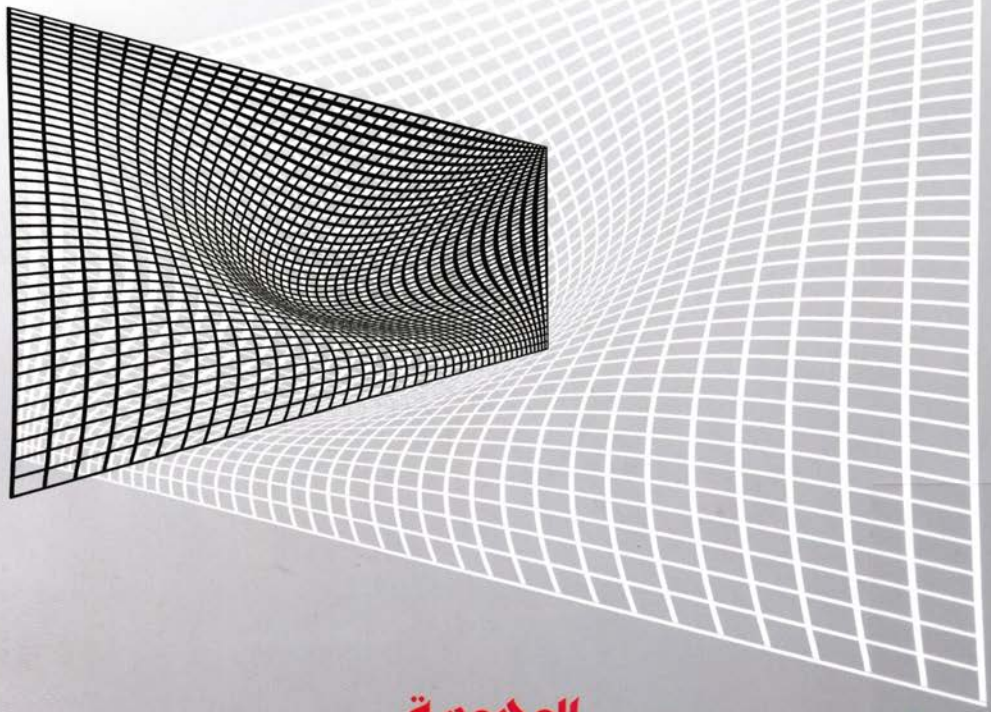
ميتشيو كاكو

مستقبل البشرية

استصلاح المريخ والسفر بين النجوم والخلود ومصيرنا خارج الارض

ترجمة : حمدي أبو كيلة

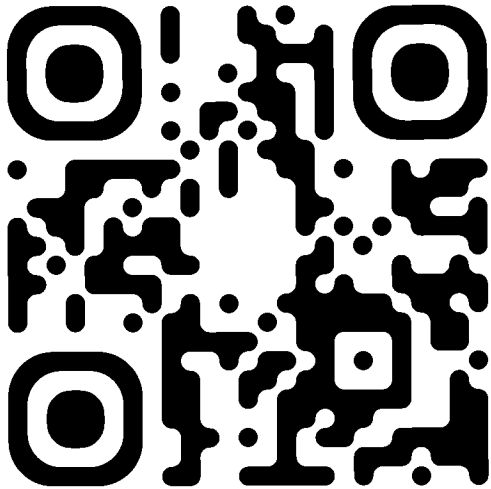
مكتبة
t.me/soramnqraa



المحروسة

مُسْتَقْبَلُ البَشَرِيَّة

اسْتِصلاحُ المرِّيخِ، والسَّفَرُ بَيْنَ النُّجومِ،
والخُلودُ، ومَصيرُنا خارِجَ الأَرْض



سجل في مكتبة
اضغط الصفحة
SCAN QR

عنوان الكتاب: **مُسْتَقْبَلُ البَشَرِيَّة**

اسْتِصلاحُ المرِّيخِ، والسَّفَرُ بَيْنَ النُّجومِ، والخُلودُ، ومَصيرُنا خارِجَ الأَرْض

The Future of Humanity

Terraforming Mars, Interstellar Travel, Immortality, and Our Destiny Beyond Earth

المؤلف: ميشيو كاكو Michio Kaku

ترجمة: حمدي أبو كيلة

مراجعة لغوية: محمد حمدي أبو السعود

مركز المحروسة
للنشر و الخدمات الصحفية و المعلومات

قطعة رقم 7399 ش28 من ش 9 - المقطم - القاهرة

ت، ف: -28432157 002 02

mahrousaeg
almahrosacenter
almahrosacenter
www.mahrousaeg.com
info@mahrousaeg.com
mahrosacenter@gmail.com

رئيس مجلس الإدارة: فريد زهران

مدير النشر: عبدالله صقر

رقم الإيداع: ١٨٢٧/ ٢٠٢١

الترقيم الدولي: 978-977-313-831-8

جميع حقوق الطبع

محفوظة لمركز المحروسة

2021

Copyright © 2018 by Michio Kaku

ميشيو كاكو

مكتبة
t.me/soramnqraa

مُسْتَقْبَلُ البَشَرِيَّة

اسْتِصلاحُ المرِّيخِ، والسَّفَرُ بَيْنَ النُّجومِ، والخُلودُ، ومَصيرُنا خارِجَ الأَرْض

ترجمة

حمدي أبو كيلة

الطبعة الأولى 2021

مكتبة
t.me/soramnqraa

بطاقة فهرسة

فهرسة أثناء النشر إعداد إدارة الشئون الفنية

كاكو، ميشيو، 1947 -

مُسْتَقْبَلُ البَشَرِيَّة: اسْتِصلاحُ المرِّيخِ، والسَّفَرُ بَيْنَ النُّجومِ، والخُلودُ، ومَصيرُنا خارِجَ الأَرْض/ ميشيو كاكو؛ ترجمة: حمدي أبو كيلة.-ط1

القاهرة: مركز المحروسة للنشر والخدمات الصحفية والمعلومات، 2021

418 ص؛ 17×24 سم

تدمك 978-977-313-831-8

1 - الكونيات-علم

أ-أبو كيلة- حمدي (مترجم)

ب- العنوان

523.1

رقم الإيداع 2021/1827

إهداء

إلى زوجتي الحبيبة شيزو

وابنتيَّ: ميشيل وأليسون...

المحتويات

تقديم 9

مدخل 11

مُقدِّمة: نحوَ نَوعٍ مُتعدِّدِ الكَواكِب 19

الجزء الأول: مُغادَرَةُ الأَرْضِ 29

الفصل الأوَّل: الإعداد للمُغادَرَة 31

الفصل الثاني: عَصرٌ ذَهبيٌّ جَديدٌ للسَّفَر في الفَضاء 51

الفصل الثالث: التَّعدينُ في السَّماوات 73

الفصل الرابع: المرّيخُ أو النِّهايَة 83

الفصل الخامس: المريخ: الكوكب الجنة 101

الفصل السادس: العَمالِقَةُ الغازِيَةُ والمُذَنَّباتُ، وما وَراءَها 125

125

الجزء الثاني: رِحْلَةٌ إلَى النُّجومِ 139

الفصل السابع: روبوتات في الفضاء 141

الفصل الثامن: بِناءُ سَفينَةِ فَضاءٍ نَجميَّةٍ 171

الفصل التاسع: "كِبلر" وكَونٌ من الكَواكِب 207

207

الجزء الثالث: الحَياةُ في الكَوْنِ 225
الفصل العاشر: الخُلودُ 227
الفصل الحادي عشر: ما فوقِ الإنْسانيَّة والتِّكنولوچيا 251
الفصل الثاني عشر: البَحْثُ عَنْ حَياةٍ خارِجَ الأَرْضِ 273
الفصل الثالث عشر: حَضاراتٌ مُتَقَدِّمَةٌ 299
الفصل الرابع عشر: مُغادَرَةُ الكَوْنِ 351

الهوامش 371
مصادر الصور 399
شُكرٌ وعِرفان 401
نُبْذَةٌ عن المؤلِّف 415
نُبذَة عن المُترجِم 417

تقديم

تلعب المَعرِفةُ دورًا أساسيًّا في تَقدُّم الأُمَم، ويزدادُ ذلك مع سُرعةِ وَتيرة البحث، إضافةً إلى ازدياد كَمِّ المعرفة. يتَّضِحُ ذلك جَلِّيا في يَومِنا هذا، وخاصَّةً في علوم الكون والفضاء.

منذ أكثر من نصف قرنٍ مضى تراكَمت المعلومات عمَّا يحيط بالأرض بسرعة فائقة، وكانت معظم الأبحاث تَتمُّ وتُنشَرُ نتائِجُها إمَّا في الغرب أو الشرق، وبَقِيَ العالَمُ العربيُّ في غيبوبةٍ، لا يشارك إطلاقًا في حصاد معلومات جديدة عمَّا خلقه الله حولنا.

لهذا السبب فإن ترجمة ما يُكتَبُ عن هذا الموضوع الشَّيِّق في الشَّرق أو الغرب هو عَملٌ وطنيٌّ هامٌّ؛ أولا لأنَّه ينقل المعلومة للقارئ العربي، ويحثُّ الباحثَ العربيَّ على استكمال المسيرة لجمع قِسطٍ أكبرَ من العلم والمعرفة عن الكون الذي يحيط بنا.

لذلك تسعدني ترجمة كتاب "مستقبل البشرية" للعَلَّامة "ميشيو كاكو"، الذي يُنوِّه عن أهمِّ الاستكشافات العلمية التي جاء بها عصر الفضاء. ويسعدني

أيضًا أن الأخ حمدي أبو كيلة هو مَن ترجم هذا الكتاب الهام؛ لِمَا عَهِدتُه فيه من دِقَّةٍ واهتمام.

وعسى أن يَسْعَد القارئُ العربيُّ بهذه الإضافة الطيِّبة.

د. فاروق الباز

مدير متقاعد مركز أبحاث الفضاء،
جامعة بوسطن، ولاية ماساشوستس.
الولايات المتحدة الأمريكية

مكتبة
t.me/soramnqraa

مدخل

يومًا ما، قبل نحو خمسة وسبعين ألف عام، ماتت البشرية تقريبًا. انفجار هائلٌ في إندونيسيا تَفتَّقَ عن سحابة ضخمة من الرماد والدُّخان والحُطام، غَطَّت ألوفًا من الأميال. كان انفجار "توبا"Toba عنيفًا لدرجة أنه يُصنَّفُ بوصفه أقوى حَدَثٍ بركانيٍّ في الملايين الخمسة والعشرين الماضية من السَّنوات. لقد نفَثَ في الهواء كَمِّيَّةً غير معقولة من التراب، بَلَغَت 670 ميلًا مُكعَّبًا، كما أسفر عن تغطية مساحات كبيرة من ماليزيا والهند بطبقة من الرماد البركاني، وصل سُمْكُها إلى ثلاثين قدمًا، وانساب الدُّخانُ السَّامُّ والرَّمادُ فوق أفريقيا؛ مُخلِّفًا في إثْرِه الموتَ والدَّمار.

تَصوَّرْ، للحظةٍ، الفوضى التي سبَّبها هذا الحدثُ الكارثي. لقد ارتعب أسلافُنا من الحرارة الحارقة وسحب الرماد التي حَجَبَت ضوء الشمس، واختنق الكثيرون، أو تَسمَّموا؛ بِفِعْلِ السِّناج والغبار الكثيفَيْن. انخفضت درجة الحرارة بشدَّة، مُتسبِّبَةً في "شتاءٍ بركانيٍّ". الحياة النباتية والبرية ماتت إلى أقصى مدى يمكن تَصوُّرُه، تارِكَةً وراءها مشهدًا كئيبًا مُقفِرًا. لم يَعُدْ أمام الناس والحيوانات سوى أن ينبشوا الخرائبَ بَحثًا عن فُتاتٍ من الطعام، ومعظم الناس ماتوا جوعًا. لقد

بدا كما لو أن الأرض بكاملها تموت. والقليلون الذين نجوا كان لهم هدف واحد وحيد: أن يهربوا بقدر ما يستطيعون بعيدًا عن ستار الموت الذي غطّى عالَمَهم.

ربَّما يمكن أن يوجد دليلٌ دامِغٌ على هذه الكارثة في دمائنا.

علماء الوراثة لاحظوا حقيقةً غريبة، مُؤدَّاها أنَّ أي اثنين من بني الإنسان لديهما حِمْضٌ نَوويٌّ مُتطابِقٌ تقريبًا. وعلى النقيض من ذلك، أي اثنين من الشمبانزي يمكن أن يكون بينهما تَنوُّعٌ وراثيٌّ أكثر ممَّا لدى الجنس البشري بأكمله. رياضيًّا، إحدى النظريات التي تُفسِّر هذه الظاهرةَ تفترض أن معظم البشر بادوا في زمن هذا الانفجار، ولم يتبقَّ منهم سوى حفنة في حدود الألفين. ومن المدهش أن هذه المجموعة الرَّثَّةَ المُتَّسِخَةَ من الناس سوف تصبح أسلافَ الكثير من أبناء آدم وحوَّاء، الذين سوف يأهلون -أخيرًا- الكوكب بأكمله. كلُّنا تقريبًا نُسَخٌ من بعضنا البعض، إخوة وأخوات انحدروا من مجموعة ضئيلة قوية التَّحمُّل من البشر الذين استطاعوا بسهولة أن يتكيَّفوا داخل ما يشبه قاعَةَ رَقصٍ في فندق حديث.

وحيث ارتحلوا في الأرض القاحلة، لم يكن لديهم فكرة عن أن خَلَفَهم سوف يُهيمِنون يومًا ما على كل ركن من كوكبنا.

اليوم، حيث نحدِّق في المستقبل، نرى أن الأحداث التي وقعت قبل خمسة وسبعين ألف عام قد تكون في الواقع بروقة لكوارث مستقبلية. لقد تذكَّرتُ ذلك في عام 1992، عندما سمعتُ الأنباء المذهلة التي مُؤدَّاها أنه تمَّ للمرَّة الأولي اكتشاف كوكب يدور حول نجم بعيد. مع هذا الاكتشاف، أمكن لعلماء الفلك أن يثبتوا وجودَ كَواكِبَ خارج نظامنا الشمسي. لقد كان ذلك تحوُّلًا جوهريًّا كبيرًا في فهمنا للكون، ولكنَّ الحُزنَ أصابني عندما سمعت ما تلى ذلك من أنباء: هذا الكوكب البعيد كان يدور حول نجم مَيِّتٍ، مُشِعٍّ، شَهِدَ انفجارًا ضخمًا قَتَلَ تقريبًا كُلَّ شيء يُحْتَمَلُ أن يكون قد عاش على ظهر ذلك الكوكب. لا يوجد شيء حيٌّ يَعرِفُه العِلمُ يُمكِنُ أن يصمد أمام انفجار مُدمِّرٍ من الطاقة النووية التي تنشأ عندما ينفجر نَجمٌ في الجوار.

ثم تصوَّرتُ وجودَ حضارَةٍ على ذلك الكوكب، يدرك أبناؤها أن نجمهم الأمَّ كان يموت، ويعملون في عَجَلَةٍ على تكوين أسطولٍ ضخم من سفن الفضاء لتنقلهم

إلى نظامٍ نَجميٍّ آخر. سوف تكون هناك فوضى تامَّة على الكوكب، حيث يحاول الناس -من الرعب واليأس- أن يتكالَبوا ليضمنوا لأنفسهم المقاعِدَ القليلة الأخيرة على المَرْكَباتِ المُوشِكَةِ على الرحيل، وتصوَّرتُ الرُّعبَ الذي كان سيشعر به هؤلاء الذين يُتْرَكون لمواجهة مصيرهم حيث تنفجر شمسهم.

من المحتوم -كحتميَّةِ قوانين الفيزياء- أن البشرية سوف تواجه يومًا ما حَدَثًا من نوع ما على مستوى الانقراض، ولكن هل نحن -كما كان أسلافنا- سيكون لدينا العزيمة والإصرار لكي ننجو، بل ونزدهر؟

لو تفحَّصنا كلَّ أشكال الحياة التي وُجِدَت على الأرض، من البكتيريا الميكروسكوبية إلى الغابات الضخمة، والديناصورات الثقيلة، والبشر المغامرين؛ سوف نجد أن 99.9% منها أصبحت منقرِضَةً في النهاية، وهذا يعني أن الانقراض هو القاعدة، حيث إن الصِّعابَ مُكدِّسَةٌ في مواجهتنا بِشدَّة. عندما نحفر في الأرض تحت أقدامنا لكي نستكشف السِّجِلَّ الأحفوري، سوف نجد أدلَّةً على الكثير من أشكال الحياة القديمة. حفنةٌ صغيرةٌ جدًّا منها فقط لا تزال حَيَّةً حتى اليوم. ملايين من الأنواع ظهرت قبلنا؛ عاشت حياتها تحت الشمس، ثم ذَوَت وماتت. تلك هي قصة الحياة.

بِغَضِّ النظر عن مقدار ما قد نشهده من غروب الشمس الرومانسي الدراماتيكي، ورائحة نسائم البحر المنعشة، ودفء يوم صيفي، كل شيء سينتهي يومًا ما، وسوف يصبح الكوكب غير صالح لحياة الإنسان. سوف تنقلب الطبيعة علينا، كما انقلبت على كل أشكال الحياة التي انقرضت تلك.

التاريخ الطويل للحياة على الأرض يبيِّن أنه، في مواجهة البيئة العدوانية، تواجه الكائنات حتمًا واحدًا من ثلاثة مصائر، فهي تستطيع أن تغادر تلك البيئة، أو تتكيَّف معها، وإلَّا سوف تموت. ولكن، إذا نظرنا إلى المستقبل البعيد، سوف نواجه في النهاية كارثة كبيرة، لدرجة أن التَّكيُّف سوف يكون مستحيلًا عَمليًّا، فإمَّا أن نُغادِرَ الأرض، أو نفنى. لا يوجد طريقٌ آخر.

هذه الكوارث حدثت مرارًا وتكرارًا في الماضي، وسوف تحدث حتمًا في المستقبل. لقد شَهِدَت الأرضُ بالفعل خَمْسَ دوراتٍ كبرى من الانقراض، تلاشى في كلٍّ منها ما

يقرب من 90% من كل أشكال الحياة على الأرض. وكما يتحتَّم أن يعقب النهار الليل؛ سوف يأتي المزيد منها.

بمقياس عشرات السنين، نحن نواجه تهديداتٍ ليست طبيعيَّةً، ولكنها من صُنْعِ أيدينا إلى حَدٍّ كبير؛ بسبب حماقتنا وقِصَرِ نظرنا. نحن نواجه خطر الاحترار العالمي، عندما ينقلب علينا الغلاف الجوي للأرض ذاتها. ونحن نواجه خطر الحرب الحديثة، حيث تنتشر الأسلحة النووية في بعض أكثر مناطق الأرض بُعدًا عن الاستقرار. نحن نواجه خطر الأسلحة الجرثومية، مثل الإيدز أو الإيبولا المحمولة جَوًّا، التي تستطيع أن تنتقل من خلال سَعْلَةٍ أو عَطْسَةٍ بسيطة. هذه تستطيع أن تمحو ما يصل إلى 98% من الجنس البشري. وفوق ذلك، نحن نواجه تزايُدًا سُكَّانِيًّا يستهلك الموارد بمعدَّلٍ جنونيٍّ. وقد نتجاوز الطاقة الاستيعابيَّةَ للأرض عند نُقطَةٍ ما، ونجد أنفسنا في كارثة أيكولوجيَّةٍ تُلاحِقُ آخِرَ ما تبقَّى من إمداداتٍ على الأرض.

بالإضافة إلى الكوارث التي نصنعها بأيدينا، هناك أيضًا كوارث طبيعية لا نملك عليها من السيطرة إلَّا قليلًا. بمقياس ألوف السنين، نحن نواجه بداية عصر جليدي جديد، فعلى مدى السنوات المائة ألف الماضية، كان الكثير من سطح الأرض مُغطًّى بما يصل إلى نصف ميل من الجليد الصُّلب. سطح الأرض المتجمِّد القاحل أدَّى بالكثير من الحيوانات إلى الانقراض. ثم، منذ عشرة آلاف عام، كان هناك طقسٌ أدَّى إلى ذَوَبانِ الجليد. هذه الفترة القصيرة من الدفء، أدَّت إلى الصعود المفاجئ في الحضارة الحديثة، واستغلَّ البشر تلك الميزة لكي ينتشروا ويزدهروا. ولكن هذا الازدهار حدث أثناء فترةٍ تقع بين عصرين جليديَّيْن؛ ما يعني أنه من المتوقَّع أن نواجه عصرًا جليديًّا آخرَ في العشرة آلاف سنةٍ القادمة. وعندما يحدث ذلك، سوف تختفي مُدُنُنا تحت جبالٍ من الثلج، وسوف تتحطَّمُ الحضارة تحت الجليد.

نحن نواجِهُ أيضًا إمكانيَّةَ أن يصحو البركان الضخم الكائن تحت مَحميَّةِ "ييلوستون الطبيعية"[1] Yellowstone National Park من سُباتِه الطويل، ليمزِّق

(1) محميَّة ييلوستون الطبيعية Yellowstone National Park: محمية طبيعية أمريكية تقع في أراضي ولايات ويومينج ومونتانا وإيداهو. تأسَّسَت سنة 1872- المترجم.

الولايات المتحدة، مُغطِّيًا الأرضَ بسحابَةٍ خانِقَةٍ سامَّة من السِّناج والحطام. لقد ثار البركان مرَّاتٍ سابقة قبل 630,000 عام، و1.2 مليون عام، و2.1 مليون عام. حيث فصل بين المرَّةِ والأخرى 700,000 عام تقريبًا؛ ولذلك، ربما نكون في انتظار ثَوَرانٍ ضَخْمٍ جديدٍ خلال المائة ألف عام القادمة.

بمقياس ملايين السنين، نحو نواجه تهديدَ أَثَرِ مُذنَّبٍ أو نَيْزَكٍ مُشابِهٍ لذلك الذي ساهم في تدمير الديناصورات قبل 65 مليون عام. في ذلك الوقت، هَوَت صَخرةٌ طُولُها نحو سِتَّةِ أميالٍ على شِبهِ جزيرة "يوكاتان" Yucatán التابعة للمكسيك، مُرْسِلَةً إلى السَّماء حُطامًا مُلتَهِبًا سَقَطَ على الأرض من جديد. ومثل انفجار "توبا"، لكن أكثرَ بكثير، أَدَّى الرَّمادُ في النهاية إلى حَجْبِ ضوء الشمس، وانخفَضَت درجة الحرارة على مستوى العالم. ومع هَلاكِ الحياة النباتية انهارت سلسلة الغذاء، وجاعَت -إلى حَدِّ الموت- الديناصورات التي تتغذَّى على النباتات، وتَبِعَتها على الفور أبناءُ عُمومَتِها من آكِلاتِ اللحوم، وفي النهاية هَلَكَ 90% من كلِّ أشكال الحياة على الأرض على إثْرِ ذلك الحَدَثِ الكارثيِّ.

على مدى ألوفٍ مُتعاقِبَةٍ من السنين، كُنَّا نعيش في سعادةٍ، جاهِلين حقيقةَ أنَّ الأرض تطفو فوق حَشدٍ من الصخور التي من الوارد أن تكون قاتِلَةً، وفقط خلال السنوات العشر الأخيرة، بدأ العُلماءُ في تقدير الحجم الحقيقي لأثرٍ كبير. فنحن نعلم الآن أنه يوجد آلاف عديدة من الأشياء القريبة من الأرض تعبر مَدارَها، وتفرض خَطرًا على الحياة فوق كوكبنا. وفي يونيو 2017، كان قد تمَّ فهرسة 12,294 من هذه الأشياء، ولكن هذه هي فقط الأشياء التي اكتشفناها. وعلماء الفلك يقدِّرون أنه ربما توجد عدَّة ملايين من الأشياء غير المرصودة في نظامنا الشمسي تمرُّ بالأرض.

لقد أَجريتُ مُقابَلَةً ذاتَ مرَّةٍ مع عالم الفلك الراحل كارل ساجان Karl Sagan حول هذا التهديد، وقد أَكَّدَ لي على "أننا نعيش في مرمى إطلاق نارٍ كَوْنيٍّ"، مُحاطٍ بكوارِثَ مُحتَمَلةٍ، كما أخبرني بأنها مجرَّد مسألة وقت قبل أن يصطدم كُوَيكِبٌ كبير بالأرض. وإذا استطعنا بشكلٍ ما أن نُنيرَ تلك الكُوَيكِباتِ فسوف نرى السماء في الليل ممتَلِئَةً بألوفٍ من نقاط الضوء المتوعِّدَة.

وحتى لو افترضنا أنَّنا تَجنَّبنا كُلَّ تلك المخاطر، فهناك خطرٌ آخر يجعلها تبدو أقزامًا مُقارَنَةً به؛ فبعد خمسة بلايين عام من الآن، سوف تتمدَّد الشمسُ لتصبح نَجمًا أحمر عملاقًا، يملأ كامِلَ السماء، وسوف تكون الشمس ضَخمةً لدرجة أن مدار الأرض سوف يقع داخل غُلافِها الجَوِّيِّ الملتَهِبِ، والحرارةُ الحارِقةُ سوف تجعل الحياةَ مُستحيلةً وسط هذا الجحيم.

على خلاف أشكال الحياة الأخرى على هذا الكوكب، التي سوف تنتظر مصيرَها في سلبيَّةٍ: نحن البشر سادَةُ مَصيرِنا، ومن حُسنِ الحظ أنَّنا الآن نخلق الأدوات التي تتحدَّى الصِّعابَ التي تفرضها علينا الطبيعة، حتى لا نكون واحدًا من الـ 99.9% من أشكال الحياة المُقدَّر عليها الانقراض. وفي هذا الكتاب، سوف نلتقي بالرُّوَّاد الذين يملكون الطَّاقَةَ والرُّؤيَةَ والموارِدَ اللَّازِمَةَ لتغيير مصير البشرية. سوف نُقابِلُ الحالمين الذين يعتقدون أنَّ البشرية تستطيع أن تعيش وتزدهر في الفضاء الخارجي. وسوف نُحلِّل التَّطوُّرات الثوريَّة في التكنولوجيا التي ستجعل من الممكِنِ أن نُغادِرَ الأرضَ لكي نستوطِنَ أماكِنَ أخرى في المجموعة الشمسية، أو حتى خارجها.

ولكن، إذا كان هناك دَرسٌ لنتعلَّمَه من تاريخنا، فهو أن البشرية عندما واجَهَت أزماتٍ تُهدِّد حياتَها ارتفَعَت إلى مستوى التَّحدِّي، بل ووصَلَت إلى أهدافٍ أعلى. وبمعنى ما: روح الاستكشاف موجودَةٌ في چيناتنا، وماثِلَةٌ في أرواحنا.

ولكننا الآن ربما نواجه أكبر تَحدٍّ على الإطلاق: أن نغادر حدود الأرض ونحلِّقَ في الفضاء الخارجي. إن قوانين الفيزياء واضحة؛ عاجِلًا أو آجِلًا سوف نواجِهُ أزمةً على مستوى الكوكب تُهدِّد وجودَنا في الصَّميم.

إنَّ الحياة أكثرُ قيمَةً من أن تُحصَرَ في كَوكبٍ واحِدٍ، فتكون تحتَ رحمةِ تلك التَّهديدات الكَوكبيَّة.

وكما أخبرني "ساجان": نحن نحتاج إلى سياساتِ تأمينٍ. وقد خَلُص إلى أننا يجب أن نصير "نوعًا ثُنائيَّ الكوكب". بتعبير آخر: نحن نحتاج إلى خطَّةٍ احتياطيَّة.

في هـذا الكتـاب سـوف نستكشـف التاريـخ، والتحديـات، والحلـولَ المُمكِنَـةَ في مَسـارِنا. الطريـق لـن يكـون سـهلًا، وسـوف تكـون هنـاك نكسـات، ولكـن ليـس أمامنـا خيـار.

منـذ مـا يُقـارِبُ الانقـراض قبـل نحـو خمسـةٍ وسـبعين ألـف عـام، انطلـق أجدادُنـا يغامـرون، وبَـدؤوا في اسـتعمار الأرض بكاملهـا. وهـذا الكتـاب -كـما آمـل- سـوف يعـرض الخطـواتِ الضروريَّـةَ للتَّغلُّـب عـلى العَقبـاتِ التـي سـوف نُواجِهُهـا حتـمًا في المسـتقبل. وربَّمـا يكـون مصيرنـا أن نصبـح نَوعًـا مُتعـدِّدَ الكواكـب يعيـش بـين النجـوم.

مكتبة
t.me/soramnqraa

"إذا كان بَقاؤُنا على المَدى الطَّويلِ مَحلَّ خَطرٍ، فإنَّ عَلينا مَسؤوليَّةً أساسيَّةً تِجاهَ جِنسِنا في أَنْ نَرتادَ عَوالِمَ أُخرَى".

"كارل ساجان" CARL SAGAN

"الدَّيناصوراتُ انْقرَضَت لأنها لم يكن لديها بَرنامَجٌ فضائِيٌّ. ولَو كُنَّا سَنَنقَرِضُ لأنَّنا لا نَملِكُ بَرنامَجًا فَضائِيًّا؛ فإنَّ مِثلَ هذا البَرنامَجِ سَوفَ يَخْدِمُنا كثيراً".

"لاري نيڤين" LARRY NIVEN

مُقدِّمة

نحوَ نَوعٍ مُتعدِّدِ الكَواكِب

عندما كنتُ طِفلًا، قَرأتُ ثُلاثِيَّةَ "إسحق أسيموف" Isaac Asimov: "المؤسَّسة" Foundation، التي يُحْتَفَى بها بوصفها واحِدَةً من أعظم المَلاحِمِ في تاريخ الخيال العِلميِّ. لقد كنت مذهولًا من أن "أسيموف"، بَدلًا من أن يكتب عن معارِكِ بنادقِ الإشعاعِ وحروب الفضاء مع كائناتٍ غريبةٍ، طرح سؤالًا بسيطًا، ولكنه عميق: أين سوف تكون الحضارة الإنسانية بعد خمسين ألف عامٍ في المستقبل؟ ما مَصيرُنا النهائيُّ؟

في ثُلاثيَّتِه الرائدة، رسم "أسيموف" صورةً للبشريَّة وهي منتشرة عبر درب اللبانة، حيث ملايين من الكواكب المأهولة مرتبطة معًا من خلال إمبراطورية مَجَرِّيَّة. لقد سافرنا بعيدًا لدرجة أن موقع الموطن الأصلي الذي شَهِدَ مَولِدَ هذه الحضارة العظيمة ضاع ذِكْرُها في غَياهِب ما قبل التاريخ. وكانت هناك مُجتمعاتٌ كثيرةٌ مُتقدِّمةٌ مُوزَّعة على امتداد المَجرَّة، مع كثيرٍ جدًّا من الناس المترابطين معًا من خلال شبكة مُعقَّدة من الرَّوابط الاقتصادية، لدرجة أنه مع

هـذه العَيِّنـة ضَخْمَـةِ الحجـم، كان مـن الممكـن اسـتخدام الرياضيـات للتنبُّـؤ بالمسـار المسـتقبليِّ للأحـداث، كـما لـو كُنَّـا نتنبَّـأ بحركـة الجُزيئـات.

منـذ سـنواتٍ، دَعـوتُ دكتـور "أسـيموف" للتحـدُّث في جامعتنـا، وعنـد سـماعي لكلماتـه المَبنيَّـة عـلى تفكـير عميـق، دُهِشـتُ لاتِّسـاع معرفتـه، ثـم سـألته سـؤالًا فَتَنَنـي منـذ طفولتـي: مـا الـذي ألهمـه كتابـةَ سلسـلة "المؤسَّسـة"؟ كيـف تَيَسَّر لـه أن يُفكِّـر في موضـوعٍ كبـير لدرجـة أنـه شَـمِلَ المجـرَّة بكاملهـا؟ ومـن دون تَـردُّدٍ أجابنـي بأنـه كان مُلْهَـمًا بصعـودِ وسـقوط الإمبراطوريَّـة الرُّومانيَّـة. في قصـة الإمبراطوريـة، نسـتطيع أن نـرى كيـف تَحـدَّد مَصيرُ الشَّـعبِ الرومـاني عـبر تاريخـه المضطـرب.

وبـدأتُ أَتسـاءَل عـمَّا إذا كان تاريـخ البشريـة لـه مصـيره هـو الآخـر. ربمـا كان مصيرنـا أن نَخلـقَ في النهايـة حضـارةً تمتـدُّ عـبرَ مجـرَّة درب اللَّبَّانـة بكامِلهـا. ربمـا يكـون مصيرنـا حَقًّـا فـوق النجـوم.

كثـير مـن الموضوعـات التـي اسـتند إليهـا عمـل "أسـيموف" تـمَّ استكشـافها في وقـت أسـبق، في روايـة "صانـع النجـوم" Star Maker المهمَّـة والمُؤثِّـرة لـ"أولاف سـتابليدون" Olaf .Stapledon في هـذه الروايـة، يـرى بَطلُنـا في أحـلام يقظتـه أنـه يُحلِّـق بِشـكلٍ مـا في الفضـاء الخارجـي حتـى يصـل إلى كواكـب بعيـدة جـدًّا. وحيـث يتنقَّـل بسرعـة عـبر المَجـرَّة كعَقـلٍ مَحْـضٍ، مُتجـوِّلًا مـن نظـامٍ نَجمـيٍّ إلى نظـامٍ نجمـيٍّ، يشـهد إمبراطوريـاتٍ فضائيَّـةً مُدهِشـةً، بَعضُهـا يرتقـي إلى درجـة العَظَمَـة، مُعلِنًـا عـن عـصرٍ مـن السَّـلام والوَفْـرَة، وبعضهـا يخلـق إمبراطوريـات بـين النجـوم مـع سُـفُنِهم العابِـرَةِ للنُّجـوم. وآخـرون يسـقطون في الخـراب، مُمزَّقـين بالمَـرارَةِ والـصراع والحـرب.

الكثـير مـن المفاهيـم الثوريـة في روايـة "سـتابليدون" كانـت مُتماثِلَـةً مـع خيـالٍ علمـيٍّ لاحـق. عـلى سـبيل المثـال، بطلنـا في "صانـع النجـوم" يكتشـف أن الكثـير مـن الحضـارات خارِقَـةِ التقـدُّمِ تَتعمَّـدُ الاحتفـاظَ بوجودهـا سِرًّا عـلى حضـاراتٍ أدنى؛ لمَنْـعِ التأثـير عليهـا سَـلبًا عـن غـير قَصـدٍ بالتكنولوجيـا المتقدِّمـة. وهـذا المفهـوم مُشـابِهٌ لـ "التَّوجيـه الأوَّل" Prime Directive، أحـد المبـادئ الإرشـادية في "الاتحـاد" في سلسـلة "رحلـة بـين النجـوم" Star Trek.

بطلنا يَمرُّ أيضًا بحضارة راقيةٍ لدرجة أن أعضاءها يحتوون نجمهم الأُمَّ داخل مجالٍ ضخمٍ لكي يستفيدوا من كل طاقته. هذا المفهوم، الذي سوف يُسمَّى لاحِقًا: "مجال ديسون" Dyson، هو الآن مفهومٌ رئيسيٌّ في الخيال العلمي.

وهو يُقابِلُ أيضًا سُلالَةً من الأفراد الذين يتَّصلون ببعضهم البعض عن طريق تَوارُدِ خواطِرَ مُستمرٍّ. وكلُّ فردٍ يُعرِّفُ الأفكارَ الحميمةَ للآخرين. وهذه الفكرة تسبق فكرةَ "بورج" Borg في "ستار تريك" Star Trek؛ حيث يرتبط الأفراد ذهنيًّا ويخضعون لإرادة المجموع.

في نهاية الرواية، يقابل صانعَ النجوم نفسَه، وهو كائِنٌ سماويٌّ يخلق ويُصلِحُ الأكوانَ كُلَّها، كُلٌّ بقوانينه الفيزيائية الخاصَّةِ به. وكَونُنا مُجرَّدُ واحدٍ من أكوانَ مُتعدِّدَةٍ. وفي خُشوعٍ كُليٍّ، يُقابِلُ بَطلُنا صانِعَ النجوم أثناء عمله وهو يستحضر عوالِمَ جديدةً ومثيرة، مُتخلِّصًا من تلك التي لا تروقه.

رواية "ستابليدون" الرائدة أَتَت مِثلَ صدمَةٍ كبيرة في عالَمٍ كان الراديو فيه لا يزال يُعتَبَرُ مُعجِزَةً تكنولوجيَّة. في ثلاثينيات القرن العشرين، كانت فكرة حضارة ارتياد الفضاء مُنافِيَةً للعقل. في ذلك الوقت، كانت الطائرات التي تعمل بالمراوح أحدثَ تكنولوجيات العصر، وتمكَّنَت بالكاد من مُغامَرة التَّحليق فوق السحاب، وهكذا بَدَت إمكانيَّةُ السَّفر إلى النجوم بعيدةً لدرجةٍ مَيؤوسٍ منها.

"صانِعُ النُّجوم" حقَّقَت نجاحًا فوريًّا. "آرثر سي كلارك" Arthur C. Clarke وصفها بأنها واحِدَةٌ من أروع أعمال الخيال العلمي التي نُشِرَت على الإطلاق. لقد أشعلت خيالَ جيلٍ كامل من كُتَّاب الخيال العلمي فيما بعد الحرب. ولكن، بين عامَّة الجمهور، نُسِيَت الروايَةُ بسرعَةٍ وَسطَ فوضى ووحشيَّة الحرب العالمية الثانية.

اكتشافُ كَواكِبَ جَديدَةٍ في الفَضاء

الآن، حيث اكتشَفَت مَركبَةُ الفضاء "كِبْلَر" Kepler وعُلماءُ الفَلَكِ المقيمون على الأرض حوالي أربعة آلاف كوكب تدور حول نجوم أخرى في مَجرَّة درب اللبَّانة، يبدأ المرء في التساؤل عمَّا إذا كانت حضاراتٌ مثل التي وصفها "ستابليدون" موجودةً بالفعل.

