو تطرح سؤالًا، كان الكبار يضحكون ويقولون لك باقتضاب: «ستفهم يومًا ما».

ثم مرت ١٠ أو ٢٠ سنة، ووجدت نفسك تعود إلى مثل هذه الحفلات، لكنك الآن تجلس في الشُّرفة وتُشاهد الأطفال في الفناء. لقد أدركتَ أن الكبار لا يتحدَّثون عن مستقبل البشرية أو طبيعة الخير والشر. بل يتحدَّثون عن انتخابات مجلس إدارة المدرسة والبرامج التليفزيونية وألاعيب العمل.

إذن ها هي الفكرة. ماذا لو كانت هناك حضارات خارج كوكب الأرض تدير أعمالها الخاصة، وتخوض محادثاتها الطويلة الخاصة، ولا تفعل شيئًا مميزًا لإخفاء أنفسها، ولكنها أيضًا لا تفعل شيئًا مميزًا لصالحنا، ونحن ببساطة لا نملك الأدوات التي تُمكِّننا من الفهم؟

كما ذكرت في الأقسام السابقة، ربما تتواصَل باستخدام تكنولوجيات أو وسائط لم نكتشفها. ربما تُجري تشفيرًا لرسائلها بطُرق لا تبدو اصطناعية بالنسبة إلينا. ربما تتبادل سفن تجارية تديرها الروبوتات ذات أحجام صغيرة جدًّا لدرجة لا يُمكننا معها رصدها. ربما تفكر أو تتحدَّث بطريقةٍ غير خطية لن نتعرَّف عليها باعتبارها لغة. في كل الحالات، ستبقى مخفيَّة عنا تمامًا حتى نُطوِّر طريقةً لإدراكها، تمامًا كما بقيت الذرات مخفية من وقتِ ديموقريطس حتى لحظة اكتشاف جيه جيه طومسون للإلكترون في عام ١٨٩٧.

ومنذ زمن طومسون، ونحن نُطور العديد من الطرق لتعديل الإشارات الكهرومغناطيسية، عن طريق تغيير سعتِها، وتردُّدها، وطورها، واستقطابها، وزمن وصولها، على سبيل المثال. ربما هناك طُرق أخرى. دعنا نقول، على سبيل المثال، إنَّنا في عام ٢٠٧٧ سنَكتشِف طريقة لنَقلِ كميات هائلة من المعلومات باستخدام فوتونات التردُّد الراديوي المتشابكة كميًّا. ربما في اللحظة التي نُشغِّل فيها أجهزة الراديو الكمية الجديدة الخاصة بنا، سوف نَحصُل على تنزيلٍ فوري لإعلان حقوق الكائنات الواعية والموسوعة المجرِّية بأكملها.

في هذه المرحلة، بطبيعة الحال، سنَنضمُّ إلى المُحادثة في الشُّرفة. وربما يقول جيرانُنا من عوالم أخرى: «آه، ها أنتم. تساءلنا متى ستنضمُّون إلينا.»

بعبارة أخرى، ربما لا تكون مُهمة الكائنات غير الأرضية أن تقبلنا في ناديها. ربما تكون مُهمَّتنا نحن أن نَفتح باب حديقة الحيوانات التي في خيالنا ونخرج منها.

الحياة كما لا نعرفها

السيناريو «أ» الذي طرحته (الكائنات الفضائية بعيدة جدًّا) والسيناريو «ب» (إنها تُرسل رسائل لا يُمكننا التقاطها أو فهمها) لا يُعارض أيٌّ منهما الآخر. وفي السيناريو «ج»، كلاهما صحيح. الحضارات في مجرَّتنا بعيدة جدًّا لدرجة يصعب معها أن تزور أيٌّ منها الأخرى أو أن نَزورَها، لكنها لا تزال تبذل قصارى جهدها للتواصُل، ولكن بطريقةٍ لم نُدركها بعد.

أنا لستُ عالِم فلَك أو عالِم أحياء فلَكية، وحلولي المقترحة لمفارقة فيرمي ليس هدفها بالضرورة أن تُوضَع ضمن الحلول الأخرى التي لطالَما تناولتها النقاشات، ونُشِرَت، وخضعت لمراجعة الأقران في المنشورات العلمية. كما أنها ضعيفة بمقياس قابلية الدحض؛ فلا تُوجَد طريقة لاختبارها دون ابتكار تكنولوجيات جديدة والتواصُل مع كائناتٍ فضائية فعلية. ولكن حلولي تتوافَق مع مبدأ عدم الحصرية، الذي يَقضي بتجنُّب التفسيرات التي تتطلَّب الكثير من التطابُق والانسجام عبر المكان، والزمان، والثقافات. وهي تُحاول تجنُّب افتراضات التفكير المتمركز حول الإنسان فيما يتعلق بما تعتقِده الكائنات خارج الأرض أو تفعله «بشكل طبيعي».

عندما نُعيد النظر في تاريخ البحث عن ذكاء خارج الأرض البالغ ٦٠ عامًا ونُفكِّر فيما نحاول فعله بعد ذلك، ربما تكون أكبر عقبة لدَينا هي أنفسنا. لقد نشأنا على كوكب شكَّلت البيئة فيه الحياة، وشكَّلت الحياةُ البيئةَ، في مصادفةٍ تاريخية وطرق لا شك أنها غير قابلة للتكرار. عندما بدأ البحث عن ذكاء خارج الأرض في ستينيات القرن العشرين، كان ثمرة تطوُّرات مجالٍ واحد فحسب — علم الفلك الراديوي — الذي شكَّلته أحداث التجارة والحرب. ركز الباحثون الأوائل عن ذكاء خارج الأرض على التردُّد ١٤٢٠ ميجاهرتز بمُجرَّد اكتشاف إيون، وبيرسيل، وأورت لخط الهيدروجين. ونظرًا لكون علماء الفلك هؤلاء أشخاصًا براجماتيين، فقد شرَعُوا في البحث عن أنواع الإشارات التي أملوا أن تُرسلها حضارات فضائية لو كانت تُحاول تقليل عبء الكشف علينا. بالطبع كانت تلك الإشارات من النوع نفسه الذي كان علماء الفلك الراديوي واثِقين من قُدرتهم على العثور عليها، وفي ذلك الوقت، كان هذا الاستنتاج يُعدُّ تصرفًا واعيًا وضروريًّا من منظور مركزية الإنسان.

عوالم ذات تاريخ مختلف تمامًا ستصبح موطنًا لكائنات مختلفة للغاية، لذا ربما حان الوقت لإعادة تشكيل البحث عن ذكاء خارج الأرض لتحقيق نطاقٍ أوسع بكثير من الأهداف المُمكنة.

ولكن هنا تَكمُن المُشكلة؛ وهي استمرار البَحث عن ذكاء خارج الأرض بالأسلوب الذي شُرِعَ العمل به في ستينيات القرن العشرين، على الرغم من تطوُّر قُدراتنا وفهمِنا. لقد تعلَّمنا أن الحياة يُمكن أن تتَّخذ أشكالًا غريبة ومُدهِشة، واكتشفنا مواقع يُحتمَل أن تكون صالحة للحياة لا تُشبه الأرض. عوالم ذات تاريخ مُختلف تمامًا ستُصبح موطنًا لكائنات مختلفة للغاية، لذا ربما حان الوقت لإعادة تشكيل البحث عن ذكاء خارج الأرض لتحقيق نطاقٍ أوسع بكثير من الأهداف المُمكنة.