في 2017، حدَّد عُلماءُ "ناسا" سبعةَ كواكب، وليس كوكبًا واحدًا، بحجم الأرض تدور حول نَجمٍ قريب، على بُعْدِ تِسعٍ وثلاثين سنةً ضوئيَّة فقط من الأرض. من بين هذه الكواكب السبعة، ثلاثة قريبة إلى نَجْمِها الأُمِّ بما يكفي لدعم وجود مياهٍ سائِلةٍ عليها. في القريب العاجل، سوف يكون علماء الفلك قادرين على التأكُّد مِمَا إذا كانت هذه الكواكب وكواكب أخرى لها غلافٌ جوِّيٌّ يحتوي على بُخار الماء. وحيث إن الماء هو "المُذيبُ الكَونيُّ" القادر على أن يكون الوعاءَ الذي تختلط فيه الكيماويات العضوية التي تُشكِّل جزيئات الحمض النووي؛ فإن العلماء قد يكونون قادرين على تبيان أن ظروف الحياة شائِعةٌ في الكون. وقد نكون على وشك اكتشاف "الكأس المقدَّسة" Holy Grail لعلم فلك الكواكب، أي توأم للأرض في الفضاء الخارجي.

في وقت مُقارِبٍ لذلك، اكتشف العلماء اكتشافًا آخر يُغيِّر قواعد اللعبة: كوكب مُماثِلٌ في حجمه لكوكب الأرض يُسمَّى "بروكسيما سينتوري بي" Proxima Centauri b يدور حول النجم الأقرب لشمسنا، "بروكسيما سينتوري"، الذي يبعد عنَّا بمقدار 4.2 سنة ضوئية لا غير. وقد خمَّن العلماء طويلًا أن هذا النجم يمكن أن يكون واحِدا من أوائل النجوم التي يتم استكشافها.

وهذه الكواكب مجرَّد عددٍ قليل من المواد الحديثة المُدْرَجة في دائرة معارف الكواكب الموجودة خارج النظام الشمسي Encyclopaedia Extrasolar Planets، والتي لا بُدَّ عَمليًّا أن تتجدَّد كُلَّ أسبوع. وهي تضمُّ نُظُمًا نَجميَّةً غريبة وغير عادية استطاع "ستابليدون" أن يحلم فقط بها؛ بما في ذلك نُظُمٌ تدور فيها أربعة نجوم أو أكثر حول بعضها البعض. والكثير من علماء الفلك يعتقدون أنَّكَ لو استطعت أن تتصوَّر أي تشكيل غريب من الكواكب، فهو يمكن أن يوجد في مكان ما من المجرَّة، طالما أنه لا ينتهك بعض قوانين الفيزياء.

وهذا يعني أننا نستطيع أن نحسب بالتقريب كَمْ نجمًا بحجم الأرض يوجد في المجرَّة. فحيث إنها تحتوي مائة بليون نجم؛ يمكن أن يوجد عشرون بليون كوكب بحجم الأرض تدور حول نجوم شبيهة بالشمس في مجرَّتنا وحدها. وحيث إنه يوجد مائة بليون مجرَّة يمكن رؤيتها بواسطة معدَّاتنا؛ نستطيع أن نُقدِّرَ كَم كوكبًا بحجم الأرض توجد في الكون المرئيِّ: رقمٌ مُذهِلٌ، بليونا تريليون.

وحيث ندرك أن المجرَّة يمكن أن تكون مُكتظَّةً بالكواكب الصالحة للسُّكنى، فإنَّك لن ترى أبدًا سماء الليل بنفس الطريقة مرَّةً أخرى.

بمجرد أن يحدِّد علماء الفلك تلك الكواكب التي بحجم الأرض، سوف يكون الهدف التالي هو تحليل أغلفتها الجوية؛ بحثًا عن الأوكسچين وبخار الماء؛ علامَةً على الحياة، والاستماع إلى موجات الراديو، التي يمكن أن تشير إلى وجود حضارة ذكية. ومثل هذا الاكتشاف يمكن أن يكون واحدة من نقاط التحوُّل الكبرى في تاريخ الإنسان، يمكن مقارنته بترويض النار؛ فهو لن يعيد فقط تحديدَ عَلاقَتِنا ببقية الكون، ولكنَّه يمكن أيضًا أن يُغيِّر مصيرَنا.

العَصرُ الذَّهبيُّ الجَديدُ لاستكشافِ الفَضاء

كُلُّ هذه الاكتشافات المُثيرة عن الكواكب الواقِعَةِ خارج النظام الشمسيِّ، مع الأفكار الجديدة التي يقدِّمها جيلٌ جديدٌ شابٌّ من أصحاب الرؤى المستقبلية- تُشعِلُ اهتمامَ الجمهور بالسَّفَر إلى الفضاء. في الأصل، الذي حَثَّ على برامج الفضاء كان الحَربَ الباردةَ، والتَّنافُسَ بين القوى العظمى. والجمهورُ لم يتضايَقْ من إنفاق مبلغٍ مُذهِلٍ يُعادِلُ 5.5% من الميزانية الفيدرالية للدَّولة على برنامج الفضاء "أپوللو"؛ لأن هيبتنا الوطنية كانت على المَحكِّ. ولكن هذه المنافسة المحمومة لم يَكُنْ من الممكن أن تستمرَّ إلى الأبد، وانخسف التمويل في النهاية.

رُوَّاد الفضاء الأمريكيون ساروا فوق سطح القمر آخرَ مرَّةٍ منذ حوالي خمسة وأربعين عامًا. الآن، صاروخ "ساتورن" Saturn V ومكُّوك الفضاء يُفَكَّكان إلى أجزاء يصيبها الصَّدأ في المتاحف ومقالب النفايات، وحكاياتها تقبع في كتب التاريخ المُتربَة. وفي السنوات التالية لذلك، انتُقِدت "ناسا" بوصفها "وكالة إلى لا مكان". لقد ظلَّت بلا عَمَلٍ لعُقودٍ، متوجِّهَةً بوضوح إلى حيث ذهب كل شيء من قبل.

ولكنَّ الوضع الاقتصادي بدأ في التغيُّر. تكلفة السفر إلى الفضاء، التي كانت يومًا تُعْجِز ميزانية دولة، أخذت في الانخفاض باطِّرادٍ؛ ما يرجع بدرجة كبيرة إلى تدفُّق الطاقة والمال والحماس من قِبَلِ جماعَةٍ صاعدة من المستثمرين المبادرين. فمع نَفادِ الصَّبر من بُطء "ناسا" الفائق في بعض الأحيان، فتح ملياردِيرات مثل

"إلـون ماسـك" Musk Elon، و"ريتشـارد برانسـون" Richard Branson، و"جيـف بيـزوس" Jeff Bezos- دفاتِـرَ شـيكاتِهم ليبنـوا صواريـخَ جديـدةً. إنهـم لا يريـدون فقـط أن يُحقِّقـوا الأربـاح، ولكنهـم يريـدون أيضًـا أن يحقِّقـوا أحـلام طفولتهـم بالذهـاب إلى النجـوم.

الآن توجـد إرادة وطنيـة متجـدِّدة الشـباب. لم يَعُـدْ السُّـؤالُ يـدور حـول مـا إذا كانـت الولايـات المتحـدة سترسـل روَّاد فضـاء إلى الكوكـب الأحمـر، ولكـن متـى؟. الرئيـس السـابق "بـاراك أوبامـا" قـرَّر أن رُوَّاد الفضـاء سـوف يمشـون فـوق سـطح المريـخ في وقـتٍ مـا بعـد 2030، والرئيـس "دونالـد ترامـب" طالَـبَ "ناسـا" بـأن تُسرِعَ في هـذا الجـدول الزمنـي.

أسـطولٌ مـن الصواريـخ والوحـدات الفضائيـة القـادرة عـلى القيـام برحـلات بـين الكواكـب -مثـل صـاروخ الدَّفـع المُـزوَّد بكبسـول "أوريـون" Orion الـذي ينميـه نظـام "الإطـلاق للفضـاء" Space Launch System (SLS) التَّابِـع لـ "ناسـا"، وصـاروخ الدفـع "فالكـون هيڤـي" Falcon Heavy المـزوَّد بكبسـول "دراجـون" Dragon الـذي ينميـه "إلـون ماسـك"- في مرحلـة مبكِّـرة مـن التجريـب. هـذه الصواريـخ سـتقوم بالمَهَمَّـة الثقيلـة، آخِـذَةً روَّادَ الفضـاء إلى القمـر والكويكبـات والمريـخ، وربمـا أَبْعَـدَ مـن ذلـك. والواقـع أن هـذه المَهَمَّـة ولَّـدت شـعبيةً وحماسًـا كبيرَيْـن، لدرجـة أن هنـاك منافسـة مُتزايِـدَة حولهـا. وربمـا سـوف يوجـد زحـام مـروريٌّ فـوق المرِّيـخ، حيـث تتنافـس مجموعـاتٌ مختلفـة مـن أجـل غَـرْسِ أوَّل عَلَـمٍ في تُربَـةِ المرِّيـخ.

لقـد كتـب البعـضُ أنَّنـا ندخـل عـصرًا ذهبيًّـا جديـدًا مـن السـفر إلى الفضـاء، عندمـا يصبـح استكشـاف الكـون مـرَّةً أخـرى جـزءًا مثـيرًا مـن الأجنـدة الوطنيـة بعـد عقـود مـن الإهـمال.

عندمـا ننظـر إلى المسـتقبل، يمكننـا أن نـرى الخطـوط العريضـة للكيفيـة التـي سـيغيِّر بهـا العِلْـمُ استكشـافَ الفضـاء. فبفضـل التطـوُّرات الثوريـة في نطـاقٍ عريـض مـن التكنولوجيـات الحديثـة، نسـتطيع أن نُخمِّـنَ كيـف أن حضارتنـا يمكـن في يـومٍ مـا أن تنتقـل إلى الفضـاء الخارجـي؛ لـكي تسـتصلح الكواكـب وتسـافر إلى النجـوم. وعـلى الرغـم مـن أن هـذا هـدف بعيـدُ المـدى، فمـن الممكـن الآن أن نضـع إطـارًا زمنيًّـا معقـولًا، ونُقـدِّرَ متـى نلتقـي بمَعْلَـم كـونيٍّ مُحـدَّدٍ.

في هـذا الكتـاب، سـوف أتقـصَّى الخطـوات الضروريـة لتحقيـق هـذا الهـدف الطمـوح. ولكـنَّ المُهـمَّ في اكتشـاف الكيفيـة التـي سيتكشـف بهـا مسـتقبلنا هـو أن نفهـم العلـم الـذي يقـف وراء كل هـذه التطـوُّرات المذهلـة.

المَوجاتُ الثَّوريَّةُ من التِّكنولوچيا

بالنَّظَـر إلى حـدود العلـم الواسـعة التـي تمتـدُّ أمامنـا، قـد يكـون مـن المفيـد أن نضـعَ أمـام أنظارنـا بانوراما عريضـةً للتاريـخ الإنسـاني. لـو أنَّ أسـلافنا اسـتطاعوا أن يرونـا اليـوم، فِيـمَ يمكـن أن يُفكِّروا؟ عـلى مـدى معظـم التاريـخ الإنسـاني، عشـنا حيـاةً بائِسَـةً، نكافـح في عـالم عـدائيٍّ غـير متعاطِـفٍ، حيـث كان العمـر المُتوقَّـع عنـد الميـلاد يـتراوح بـين عشريـن وثلاثـين عامًـا، كُنَّـا في الغالـب رُحَّـلًا، نحمـل كل ممتلكاتنـا فـوق ظهورنـا. كل يـوم كان كفاحًـا مـن أجـل الغـذاء والمـأوى. كنَّـا نعيـش في خـوف دائـم مـن الوحـوش المفترسـة والأمـراض والجـوع. ولكـن، لـو اسـتطاع أسـلافنا أن يرونـا اليـوم، بقدرتنـا عـلى أن نرسـل صـورًا فوريـة عـبر الكوكـب، وبصواريخنـا التـي تسـتطيع أن تأخذنـا إلى القمـر ومـا وراءه، وبالسـيارات التـي تقـود نفسـها؛ سـوف يعتـبرون أننـا حُـواةٌ ومُشَـعوِذون.

إنَّ التاريـخ يكشـف عـن أن الثـورات العلميـة تـأتي في موجـات، محفَّـزة في الغالـب بتطـوُّرات في علـم الفيزيـاء. وفي القـرن التاسـع عـشر، كانـت الموجـة الأولى مـن العلـم والتكنولوچيـا مُمْكِنَـةً بفضـل فيزيائيِّـين وضعـوا نظريـة الميكانيـكا والديناميـكا الحرارية. وهـذا مَكَّـن المهندسـين مـن صُنْـعِ المُحـرِّك البخـاري؛ مـا أدَّى إلى اخـتراع القطـار وإلى الثـورة الصناعيـة. وهـذا التحـوُّل العميـق في التكنولوچيـا انتشـل البشريـة مـن لعنـة الجهـل والعمـل العضـلي المضنـي والفقـر، وأخَذَنـا إلى عـصر الآلـة.

في القـرن العشريـن، جـاءت الموجـة الثانيـة تحـت قيـادة عُلـماء الفيزيـاء الذيـن اكتشـفوا قوانـين الكهربـاء والمغناطيسـية، التـي بَـشَّرَت بدورهـا بعـصر الكهربـاء. وهـذا مَكَّننـا مـن كَهْرَبَـةِ مُدُننـا مـع مجـيء الدينامـو، ومُولِّـدات الكهربـاء، والتليفزيـون، والراديـو، والـرادار. الموجـة الثانيـة أتـت بمَولِـدِ برنامـج الفضـاء الحديـث الـذي أخذنـا إلى القمـر.

في القرن الحادي والعشرين، تمثَّلت الثورة الصناعية الثالثة في التكنولوجيا العالية، تحت قيادة علماء فيزياء الكَمِّ الذين اخترعوا الترانزستور والليزر. وهذا مَكَّن من ابتكار الكمبيوتر العملاق Supercomputer، والإنترنت، والاتصالات الحديثة، والجي بي إس GPS، والرقائق فائقة الصِّغَر التي تغلغلت في كل جوانب حياتنا.

في هذا الكتاب، سوف أَصِفُ التكنولوجيات التي سوف تأخذنا إلى ما هو أبعد حيث نستكشف الكواكب والنجوم. في الجزء الأول، سوف نناقش جهود إنشاء قاعدة دائمة على القمر واستعمار واستصلاح المريخ. ولكي نفعل ذلك؛ لا بُدَّ لنا من استكشاف الموجة الرابعة من العِلْمِ، التي تتكوَّن من الذكاء الاصطناعي، والتكنولوجيا النَّانوية، والتكنولوجيا الحيوية. هدف استصلاح المريخ يفوق قُدرَتَنا اليوم، ولكن تكنولوجيات القرن الثاني والعشرين سوف تسمح لنا بأن نُحوِّلَ هذه الصحراء الكئيبة المتجمِّدَة إلى عالَمٍ قابِلٍ للسُّكْنَى. وسوف نأخذ في اعتبارنا الروبوتات ذاتيَّة التَّناسُخ، والقوة الفائقة، والمواد النانوية خفيفة الوزن، والمحاصيل المُهَنْدَسَة بَيولوجيًّا؛ لخفض التكاليف بشكل كبير جدًّا، وتحويل المريخ إلى جَنَّةٍ حقيقية. وأخيرًا، سوف نتقدَّم إلى ما بعد المريخ، ونُنمِّي مستوطنات على الكويكبات وأقمار العملاقَيْن الغازِيَّيْن: المشترى وزُحَل.

في الجزء الثاني، سوف نتطلَّع للأمام إلى وقتٍ نكون قادرين فيه على الانتقال إلى ما وراء النظام الشمسي واستكشاف النجوم القريبة. مرَّةً أخرى، هذه المَهَمَّة تَفوقُ تكنولوجيتنا الحالية، ولكن تكنولوجيا الموجة الخامسة سوف تجعلها مُمكِنَةً: سفن الفضاء النانوية، وأشرعة الليزر، والآلات الاندماجية النَّفَّاثة Ramjet Fusion Machines، ومُحرِّكات المادَّة المُضادَّة Antimatter Engines. وقد قامت "ناسا" بالفعل بتمويل دراسات عن الفيزياء الضرورية لجعل السفر بين النجوم واقعيًّا.

في الجزء الثالث نُحلِّل ما سوف يتطلَّبه تعديلُ أجسامنا لتمكيننا من إيجاد مَوئِلٍ جديد بين النجوم. إن رحلةً بين النجوم سوف تستغرق عقودًا ورُبَّما قرونًا، وبالتالي قد نضطرُّ لهندسة أنفسنا چينيًّا لكي نَحيا لفتراتٍ طويلةٍ في الفضاء العميق، ربَّما عن طريق إطالة عمر الإنسان. وعلى الرغم من أن ينبوع الشباب الدائم ليس مُتاحًا اليوم، ولكن العلماء يستكشفون سُبُلًا واعِدَةً قد تسمح لنا بأن نبطئ وربما نوقف عملية الشيخوخة. وقد يستمتع خَلَفُنا بشكلٍ ما من

الخلود. وعلاوة على ذلك، قد يكون علينا أن نُهَنْدِسَ أجسامنا چينيًّا لكي نحيا حياةً مُزدَهِرَةً على الكواكب البعيدة المختلفة من حيث الجاذبية وتركيب الغلاف الجوي والبيئة الطبيعية.

وبفضل مشروع رسم خريطةٍ لمُخِّ الإنسان The Human Connectome Project، الذي سوف يرسم خريطةً لكل الخلايا العصبية في المُخِّ البَشريِّ، قد نكون قادرين في وقتٍ ما على إرسال خرائِطِ عُقولِنا إلى الفضاء الخارجي؛ وبذلك نقضي على بعض المشاكل المتعلِّقة بالسفر إلى النجوم. وأنا أُسمِّي ذلك ناقلات الليزر، وهي قد تُحرِّر وَعْيَنا لكي يستكشف المَجرَّة -وربما الكون- بسرعة الضوء، وبالتالي ليس علينا أن نقلق بشأن الأخطار الظاهرة في السفر بين النجوم.

ولو أن أسلافنا من القرن الماضي يمكن أن ينظروا إلينا بوصفنا سَحَرَةً ومشعوذين، فكيف يمكن أن ننظر نحن إلى خَلَفِنا بعد قرنٍ من الآن؟

على الأرجح، سوف نعتبرهم أَشبَهَ بآلهة الإغريق. فمثل "ميركوري" Mercury، سوف يكونون قادرين على التحليق في الفضاء لكي يزوروا الكواكب القريبة. ومثل "ڤينوس" Venus، سوف يكون لهم أَجسادٌ خالدة. ومثل "أپوللو"، Apollo سوف يكون لهم قدرة غير محدودة على الوصول إلى طاقة الشمس. ومثل "زيوس" Zeus، سوف يكونون قادرين على إصدار أوامِرَ ذهنيَّةٍ، وعلى تحقيق أمنياتهم. كما سوف يكونون قادرين على استحضار حيوانات أسطورية مثل "پيجاسوس" Pegasus باستخدام الهندسة الوراثية.

بتعبيرٍ آخر، سوف يكون مصيرنا أن نصيرَ الآلِهَةَ التي خِفناها وعَبَدْناها ذات يوم. سوف يعطينا العِلْمُ الوسائِلَ التي نستطيع بواسطتها تشكيلَ الكون على النحو الذي نتصوَّره. والسؤال هو ما إذا كُنَّا سوف نملك حِكمَةَ "سُليمان" لكي نُصاحِبَ هذه القُوَّةَ السماويَّةَ الضَّخمة.

وهناك أيضًا احتمالٌ أن نجري اتِّصالًا مع حياةٍ خارج الأرض. وسوف نناقش ما يمكن أن يحدث إذا واجهنا حضارةً تتقدَّم حضارَتَنا بمليون عام، وتملك القدرة على التجوُّل عبر المَجرَّة، وتُغيِّر بنيةَ الزَّمان والمكان. سوف يكونون قادرين على التلاعُب بالثقوب السوداء واستخدام الثقوب الدُّوديَّة Wormholes في السفر بسرعَةٍ تفوق سُرعَةَ الضوء.

في 2016، وصل تَخمينٌ حول حضارات متقدِّمَةٍ في الفضاء إلى مستوًى محمومٍ بين عُلماءِ الفَلَكِ ووسائل الإعلام، حيث أعلن عُلماءُ الفَلَكِ أنهم وجدوا دليلًا على نوعٍ ما من جِسمٍ اصطناعيٍّ ضخمٍ، ربما يكون في كِبَرِ "مجال ديسون"[1] Dyson Sphere يدور حول نَجمٍ بعيدٍ، على بُعْدِ سنوات ضوئيَّةٍ كثيرة. وبينما كان الدليل بعيدًا عن القطعية، للوَهْلَةِ الأولى، فقد واجَهَ العلماءُ أَدلَّةً على أن حضارة متقدِّمةً قد تكون موجودةً بالفعل في الفضاء الخارجي.

وأخيرًا، سوف نستكشف إمكانيَّةَ أن نُواجِهَ ليس فقط موتَ الأرض، بل موت الكون نفسه. فعلى الرغم من أن كوننا لا يزال شابًّا، نستطيع أن نتنبَّأ بيومٍ في المستقبل البعيد نقترب فيه من التجمُّد الكبير Big Freeze، حيث تنخفض الحرارة إلى ما يُقارِبُ الصِّفر المطلق Absolute Zero، وتتوقَّف كُلُّ مظاهر الحياة كما نعرفها. عند تلك النقطة، قد تكون تكنولوچيتنا متقدِّمةً بما يكفي لمُغادَرَةِ الكون والسَّفرِ بسرعةٍ أكبر من سرعة الضوء إلى كونٍ جديدٍ أكثرَ شبابًا.

إن الفيزياء النظرية (تخصُّصي) مُنفتِحَةٌ على فكرة أن كَوْنَنا قد يكون مجرَّدَ فُقاعةٍ منفردة تسبح وسط عالم متعدِّد الأكوان، يضمُّ العديد من فقاعات أكوانٍ أخرى. وربما بين الأكوان الأخرى في العالم مُتعدِّد الأكوان، يوجد لنا مَوئِلٌ جديد. وبالتحديق في تَعدُّد الأكوان، ربما نكون قادرين على الكشف عن التصميمات الكبرى لصانع النجوم.

وهكذا، فإن الإنجازات الفَذَّةَ الرائعة للخيال العلمي، التي اعْتُبِرَت يومًا مُنتَجًا ثانويًّا لخيالِ حالمين مَحمومٍ، قد تصير واقعًا ذاتَ يوم.

إن البشرية على وشك الشروع فيما قد يكون أكبرَ مُغامَراتِها. والفَجوةُ التي تَفصلُ تخمينات "أسيموف" و"ستابليدون" عن الواقع يمكن اجتيازها عن طريق التطوُّرات المذهلة والسريعة التي تتحقَّق في العلم. والخطوة الأولى التي نقطعها في رحلتنا الطويلة نحو النجوم تبدأ عندما نغادر الأرض. وكما تقول الحكمة الصينية القديمة: "رحلَةُ الأَلفِ مِيلٍ تَبدأُ بِخُطْوَةٍ واحِدَةٍ"... والرِّحلَةُ إلى النجوم تبدأ مع أوَّل صاروخ.

---

(1) مجال ديسون Dyson Sphere: انظر الفصل الثالث عشر- المترجم.

الجُزءُ الأوَّل

مُغادَرَةُ الأَرْضِ

أيُّ شَـخصٍ يَجْلِـسُ عـلى قِمَّـةِ أَكـبرِ مَنظومَـةٍ في العالَـمِ وَقودُهـا الهيدروچيـن والأوكسـچـين، مُـدرِكًا أنَّهـا في سَـبيلِها للاشْـتِعالِ، ولا يَشـعُرُ بِقَلَـقٍ بَسـيطٍ؛ لا يَفهَـمُ المَوقِـفَ بِشَـكْلٍ كامِـلٍ.

رائد الفضاء

JOHN YOUNG "چون يانج"

الفصل الأوَّل

الإعداد للمُغادَرَة

في التاسع عشر من أكتوبر 1899، تسلَّق صبيٌّ في السابعة عشرة من عمره شجرةَ كَرْزٍ وفي ذهنه فكرة. لقد قرأ لتوِّه رواية "إتش چي ويلز" H. G. Wells "حرب العوالِم" War of the Worlds، وأثارَته فكرةُ أنْ تستطيعَ صواريخُ أن تُمكِّننا من استكشاف الكون. لقد تصوَّر كم سيكون من المدهش أن نصنع جهازًا لديه إمكانية السفر إلى المريخ، وكان لديه رؤية مُفادها أن مَصيرَنا هو استكشاف الكوكب الأحمر. وفي اللَّحظة التي هبط فيها عن تلك الشجرة، تغيَّرَت حياته إلى الأبد. ذاك الصبي سوف يكرِّس حياته لحُلْمِ صناعة صاروخٍ يمكن أن يجعل هذه الرؤيا واقِعًا. وسوف يحتفل بالتاسع عشر من أكتوبر فيما تبقَّى له من حياة.

كان اسمه "روبرت جودارد" Robert Goddard، واتَّخذ طريقه نحو صناعة أوَّل صاروخٍ مُتعدِّدِ المراحل يعمل بالوقود السائل، واضعًا الأحداث التي غَيَّرَت مسار التاريخ الإنساني موضعَ التنفيذ.

"تسيولكوڤيسكي" حالِمٌ وَحيد

جودارد كان واحِدًا من حفنة من الرُّوَّاد الذين -رغم الوحدة والفقر وسخرية أقرانهم- انطلقوا في مواجَهَةِ كُلِّ الصِّعاب ووضعوا أساس السفر في الفضاء. واحد من أوائل هؤلاء الحالمين كان عالِمَ الصَّواريخ الروسي العظيم "قنسطنطين تسيولكوڤيسكي" Konstantin Tsiolkovsky، الذي صمَّم الأُسُسَ النظرية للسفر في الفضاء، ومَهَّد الطريقَ أمام "جودارد". عاش "تسيولكوڤيسكي" في فقرٍ تامٍّ، وكان مُنَعزِلًا، وشَقَّ طريقه بصعوبةٍ كمُعلِّمٍ بمدرسة. في شبابه، قضى معظم وقته في المكتبة، مُلتَهِمًا المجلَّات العِلميَّة، دارِسًا "قوانين نيوتن للحركة"، ومُطبِّقًا إيَّاها في السفر إلى الفضاء. كان حلمه أن يسافر إلى القمر والمريخ. بمعرفته الشخصية، ومن دون مساعدة من المجتمع العلمي، دَرَسَ جيِّدًا رياضيات وفيزياء وميكانيكا الصواريخ، وحسب سرعة الهروب من الأرض -أي السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض- وحدَّدها بخمسة وعشرين ألف ميل في الساعة، أي أكثر بكثير جدًّا من الخمسة عشر ميلًا في الساعة التي كان يستطيع المرء أن يبلغها بواسطة الخيل آنذاك.

في 1903، نشر مُعادَلَتَه الشهيرة عن الصواريخ، التي تُمَكِّن المَرْءَ من أن يحسب السرعة القصوى لصاروخ، بمعرفة وزنه والوقود المزوَّد به. وقد كشفت المعادَلةُ عن أن العلاقة بين السرعة والوقود أُسِّيَّة. ففي المعتاد، قد يُفْتَرَض أنك لو أردتَ مُضاعَفَةَ سرعة صاروخ؛ عليك ببساطة أن تُضاعِفَ كمية الوقود. ولكن بدلًا من ذلك، فإن كمية الوقود التي تحتاجها تزيد أُسِّيًّا مع تَغيُّر السرعة؛ ولذلك يكون من المطلوب كَمِّيَّات ضخمة من الوقود للوصول إلى زيادة إضافية في السرعة.

هذه العلاقة الأُسِّيَّة بيَّنَت أنك ستحتاج كمِّيَّةً ضخمة من الوقود لكي تغادر الأرض. وبمعادلته هذه، كان "تسيولكوڤيسكي" قادِرًا لأوَّلِ مرَّةٍ على تقدير كمية الوقود الضرورية للذهاب إلى القمر، قبل أن تصبح رؤيته واقِعًا بكثير.

لقد كانت الفلسفة المرشدة لـ "تسيولكوڤيسكي" هي "الأرض هي مَهْدُنا، ولكنَّنا لا نستطيع أن نبقى في المهد إلى الأبد"، وقد آمن بفلسفة تُسمَّى "الكونية"، ترى مستقبل البشرية في استكشاف الفضاء الخارجي. وقد كتب في 1911 يقول: "أن يَضَعَ المَرءُ قَدمَه على تُربَةِ الكُويْكِباتِ، أن ترفع حَجَرًا من القَمَرِ بِيَدِكَ، أن تَبني

مَحطَّاتٍ مُتحرِّكَةً في فضاءِ الأثير، أن تُنظِّمَ حلقاتٍ مأهولةً حولَ الأرض والقمر والشَّمس، أن تُراقِبَ المرِّيخَ على مسافة بِضعِ عشراتٍ من الأميال، لكي تَهبِطَ على أقماره أو حتَّى على سَطحِه ذاتِه؛ ما الذي يمكن أن يكون أكثر جنونًا!".

وعلى الرغم من أن "تسيولكوفيسكي" كان أَفْقَرَ مِنْ أَنْ يُحوِّل مُعادَلاتِه الرياضيَّةَ إلى نماذِجَ واقعيَّةٍ، فإن الخطوة التاليةَ اتُّخِذَت من قِبَل "جودارد"، الذي بنى بالفعل النماذجَ التي ستصبح يومًا أساسَ السَّفَرِ في الفضاء.

"روبرت جودارد" أبو عِلْمِ الصَّواريخ

بدأ "روبرت جودارد" يهتمُّ بالعلم وهو طفل، إذْ شَهِدَ إدخالَ الكهرباء إلى مسقط رأسه. وقد وصل إلى الاعتقاد بأن العلم سوف يُحدِثُ ثورةً في كل جوانب حياتنا. وشجَّع والِدُه هذا الاهتمامَ بأن اشترى له تلسكوب وميكروسكوب، واشتراكًا في مجلة "ساينتيفيك أميريكان" Scientific American. وقد بدأ تجاربه أوَّلًا على الطائرات الورقية والبالونات. وبينما كان يقرأ في المكتبة ذات يوم، تعثَّر في كتاب "إسحق نيوتن" الشهير "مبادئ الرياضيَّات" Principia Mathematica، وتعرَّف على قوانين الحركة. وأصبح تركيزه في الحال على تطبيق قوانين "نيوتن" على عِلْمِ الصَّواريخ.

وحوَّلَ "جودارد" هذا الفضولَ بطريقةٍ منهجيَّةٍ إلى أدواتٍ عِلميَّةٍ قابِلَةٍ للاستخدام عن طريق ثلاثة ابتكارات. أوَّلًا، أن البوفيسور "جودارد" جرَّب أنواعًا مختلفة من الوقود، واكتشف أن الوقود المسحوق غير كُفءٍ. لقد اخترع الصينيُّون البارودَ منذ قرون واستخدموه في الصواريخ، ولكن البارود يشتعل بشكل غير مستمر، وبالتالي تظلُّ الصواريخ مجرَّدَ ألعاب أطفال. وكانت خبطة عبقريَّته الأولى أنْ استبدَلَ بالوقود المسحوق الوقودَ السائل، الذي كان يمكن التحكُّم فيه بدقَّةٍ لكي يشتعل بطريقة نظيفة ومُطَّرِدَة. وقد بنى صاروخًا بخزَّانين: أحدهما يحتوي على وقود، مثل الكحول، والآخر يحتوي على مادة مؤكسِدة مثل الأوكسچين السائل. وهذان السائلان كانا يُمرَّران إلى غرفة الاحتراق بواسطة مجموعة من الأنابيب والصمامات، مُحدِثَةً انفجارًا مَحكومًا بعنايَةٍ، يستطيع أن يدفع صاروخًا.

أدرك "جودارد" أن الصاروخ إذ يصعد إلى السماء، تتآكل خزّانات وقوده بالتدريج. فكان ابتكاره التالي استحداثَ صواريخ متعدِّدة المراحل، تتخلَّص من خزانات الوقود المُستَهْلَكَة، ومن ثَمَّ تُلقي ببعض الوزن الميِّت أثناء سَيْرِها، ما يزيد مداها وكفاءتها بدرجة كبيرة.

ثالثًا، استحدث الجيروسكوب Gyroscope. بمجرد تحريك الجيروسكوب في حركة دائرية، فإن محوره يشير دائمًا إلى الاتجاه نفسه، حتى لو دوَّرتَ الجيروسكوب ذاته. على سبيل المثال، لو أن المحور يشير إلى نجم الشمال، فسوف يستمرُّ في الإشارة إلى الاتجاه نفسه حتى لو قلبت الجيروسكوب رأسًا على عقب. معنى هذا، أنه لو كان لدينا سفينة فضاء تغيِّر في مسارها، تستطيع أن تُغيِّرَ اتجاهَ صواريخها لكي تعوِّضَ هذه الحركة وتعود على مسارها الأصلي. وقد أدرك "جودارد" أنه يستطيع استخدام الجيروسكوب للمساعدة في الحفاظ على صواريخه في مسارها المُحدَّد.

في سنة 1926، صنع "جودارد" التاريخَ بنجاحه في إطلاق أول صاروخ يعمل بالوقود السائل. حيث صعد الصاروخ في الهواء لارتفاع 41 قَدَمًا، وسار لمدة ثانيتين ونصف الثانية، وهبط على بعد 184 قدمًا (في بقعة من الأرض يُعتَبَرُ مَوقِعُها الآن أرضًا مقدَّسَةً لكل علماء الصواريخ، حيث أُعْلِنَتْ مَعْلَمًا وطنيًّا تاريخيًّا).

وفي معمله في "كلارك كولِدج" Clark College، أَسَّسَ البنية الأساسية لكل الصواريخ الكيماوية. والصواريخ الضخمة المُدوِّية التي نراها اليوم تنطلق من مَنصَّات الإطلاق خَلَفٌ مباشِرٌ للنماذج الأصلية التي بناها.

مُواجَهَةُ السُّخْرِيَة

على الرغم من نجاحه، كان "جودارد" كَبْشَ فداءٍ بالنسبة للإعلام. فعندما تسرَّبَت أنباء سنة 1920 حول أنه يأخذ فكرة السفر في الفضاء مأخذ الجد، نشرت "نيويورك تايمز" نقدًا لاذِعًا كان من شأنه أن يسحق أيَّ عالِمٍ أَقَلَّ شأنًا. كتبت "التايمز" ساخرة: "مع أستاذيَّتِه في كلارك كوليدج... لا يعرف العَلاقَةَ بين الفعل ورَدِّ الفعل، والحاجة إلى وجود شيء ما أفضل من الفراغ يحدث رد الفعل تجاهه- القول بذلك يُعَدُّ مُنافِيًا للعقل. هو بالطبع يفتقر للمعرفة التي تُقدَّم

يوميًّا في مدرسته العليا". وفي 1929، بعد أن أطلق أحد صواريخه، نشرت صحيفة "ووركستر" Worcester المحلية عنوانًا رئيسيًّا مُهينًا: "صاروخ القمر يخطئ هدفه بـ 238,799 ونصف ميل". ومن الواضح أن "التايمز" وآخرين لم يفهموا "قوانين نيوتن للحركة"، واعتقدوا -مُخطئين- أن الصَّواريخَ لا يمكن أن تنتقل في فراغ الفضاء الخارجي.

قانون "نيوتن" الثالث، الذي يقرِّر أن لكل فعل ردَّ فِعلٍ، مُساوِيًا له في القُوَّة، ومُضادًّا في الاتجاه، ينطبق على السفر في الفضاء. وهذا القانون معروفٌ لأي طفل نفخ بالونًا، ثم أطلقه، ولاحَظَ البالونَ وهو يطير في كل الاتجاهات. الفعل هو الهواء الذي يندفع فجأة خارجًا من البالون، ورد الفعل هو حركة البالون نفسه إلى الأمام. وبالمثل، مع صاروخ، الفعل هو الغاز الساخن المندفع من نهايته، بينما رَدُّ الفعل هو حركة اندفاع الصاروخ إلى الأمام، حتى في فراغ الفضاء.

مات "جودارد" سنة 1945، ولم يَعِشْ ليرى الاعتذار الذي كتبه مُحرِّرو "نيويورك تايمز" بعد أن هبطت "أبولُّلو" فوق القمر سنة 1969. فقد كتبوا "من المُؤكَّد الآن أنَّ صاروخًا يستطيع أن يعمل بنجاحٍ في الفراغ كما في غُلافٍ جَوِّيٍّ. التايمز تَأسَفُ لِخَطَئِها".

صَواريخُ مِنْ أَجلِ الحَربِ والسَّلام

في المرحلة الأولى من علم الصواريخ، كان لدينا الحالمون، مثل "تسيولكوفيسكي"، الذي اشتغل على فيزياء ورياضيات الصواريخ. في المرحلة الثانية، كان لدينا أناس مثل "جودارد"، الذي بنى بالفعل النماذجَ الأولى من هذه الصواريخ. في المرحلة الثالثة، لَفَتَ علماء الصواريخ أنظارَ حكومات الدول الكبرى. "ڤِرنر ڤون براون" von Braun سوف يأخذ التصميمات الأوَّليَّة والأحلام والنماذج من سابقيه، ومع الدعم من حكومة ألمانيا -ثم الولايات المتحدة فيما بعد- سيبني صواريخ عملاقة سوف تأخذنا بنجاح إلى القمر.

أكثر علماء الصواريخ شُهرَةً وُلِدَ أرستقراطيًّا. والد البارون "فِرنر براون" كان وزيرًا للزراعة أثناء جمهورية " ڤيمار" RepublicWeimar[1]، وأُمُّه كانت أصولها تمتدُّ إلى العائلات المَلَكيَّة في فرنسا والدنمرك وإسكتلندا وإنجلترا. "ڤون براون" كان عازِفًا رائِعًا على البيانو في طفولته، بل وكتب أعمالًا موسيقية أصلية. وكان من الممكن، عند وقت معيَّن، أن يصبح عازفًا أو مُؤلِّفًا موسيقيًّا مشهورًا. ولكن مصيره تغيَّر عندما اشترت له أُمُّه تلِّسكوبًا. لقد أصبح مفتونًا بالفضاء. الْتَهَمَ كتب الخيال العلمي وألهمته الأرقام التي بلغتها سرعة السيارات الصاروخية. وذات يومٍ، وهو في الثانية عشرة، أحدث حالةً من الفوضى في شوارع برلين المزدحمة بسيَّارةٍ لُعبَةٍ، مُثبَّتٌ بها مَجموعَةٌ من الألعاب النارية. وكان في منتهى السعادة حيث انطلقت كصاروخ. ولكن الشرطة كانت أقلَّ إعجابًا. وسيق "ڤون براون" إلى الحبس، ولكن أُطْلِقَ سراحه بفضل نفوذ والده. وقد تذكَّر ذلك بِوَلَعٍ بعد سنواتٍ، قائِلًا: "لقد تَحقَّق مُتجاوِزًا أكثرَ أحلامي جموحًا. انطلقت السيارة بجنون، تَجُرُّ خلفها نارًا تشبه المُذنَّب. وعندما احترقت الصواريخ، مُنهِيةً أداءها الرائع، مع صوت مَهيبٍ يشبه قصف الرَّعد، تَدحرَجَت السيارةُ ببراعة إلى أن توقَّفَت".

لقد اعترف "ڤون براون" بأنه لم يكن يومًا ماهِرًا في الرياضيات. ولكن جهوده لإتقان علم الصواريخ قاده إلى التمَكُّن من حساب التَّفاضُل والتكامُل، وقوانين "نيوتن"، وميكانيكا السَّفر إلى الفضاء. وذات مرَّة قال لأستاذه: "أنا أُخطِّط للسفر إلى القمر".

أصبح "ڤون براون" طالِبًا للدراسات العليا في الفيزياء، وحصل على درجة دكتوراه الفلسفة في 1934. ولكنه قضى معظم وقته مع جمعية "برلين للصواريخ" Berlin Rocket Society، وهي جمعية للهُواة كانت تستخدم قطع الغيار في بناء صواريخ في قطعة أرض مهجورة مساحتها ثلاثة أفدنة تقع خارج المدينة. وفي تلك السنة، استطاعت الجمعية أن تختبر بنجاح صاروخًا صعد لمسافة ميلين في الفضاء.

أصبح "ڤون براون" بروفوسير في الفيزياء في إحدى الجامعات الألمانية، وكتب مقالات متعمِّقَةً في الفلك والملاحة الفضائية. ولكن الحرب كانت في الأفق، وكان

(1) جمهورية ڤيمار Weimar Republic: اسم غير رسمي أُطلِقَ على الدولة الألمانية كما كانت قائمة بين 1919 و1933. وقد استمدَّت هذا الاسم من اسم مدينة ڤيمار التي انعقدت فيها الجمعية التأسيسية لوضع الدستور الألماني- المترجم.

يجري عَسْكَرَةُ كلِّ المجتمع الألماني، بما في ذلك الجامعات. بخلاف سَلَفِه، "روبرت جودارد"، الذي طلب تمويلًا من الجيش الأمريكي، ولكنَّه لم يَلْقَ استجابةً، فإن "ڤون براون" لقي استقبالًا مختلفًا كُلِّيَّةً من حكومة النازي. حيث إن إدارة المُعدَّات الحربية الألمانية، التي كانت تبحث بشكلٍ مستمرٍّ عن أسلحة جديدة للحرب، اهتمَّت بـ "ڤون براون"، وقدَّمَت له تمويلًا سَخيًّا. وقد كان عمله حَسَّاسًا لدرجة أن الجيش فرض السريَّةَ على أطروحته لِنَيْلِ الدكتوراه، ولم تُنْشَر حتى سنة 1960.

"ڤون براون"، بكل المقاييس، لم يكن سياسيًّا. لقد كان شَغوفًا بعلم الصواريخ، ولو قدَّمَت الحكومةُ تمويلًا لأبحاثه، فسوف يقبله. وقد قَدَّم له الحزب النازي حلمَ حياته: إدارة مشروع ضخم لبناء صاروخ المستقبل، بميزانية غير محدودة تقريبًا، موظِّفًا معه صفوة العلماء الألمان. وقد ادَّعى "ڤون براون" أن عَرضَ عضوية الحزب النازي عليه -بل وعضوية جهاز أمن الدولة- كان من لوازم الوصول لرجال الحكومة، وليس بسبب آرائه السياسية. ولكنَّكَ عندما تعقد صفقةً مع الشيطان، فإن الشيطان دائمًا يطلب المزيد.

نشأة V-2

تحت قيادة "ڤون براون"، تحوَّلت تصميمات ومُدوَّنات "تسيولكوڤسكي" ونماذج "جودارد" إلى "سلاح الانتقام 2"، Vengeance Weapon 2، السلاح المتقدِّم الذي أَرْهَبَ لندن وأنتويرب Antwerp[1]، ناسِفًا أحياءً بكاملها في المدينتين. لقد كان "V-2" قويًّا لدرجةٍ لا تُصدَّق. لقد قزَّم صواريخ "جودارد" جاعِلًا إيَّاها أشبه بلعب الأطفال. بلغ ارتفاع "V-2" ستَّةً وأربعين قَدَمًا، كما بلغ وزنه 27,600 رطل. كان يستطيع الطيران بسرعة 3,580 ميل في الساعة، وبلغ أقصى ارتفاع له حوالي 60 ميلًا. وكان يضرب أهدافه بسرعة تُماثِلُ ثلاثة أمثال سرعة الصوت، دون أن يعطي إنذارًا عَدَا ضجيجٍ صاخِبٍ مزدَوجٍ عند اختراق سرعة الصوت. وبلغ مداه

(1) أنتويرب Antwerp: ثاني أكبر مدن بلجيكا- المترجم.

مائتي ميل. وكانت الدفاعات المضادَّة مُنعدِمَةَ الجودة، حيث لم يكن يستطيع إنسان أن يتابعه، ولم تكن طائرةٌ تستطيع أن تلحق به.

لقد حقَّق "V-2" عددًا من الأرقام القياسية، مُحطِّمًا كل الإنجازات السابقة بمقياس سرعة ومدى أي صاروخ. فكان أوَّلَ صاروخٍ باليستي مُوجَّهًا، بعيدَ المدى. كما كان أوَّلَ صاروخ يخترق حاجز الصوت. وأكثر ما يثير الإعجاب أنه كان أوَّلَ صاروخ على الإطلاق يغادر الغلاف الجوِّيَّ ويصل إلى الفضاء الخارجي.

لقد أذهل هذا السلاحُ المتقدِّمُ الحكومةَ البريطانية لدرجة أنها لم يكن لديها ما تقوله بشأنه. وقد اخترعوا حكايةً تقول إن كل هذه الانفجارات وقعت بسبب حوادث انفجار في أنابيب لنقل الغاز. ولكن لأن أصوات هذه الانفجارات المروِّعة كانت تأتي بوضوح من جهة السماء؛ فقد أشار إليها الجمهور على سبيل السخرية بوصف "أنابيب الغاز الطائرة". وفقط، بعد أن أعلن النازِيُّون أنهم أطلقوا سلاحًا حربيًّا جديدًا ضِدَّ البريطانيين، اعترف "ونستون تشرشل" أخيرًا بأن إنجلترا هوجِمَت بواسطة صواريخ.

وفجأة، بَدَا كما لو أن مستقبل أوروبا، والحضارة الغربية ذاتها، بَدَا مُتوقِّفًا على عمل فرقةٍ صغيرة معزولَةٍ من العلماء، بقيادة "ڤون براون".

أَهوالُ الحَرب

نجاح الأسلحة الألمانية المتقدِّمة جاء في مقابل تكلفة بشرية هائلة. ثلاثة آلاف صاروخ من نوعية "V-2" أُطْلِقَت ضدَّ الحُلفاء؛ ما أسفر عن مقتل تسعة آلاف شخص. وهناك تقديرات بأن عدد القتلى كان أكبر-اثني عشر ألفًا على الأقل- بسبب الأسرى الذين ماتوا أثناء بناء الصواريخ في معسكرات العمل بالسخرة. لقد كان الشيطان يريد استحقاقاته. وأدرك "ڤون براون" متأخِّرًا جدًّا أنه أصبح مُتورِّطًا.

لقد أصيب بالرعب عندما زار موقع بناء الصواريخ. وقد نقل عنه أحد أصدقائه قوله: "إنه وضعٌ جَحيميٌّ. وكان رد فعلي التلقائي هو التحدُّث إلى أحد الحراس التابعين لجهاز الأمن الذي أخبرني بأنني يجب أن أهتمَّ بعملي فقط، وإلَّا

وجدت نفسي مرتديًا البزّات المخطَّطة ذاتها!... وقد أدركت أن أي محاولة للتفكير على أرضية إنسانية سوف تكون عبثية تمامًا". وعندما سُئِلَ زميل آخر لـ "ڤون براون" عمَّا إذا كان الأخير انتقد معسكرات الموت هذه، أجاب: "في رأيي، لو أنه كان فعل ذلك، لأُطْلِق عليه الرصاص في الحال".

لقد أصبح "ڤون براون" أُلعوبَةً في يد الغول الذي ساهم في خَلْقِه. في سنة 1944، عندما كانت العمليات الحربية تعاني من مشاكل، وحيث أصبح "ڤون براون" مخمورًا في إحدى الحفلات، قال إن الحرب لا تسير على ما يرام. وإن كل ما كان يريد أن يفعله هو العمل في مجال الصواريخ. وأبدى أسفه لأنهم استخدموا هذه الصواريخ كأسلحة حربية بدلًا من استخدامها كسفن فضاء. ومن المؤسف أن جاسوسًا كان حاضِرًا في الحفل، وعندما أُبلِغت كلماته المخمورة للحكومة؛ أُلقِيَ القبض عليه بواسطة "الـجِستابو". واحْتُجِزَ في سجنٍ في بولندا لمدة أسبوعين، وهو لا يعرف ما إذا كان سيُعْدَمُ رَمْيًا بالرصاص. وقد وُجِّهَت إليه تُهَمٌ أخرى، من ضمنها إشاعات بأنه كان متعاطِفًا مع الشيوعيين، وأصبح مصيره مُعلَّقًا بقرار من "هتلر". وقد خشي بعض المسؤولين من أن يغيِّر ولاءه باتجاه إنجلترا ويُخَرِّب برنامج "V-2".

وأخيرًا، أنقذ طلبٌ مباشِرٌ لـ "هتلر" من "ألبرت سبير"Albert Speer[1] حياةَ "ڤون براون"؛ لأنه كان لا يزال يُعتَبَرُ بالِغَ الأهمِّيَّة لبرنامج "V-2".

عقود من الزمن مَرَّت من عمر "V-2"، ولكنه لم يُستَخْدَمْ في القتال بشكل كامل حتى نهاية 1944، حيث كان الوقت متأخِّرًا جدًّا بالنسبة لإنقاذ الإمبراطورية النازية، حيث أصبح الجيش الأحمر وقوَّات الحلفاء على قُربٍ من برلين.

في 1945، استسلم "ڤون براون" ومائة من مساعديه للحلفاء. وتم تهريبهم، بالإضافة إلى ثلاثمائة من عربات القطارات، مُحمَّلَةً بصواريخ "V-2" وأجزائها إلى الولايات المتحدة، وكان هذا جُزءًا من برنامج يُسمَّى "عملية مشبك الورق" Operation Paperclip؛ لاستجواب وتجنيد عُلماء النازي السابقين.

---

(1) ألبرت سبير (1905-1981) Albert Speer: وزير التسليح والإنتاج الحربي في ألمانيا النازية أثناء الحرب العالمية الثانية- المترجم.

الجيش الأمريكي فحص بِدقَّة صواريخ "V-2" التي أصبحت في النهاية الأساسَ الذي بُنِيَت عليه صواريخ "ريدستون" Redstone، أمَّا "ڤون براون" ومعاونوه فقد تَمَّ تبييضُ سِجِلِّهم النازِيِّ، ولكنَّ الدور شديد الغموض لـ "ڤون براون" في الحكومة النازية استمرَّ في مُطارَدَتِه. فها هو الكوميديان "مورت سال" Mort Sahl يُلخِّص مَسارَه المهنيَّ من خلال المُزحة: "أنا أصل إلى النجوم، ولكنني أحيانًا أضرب لندن". والمُغنِّي "توم ليهرر" Tom Lehrer يُدبِّج الكلمات" "ما أن تصعد الصواريخ، مَن الذي يهتمُّ بمكان سقوطها؟ هذا ليس من اختصاصي".

الصَّواريخُ وتَنافُسُ القُوى العُظْمَى

في عشرينيات وثلاثينيات القرن العشرين، أَهدرَ المسؤولون الحكوميون الأمريكيون فرصةً استراتيجيَّةً عندما لم يدركوا قيمة العمل التُّنَبُّئِيِّ الذي كان يقوم به "جودارد" في فنائهم الخلفي. وأضاعوا فرصة استراتيجية ثانية بعد الحرب. ففي الخمسينيات تركوا "ڤون براون" ومساعديه في طَيِّ النسيان، دون أن يُولُوهم أيَّ اهتمامٍ حقيقيٍّ. وأخيرًا بدأ التنافُس بين أَفْرُعِ القوات المسلحة. فتَحْتَ إشراف "ڤون براون" طَوَّر الجيشُ صاروخَ "ريدستون"، بينما حصل الأسطول على صاروخ "ڤانجارد" Vanguard، وحصلت القوات الجوية على صاروخ "أطلس" Atlas.

ومن دون أي التزامات مباشرة تجاه الجيش، بدأ "ڤون براون" يَهتمُّ بتدريس العلوم. فقد ابتدع سلسلةً من العروض التليفزيونية المتحرِّكة بالتعاون مع "والت ديزني"، استحوذت على خيال علماء الصواريخ المستقبليِّين. في هذه السلسلة، رسم "ڤون براون" الخطوطَ العريضة لجهودٍ علميَّةٍ ضخمة للهبوط على القمر، ولبناء أسطول من سفن الفضاء التي تصل إلى المريخ.

وبينما كان برنامج الصواريخ الأمريكي يسير بخطوات متقطِّعة، تحرَّكَ الرُّوسُ إلى الأمام بسرعة في برامجهم. "چوزيف ستالين" و"نيكيتا خروشتشوف" أَدْرَكَا الأهمِّيَّةَ الاستراتيجيَّة لبرنامج الفضاء وجَعَلاه أولويَّةً فائِقَة. البرنامج السوڤييتي وُضِعَ تحت إشراف "سيرچي كورولوف" Sergei Korolev، الذي أُبْقِيَت هُويَّتُه الحقيقيَّة سِرًّا خطيرًا. وعلى مدى سنوات كان يُشار إليه فقط في غموضٍ بوصفه "رئيس

المصمِّمين" أو "المهندس". وقد قَبَضَ الروس أيضًا على عدد من مهندسي "V-2" ونقلوهم إلى الاتحاد السوفيِّيتي. وبتوجيهٍ من هؤلاء، أخذ السوفييت تصميمَ "V-2" الأساسي، وبنوا بسرعةٍ سِلسلةً من الصواريخ تأسيسًا عليه. أساسًا، الترسانتان الأمريكية و السوفيِّيتة كانتا قائِمَتَيْن على تعديل صواريخ "V-2" أو الجَمْعِ بينها، وهي الصواريخ التي كانت بدورها مَبنيَّةً على تصميمات "جودارد" الرَّائِدَة.

أحد الأهداف الرئيسية لكلٍّ من الولايات المتحدة والاتحاد السوفيِّيتي كان إطلاق أول قمر اصطناعي. لقد كان "إسحق نيوتن" نفسه هو مَن اقترح هذا المفهوم لأوَّلِ مرَّة. فمن خلال رسمٍ تخطيطيٍّ أصبح مشهورًا الآن، لاحظ "نيوتن" أننا لو أطلقنا قذيفة مدفعية من فوق قمة جبل، فسوف تسقط بالقرب من سفح الجبل. ولكن، تبعًا لمعادلاته الخاصَّة بالحركة، كُلَّما زادت سرعة القذيفة، طالت المسافة التي تقطعها. فإذا أُطْلِقَت القذيفة بسرعة كافية، سوف تدور حول كامِلِ الأرض وتصبح قمرًا اصطناعيًّا. لقد حقَّق نيوتن كَشفًا علميًّا تاريخيًّا: لو استَبدَلتَ القمرَ بتلك القذيفة، فإن معادلات "نيوتن" الخاصَّة بالحركة سوف تكون قادِرَةً على التنبؤ بالطبيعة المحدَّدة لمدار القمر.

في تجربته النظرية حول القذيفة، طرح "نيوتن" سؤالًا جوهريًّا: إذا كان من شأن تفاحة أن تسقط، فهل يسقط القمر أيضًا؟ وحيث إن القذيفة تكون في حالة سقوط حُرٍّ عند دورانها حول الأرض؛ يتعيَّن أن يكون القمر أيضًا في حالة سقوط حُرٍّ. لقد وَضَعَت بصيرةُ "نيوتن" واحِدَةً من أعظم الثورات في التاريخ موضِعَ التنفيذ. حيث استطاع "نيوتن" عندئذٍ أن يحسب سرعة القذائف، والأقمار، والكواكب، وكل شيء تقريبًا. على سبيل المثال، لو استخدَمتَ قوانين "نيوتن" الخاصَّة بالحركة، تستطيع بسهولة أن تُبيِّنَ أنك يجب أن تطلق القذيفة بسرعة ثمانية عشر ألف ميل في الساعة لكي تضعها في مدار حول الأرض.

رؤية نيوتن أصبحت حقيقةً عندما أطلق السوفيِّيت أوَّلَ قمرٍ اصطناعيٍّ في العالم، "سبوتنيك" Sputnik، في أكتوبر 1957.

عصر "سبوتنيك"

الصَّدمة الهائلة التي تلقَّتها الرُّوحُ الأمريكية عند العِلْمِ بـ "سبوتنيك" لا يمكن التقليل من شأنها. وقد أدرك الأمريكيون بسرعة أن السوفييت قادوا العالم في عِلْمِ الصواريخ. ومِمَّا زاد الشعور بالخزي، أنه بعد شهرين، تعرَّض صاروخ الأسطول "فينجارد" لفشلٍ كارِثِيٍّ أثناء عرض تليفزيوني عالمي. وأنا أتذكَّر بوضوح، حيث كنت طفلًا أسأل أمي ما إذا كان يمكنني أن أبقى مستيقظًا لأشاهد إطلاق الصاروخ. وقد وافَقَت على مَضَضٍ. لقد أصابني الرعب عندما شاهدت الصاروخ "فينجارد" يرتفع لأربع أقدام في الهواء، ثمَّ ينقلب ساقِطًا أربع أقدام، مُدمِّرًا منصَّةَ إطلاقه في انفجارٍ ضخم يغشى الأبصار. وقد استطعت أن أرى بوضوحٍ الأنفَ المخروطيَّ في قمَّة الصاروخ، الذي يحتوي على القمر الاصطناعي، ينقلب ثم يختفي وسط كرة من اللهب.

وقد استمرَّ الخزي عندما فشل أيضًا الإطلاق الثاني لـ "فانجارد" بعد أَشهُر قليلة. ووجدت وسائل الإعلام مادَّةً خصبة للسخرية، حيث أطلقت على الصاروخ اسم "فلوبنيك" Flopnik و"كابوتنيك" Kaputnik. وحتى المندوب السوفييتي في الأمم المتحدة تَفَكَّه قائِلًا إن روسيا يجب أن تقدِّم المساعدة للولايات المتحدة.

في محاولة لاستعادة هيبتنا القومية أمام هذه الهوجة الإعلامية الضخمة، صدرت أوامر لـ "ڤون براون" بأن يطلق على وجه السرعة القمرَ الاصطناعي "إكسبلورر1" Explorer I مستخدمًا الصاروخ "چونو1" Juno I. والصاروخ "چونو1" كان تطويرًا للصاروخ "ريدستون"، الذي كان بدوره مبنيًّا على الصاروخ "V-2".

ولكن جراب السوفييت كان مملوءًا بسلسلة من المفاجآت. حيث هَيْمَنَ تَسَلسُلٌ من الأحداث التاريخية التي تحدث لأوَّل مرَّةٍ على العناوين الرئيسية لسنواتٍ عديدَةٍ لاحقة:

1957: "سبوتنيك2" حمل أوَّلَ حيوان في مدار حول الأرض، كَلْبَة تُسمَّى "لايكا" Laika.

1957: "ليونيك1" Lunik I كان أوَّلَ صاروخ يُحلِّق فوق القمر.

1959: "ليونيك2" كان أوَّلَ صاروخ يصطدم بالقمر.

1959: "ليونيك3" كان أوَّلَ صاروخ يُصوِّر الجانِبَ المظلِمَ من القمر.

1960: "سبوتنيك5" كان أوَّلَ صاروخ يحمل حيوانًا يعود سالِمًا من الفضاء.

1961: "فينيرا1" Venera I كان أوَّلِ مِسبارٍ يحلِّق فوق الزهرة.

وقد وصل برنامج الفضاء الروسي إلى ذروة إنجازاته عندما دار "يوري جاجرين" Yuri Gagarin بأمانٍ في مدارٍ حول الأرض في1961.

أنا أتذكَّر تلك السنوات بوضوح، عندما نشر "سبوتنيك" الرُّعبَ عبر الولايات المتحدة. كيف استطاعت أُمَّةٌ تبدو متخلِّفَةً عنَّا، الاتحاد السوفييتي، أن تقفز لتتقدَّمنا؟

وقد استنتج المعلِّقون أن الأسباب الجذرية لهذا الفشل تَكْمُنُ في نظام التعليم الأمريكي. وكان لا بُدَّ من حملة ضخمة من أجل تكريس الأموال والموارد واهتمام وسائل الإعلام لإنتاج جيل جديد من العلماء الأمريكيين يستطيعون أن ينافسوا الروس. وظهرت في ذلك الوقت مقالاتٌ تقول "إيڤان يستطيع أن يقرأ، ولكن چوني لا يستطيع".

من سياق هذا الوقت الصعب خرج جيل "سبوتنيك"، مجموعة من الطلاب الذين اعتبروا أن واجبهم الوطني أن يكونوا فيزيائيِّين وكيميائيِّين وعلماء صواريخ.

تحت ضغط هائل لجَعْلِ القوات المسلحة تتولَّى السيطرة على برنامج الفضاء الأمريكي بدلًا من العلماء المدنيين الذين يبدون بائسين؛ أصرَّ الرئيس "دوايت أيزنهاور" بشجاعة على استمرار المسؤولية المدنيَّة، وأنشأ "ناسا" NASA. ثم ردًّا على رحلة "جاجارين" التي دار فيها حول الأرض، طالب الرئيس "چون كينيدي ببرنامج عاجل لوضع إنسان فوق القمر بنهاية العقد.

هذه الدعوة حفَّزَت هِمَّة الأمة. وبحلول 1966، تم تخصيص نسبة مذهلة تبلغ 5.5% من الميزانية الفيدرالية للبرنامج القَمَريِّ. وكالعادة، تصرَّفَت "ناسا" بحذر، حيث دقَّقَت في إعداد التكنولوچيا اللازمة للوصول إلى الهبوط على القمر من خلال سلسلة من الإطلاقات. ففي البداية، كانت هناك مركبة تسمى "ميركوري" Mercury، تحمل إنسانًا واحِدًا. ثم "چيمني" Gemini التي أقلَّت رائِدَيْن، وأخيرًا

"أپوللو" Apollo التي حَمَلَت ثلاثة روَّادٍ. وأتقنت "ناسا" بعناية أيضًا كُلَّ خطوة خطتها في السفر إلى الفضاء. فأوَّلًا، روَّاد الفضاء تركوا أمان سفينتهم وساروا أوَّل خطوات في الفضاء. ثم أتقنوا العملية المُعقَّدة لالتحام سفينتهم الفضائية بسفينة فضاء أخرى. وبعد ذلك، داروا حول القمر بالكامل من دون أن يهبطوا على سطحه. ثم أخيرًا، أضحت "ناسا" مُستعدَّةً لإطلاق رواد فضاء إلى القمر مباشرة.

استُدْعِيَ "ڤون براون" للمساعدة في بناء "ساتورن" Saturn V 5، الذي كان مُقرَّرًا له أن يكون أكبر صاروخ تمَّ بناؤه على الإطلاق. لقد كان هذا الصاروخ حَقًّا تُحفَةً هندسيَّةً رائعة؛ فقد كان أطولَ من تمثال الحرية بستِّين قدمًا. ويستطيع أن يرفع حمولة قدرها 310,000 رطل إلى مدار حول الأرض. والأهم من كل ذلك أنه يستطيع أن يرسل حمولات كبيرة بسرعة تتجاوز خمسة وعشرين ألف ميل في الساعة. وهي السرعة اللازمة للفَكاكِ من جاذبية الأرض.

إمكانية وقوع كارثة مميتة كانت واردَةً دائمًا في عقول خبراء "ناسا". الرئيس "ريتشارد نيكسون" أَعَدَّ خطابَيْن للإعلان عبر التليفزيون عن نتائج رحلة "أپوللو11". الأوَّل يُفيدُ فشلَ المَهمَّة والإعلان عن موت روَّاد الفضاء على القمر. وهذا السيناريو كان بالفعل وشيكَ الحدوث. فقبل ثوانٍ من الوقت المحدَّد لهبوط الوحدة القمرية، انطلقت صافرة إنذار داخل الكبسولة. وقام "نيل أرمسترونج" بالسيطرة يدويًّا على سفينة الفضاء وهبط بها بهَوادَةٍ على القمر. وقد بيَّنَت تحليلاتٌ فيما بعد أن الوقود كان يكفيهم لمدة خمسين ثانية فقط؛ وكان يمكن أن تتحطَّم الكبسولة. ولحسن الحظ، في العشرين من يوليو 1969، كان الرئيس "نيكسون" قادرًا على إلقاء الخطاب الآخر، مُهنِّئًا روَّادَ الفضاء على هبوطهم الناجح. وحتى يومنا هذا، صاروخ "ساتورن5" هو الصاروخ الوحيد على الإطلاق الذي حمل بَشَرًا خارج المدار القريب للأرض. ومن المدهش انه أنجز مَهَمَّتَه من دون أخطاء. وقد تم بناء خمسة عشر صاروخًا من طراز "ساتورن"، أُطْلِقَ منها ثلاثة عشر من دون أدنى خطأ. كما حملَت صواريخ "ساتورن5" أربعةً وعشرين رائد فضاء هبطوا على القمر أو حلَّقوا حوله، منذ ديسمبر 1968 حتى ديسمبر 1972، وقد عُومِلَ روَّاد فضاء "أپوللو" عن استحقاق بوصفهم أبطالًا استعادوا سُمعَتَنا الوطنية.

الـروس أيضًـا انخرطـوا بقـوة في السـباق إلى القمـر. ولكنهـم واجهـوا عَـددًا مـن المصاعـب. حيـث إن "كورولـوف" الـذي كان يوجِّـه برنامـج الفضـاء السـوفييتي مـات سـنة 1966. كـما كانـت هنـاك أربعـة إخفاقـات لصـاروخ N-1 الـذي كان مـن المفـترض أن يحمـل روَّاد الفضـاء الـروس إلى القمـر. ولكـن ربمـا كان العامـل الأكـثر حَسْـمًا هـو الاقتصـاد السـوفييتي، الـذي كان مُجهَـدًا بالفعـل بسـبب الحـرب البـاردة، لم يسـتطع أن يتنافـس مـع الاقتصـاد الأمريـكي الـذي كان أكـبر منـه بأكـثر مـن الضعفـين.

مفقودٌ في الفَضاء

أنـا أتذكَّـر اللحظـة التـي وضـع فيهـا "نيـل أرمسـترونج" و"بَـز ألدريـن" أقدامَهـما فـوق القمـر. كان ذلـك في يوليـو 1969، وكنـت مُلتَحِقًـا بالجيـش الأمريـكي، أتـدرَّب في سـلاح المشـاة في "بـورت لويـس" بواشـنطن، وأتسـاءل مـا إذا كنـت سأُرْسَـلُ للقتـال في ڤيتنـام. لقـد كان المثـير أن أعـرف أن التاريـخ يُصنَـعُ أمـام عينـيَّ، ولكـن كان مـن المقلـق أيضًـا أن أعـرف أننـي إذا مِـتُّ في ميـدان القتـال لـن أكـون قـادرًا عـلى أن أُشْرِكَ أطفـالي في المسـتقبل في ذكريـاتي عـن الهبـوط التاريخـي عـلى القمـر.

وبعـد الإطـلاق الأخـير لصـاروخ "سـاتورن5" في 1972، كان الجمهـور الأمريـكي غارِقًـا في قضايـا أخـرى. الحـرب ضـد الفقـر كانـت عـلى قَـدَمٍ وسـاق، وحـرب ڤيتنـام كانـت تبتلـع المزيـد والمزيـد مـن الأمـوال والأرواح. وبـدا الذهـاب إلى القمـر تَرَفًـا عندمـا كان هنـاك أمريكيـون يعانـون الجـوع في الداخـل أو يموتـون في الخـارج.

التكلفـة الفلكيـة لبرنامـج الفضـاء لم يكـن مـن الممكـن المداوَمَـة عليهـا. وكانـت الخطـط موضوعـةً لعـصر مـا بعـد "أپوللـو". اقتراحـات عديـدة كانـت عـلى الطاولـة. أحدهـا يعطـي أولويـة لإرسـال صواريـخ غـير مأهولـة إلى الفضـاء، وكان يتزعَّـم هـذا الاتجـاه جماعـات في المؤسسـة، وفي المجالَـيْن: الاقتصـادي والعلمـي، كانـت أقـلَّ اهتمامًـا بالبطولـة وأكـثر اهتمامًـا بالحمـولات القَيِّمـة. واتجـاه آخـر كان يؤكِّـد عـلى إرسـال روَّاد إلى الفضـاء. والحقيقـة المُـرَّة هـي أنـه كان مـن الأسـهل دائمًـا اسـتمالة الكونجـرس ودافعـي الضرائـب لتفضيـل تمويـل إرسـال روَّاد عـلى تمويـل إرسـال مِسـبارٍ للفضـاء. وقـد لَخَّـص الموقـف أحـد أعضـاء الكونجـرس قائِـلًا: "لا مغامـرات، لا دولارات".

كلٌّ من المجموعتين كانت تريد وصولًا سريعًا ورخيصًا إلى الفضاء الخارجي، وليس على غرار البعثات المكلِّفة التي شهدتها السنوات الماضية. ولكن النتيجة كانت هجينًا غريبًا لم يَسُرَّ أحدًا: سوف يتم إرسال رواد فضاء إلى جانب شحنات.

هذا التوفيق اتَّخذ شكل مكوك الفضاء الذي بدأ العمل سنة 1981. هذه المركبة كانت معجزةً هندسيَّةً استفادت من كل الدروس والتكنولوچيات المتقدِّمة التي تمَّ تطويرها على مدى العقود السابقة. لقد كانت قادِرةً على حمل ستين ألف رطل من الشحنات إلى مدار حول الأرض ثم الالتحام بمحطة الفضاء الدولية. وعلى خلاف مركبات "أپوللو" الفضائية، التي كان يتم الاستغناء عنها بعد كل رحلة، تمَّ تصميم مكوك الفضاء بحيث يكون صالِحًا لإعادة الاستخدام جزئيًّا. لقد كان قادِرًا على حمل سبعة روَّاد إلى الفضاء ثم العودة بهم إلى الأرض، كما لو كان طائرة. ونتيجة لذلك؛ بدأت رحلات الفضاء تدريجيًّا تبدو نوعًا من الرُّوتين. وأصبح الأمريكيون معتادين على رؤية روَّاد الفضاء يلوِّحون لنا وهم عائدون من آخر زيارة إلى محطة الفضاء الدولية، التي كانت هي ذاتها مُحصِّلَةَ تَوافُق بين العديد من الدول التي تحمَّلَت تكلفتها.

مع مرور الوقت، ظهرت مشكلات متعلِّقة بمكوك الفضاء. أوَّلًا، على الرغم من أن المكوك صُمِّم بحيث يُوفِّر في الأموال، بدأت التكلفة في التحليق، حتى أن كل رحلة كانت تكلِّف بليون دولار. وإرسال أي شيء إلى مدار قريب من الأرض بواسطة المكوك كان يكلِّف 40,000 دولار لكل رطل، وهو ما يعادل أربعة أضعاف تكلفة أي نظام آخر. واشتكت الشركات من أنه كان من الأرخص لها كثيرًا أن ترسل أقمارها الاصطناعية بواسطة الصواريخ التقليدية. ثانيًا، الرحلات لم تكن تتمُّ بشكل منتظم، مع مرور أشهر كثيرة بين الرحلات. وحتى القوات الجوية الأمريكية كانت مُحبَطةً من تلك العيوب، وفي النهاية ألغت بعض رحلات مكوك الفضاء مفضِّلَةً استخدام خيارات أخرى.

عالم الفيزياء "فريمان ديسون" Freeman Dyson من معهد الدراسات المتقدِّمة في جامعة "برينستون"، "نيو چيرسي"، لديه رأيه الخاص في سبب فشل مكوك الفضاء في الارتقاء إلى مستوى التوقُّعات. حيث عندما ننظر إلى تاريخ السكك الحديدية، نجد أنها بدأت في الأساس بوصفها وسيلةَ نَقلٍ لكلِّ شيء، بما في ذلك

البشر والسلع التجارية. ولكن كُلًّا من جانب نقل البضائع وجانب نقل البشر في الصناعة كان له أولوياته واهتماماته الخاصة به، وأخيرًا انفصَلَا عن بعضهما البعض؛ ما أدَّى إلى زيادة الكفاءة وتقليل التكلفة. ولكن مكوك الفضاء لم يَقُمْ أبدًا بهذا الفصل، وظلَّ مُوزَّعًا بين المصالح التجارية ومصلحة المستهلك. وبَدَلًا من أن يكون "كل شيء من أجل كل شخص" أصبح "لا شيء لأي شخص". خاصة بعد ارتفاع تكلفته وتأخُّر رحلاته.

وازدادت الأمور سوءًا بعد مأساتَيْ "تشالنجر" Challenger و"كولومبيا" Columbia، اللَّتَيْن كَلَّفَتا أربعةَ عشرَ رائِدَ فضاءٍ شُجاعًا حَياتَهم. هذه الكوارث أضعفت الدعم الخاص والعام والحكومي لبرنامج الفضاء. وكما كتب عالِمَا الفيزياء: "چيمس" وجريجوري بنفورد" James and Gregory Benford: "لقد كان الكونجرس ينظر إلى ناسا ابتداءً بوصفها برنامج للتوظيف لا بوصفها وكالة للاستكشاف". كما لاحَظَا أيضًا أن "القليل جدًّا من العلم المفيد تحقَّق في محطة الفضاء... لقد كانت المحطة أقرب إلى التخييم في الفضاء من الحياة في الفضاء".

حيث توقَّفَت رياح الحرب الباردة عن دَفْعِ أَشْرِعَتِها، فَقَدَ برنامَجُ الفضاء بسرعةٍ التمويلَ والزَّخَم. وفي ذروة برنامج "أپوللو"، كانت النكتة تقول إن وكالة "ناسا" تستطيع أن تذهب إلى "الكونجرس" لتطلب التمويل قائِلَةً كلمةً واحدة: "روسيا". وسوف يهرع الكونجرس مُخرِجًا دفتر شيكاته سائِلًا: "كم؟". ولكن تلك الأيام وَلَّت من زمان. وعلى حَدِّ قول "إسحق أسيموف": "لقد سَجَّلنا هَدفًا، ثمَّ أخذنا كُرَتَنا وذهبنا إلى المنزل".

ووصلت الأمور إلى ذروتها أخيرًا في 2011، عندما أمر الرئيس السابق "باراك أوباما" Barack Obama بمذبحةٍ بَشِعَةٍ. فبِجَرَّةِ قَلَمٍ، ألغى برنامج "كوكبة" Constellation Program (استبدال المكوك)، وبرنامج "القمر"، وبرنامج "المريخ". فلِكَيْ يخفِّفَ عِبءَ الضريبة على كاهل الجمهور؛ توقَّف عن تمويل هذه البرامج على أَمَلِ أن يقوم القطاع الخاص بالتعويض. وتمَّ فجأةً تسريح عشرين ألفًا من العاملين في برنامج الفضاء، وتم التخلُّص من مَجْمَع حكمة أفضل وأذكى العاملين بـ "ناسا". وكان منتهى العار أن روَّاد الفضاء الأمريكيين بعد أن كانوا يسابقون روَّادَ الفضاء الروس كتِفًا بكتِفٍ على مدى عقود، سوف يضطرُّون الآن إلى السفر في

الفضاء على متن الصواريخ الروسية. وبعد أن وصل استكشاف الفضاء إلى ذروته، بدا أن الأمور وصلت إلى القاع.

يمكن تلخيص المشكلة في كلمة من سبعة أحرف، ا ل ت ك ل ف ة. حيث إن وضع رطلٍ من أي شيء في مدار قريب من الأرض يتكلَّف 10,000 دولار. ولحساب التكلفة التقريبية لوضعك في مدار حول الأرض، لك أن تتصوَّر أن جسدك مصنوع من الذهب الخالص. ووضع شيء فوق القمر، فيتكلَّف 100,000 دولار للرطل. أمَّا وضع شيء فوق المريخ، فيتكلَّف مليون دولار لكل رطل. وتقديرات إجمالي تكلفة وضع رائد فضاء فوق المريخ تتراوح بين 400 بليون و500 بليون دولار.

أنا أعيش في مدينة نيويورك، وبالنسبة لي، كان يوم وصول مكوك الفضاء إلى المدينة يومًا حزينًا. ورغم أن السُّيَّاح الفضوليين اصطفُّوا مُهلِّلين عندما كان المكوك يمرُّ بالشوارع، فقد كان ذلك يمثِّل نهاية عصر. واستقرَّ المكوك أخيرًا معروضًا على رصيف الشارع الثاني والأربعين. وحيث لم يكن يبدو في الأفق ما يحلُّ مَحلَّه، فقد كان الأمر يبدو كما لو أننا قد تخلَّينا عن العِلم، وبالتالي عن مستقبلنا.

بالعودة لتذكُّر تلك الأيام المظلمة، أتذكَّر أحيانًا ما حدث للأسطول الصيني الإمبراطوري العظيم في القرن الخامس عشر. في ذاك الوقت، كان الصينيُّون القادة الذين لا يُبارَوْنَ في العلم والاستكشاف. لقد اخترعوا البارود والبوصلة والطباعة. ولم يكن يضاهيهم أحدٌ في القوة العسكرية والتكنولوچيا. وفي الوقت ذاته، كانت أوروبا العصور الوسطى خَرِبَةً بسبب الحروب الدينية، وغارقة في محاكم التفتيش، ومحاكمة الساحرات، والخرافات، والعلماء والحالمون العظماء مثل "جيردانو برونو" Giordano Bruno و"جاليليو" Galileo كانوا في الغالب يُحرَقون أحياء، أو تُحدَّد إقامتهم في بيوتهم، وتُحظَر أعمالهم. أوروبا، في ذاك الوقت، كانت مستورِدَةً صافية للتكنولوچيا، وليست مُصدِّرًا للابتكار.