هذه هي الحُجة التي قدَّمَتها ناتالي كابرول، التي أصبحَت مديرة مركز كارل ساجان التابع لمعهد البحث عن ذكاء خارج الأرض لدراسة الحياة في الكون عام ٢٠١٥. كتبت كابرول في مجلة «أستروبيولوجي» تقول إنَّ علم الفلك الراديوي والبصري «لا يركزان إلا على اختبار فرضية واحدة محدَّدة للغاية، شديدة التمركُز حول الإنسان، من الفَرضيات المتعلِّقة بالذكاء خارج كوكب الأرض، بينما تُشير البيانات بشكلٍ مُتزايد إلى أنه يُوجد على الأرجح عدد من أشكال الحياة وأنواع الذكاء المُتميزة مُكافئ لعدد البيئات الكوكبية الصالحة للعيش في الكون». وتُضيف كابرول أننا لطالَما بحثنا طوال هذا الوقت عن «نُسَخ أخرى من أنفسنا» في حين أنه يَنبغي حقًّا أن نبحث عن «الحياة كما لا نَعرفها». ورجَّحت أنه، في نهاية المطاف، «يجب ألا تكون رؤية البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض مُقيَّدةً بعد الآن بما إذا كانت الكائنات غير الأرضية تَمتلِك التكنولوجيا، أو تُشبهنا، أو تُفكِّر مثلنا».[11]

كيف ستبدو الرؤية الأوسع للبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض إذن؟ من المُحتمَل أنها ستُشبه إلى حدٍّ كبير علمَ الأحياء الفلَكية، حيث عمل الباحثون بجدٍّ لتحديد «البصمات» العالَمية للحياة التي ربما نكتشفها من الأرض. أحد الأمثلة على ذلك، وهو المثال المذكور في الفصل الثالث، هو عدم التوازُن الشامل في الغلاف الجوي لأحد الكواكب الخارجية في شكلِ غازاتٍ مثل الأكسجين، الذي ربما لن يكون موجودًا إلا إذا كان يتجدَّد باستمرار بفعل كائنات حية. إلى جانب هذه البصمات الحيوية، قد تُوجَد «بصمات تكنولوجية»؛ أي تلميحات بأن حضارة فضائية قد عدَّلت الغلاف الجوي لكوكبها على نطاقٍ واسع (كما نفعل هنا بلا شك).

قد نحتاج إلى تغيير استراتيجيات الاستماع أيضًا. نحن لا نَعرف أنواع الأنظمة العصبية أو أنظمة الاستشعار التي قد تَمتلكُها الكائنات خارج كوكب الأرض، كما تُشير كابرول، لذلك لا يُمكننا القول بكيفية تنظيمها لتصوراتها أو أفكارها أو بنوع الأبجدية التي ربما تَستخدمُها للتعبير عنها. ربما تكون الرياضيات هي اللغة العالمية، كما افترض دائمًا الباحثون عن ذكاءٍ خارج الأرض، أو ربما كان الأمر يبدو لنا كذلك فحسب. ربما تُوجَد طُرق أخرى أساسية بالقدْر نفسه لمشاركة الأفكار.

تُرجِّح كابرول أنه مهما كانت الحالة، فإننا بحاجة إلى رمي شباكٍ أوسع، وإعادة النظر فيما نَعنيه بالذكاء، وتحدِّي أنفسنا للتفكير على نحوٍ أشبَهَ بالكائنات الفضائية. لقد بدأ البحث عن ذكاء خارج الأرض فرعًا من علم الفلك، لكنَّه الآن بحاجةٍ إلى أن يُصبح مشروعًا يَشمل جميع العلوم. كتبت كابرول تقول: «بالنِّسبة للبحث عن ذكاء خارج الأرض، من الأهمية بمكانٍ اعتماد النهج المُتعدِّد التخصُّصات الذي نُص عليه قبل ٥٠ عامًا في مُعادلة دريك اعتمادًا كاملًا وإنشاء مجموعة أدوات مُجهَّزة جيدًا ومتنوعة.»[12]

الاستعداد للاتِّصال

إذا نجحنا في النهاية في بحثِنا عن كائنات ذكية غير أرضية، فماذا بعد؟ تجنَّبتُ عمدًا في هذا الكتاب استعراض سيناريوهات ما بعد الاتصال. تُوجَد الكثير من القصص، والكتب، والأفلام، والبرامج التليفزيونية الرائعة التي تعرض ذلك بالفعل.[13] ستَعتمِد تفاصيل نجاح البحث عن ذكاء خارج الأرض في الحياة الواقعية كثيرًا على شكل أو محتوى التواصُل، بحيث يكون من غير العمَليِّ توقُّعها بأي طريقةٍ صارمة ودقيقة.

سأكتفي بالقول إنني لا أعتقد أننا يجب أن نخشى من أن يتسبَّب الإعلان عن الاتصال مع كائنات فضائية في إثارة الذُّعر في الشوارع أو في نوع من الانهيار العصبي العالمي. من المؤكَّد أنه سيُغيِّر نظرتنا إلى الأبد عن مكاننا في الكون. لكن أفكار كوبرنيكوس وداروين كانت ثورية ومُزعزِعة للاستقرار في الآن نفسه في زمانهما، ولم تمنع الحدَّادين من الحِدادة، أو مُعلِّمي المدارس من التدريس، أو التجار من الاهتمام بدفاتر حساباتهم. وكما ذكرتُ في الفصل الأول، فإنَّ لدَينا مخزونًا ثقافيًّا عظيمًا من الأساطير، والأديان، والأدب يُعدُّنا لفكرة وجود كائنات أخرى في السماء.

في الواقع، قد يقول المرء — وقد قال ذلك بالفعل كُتَّاب مثل كارل يونج — إنَّ هناك فجوة موجودة مُسبقًا لكائناتٍ غير أرضية أو لمخلوقات مثلها في النفس البشرية.[14] ربما

الرغبة في ملء هذه الفَجوة في عصرٍ تُهيمِن عليه العلمانية والعلم هو جزء ممَّا يُحفِّز الباحثين عن ذكاءٍ خارج الأرض وداعميهم.

لذلك دعونا لا نَقضي الكثير من الوقت في التكهُّن بشأن حدثٍ غير معروف بطبيعتِه. إليكم اقتراح مُختلِف. ربما يكون من المثير للاهتمام استغلال وقتِ ما قبل الاتصال لنسأل أنفسنا عما قد نُساهم به نحن أبناء الأرض في مجتمع بين نجميٍّ، وما الذي ينبغي علينا فعله للاستعداد لتلك الفرصة.

قبل أن نُصبح مواطنين نافعين في المجرة، لدينا الكثير من العمل الذي يتعيَّن علينا القيام به للاعتناء بموطننا. يُوجَد مئات المليارات من الكائنات الواعية هنا على كوكبنا — الحيوانات الأخرى — التي نكاد لا نَفهمُها والتي نُعاملها في أغلب الأحيان بقسوةٍ مقيتة وإهمال. لقد اندمجت العلوم، والتكنولوجيا، والأسواق الحرة لتكون محركًا لثروة وازدهار غير مَسبوقَين، لكنَّنا نَسمَح بتوزيع هذه الثروة بطرقٍ مُتفاوتة تفاوُتًا صادمًا. ولدينا صورة شاملة بشكلٍ مُتزايد عن تأثير الإنسان على مناخ الأرض وأنظمتها البيئية، لكنَّنا مُتردِّدون بشدة في بدء إدارة هذا التأثير إدارة مسئولة. وقد خُضنا حروبًا كثيرة ووضَعنا الكثير مِن القوانين للقضاء على التحيُّز والكراهية، لكنَّنا نُواصل انتخاب القادة الذين يُتاجِرون بتلك المشاعر. ولقد أخذنا أولى خطواتنا في عالَم آخر في ستينيات وسبعينيات القرن العشرين، ولكنَّنا فقدْنا بعد ذلك إرادتنا الجماعية وأعَدنا تعريف «استكشاف الفضاء» فأصبح هو السفر إلى مدارٍ أرضي منخفض.

باختصار، نحن نوع يَنقصُه الاكتمال والاتساق. ولكن إذا كان لدَينا جيران خارج الأرض، فربما يكونون هم أيضًا محدودي القُدرات. ولدينا الكثير لإثارة اهتمامهم، من فنون جميلة وموسيقى، وآلاف السنين من الأدب المؤثر، والدُّروس التي تعلَّمناها بشقِّ الأنفس من تاريخنا، وأحلامنا السامية، وهي الأدلة نفسها التي اخترنا وضعها في تسجيل «فوياجر» المُرتحِل عبر النجوم.

إننا لا نزال نكتب قصتنا. فهل ستبقى قصتنا وحدنا، أم أنها ستندمج في القصة الأكبر للحياة الذكية في الكون؟ سنَعرِف نحن أو أحفادنا الجواب يومًا ما. أما في الوقت الحالي، فلا يسعنا سوى الاستمرار في التساؤل والبحث.

مسرد المصطلحات

التولُّد التلقائي: نشوء الكائنات الحية من المواد غير العُضوية. لم يحدث هذا الأمر على الأرض سوى مرةٍ واحدة على حدِّ عِلمنا.

مصفوفة تلسكوبات ألين: مجموعة من ٤٢ تلسكوبًا راديويًّا، قُطر كلٍّ منها ٦,١ متر، في مرصد راديوي بجامعة كاليفورنيا-بيركلي في هات كريك بشمال كاليفورنيا، ويُستخدَم للرصد الفلَكي والبحث عن ذكاءٍ خارج الأرض في الآن نفسه.

العتائق: نطاق من الكائنات الحية الدقيقة البدائيات النوى كان يُعتقَد في السابق أنها شكلٌ من أشكال البكتيريا؛ صنَّفها لأول مرة ككائنات مُنفصِلة وراثيًّا عن البكتيريا كل من كارل ووز وجورج فوكس في عام ١٩٧٧.

علم الأحياء الفلَكية: مجال متعدِّد المعارف ركز على فهم الأصول المُحتمَلة للحياة خارج الأرض وتوزيعها وكيف يمكن اكتشافها. عُرِف في السابق باسم علم الأحياء الخارجية.

الانفجار الكامبري: حدَثٌ وقع منذ ما يَقرُب من ٥٤١ مليون سنة، حيث تنوَّعت الحيوانات المتعددة الخلايا التي كانت موجودة حينذاك إلى عددٍ كبير من الأنواع الجديدة الأكثر تعقيدًا التي لم يَسبِق لها مثيل في السجل الأحفوري.

التواصُل مع ذكاء خارج الأرض CETI: التواصل مع ذكاء خارج الأرض. دراسة تكوين الرسائل التي يُمكن أن تفهمها الحضارات خارج كوكب الأرض والنَّقل المُتعمَّد لهذه الرسائل. يُعرف أيضًا باسم مراسَلة ذكاء خارج الأرض METI.

التمثيل الكيميائي الهوائي: تحويل ثاني أكسيد الكربون أو الميثان إلى كتلة حيوية مثل الأحماض الأمينية والسكريات، التي تستخدمها الكائنات الحية في المناطق المُنخفِضة الإضاءة مثل المحيطات العميقة أو القشرة الأرضية كبديلٍ لعملية البناء الضوئي.

مبدأ كوبرنيكوس: الافتراض العام — الناشئ من رُوح ملاحظة كوبرنيكوس أن الشمس، وليس الأرض، هي مركز النظام الشمسي — بأنه لا يُوجد شيء مميز في وجهة نظر المرء منا.

معادلة دريك: خارطة طريق كمية تقريبية، صاغها أول مرة عالم الفلك الراديوي فرانك دريك في عام ١٩٦١، وتُنظِّم المسائل الرئيسية المتعلِّقة بوفرة الحضارات التكنولوجية القادرة على التواصُل في مجرة درب التبانة.

تأثير دوبلر: ميل الموجات في إشارةٍ ما إلى التجمُّع أو التمدُّد، اعتمادًا على ما إذا كان المصدر والمُتلقي يتحركان كلٌّ منهما باتجاه الآخر أو يتباعَدان.

الموسوعة المجرية: الموجز الخيالي لجميع المعارف. ورَد ذكرُه في قصص الخيال العلمي لإيزاك أزيموف وآخرين، وكعنوان للحلقة التي ركزت على البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض من برنامج كارل ساجان التليفزيوني «كوزموس» (١٩٨٠).

علم الأحياء الخارجية: المصطلح الأصلي لعِلم الأحياء الفلَكية. حافظت وكالة ناسا منذ فترة طويلة على برنامج علم الأحياء الخارجية، ولا يزال عنصرًا في برنامج علم الأحياء الفلَكية التابع للوكالة، ولكنَّ المُصطلَح لم يعد يُرى في الاستخدام العام بحلول تسعينيات القرن العشرين.

الكواكب الخارجية: صيغة مختصرة لمُصطلَح الكواكب خارج المجموعة الشمسية، وهي أيُّ كوكبٍ في نظام كوكبي خارج نظامنا.

الكائنات المُحبة للظروف القاسية: كائنات عتيقة أو غيرها من الكائنات الحية التي تتكيَّف للعيش والتكاثر في ظروفٍ متطرفة من درجات الحرارة، أو الضغط، أو الظلام، أو الإشعاع، أو التركيز الكيميائي والتي من شأنها أن تكون قاتلةً لمُعظَم الكائنات الحية المألوفة.

قابلية الدحض: قابلية الاختبار، وهي الفكرة التي اقترحها فيلسوف العلم كارل بوبر عام ١٩٥٩ التي مفادها أن جميع الفرضيات العِلمية الجيدة يجب أن تكون قابلة للدحض عن طريق التجربة.

مفارقة فيرمي: هي المُفارَقة التي تحاول الإجابة عن سؤال «أين الجميع؟» والتي صاغَها أول مرة الفيزيائي إنريكو فيرمي في عام ١٩٥٠. تتكوَّن من ثلاث مُقدِّمات تبدو سليمة؛ واحدة منها على الأقل لا بدَّ وأنها خاطئة: (١) لا بدَّ أن هناك العديد من الحَضارات خارج كوكب الأرض في مجرَّتنا. (٢) المجرة قديمة بما يكفي لاستعمار حَضارة واحدة على الأقل لها بأكملها. (٣) لا نرى أي دليل على نشاط لكائنات غير أرضية.

انفجار أشعة جاما: وميض قصير ولكنَّه هائل من أشعة جاما العالية الطاقة يُعتقَد أنه يَنطلِق أثناء انفجار المستعرات العُظمى، ويُعتقَد أنه قوي بما يكفي للقضاء على جميع أشكال الحياة في الأنظمة النجمية القريبة.

الموجات الثقالية: تموجات في نسيج الزمكان تنتجها الكتل المتسارعة. أُخِذَت أول قياسات مباشرة للموجات الثقالية في عام ٢٠١٥.

الصمت العظيم: أحد المصطلحات المستخدمة للتعبير عن عدم وجود دليل على أنَّ هناك حضارات خارج كوكب الأرض تُحاول التواصُل معنا.

منطقة صالحة للعيش: تُعرف أيضًا باسم منطقة «جولديلوكس»، وهي الشريط المُحيط بالنجم والذي يمكن أن تحتوي الكواكب التي تدور فيه على مياه سائلة على أسطحها.

مسح الموجات الدقيقة العالي الدقة HRMS: مسح الموجات الدقيقة العالي الدقة (المعروف سابقًا باسم برنامج مُراقبة الموجات الدقيقة)، هو برنامج للبحث عن ذكاء خارج الأرض تُموله وكالة ناسا ويهدف إلى مسح ١٠ ملايين تردُّد راديوي من مرصد آريسيبو في بورتوريكو.