الإمبراطور الصيني دَشَّن، تحت قيادة الأدميرال "زهينج هي"، الأسطولَ الأكثر طُموحًا في كل العصور، ويتكوَّن من ثمانية وعشرين ألف بَحَّار على متن 317 سفينة ضخمة، يبلغ طول الواحدة منها خمسة أمثال سفن "كولومبوس". لن يشهد العالم مثيلًا له خلال أربعمائة عام تالية. ولسبع مرات، وليس مرَّةً واحدة، من 1405 حتى 1433، أبحر الأدميرال "زهينج هي" Zheng He عبر العالم

المعروف، حول جنوب شرق آسيا وما وراء الشرق الأوسط. وانتهى به المطاف في شرق أفريقيا.

وتوجد رسوم مطبوعة بالخشب تُمثِّل حيوانات غريبة، مثل الزَّراف، أحضرها أثناء رحلاته الاستكشافية، تسير في استعراضات أمام البلاط الإمبراطوري.

ولكن عندما وافَت الإمبراطورَ المَنِيَّةُ، قرَّر الحُكَّام الجُدُدُ أنه لا حاجة بهم للاستكشاف والاكتشاف. بل إنهم أصدروا مراسيم تمنع المواطن الصيني من حيازة قارب. والأسطول نفسه، تُرِكَ ليَنْخُرَ فيه السُّوسُ أو يحترق، أمَّا سِجلَّات الإنجازات العظيمة للأدميرال "زهونج هي"، فقد تمَّ التَّكتُّمُ عليها. والأباطرة التالون قطعوا حبل الاتصال بين الصين وبقية العالم. وانكفأت الصين على نفسها، مع ما لذلك من نتائج كارثية، أدَّت في النهاية إلى التَّحلُّل، والانهيار التام، والفوضى، والحرب الأهلية، والثورة.

إنني أفكِّر أحيانًا كيف يكون من السهل على أُمَّةٍ أن تركن إلى الرضا عن النفس والإفلاس بعد أن كانت لعقودٍ مِلءَ السَّمع والبصر. وحيث إن العلم هو قاطرة الازدهار، فإن الأمم التي تدير ظهرها للعلم والتكنولوجيا تدخل أخيرًا في دوَّامةٍ من الهبوط الحلزونيِّ.

برنامج الفضاء الأمريكي سقط على نحو مشابه. ولكن الظروف السياسية والاقتصادية الآن في تَغيُّر. وهناك شخصيات جديدة تتصدَّر خشبة المسرح. روَّاد الفضاء الشجعان يحلُّ محلَّهم أصحابُ بلايين مستثمرون مبادرون مقدامون. أفكار جديدة وطاقة جديدة وتمويل جديد تقود هذه النهضة. ولكن هل تستطيع هذه التركيبة من التمويل الخاص والحكومي أن تمهِّد الطريق إلى السماوات؟

"من نورك وُلِدَت روحي. أنت شمسي وقمري ونجومي".

E. E. CUMMINGS "إي إي كومينجس"

الفصل الثاني

عَصرٌ ذَهبيٌّ جَديدٌ للسَّفَر في الفَضاء

على خلاف تراجُعِ الأسطول البحري الصيني، الذي استمرَّ لقرون، فإن برنامج الفضاء الأمريكي لإطلاق سفن فضاء مأهولةٍ يشهد إحياءً بعد عقود قليلة فقط من الإهمال. وهناك مجموعة متنوِّعة من العوامل وراء هذا التحوُّل.

أحد هذه العوامل هو تدفُّق الموارد من المستثمرين الرُّوَّاد في "وادي السيليكون" Silicon Valley. إن اقترانًا نادِرًا بين التمويل الخاص والتمويل العام يجعل جيلًا جديدًا من الصواريخ شيئًا مُمكِنًا. وفي الوقت ذاته، فإن انخفاض تكلفة السفر إلى الفضاء يسمح لنطاق من المشروعات بأن تكون عملية. كما أن تشجيع الجمهور أيضًا للسفر إلى الفضاء يصل إلى نقطة تَحوُّلٍ، حيث استعاد الأمريكيون اهتمامهم بأفلام هوليود السينمائية والأعمال التليفزيونية المتخصِّصة في استكشاف الفضاء.

والأكثر أهمية، أن "ناسا" استعادت اهتمامها أخيرًا. ففي الثامن من أكتوبر 2015، وبعد سنوات من التشوُّش والحيرة والتردُّد، أعلنت "ناسا" أخيرًا عن هدفها بعيد المدى: أَنْ تُرسِلَ روَّادَ فضاء إلى المريخ. بل إن "ناسا" وضعت لنفسها مجموعةً صعبةً من الأهداف، تبدأ بالعودة إلى القمر. ولن يكون القمر مَحطَّةً نهائية، بل

منصَّةَ انطلاق إلى الهدف الأكثر طموحًا، ألَا وهو الوصول للمريخ. وبعد أن كانت الوكالة بلا هدف، حدَّدَت لنفسها اتجاهًا فجأة. وقد أشاد المحلِّلون بهذا القرار، مستنتجين أن "ناسا" عادت مُجدَّدًا تسعى لتبوُّء موقع القيادة في استكشاف الفضاء.

إذًا، دعنا أوَّلًا نناقش شأن جارنا السماوي الأقرب، القمر، ثم نخرج مسافرين على الفضاء العميق.

العَودَةُ للذَّهابِ إلى القَمَر

العمود الفقري في جهود "ناسا" للعودة إلى القمر يتكوَّن من اقتران الصاروخ الداعم الثقيل التابع لـ "نظام الإطلاق الفضائي" (Space Launch system (SLS وكبسولة "أوريون" Orion. وكلاهما كان ضحيَّةً لتخفيضات الميزانية التي قام بها الرئيس أوباما في أوائل العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين، عندما ألغى برنامج "السفر إلى الكواكب" Constellation Program. ولكنَّ "ناسا" كانت قادِرَةً على إنقاذ برنامج "السفر إلى الكواكب"، وكبسولة "أوريون"، وكذلك الصاروخ الداعم الثقيل التابع لـ "نظام الإطلاق الفضائي" الذي كان لا يزال في مرحلة التخطيط. وقد اشتُقَّت هذه العناصر من مهامَّ مختلفةٍ تمامًا في الأصل، وجُمِعت معًا لتكوين برنامج الإطلاق الفضائي التابع لـ "ناسا".

وفي الوقت الحالي، من المخطَّط لـ "نظام الإطلاق الفضائي" وصاروخ "أوريون" أن ينظِّم إطلاق رحلة مأهولة إلى القمر في أواسط عشرينيات القرن.

وأول ما يمكن ملاحظته على "نظام الإطلاق الفضائي" المقترن بكبسولة "أوريون" هو أنه لا يشبه البَتَّةَ سَلَفَه المباشر، مكوك الفضاء. ولكنه يشبه صاروخ "ساتورن 5". فعلى مدى خمسة وأربعين عامًا، كان صاروخ "ساتورن 5" قطعةً متحفيَّةً. ولكنه، بشكل ما، يُبْعَثُ الآن بوصفه صاروخًا داعِمًا وفقًا لـ "نظام الإطلاق الفضائي".

صاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" يستطيع حمل شحنة وزنها 130 طنًّا. ويبلغ طوله 322 قدمًا، مقارنة بصاروخ "ساتورن 5". وبدلًا من أن يجلس روَّاد الفضاء

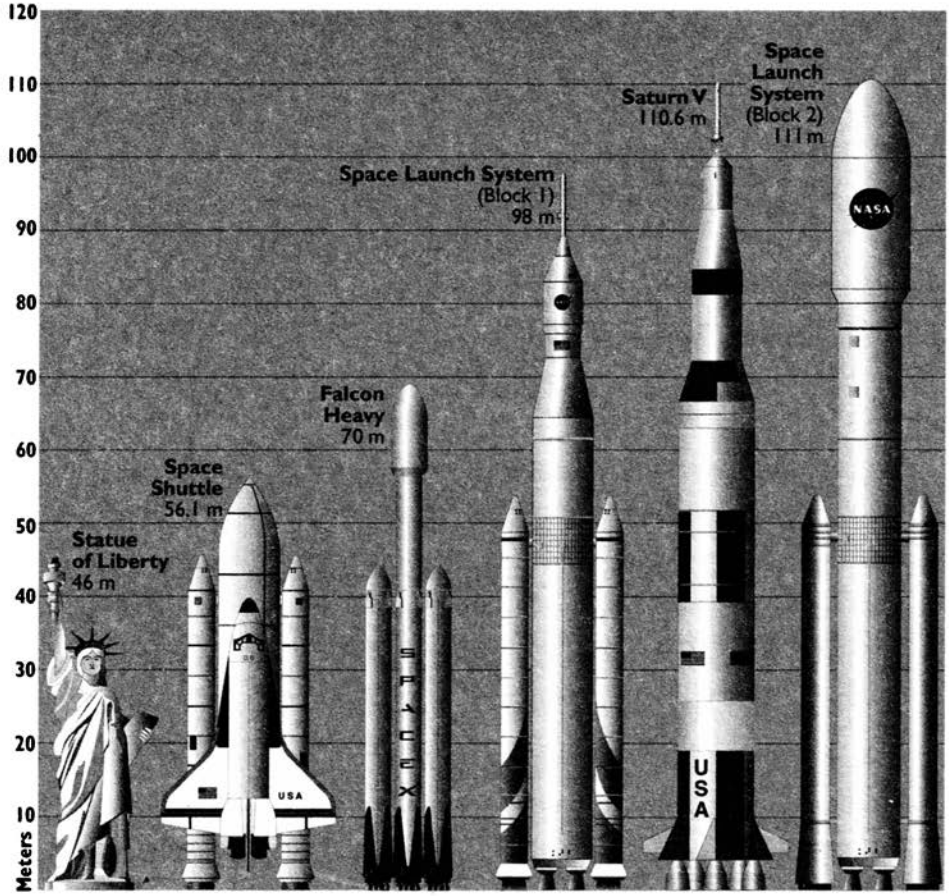
في سفينة على جانب الصاروخ الداعم، كما فعلوا في مكوك الفضاء، يجلسون في كبسولة تُرَكَّب مباشرة أعلى قمة الصاروخ الداعم، كما كان وضع سفينة "أبوللو" مع صاروخ "ساتورن 5". وصاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" "أوريون" -على خلاف مكوك الفضاء- مُكرَّس بشكل أساسي لحمل روَّاد فضاء وليس شحنات. كما أنه ليس مُصمَّمًا لمجرَّد الوصول إلى مدار قريب من الأرض. ولكن، مثل "ساتورن 5"، مصمَّم لوصول إلى سرعة الإفلات من الأرض.

كبسولة "أوريون" مُصمَّمَةٌ لحمل طاقَمٍ مُكوَّنٍ من أربعة إلى سِتَّة أعضاء، بينما حملت كبسولة "أبوللو" في برنامج "ساتورن 5" ثلاثة فقط. ومثل كبسولة "أبوللو"، كبسولة "أوريون" ضَيِّقَة من الداخل. حيث يبلغ قطرها ست عشرة قدمًا، وارتفاعها إحدى عشرة قدمًا، وتَزِنُ سبعةً وخمسين ألف رطل. (منذ أن اكتسب الفضاء أهمِّيَّتَه، كان روَّادُ الفضاء تاريخيًّا قِصارَ القامة. فـ "يوري جاجارين"، على سبيل المثال، كان طوله خمس أقدام وبوصتين فقط).

وعلى خلاف صاروخ "ساتورن 5"، الذي كان مُصمَّمًا تحديدًا للوصول إلى القمر، فإن صاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" يمكن أن يأخذَكَ إلى أيِّ مكان تقريبًا؛ إلى القمر، إلى الكويكبات، وحتى إلى المريخ.

لدينا أيضًا ملياردير ات ضَجُّوا من السرعة البطيئة لبيروقراطيِّ "ناسا"، ويريدون أن يرسلوا روَّاد فضاء إلى القمر، وحتى إلى المريخ، بسرعة نسبيًّا. وقد أغرى هؤلاء المستثمرين المبادرين الشباب اقتراحُ الرئيس السابق "أوباما" بتولِّي الشركات الخاصة برنامجَ الفضاء المأهول.

مكتبة
t.me/soramnqraa



هذه التشكيلة تقارن صاروخ Saturn V الأصلي الذي أخذ رُوَّاد الفضاء إلى القمر ومكوك الفضاء مع الصواريخ الدَّاعِمَة الأخرى التي يجري اختبارها (صورة رقم 1).

المدافعون عن "ناسا" يدَّعون أن سرعتها الحَذِرَة ترجع إلى اهتمامها بالأمان. فبُعَيْدَ كارثتَيْ مكوك الفضاء، تسبَّبَت جلسات الاستماع في الكونجرس في إيقاف برنامج الفضاء تمامًا تقريبًا، وسط استهجانٍ شعبيٍّ شديد. وكارثة أخرى على هذا النطاق كان من شأنها أن تضع نهاية للبرنامج. كما أشاروا أيضًا إلى أن "ناسا" حاوَلَت، في تسعينيات القرن العشرين، أن تتبنَّى قاعدة "أسرع، أفضل، أرخص". ولكن، بعد أن فُقِد "مِرقابُ المريخ" Mars Observer في 1993 نتيجة لانفجار

خزّان وقود عندما كان على وشك الدوران حول المريخ، اعتقد الكثيرون أن "ناسا" ربما تعجَّلَت في هذه المهمة، وأن شعار "أسرع، أفضل، أرخص" قد أُسْقِط تمامًا.

وهكذا، كان على المرء أن يحقِّق توازُنًا دقيقًا بين المتهوِّرين الذين يريدون سرعة مُتزايِدَةً، والبيروقراطيين المتخوِّفين بشأن الأمان وتكلفة الفشل. وعلى الرغم من ذلك، فإن اثنين من أصحاب البلايين أخذوا زمام المبادرة في تتبُّع برنامج الفضاء: "چيف بيزوس" Jeff Bezos، مؤسِّس شركة "أمازون" Amazon ومالك جريدة "الواشنطن بوست"، و"إيلون ماسك" Elon Musk، مؤسِّس "باي بال" PayPal، و"تِسلَا" Tesla، و"سبيس إكس" SpaceX.

وسائل الإعلام، بالفعل، أطلقت على ذلك اسم "حرب الملياردیرات".

كُلٌّ من "بيزوس" و"ماسك" يبدو أنهما ينقلان البشرية إلى الفضاء الخارجي. وبينما يتبنَّى "ماسك" رؤيةً بعيدةً، ويُعدُّ العُدَّة للمريخ، فإن "بوزيس" يتبنَّى رؤية أكثر تعجُّلًا للذَّهاب إلى القمر.

إلى القمر

تَوافَدَ النَّاسُ من جميع الأنحاء إلى فلوريدا على أمل أن يخطفوا لمحةً إلى أول كبسولة تأخذ روَّادنا إلى القمر. الكبسولة القمرية كانت ستحمل ثلاثة روَّاد فضاء في رحلة غير مسبوقة في تاريخ البشرية، في لقاء مع جسم سماوي آخر. كان من المقرَّر للرحلة إلى القمر أن تستغرق ثلاثة أيام، سيشهد رواد الفضاء خلالها أشياء لم يسبق أن خَبَرَها أحد، مثل انعدام الوزن. وبعد رحلة بطولية، سوف تهبط السفينة الفضائية بأمان في المحيط الهادي، وسوف يُحْتَفَل بِرُكَّابها بوصفهم أبطالًا، فاتِحين فصلًا جديدًا في تاريخ العالم.

كل الحسابات أُجريَت باستخدام قوانين "نيوتن" لضمان رحلة محكمة. ولكن كانت هناك مشكلة وحيدة. إنها قصَّة كتبها بالفعل "چول ڤيرن" Jules Verne، في روايته التنبُّئِيَّة "من الأرض إلى القمر"، التي نُشِرَت سنة 1865، عقب انتهاء الحرب الأهلية مباشرة. ولكن مُنظِّمي الرحلة القمرية لم يكونوا علماء "ناسا"، وإنما أعضاء "نادي السلاح" في بالتيمور.

الجدير بالملاحظة حَقًّا هو أن "چول ڤيرن"، الذي كتب روايته قبل أكثر من مائة عام من أوَّلِ هبوطٍ على سطح القمر، هو أنه كان قادرًا على التنبُّؤ بالعديد من ملامح الرحلة الفعلية إلى القمر. لقد كان قادِرًا على الوصف الصحيح لحجم الكبسولة، وموقع الإطلاق، وأسلوب العودة للهبوط على الأرض.

الخطأ الرئيسي الوحيد في كتابه كان استخدام مدفعٍ عملاق في إرسال روَّاد الفضاء إلى القمر. التَّسارُع المفاجئ في سرعة طلقة المدفع كانَ مُقدَّرًا بحوالي عشرين ألف مثل قوة الجاذبية، وهو ما كان من المؤكَّد أن يقتل أي شخص على متن السفينة. ولكن، قبل التوصُّل إلى الصواريخ ذات الوقود السائل، لم يكن لدى "ڤيرن" وسيلة أخرى لتصوُّر الرحلة.

"ڤيرن" افترض أيضًا أن رُوَّاد الفضاء سيكونون منعدمي الوزن تمامًا، ولكن فقط في نقطة واحدة في منتصف الطريق بين الأرض والقمر. فهو لم يدرك أن رُوَّاد الفضاء سوف يكونون في حالة انعدام الوزن أثناء رحلتهم. (حتى اليوم، يرتكب المعلِّقون خطأً بشأن انعدام الوزن. فهم يقرِّرون في بعض الأحيان أن انعدام الوزن ينتج عن انعدام الجاذبية في الفضاء. والواقع أنه يوجد قَدْرٌ ضخم من الجاذبية في الفضاء، بما يكفي للسيطرة على كوكب ضخم مثل المشترى في مداره حول الشمس. إن المرور بحالة انعدام الوزن ينتج عن حقيقة كون كل شيء يسقط بالسرعة ذاتها؛ ولذلك، فإن رائد الفضاء داخل السفينة سوف يسقط بسرعة سقوط سفينته ويشعر بوهم انعدام الجاذبية).

اليوم، ليست الثروات الخاصة لأعضاء "نادي السلاح" ببالتيمور هي التي تشعل سباق الفضاء الجديد، ولكنها دفاتر شيكات أقطاب مثل "بيزوس". وبدلًا من الانتظار حتى تعطيه "ناسا" تصريحًا ببناء صواريخ ومنصَّة إطلاق بدولارات دافعي الضرائب، فقد أسَّس شركته الخاصة، "بلو أوريجين" Blue Origin، ويقوم الآن ببناء الصواريخ بنفسه ومن جيبه الخاصِّ.

لقد تجاوز المشروع بالفعل مرحلة التخطيط. وأنتجت "بلو أوريجين" منظومةَ صواريخها الخاصَّة التي أطلق عليها اسم "نيو شيبارد" (نسبة إلى "ألان شيبرد" Alan Shepard، أول أمريكي يذهب إلى الفضاء بواسطة صاروخ دون مداريٍّ[1]).

(1) صاروخ دون مداري: انظر الفقرة التالية- المترجم.

والواقع أن صاروخ "نيو شيبارد" كان أوَّلَ صاروخ دون مداري في العالم يعود بنجاح إلى قاعدة إطلاقه، متفوِّقًا على صاروخ "إيلون ماسك" المُسمَّى "فالكون" Falcon (الذي كان أوَّلَ صاروخ متكرِّر الاستخدام يرسل شحنة إلى مدار حول الأرض).

صاروخ "نيو شيبارد" هو صاروخ دون مداري، بمعنى أنه لا يستطيع أن يصل إلى سرعة ثمانية عشر ألف ميل في الساعة ليصل إلى مدار قريب من الأرض. إنه لن يأخذنا إلى القمر، ولكنه قد يكون أوَّلَ صاروخ أمريكي يتيح للسُّيَّاح رؤية الفضاء بشكل روتيني. وقد أطلقت "بلو أوريجين" مؤخَّرًا فيديو يعرض رحلة افتراضية على متن "نيو شيبارد"، وجاءت تشبه السفر بالدرجة الأولى على متن سفينة فاخرة. فعندما تدخل إلى الكبسولة الفضائية، تندهش في الحال لِكَمْ هي واسعة. وبعيدًا جدًّا عمَّا نراه في أفلام الخيال العلمي من فراغات ضيِّقة، تتوفَّر لك غُرَفٌ فسيحة مع خمسة سُيَّاح آخرين حيث تربط حزام مقعدك وتستلقي عليه، وفي الحال تجد نفسك تغوص في مقعد جلدي أسود. وتستطيع أن تنظر إلى الخارج من خلال نافذة ضخمة أبعادها 2.4 قدم عرضًا و3.5 قدم طولًا على وجه التقريب. "كل مقعد يجاور نافذة، أكبر نافذة فضائية على الإطلاق"، هكذا يقول بيزوس. لم تكن رحلات الفضاء بهذه الروعة من قبل.

ولأنك تكون على وشك الولوج إلى الفضاء الخارجي، يجب أن تتَّخذ بعض الاحتياطات. فقبل السفر بيومين، عليك أن تطير إلى "فان هورن" بولاية تكساس، حيث تقع تسهيلات الإقلاع التابعة لـ "بلو أوريجين". وهناك، سوف تلتقي بزملائك السُّيَّاح وسوف تجري محادثات قصيرة مع الطاقم. وحيث أن الرحلة أوتوماتيكية بالكامل، فإن أعضاء الطاقم لا يركبون إلى جوار السياح.

مُدرِّب الرحلة يشرح أنها سوف تستغرق إحدى عشرة دقيقة، حيث تصعد رأسيًّا لمسافة اثنين وستين ميلًا إلى أعلى، واصِلًا إلى الحدود بين الغلاف الجوي والفضاء الخارجي. في الخارج، سوف تتلوَّن السماء بالبنفسجي الداكن، ثم إلى الأسود القاتم. وبمجرد أن تصل الكبسولة إلى الفضاء الخارجي، يمكنك أن تفكَّ حزام مقعدك وتعايش أربع دقائق من انعدام الوزن. عندئذ، سوف تطفو كالبهلوان، متحرِّرًا من قيود الجاذبية الأرضية.

بعض الناس يمرضون ويتقيَّؤون عندما يمرُّون بحالة انعدام الوزن، ولكن هذه لن تكون مشكلة حيث إن الرحلة قصيرة جدًّا، هكذا يقول المدرب.

(لتدريب روَّاد الفضاء، تستخدم "ناسا" "مذنَّبَ القيء" الذي هو عبارة عن طائرة من طراز KC-135 تستطيع أن تحاكي حالة انعدام الوزن. "مذنَّب القيء" ترتفع بزاوية حادَّة، ثم فجأة تُوقِفُ مُحرِّكاتها لمدة ثلاثين ثانية، ثم تأخذ في الهبوط. روَّاد الفضاء في هذه الحالة يشبهون حجرًا أُلْقِيَ إلى أعلى، ثم يكونون في حالة سقوط حُرٍّ. وعندما تُشغِّل الطائرة مُحرِّكاتها، يسقط رواد الفضاء على أرضيتها. وتتكرَّر هذه العملية لعدة ساعات).

في نهاية رحلة "نيو شيبارد"، تطلق الكبسولة باراشوتات ثم تهبط بِلُطْفٍ على الأرض، مُستخدِمَةً الصواريخ الخاصَّة بها. فلا حاجة للهبوط على سطح المحيط. وخلافًا لمكوك الفضاء، تتميَّز بنظام أمان حيث يمكن أن يُقْذَف بك من الصاروخ في حالة حدوث خَلَلٍ أثناء الإطلاق. (مكوك الفضاء "تشالنجر" Challenger لم يكن مُزوَّدًا بنظام شبيه للإنقاذ، ولَقِيَ سبعة روَّادِ فضاءٍ حَتْفَهم).

"بلو أوريجين" لم تفصح بَعْدُ عن سعر هذه الرحلة دون المدارية إلى الفضاء، ولكن المُحلِّلين يعتقدون مبدئيًّا أنها يمكن أن تكون قريبة من 200,000 دولار لكل مسافر. فهذا هو سعر الرحلة المنافسة على صاروخ دون مداري يجري تطويره بواسطة "ريتشارد برانسون" Richard Branson، وهو ملياردير آخر وضع بصمته على تاريخ استكشاف الفضاء. "برانسون" هو مؤسِّس شركة "ڤيرچين أتلانتك أيروايز" Virgin Atlantic Airways وشركة "ڤيرچين جلاكتيك" Virgin Galactic، وهو يدعِّم جهود مهندس الطيران "بارت روتان" Burt Rutan. في سنة 2004، احتلَّت سفينة فضاء "روتان" المسماة "سبيس شيب وان" SpaceShipOne عناوينَ الأخبار عندما فازت بجائزة عشرة ملايين دولار، قيمة جائزة Ansari X PRIZE[1]. وقد استطاعت هذه السفينة أن تصل إلى حدود الغلاف الجوي بارتفاع سبعين ميلًا فوق الأرض. وعلى الرغم من أن السفينة الثانية SpaceShipTwo عانت من حادث مُميتٍ سنة 2014 أثناء تحليقها فوق صحراء "موچيف" Mojave Desert،

(1) Ansari X Prize: جائزة تمنحها مؤسسة X PRIZE في مجال الفضاء بقيمة عشرة ملايين دولار لأوَّل منظَّمة غير حكومية تنجح في إطلاق سفينة فضاء مأهولة متكرِّرة الاستخدام إلى الفضاء مرتين خلال أسبوعين- المترجم.

فـإن خطـط "برانسـون" مسـتمرَّةٌ في اختبـار الصواريـخ لجعـل السـياحة الفضائيـة واقِعًـا. وسـوف يكشـف الزمـن عـن أي مـن هـذه النُّظُـم الصاروخيـة سـوف ينجـح تجاريًـا. ولكـن يبـدو بوضـوح أن السـياحة الفضائيـة قـد بـدأت وستسـتمرُّ.

"بيـزوس" يقـوم الآن بإنتـاج صـاروخ آخـر سـوف يحمـل البـشر إلى مـدار حـول الأرض. وهـو صـاروخ يسـمَّى "نيـو جلـين" New Glenn، نسـبة إلى "چون جلـين" John Glenn، أوَّلِ أمريـكيٍّ يـدور حـول الأرض. وسـوف يتكـوَّن الصـاروخ مـن ثـلاث مراحـل، ويصـل ارتفاعـه إلى 313 قدمًـا. وعـلى الرغـم مـن أن صـاروخ "نيـو جلـين" لا يـزال في طَـوْرِ التصميـم، إلا أن "بيـزوس" قـد ألمـح إلى أنـه يخطِّـط لصـاروخ أكـثر تقدُّمًـا، سـوف يطلـق عليـه "نيـو آرمسـترونج"، الـذي ربمـا يتجـاوز الـدوران حـول الأرض ويتخـذ طريقـه إلى القمـر.

عندمـا كان بيـزوس طفـلًا، كان يحلـم بالسـفر إلى الفضـاء الخارجـي، مُسـتَلهِمًا أفـلام الخيـال العلمـي، وكان يشـارك في مسرحيـات مَبنيَّـةٍ عـلى المسلسـلات التليفزيونيـة، مُتَّخِـذًا أدوارًا بطوليَّـةً متعـدِّدةً، بـل ودور الكمبيوتـر. وعنـد تخرجـه مـن المدرسـة الثانويـة، الوقـت الـذي يتخيَّـل فيـه معظـمُ المراهقـين سـيَّارَتَهم الأولى أو ينشـغلون بموسـيقى ورقـص حفـلات التخـرُّج، كان هـو يضـع خُطَّـةً حالِمَـةً للقـرن القـادم. وهـو يقـول إنـه "أراد أن يبنـي فنـادق فضائيـة، وملاهـي، ويُخوتًـا، ومسـتعمراتٍ تَسَـعُ مليـونَيْ أو ثلاثـة ملايـين إنسـانٍ تـدور حـول الأرض".

كتـب "بيـزوس" يقـول: "مُجْمَـلُ الفكـرة هـو الحفـاظ عـلى كوكـب الأرض... الهـدف الرئيـسي هـو إجـلاء البـشر. أمـا الأرض فسـتصبح فِنـاءً". ووفقًـا لرؤيـة "بيـزوس"، فـإن المُخرَجـات الصناعيـة الملوِّثـة للكوكـب يمكـن أن تنقـل في النهايـة إلى الفضـاء.

ولـكي تكـون أفعالـه مِصداقًـا لأقوالـه، بوصفـه رجـلًا بالِغًـا، أَسَّـس "بيـزوس" شركـة "بلـو أوريجـين" لـكي تبنـي صواريـخ المسـتقبل. إن اسـم شركتـه يشـير إلى كوكـب الأرض، الـذي يمكـن أن يُـرَى مـن الفضـاء الخارجـي عـلى شـكل كـرة زرقـاء. ويقـول "بيـزوس" إن الهـدف هـو "فتـح بـاب الرحـلات الفضائيـة أمـام العمـلاء الذيـن يدفعـون. إن رؤيـة الكوكـب الأزرق بسـيطة جِـدًّا... إننـا نريـد أن نـرى ملايـين النـاس يعيشـون ويعملـون في الفضـاء. سـوف يسـتغرق هـذا وقتًـا طويـلًا، ولكنـي أعتقـد أنـه هـدف جديـر بالاهتـمام".

في 2017، أعلن بيزوس عن خطة قصيرة المدى لشركة "بلو أوريجين" تهدف لتأسيس نظام لتوصيل خدمة السفر إلى القمر. وهو يتصوَّر عملية واسعة النطاق يمكن من خلالها، تمامًا كما تقوم "أمازون" بسرعة بشحن تشكيلة متنوِّعة من المنتجات بمجرد الضغط على زِرٍّ، أن توصل الآلات ومواد البناء والسلع والخدمات إلى القمر. وبمجرد أن يصبح القمر محطَّةً منفردة في الفضاء، سوف يصير محورًا صناعيًّا وتجاريًّا زاخِرًا بالنشاط، مع وجود قواعد دائمة مأهولة بالبشر والصناعات.

هذا الحديث الفضفاض عن مدن فوق القمر قد يُواجَهُ اعتياديًّا بالرفض مثله مثل هَذَيان شخص غريب الأطوار. ولكنه عندما يأتي من أحد أغنى أغنياء العالم، يستمع له الرئيس والكونجرس ومُحرِّرو "واشنطن بوست"؛ يجب أن يأخذه المرءُ بجدِّيَّةٍ تامَّة.

قاعِدَةٌ قَمريَّةٌ دائِمَةٌ

للمُساعدة في تحمُّل تكلفة هذه المشروعات الطموحة، نظر علماء الفلك في فيزياء واقتصاديات التعدين فوق القمر ولاحظوا ثلاثة موارد على الأقل تستحق الاستغلال.

في تسعينيات القرن العشرين، أثار دهشة العلماء اكتشاف غير متوقَّع: وجود كميات كبيرة من الجليد في النصف الجنوبي من القمر. هناك، تحت ظلال سلاسل الجبال والحفر الكبيرة، توجد ظُلَمَةٌ دائمة تحت درجة التجمُّد. ومن المحتمل أن يكون أصل هذا الجليد آثار مُذنَّبات في التاريخ المبكِّر للنظام الشمسي. فالمذنَّبات تتكوَّن أساسًا من الجليد والغبار والصخور؛ وعليه فإن أي مذنَّبٍ يضرب القمر تحت أي من هذه الظلال قد يترك مستودَعًا من الماء والجليد. والمياه بدورها يمكن أن تُحوَّل إلى أوكسچين وهيدروچين (وهو ما يحدث عندما تكون مكوِّناتٍ للوقود الصخري). وهذا يمكن أن يُحوِّلَ القمر إلى محطة وقود كونية. ويمكن أيضًا تنقية الماء لأغراض الشرب أو استخدامه في إنشاء مزارع نباتية صغيرة.

والواقع، أن مجموعة أخرى من مستثمري وادي السيليكون أنشؤوا شركة تُسمَّى "مون إكسبريس" Moon Express للبدء في عملية التنقيب عن الجليد فوق القمر. وهي أول شركة على الإطلاق تحصل على ترخيص من الحكومة للبدء

في هـذا المـشروع التجـاري. ومـع ذلـك، فـإن الهـدف الأولي لشركـة "مـون إكسـبريس" أكـثر تَواضُعًـا. وسـوف تبـدأ الشركـة بوضـع مركبـة قمريـة عـلى القمـر تقـوم بانتظـام بالبحـث عـن وجـود مسـتودعات جليـد. وقـد جمعـت الشركـة بالفعـل أمـوالًا كافيـة مـن خـلال تمويـل خـاص للـشروع في هـذه المهمـة. وإذ يتوفَّـر التمويـل؛ يحـدث كل شيء.

العلـماء قامـوا بتحليـل الصخـور التـي أحضرهـا روَّاد "أبوللو" مـن القمـر، ويعتقدون أنـه قـد توجـد عنـاصر أخـرى مهمَّـة اقتصاديًّـا عـلى القمـر. العنـاصر الأرضيـة النـادرة بالغـة الأهميـة لصناعـة الإلكترونيـات التـي توجـد غالِبًـا في الصـين. (العنـاصر الأرضيـة النـادرة توجـد في كل مـكان بكميـات صغـيرة، ولكـن صناعـة العنـاصر الأرضيـة النـادرة الصينيـة تصـل إلى 97% مـن التجـارة العالميـة. والصـين تمتلـك حـوالي 30% مـن الاحتياطـي العالمـي). منـذ سـنوات قليلـة، اندلعـت تقريبًـا حـرب تجاريـة عالميـة عندمـا رفـع المُـوَرِّدون الصينيـون فجـأةً أسـعارَ العنـاصر الأساسـية، وأدرك العـالم فجـأةً أن الصـين شـبه مُحتَكِـرَة. ومـن المُقـدَّر أن الإمـدادات سـتبدأ في النفـاد في العقـود القادمـة؛ مـا يجعـل إيجـاد مصـادر بديلـة أمـرًا مُلِحًّـا. والعنـاصر الأرضيـة النـادرة وُجِـدَت في صخـور القمـر، وعليـه؛ في يـومٍ مـا قـد تصبـح تكلفـة اسـتخراجها مـن القمـر فَعَّالـة. والبلاتـين عنـصر مهـمٌّ آخـر لصناعـة الإلكترونيـات، كـما تـمَّ العثـور عـلى القمـر أيضًـا عـلى معـادِنَ شـبيهة بالبلاتـين، ربَّمـا تكـون بقايـا لآثـار كويكبـات قديمـة.

وأخـيرًا، هنـاك إمكانيـة للعثـور عـلى "هيليـوم3-"، الـذي يُعَـدُّ مُفيـدًا في التفاعـلات الاندماجيـة. فعندمـا تتَّحِـدُ ذرَّات الهيدروچيـن في درجـات الحـرارة شـديدة الارتفـاع الموجـودة في هـذه التفاعـلات، تندمـج نُويَّـات الهيدروچيـن مكوِّنَـةً الهيليـوم، بالإضافـة إلى كمِّيـات كبـيرة مـن الطاقـة والحـرارة. وهـذه الطاقـة الفائضـة مُفيـدَةٌ في تشـغيل الماكينـات. ولكـن هـذه العمليـة تنتـج أيضًـا كميـات كبـيرة مـن النيوترونـات، التـي تُعَـدُّ خطـيرة. وميـزة عمليـة الاندمـاج المرتبطـة بهيليـوم3- أنهـا، بـدلًا مـن ذلـك، تنتـج فائضًـا مـن البروتونـات التـي يمكـن تداوُلُهـا بسـهولة أكـثر وإبعادهـا بواسـطة مجـالات كهرومغناطيسـية. ولكـن المفاعـلات الاندماجيـة لا تـزال تجريبيـة بدرجـة كبـيرة، ولا يوجـد أيٌّ منهـا عـلى الأرض حتـى الآن. ولكـن لـو تـمَّ تطويرهـا بنجـاح؛ يمكـن اسـتخراج هيليـوم3- مـن القمـر لتوفـير الوقـود للمفاعـلات الاندماجيـة في المسـتقبل.

ولكن هذا يطرح أيضًا سؤالًا صعبًا: هل التعديل على القمر مشروع؟ وهل يمكن الادِّعاء بحقوقٍ هناك؟

في سنة 1967، وقعت الولايات المتحدة والاتحاد السوفييتي ودُولٌ كثيرة أخرى "اتفاقية الفضاء الخارجي"، التي حَظَرَت على الدول الادِّعاءَ بملكية أجسام سماوية مثل القمر. كما حظرت وضع أسلحة نووية في مدار حول الأرض أو على القمر أو في أي مكان آخر في الفضاء. واختبار تلك الأسلحة أيضًا تمَّ مَنْعُه. واتفاقية الفضاء الخارجي، الأولى والوحيدة من نوعها، لا تزال سارية حتى الآن.

ومع ذلك، فإن الاتفاقية لم تذكر شيئًا عن الملكية الخاصة لأرض القمر أو عن استخدام القمر في أنشطة تجارية، ربما لأن هؤلاء الذين صاغوا الاتفاقية لم يتصوَّروا أن الأفراد يمكن مُطلَقًا أن يكونوا قادرين على الوصول إلى القمر. ولكن هذه الأمور يجب أن تعالَجَ فورًا، وخاصَّةً الآن، حيث تنخفض تكلفة السفر في الفضاء، وحيث يريد الملياردير ات أن يستغلوا الفضاء الخارجي اقتصاديًا.

الصينيون أعلنوا أنهم سوف يرسلون روَّاد فضاء إلى القمر في 2025. ولو أنَّهم رشقوا عَلَمَهُم هناك، سيكون لذلك دلالة رمزية كبيرة. ولكن ماذا يمكن أن يحدث لو أن مستثمرًا فردًا ما ادَّعى حقوقًا على القمر بعد وصوله بسفينته الفضائية الخاصة؟

بمجرَّد حَلِّ هذه القضايا التقنية والسياسية، يكون السؤال التالي هو: كيف سيكون شكل الحياة على القمر بالفعل؟

العَيْشُ فَوقَ القَمَر

روَّاد الفضاء الذين وصلوا إلى القمر قضوا هناك فترات قصيرة، أيَّامًا قليلة عادةً. ولكن إنشاء أول بؤرة استيطانية مأهولة سيتطلَّب من رُوَّاد الفضاء في المستقبل أن يقضوا وقتًا مُطوَّلًا هناك. سوف يحتاجون للتكيُّف مع الظروف القمرية التي -كما تستطيع أن تتصوَّر- هي مختلفةٌ تمامًا عن ظروف الأرض.

أحد العوامل التي تحُدُّ من طول الفترة التي يستطيع رواد الفضاء أن يمكثوها فوق القمر هو توفُّر الطعام والماء والهواء، حيث أنهم سوف يستنفدون

الإمـدادات التـي يحملونهـا معهـم خـلال أسـابيع. في البدايـة، يجـب أن يُشْـحَنَ كُلُّ شيء مـن الأرض. ويجـب إرسـال مركبـة فضائيـة قمريـة غـير مأهولـة كل عـدَّة أسـابيع لحمـل المـؤن إلى المحطـة. وهـذه الشـحنات سـوف تكـون عـماد الحيـاة لـروَّاد الفضـاء، حيـث إن أي حادثـة تمسُّـها يمكـن أن تتسـبَّب في حالـة طـوارئ. وبمجـرد بنـاء قاعـدة قمريـة، حتـى لـو كانـت مؤقَّتـة، سـوف تكـون المسـاعي الأولى لـروَّاد الفضـاء توليـد أوكسـچين للتنفُّـس ولإنتـاج غذائهـم. وهنـاك عـدد مـن التفاعـلات الكيميائيـة التـي يمكـن أن تنتـج الأوكسـچين، ووجـود المـاء يوفِّـر مَـوْرِدًا جاهـزًا. كـما أن هـذه الميـاه يمكـن أن تُسـتَخدَم أيضًـا في مـزارع مائيـة لتنميـة المحاصيـل.

ومـن حسـن الحـظ، أن الاتصـال بـالأرض لـن يمثِّـل مشـكلة كبـيرة، حيـث إن الأمـر يسـتغرق أكـثر قليـلًا مـن ثانيـة واحـدة لإرسـال إشـارة راديـو مـن القمـر إلى الأرض. وفيـما عـدا تأخـير بسـيط، سـوف يكـون رواد الفضـاء قادريـن عـلى اسـتخدام هواتفهـم المحمولـة والإنترنـت كـما يفعلـون وهـم عـلى الأرض، وهكـذا يمكـن أن يكونـوا عـلى اتصـال مسـتمر بأحبائهـم ويسـتقبلوا آخـر الأنبـاء.

مبدئيًّـا، سـوف يتعـيَّن عـلى رواد الفضـاء أن يعيشـوا داخـل كبسـولتهم الفضائيـة. وعندمـا يغامـرون بالخـروج، سـتكون أولى مهامهـم نـشر ألـواح شمسـية كبـيرة لحصـد الطاقـة. وحيـث إن يومًـا عـلى القمـر يطابـق شـهرًا عـلى الأرض، فـإن أيَّ موقـع عـلى القمـر يمـرُّ بأسـبوعين مـن ضـوء النهـار يعقبهـما أسـبوعان مـن الظـلام؛ ولذلـك سـوف يحتاجـون بطاريَّـاتٍ ضخمـةً لتخزيـن الطاقـة الكهربائيـة التـي تـمَّ حصدهـا أثنـاء "النهـار" لاسـتخدامها في "الليـل" الطويـل الـذي يعقبـه.

وبمجـرَّد وصولهـم إلى القمـر، سـوف يحتـاج روَّاد الفضـاء للتوجُّـه إلى القطبـين لأسـباب عديـدة. حيـث إن هنـاك قِمَـمًا في المنطقتـين القطبيتـين لا تغـرب عنهـا الشـمس أبـدًا، ومـن ثـم فـإن مزرعـة شمسـية تضـمُّ آلافًـا مـن الألـواح الشمسـية يمكـن أن تُولِّـدَ إمـدادًا مسـتمرًّا مـن الطاقـة دون توقُّـف. كـما يمكـن لـروَّاد الفضـاء أيضًـا أن يسـتفيدوا مـن مسـتودعات الجليـد الموجـودة تحـت ظـلال سلاسـل الجبـال والفوَّهـات الضخمـة عنـد القطبـين. ومـن المُقـدَّر أن سـتة ملايـين طـن مـتريٍّ مـن الجليـد يمكـن أن توجـد في المنطقـة القطبيـة الشـمالية، في طبقـة يبلـغ سُـمْكُها عـدَّةَ يـاردات. وبمجـرد أن تبـدأ عمليـات التنقيـب، يمكـن حصـد الكثـير مـن هـذا الجليـد وتنقيتـه لأغـراض

الشرب، وكذلك لتوليد الأوكسچين. ومن الممكن أيضًا التنقيب في تربة القمر، التي تحتوي على كميات مدهشة من الأوكسچين. والواقع أنه يوجد حوالي مائة رطل من الأوكسچين في كل ألف رطل من تربة القمر.

ويجب أن يتكيَّف رواد الفضاء مع الجاذبية المنخفضة على القمر. فوفقًا لنظرية "نيوتن" في الجاذبية: الجاذبية على أيِّ كوكب ترتبط بكُتْلَتِه. وجاذبية القمر تعادل سُدْسَ جاذبية الأرض.

هذا يعني أن تحريك الآلات الثقيلة سوف يكون أسهل كثيرًا على القمر. كما أن السرعة اللازمة للإفلات أَقَلُّ كثيرًا، ومن ثم فإن الصواريخ تستطيع أن تهبط وتنطلق من القمر بسهولة كبيرة. وفي المستقبل، سيكون وجود ميناء فضائي مزدحم على القمر إمكانية قائمة.

ولكن رُوَّاد الفضاء يجب أن يتعلَّموا حركات بسيطة، مثل المشي. فقد أدرك رواد "أپوللو" أن المَشْيَ على القمر كان صعبًا جدًّا. واكتشفوا أن أسرع طريقة للحركة هي القفز. فبسبب جاذبية القمر الأضعف؛ يمكنك القفز أفضل كثيرًا من الخطو، كما أن ذلك أسهل في السيطرة على حركتك.

الإشعاع قضية أخرى يجب التعامُل معها. بالنسبة للبعثات التي تستمرُّ لأيام قليلة، هو لا يمثِّل مشكلة كبيرة. ولكن لكي يقضي روَّادُ الفضاء أَشْهُرًا على القمر، يمكن أن يتراكم تعرُّضهم للإشعاع بدرجة كبيرة تزيد مخاطر إصابتهم بالسرطان. (هناك مشكلات طبية بسيطة يمكن أن تتفاقم لدرجةٍ تُهدِّد الحياة على القمر. ولذلك؛ فإن كل رواد الفضاء يجب أن يتدرَّبوا على الإسعافات الأولية، وربما يجب أن يكون قليل منهم أطباءً بشريِّين. فلو أصيب أحد رُوَّاد الفضاء بأزمة قلبية أو التهاب بالزائدة الدودية، على سبيل المثال، فوق القمر، سوف يقوم الطبيب على الأرجح بإجراء مؤتمر على البعد مع متخصِّصين على الأرض، الذين ربما يقومون بإجراء جراحة بالتحكُّم عن بعد. ويمكن إحضار روبوتات لإجراء أنواع مختلفة من الجراحات الصغرى، مع توجيههم عن طريق أطباء مهَرَةٍ على الأرض). وسوف يحتاج رواد الفضاء إلى "نشرات جوية" يومية من علماء الفلك الذين يراقبون النشاط الشمسي. وبدلًا من الإشارة إلى عواصف رعدية قادمة، فإن هذه النشرات الجوية سوف تعطي تحذيرات من موجات اللهب الشمسية الضخمة التي يمكن

أن ترسل سُحُبًا من الإشعاع في الفضاء. ولو وقع انفجار ضخمٌ على الشمس، يمكن إرسال إشارة إلى رواد الفضاء للبحث عن ساتر. وبمجرد إعطاء التحذير، سوف يكون أمام رواد الفضاء عدَّة ساعات قبل أن يضرب القاعدة وابِلُ الجسيمات دون الذَّرِّيَّة المشحونة القاتلة.

قد تكون إحدى طرق إنشاء مأوى من الإشعاع حَفْرَ قاعدة تحت الأرض داخل قناة لافا على القمر. هذه القنوات، بقايا لبراكين قديمة، يمكن أن تكون ضخمة لدرجة أن يبلغ اتِّساعها ألف قَدَمٍ، ويمكن أن توفر حماية كافية من الإشعاع الآتي من الشمس والفضاء الخارجي.

بمجرد أن يقيم روَّاد الفضاء مأواهم المؤقت، لا بُدَّ من إرسال شحنات كبيرة من الآلات والإمدادات من الأرض للبدء في إنشاء القاعدة القمرية الدائمة، ويمكن أن يؤدي إرسال المواد سابقة التصنيع والمكوِّنات القابلة للنفخ إلى الإسراع في هذه العملية. (في الفيلم المسمَّى "2011"، يعيش روَّاد الفضاء في قواعد قمرية ضخمة حديثة تحت الأرض، تحتوي على منصَّاتٍ لهبوط الصواريخ، وتقوم بدور مراكز لتنسيق عمليات التعدين القمرية. أول مراكزنا القمرية قد لا تكون بهذا الشمول، ولكن الرؤية التي يقدِّمها الفيلم يمكن تحقيقها قبل مرور وقت طويل جدًّا).

عند بناء هذه القواعد تحت الأرض، من المحتَّم أننا سنحتاج القدرة على تصميم وصيانة أجزاء الآلات. وعلى الرغم من أن المعدات الكبيرة مثل الجَرَّافات والأوناش لا بُدَّ أن تُرْسَلَ من الأرض، فإن الطابعات ثلاثية الأبعاد يمكن أن تُصَنِّع أجزاء بلاستيكية صغيرة للآلات في الموقع.

من الناحية المثالية، يمكن إنشاء مصانع لتشكيل المعادن. ولكن بناء فرن صهر سيكون مستحيلًا، حيث لا يوجد هواء لتغذية الفرن. ومع ذلك، فإن التجارب بيَّنَت أن التربة القمرية عندما يتمُّ تسخينها بالموجات القصيرة، يمكن أن تنصهر وتُكَوِّن قوالب من السيراميك الصخري الصلب، التي يمكن أن تكون هي لَبِنات بناء القاعدة القمرية بأكملها. ومن حيث المبدأ، كل البنية الأساسية يجب أن تصنع من هذه المادة، التي يمكن الحصول عليها مباشرة من التربة.

التَّسلِيَةُ والتَّرفيهُ على القَمَر

أخيرًا، يجب أن يكون هناك مصدرٌ للترفيه عن روَّاد الفضاء، كوسيلة للتفريج عن النفس والاسترخاء. عندما هبطت "أبوللو 14" على القمر في 1971، لم يعرف مسؤولو "ناسا" أن قائد الرحلة، "آلان شيبارد"، قد هرَّب عصا جولف على الكبسولة الفضائية. وقد أخذتهم الدهشة عندما أخرج العصا وضرب بها كرة جولف لمسافة مائتي ياردة على سطح القمر. وكانت هذه هي المرة الأولى والوحيدة التي مارس فيها شخصٌ ما نشاطًا رياضيًّا على جسم سماويٍّ آخر. (نموذج لعصا الجولف معروض الآن في متحف "سميثسونيان الوطني للطيران والفضاء" Smithsonian National Air and Space Museum في واشنطن العاصمة). والرياضات القمرية سوف تفرض تَحدِّيًا خاصًّا نظرًا للافتقار للهواء وضعف الجاذبية. ولكنها أيضًا ستشهد نشوء بعض الممارسات المرموقة.

أثناء رحلات "أبوللو 15" و"16" و"17"، قاد روَّادُ الفضاء عربات التجوال القمرية فوق السطح الترابي، حيث سارت كلٌّ منها لمسافات تتراوح بين سبعة عشر وعشرين ميلًا. ولم تكن هذه مَهمَّة علميَّة قيِّمَة فقط، ولكنها كانت أيضًا رحلة مثيرة، حيث شاهدوا سلاسل الجبال والفُوَّهات الباهرة، عارفين أنهم أول بشر على الإطلاق يرون هذه المشاهد المذهلة. في المستقبل، لن يكون ركوب العربات المخصَّصة للسير على الرمال بغَرَضِ الإسراع في مسح سطح القمر، وتثبيت الألواح الشمسية، وبناء أول محطَّة قمرية وحسب، بل ستُسْتَخدَمُ بوصفها نوعًا من الترفيه. بل ربما تجعل أول سباقات على القمر شيئًا مُمكِنًا.

السياحة على القمر واستكشافه يمكن أن تصبح نشاطاتٍ ترفيهيَّةً شعبية، حيث يكتشف الناس عجائِبَ مشاهد غريبة. ونظرًا للجاذبية المنخفضة، فإن هُواةَ المشي لمسافات طويلة سوف يكونون قادرين على أن يرتحلوا لمسافات طويلة دون تعب. وسوف يكون متسلِّقو الجبال قادرين على ارتقاء جوانب الجبال شديدة الانحدار بمجهود قليل. ومن فوق حواف الفوَّهات والسلاسل الجبلية سوف يشاهدون بانوراما غير مسبوقة للطبيعة القمرية، حرفيًّا لم تُمَسَّ لبلايين السنين. هُواة استكشاف الكهوف سوف يتحمَّسون لاستكشاف شبكة قنوات اللافا الضخمة التي تتقاطع عبر القمر. على الأرض، تكوَّنَت الكهوف بفعل أنهار تحت الأرض، وهناك

بها أدلَّة على تَدفُّقات مائية قديمة على شكل تكوينات كهفية صاعدة وهابطة. ولكن على القمر، لا توجد مستودعات ملحوظة للمياه السائلة. ولكن الكهوف القمرية، على خلاف ذلك، تكوَّنَت من الصخور بفعل تدفُّقات اللافا المنصهرة. وسوف تبدو مختلفة تمامًا عن الكهوف التي نراها على الأرض.

من أين أتى القمر؟

بمجرَّد أن تستغلَّ عملياتُ التعدين المواردَ الموجودة على سطح القمر بنجاح، سوف نحوِّل أبصارَنا حتمًا إلى الثروات التي قد تكون كامِنَةً في أعماقه. وسوف يؤدِّي الكشف عنها إلى تغيير المشهد الاقتصادي، كما فعل اكتشاف النفط على الأرض صُدفَةً وعلى غير تَوقُّع. ولكن، كيف يبدو القمر من الداخل؟ لكي نجيب على هذا السؤال، علينا أن نطرح سؤالًا آخر، ألا وهو: من أين أتى القمر؟

أَصْلُ القمر فَتَنَ البشرية لآلاف السنين. ولأن القمر يحكم الليل؛ فقد ارتبط غالبًا بالظلمة والجنون. إن كلمة "قمري" Lunaic تأتي من كلمة Luna، التسمية اللاتينية للقمر.

البحَّارة القدماء افتتنوا بالارتباط بين القمر، والمَدِّ والجَزْرِ، والشمس، وتيقَّنوا، على حَقٍّ، أن هناك ارتباطًا وثيقًا بين الثلاثة.

لقد لاحظ القدماء حقيقةً أخرى غريبة: أنك ترى وجهًا واحدًا من القمر. فكِّرْ في كل المرات التي نظرتَ فيها إلى القمر، وسوف تدرك أنك دائمًا ترى الوجه ذاته.

وقد كان "إسحق نيوتن" هو مَن وضع أخيرًا كل مُكوِّنات اللغز جنبًا إلى جنب. فقد احتسب أن المَدَّ والجَزْرَ يَحدُثان بسبب تأثير قوة جاذبية القمر والشمس على محيطات الأرض. وقد أشارت نظريته إلى أن الأرض تُحْدِثُ آثار مَدٍّ وجَزْرٍ مماثِلةً على القمر. وحيث إن القمر يتكوَّن من صخور وليس به محيطات؛ فهو في الواقع يتعرَّض لضغط شديد من الأرض، وهذه القوَّة تجعله ينبعج قليلًا. وفي وقت ما، اندفع إلى مداره حول الأرض. وفي النهاية تباطأ هذا الاندفاع، حتى أصبح القمر مرتبطًا في دورانه بالأرض، حتى أصبح جانبٌ واحد منه فقط يواجِهُنا.

وهـذا يسـمَّى ارتبـاط المـد والجـزر، وهـو يحـدث في النظـام الشـمسي بمـا في ذلـك أقـمار المشـترى وزحـل.

باسـتخدام قوانـين "نيوتـن"، نسـتطيع أن نقـرِّر أن قـوى المـد والجـزر تتسـبَّب في ابتعـاد القمـر ببـطءٍ عـن الأرض. فنصـف قُطْـرِ مـداره يزيـد بمقـدار 1.6 بوصـة كل عـام. ويمكـن قيـاس هـذا الأثـر البسـيط عـن طريـق إرسـال أشـعة ليـزر إلى القمـر -رُوَّاد الفضـاء تركـوا مـرآة عـلى القمـر للمسـاعدة في هـذه التجربـة_ ثـم احتسـاب الوقـت الـذي تسـتغرقه الأشـعَّة لـكي ترتَـدَّ إلى الأرض. وهـذه الرحلـة تسـتغرق حـوالي ثانيتـين ذهابًـا وإيابًـا، ولكـن هـذا الرقـم يـزداد بالتدريـج. ولـو كان القمـر يبتعـد بالتدريـج؛ فبإمكاننـا، بإعـادة شريـط التسـجيل إلى الـوراء، أن نُقـدِّرَ مـداره في المـاضي.

بعمليـة حسـابية سريعـة يتبـيَّن أن القمـر انفصـل عـن الأرض قبـل بلايـين مـن السـنين. كـما أن هنـاك دليـلًا حديثًـا يشـير إلى أنـه قبـل 4.5 بليـون عـام، ليـس بعـد تَشَـكُّل الأرض بكثـير، كان يوجـد تأثـيرٌ كـونيٌّ بـين الأرض وكويكـب كبـير مـن نـوع مـا. هـذا الكويكـب، الـذي نُسـمِّيه "ثيـا" Theia، كان في حجـم المريـخ تقريبًـا. وقـد أعطتنـا محـاكاة حاسـوبية تبـصُّرًا كبـيرًا بشـأن هـذا الانفجـار الكبـير الـذي انتـزع قطعـة مـن الأرض ودفـع بهـا في الفضـاء. ولكـن لأن التأثـير كان ضربـةً جانبيـة خاطفـة أكـثر منـه اصطدامًـا مبـاشرًا؛ لم يقتطـع كثـيرًا مـن القلـب الحديـدي لـلأرض. ونتيجـة لذلـك، ومـع أن القمـر يحتـوي بعـض الحديـد، إلَّا أنـه ليـس لـه مجـال مغناطيـسي كبـير؛ نظـرًا لأنـه يفتقـر لقلـبٍ حديـديٍّ منصهـر.

بعـد الاصطـدام أصبحـت الأرضُ تشـبه كُـرةً اقْتُطِـعَ منهـا جُـزءٌ ضخـم عـلى شـكل فطـيرة. ولكـن بسـبب قـوة الجاذبيـة؛ تكثَّـف كُلٌّ مـن الأرض والقمـر أخـيرًا واتَّخـذَا شـكلًا كرويًّـا مَـرَّةً أخـرى.

وقـد قَـدَّم رُوَّادُ الفضـاء دليـلًا عـلى صحـة نظريـة التأثـير مـن خـلال إحضـار 842 رطـلًا مـن الصخـور أثنـاء رحلاتهـم التاريخيـة إلى القمـر. فقـد اكتشـف علـماء الفلـك أن القمـر والأرض تكوَّنـا مـن الكيماويـات نفسـها تقريبًـا، بمـا في ذلـك السـيليكون والأوكسـچين والحديـد. بينـما عـلى العكـس، يبـيِّن تحليـل حديـث لصخـور مـن حـزام الكويكبـات أن تركيبهـا مختلـفٌ تمامًـا عـن تركيـب الأرض.

لقد تعرَّفتُ على صخور القمر عندما كنتُ طالِبًا في الدراسات العليا في الفيزياء النظرية في "معمل الإشعاع في بيركلي" Berkeley Radiation Laboratory. وأتيحت لي فرصة رؤية إحداها تحت ميكروسكوب قوي. وقد دُهِشْتُ لِمَا رأيت. حيث كانت هناك حُفَرٌ دقيقة ناتجة عن نيازك صغيرة أثَّرَت على القمر قبل بلايين السنين. ثم بالنظر من قرب أكثر، رأيت حُفرًا داخل تلك الحُفَر. بل وحُفَرًا أصغر داخل هذه الحفر. هذه السلسلة من الحفر داخل الحفر من المستحيل أن توجد في صخور الأرض؛ لأن هذه النيازك الصغيرة ربما تكون تبخَّرَت عند دخولها الغلاف الجوي. بينما من الممكن أن تضرب سطح القمر؛ حيث إن القمر ليس له غلاف جوي. (وهذا يعني أيضًا أن النيازك الدقيقة يمكن أن تُسبِّبَ مشكلة لروَّاد الفضاء فوق القمر).

حيث إن تركيب القمر مشابِهٌ لتركيب الأرض؛ فقد يكون التعدين في باطن القمر مفيدًا فقط إذا رغبنا في بناء مدن فوق القمر. وقد يكون من المُكلِّف جدًّا أن نحضر صخورًا من القمر إلى الأرض إذا كانت ستُقدِّمُ لنا فقط ما هو لدينا. ولكن الصخور القمرية يمكن أن تكون ذاتَ قيمةٍ كبيرة في إنشاء بنية أساسية محلِّيَّة من المباني والطرق السريعة فوق القمر.

السَّيْرُ فوقَ القَمَر

ماذا يمكن أن يحدث لو أنك خلعت بذلتك الفضائية فوق القمر؟ من دون هواء، سوف تختنق. ولكن هناك شيئًا أكثرَ إزعاجًا: دَمُكَ سوف يغلي. عند مستوى سطح البحر، يغلي الماء عند 212 درجة فهرنهيت أو 100 درجة مئوية. وتنخفض درجة غليان الماء بانخفاض الضغط الجوي. وعندما كنتُ طفلًا، مررتُ بتجربة حيَّةٍ لذلك المبدأ أثناء التخييم ذات يوم في الجبال. فقد كُنَّا نقلي بَيضًا في طاسَةٍ فوق النار. وبدأ البيض يئزُّ في الطاسة، وبدا شَهِيًّا. ولكن عندما شرعت في أكله، رميته بعيدًا؛ فقد كان طَعْمُه مُقزِّزًا، وكانت دلالة ذلك بالنسبة لي أنك عندما تصعد الجبال، يبدأ الضغط الجوي في الانخفاض، كما تنخفض درجة غليان الماء. ولذلك، على الرغم من أن البيض أخذ يُحدِثُ فُقَّاعاتٍ، وبدا أنه صار

مقليًا، فهو في الواقع لم يكن مكتملَ الطهي. ولم تكن فقّاعات البيض ساخِنةً على الإطلاق.

وقد مَررتُ بتجربة أخرى عندما كُنّا نحتفل بالكريسماس وأنا طفل. فقد كان في بيتنا أنوار كريسماس من طراز قديم تتكوَّن من أنابيب دقيقة مملوءة بالماء مثبّتة رأسيًا فوق كلٍّ من المصابيح الكهربائية. وعندما شغّلنا المصابيح، كان المنظر في غاية الجمال. حيث بدأت المياه الملوَّنة الزاهية داخل الأنابيب تغلي بألوان متعدِّدة بفعل حرارة المصابيح. وعندئذٍ أتيتُ بتصرُّفٍ أحمق، فقد قبضت على الأنابيب المملوءة بالماء المغلي بأصابعي العارية، وتوقّعتُ في الحال أن أشعر بالحرارة الشديدة للماء المغلي، ولكني لم أشعر بأي شيء تقريبًا. وبعد مرور سنوات أدركتُ ما حدث؛ فقد كان هناك بعضٌ من الفراغ داخل الأنابيب. ونتيجةً لذلك انخفض الضغط داخلها فانخفضت درجة غليان الماء، ومن ثَمَّ كانت الحرارة المُستَمَدَّة حتى من المصابيح الكهربائية الصغيرة قادرة على جعل الماء يغلي، ولكن الماء المغلي لم يكن حارًّا على الإطلاق.

رُوَّاد الفضاء سوف يعيشون الظروف الفيزيائية ذاتها لو حدث تسرُّبٌ من بذلاتهم الفضائية في الفضاء أو فوق القمر. فحيث يخرج الهواء من البذلة، ينخفض الضغط بداخلها وتنخفض أيضًا درجة غليان الماء. وأخيرًا، سوف يبدأ الدم داخل جسم رائد الفضاء في الغليان.

ونحن جالسون هنا على مقاعدنا فوق الأرض، ننسى أن هناك حوالي خمسة عشر رطلًا من الهواء تضغط على كل بوصة من جلدنا لأن هناك عمودًا ضخمًا من الهواء يستقرُّ فوقنا. فلماذا لا نتحطَّم؟ لأن هناك خمسة عشر رطلًا من الضغط يدفع من داخل أجسامنا إلى الخارج. هناك إذًا توازُنٌ. ولكن لو ذهبنا إلى القمر، فإن ضغط الخمسة عشر رطلًا الواقع على أجسامنا من الغلاف الجوي سوف يختفي. وسوف يتبقّى فقط ضغطُ الخمسة عشر رطلًا من داخل أجسامنا باتجاه الخارج.

بتعبيرٍ آخر، خلع بذلتك الفضائية على القمر سوف يضعك في موقف سيِّئ جدًّا. وأفضل شيء هو أن ترتديها طوال الوقت.

ماذا يمكن أن تشبه قاعِدةً دائمة على القمر؟ من المؤسف أن "ناسا" لم تنشر أيَّ مخطَّطاتٍ رسمية، وعليه فإن كل ما لدينا هو تصوُّرات مُستمَدَّة من كُتَّاب الخيال العلمي وكُتَّاب سيناريو الأفلام الهوليودية كأدِلَّةٍ تقريبية. ولكن بمجرد بناء قاعدة قمرية، سوف نسعى لجعلها مكتفيةً ذاتيًّا. ومثل هذا النظام سوف يخفض التكلفة بدرجة كبيرة. ولكنه سوف يتطلَّب قدرًا ضخمًا من البنية الأساسية: مصانع لإنشاء المباني، وصوبات زراعية ضخمة لإنتاج الغذاء، ومحطَّات كيميائية لتوليد الأوكسچين، ومستودعات شمسية ضخمة لتخزين الطاقة. ولِتحمُّل كل هذه التكلفة سوف نحتاج مصدرًا للدخل. وحيث إن القمر يتكوَّن تقريبًا من المادة ذاتها التي تتكوَّن منها الأرض، فعلينا أن نتطلَّع إلى مصادر أخرى تمثِّل تيَّارًا مُتدفِّقًا من العوائد. وهذا هو السَّببُ في أن مستثمري وادي السيليكون وَجَّهوا أبصارهم بالفعل نحو الكويكبات. توجد ملايين الكويكبات في الفضاء، التي يمكن أن تكون مصدرًا لثرواتٍ لا تُحْصَى.

"الكُويْكِبـاتُ القاتِلَـةُ هـي أُسـلوبُ الطَّبيعَـةِ في التَّسـاؤُلِ: "كَيـفَ يَعمَـلُ ذلِـكَ البَرنامَـجُ الفَضـائِيُّ؟".

"مجهول"

الفصل الثالث

التَّعدينُ في السَّماوات

"توماس چيفرسون"Thomas Jefferson[1] كان مُنزَعِجًا للغاية.

لقد وقَّع على إعطاء "نابليون" 15 مليون دولار، وهو مبلغ ضخم في سنة 1803. وكان هذا أكثرَ القرارات تكلفَةً وإثارةً للجَدَلِ طوال مدَّة حُكمِه بوصفه رئيسًا. لقد ضاعَفَ مساحَةَ الولايات المتحدة. فالبلد تمتدُّ الآن عبر الطريق إلى جبال "روكي". ولكن صفقة شراء "لويزيانا" يمكن أن تكون أكبرَ نجاح، أو أكبرَ فَشَلٍ، في رئاسته.

متأمِّلًا الخريطة، بامتدادها الضخم عبر الأراضي غير المطروقة، تساءل عَمَّا إذا كان يمكن أن يندم على قراره.

وأخيرًا، أَوْفَدَ "ميريويذر لويس" Meriwether Lewis و"وليم كلارك" William Clark في بعثة لاستكشاف ما اشتراه. هل كانت جَنَّةً برِّيَّةً تنتظر مَن يستعمرها أم أرضًا مُقفِرَةً منعزلة؟

(1) "توماس چيفرسون"(1743-1826) Thomas Jefferson: ثالث رؤساء الولايات المتحدة الأمريكية وأحد الآباء المؤسِّسين- المترجم.

وفي دائرة محدودة، اعترف بأن الأمر، على أية حال، يحتاج ألفَ سنة أخرى لكي يمكن استيطان هذا الامتداد الواسع من الأرض.

بعد عقود قليلة، حدث شيء غَيَّر كل شيء. ففي 1848، اكْتُشِف الذَّهَبُ في "سوترز ميل" Sutter's Mill بكاليفورنيا. لقد كانت الأنباءُ مثيرةً. وتدفَّقَ على تلك البرية أكثر من ثلاثمائة ألف شخص بحثًا عن الثروة. وبدأت السفن من جميع الأنحاء تصطفُّ في ميناء سان فرانسيسكو. وتضاعَفَ حجم اقتصادها أضعافًا مُضاعَفَةً. وفي العام التالي، أصبحت كاليفورنيا ولاية.

مزارعون ورُعاة ماشية ورجال أعمال تَبِعوهم، حيث أصبح من الممكن تكَوُّن واحدة من أولى المدن الكبرى في الغرب. وفي 1869، وصل خطُّ السكة الحديدية إلى كاليفورنيا، رابطًا إيَّاها ببقية الولايات المتحدة وداعِمًا البنية الأساسية للنقل والتجارة؛ ما أدَّى إلى نموٍّ سكَّانيٍّ سريع في المنطقة. وأصبحت تعويذة القرن التاسع عشر: "اذهب إلى الغرب أيُّها الشاب". الاندفاع بحثًا عن الذهب، بكل ما فيه من تجاوُزاتٍ، ساعدَ في فتح الغرب أمام الاستيطان، وتَسبَّب في حدوث كل ذلك.

اليوم، يتساءل البعض عَمَّا إذا كان التعدين في حزام الكويكبات يمكن أن يخلق اندفاعًا آخر للبحث عن الذهب في الفضاء الخارجي. المستثمرون الخاصُّون عبَّروا بالفعل عن اهتمامهم باستكشاف هذه المنطقة وثرواتها المجهولة، و"ناسا" مَوَّلَت مهام متعدِّدَةً بهدف إحضار كويكب إلى الأرض.

هل يمكن أن يكون التمدُّد الكبير التالي في حزام الكويكبات؟ ولو كان ذلك ممكِنًا، كيف يمكن دمج واستدامة هذا الاقتصاد الفضائي الجديد؟ يستطيع المرء أن يتصوَّر تشابُهًا بين سلسلة الإمداد الزراعي في براري الغرب في القرن التاسع عشر وسلسلة إمدادٍ مُستقبليَّةٍ تضمُّ الكويكبات. في العقد الأول من القرن التاسع عشر، كانت فِرَقٌ من رعاة البقر تربِّي الماشية على امتداد حوالي ألف ميل من مزارع الجنوب الغربي باتجاه مدن مثل شيكاغو. وهناك كان اللحم يُعالَجُ ويُرسَلُ باتجاه الشرق بواسطة القطار لكي يلبِّي طلب المناطق الحضرية. بالطريقة ذاتها التي ربط بها ترحال الماشية بين الجنوب الغربي والشمال الشرقي، ربما يستطيع اقتصادٌ أن ينشئ ارتباطًا بين حزام الكويكبات والقمر والأرض. وقد يقوم القمر

بدور شيكاغو المستقبل، حيث يتم معالجة المعادن القيِّمَة المأخوذة من حزام الكويكبات وشَحْنُها إلى الأرض.

أَصْلُ حِزامِ الكُوَيْكِبات

قبل أن نخوض في تفاصيل التعدين في الكويكبات، قد يكون من المفيد أن نوضح بعض المصطلحات التي غالِبًا ما يختلط بعضها ببعض: الشهاب، والنيزك، والكويكب، والمذنَّب. الشهاب قطعة من الحجر تشتعل في الغلاف الجوي حيث تمرق عبر السماء. أذيال الشهب، التي تذهب بعيدًا عكس اتجاه حركتها، تنتج عن الاحتكاك بالهواء. ويمكنك في ليلة صافية أن ترى شهابًا كلَّ عدَّة دقائق بمجرَّد التحديق لأعلى.

الصخرة التي تهبط بالفعل على الأرض تُسمَّى نيزك.

الكويكبات حُطامٌ من الصخر في النظام الشمسي. معظمها يقع في حزام الكويكبات، وهي بقايا كوكب فاشل بين المريخ والمشترى. ولو جمعنا كُتَلَ كل الكويكبات المعروفة، سوف يصل مجموعها إلى 4% فقط من كتلة القمر. ولكن معظم هذه الأشياء لم يُكْتَشَفْ بَعْدُ بواسطة الإنسان، ومن المحتمل أن هناك بلايين منها. وفي الغالب الأعم، تظلُّ الكويكبات في مدار ثابت في حزام الكويكبات، ولكن يتصادف أحيانًا أن يخرج أحدها عن مساره ويضرب الغلاف الجوي للأرض محترِقًا كشهاب.

المُذنَّب قِطعةٌ من الجليد والصخر يرجع أصلها إلى ما وراء مدار الأرض. وبينما تقع الكويكبات داخل النظام الشمسي، فإن الكثير من المذنبات يدور بالفعل على الحواف الخارجية للنظام الشمسي، في "حزام كويبر" Kuiper Belt، أو حتى خارج النظام الشمسي ذاته، في "سحابة أورت" Oort Cloud[1]. والمُذنَّبات التي نراها ليلًا في السماء هي تلك التي جَلَبَها مَدارُها أو مسارها إلى القرب من الشمس. عندما تقترب المُذنَّبات من الشمس، تدفع الرياح الشمسية جُسَيْماتِ

(1) من أجل تفاصيل حول نشأة وطبيعة "حزام كويبر" و"سحابة أورت"، انظر الهامش الثاني للفصل السادس تحت عنوان "فيما وراء العمالقة الغازية، في الفضاء البعيد في نظامنا الشمسي"- المترجم.

الثلج والغبار بعيدًا عن المُذنَّب؛ ما ينتج عنه أذيالٌ تشير للابتعاد عن الشمس وليس عن اتجاه الحركة.

عبر السنين، تكوَّنت لدينا صورة عن كيفية تَشكُّلِ النظام الشمسي. قبل حوالي خمسة بلايين عام، كانت شمسنا تدور ببطءٍ على شكل سحابة ضخمة، مُكوَّنَةٍ فقط من غازَيْ الهيدروچين والهيليوم والغبار. وكان قُطْرُها يبلغ عِدَّةَ سنوات ضوئية (السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة، أو حوالي ستة تريليونات ميل). وبسبب كتلتها الضخمة، انضغطت تدريجيًّا بواسطة الجاذبية. وبسبب تقلُّص حجمها، أصبحت تدور أسرع ثم أسرع، كما تزيد سرعة المتزلِّجين حين يضمُّون أذرعهم إلى أجسامهم. وأخيرًا، تكثَّفَت السحابة إلى قرصٍ يدور بسرعة تقع الشمس في مركزه. هذا القرص المحيط من الغاز والغبار بَدَا يشكِّل كواكِبَ أوَّليَّةً، ازداد حجمها حيث استمرَّت في امتصاص المادة. وهذه العملية تفسِّر السبب في أن الكواكب تدور حول الشمس في الاتجاه نفسه وفي المستوى ذاته.

من المعتقد أن أحد الكواكب الأولية اقترب بشدَّة من المشترى، أكبر الكواكب، وتَمزَّق بفعل جاذبية المشترى الضخمة، ومن ثم تَكوَّن حزام الكويكبات. وهناك نظرية أخرى تفترض أن تَصادُمًا بين كوكبين أوَّليَّيْن ربما أسفر عن حزام الكويكبات.

يمكن تصوير النظام الشمسي على شكل أربعة أحزمة: الحزام الداخلي يتكوَّن من الكواكب الصخرية، عطارد والزهرة والأرض والمريخ؛ يلي ذلك حزام الكويكبات؛ وبعد ذلك حزام العمالقة الغازية، الذي يتكوَّن من المشترى وزحل وأورانوس ونبتون؛ وأخيرًا حزام المُذنَّبات، الذي يُسمَّى أيضًا حزام كويبر. وبعد هذه الأحزمة الأربعة، توجد سحابة كروية من المذنَّبات تحيط بالنظام الشمسي وتُسمَّى سحابة أورت.

الماء، الجزيء البسيط، كان مادَّةً شائعة في النظام الشمسي المبكِّر، ولكنه وُجِدَ في أشكال مختلفة تبعًا لِبُعْدِه عن الشمس. فبالقرب من الشمس، حيث يغلي الماء ويتحوَّل إلى بخار، يوجد عطارد والزهرة. الأرض أبعد من ذلك؛ ولذا يمكن أن يوجد الماء في شكل سائل (وهذه تسمَّى أحيانًا "المنطقة المعتدلة" Goldilocks zone، حيث درجة الحرارة مناسبة لوجود الماء السائل). فيما وراء ذلك، يتحوَّل

الماء إلى جليد؛ ولذا فإن المريخ والكواكب والمُذنَّبات التي توجد وراء ذلك تحتوي على الماء في شكل متجمِّد.

التعدين على الكويكبات

إنَّ معرفة أصل الكويكبات ومن ثَمَّ تركيبها، سوف يكون بالِغَ الأهمية لعمليات التعدين. وفكرة التعدين على الكويكبات ليست منافِيَةً للعقل كما قد تبدو. فنحن بالفعل نعرف الكثير عن تركيبها؛ لأن البعض منها سقط على الأرض. وهي تتكوَّن من الحديد، والنيكل، والكربون، والكوبالت؛ كما أنها تحتوي أيضًا كميات كبيرة من العناصر الأرضية النادرة والمعادن والفِلزَّات القَيِّمة مثل البلاتين، والبالاديوم، والروديوم، والروتينيوم، والإريديوم، والأوسميوم. هذه العناصر موجودة بشكل طبيعي على الأرض، ولكنها نادرة ومكلِّفة جدًّا. وحيث إن رصيد هذه الموارد على الأرض سوف يَنْفَدُ في العقود القادمة؛ فسوف يكون من الاقتصادي استخراجها من حزام الكويكبات. وإذا تم حثُّ أحد الكويكبات على اتخاذ مدار حول القمر؛ يمكن التعدين عليه عند اللزوم.

في 2012، أسَّست مجموعة من المستثمرين شركة تُسمَّى "بلانيتاري ريسورسز" Planetary Resources لاستخراج المعادن القَيِّمَة من الكويكبات ثم إحضارها إلى الأرض. هذه الخطة الطموحة والواعدة بأرباح كبيرة دُعِّمَت من قِبَلِ بعض أكبر الأطراف في وادي السيليكون، بمن في ذلك "لاري بيدج" Larry Page، المدير التنفيذي لشركة "ألفابت" Alphabet (الشركة الأم لشركة "جوجل")، و"إريك شميت" Eric Schmidt، الرئيس التنفيذي للشركة، وذلك بالإضافة إلى "چيمس كاميرون" James Cameron، مدير شركة "أوسكار وينينج" Oscar-winning.