خط الهيدروجين: الخط الطيفي أو العمود «الوامض» في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يُرى عندما يَنعكِس لفُّ ذرات الهيدروجين المحايدة بين حالتَين أرضيتَين وتشعُّ الفوتونات. يبلغ تردُّد هذا الخط الطيفي ١٤٢٠,٤٠٥٧٥٢ ميجاهرتز، ويُمكن للموجات عند هذا التردُّد أن تخترق السُّحب والغبار فيما بين النجوم، مما دفع علماء البحث عن ذكاءٍ خارج الأرض إلى اقتراح أنه سيكون ترددًا مُناسبًا وواضحًا للإرسال الاصطناعي.

تلسكوب كيبلر: تلسكوب فضائي خارج الخدمة الآن سُمي على اسم عالم الفلك يوهانس كيبلر وكانت تستخدِمه وكالة ناسا بين عامي ٢٠٠٩ و٢٠١٨. استخدم التلسكوب طريقة العبور لتحديد ٢٦٦٢ كوكبًا خارجيًّا.

مخروط ضوئي: مفهوم مأخُوذ من نظرية النسبية في الفيزياء. المخروط الضوئي لُراقِب بعينه عند النقطة p في الزمن $t + 0$ هو المجال المتَّسع للفضاء (مخروط، من حيث المكان والزمان) الذي يُمكن الوصول إليه عن طريق وميض من الضوء — أو أي جزءٍ من المعلومات يسافر بسرعة الضوء — يترك هذا p في الزمن صفر.

المادية: الفكرة التي تبنَّتها أول مرة كتابات الفلاسفة الإغريق والهنود القدماء والقائلة بأن المادة هي كل ما هو موجود وأن العقل والوعي هما نتاج ثانوي لعمليات المادة.

مراسلة ذكاء خارج الأرض METI: مراسلة ذكاء خارج الأرض. انظر CETI.

إطار الموجات الدقيقة (الميكروويف): إطار فرن الميكروويف الخاص بك. كلَّا، إنني أمزح فحسب. إنه نطاق ترددُات الراديو من ألف ميجاهرتز تقريبًا إلى ١٠ آلاف ميجاهرتز والذي يُعَدُّ مثاليًّا للاتصال بين النجوم في مجال البحث التقليدي عن ذكاء خارج الأرض.

مبدأ عدم الحصرية: الفكرة القائلة بأنه مع تَساوي كل المُعطَيات، فإن النظرية التي تستوعب التنوع أفضل من تلك التي تحتاج إلى توافُق كبير. فرضية حديقة الحيوان هي مثال على نظرية تخلُّ بهذا المبدأ.

التأثير الانتقائي للراصد: التحيز الذي يحدُث عندما تتأثَّر الطريقة التي يُفسر بها الراصد الأدلة بطريقة جمع الأدلة أو بحقيقة وجود الراصد لجمع الأدلة.

جماعة الدلافين: الاسم الساخر الذي اعتمدَه الحاضرون في أول اجتماع للبحث عن ذكاء خارج الأرض في عام ١٩٦١، الذي نظَّمه فرانك دريك وجي بي تي بيرمان. وشملت الجماعة دريك، وبيرمان، ودانا أتشلي، وميلفن كالفن، وسو شو هوانج، وجون ليلي، وفيليب موريسون، وبرنارد أوليفر، وكارل ساجان، وأوتو ستروف.

ذراع الجبار: ذراع حلزونية صغيرة لمجرَّة درب التبانة. يقعُ نظامنا الشمسي على الحافة الداخلية لذراع الجبار، في مُنتصَف طولها تقريبًا، على بُعدِ ٢٦ ألف سنة ضوئية من مركز المجرة.

تعدُّد العوالم: الفكرة التي اقتضتها وجهة النظر الذرية، أو المادية، أو الكوبرنيكية التي مفادها أن الأرض ليست فريدة مِن نوعها ولكنَّها عالَم من بين العديد من العوالم، التي ربما يسكن بعضها كائنات ذكية أخرى.

مشروع «سايكلوبس»: مشروع مقترح، ورَد في تقرير لوكالة ناسا في عام ١٩٧١، لبناء مصفوفة كبيرة من التلسكوبات الراديوية بغرَض البحث عن إشارات من حياةٍ ذكية بتَكلفة ما بين ستة مليارات دولار إلى ١٠ مليارات دولار.

مشروع «أوزما»: أول محاولة منهجية للاستماع إلى إشارات الراديو من حضارات خارج كوكب الأرض، وقد نفَّذها عالم الفلك الراديوي فرانك دريك في منتصَف عام ١٩٦٠ باستخدام تلسكوب «تاتيل» في مرصد الفلك الراديوي الوطني في جرين بانك، فيرجينيا الغربية.

طريقة السرعة الشعاعية: طريقة لاكتشاف الكواكب الخارجية التي تدور حول نجوم بعيدة عن طريق قياس التذبذبات الصغيرة في حركات النجوم في الاتجاه نحو الأرض أو بعيدًا عن الأرض.

فرضية الأرض النادِرة: الاقتراح الذي أيَّده العالِمان في جامعة واشنطن بيتر وارد ودونالد براونلي والقائل بأنَّ الحياة الحيوانية المعقَّدة فريدة من نوعها على الأرض بسبب مجموعة غير قابلة للتكرار من الظروف المحلية.

الحمض النووي الريبوزي RNA: سلسلة مُنفرِدة الشريط من النيوكليوتيدات التي تحمل التعليمات من الحمض النووي الريبوزي المنقوص الأكسجين للخلية إلى ريبوسوماتها، حيث يُستخدَم لتوجيه عملية تخليق البروتينات.

منطقة الرامي *A: مصدر راديوي في مركز مجرة درب التبانة يُعتقَد أنه يحتوي على ثقبٍ أسود هائل.

SERENDIP: البحث عن الانبعاثات الراديوية خارج الأرض من الجماعات الذكية المتطورة القريبة، وهو مشروع طويل الأمد لمركز أبحاث البحث عن ذكاء خارج الأرض في بيركلي.

البحث عن ذكاء خارج كوكب الأرض SETI: البحث عن ذكاءٍ خارج كوكب الأرض، هو السعي العملي والنظري لإيجاد دليل على وجود حياة ذكية في أماكن أخرى من الكون. يَنقسِم الآن إلى «البحث النشط عن ذكاء خارج الأرض» (انظر CETI وMETI) و«البحث السلبي عن ذكاء خارج الأرض» أو المسح التقليدي للإشارات الراديوية أو الضوئية الواردة.

معهد البحث عن ذكاء خارج الأرض: معهد أبحاث غير ربحي مقرُّه ماونتن فيو، كاليفورنيا، أنشأته العالِمة في مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض جيل تارتر في

عام ١٩٨٤ لدراسة موضوعات في علم الفلك، وعلم الأحياء الفلَكية، وعلم الأرض، والكواكب الخارجية، إضافةً إلى إجراء عمليات البحث السَّلبي في مجال البحث عن ذكاء خارج الأرض.

SETI@home: تجربة طويلة الأمد في مركز أبحاث البحث عن ذكاء خارج الأرض بجامعة كاليفورنيا-بيركلي لجمع البيانات الراديوية وتحليلها بحثًا عن إشاراتٍ من أصل اصطناعي خارج كوكب الأرض باستخدام شبكة موزَّعة من أجهزة الكمبيوتر المتصلة بالإنترنت المملوكة لأعضاء متطوِّعين.