الكويكبات، بمعنًى ما، تشبه مناجم ذهب طائرة. وعلى سبيل المثال، في يوليو 2015، اقترب أحد الكويكبات حتى مسافة مليون ميل من الأرض، حوالي أربعة أمثال المسافة بين الأرض والقمر. كان قُطْرُه يبلغ حوالي تسعمائة متر (أي حوالي ثلاثة آلاف قدم)، وقُدِّر أنه يحتوي في قلبه تسعمائة مليون طن من البلاتين، تُعادِلُ قيمتها 5.4 تريليون دولار. شركة "بلانيتاري ريسورسز" تقدِّر أن كمية

البلاتين الموجودة في كويكبٍ يبلغُ قُطرُه ثلاثين مترًا فقط يمكن أن تساوي 25 إلى 50 بليون دولار. وقد ذهبت الشركة إلى حدٍّ وضع قائمة بالكويكبات الصغيرة القريبة الجاهزة للاستغلال. ولو تمَّ جَلْبُ أحد هذه الكويكبات بنجاح إلى الأرض، يمكن أن يحتوي مَنْجَمًا للمعادن الثمينة يمكن أن يُدِرَّ على مستثمريه عِدَّة أمثال ما أنفقوه.

من بين الستة عشر ألف كويكب التي تُعتَبَر قريبة من الأرض (تلك التي يعبر مدارُها طريقَ الأرض)، حَدَّد علماء الفلك قائِمَةً من اثني عشر كوكبًا يمكن أن تكون مثاليَّةً للاستقطاب. وقد بيَّنَت الحسابات أن هذه الكويكبات الاثني عشر، التي تتراوح أقطارها بين عشر أقدام وسبعين قدمًا، يمكن زحزحتها إلى مدار حول القمر أو حول الأرض بإحداث تحويل بسيط في مسارها.

ولكن هناك كويكبات كثيرة أخرى. ففي يناير 2017، اكتُشِفَ كويكب جديد لم يتوقَّعه علماء الفلك إلَّا قبل مروره السريع بساعات. لقد مَرَّ على بعد اثنين وثلاثين ألف ميل من الأرض (أي على بعد 13% فقط من المسافة بين الأرض والقمر). ومن حُسْنِ الحظ أن قُطْرَه كان عشرين قدمًا فقط، ولم يكن من شأنه أن يُحدِثَ ضَررًا كبيرًا لو أنه اصطدم بالأرض. وقد قَدَّم تأكيدًا جديدًا على العدد الكبير من الكويكبات التي تنحرف باتجاه الأرض، معظمها غير مكتَشَف.

استكشاف الكويكبات

الكويكبات مُهمَّة لدرجة أن "ناسا" استهدَفَت استكشافها بوصفها الخطوة الأولى في إرسال بعثة إلى المريخ. في 2012، بعد أشهر قليلة من كشف شركة "بلانيتاري ريسورسز" عن خُطَّتها في مؤتمر صحفي، أعلنت "ناسا" عن مشروع "مُستَكشِف الكويكبات الروبوتي" Robotic Asteroid Prospector الذي سيحلِّل جدوى التعدين عليها. ثم في خريف 2016، أطلقت "ناسا" مسبارًا تكلَّف بليون دولار سُمِّيَ "أوزيريس ريكس" OSIRIS-Rex، مَهَمَّتُه أن يُقابل "بينّو" Bennu، كويكب يبلغ قُطْرُه ألفًا وستمائة قدم وسوف يمرُّ بالأرض سنة 2135. وفي 2018، سوف يدور المسبار حول الكويكب ثم يهبط فوقه ليحضر ما بين أوقيتين وسبعين أوقية

من الصخر إلى الأرض لتحليلها. وهذه الخطة لا تخلو من المخاطرة، حيث تخشى "ناسا" من أن أي اختلال ولو بسيط في مدار "بينّو" يمكن أن يتسبَّب في اصطدامه بالأرض في مروره التالي. (لو أنه اصطدم بالأرض، يمكن أن يبلغ تأثيره ألف مرة مثل قوة قنبلة هيروشيما). ولكن هذه المهمة يمكن أن تقدِّم خبرة قيِّمَةً جدًّا في اعتراض وتحليل أجسام في الفضاء.

"ناسا" تطوِّر أيضًا مَهمَّةً فضائية أخرى تسمَّى Asteroid Redirect Mission (ARM))، تستهدف جلب صخور كوكبية من الفضاء. وتمويل هذه المهمة غير مضمون، ولكن الأمل معقود على أن تتيح المهمة مصدرًا جديدًا للإيرادات لبرنامج الفضاء. والمهمة تتكوَّن من مرحلتين. الأولى، إرسال مسبار غير مأهول إلى الفضاء العميق لكي يعترض مسار كويكب تم تقييمه بعناية بواسطة التلسكوبات الأرضية. وبعد إجراء مسح تفصيلي لسطح الكويكب، يهبط المسبار ويستخدم كُلَّابًا يشبه الكماشة لالتقاط كتلة كبيرة من الصخر. وبعد ذلك ينطلق المسبار متوجِّهًا إلى القمر والصخرة مُعلَّقة به بواسطة حبل.

عند هذه المرحلة، تغادر الأرضَ بعثةٌ مستخدمةً صاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" وكبسولة "أوريون"[1]. ثم تلتحم الكبسولة بالمسبار الروبوتي أثناء دورانهما حول القمر. بعد ذلك، يغادر روَّاد الفضاء كبسولة "أوريون" ويدخلون المسبار ويحصلون على عَيِّناتٍ من الصخرة لأجل تحليلها. وأخيرًا، تنفصل كبسولة "أوريون" عن المسبار الروبوتي وتعود متوجِّهَةً إلى الأرض حيث تهبط في المحيط.

إحدى التعقيدات التي يمكن أن تواجه هذه المهمة هي أننا لا نعرف الكثير بَعْدُ عن التركيب الفيزيائي للكويكبات. فهي قد تكون صلبة، وقد تكون مُركَّبَة من مجموعة من الصخور الأصغر المترابطة معًا بواسطة الجاذبية، وفي أي الأحوال، يمكن أن تتحطَّم إذا حاولنا الهبوط فوقها؛ ولذلك هناك حاجة لإجراء مزيد من البحث قبل القيام بهذه المهمة.

من السِّمات الفيزيائية الملحوظة في الكويكبات أن شكلها غير منتظم بدرجة كبيرة. فهي في الغالب تشبه ثمرة بطاطِسَ مُشوَّهَةً، وكلما صغر حجمها ازداد عدم انتظام شكلها.

---

(1) من أجل تفاصيل حول صاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" وكبسولة "أوريون"، انظر الفصل الثاني- المترجم.

وهـذا بـدوره يفـرض تسـاؤلًا غالِبًـا مـا يطرحـه الأطفـال: لمـاذا النجـوم والشـمس والكواكـب كرويَّـة؟ لمـاذا لا يمكـن أن تتشـكَّل الكواكـب والنجـوم عـلى شـكل مُكعَّبـات أو أهـرام؟ بينـما الكويكبـات الصغـيرة تكـون ذات كتلـة قليلـة وبالتـالي جاذبيـة أضعـف مـن أن تُكوِّرَهـا، فـإن الأجسـام الكبـيرة مثـل الكواكـب والنجـوم لديهـا مجـالات جاذبية ضخمـة. هـذه الجاذبيـة تكـون منتظمـة وذات قـدرة عـلى الجـذب، وبالتـالي تضغـط الجسـم ذا الشـكل غـير المنتظـم لـكي يصـير عـلى شـكل كـرة. وعليـه؛ فـإن الكواكـب قبـل بلايـين مـن السـنين لم تكـن كرويـة بالـضرورة، ولكـن بمـرور الزمـن، ضغطتهـا قـوة الجاذبيـة حتـى اتخـذت شـكلًا كرويًّـا مُنتظِـمًا.

هنـاك سـؤال آخـر غالِبًـا مـا يطرحـه الأطفـال: لمـاذا لا تتحطَّـم المسـابير (جمـع مسـبار- المترجـم) عندمـا تدخـل في حـزام الكويكبـات؟ في فيلـم "حـرب النجـوم" Star Wars، يصطـدم أبطـال الفيلـم بكتـل ضخمـة مـن الصخـور الطائـرة حولهـم. وبينـما التصويـر الهوليـوديُّ مثيرٌ، فهـو لحسـن الحـظ لا يمثِّـل حقيقـة كثافـة حـزام الكويكبات، الـذي هـو بالأسـاس فـراغٌ خـالٍ تمـرُّ بـه الصخـور مـن وقـت لآخـر.

المسـتوطنون والقائمـون بالتعديـن في المسـتقبل الذيـن سـوف يتَحـدَّون الفضـاء الخارجـي بحثًـا عـن أراضٍ جديـدة، سـوف يجـدون في الغالـب أن التجـوال في حـزام الكويكبـات سـهل نسـبيًّا.

لـو تمَّـت مراحـل استكشـاف الكويكبـات هـذه كـما هـو مُخطَّـطٌ لهـا؛ سـيكون الهـدف النهـائي إنشـاء محطـة دائمـة لرعايـة وإمـداد ودعـم المهـام المسـتقبلية. "سـيريس" Ceres، أكـبر جسـم في حـزام الكويكبـات، قـد يكـون القاعـدة المثاليـة للعمليـات. "سـيريس" (الـذي يسـتمدُّ اسـمه مـن اسـم إلهـة الزراعـة عنـد الإغريـق، والتـي يُشْـتَقُّ مـن اسـمها أيضًـا كلمـة Cereal التـي تعنـي الحبـوب) أُعيـدَ تصنيفُـه مُؤخَّـرًا بوصفـه كوكبًـا قزمًـا، مثـل بلوتـو، ويُعْتَقَـدُ أنـه جُـرمٌ لم يسـبق لـه أن احتـوى مـادَّةً تكفـي لجعلـه نِـدًّا للكواكـب المجـاورة. وبوصفـه جُرمًـا سـماويًّا، يعتـبر صغـيرًا، حيـث يبلـغ حجمـه حـوالي ربـع حجـم القمـر، مـن دون غـلاف جـوي وبجاذبيـة ضعيفـة. ولكـن بوصفـه كُوَيكِبًـا، هـو ضخـم؛ حيـث يبلـغ قطـره حـوالي 580 ميـلًا، بحـوالي حجـم تكسـاس، ويحتـوي عـلى ثُلُـثِ إجـمالي كتلـة حـزام الكويكبـات. ونظـرًا لجاذبيتـه الضعيفـة؛ يمكـن أن يكـون محطـة فضائيـة مثاليـة؛ حيـث سـتكون الصواريـخ

قادرة على الهبوط فوق الكويكب ومغادرته بسهولة، وهي عوامل مهمة في بناء ميناء فضائي.

مسبار "ناسا" المسمى Dawn Mission، الذي أطلق في 2007، ويدور حول الكويكب منذ 2015، كشف عن كتلة كروية ولكنها مثقبة بكثافة، تتكوَّن أساسًا من الجليد والصخور. ومن المفترض أن الكثير من الكويكبات، مثل "سيريس"، تحتوي على الجليد الذي يمكن أن يعالَج لاستخراج الهيدروچين والأوكسچين للوقود. ومؤخَّرًا، باستعمال تلسكوب "ناسا" المُسمَّى Infrared Telescope Facility، لاحظ العلماء أن الكويكب "سيميز24" Themis 24 مُغطًّى بالكامل بالجليد، مع بقايا كيماويات عضوية على السطح. هذه الاكتشافات تُعطي صلاحية لافتراض أن الكويكبات والمذنَّبات ربما جلبت إلى الأرض بعضًا من المياه والأحماض الأمينية الأصلية قبل بلايين من السنين.

ولأن الكويكبات صغيرة مُقارَنَةً بالكواكب والأقمار؛ فربما لن تتحوَّل إلى مُدُنٍ للمستوطنين. ومن الصعب إقامة مجتمع مستقرٍّ في حزام الكويكبات. ففي الغالب الأعم، لا يوجد هواء للتنفس، ولا مياه للشرب، ولا طاقة للاستخدام، ولا تربة لإنتاج الغذاء، كما لا توجد جاذبية. وهكذا، فإن المُذنَّبات يُرجَّح أن تصبح ملاذات مؤقَّتَةً للعاملين بالتعدين والروبوتات.

ولكن قد يتحقَّق أن تكون مناطق انطلاق إلى الحدث الأساسي، ألَا وهو مَهَمَّة مأهولة إلى المريخ.

"المرِّيخ هُناكَ، بانْتِظارِ أَنْ نَصِلَ إِلَيه".

BUZZ ALDRIN "بوز ألدرين"

"أَوَدُّ أَن أَموتَ عَلى المرِّيخ، ولَكِنْ لَيْسَ نَتيجَةً للاصْطِدامِ بِه".

ELON MUSK "إلون ماسك"

الفصل الرابع

المرِّيخُ أو النِّهايَة

"إلـون ماسـك" شـخص مُتفـرِّدٌ بشـكل مـا؛ فهـو مسـتثمرٌ لديـه رسـالة كونيَّـة: أن يبنـي صواريـخ تأخذنـا يومًـا إلى المرِّيـخ. "تسيولكوڤوسـكي" و"جـودارد" و"ڤـون بـراون" حلمـوا جميعًـا بالذَّهـاب إلى المريـخ، ولكـن "ماسـك" قـد يذهـب بالفعـل؛ فهـو في سـبيله إلى ذلـك يكـسر كل قواعـد اللعبـة.

لقـد وقـع في غـرام برنامـج الفضـاء وهـو لا يـزال طِفـلًا ينمـو في جنـوب أفريقيـا، بـل بَنَـى صاروخًـا خاصًّـا بـه. أبـوه، وهـو مهندس، شـجَّع اهتماماتـه. ومنـذ البداية، اسـتنتج "ماسـك" أن خطـر انقـراض الإنسـان يمكـن تَجنُّبُـه فقـط بالوصـول إلى النجـوم. وبالتـالي قـرَّر أن يجعـل أحـد أهدافـه "جعـل الحيـاة" متعـدِّدَة الكواكـب، وهـو الموضـوع الـذي وجَّـه مسـاره المهنـي كلـه.

وبالإضافـة إلى الصواريـخ، كان شَـغوفًا بموضوعَـيْن آخريـن: الكمبيوتـر والأعـمال. كان يمـارس البرمجـة في سِـنِّ العـاشرة، وبـاع أول لعبـة فيديـو مـن ابتكاره، وتسـمَّى "بلاسـتر" Blaster، مقابـل خمسـمائة دولار وهـو في الثانيـة عـشرة. كان تَوَّاقًـا للسـفر ويأمـل في الانتقـال إلى أمريـكا. وعندمـا بلـغ السـابعة عـشرة، هاجـر إلى كنـدا بمفـرده. ومـع

مـرور الوقـت، حصـل عـلى درجـة البكالريـوس في الفيزيـاء مـن جامعـة بنسـلفانيا، وكان موزَّعًـا بـين مسـارَيْن مهنيَّـيْن مُمكِنَـيْن، الأول، طريـق يـؤدِّي لأن يكـون عالِـمَ فيزيـاء أو مُهندِسًـا، يصمِّـم الصواريـخ أو أجهـزة التكنولوچيـا العاليـة الأخـرى. والآخـر يـؤدِّي إلى مجـال الأعـمال واسـتخدام مهاراتـه في الكمبيوتـر ويكـدِّس ثـروة توفِّـر لـه الوسـيلة لتمويـل رؤيتـه مـن مالـه الخـاص.

وقـد بـرزت المعضلـة عندمـا بـدأ في الدراسـة لنَيْـلِ درجـة الدكتـوراه مـن جامعـة سـتانفورد سـنة 1995 في الفيزيـاء التطبيقيـة. وبعـد أن قـضى يومـين اثنـين فقـط في البرنامـج الـدراسي، تـرك الدراسـة فجـأة وانغمـس في عالَـمِ شركات الإنترنـت الناشـئة. حيـث اقـترض 28,000 دولار وأسَّـس شركـة للبرمجيـات أنتجـت دليـلًا للمدينـة عـلى شـبكة الإنترنـت لصالـح صناعـة نـشر الصحـف. وباعـه لشركـة "كومبـاك" Compaq مقابـل 341 مليـون دولار بعـد أربـع سـنوات. وبلـغ صـافي ربحـه مـن هـذه العمليـة 22 مليـون دولار، وظَّفهـا في الحـال في تأسـيس شركـة جديـدة اسـمها "إكـس دوت كـوم" X.com، التـي سـوف تتحـوَّل إلى "بـاي بـال" PayPal. وفي 2002، اشـتَرَت شركـة "إيبـاي" eBay "بـاي بـال" مقابـل 1.5 بليـون دولار، حصـل منهـا عـلى 165 مليـون دولار.

مـع تَدَفُّـق النقـود، سـخَّر هـذه الأمـوال لتحقيـق أحلامـه، مؤسِّسًـا شرِكَتَـيْ "سـبيس إكـس" SpaceX و"تيسـلا موتـورز" Tesla Motors. وفي لحظـة مُعيَّنَـةٍ، اسـتثمر 90% مـن صـافي ثروتـه في هاتـين الشركتـين. وعـلى خـلاف شركات الطـيران والفضـاء الأخـرى، التـي تبنـي الصواريـخ عـلى أسـاس التكنولوچيـا المعروفـة، تولَّت "سـبيس إكـس" الريادة في تصميـم ثـوريٍّ لصـاروخ متكـرِّر الاسـتخدام. وكان هـدف "ماسـك" تخفيـض تكلفـة السـفر إلى الفضـاء إلى العُـشْر عـن طريـق إعـادة اسـتخدام الصـاروخ الداعـم الـذي يتـمُّ التخلُّـص منـه اعتياديًّـا بعـد كل إطـلاق.

ومـن نقطـة الصفـر تقريبًـا، قـام "ماسـك" ببنـاء صـاروخ "فالكـون" Falcon (نسـبة إلى Millennium Falcon مـن فيلـم "حـرب النجـوم")، الـذي دعَّـم إرسـال مركبـة فضائيـة تُدعَـى "دراجـون" Dragon (نسـبة إلى أغنيـة "Puff, the Magic Dragon") إلى الفضـاء الخارجـي. وفي 2012، صنـع صـاروخ "فالكـون" الـذي أطلقتـه شركـة "سـبيس إكـس" التاريـخَ بـأن كان أوَّلَ صـاروخٍ تجـاريٍّ يصـل إلى محطَّـة الفضـاء الدوليـة. كـما أصبـح أيضًـا أوَّلَ صـاروخ يعـود ليهبـط عـلى الأرض بنجـاحٍ بعـد رحلـة دار فيهـا حـول

الأرض. وتقول زوجته الأولى "جاستين ماسك" Justine Musk: "أُحبُّ أن أقارنه بتيرمينيتورTerminator[1]، لقد وضع برنامجه ولن... يتوقَّف... أبدًا".

في 2017، حقَّق نصرًا كبيرًا آخر عندما أعاد بنجاحٍ إطلاقَ صاروخ داعِمٍ مُستَعمَلٍ. الصاروخ الذي سبق إطلاقه عاد ليهبط على منصَّة إطلاقه، وتم تنظيفه وتهيئته وأُطْلِقَ مرَّةً ثانية. إن إعادة الاستخدام يمكن أن تُحْدِث ثورةً في اقتصاديات السفر إلى الفضاء. انظر إلى سوق السيارات المستعملة. بعد الحرب العالمية الثانية، كانت السيارات لا تزال بعيدةَ المنال بالنسبة لكثير من الناس، وخاصَّةً الشباب. ولكن تجارة السيارات المستعمَلَة مَكَّنَت المستهلكين متوسِّطي الحال من شراء سيارات وغيَّرَت كل شيء، بما في ذلك أنماط حياتنا وتفاعلاتنا الاجتماعية. واليوم، في الولايات المتحدة، يُباع نحو أربعين مليون سيارة مستعمَلَة سنويًا، أي ما يعادل 2.2 أمثال عدد السيارات الجديدة المباعة. وبالطريقة ذاتها، يأمل "ماسك" أن صاروخه "فالكون" سوف يُحدِثُ نَقلةً في سوق الفضاء ويسمح لأسعار الصواريخ أن تهبط بشدَّة. ومعظم المنظَّمات لن تُلقي بالًا لما إذا كان الصاروخ الذي يُرسِلُ قمرها الصناعي إلى الفضاء الخارجي جديدًا أم مُستَعملًا. وسوف تختار الطريقة الأجدر بالثقة والأرخص.

أول صاروخ متكرِّر الاستعمال كان علامَةً فارقة، ولكن "ماسك" شده الجمهور عندما أعلن تفاصيل خُططِه الطَّموحة للوصول إلى المريخ. وهو يتوقَّع أن يرسل مركبةً فضائية غير مأهولة إلى المريخ في 2018، تتبعها مَركبَةٌ مأهولة في 2024، سابِقًا "ناسا" بنحو عشر سنوات. وهدفه النهائي ليس تأسيسَ محطَّةٍ، بل مدينة كاملة على المريخ. وهو يتصوَّر إرسال أسطول من صواريخ "فالكون" المطوَّرة، كلٌّ منها يحمل مائة مستوطِنٍ؛ لإنشاء أول مستوطنة على الكوكب الأحمر. ومفاتيح خطة "ماسك" هي الهبوط الدراماتيكي في تكلفة السفر إلى الفضاء، بالإضافة إلى الابتكارات الجديدة. حسابات تكلفة إرسال مركبة إلى المريخ تتراوح عادَةً بين 400 بليون و500 بليون دولار، ولكن "ماسك" يقدِّر أنه يستطيع أن يبني ويطلق صاروخًا إلى المريخ بتكلفة 10 بلايين دولار فقط. بدايةً، تذاكر السفر إلى المريخ يجب أن تكون مرتفعةَ الثمن، ولكنها يمكن أن تنخفض إلى 200,000 دولار للشخص

(1) تيرمينيتور Terminator: شخصيَّة في فيلم سينمائي أمريكي يحمل الاسم نفسه، يقوم فيه الممثِّل "أرنولد شوازنجر" Arnold Schwarzenegger بدور كائِنٍ فضائيٍّ- المترجم.

ذهابًا وإيابًا بسبب انخفاض تكلفة السفر إلى الفضاء. ويمكن مقارنة ذلك بمبلغ 200,000 اللازم للصعود إلى ارتفاع سبعين ميلًا فقط فوق الأرض بواسطة مركبة "سبيس شيب تو" SpaceShipTwo التابعة لشركة "ڤيرچين جالاستيك" Virgin Galactic، أو مبلغ 20 مليون إلى 40 مليون دولار المقدَّر كسعر لرحلة إلى محطة الفضاء الدولية على صاروخ روسي.

نظام الصواريخ الذي يقترحه "ماسك" كان يُسمَّى في الأصل Mars Colonial Transporter، ولكنَّه غَيَّر اسمه إلى Interplanetary Transport System؛ لأن هذا النظام -كما قال- "يعطيك في الواقع حرِّيَّة الذهاب إلى أيِّ مكانٍ تريده في النظام الشمسي الأكبر". ورؤيته بعيدة المدى هي بناء شبكة تربط بين الكواكب كما تربط السكك الحديدية بين المدن الأمريكية.

و"ماسك" يرى إمكانية للتعاون مع أجزاء أخرى من إمبراطوريته التي تبلغ قيمتها بلايين الدولارات. فشركة "تيسلا" نمَّت وطَوَّرَت نسخة من السيارة التي تعمل بالكامل بالكهرباء، و"ماسك" استثمر بكثافة في الطاقة الشمسية التي سوف تكون المصدرَ الأساسيَّ للطاقة في أي محطة مرِّيخيَّة؛ ولذلك فإن "ماسك" في موقع مثالي بالنسبة للإمداد بالآلات الكهربائية ومجموعات الألواح الشمسية المطلوبة لإقامة مستعمَرَةٍ على المريخ.

وبينما "ناسا" في الغالب بطيئَةٌ ومُتكاسِلَةٌ لدرجة مؤلمة، فإن المستثمرين يعتقدون أنهم يستطيعون أن يقدِّموا أفكارًا وتقنيات طازجة وابتكارية وبسرعة. ويقول "ماسك": "هناك فكرة سخيفة مُؤدَّاها أن الفشل ليس خيارًا في ناسا. إن الفشل خيارٌ هنا (في سبيس إكس)، ولو لم توجد إخفاقات، فأنت لا تبتكر بما فيه الكفاية".

وقد يكون "ماسك" هو الوجه المعاصر لبرنامج الفضاء: مقدامٌ، وغير هَيَّاب، ومتمرِّد، بالإضافة إلى كونه مبتكرًا وذكيًّا. إنه نوع جديد من علماء الصواريخ: المستثمر- المبتكر- العالِم. وهو يُقارَن كثيرًا بـ "توني ستارك" Tony Stark، الصورة الأخرى للرجل الحديدي Iron Man، رجل صناعة ومخترع دمِث الخلق، يُحْسَب مع ملوك المال ومع المهندسين على السواء. وللحقيقة والواقع، فإن جزءًا من الجزء الثاني من فيلم "الرجل الحديدي" تمَّ تصويره في مقرِّ شركة "سبيس إكس"

في لـوس أنجلـوس، وعندمـا يتجـوَّل الزائـرون في الشركـة، يقابلهـم تَمثـالٌ بالحجـم الطبيعـي لـ "تـوني سـتارك" مُرتديًـا بذلـةَ رَجُلِـه الحديـدي. بـل إن "ماسـك" كان لـه تأثـير في مجموعـة "نيـك جراهـام" Nick Graham، مُصمِّـم الأزيـاء الرجاليـة الـذي جعـل مـن الفضـاء موضوعًـا لمجموعتـه في أسـبوع الموضـة في نيويـورك New York Fashion Week، والـذي يقـول: "يقولـون إن المريـخ هـو الموضـة الجديـدة؛ إنـه يحتـل المرتبـة الأولى بشـكل لا يُصـدَّق في طموحـات الجميـع. والفكـرة هـي أننـا نعـرض تشـكيلةَ أزيـاء خريـف 2025، وهـي السـنة التـي يريـد إلـون ماسـك أن يضـع فيهـا أوَّلَ إنسـان عـلى المريـخ".

لقـد لخَّـص "ماسـك" فلسـفته قائِـلًا: "الواقـع أن ليـس لـديَّ دافِـعٌ آخـر لتكديـس ثـروة شـخصية، فيـما عـدا أن أكـون قـادِرًا عـلى تقديـم أكـبر مسـاهمة أسـتطيعها لجعـل الحيـاة متعـدِّدَة الكواكـب". "بيـتر دياماندِيـز" Peter Diamandis، من مؤسَّسـة "إكسـبرايز" XPRIZE يقـول: "هنـا، يوجـد دافـع أكـبر بكثـير مـن تحقيـق الأربـاح. إن رؤيـة ماسـك مثـيرة وقويـة".

سباقُ فَضاءٍ جَديدٍ نَحوَ المرّيخ

كل هـذا الحديـث حَـوْلَ المريـخ كان مـن الـضروري، بالطبـع، أن يثـير منافسـة. "دينيـس مولينبـورج" Dennis Muilenburg، المديـر التنفيـذي لشركـة "بوينـج"، يقول: "أنـا واثـق مـن أن أول شـخص يضـع قَدَمَـه فـوق المريـخ سـوف يصـل إلى هنـاك عـلى مـتن صـاروخ مـن صُنـع بوينـج". ولعلـه ليـس مـن قبيـل المصادفـة أنـه صرح بهـذه الملاحظـات المدهشـة بعـد أسـبوع مـن إعـلان "ماسـك" خُططَـه. قـد يكـون "ماسـك" مسـتأثرًا بـكل العناويـن الرئيسـية، ولكـن "بوينـج" لديهـا تاريـخ طويـل مـن السـفر إلى الفضـاء بنجـاح. فـ "بوينـج"، فـوق كل شيء، هـي التـي صنَّعـت الصـاروخ الداعـم لـ "سـاتورن 5" الشـهير، الـذي حمـل رواد الفضـاء إلى القمـر، و"بوينـج" هـي التـي لديهـا الآن تعاقُـدٌ لبنـاء الصـاروخ الداعـم الضخـم "نظـام الإطـلاق الفضـائي"، أسـاس بعثـة ناسـا المخططـة إلى المريـخ.

المؤيدون لـ "ناسا" يشيرون إلى أن التمويل العام كان مُهمًّا جدًّا لمشروعات الفضاء الرئيسية في الماضي، مثل تلسكوب "هابل" الفضائي Hubble Space Telescope، أحد دُرَر برنامج الفضاء. هل يمكن أن يقوم المستثمرون الخاصُّون بتمويل مثل هذا المسعى الخطير دون أمل في تحقيق عوائد لحَمَلَةِ الأسهم؟ إن دعم المنظَّمات البيروقراطية الضخمة قد يكون ضروريًّا للمشروعات المكلِّفة جدًّا بالنسبة للشركات الخاصة أو التي ليس لديها سوى أملٍ ضعيف في تحقيق عوائد.

هناك مميزات لكلٍّ من هذه البرامج المتنافسة. فصاروخ "بوينج" الذي يستطيع أن يحمل 130 طنًّا متريًّا إلى الفضاء الخارجي، يستطيع أن يحمل شُحنًا أكبر من صاروخ "ماسك"، "فالكون هيڤي" Falcon Heavy، الذي يستطيع حمل 64 طنًّا متريًّا فقط. ولكن "فالكون" قد يكون أقلَّ تكلُفةً. وفي الوقت الحالي، "سبيس إكس" لديها أسعار أرخص لإرسال الأقمار الصناعية إلى الفضاء بحوالي 1,000 دولار عن كل رطل، أي 10% من السعر المعتاد للمركبات الفضائية التجارية. والأسعار يمكن أن تنخفض أكثر لو أتمَّت "سبيس إكس" تكنولوچيَّتَها للصواريخ متكرِّرَة الاستخدام.

لقد وجدت "ناسا" نفسها في وضعٍ لا تُحسَدُ عليه، حيث يوجد اثنان من المزايدين المتنافسين على مشروع مرموق. ومن حيث المبدأ، لا يزال لديها الخيار بين "نظام الإطلاق الفضائي" و"فالكون هيڤي". وحينما سُئِلَ "ماسك" عن تحدِّي "بوينج" قال: "أعتقد أنه من الجيد أن يكون هناك سُبُلٌ مُتعدِّدة إلى المريخ؛ لكي يكون هناك أكثر من خطة في الوقت ذاته، وكما تعلمون، كلَّما كان هناك المزيد، كان ذلك أفضل".

المتحدِّثون باسم وكالة "ناسا" قالوا: "ناسا تُحيِّي كل هؤلاء الذين يريدون أن يقوموا بالقفزة العملاقة القادمة، ويتقدَّموا في الرحلة إلى المريخ... هذه الرحلات ستتطلَّب الأفضل والأكثر ذكاءً... نحن في ناسا اجتهدنا طوال السنوات الطويلة الماضية لتطوير خطة مستدامة لاستكشاف المريخ، ولتشكيل تحالف مع شركاء دوليين ومن القطاع الخاص لدعم هذه الرؤية". وفي النهاية، من المتوقَّع أن تقدِّم روحُ المنافَسةِ إضافَةً إلى برنامج الفضاء.

ومع ذلك، فإن هذا السباق ينطوي على شيء من العدالة. فبرنامج الفضاء، عن طريق تصغير الإلكترونيات، فتح الأبواب أمام ثورة الكمبيوتر. وعن طريق استلهام ذكريات طفولتهم عن برنامج الفضاء، يكمل الدائرةَ الملياردياتُ الذين صنعتهم ثورة الكمبيوتر ويضعون جزءًا من ثرواتهم في استكشاف الفضاء.

الأوروبيُّون والصينيُّون والروس أيضًا عَبَّروا عن رغبة في إرسال رحلةٍ مأهولَةٍ إلى المريخ في إطار زمنيٍّ بين 2040 و2060، ولكن تمويل تلك المشروعات لا يزال يمثِّل إشكاليَّةً. ولكن المؤكَّد أن الصينيين سوف يصلون إلى القمر في 2025. الرئيس "ماو"، ذات يوم، نَدَبَ حَظَّه لأن الصين كانت متخلِّفَةً لدرجة أنها لا تستطيع إرسالَ حبَّةِ بطاطس إلى الفضاء. ولكن الأمور تغيَّرَت تمامًا منذ ذلك الحين. فعَنْ طريق تطوير صواريخ مُشتراةٍ من روسيا في تسعينيات القرن العشرين، قامت الصين بالفعل بإرسال عشرة رُوَّاد فضاء إلى مدارٍ حول الأرض، وهي مستمرَّةٌ في خططها الطموحة لبناء محطَّة فضاء وتطوير صاروخ في قوة "ساتورن 5" بحلول سنة 2020. وفي خُطَطِها الخمسية المتعدِّدة، تتبع الصين بعناية الخطة الرائدة للروس والأمريكيين.

حتى أكثر أصحاب الرؤى تفاؤُلًا يدركون تمامًا أن كثرة من المخاطر سوف تواجه روَّاد الفضاء في رحلة مريخية. فعندما سُئِلَ "ماسك" عمَّا إذا كان هو شخصيًّا يحب أن يزور المريخ، أقرَّ بأن احتمال الموت في أول رحلة إلى الكوكب "كبير جدًّا"، وقال إنه يَوَدُّ أن يرى أبناءه يشبُّون هناك.

السَّفَر إلى الفَضاءِ لَيسَ نُزهَةَ نهايَةِ الأُسبوعِ

قائِمَة المخاطر المحتَمَلَة لأول رحلة إلى المريخ طويلة.

الخطر الأول هو الفشل الكارثي. لقد مَرَّ على ارتيادنا للفضاء أكثر من خمسين عامًا، ولكن احتمالات حوادث الصواريخ الكارثية لا تزال في حدود 1%. فهناك مئات من الأجزاء المتحرِّكة داخل أي صاروخ، وأي واحد منها يمكن أن يتسبَّب في فشل المهمة. مكوك الفضاء شهد حادثين مروِّعَيْن من بين 135 عملية إطلاق، أي بمعدل حوالي 1.5%. والمعدل الإجمالي لوفيات برنامج الفضاء 3.3%. فمن بين

544 شخصًا أُرسِلوا إلى الفضاء، مات ثمانية عشر. والشُّجعان جِدًّا فقط هم من يرغبون في الجلوس فوق مليون رطل من وقود الصواريخ لكي يَقذِفَ بهم في الفضاء بسرعة خمسة وعشرين ألف ميل في الساعة، دون أن يعلموا ما إذا كانوا سيعودون أم لا.

هناك أيضًا "نحس المريخ"؛ فحوالي ثلاثة أرباع المسابير التي أُرسِلَت إلى المريخ لم تصل إليه على الإطلاق، أساسًا بسبب بُعْدِ المسافة، أو مشكلات مع الإشعاع، أو فشل ميكانيكي، أو فَقْدِ الاتصال، أو الشُّهُب الصغيرة، أو لغير ذلك من الأسباب. وعلى الرغم من ذلك، فإن حَظَّ الولايات المتحدة في هذا المضمار كان أفضل كثيرًا من الروس الذين مرُّوا بأربع عشرة محاولَةً فاشِلَةً للوصول إلى الكوكب الأحمر.

وهناك مشكلة أخرى هي طول الرحلة إلى المريخ. الذهاب إلى القمر ضمن برنامج "أبوللو" استغرق ثلاثة أيام فقط، ولكن الرحلة إلى المريخ ذهابًا فقط تستغرق تسعة أشهر، والرحلة الكاملة ذهابًا وعودة تستغرق حوالي سنتين. لقد قُمتُ مرَّةً بجولة في مركز تدريب "ناسا" خارج مدينة كليفلاند بولاية أوهايو حيث تقوم فرق من العلماء بتحليل ضغوط السفر في الفضاء. رواد الفضاء يعانون من ضمور في العضلات والعظام بسبب انعدام الوزن عندما يقضون فترات طويلة في الفضاء الخارجي. فأجسامنا مُهيَّأة للحياة فوق كوكب له جاذبيَّةُ الأرض. ولو كانت الأرض أصغرَ أو أكبر بدرجات مئويَّة قليلة لاحتاجت أجسامنا لإعادة تصميمها حتى نستطيع الاستمرار في الحياة عليها. وكلَّما طال بنا البقاء في الفضاء الخارجي؛ ازداد تدهور أجسامنا. رائد الفضاء الروسي "ڤاليري بولياكوف" Valeri Polyakov، بعد تحقيق رقم قياسي عالمي بالبقاء في الفضاء لمدة 437 يوم، استطاع بالكاد أن يزحف خارِجًا من كبسولته الفضائية عند عودته إلى الأرض.

من الحقائق المثيرة أن رُوَّاد الفضاء يصيرون أطولَ بِعدَّةِ بوصات في الفضاء الخارجي بسبب استطالة العمود الفقري. وبمجرد العودة إلى الأرض، يعود طولهم إلى سابق عهده.

رواد الفضاء يمكن أيضًا أن يفقدوا 1% من كتلة عظامهم كل شهر في الفضاء، ولإبطاء هذا النقص، عليهم أن يتدرَّبوا لمدة ساعتين على الأقل يوميًّا على مَشَّايَةٍ كهربائية. ولكن رواد الفضاء قد يحتاجون لسنة كاملة لإعادة التأقلم بعد قضاء

ستة أشهر في محطة الفضاء الدولية، وفي بعض الأحيان، لا يستعيدون كُتلَةَ عظامهم كامِلَةً إلى الأبد. (من النتائج الأخرى لانعدام الوزن التي لم تؤخذ بجدية حتى عهد قريب تَلَفُ العَصَبِ البصري. ففي الماضي، لاحظ رواد الفضاء أن قوة إبصارهم تتدهور بعد الرحلات الطويلة في الفضاء. وقد أوضحت فحوص دقيقة لأعينهم أن أعصابهم البصرية غالِبًا ما تلتهب، ربما بسبب الضغط من سائل العين).