مُحيط حيوي خفي: الفرضية القائلة بأن التولُّد التلقائي حدث أكثر من مرةٍ على الأرض وأن نظامًا بيئيًّا واحدًا أو أكثر من الحياة غير القائمة على الحِمض النووي قد لا يزال موجودًا.

طريقة العبور: طريقة لاكتشاف الكواكب الخارجية تقيس فيها التلسكوبات التعتيم الطفيف لضوء النَّجم الذي يحدُث عندما «يعبر» الكوكب النجم، أي يمرُّ بين النجم والتلسكوب.

«فايكنج»: بعثة ناسا لإرسال مركبتَين روبوتيتَين إلى المريخ في عام ١٩٧٦. جُهِّزت مركبتا «فايكنج» بأنظمة تجارب بيولوجية مُتقَنة لاختبار وجود نشاط عُضوي في تربة المريخ.

«فوياجر»: بعثة ناسا لإرسال مسبارَين روبوتيَّين إلى النِّظام الشمسي الخارجي على مسارات «جولة كبرى» سريعة نسبيًّا والتي أوصلتهما إلى ما بعد المُشتري وزحل، وكذلك إلى أورانوس ونبتون (في حالة «فوياجر٢»).

تسجيل «فوياجر» المُرتحِل عبر النجوم: تمَّ تثبيت لوحَي التسجيل الفونوجرافي المطليَّين بالذهب على جوانب مسبارَي «فوياجر» ليعملا ككبسولتَين زمنيتَين ورسالتَين إلى الحضارات المُفترض وجودُها خارج كوكب الأرض التي قد تَعترِض مسار المركبة الفضائية.

ثقب مائي: نطاق تردُّدات الموجات الدقيقة داخل إطار الموجات الدقيقة الذي يتضمَّن خط الهيدروجين وأطياف أيونات الهيدروكسيل.

فرضية حديقة الحيوان: فكرة أن الحضارات خارج كوكب الأرض موجودة ولكنَّها تعزل الأرض حتى يصل البشر إلى مستوًى معيَّن من التقدُّم الفكري أو الاجتماعي.

ملاحظات

تمهيد

(1) Paul Davies, *The Eerie Silence: Renewing the Search for Alien Intelligence* (Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010), 2.

(2) There is, however, a lively debate under way about whether ʻOumuamua, a large interstellar object that passed through the inner solar system in the fall of 2017, might have been a light sail or some other kind of craft built by an extraterrestrial civilization. See chapter 5 for more discussion of ʻOumuamua.

(3) Carl Sagan, *The Cosmic Connection* (New York: Doubleday, 1973).

(4) Quoted in Wade Roush, "Spielberg Finances E.T. Search," *Harvard Independent*, October 3, 1985.

(5) Carl Sagan, *Contact* (New York: Random House, 1980).

مقدمة

(1) For the story of Eratosthenes's measurement, see, for example, Nicholas Nicasro, *Circumference: Eratosthenes and the Ancient Quest to Measure the Globe* (New York: St. Martin's Press, 2008).

(2) For a more serious treatment of Native American culture in the pre-Columbian moment, see Charles Mann, *1491: New Revelations of America before Columbus* (New York: Knopf, 2005).

(3) The account here comes mainly from the Harvard physicist and SETI scientist Paul Horowitz, who heard it from York. See "The Fermi Paradox," late 1998, http://seti.harvard.edu/unusual_stuff/unpublished/fermi.htm. But there are several other versions; in some, the conversation took place in 1943, not in 1950. See David Grinspoon, *Lonely Planets: The Natural Philosophy of Alien Life* (New York: Harper Collins, 2003), 311.

(4) Milan M. Ćirković, *The Great Silence: The Science and Philosophy of Fermi's Paradox* (Oxford: Oxford University Press, 2018), 2.

(5) Peter Ward and Donald Brownlee, *Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe* (New York: Copernicus, 2000).

(6) Stephen Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens … Where Is Everybody? Seventy-Five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*, 2nd ed. (New York: Springer, 2015).

(7) NASA Exoplanet Archive, https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html, data retrieved April 30, 2019.

(8) Michael H. Hart, "An Explanation for the Absence of Extraterrestrials on Earth," *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society* 16 (1975): 128–135.

(9) Quoted in Joel Achenbach, and Peter Essick, "Life beyond Earth," *National Geographic Magazine*, January 2000.

الفصل الأول: أحلام بوجود كائنات غير أرضية

(1) Barbara Duncan, *The Origin of the Milky Way and Other Living Stories of the Cherokee* (Chapel Hill: University of North Carolina Press, 2008).

(2) Karl Taube, *Aztec and Maya Myths* (Austin: University of Texas Press, 1993), 45–47.

(3) Karl Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (New York: Routledge, 2014), 186.

(4) Richard McKirhan, "Anaximander's Infinite Worlds," in *Essays in Ancient Greek Philosophy VI: Before Plato*, ed. Anthony Preus (Albany: State University of New York Press, 2001), 49–66.

(5) Bertrand Russell, "The Atomists," in *History of Western Philosophy: Collectors Edition* (New York: Routledge, 2009), chap. 9.

(6) This version of the Metrodorus quote comes to us via Aetius and the unknown authors grouped under the name "Pseudo–Plutarch." See Plutarch, *Morals*, chap. 5, https://ebooks.adelaide.edu.au/p/plutarch/nature/book1.html#chapter5.

(7) Epicurus to Herodotus, in Epicurus, *The Epicurus Reader: Selected Writings and Testimony*, ed. Lloyd P. Gerson (Indianapolis, IN.: Hackett, 1994), 8.

(8) Lucretius, *De rerum natura*, ed. William Ellery Leonard (1916), http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.02.0131%3Abook%3D2%3Acard%3D1048.

(9) Plato, *The Timaeus*, trans. Benjamin Jowett (1892), http://classics.mit.edu/Plato/timaeus.html.

(10) Aristotle, *On the Heavens*, trans. J. L. Stocks (Adelaide, Australia: University of Adelaide, 2016), book I, chap. 8, https://ebooks.adelaide.edu.au/a/aristotle/heavens/index.html.

(11) William Whewell, *Of the Plurality of Worlds: An Essay, Also a Dialogue on the Same Subject* (London: Parker, 1855), 144.

(12) Benjamin D. Wiker, "Alien Ideas: Christianity and the Search for Extraterrestrial Life," *Crisis*, November 4, 2002, https://web.archive.org/

web/20030210140752/http://www.crisismagazine.com/november2002/feature7.htm.

(13) Wiker, "Alien Ideas."

(14) Stephen Greenblatt, *The Swerve: How the World Became Modern* (New York: Norton, 2011).

(15) Johannes Kepler, *Kepler's Conversation with Galileo's Sidereal Messenger*, trans. Edward Rosen (New York: Johnson, 1965), 42.

(16) Galileo Galilei, *Letters on Sunspots*, in *Discoveries and Opinions of Galileo*, trans. Stillman Drake (New York: Doubleday, 1957) 137.

(17) One valuable book that does attempt such a comprehensive overview is Steven J. Dick, *Plurality of Worlds: The Origins of the Extraterrestrial Life Debate from Democritus to Kant* (Cambridge: Cambridge University Press, 1984). For another thorough tour of discussions of extraterrestrials in the seventeenth, eighteenth, and nineteenth centuries, see Michael J. Crowe, *The Extraterrestrial Life Debate, 1750–1900* (Cambridge: Cambridge University Press, 1986).

(18) Bernard le Bovier Fontenelle, *Conversations on the Plurality of Worlds*, trans. H. A. Hargreaves (Berkeley: University of California Press, 1990), 49, 60.

(19) Christian Huygens, *The Celestial Worlds Discover'd; or, Conjectures Concerning the Inhabitants, Plants, and Productions of the Worlds in the Planets* (London: James Knapton, 1698) 149, 151.