في المستقبل، ربما يكون على كبسولاتنا الفضائية أن تدور حول نفسها حتى تستطيع قوة الطرد المركزي أن تولِّدَ جاذبية اصطناعية. ونحن نستشعر هذا التأثير في كل مرة نذهب إلى الملاهي وندخل الأسطوانة الدَّوَّارة. قوة الدفع المركزي تُولِّدُ جاذبيَّةً اصطناعية وتَدفَعُنا إلى جدار الأسطوانة. في الوقت الحالي قد يكون إنتاج سفينة فضاء دوَّارة أغلى من المستطاع، كما أن المفهوم يصعب تنفيذه. قد يجب أن تكون الكابينة الدوَّارة كبيرة جدًّا، وإلا فإن قوة الدفع المركزي لن تكون مُوزَّعَةً بالتساوي، وسوف يُصاب رُوَّادُ الفضاء بما يشبه دوار البحر والتشوُّش.

هناك أيضًا مشكلة الإشعاع في الفضاء، وخصوصًا من الرياح الشمسية والإشعاعات الكونية. فنحن ننسى في الغالب أن الأرض مُغطَّاة بغلاف جوِّيٍّ سميك، وبمجال مغناطيسي يساعد في حمايتنا. عند مستوى سطح البحر، يمتصُّ غلافنا الجوي معظم الإشعاع المميت، ولكن حتى في رحلة طيران عادية داخل الولايات المتحدة، نتلقَّى "ميلليريم" Millirem واحدًا إضافيًّا من الإشعاع كُلَّ ساعَةِ طيران، ما يعادل الأشعَّة السينية على الأسنان، في كل رحلة طيران داخل الولايات المتحدة. ولكن رواد الفضاء المسافرين إلى المريخ سيكون عليهم أن يمرُّوا بأحزمة من الإشعاعات المحيطة بالأرض يمكن أن تُعرِّضَهم لجرعات كثيفة من الإشعاع وتزيد حساسيتهم للتعرُّض للأمراض، وللشيخوخة المُبكِّرة والسرطان. وفي رحلة تمتدُّ عامين بين الكواكب، سوف يستقبل رائد الفضاء من الإشعاع ما يمثِّل مائتي ضعف ما يستقبله الشخص على الأرض. (ومع ذلك، فإن هذه الإحصاءات يجب أن توضَعَ في سياقها. فالخطر على حياة رائد الفضاء نتيجة للإصابة بالسرطان يزيد لما بين 21% إلى 24%. وبينما هذه النسبة ليست بسيطة، فإن هذا التهديد يتضاءل إذا قورن بالخطر الأكبر بكثير الذي يواجهه رائد الفضاء جرَّاءَ حادث عارض بسيط).

الأشعة الكونية من الفضاء الخارجي تكون في بعض الأحيان كثيفةً لدرجة أن رُوَّاد الفضاء يستطيعون بالفعل رؤية ومضات ضوء صغيرة حيث تؤدي الجسيمات دون الذَّرِّيَّة إلى تأيُّن السائل داخل مُقلَةِ العين. وقد أَجْرَيتُ مقابلات مع كثير من رواد الفضاء الذين وصفوا لي هذه الومضات، التي تبدو جميلة ولكنها تُسبِّب تَلَفًا إشعاعيًّا خطيرًا للعين.

وقد أتى عام 2016 بأخبار سيئة تتعلَّق بتأثير الإشعاع على المخ. العلماء في جامعة كاليفورنيا، "إيرفين"، عَرَّضوا فئرانَ لجرعات كبيرة من الإشعاع تُعادِلُ الكمِّيَّة التي يمكن أن تُمتَصَّ أثناء رحلة في الفضاء العميق لمدة سنتين. وقد توصَّلوا إلى دليلٍ على وجود تلف بالمخ غير قابل للعلاج. كما طرأت على الفئران مشكلات سلوكية وأصبحت متهيِّجَةً ومُختلَّة. وهذه النتائج تؤكد، على أقل القليل، أن رُوَّاد الفضاء يجب أن يكونوا مَحميِّين بشكلٍ كافٍ في الفضاء العميق.

أَضِفْ إلى ذلك أنَّ رُوَّاد الفضاء لا بُدَّ أن يقلقوا من التوهُّجات الشمسية. في سَنَة 1972، بينما كانت "أبوللو 17" تستعدُّ لرحلة إلى القمر، ضرب وَهَجٌ شمسيٌّ قويٌّ سطحَ القمر. ولو أن روَّادَ الفضاء ساروا فوق القمر في ذلك الوقت، كان يمكن أن يلقوا حتفهم. وعلى خلاف الأشعة الكونية، التي تكون عشوائية، فإن التوهُّجات الشمسية يمكن تَتَبُّعُها من الأرض، ومن ثم يمكن تحذير روَّاد الفضاء منها قبل وقتها بعدَّة ساعات. وهناك حالات حُذِّر فيها رواد الفضاء على محطة الفضاء الدولية من اقتراب توهُّجاتٍ شمسية وأُمِروا بالانتقال إلى الأجزاء المحميَّة أكثر من غيرها في محطة الفضاء.

ثم هناك الشهب الصغيرة التي يمكن أن تُمزِّقَ البدن الخارجي لسفينة فضاء. والفحص عن قرب لمكوك الفضاء يكشف عن آثار لنيازك صغيرة كثيرة على السطح الخارجي له. إن قوة شهاب صغير في حجم طابع البريد يسير بسرعة أربعين ألف ميل في الساعة سيكون كافيًا لإحداث فجوة في الصاروخ والتَّسبُّب في انخفاض سريع في الضغط داخله. وقد يكون من الحكمة عَزْلُ المركبة الفضائية داخل غرف متعدِّدة حتى يمكن فصل الجزء المثقوب بسرعة عن الأجزاء الأخرى.

الصعوبات النَّفسيَّة سوف تمثِّل نوعًا آخر من العقبات؛ فالحبس في كبسولة صغيرة ضيِّقَة مع عدد قليل من الأشخاص لفترة ممتدَّة من الزمن سوف يكون

تحدِّيًا. فحتى مع سلسلة من الاختبارات النفسية، لا نستطيع بشكل كامل أن نتنبَّأ بكيف يمكن أن يتعاون الناس، وما إذا كانوا سيتعاونون. وفي النهاية، حياتك قد تعتمد على شخص ما يتعامل مع أعصابك.

الذَّهاب إلى المرّيخ

بعد أشهر من التخمينات المكثَّفة، كشفت "ناسا" و"بوينج" أخيرًا عن خطة الوصول إلى المريخ. "بيل جريستنمير" Bill Gerstenmaier، من إدارة الاستكشاف البشري والعمليات في "ناسا"، كشف عن جدول زمني طَموحٍ بشكل مذهل للخطوات الضرورية لإرسال رواد فضاء إلى الكوكب الأحمر.

أوَّلًا، بعد سنوات من الاختبارات، سوف يتم إطلاق صاروخ "نظام الإطلاق الفضائي" المحمَّل بالكبسولة أوريون في 2019. سوف يعمل بشكل أوتوماتيكيٍّ بالكامل، ولن يحمل رواد فضاء، ولكنه سيدور حول القمر. بعد أربع سنوات، وعقب فجوة استمرَّت خمسين عامًا، سوف يعود روَّادُ الفضاء أخيرًا إلى القمر. سوف تستمرُّ المَهمَّة ثلاثة أسابيع، ولكنها سوف تدور فقط حول القمر، ولن تهبط على سطحه. والهدف الأساسي من ذلك هو اختبار نظام الإطلاق الفضائي/ أوريون، وليس استكشافَ القمر.

ولكن هناك انعطاف غير مُتوقَّع في خطَّة "ناسا" الجديدة أدهش كثيرًا من المحلِّلين. فنظام الإطلاق الفضائي/ أوريون هو في الواقع نوع من الإحماء. فهو سوف يقوم بدور الرابط الأساسي الذي سيقوم رواد الفضاء بمغادرة الأرض بواسطته ويصلون إلى الفضاء الخارجي، ولكن مجموعة جديدة تمامًا من الصواريخ سوف تأخذنا إلى المريخ.

أوَّلًا، "ناسا" تتصوَّر بناء مَعْبَرٍ إلى الفضاء العميق Deep Space Gateway، يشبه محطَّةَ الفضاء الدولية، عدا أنه أصغر ويدور حول القمر وليس حول الأرض. ورواد الفضاء سوف يعيشون على معبر الفضاء العميق، الذي سيعمل كمحطة لإعادة التزويد بالوقود والمؤن للرحلات المتَّجهة إلى المريخ وإلى الكويكبات. وسوف يكون قاعدةً للوجود الإنساني الدائم في الفضاء. وبناء محطَّة الفضاء القمرية تلك

سوف يبدأ في 2023، وسوف تدخل الخدمة في 2026. وسوف يتطلَّب الأمر أَربعَ رحلات لـ "نظام الإطلاق الفضائي" لبناء هذه المحطة.

ولكن العمل الرئيسي هو الصاروخ الذي سيُرسِلُ رواد الفضاء بالفعل إلى المريخ. إنه نظام جديد تمامًا، يُسمَّى "ناقل الفضاء العميق" Deep Space Transport، سيتمُّ بناؤه أساسًا في الفضاء الخارجي. في 2029، سوف يمرُّ ناقل الفضاء العميق بأول اختبار رئيسي، حيث يدور حول القمر لمدة تتراوح بين 300 و400 يوم. وذلك سوف يوفِّر معلومات قَيِّمَةً عن الرحلات طويلة الأمد في الفضاء. أخيرًا، وبعد اختبارات صارمة، سوف يقوم ناقِلُ الفضاء العميق بإرسال رواد الفضاء إلى مدار حول المريخ سنة 2033.

برنامج "ناسا" حَظِيَ بالثناء من قِبَلِ كثير من الخبراء لأنه منهجيٌّ، مع خطة تسير خطوةً خطوةً لبناء بنية أساسية معقَّدة فوق القمر.

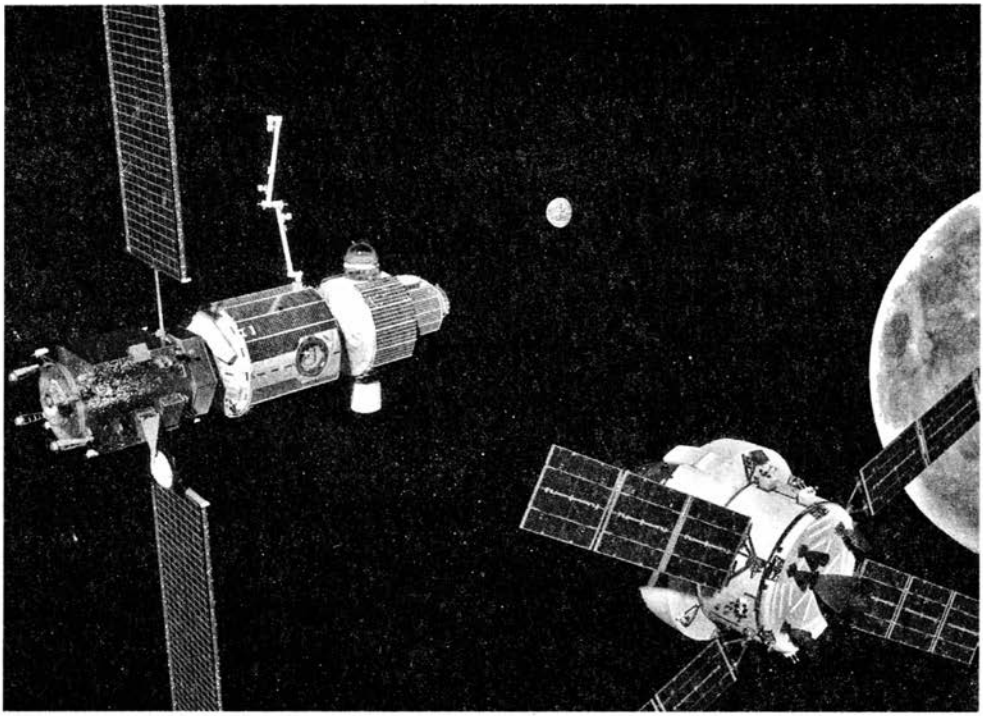
ولكن، خطة "ناسا" تأتي في تناقُضٍ حادٍّ مع رؤية "ماسك". فخطة "ناسا" مُفصَّلَة بعناية، وتنطوي على إنشاء بنية أساسية دائمة في مدار القمر، ولكنها بطيئة، حيث ربما تكون أطولَ من خطة "ماسك" بعشر سنوات. بينما خطة "سبيس إكس" تتغاضى عن محطة الفضاء القمرية تمامًا، وتنطلق مباشرة إلى المريخ، ربَّما مُبكِّرًا في 2022. ولكن هناك عيبٌ في خُطَّة "ماسك"، ألَا وهو أن "كبسولة دراجون" سوف تكون أصغرَ بشكلٍ كبير من "ناقل الفضاء العميق". ولسوف يخبرنا الزَّمَنُ أيَّ مُقارَبةٍ أو تركيبة من المقاربات هي الأفضل.

أَوَّلُ رِحلَةٍ إلى المرّيخ

لأن المزيد من التفاصيل يجري الكشف عنه بخصوص أول رحلة إلى المريخ؛ يمكننا الآن أن نُخمِّن الخطوات الضرورية للوصول إلى الكوكب الأحمر. دعنا نتتبَّع ما يمكن أن تتكشَّف عنه خطة "ناسا" على مدى العقود القادمة.

ربما كان أوَّلُ المشاركين في المهمة التاريخية إلى المريخ أحياءً اليوم، وربما يدرسون الفَلَكَ الآن في المدرسة الثانوية. وسوف يكونون من بين ألوف الأشخاص الذين يُتَوقَّع أن يتطوَّعوا لأول رحلة إلى كوكب آخر. بعد تدريبٍ شاقٍّ، ربما يتمُّ اختيار

أربعة مرشَّحين بعناية بناءً على مهاراتهم وخبراتهم، وربما يتضمَّنون طيَّارًا مُتمرِّسًا ومُهندِسًا وعالِمًا وطبيبًا.



مَعْبَرُ الفضاء العميق التابع لوكالة "ناسا" سوف يدور حول القمر، ويقوم بدور محطة الوقود والتموين للمهام الفضائية إلى المريخ، وما وراء المريخ (صورة رقم 2).

حوالي سنة 2033، بعد لقاءات مشحونة مع الإعلام، سوف يصعدون إلى كبسولة الفضاء "أوريون". وعلى الرغم من أن "أوريون" أوسعُ من كبسولة "أپوللو" بحوالي 50%، فإن الأشياء ستكون مكدَّسَةٌ أيضًا بالداخل، ولكن هذا ليس مُهِمًّا، حيث إن الرحلة إلى القمر ستستغرق ثلاثة أيام فقط. وعندما تنطلق سفينة الفضاء أخيرًا، سوف يشعرون بارتجاجات بسبب الاحتراق الكثيف لوقود الصاروخ الداعم. والرحلة بكاملها حتى الآن تبدو شديدةَ الشَّبه برحلة "أپوللو"، وتعطي الإحساسَ نفسه.

ولكن هنا يتوقَّف التشابه. فمنذ هذه اللحظة، تتطلَّع ناسا لانفصال جذريٍّ عن الماضي. فحيث يدخل رواد الفضاء في مدار حول القمر، سيشاهدون "مَعْبَرَ الفضاء العميق"، أوَّلَ محطَّةِ فضاء في العالم تدور حول القمر. وسوف يلتحمون بالمعبر ثم يستريحون قليلًا.

ثم ينتقلون إلى ناقل الفضاء العميق، الذي لا يشبه أي سفينة فضاء في التاريخ. سفينة الفضاء ومقرُّ إقامة الطاقم يشبهان قلم رصاص طويلًا في طرفه ممحاة (تحتوي على الكبسولة التي سيعيش ويعمل فيها رُوَّاد الفضاء. على امتداد القلم الرصاص توجد سلسلة من المجموعات الضخمة من الألواح الشمسية الطويلة والضيِّقة بشكل غير معتاد، حيث يبدو الصاروخ من على البُعْدِ يشبه قاربًا شراعيًّا. وبينما تَزِنُ "كبسولة أوريون" حوالي خمسة وعشرين طنًّا، فإن ناقل الفضاء يزن حوالي واحدًا وأربعين طنًّا.

ناقل الفضاء سوف يكون بيتَهم على مدى العامين المقبلين. وهذه الكبسولة أكبر بكثير من "أوريون"، وسوف توفِّر لرواد الفضاء فراغًا يكفي للاسترخاء قليلًا. وهذا مهم، حيث سيكون عليهم أن يتمرَّنوا يوميًّا لمنع إصابة عضلاتهم وعظامهم بالهشاشة؛ ما يمكن أن يعوق حركتهم عندما يصلون إلى المريخ.

بمجرد أن ينتقلوا إلى ناقل الفضاء العميق، سوف يشغِّلون محرِّكات الصاروخ. وبدلًا من أن ينزعجوا بالارتجاج نتيجة لاندفاع الصاروخ وبتدفُّق شعلات اللهب العملاقة المندفعة من مؤخِّرَة الصاروخ، سوف تتسارع المحرِّكات الأيونية برفق حتى تصل إلى سرعتها بالتدريج. وعندما يحدق رواد الفضاء من نوافذهم، سوف

يـرون فقـط الوهـج المتألِّـق اللطيـف للأيونـات التـي تنبعـث باطِّـرادٍ مـن محـركات السـفينة.

ناقـل الفضـاء العميـق يسـتخدم نوعًـا جديـدًا مـن نُظُـمِ الدَّفْـعِ لإرسـال الـرواد إلى الفضـاء، يسـمَّى "الدفـع الكهربـائي الشـمسي". الألـواح الشمسـية الضخمـة تقتنـص ضـوء الشـمس وتحوِّلـه إلى كهربـاء. وهـذه الكهربـاء تُسـتَخدَمُ في فصـل الإلكترونـات مـن غـاز (مثـل "الإكسـنون"Xenon)، لإنتـاج الأيونـات. ثـم يطلـق مجـال كهربـائي هـذه الأيونـات المشـحونة خـارج إحـدى نهايَتَـيْ المحـرِّك، وهكـذا يتـم الاندفـاع. وعـلى عكـس المحـركات الكيماويـة، التـي تسـتطيع أن تشـتعل لمـدة دقائـق فقـط، تسـتطيع المحـركات الأيونيـة أن تتسـارع ببـطء لشـهور وربمـا سـنوات.

ثـم تبـدأ الرحلـة الطويلـة المُملَّـة إلى المريـخ نفسـه، التـي سـوف تسـتغرق حـوالي تسـعة أشـهر. والمشـكلة الرئيسـية التـي تواجـه روَّادَ الفضـاء هـي المَلَـل؛ ولذلـك سـيكون عليهـم باسـتمرار أن يمارسـوا تمرينـات رياضيـة، ويمارسـوا ألعابًـا لـكي يظلُّـوا متنبِّهـين، ويجـروا عمليـات حسـابيَّةً، ويتحدَّثـوا إلى أحبَّائهـم، ويتصفَّحـوا الإنترنـت، إلـخ. وفيـما عـدا عمليـات تصحيـح المسـار الروتينيـة، لا يوجـد الكثـير للقيـام بـه أثنـاء الرحلـة. ومـع ذلـك، فقـد يحتاجـون مـن وقـت لآخـر لأن يسـيروا في الفضـاء لإجـراء إصلاحـات بسـيطة أو اسـتبدال الألـواح التالفـة. ولكـن، حيـث تتقـدَّم الرحلـة، سـيزداد بالتدريـج الوقـت الـلازم لإرسـال رسـالة إلى الأرض، حتـى يصـل أخـيرًا إلى حـوالي أربـع وعشريـن دقيقـة. وقـد يتسـبَّب ذلـك في بعـض الإحبـاط لـروَّاد الفضـاء الذيـن اعتـادوا عـلى الاتصـالات الآنيَّـة.

وحيـث يحدِّقـون مـن نوافذهـم، سـوف يـرون الكوكـب الأحمـر يـأتي بالتدريـج إلى مركـز الرؤيـة، باديًـا أمـام أعينهـم. النشـاط فـوق السـفينة سـوف يتزايـد بسرعـة حيـث يبـدأ روَّاد الفضـاء في إجـراء الاسـتعدادات. عنـد هـذه النقطـة، سـوف يشـعلون صواريخهـم لـكي يبطئـوا سرعـة سـفينة الفضـاء حتـى يسـتطيعوا أن يدخلـوا بلطـف في مـدار حـول المريـخ.

مـن الفضـاء، سـوف يـرون بانوراما مختلفـة تمامًـا عـمَّا رأوه عـلى الأرض. فبـدلًا مـن المحيطـات الزرقـاء والجبـال الخـضراء المغطَّـاة بالأشـجار وأضـواء المـدن، سـوف يشـاهدون أرضيـة قاحلـة مهجـورة، مليئـةً بالصحـاري الحمـراء، والجبـال السـاحرة،

والأخاديد العملاقة الأكبر بكثير من تلك الموجودة على الأرض، وعواصف ترابية ضخمة يستطيع بعضها أن يغمر الكوكب بأكمله.

بمجرد أن يدخلوا في مدارٍ حول المريخ، سوف يدخلون في الكبسولة المرِّيخِيَّة وينفصلون عن سفينة الفضاء الرئيسية، التي سوف تستمر في الدوران حول الكوكب. وحيث تدخل كبسولتهم إلى الغلاف الجوي للمريخ، سوف ترتفع درجة الحرارة بشكل كبير جدًّا، ولكنَّ الدِّرعَ الحراري سوف يمتصُّ الحرارة الكثيفة المتولِّدة عن الاحتكاك الهوائي. وأخيرًا، سوف ينفصل الدرع الحراري، ثم عندئذ تشعل الكبسولة صواريخها الكابحة للسرعة وتهبط ببطء على سطح المريخ.

وبمجرَّد أن يخرجوا من الكبسولة ويسيروا فوق سطح المريخ، سوف يكونون روَّادًا يفتحون صفحةً جديدة في تاريخ الجنس البشري، مُتَّخذين خطوة تاريخية تجاه تحقيق هدف جعل الإنسان نوعًا متعدِّدَ الكواكب.

سوف يقضون عدة أشهر فوق الكوكب الأحمر قبل أن تصبح الأرض في موقعٍ مناسب لرحلة العودة. وهذا سوف يتيح لهم الوقت لاستكشاف التضاريس، والقيام بالتجارب مثل البحث عن بقايا مياه وحياة ميكروبية، وتثبيت ألواح شمسية من أجل الطاقة. أحد الأهداف الممكنة يمكن أن يكون الحَفْرَ للوصول إلى طبقات الجليد، حيث إن الجليد الموجود تحت السطح يمكن أن يصبح في يوم ما مصدرًا حيويًّا لمياه الشرب، وكذلك للأوكسجين من أجل التنفُّس وللهيدروجين من أجل الوقود.

بعد إتمام مَهمَّتِهم، سوف يعود رواد الفضاء إلى كبسولتهم الفضائية ثم ينطلقون. (بسبب جاذبية المريخ الضعيفة، ستحتاج الكبسولة إلى وقود أقلَّ بكثيرٍ مِمَّا احتاجته لمغادرة الأرض). سوف يلتحمون بسفينتهم الرئيسية في مدارها، ثم يستعدُّون لرحلة إلى الأرض تستغرق تسعة أشهر.

حين عودتهم، سوف يهبطون في مكان ما في المحيط. وبمجرد العودة إلى اليابسة، سوف يُحْتَفَلُ بهم بوصفهم أبطالًا أخذوا الخطوة الأولى تجاه تأسيس فرع جديد للبشرية.

كـما تـرى، سـوف نواجـه الكثـير مـن التحدِّيـات في طريقنـا إلى الكوكـب الأحمـر. ولكـن، مـع حـماس الجمهـور والتـزام "ناسـا" والقطـاع الخـاص، مـن المرجَّـح أن ننفـذ رحلـة مأهولـة إلى المريـخ في غضـونِ العقـد القـادم أو الـذي يليـه. وهـذا سـوف يفـرض علينـا التحـدِّي التـالي: أن نُحـوِّلَ المريـخ إلى وطـن جديـد.

"أَعتَقِـدُ أَنَّ الوَقـتَ الَّـذي سَـيَصِلُ فيـه الإنسـانُ إلى اسْتِكشـافِ المرِّيـخِ وبِنـاءِ المُـدُنِ والبَلْـداتِ فَوْقَـه، سَـوْفَ يُنْظَـرُ إلَيْـه بِوَصْفِـه أَحَـدَ العُصـورِ العَظيمَـةِ للبَشريَّـةِ، عَـصْرٌ سَـيَضَعُ فيـه النَّـاسُ أَقدامَهُـم في عالَـمٍ آخَـرَ، ويَنالـون حُرِّيَّـةَ صُنْـعِ عالَمِهِـم الخـاصِّ".

ROBERT ZUBRIN "روبرت زوبرين"

الفصل الخامس

المريخ: الكوكب الجنة

في فيلم "المريخي" The Martian، الذي عُرِضَ سنة 2015، واجه رائِدُ الفضاء الذي لَعِبَ دَوْرَه "مات ديمون" Matt Damon التحدِّي الأكبر: أن يبقى حيًّا وحيدًا على كوكب مُقفِرٍ متجمِّد ليس به هواء. فحيث رحل زملاؤه في الطاقم وتركوه من غير قَصْدٍ، لم يَكُن لديه ما يكفيه من المُؤن سوى لأيَّام قليلة. كان عليه أن يستجمع كلَّ شجاعته ويُثابر حتى تستطيع بعثة إنقاذٍ أن تصل إليه.

الفيلم كان واقعيًّا بما يكفي لإعطاء الجمهور إحساسًا بالصعوبات التي يمكن أن تواجهها المستعمرات المرِّيخيَّة. فأوَّلًا، هناك العواصف الترابية العنيفة التي تغمر الكوكب بغبارٍ دقيق أحمر يشبه "بودرة التَّلْك"، والذي انهمر فوق سفينة الفضاء حتى غطَّاها تقريبًا في الفيلم. الغلاف الجوي مكوَّنٌ بالكامل تقريبًا من ثاني أوكسيد الكربون، والضغط الجوِّي يبلغ 1% فقط من الضغط الجوي على الأرض، ومن ثَمَّ فإن رائد الفضاء يمكن أن يختنق خلال دقائق قليلة إذا تعرَّض للهواء المريخي الخفيف، كما يمكن أن يبدأ دَمُه في الغليان. ولكي يحصل "مات

ديمون" على أوكسچين يكفي للتَّنفُّس، كان عليه أن يخلق تَفاعُلًا كيميائيًّا داخل القاعدة الفضائية المُكيَّفة الضَّغط.

وحيث إن الغذاء الموجود لديه كان يَنْفَدُ بسرعة، كان عليه أن ينمِّي نباتات في حديقة اصطناعية. وكان عليه أن يستخدم فضلاته في تسميد تلك النباتات.

شيئًا فشيئًا، بدأ رائد الفضاء في الفيلم يتَّخذ الخطوات المؤلمة الضرورية لخلق نظام بيئيٍّ فوق المريخ يمكنه من البقاء على قيد الحياة. والفيلم يساعد في الاستحواذ على خيال جيل جديد. ولكن الافتتان بالمريخ له تاريخ طويل ومثير يرجع إلى القرن التاسع عشر.

سنة 1877، لاحظ الفَلَكيُّ الإيطالي "چيوڤاني سكيابارِيللي"Giovanni Schiaparelli علامات خطِّيَّة غريبة على المريخ، بَدَا أنها تَشكَّلَت عبر عمليات طبيعية، أَطلَق عليها اسم Canali أو "قنوات" Channels. ولكن، عندما تُرْجِمَت الكلمة الإيطالية إلى الإنجليزية حُذِفَ حرف "i" وأصبح المصطلح Canals، وهو ما يحمل معنى مختلفًا تمامًا؛ فهذه الكلمة الأخيرة تشير إلى قنوات اصطناعية لا طبيعية. وهكذا، فتح خطأ بسيطٌ في الترجمة البابَ أمام وابل من التخمينات والتخيُّلات، وتسبَّب في نشأة أسطورة "رجل من المريخ". فالفلكي الثَّريُّ غريب الأطوار "بيرسيڤال لويل" Percival Lowell بدأ في التنظير بأن المريخ كان كوكبًا مأهولًا وأن المريخيِّين حفروا "القنوات" Canals في محاولة يائسة لنقل المياه من الغطاء الجليدي القطبي لريِّ حقولهم الجدباء. وكرَّس "لويل" حياتَه من أجل البرهنة على تخمينه، مستخدمًا ثروته الخاصة الكبيرة في بناء مرصد على أحدث الأساليب العلمية في "فلاجستاف" Flagstaf بصحراء أريزونا. (لم يُثْبِت أبدًا وجود هذه القنوات، وبعد سنوات، أثبتت المسابير الفضائية أن القنوات كانت خِداعًا بصريًّا. ولكن مرصد "لويل" سجَّل نجاحاتٍ في مجالات أخرى، حيث ساهم في اكتشاف بلوتو وقدَّم المؤشِّرات الأولى على أن الكون يتمدَّد).

في 1897، كتب "إتش چي ويلز" H. G. Wells روايته "حرب العوالم" The War of the Worlds. المريخيُّون في الرواية يخطِّطون لإبادة البشر و"استصلاح" الأرض حتى يصبح مناخها مشابِهًا لمناخ المريخ. وقد أدَّى الكتاب إلى نشوء نوع أدبي جديد -تستطيع أن تسمِّيَه أدب "هجمات المريخ"- وفجأة أصبحت المناقشات

الخاملة المنغلقة التي تدور بين الفلكيين المتخصصين أمرًا يخصُّ مستقبل وجود الجنس البشري.

في اليوم السابق على "عيد الهولووين" 1938، أخذ "أورسون ويلز" Orson Welles مقتطفات من الرواية ليجعل منها سلسلة من الحلقات الإذاعية الدرامية الواقعية القصيرة. وقد قدَّم البرنامج كما لو كانت الأرض بالفعل يجري غزوها من قبل مريخيين عدوانيين. وبدأ بعض الناس يشعرون بالرعب وهم يستمعون للمستجدات حول الغزو؛ كيف أن القوات المسلحة غُمِرَت تحت وابل من الأشعة المميتة، وكيف أن المريخيين ذوي القوائم الثلاثية العملاقة كانوا يحاصرون مدينة نيويورك. الإشاعات الصادرة عن المستمعين المذعورين انتشرت بسرعة عبر البلاد. وفي أعقاب تلك الفوضى، تعهَّدَت وسائل الإعلام الرئيسية بألَّا تعود أبدًا إلى بَثِّ خُدعَةٍ كما لو كانت حقيقة. وهذا الحظر مستمرٌّ حتى اليوم.

كثير من الناس وقعوا في أَسْرِ هيستيريا المريخ. الشاب "كارل ساجان" Carl Sagan افتُتِنَ بالروايات التي تدور حول المريخ، مثل سلسلة "چون كارتر المريخي" John Carter of Mars. في 1912، "إدجار رايس بوروز" Edgar Rice Burroughs، المشهور بروايات "طرزان"، انشغل بالخيال العلمي حيث كتب عن جندي أمريكي نُقِلَ إلى المريخ أثناء الحرب الأهلية. وقد تنبَّأ "بوروز" بأن يصبح "چون كارتر" "سوبرمان" بسبب انخفاض جاذبية المريخ مقارَنَةً بجاذبية الأرض. حيث سيكون قادِرًا على القفز لمسافات خيالية ويتغلَّب على الكائن الفضائي "ثاركس" Tharks، وينقذ الجميلة "ديجا ثوريس" Dejah Thoris. والمؤرِّخون الثقافيُّون يعتقدون أن تفسير القوة الخارقة لـ "چون كارتر" يشكِّل الأساس لقصة "سوبرمان". حيث إن طبعة 1938 من سلسلة "أكشن كوميكس" Action Comics التي ظهر فيها "سوبرمان" لأول مرة عَزَت قواه الخارقة إلى جاذبية الأرض الضعيفة مقارنةً بكوكبه الأصلي "كريبتون" Krypton.

الحَياةُ على المرّيخ

الإقامة على المريخ قد تبدو رومانسيَّةً في الخيال العلمي، ولكن الحقائق قد تكون مُحبِطَةً إلى حَدٍّ كبير. إحدى استراتيجيات الازدهار فوق الكوكب الأحمر هي الاستفادة ممَّا هو مُتاح، مثل الجليد. وحيث إن المريخ متجمِّدٌ صُلبٌ، فإن كل ما تستطيع أن تفعله هو أن تحفر لِعدَّة أقدام حتى تصل إلى الطبقة المتجمِّدة. وعندئذ، يمكنك أن تستخرج الجليد وتذيبه وتنقِّيه لكي يكون مياهًا صالحةً للشرب، أو استخلاص الأوكسچين للتنفُّس والهيدروچين للتسخين ووقود الصواريخ. وللحماية من الإشعاع والعواصف الترابية، سيكون على المستوطنين أن يحفروا في الصخور لبناء مأوى تحت الأرض. (لأن الغلاف الجوي للمريخ رقيق ومجاله المغناطيسي ضعيف؛ فإن الإشعاع الآتي من الفضاء لا يُمتَصُّ أو ينحرف مثلما يحدث على الأرض، وهذه مشكلة حقيقية). أو قد يكون من الملائم إقامة أول قاعدة مريخية داخل أنبوب "لافا" ضخم بالقرب من بركان، كما ناقشنا ذلك بالنسبة للقمر. ونظرًا لانتشار البراكين فوق المريخ، فمن المرجَّح أن تكون مثل هذه الأنابيب موجودة بوفرة.

طول اليوم على المريخ هو نفسه تقريبًا طول اليوم على الأرض. مَيْلُ المريخ بالنسبة للشمس هو ذاته أيضًا مَيْلُ الأرض. ولكن المستوطنين لا بُدَّ أن يعتادوا على جاذبية المريخ التي تبلغ 40% فقط من جاذبية الأرض، ولذا، كما هو الحال على القمر؛ عليهم أن يمارسوا تمرينات حيوية حتى يتجنَّبوا هشاشة العضلات والعظام. سيكون عليهم أيضًا أن يكافحوا الجو البارد لدرجة قاسية وأن يكونوا في نضالٍ مستمرٍّ لكي يتجنَّبوا التجمُّدَ حتى الموت. درجة الحرارة على المريخ نادرًا ما تتجاوز درجة تجمُّدِ المياه، وبعد غروب الشمس، يمكن أن تصل درجة الحرارة إلى 127 درجة مئوية تحت الصفر، أو 197 فهرنهيت تحت الصفر؛ ولذا فإن أيَّ خَلَلٍ في الطاقة أو أي انقطاع في الكهرباء يمكن أن يمثِّل تهديدًا للحياة.

وحتى لو كُنَّا نستطيع أن نرسل أوَّلَ مَهمَّةٍ مأهولة إلى المريخ بحلول سنة 2030، فبسبب تلك العقبات؛ قد ننتظر حتى سنة 2050 أو ما بعدها حتى نستطيع أن نجهِّز مُعدَّات وإمدادات كافية حتى نستطيع أن ننشئ قاعدة دائمة فوق الكوكب.

الرِّياضاتُ المزيخيَّة

نظرًا للأهمية الحيوية للتمرينات الرياضية، لمنع تدهور العضلات؛ سوف يكون على رواد الفضاء على المريخ بالضرورة أن ينخرطوا في ممارسات رياضية قوية، حيث سيسعدون بكونهم يتمتَّعون بقدرات تفوق قدرات البشر.

ولكن هذا يعني أيضًا أن مضامير الرياضات لا بُدَّ من إعادة تصميمها كلية. فلأن جاذبية المريخ أقوى قليلًا من ثلث جاذبية الأرض؛ يستطيع الشخص أن يقفز أعلى بثلاث مرَّاتٍ فوق المريخ. سوف يكون المرء قادرًا أيضًا على المريخ على رمي الكرة أبعد ثلاث مرات ممَّا يستطيع على الأرض؛ ولذلك فإن ملاعب كرة السلة والبيسبول وكرة القدم يجب تكبيرها.

وفوق ذلك، فإن الضغط الجوي على المريخ يعادل 1% من نظيره على الأرض، ومعنى ذلك أن الديناميكا الهوائية لكرة القدم وكرة السلة سوف تتغيَّر تغيُّرًا كبيرًا جدًّا. وأهم التعقيدات سيكون التَّحكُّم المُتقَن في الكرة. على الأرض، يتقاضى الرياضيُّون ملايين الدولارات بسبب قدرتهم غير العادية على التحكُّم في الكرة، وهو ما يتطلَّب سنوات من الممارسة. وهذه المهارة ذات علاقة بالقدرة على التلاعب بدوران الكرة.

عندما تتحرَّك الكرة خلال الهواء، تُحْدِث اضطرابات في أثرها، تتمثل في تيارات دوَّامِيَّة صغيرة تتسبَّب في جعل الكرة تنحرف انحرافًا بسيطًا وتُبْطئُ في حركتها. (بالنسبة لكرة البيسبول، هذه التيارات الدواميَّة تنشأ عن الغُرَز الموجودة على الكرة، والتي تحدِّد دورانها. في كرة الجولف، تنتج هذه التيارات عن النُّقَر الموجودة على سطح الكرة. أمَّا في كرة القدم، فتنتج عن الوصلات بين الرقائق المكوِّنة لسطح الكرة).

لاعبو كرة القدم يركلون الكرة حتى تدور حول نفسها في الهواء. الدَّوران يُقلِّل التيارات الدوامية على سطح الكرة حتى تستطيع أن تنحرف بشكل أكثر دِقَّة عبر الهواء إلى بعيد دون أن تسقط. وأيضًا، لأنها تلفُّ بسرعة؛ فهي تشبه "چيروسكوب" Gyroscope صغيرًا، ومن ثم تشير بشكل مستمرٍّ إلى اتجاه واحد، وهو ما يبقي كرة القدم متحرِّكة في الاتجاه الصحيح ويجعل الإمساك بها أسهل.

باستخدام فيزياء تَدفُّق الهواء، يمكننا أيضًا أن نبيِّن أن الكثير من الأساطير المرتبطة بإلقاء كرة بيسبول حقيقة. فعلى مدى الأجيال، ادَّعى رُماة كرة البيسبول أنهم يستطيعون أن يقذفوا الكرة بشكل مُقوَّسٍ غير منتظم يسمح لهم بالتحكُّم في مسار الكرة، ما يبدو مجافيًا للمنطق.

العرض البطيء لتسجيلات الفيديو يبيِّن أن ذلك صحيح. فلو قذفت كرة بيسبول بحيث يكون دورانها عند الحد الأدنى؛ يتعاظم الاضطرابُ، ويصبح مسار الكرة غير محكوم. أمَّا إذا دارت الكرة بسرعة؛ فإن ضغط الهواء على أحد جانِبَيْ الكرة يصير أكبر من الضغط على الجانب الآخر (من خلال شيء يسمَّى "مبدأ بيرنولي" Bernoulli's Principle)، ومن ثَمَّ تنحرف الكرة في اتجاه معيَّن.