(20) Whewell's arguments are summarized in Crowe, *Extraterrestrial Life Debate*, chap. 6, sec. 3.

(21) Whewell, *Of the Plurality of Worlds*, 330–331, emphasis added.

(22) Giovanni Schiaparelli, *La via sul pianeta Marte: Tre scritti di Schiaparelli su Marte e i "marziani,"* ed. Pasquale Tucci, Agnese Mandrino, and Antonella Testa (Milan: Mimesis, 1998), 76; translation courtesy of Paola Rebusco.

(23) Percival Lowell, *Mars* (Boston: Houghton, Mifflin, 1895), 149–150.

(24) Lowell, *Mars*, 209.

(25) A. R. Wallace, *Is Mars Habitable?* (London: Macmillan and Co., 1907), 38–77.

(26) A hundred million of millions to one is 10^{14} to 1: small odds indeed. See the appendix to A. R. Wallace, *Man's Place in the Universe*, 4th ed. (London: Chapman and Hall, 1904).

(27) Here I must thank Carl Sagan for introducing 13-year-old me to the story of Percival Lowell in "Blues for Red Planet," episode 5 of the television series *Cosmos*, PBS, October 26, 1980. In the book version, Sagan wrote: "Lowell always said that the regularity of the canals was an unmistakable sign that they were of intelligent origin. This is certainly true. The only resolved question was which side of the telescope the intelligence was on" (*Cosmos*, 110).

الفصل الثاني: تحوُّل البحث عن ذكاء خارج الأرض إلى علم

(1) Guiseppe Cocconi and Philip Morrison, "Searching for Interstellar Communications," *Nature*, September 19, 1959, 846, emphasis added.

(2) Cocconi and Morrison, "Searching for Interstellar Communications," 845.

(3) For the details of Drake's Project Ozma, see Grinspoon, *Lonely Planets*, 163; Sarah Scoles, *Making Contact: Jill Tarter and the Search for Extraterrestrial Intelligence* (Berkeley, CA: Pegasus Books, 2017), 60–64; and Davies, *The Eerie Silence*, 1.

(4) Frank Drake and Dava Sobel, "The Origin of the Drake Equation," *Astronomy Beat* 46 (April 5, 2010): 1. Drake's statement that only 10 people in the world were thinking about extraterrestrial life in 1961 was a bit of an exaggeration. For a thorough look at the debate at that time, see Steven

Dick, *The Biological Universe: The Twentieth-Century Extraterrestrial Life Debate and the Limits of Science* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996).

(5) Drake and Sobel, "The Origin of the Drake Equation," 2–3.

(6) Drake and Sobel, "The Origin of the Drake Equation," 3.

(7) David Grinspoon, *Earth in Human Hands: Shaping Our Planet's Future* (New York: Grand Central Publishing, 2016), 299–305.

(8) L. M. Gindilis and L. I. Gurvits, "SETI in Russia, USSR, and the post-Soviet Space: A Century of Research," *Acta Astronautica* 162 (September 2019), https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2019.04.030.

(9) I. S. Shklovskii, and Carl Sagan, *Intelligent Life in the Universe* (San Francisco: Holden-Day, 1966), 359–360.

(10) NASA, *Project Cyclops: A Design Study of a System for Detecting Extraterrestrial Intelligent Life*, NASA Report no. CR 11445 (Washington, DC: NASA, 1971), 1.

(11) NASA, *Project Cyclops*, 4.

(12) Scoles, *Making Contact*, 65.

(13) Quoted in Grinspoon, *Earth in Human Hands*, 313.

(14) Quoted in Bill Steele, "It's the 25th Anniversary of the First Attempt to Phone E.T.," *Cornell Chronicle*, November 12, 1999, http://news.cornell.edu/stories/1999/11/25th-anniversary-first-attempt-phone-et-0.

(15) Quoted in Steven Johnson, "Greetings, E.T. (Please Don't Murder Us)," *New York Times Magazine*, June 28, 2017.

(16) Quoted in Alan Penny, "The SETI Episode in the 1967 Discovery of Pulsars," *European Physical Journal*, February 2013, 6.

(17) Robert Krulwich, "Aliens Found in Ohio? The 'Wow' Signal," *Weekend Edition Saturday*, National Public Radio, May 28, 2010, https://

www.npr.org/sections/krulwich/2010/05/28/126510251/aliens-found-in-ohio-the-wow-signal.

(18) Scoles, *Making Contact*, 67. Scoles's book was my main source for the details of Tarter's work.

(19) Paul Horowitz, "A Search for Ultra-narrowband Signals of Extraterrestrial Origin," *Science* 201 (August 25, 1978): 733–735.

(20) Roush, "Spielberg Finances E.T. Search."

(21) Quoted in Zeeya Merali, "Search for Extraterrestrial Intelligence Gets a $100-Million Boost," *Nature*, July 20, 2015, 392-393.

(22) NASA, *Project Cyclops*, 64.

(23) Anita Heward, "LOFAR Opens Up the Low-Frequency Universe—and Starts a New SETI Search," *Phys.org*, April 14, 2010, https://phys.org/news/2010-04-lofar-low-frequency-universe-seti.html.

(24) T. Joseph W. Lazio, Jill Tarter, and D. J. Wilner, "Cradle of Life," *Science with the Square Kilometer Array*, 2004, https://www.skatelescope.org/cradle-life.

(25) Hillary Lebow, "Search for Extraterrestrial Intelligence Expands at Lick Observatory," UC Santa Cruz Newscenter, March 23, 2015, https://news.ucsc.edu/2015/03/lick-niroseti.html.

(26) SETI Institute, Technosearch, https://technosearch.seti.org.

(27) Quoted in SETI Institute, "New Search for Signals from 20,000 Star Systems Begins," press release, March 30, 2016, https://www.seti.org/seti-institute/press-release/new-search-signals-20000-star-systems-begins.

(28) Breakthrough Initiatives, "National Astronomical Observatories of China, Breakthrough Initiatives Launch Global Collaboration in Search for Intelligent Life in the Universe," press release, October 12, 2016, http://astrobiology.com/2016/10/national-astronomical-observatories-of-china-breakthrough-initiatives-launch-global-collaboration-in.html.

(29) Jason Daley, “In the Search for Aliens, We’ve Only Analyzed a Small Pool in the Cosmic Ocean,” *Smithsonian*, October 2, 2018, https://www.smithsonianmag.com/smart-news/search-aliens-weve-only-examined-cosmic-hot-tub-180970447.

(30) Jason T. Wright, Shubham Kanodia, and Emily Lubar, “How Much SETI Has Been Done? Finding Needles in the n-Dimensional Cosmic Haystack,” Arxiv.org astro-ph, September 19, 2018, https://arxiv.org/abs/1809.07252.

الفصل الثالث: الكائنات المُحبة للظروف القاسية والكواكب الخارجية

(1) Davies, *The Eerie Silence*, 25.

(2) Davies, *The Eerie Silence*, 32.

(3) For the story of Carl Woese, see David Quammen, *The Tangled Tree: A Radical New History of Life* (New York: Simon and Schuster, 2018).

(4) David Toomey, *Weird Life: The Search for Life That Is Very, Very Different from Our Own* (New York: Norton, 2013), 4–11.

(5) Toomey, *Weird Life*, 28.

(6) Douglas Fox, “Lakes under the Ice: Antarctica’s Secret Garden,” *Nature*, August 21, 2014, 244–246.

(7) Catherine Offord, “Life Thrives within the Earth’s Crust,” *The Scientist*, October 2018, https://www.the-scientist.com/features/life-thrives-within-the-earths-crust-64805.

(8) US National Research Council, *The Limits of Organic Life in Planetary Systems* (Washington, DC: National Academies Press, 2007), 31.

(9) Leonard David, “NASA’s Mars Rover Curiosity Had Planetary Protection Slip-up,” *Scientific American*, December 1, 2011, https://www.scientificamerican.com/article/nasas-mars-rover-curiositt/, and Jyoti Madhusoodanan, “Microbial Stowaways to Mars Identified,” *Nature*,

May 19, 2014, https://www.nature.com/news/microbial-stowaways-to-mars-identified-1.15249.

(10) Melissa Gaskill, "Space Station Research Shows That Hardy Little Travelers Could Colonize Mars," NASA Johnson Space Center news release, May 2, 2014, https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/eu_tef.

(11) Using modern data-analysis software, Levin's allies say they have found evidence of circadian rhythms in the LR experiment's radiation measurements, another possible signal of life. See Ker Than, "Life on Mars Found by NASA's Viking Mission?" *National Geographic News*, April 15, 2012, https://news.nationalgeographic.com/news/2012/04/120413-nasa-viking-program-mars-life-space-science.

(12) NASA, *Viking 40th Anniversary: Life on Mars*, EDGE video, https://www.nasa.gov/mission_pages/Viking.

(13) Davies writes: "Gil wanted to run the LR experiment with two broths, one having left-handed amino acids and right-handed sugars, the other using their mirror forms. Thus, had the Mars soil fizzed equally for both, a simple chemical reaction would be the most likely explanation—the one most scientists now back. But if biology had been responsible, then there would have been a marked difference in response between the two forms of broth" (*The Eerie Silence*, 39).

(14) Mike Wall, "Signs of Life on Europa May Be Just beneath the Surface," *Scientific American*, July 23, 2018, https://www.scientificamerican.com/article/signs-of-life-on-europa-may-be-just-beneath-the-surface.

(15) US National Research Council, *Limits of Organic Life in Planetary Systems*, 30–31.

(16) James Stevenson, Jonathan Lunine, and Paulette Clancy, "Membrane Alternatives in Worlds without Oxygen: Creation of an Azotosome,"

Science Advances, February 27, 2015, http://advances.sciencemag.org/content/1/1/e1400067.

(17) See chapter 3, "A Shadow Biosphere?," in Davies, *The Eerie Silence*, 42–65.

(18) US National Research Council, *Limits of Organic Life in Planetary Systems*, 74–75.

(19) Donald Goldsmith's book *Exoplanets: Hidden Worlds and the Search for Extraterrestrial Life* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 2018) is a wonderful source on the exoplanet story.

(20) NASA Exoplanet Archive, https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/, data retrieved July 27, 2019. The archive offers up-to-date information about the exoplanet hunt.

(21) Seth Shostak, "This Weird Planetary System Seems Like Something from Science Fiction," *Mach, NBC News*, February 22, 2017, https://www.nbcnews.com/mach/space/weird-planetary-system-seems-something-science-fiction-n724136.

(22) See the Habitable Exoplanets Catalog maintained by the Planetary Habitability Laboratory at the University of Puerto Rico at Arecibo, http://phl.upr.edu/projects/habitable-exoplanets-catalog.

(23) Sara Seager, William Bains, and Janusz Jura Petkowski, "Toward a List of Molecules as Potential Biosignature Gases for the Search for Life on Exoplanets and Applications to Terrestrial Biochemistry," *Astrobiology* 16 (2016): 465.

(24) US National Research Council, *Limits of Organic Life in Planetary Systems*, 84.

الفصل الرابع: حل مفارقة فيرمي

(1) I'm referring mainly to Milan Ćirković, who considers the Drake Equation to be not just outmoded but also dangerous: "In the SETI field,

invocation of the Drake equation is nowadays largely an admission of failure … to develop a real theoretical grounding for the search" (*The Great Silence*, 95).

(2) Matthew Cobb, "Alone in the Universe: The Improbability of Alien Civilisations," in *Aliens: The World's Leading Scientists on the Search for Extraterrestrial Life*, ed. Jim al-Khalili (New York: Picador, 2016), 166.

(3) "On the Shores of the Cosmic Ocean," episode 1 of *Cosmos*, PBS, September 28, 1980.

(4) NASA Exoplanet Archive, https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html.

(5) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 230–234.

(6) Michael Hart, "Habitable Zones about Main Sequence Stars," *Icarus* 37, no. 1 (January 1979): 351–357.

(7) Erik Petigura, Andrew Howard, and Geoffrey Marcy, "Prevalence of Earth-Size Planets Orbiting Sun-Like Stars," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, no. 48 (November 26, 2018): 19273–19278.

(8) Ward and Brownlee, *Rare Earth*, 190–220.

(9) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 288–290. To be clear, although Ward and Brownlee were aware of the Mars hypothesis, it wasn't a big part of their argument.

(10) Ward and Brownlee, *Rare Earth*, 243.

(11) Ward and Brownlee, *Rare Earth*, 250.

(12) US National Research Council, *Limits of Organic Life in Planetary Systems*, 1.

(13) David J. Darling, *Life Everywhere: The Maverick Science of Astrobiology* (New York: Basic Books, 2001), 103.

(14) Ćirković, *The Great Silence*, 152.

(15) John G. Cramer, "The Pump of Evolution," *Analog Science Fiction & Fact*, January 1986, https://www.npl.washington.edu/av/altvw11.html.

(16) Ćirković, *The Great Silence*, 172.

(17) This is known as the Adaptationist or Permanence Hypothesis, after a story by science–fiction author Karl Schroeder. See Ćirković, *The Great Silence*, 158–162.

(18) Ross Andersen, "What the Crow Knows," *Atlantic*, March 2019, https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2019/03/what–the–crow–knows/580726.

(19) Sagan, *Cosmos*, 301. Note that Sagan's version of the Drake Equation was slightly different from the standard one. He used N^* (the absolute number of stars in the galaxy) instead of R^* (the rate of star formation), and f_L ("the fraction of a planetary lifetime graced by civilization") instead of L. But the math comes out the same. Note also that Earth will become uninhabitable in about one billion years, long before the sun dies.

(20) The Light–Cage Hypothesis: see Webb, *If the Universe is Teeming with Aliens*, 101–103.

(21) The Galactic Stomach Ache Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 222–228.

(22) The Thoughtfood–Exhaustion Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 163–164.

(23) The Deadly Probes Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 187–193.

(24) The Astrobiological Phase Transition Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 174–178.

(25) Nick Bostrom, *Anthropic Bias: Observation Selection Effects in Science and Philosophy* (New York: Routledge, 2010).

(26) Nick Bostrom, "Where Are They? Why I Hope the Search for Extraterrestrial Life Finds Nothing," *MIT Technology Review*, April 22, 2008, 120.

(27) Robin Hanson, “The Great Filter—Are We Almost Past It?” September 15, 1998, http://mason.gmu.edu/~rhanson/greatfilter.html.

(28) David Deutsch, *The Beginning of Infinity: Explanations That Transform the World* (New York: Penguin Books, 2011), 446.

(29) Ćirković explores the Hermit Hypothesis and finds it wanting (*The Great Silence*, 27–30). It assumes that every individual in a hermit species feels the same way and that the species has figured out how to avoid leaking any transmissions or other information about themselves.

(30) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 183–185.

(31) The Sustainability or Aliens Are Green Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 220–222, and Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 106–109.

(32) The Resource-Exhaustion Hypotheses: see Ćirković, *The Great Silence*, 185, and Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 103–104.

(33) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 111–113.

(34) The Distance-Learners Hypothesis: see Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 187–189.

(35) Ćirković calls this the “Introvert Big Brother” Hypothesis: see *The Great Silence*, 182–185.

(36) The Persistence Hypothesis, also known as the Percolation Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 212–214, and Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 92–98.

(37) Jonathan Carroll-Nellenback, Adam Frank, Jason Wright, and Caleb Shaw, “The Fermi Paradox and the Aurora Effect: Exo-civilization Settlement, Expansion, and Steady States,” ArXiv preprint, February 13, 2019, https://arxiv.org/pdf/1902.04450.pdf.

(38) The average distance between any two communicating civilizations is calculated using a standard formula for the number of spheres of a given volume that fit into a space of a given volume. The formula

is ((space-volume/sphere-volume)/packing-density), where the packing density is the optimal 0.74048 for cubical or hexagonal packing. We know the number of spheres, 16,875 in this case, and the volume of the galaxy, so we can solve for sphere volume and hence the sphere radius. The distance between any two communicative civilizations in this idealized scenario will be twice this radius.

(39) "Kepler-1229b," *Wikipedia*, n.d., https://en.wikipedia.org/wiki/Kepler-1229b.

(40) Douglas Adams, *The Hitchhiker's Guide to the Galaxy* (London: Pan Books, 1979), chap. 8.

(41) Ćirković calls this the "Eternal Wanderers" Hypothesis: see *The Great Silence*, 214–220.

(42) This is sometimes called the Berserker Hypothesis: see Grinspoon, *Earth in Human Hands*, 348–351, and Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 122–123.

(43) Mark Buchanan, "Searching for Trouble?" *Nature Physics*, August 2016, 720.

(44) Quoted in Johnson, "Greetings, E.T. (Please Don't Murder Us)."

(45) John A. Ball, "The Zoo Hypothesis," *Icarus* 19 (1973): 347–349.

(46) The nonexclusivity principle is one of the most powerful ideas in Milan Ćirković's book *The Great Silence* (85–90).

(47) Stephen Baxter, "The Planetarium Hypothesis—a Resolution of the Fermi Paradox," *Journal of the British Interplanetary Society*, 54 (2001): 210–216.

(48) Jason Koebler, "Elon Musk Says There's a 'One in Billions' Chance That Reality Is Not a Simulation," *Motherboard*, June 2, 2016, https://motherboard.vice.com/en_us/article/8q854v/elon-musk-simulated-universe-hypothesis.

(49) J. Richard Gott, “Implications of the Copernican Principle for Our Future Prospects,” *Nature*, May 27, 1993, 315–319.

(50) For more discussion of the Delta-T argument, see Webb, *If the Universe is Teeming with Aliens*, 178–183. For a recent book on Gott’s idea, see William Poundstone, *The Doomsday Calculation: How an Equation That Predicts the Future Is Transforming Everything We Know about Life and the Universe* (Boston: Little, Brown Spark, 2019).

(51) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 208–211.

(52) The Transcension Hypothesis: see Ćirković, *The Great Silence*, 195–199, and Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 196–198.

(53) Ćirković, *The Great Silence*, 133.

الفصل الخامس: الانضمام إلى المحادثة

(1) Thomas Levenson, the head of MIT’s science-writing program, tells the Vulcan story in compelling detail in *The Hunt for Vulcan … and How Albert Einstein Destroyed a Planet, Discovered Relativity, and Deciphered the Universe* (New York: Random House, 2015).

(2) Ćirković calls this the “Paranoid Style in Galactic Politics” Hypothesis; see *The Great Silence*, 124–126.

(3) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 160.

(4) Marek Abramowicz, *How to Search for a Signal from an Alien Civilization*, video, December 4, 2018, https://www.youtube.com/watch?v=P-XE7DOFLo0.

(5) A double-size DVD-RAM disk holds 9.4 gigabytes of data. Assume that it flies for one second in a small room. You have just sent data at 9.4 gigabytes per second or 75,200 megabits per second. Compared to a maximum download speed for most home broadband services (circa 2020) of 300 megabits per second, the flying disk offers a 250-times improvement.

(6) Webb, *If the Universe Is Teeming with Aliens*, 161–163.

(7) Shmuel Bialy and Abraham Loeb, "Could Solar Radiation Pressure Explain 'Oumuamua's Peculiar Acceleration?" accepted for publication in *Astrophysical Journal Letters*, November 6, 2018; Abraham Loeb, "6 Strange Facts about the Interstellar Visitor 'Oumumua," *Scientific American*, November 20, 2018, https://blogs.scientificamerican.com/observations/6-strange-facts-about-the-interstellar-visitor-oumuamua.

(8) Quoted in Josh Swartz, "Harvard Astronomer on Why Aliens Aren't Science Fiction," WBUR, January 30, 2019, https://www.wbur.org/endlessthread/2019/01/30/oumuamua-alien-probe-avi-loeb.

(9) Andreas Hein, Nikolaos Perakis, T. Marshall Eubanks, Adam Hibberd, Adam Crowl, Kieran Hayward, Robert G. Kennedy III, et al., "Project Lyra: Sending a Spacecraft to 1I/'Oumuamua (Former A/2017 U1), the Interstellar Asteroid," ArXiv.org, October 19, 2018, https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1711/1711.03155.pdf.

(10) Quoted in Oded Carmeli, "If True, This Could Be One of the Greatest Discoveries in Human History," *Haaretz*, January 16, 2019, https://www.haaretz.com/us-news/.premium.MAGAZINE-if-true-this-could-be-one-of-the-greatest-discoveries-in-human-history-1.6828318.

(11) Nathalie Cabrol, "Alien Mindscapes—a Perspective on the Search for Extraterrestrial Intelligence," *Astrobiology* 16, no. 9 (2016): 663, 667.

(12) Cabrol, "Alien Mindscapes," 669.

(13) Four of my favorites films that focus on postcontact outcomes include *2001: A Space Odyssey* (1968), *Close Encounters of the Third Kind* (1977), *Contact* (1997), and *Arrival* (2016).

(14) See Carl Jung, *Flying Saucers: A Modern Myth of Things Seen in the Skies* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1979).

قراءات إضافية

Billings, Lee, *Five Billion Years of Solitude: The Search for Life among the Stars*, New York: Penguin, 2013.

Ćirković, Milan, *The Great Silence: The Science and Philosophy of Fermi's Paradox*, Oxford: Oxford University Press, 2018.

Davies, Paul, *The Eerie Silence: Renewing the Search for Alien Intelligence*, Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

Deutsch, David, *The Beginning of Infinity: Explanations That Transform the World*, New York: Penguin, 2011.

Goldsmith, Donald, *Exoplanets: Hidden Worlds and the Quest for Extraterrestrial Life*, Cambridge, MA: Harvard University Press, 2018.

Grinspoon, David, *Earth in Human Hands: Shaping Our Planet's Future*, New York: Grand Central Publishing, 2016.

Grinspoon, David, *Lonely Planets: The Natural Philosophy of Alien Life*, New York: Harper Collins, 2003.

Al-Khalili, Jim, ed., *Aliens: The World's Leading Scientists on the Search for Extraterrestrial Life*, New York: Picador, 2016.

Scoles, Sarah, *Making Contact: Jill Tarter and the Search for Extraterrestrial Intelligence*, Berkeley, CA: Pegasus Books, 2017.

Shostak, Seth, *Confessions of an Alien Hunter: A Scientist's Search for Extraterrestrial Intelligence*, New York: Penguin Random House, 2009.

Toomey, David, *Weird Life: The Search for Life That Is Very, Very Different from Our Own*, New York: Norton, 2013.

Ward, Peter D., and Donald Brownlee, *Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*, New York: Copernicus, 2000.

Webb, Stephen, *If the Universe Is Teeming with Aliens … Where Is Everybody? Seventy–Five Solutions to the Fermi Paradox and the Problem of Extraterrestrial Life*, 2nd ed., New York: Springer, 2015.

هنـــداوي