كل هذا يعني أنه بالنسبة للرياضيين رفيعي المستوى على نطاق العالم: الضغط الجوي المنخفض على المريخ يمكن أن ينتقص من قدرتهم على التحكُّم في الكرة؛ ولذلك فإن جيلًا جديدًا من الرياضيين المريخيين قد يحلُّ مَحلَّهم. والتمكُّن من رياضة ما على الأرض قد لا يعني سوى القليل عند الممارسة على المريخ.

لو أعددنا قائِمَةً بالألعاب الموجودة في الدورات الأوليمبية، سنجد أن كل رياضة وأي رياضة، وبدون استثناء، لا بُدَّ من تعديلها لكي تأخذ في الاعتبار الجاذبية والضغط الجوِّيَّ المنخفِضَيْن على المريخ. والواقع أن ألعابًا أوليمبية جديدة قد تنشأ، بما في ذلك رياضات غير ممكنة على الأرض بل ورياضات لم يسبق لها الوجود.

الظروف على المريخ يمكن أيضًا أن تزيد فنِّيَّةَ وتَميُّزَ رياضات أخرى. فممارسو رياضة التزلُّج الفني على الجليد، على سبيل المثال، يستطيعون على الأرض أن يتقلَّبوا أربع مرات فقط في الهواء. ولا يوجد على الإطلاق مُتزلِّج استطاع أن يؤدِّي قفزة خماسية؛ وذلك لأن ارتفاع القفزة يتحدَّد بسرعة الانطلاق وقوة الجاذبية. على المريخ، سوف يكون هؤلاء المتزلِّجون قادرين على القفز في الهواء أعلى بثلاث مرات ممَّا يستطيعون على الأرض وأن ينفِّذوا قفزات ودورات خلَّابة بسبب انخفاض الجاذبية والضغط الجوي. أمَّا لاعبو الجمباز على الأرض، فيستطيعون أن يقوموا بقفزات ودورات رائعة في الهواء لأن قوة عضلاتهم تفوق وزن أجسامهم. ولكن

على المريخ، سوف تفوق قُوَّتُهم بدرجة كبيرة جدًّا أوزانَ أجسامهم المنخفضة؛ ما سيسمح لهم بالقيام بقفزات ودورات في الهواء لم يسبق رؤيتها من قبل.

السَّيَّاح على المرّيخ

بمجرد أن يسيطر رواد الفضاء على التحديات الأساسية للحياة والموت على المريخ، سوف يستطيعون أن يتذوَّقوا بعض المكافآت الجمالية السارَّة على الكوكب الأحمر.

بسبب الجاذبية الضعيفة للكوكب، وغلافه الجوي الرقيق، وافتقاره للمياه السائلة؛ فإن الجبال المريخية ترتفع بنسب تعتبر حَقًّا خيالية مقارَنَةً بجبال الأرض. وبركان "أوليمبس مونز" Olympus Mons على المريخ هو أكبر بركان معروف في النظام الشمسي. ويبلغ ارتفاعه مرتين ونصف ارتفاع قمة إفرست، ويبلغ اتِّساعه درجةً أنه لو وقع في أمريكا الشمالية، يمكن أن يمتدَّ من مدينة نيويورك حتى مدينة مونتريال بكندا. ومجال الجاذبية المنخفض يعني أيضًا أن متسلِّقي الجبال لن يشعروا بعبء حقائب الظهر الثقيلة وسوف يكونون قادرين على الإتيان بأعمال بطولية فَذَّة في قدرة التحمُّل، كما فعل رُوَّادُ الفضاء على القمر.

إلى جوار "أوليمبس مونز"، يوجد ثلاثة براكين أصغر في خطٍّ مستقيم. ووجود وموقع هذه البراكين الأصغر مؤشِّر على "نشاط تكتونيٍّ" Tectonic Activity قديم على المريخ. وجزر هاواي هنا على الأرض تقدِّم مُشابَهَةً مفيدة. حيث توجد بركة ساكنة من "الماجما" Magma تحت المحيط الهادي، وحيث تتحرَّك الصفائح التكتونية فوق بِركة "الماجما" هذه، يندفع ضغط "الماجما" بشكل متكرِّرٍ إلى أعلى باتجاه القشرة الأرضية، مُتسبِّبًا في نشوء آخر الجزر في سلسلة جزر هاواي. ولكن يبدو أن النشاط التكتوني انتهى على سطح المريخ منذ زمن طويل؛ ما يقدِّم دليلًا على أن قلب الكوكب أصبح باردًا.

أكبر أخدود على المريخ، "مارينر فالي" Mariner Valley، الذي قد يكون أكبر أخدود في النظام الشمسي، هو أيضًا مُمتدٌّ لدرجة أنه لو وُضِعَ في أمريكا الشمالية سوف يمتدُّ من مدينة نيويورك حتى لوس أنجلوس. هواة المشي لمسافات طويلة

الذين افتُتِنوا بأخدود "جراند كانيون" Grand Canyon [1]، سوف يذهلون بهذه الشبكة من الأخاديد الواقعة خارج الأرض. ولكن "مارينر قالي"، على خلاف "جراند كانيون"، ليس به نهر في قاعه. وآخر النظريات هي أن هذا الأخدود الذي يمتدُّ لأكثر من ثلاثة آلاف ميل هو نقطة التقاء صفيحتَيْن تكتونيَّتَيْن، مثل "سان أندرياس فولت"*(2)(San Andreas Fault).

وأول ما سيجذب السائح هو الغطاءان الجليديَّان القطبيَّان العملاقان للكوكب الأحمر، اللذان يتميَّزان بنوعين من الجليد ويختلفان عن مثيلَيْهما على الأرض. أحد الغطاءين الجليديَّيْن يتكوَّن من مياه متجمِّدة. وهذا الغطاء الجليدي مُكوِّنٌ دائم لموقعه، ويظلُّ على حاله تقريبًا طوال العام المريخي. النوع الآخر يتكوَّن من جليدٍ جافٍّ، أو ثاني أوكسيد الكربون المتجمِّد، وهو يتمدَّد أو يتقلَّص اعتمادًا على الفصول. ففي الصيف، يتبخَّر الجليد الجاف ويختفي، مُخلِّفًا الغطاء الجليدي المكوَّن من المياه. ونتيجة لذلك سوف يختلف منظر الغطاءين الجليديين القطبيين على مدار العام.

وبينما سطح الأرض يتغيَّر باستمرار، فإن الطوبوغرافيا الأساسية للمريخ لم تختلف كثيرًا عبر عِدَّة بلايين من السنين. ونتيجة لذلك فإن للمريخ سِماتٍ ليس لها نظير على الأرض، بما في ذلك بقايا آلاف من الحُفَر التي أحدثتها شُهُبٌ عملاقة، والتي تكوَّنَت منذ زمن طويل. الأرض أيضًا كان بها حُفَرٌ عملاقة شبيهة، ولكنَّ التآكُلَ بفعل المياه مَحا الكثير منها. بالإضافة إلى ذلك، فإن معظم سطح الأرض يُعاد تشكيله كل عدَّة مئات من ملايين السنين بسبب النشاط التكتوني، وهكذا تحوَّلَت الحفر القديمة كلها إلى تضاريس جديدة. ومع ذلك، فإن النظر إلى المريخ بمثابة تحديق في منظر طبيعي متجمِّدٍ معظم الوقت.

من نَواحٍ عدَّة، نحن بالفعل نعرف عن سطح المريخ أكثر ممَّا نعرف عن سطح الأرض. ثلاثة أرباع الأرض مغطَّاة بالمحيطات، بينما لا توجد محيطات على المريخ. إن المسابير التي تدور حول المريخ قادرة على تصوير كل متر مُربَّعٍ من

---

(1) جراند كانيون Grand Canyon: أو الأخدود العظيم. يقع في ولاية أريزونا بالولايات المتحدة. ويبلغ طوله 446 كم وعرضه 29 كم، ويصل عُمقه إلى 1857 مترًا- المترجم.

(2) سان أندرياس فولت San Andreas Fault: شِقٌّ أرضيٌّ يمتدُّ طوله لحوالي 1.200 كم عبر ولاية كاليفورنيا الأمريكية- المترجم.

سطحه وتزويدنا بخرائط مُفصَّلَة عن تضاريسه. إن الجمع بين الجليد والثلج والغبار والكثبان الرملية على المريخ يصنع كل التكوينات الچيولوچية الفريدة التي لا تُشاهَدُ على الأرض. والسير عَبْرَ تضاريس المريخ يمكن أن يكون حُلمًا لهُواةِ المشي لمسافاتٍ طويلة.

إن العائق البادي أمام جعل المريخ مقصدًا سياحيًّا هو الزوابع الترابية الضخمة الشائعة جدًّا والتي يمكن رؤيتها تقطع الصحراء طولًا وعرضًا كلَّ يوم تقريبًا. وهي يمكن أن تكون أكثر ارتفاعًا من قِمَّة "إڤرست"، ما يجعل مثيلاتها على الأرض مجرَّد أقزام ترتفع فقط عدَّة ألوف من الأقدام في الهواء. هناك أيضًا العواصف الترابية الضخمة المرعبة التي يمكن أن تُغلِّف المريخ بأكمله بغطاء من الرمال لأسابيع. ولكنها يمكن ألَّا تُسبِّب ضررًا كبيرًا، بفضل انخفاض الضغط الجوي للكوكب. فالرياح التي تبلغ سرعتها مائة ميل في الساعة سيشعر بها رائد الفضاء وكأنها نسمة تمرُّ بسرعة عشرة أميال فقط في الساعة. هي قد تُسبِّب إزعاجًا، حيث تهبُّ دافِعَةً جُسيماتٍ دقيقةً في حلَّاتنا الفضائية وآلاتنا ومركباتنا، مُسبِّبَةً أعطالًا، ولكنها لا تصل إلى حَدِّ هدم المباني والمنشآت.

لأن الهواء رقيقٌ جدًّا، سوف تحتاج الطائرات أجنحة أطول بكثير ممَّا على الأرض لكي تطير على المريخ. والطائرة التي تعمل بالطاقة الشمسية سوف تحتاج إلى مساحة سقف ضخمة وقد تكون مكلِّفَة لدرجة لا تسمح بانتشارها في الأغراض الترفيهية. وربما لا نرى سُيَّاحًا يطيرون فوق الأخاديد المرِّيخيَّة كما يفعلون فوق "جراند كانيون". ولكن البالونات والمناطيد يمكن أن تكون وسائِلَ نقلٍ حيويَّة، على الرغم من درجة الحرارة المنخفضة والضغط الجوي المنخفض. فهي قد تستكشف تضاريس المريخ من مسافات أقلَّ بكثيرٍ من المِسبار، وتغطِّي مساحات واسعة من سطح الكوكب. ويومًا ما، قد تكون أساطيل البالونات والمناطيد مشهدًا متكرِّرًا مألوفًا فوق العجائب الچيولوچية هناك.

المَرّيخ: جَنَّةُ عَدْنٍ

للحفاظ على وجود دائم على الكوكب الأحمر؛ يجب أن نجد وسيلة لخَلْقِ جَنَّة عَدْنٍ على سطحه غير المضياف.

"روبرت زوبرين" Robert Zubrin، مهندس طيران عمل مع شَرِكَتَيْ "مارتين ماريتا" Martin Marietta و"لوكهيد مارتين" Lockheed Martin، وهو أيضًا مُؤسِّس "جمعية المرِّيخ" Mars Society، وكان لسنوات واحِدًا من المؤيِّدين المؤثِّرين لاستيطان الكوكب الأحمر. وهدفه هو إقناع الجمهور بتمويل رحلة مأهولة إلى المريخ. يومًا ما، كان صوتًا منفردًا يتوسَّل لمن يسمعه، ولكن الآن، تسعى الشركات والحكومات للاستماع إلى نصحه.

لقد التقيتُه في مناسبات متعدِّدَة، كان حماسه وطاقته وإخلاصه لرسالته يزداد توهُّجًا. وعندما سألته ما الذي أشعل فيه هذا الافتتان بالفضاء، قال لي إن كل شيء بدأ مع قراءته الخيال العلمي في طفولته. وقد افتُتِنَ بها أيضًا عندما بيَّن "ڤون براون"، مُبكِّرًا في 1952، كيف أن رحلةً من عشر سفن فضاء، يتمُّ تجميعها في مدار حول الأرض، يمكن أن تحمل طاقَمًا من سبعين رائد فضاء إلى المريخ.

وقد سألت دكتور "زوبرين" كيف ترجم افتتانه بالخيال العلمي إلى رسالة حياة سعيًا للوصول إلى المريخ. قال لي: "الحقيقة أنه سبوتنيك، بالنسبة لعالم الكبار، كان مُروِّعًا، أمَّا لي فقد كان مُبهِجًا". لقد أَسَرَه إطلاقُ أوَّل قمر اصطناعي في العالم سنة 1957، لأنه كان يعني أن الروايات التي كان يقرأها يمكن أن تتحوَّل إلى حقيقة. وقد اعتقد اعتقادًا جازِمًا أن الخيال العلمي سوف يصبح يومًا ما حقيقة علمية.

دكتور "زوبرين" ينتمي إلى الجيل الذي رأى الولايات المتحدة تنتقل من على الهامش إلى أن تصبح أعظمَ أُمَّةٍ في الأرض ترتاد الفضاء. ثم بدأ الناس يستغرقون في حرب ڤيتنام والصراع الداخلي، وبدا السَّيْرُ فوق القمر شيئًا غير ذي أهمية. الميزانيات خُفِّضَت. البرامج أُلغِيَت. وعلى الرغم من أن المزاج العام انصرف عن برنامج الفضاء، فإن دكتور "زوبرين" احتفظ باقتناعه بأن المريخ يجب أن يكون الخطوة المهمة التالية على أجندتنا. في 1989، أَلْهَبَ الرئيس "چورچ دبليو بوش" خيالَ الجماهير عندما أعلن عن خُطَطٍ للوصول إلى المريخ بحلول 2020؛ وذلك

حتى العام التالي، حيث بيَّنَت الدراسات أن تكلفة المشروع سوف تبلغ 450 بليون دولار. أُصيب الأمريكيون بصدمة، ووُضِعَت مَهمَّة المريخ على الرَّفِّ من جديد.

أمضى "زوبرين" سنواتٍ هائِمًا في البرية، ساعِيًا للحصول على تأييد لأجندته الطَّموحَة. واعترافًا منه بأن الجمهور لن يدعِّم أي خطة ذات ميزانية ضخمة، اقترح "زوبرين" عددًا من المُقارَبات الجديدة لكنها واقعية لاستيطان الكوكب الأحمر. وقبل أن يحقِّق تَقدُّمًا، لم يأخذ معظم الناس في الاعتبار مشكلة تمويل مهام فضائية مستقبلية.

في اقتراحٍ له سنة 1990، أطلق عليه اسم "مباشر المريخ" Mars Direct، خَفَّض "زوبرين" التَّكاليفَ عن طريق تقسيم المهمة إلى جُزَأيْن. ابتداءً، يُرسَلُ إلى المرِّيخ صاروخٌ غير مأهول يُسمَّى "مركبة العودة إلى الأرض" Earth Return Vehicle. هذا الصاروخ يحمل كمِّيَّةً قليلة من الهيدروچين (ثمانية أطنان فقط)، ولكنه يمزجها بكمِّيَّةٍ غير محدودة من ثاني أوكسيد الكربون الموجود بشكل طبيعي في الغلاف الجوي للمريخ. هذا التفاعُل الكيميائي ينتج 112 طنًّا من الميثان والأوكسچين، ويوفِّر ما يكفي من الوقود الصاروخي لرحلة العودة التالية. وبمجرد توليد هذا الوقود؛ ينطلق رُوَّاد الفضاء في رحلة ثانيةٍ تُسَّمى "وحدة مَوْئِل المريخ" Mars Habitat Unit، تحتوي على وقودٍ يكفي فقط لرحلة في اتجاه واحد إلى المريخ. وبعد أن يهبط رُوَّادُ الفضاء، يُجرون التجارب العلمية. ثم يغادرون "وحدة موئل المريخ" وينتقلون إلى "مركبة العودة إلى الأرض" الذي أتى في الرحلة الأولى والمُحمَّل بالوقود الصاروخي المُوَلَّد من التفاعل الكيميائي. ثم تعيدهم هذه السفينة إلى الأرض.

بعض المنتقدين شعروا بالذعر عندما سمعوا أن "زوبرين" يدعو إلى إعطاء المسافرين بطاقةَ سَفَرٍ في اتجاه واحد إلى المريخ، كما لو كانوا يتوقَّعون أن يموت رُوَّادُ الفضاء على الكوكب الأحمر. هو حريص على توضيح أن الوقود لرحلة العودة يمكن تصنيعه فوق المريخ. ولكنه يضيف: "الحياة رحلة في اتجاه واحد، والطريق الوحيد لقضائها هو بالذهاب إلى المريخ وافتتاح فرع جديد للحضارة الإنسانية هناك". وهو يعتقد أن بعد خمسمائة عام من الآن، قد يتذكَّر المؤرِّخون

حروبَ وصراعات القرن الحادي والعشرين التافهة، ولكن البشرية سوف تحتفل بتأسيس مجتمعها الجديد فوق المريخ.

"ناسا" تَبنَّت عناصر استراتيجية "مباشر المريخ"، التي غيَّرَت فلسفة برنامج المريخ لكي تعطي الأولوية للتكلفة والكفاءة والحياة خارج الأرض. "مجتمع المريخ" الذي يتصوَّره "زوبرين" بنى أيضًا نموذجًا مبدئيًا لقاعدة مرِّيخيَّة فِعليَّة. لقد اختاروا "يوتا" Utah موقعًا لمحطَّة بحوث صحراء المريخ Mars Desert Research Station (MDRS)؛ لأن البيئة هناك هي الأقرب إلى محاكاة للظروف على الكوكب الأحمر: باردة، وصحراوية، وقاحلة، ومفتقرة للنبات والحيوان. وأساس المحطة هو مسكن الرواد، وهو مبنى أسطوانيٌّ ذو طابِقَيْن يمكن أن يَتَّسِعَ لطاقم مكوَّنٍ من سبعة أعضاء. يوجد أيضًا مرصَدٌ كبير لمراقبة ودراسة النجوم. والمحطة تأخذ متطوِّعين من الجمهور مِمَّن يلتزمون بقضاءِ مِنْ أسبوعين لثلاثة أسابيع في المحطة. والمتطوعون يتدرَّبون على التَّصرُّفِ مثل رواد فضاء حقيقيين بالتزامات وواجبات مُحدَّدة، مثل إجراء تجارب علمية، وإجراء الصيانة، والقيام بالرصد والمراقبة. ومنظِّمو "محطة بحوث صحراء المريخ" يحاولون أن يجعلوا التجربة واقعيَّةً بقدر الإمكان، وأن يستخدموا تلك الدورات كوسيلة لاختبار الأبعاد النفسية للبقاء في عُزلَةٍ على المريخ لفترات ممتدَّة مع غرباء نسبيًّا. وقد مَرَّ أكثر من ألف شخص بالبرنامج منذ بدأ في 2001.

إغراء المريخ قويٌّ لدرجة أنه جَذَبَ كثيرًا من المغامرات ذات القيمة المشكوك فيها. ويجب عدم الخلط بين "محطة بحوث صحراء المريخ" وبرنامج "المريخ رقم واحد" Mars One، الذي يعلن عن رحلات مشكوك فيها إلى المريخ في اتجاه واحد لهؤلاء الذين يجتازون اختبارات متتالية. وعلى الرغم من أن مئات شاركوا في هذا البرنامج، فإن البرنامج ليس لديه وسائل ملموسة للوصول إلى المريخ. وهو يدَّعي أنه سوف يموِّل صاروخه عن طريق التماس التَّبرُّعات وإنتاج فيلم عن المَهمَّة. والمتشكِّكون يتَّهمون قادة البرنامج بأنهم يخدعون وسائل الإعلام أكثر مما يمتلكون خبرة علمية حقيقية.

محاولة غريبة أخرى لتكوين مستعمَرَة منعزلة مثل التي نريد أن نُنشِئَها على المريخ تتمثَّل في مشروع يُسمَّى "المجال الحيوي 2" Biosphere 2 مُموَّل بمبلغ 150

مليون دولار من ثروة عائلة "باس" Bass. وهو عبارة عن مجمع مُقبَّب مصنوع من الزجاج والصلب على ثلاثة أفدنة أقيم في صحراء أريزونا. وهو يستطيع أن يضم إليه ثمانية أشخاص وثلاثةَ آلاف نوع من الحيوان والنبات، والهدف منه هو القيام بدور مَوئِل مُغلَقٍ لاختبار ما إذا كان البشر يستطيعون أن يستمرُّوا في العيش في بيئة محكومة منعزلة تشبه ما يمكن أن ننشئه ذات يوم على كوكب آخر. ومنذ بدايتها في 1991، رُزِئَت التجربة بسلسلة من الحوادث والنزاعات والفضائح والأعطال التي صَنَعَت عناوين الصحف أكثر ممَّا قدَّمَت علمًا حقيقيًّا. ومن حسن الحظ أن جامعة أريزونا وضعت يدها على أصول المشروع سنة 2011، ومنذ ذلك الحين أصبحت مركز بحوث فاعِلًا.

استِصلاحُ المرّيخ

تأسيسًا على خبرته مع "محطة بحوث صحراء المريخ" وجهود أخرى، يتوقَّع دكتور "زوبرين" أن يتقدَّم استعمار المريخ في تَسَلسُلٍ يمكن التنبؤ به. ومن وجهة نظره أن الأولوية الأولى هي تأسيس قاعدة لحوالي عشرين إلى خمسين رائد فضاء على سطح المريخ. البعض قد يمكثون لعدة أشهر فقط. وآخرون سيعيشون هناك مدى الحياة ويجعلون القاعدة وطَنَهم الدائم. مع مرور الزمن سوف يرى الناس فوق المريخ أنفسهم بوصفهم مستوطنين أكثر ممَّا بوصفهم رواد فضاء.

معظم الإمدادات الأولية لا بُدَّ أن تأتي من الأرض، ولكن في المرحلة الثانية، يمكن أن يرتفع عَدَدُ الناس إلى عِدَّة ألوف، ويجب أن يكونوا قادرين على استغلال المواد الخام على الكوكب. اللون الأحمر لرمال المريخ يُعزَى إلى وجود أوكسيد الحديد، أو الصَّدَأ، ومن ثَمَّ سوف يكون المستوطنون قادرين على استخلاص الحديد والصلب للإنشاءات. ويمكن توليد الكهرباء من ألواح شمسية ضخمة لحصد الطاقة من الشمس. ثاني أوكسيد الكربون في الغلاف الجوي يمكن أن يُستَخدَم في إنماء النباتات. ويجب أن تصبح المستوطنة المريخية بالتدريج مكتفيةً ذاتيًّا ومُستدامَة.

الخطوة التالية هي الأصعب على الإطلاق. فالمستعمرة لا بُدَّ في النهاية أن تجد وسيلةً لتسخين الغلاف الجوي ببطء حتى يمكن للماء السائل أن يتدفَّق على الكوكب الأحمر لأول مرة في ثلاثة بلايين عام؛ فهذا سوف يجعل الزراعة مُمكِنَة، وأخيرًا المدن. وعند هذه النقطة سوف ندخل إلى المرحلة الثالثة وإلى حضارة جديدة يمكن أن تزدهر على المريخ.

الحسابات الأولية تقول إنه قد يكون من المكلف بدرجة مانعة في الوقت الحاضر استصلاحُ المريخ، وإن الأمر قد يستغرق قرونًا حتى إتمام هذه العملية. ولكن المذهل والواعد هو وجود دليل جغرافي على أن المياه السائلة كانت موجودةً على سطح المريخ يومًا ما. حيث شكَّلَت مجاري وضفاف الأنهار، بل وحتى الخطوط المُحدَّدة لمحيط قديمٍ تضاهي مساحَتُه مساحَةَ الولايات المتحدة. وقبل بلايين السنين، بَرَدَ المريخُ قبل أن تَبرَدَ الأرض، وشهد مناخًا استوائيًّا عندما كانت الأرض لا تزال منصهرة. هذا الاجتماع بين المناخ المعتدل والمسطَّحات المائية الكبيرة أدَّى ببعض العلماء لأن يخمِّنوا أن الحمض النووي DNA نشأ في الأصل على المريخ. ووفقًا لهذا السيناريو، أدَّى ارتطام شهاب عملاق بالمريخ إلى تفجير كميات هائلة من الحطام في الفضاء الخارجي، سقط بعضه على الأرض، واضِعًا بذرة الحمض النووي المريخي. وإذا كانت هذه النظرية صحيحة، فإن كل ما عليك أن تفعله لكي ترى المرِّيخيَّ هو أن تنظر إلى المرآة.

"زوبرين" يشير إلى أن استصلاح المريخ ليس عمليةً جديدةً أو غريبة. فجزيءُ الحمض النووي يقوم باستصلاح كوكب الأرض بشكل مستمر. والحياة أعادت تشكيل جوانب البيئة الطبيعية للأرض، من تكوين الغلاف الجوي، إلى طوبوغرافية الأرض، إلى تكوُّن المحيطات. وهكذا، نحن ببساطة سوف نتبع روح الطبيعة عندما نبدأ في استصلاح المريخ.

مكتبة
t.me/soramnqraa

ضَربَةُ البدايَةِ في تَدفِئَةِ المَرّيخ

للبدء في عملية الاستصلاح، يجب أن نحقن الميثان وبخار الماء في الغلاف الجوي لكي نحثَّ على تأثير احتباس حراري اصطناعي. وغازات الاحتباس الحراري هذه من شأنها أن تختزن ضوء الشمس وترفع باطِّرادٍ درجةَ حرارة الأغطية الجليدية. وحيث تنصهر الأغطية الجليدية سوف تُحرِّر بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون الحبيسَيْن في الجليد.

يجب أيضًا أن نرسل أقمارًا صناعية في مدار حول المريخ لكي توجِّهَ ضوء الشمس المُركَّز إلى الأغطية الجليدية. والأقمار الصناعية يجب أن تطوف بشكل متزامن فوق نقطة محدَّدة في السماء وتوجِّهَ الطاقة إلى المناطق القطبية. على الأرض نُوجِّه أطباق التليفزيون تجاه قمر اصطناعي مشابه يدور على بعد حوالي اثنين وعشرين ألف ميل، ويبدو ثابتًا في مكانه في السماء لأنه يقوم بدورة كاملة حول الأرض كل أربع وعشرين ساعة. (هذه الأقمار الصناعية تكون في مدارٍ حول خط الاستواء. وهذا يعني أن الطاقة الوارِدَة منها إمَّا تُوجَّه لتضرب القطبين بزاوية معيَّنة، أو أن تُوجَّه الطاقة إلى خط الاستواء ثم يَتمُّ نقلها إلى القطبين. ومن المؤسف أن كِلَا البديلَيْن ينطوي على فاقِدٍ في الطاقة).

وفقًا لهذه الخُطَّة، يجب أن تنشر الأقمار الصناعية المريخية شرائِحَ ضخمةً، تمتدُّ لعدة أميال، تحتوي على عَدَدٍ كبير من المرايا أو الألواح الشمسية. ضوء الشمس، إمَّا يُركَّز ثم يُوجَّه إلى الغطاءات الجليدية، أو أن يتم تحويل الطاقة بواسطة خلايا شمسية ثم إرسالها إلى أسفل في شكل موجات قصيرة. هذا أحد أكثر الخيارات كفاءة للاستصلاح وإن كان مكلفًا، لكنه آمن، وغير ملوِّث، ويضمن أقلَّ الأضرار لسطح المريخ.

هناك استراتيجيَّات أخرى مقترحة، حيث يمكننا أن ننظر في جلب الميثان من "تيتان" Titan -أحد أقمار زحل- الغني بالميثان إلى المريخ. والميثان يمكن أن يساهم في إحداث أَثَرِ الاحتباس الحراري المطلوب. والميثان -للعلم- أكثرَ فعاليةً من ثاني أوكسيد الكربون في حبس الحرارة باثنين وعشرين مرة. ومن الطرق الممكنة الأخرى استخدام مُذنَّبات أو كويكبات قريبة. وكما ذكرنا من قبل، فإن المذنَّبات تتكوَّن بدرجة كبيرة من الجليد، كما من المعروف أن الكويكبات تحتوي

على الأمونيا، أحد غازات الاحتباس الحراري. ولو حدث أن اقتربت هذه الكويكبات يمكن إحداث انحراف بسيط في مدارها لجعلها تدور حول المريخ. وحيث تدلف إلى الغلاف الجوي المريخي، يجعلها الاحتكاكُ تسخن حتى تتفكَّك، مُطلِقَةً بخار الماء والأمونيا. وهذا المسار يمكن أن يكون منظرًا رائعًا من سطح المريخ. بشكلٍ ما، مَهمَّة "ناسا" لإعادة توجيه الكويكبات يمكن النظر إليها بوصفها ممارسة لمثل هذه المهمة. مَهمَّة "ناسا" تلك، كما نتذكَّر، مَهمَّة مستقبلية إمَّا لجلب عَيِّنات من الصخور من أحد المذنَّبات أو الكويكبات أو الدخول بِرِفقٍ في مسار أحدها. وبالطبع، هذه المَهمَّة لا بُدَّ أن تكون مُحكَمَة وإلَّا كُنَّا نخاطر بحرف مسار كويكب ضخم نحو سطح المريخ يعيث خرابًا بالمستعمرة.

إحدى الأفكار الأكثر تَطرُّفًا، التي يقترحها "إلون ماسك"، هي إذابة الأغطية الجليدية بتفجير قنابل هيدروچينية فوقها. وهذه الطريقة مُمكِنَةٌ في الوقت الحالي بواسطة التكنولوچيا المتاحة بالفعل. ومن حيث المبدأ، على الرغم من أن القنابل الهيدروچينية مؤَمِّنة بدرجة عالية، إلا أن صنعها قليل التكلفة نسبيا. ونحن بالتأكيد نملك التكنولوچيا اللازمة لإلقاء عدد كبير منها فوق الأغطية الجليدية بالصواريخ الموجودة بالفعل. ولكن لا أحد يعرف إلى أيِّ حدٍّ الأغطية الجليدية مُستقرَّةٌ، أو ماذا يمكن أن تكون الآثار بعيدة المدى لهذا الإجراء، كما أن الكثير من العلماء غير مرتاحين للمخاطرة بعواقِبَ غير مقصودَةٍ.

ومن المقدَّر أن الأغطية الجليدية للمريخ لو ذابت تمامًا، سوف يكون هناك ماء سائل يكفي لملء محيطٍ كوكبيّ] بِعُمْقِ خمس عشرة إلى ثلاثين قدمًا.

الوُصولُ إلى نُقطَةِ الانْطِلاق

هذه الاقتراحات كلُّها تسعى للوصول بالغلاف الجوي للمريخ إلى نقطة انطلاق يصبح الدفءُ عندها ذاتي الاستدامة. إن رفع درجة الحرارة بمقدار سِتِّ درجات مئوية سوف يكون كافيًا لإطلاق عملية الانصهار. وغازات الاحتباس الحراري المنبعثة من الأغطية الجليدية سوف تدفئ الغلاف الجوي. وثاني أوكسيد الكربون المُمتَصُّ من الأيونات الصحراوية فيما سبق سوف يُطْلَق أيضًا ويساهم في تدفئة

الكوكب، مُسبِّبًا المزيد من الانصهار. وهكذا، فإن تدفئة المريخ سوف تستمر من دون تدخُّل آخر من الخارج. وكلما ازداد دفء الكوكب زاد انطلاق بخار الماء وغازات الاحتباس الحراري، التي بدورها تزيد تدفئة الكوكب. وهذه العملية يمكن أن تستمرَّ إلى ما لا نهاية تقريبًا، وسوف ترفع ضغط الغلاف الجوي للمريخ.

بمجرد أن تبدأ المياه السائلة في التدفُّق داخل مجاري الأنهار المريخية القديمة، يستطيع المستوطنون أن يبدؤوا الزراعة على نطاق كبير. إن النباتات تُحبُّ ثاني أوكسيد الكربون؛ ولذا يجب استنبات المحاصيل، كما يمكن استخدام مُخلَّفاتها في تكوين طبقةٍ من التربة السطحية. وسوف تنشأ حلقة أخرى من ردود الأفعال الإيجابية؛ فالمزيد من المحاصيل سوف يُنتِجُ المزيد من التربة، التي يمكن بدورها أن تُستَخْدَمَ في تغذية محاصيل إضافية. والتربة الأصلية للمريخ أيضًا تحتوي على مُغذِّيات قيِّمَة، مثل: المغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلور، التي يمكن أن تساعد في فَلاحِ النباتات. وحيث تبدأ النباتات في الانتشار، سوف تُولِّد أيضًا الأوكسچين، الذي هو مُكوِّنٌ أساسي في استصلاح المريخ.

العلماء قاموا بإنشاء صوبات زراعية تحاكي الظروف القاسية على المريخ لكي يروا ما إذا كانت النباتات والبكتيريا يمكن أن تحيا هناك. في 2014، قام معهد "ناسا" للمفاهيم المتقدِّمة NASA's Institute for Advanced Concepts بمشاركة "تيكشوت" Techshot بإنشاء وحدات بيولوچية معزولة مُغلَقَة تنطوي على بيئات محكومة يتمُّ بداخلها تنمية الطحالب والبكتيريا الزرقاء Cyanobacteria المنتِجَة للأوكسچين. التجارب الأوَّليَّة أشارت إلى أن أشكالًا مُعيَّنَةً من الحياة يمكن بالفعل أن تزدهر في تلك البيئات. وفي 2012، اكتشف معمل "محاكاة المريخ" Mars Simulation Laboratory التابع لمركز "الفضاء الألماني" German Aerospace Center أن نبات "الأشنة"، الشبيه بالطحالب، يمكن أن ينمو في مثل تلك البيئة لمدة شهر على الأقل. وفي 2015، بين علماء في جامعة أركنساس أن أربعة أنواع من الكائنات الدقيقة المنتِجَة للميثان تستطيع أن تحيا في بيئة شبيهة بالبيئة الطبيعية للمريخ.

والأكثر طموحًا هو مشروع "ناسا" الذي يهدف إلى إرسال بكتيريا ونباتات قوية التحمُّلِ مثل الطحالب قوية التحمُّل والبكتيريا الزرقاء إلى المريخ على مَتْنِ

طوَّافة. هذه الأشكال من الحياة يمكن وَضعُها في أوعية معدنية يتمُّ دَسُّها في تربة المريخ. ويتم إضافة المياه إلى هذه الأوعية، ثم تُستَخدَمُ أدوات للبحث عن وجود الأوكسچين، الذي يمكن أن يشير إلى وجود بناء ضوئي نشط. لو نجحت هذه التجربة، سيكون المريخ يومًا ما مُغطًّى بمزارع من هذا النوع تنتج الأوكسچين والغذاء.

مع بداية القرن الثاني والعشرين، ستكون تكنولوچيات الموجة الرابعة - تكنولوچيا النانو، والتكنولوچيا الحيوية، والذكاء الاصطناعي- ناضجةً بما يكفي لإحداث أثر عميق في استصلاح المريخ.

بعض علماء البيولوچي يفترضون أن الهندسة الوراثية يمكن أن تستحدث نوعًا جديدًا من الطحالب مُصمَّمٍ للوجود على المريخ، ربما في مزيج كيميائي خاص من تربته أو في بحيرات مُكوَّنة حديثًا. هذا الطحلب يمكن أن يزدهر في الغلاف الجوي المريخي الرقيق البارد الغني بثاني أوكسيد الكربون، ويطلق كميات وفيرة من الأوكسچين كمُنتَج ثانوي. كما يمكن أن يكون صالحًا للأكل، وأن يُهَنْدَسَ وراثيًّا لإكسابه نكهات مقلَّدة للموجودة على الأرض. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يُهَندَسَ لإنتاج سمادٍ مثالي.

في فيلم "رحلة إلى النجوم 2" Star Trek II: The Wrath of Khan، أُدْخِلت تكنولوچيا جديدة تسمَّى "أداة البداية" Genesis Device. وهذه الأداة قادرة على تحويل كواكب ميِّتة إلى عوالِمَ مزدهرة زاخرة بالحياة في الحال تقريبًا. حيث يمكن أن تنفجر مثل قنبلة، وتطلق رذاذًا من الحمض النووي المُهَندَسِ حيويًّا بدرجة عالية. وحيث ينتشر هذا الحمض النووي الخارق إلى كل أركان الكوكب، سوف تمدُّ الخلايا جذورها وتتشكَّل غابات كثيفة حتى يتمَّ استصلاح الكوكب خلال أيام.

في 2016، قام "كلوديوس جروس" Claudius Gros، الأستاذ بجامعة "جوته" بفرانكفورت بألمانيا، بنشر دراسة بمجلة "الفيزياء الفلكية وعلوم الفضاء" Astrophysics and Space Science، واصِفًا بالتفصيل الشاكلة التي يمكن أن تكون عليها "أداة البداية" في الحياة الواقعية. وهو يتنبَّأ بأن نسخة أولية منها يمكن أن توجد خلال خمسين إلى مائة عام. أوَّلًا، سيكون على العلماء أن يُحلِّلوا بعنايةٍ

البيئةَ الطبيعية للكوكب الخالي من الحياة. درجة الحرارة وكيمياء التربة والغلاف الجوي سوف تحدِّد أي أشكال الحمض النووي يجب إدخالها. ثم ترسل أساطيل من الروبوتات الطَّيَّارة إلى الكوكب لإيداع ملايين من كبسولات الهبوط النانوية الحجم التي تحمل كميات كبيرة من الحمض النووي. وعندما تطلِق هذه الكبسولات محتوياتها، المُهَندَسَة تحديدًا للازدهار في الظروف البيئية للكوكب، سوف تتشبَّث بالتربة وتبدأ في الإنبات. محتويات هذه الكبسولات مُصمَّمة بحيث تتكاثر عن طريق إنتاج بذور أبواغ على الكوكب القاحل والاستفادة من المعادن الموجودة به لبدء حياة نباتية.

دكتور "جروس" يعتقد أن الحياة على الكوكب الذي تُنثَر به البذور حديثًا أن ينمو مُتَّبِعًا الطريقَ القديم، طريق التطوُّر. وهو يُحَذِّر من أن "كوارث بيئية على مستوى عالمي" يمكن أن تحدث إذا حاولنا أن نندفع في هذه العملية، خاصة إذا انتهى شكل من أشكال الحياة إلى الانتشار السريع لدرجة إزاحة الأنواع الأخرى.

هل يَدومُ الاسْتِصلاحُ؟

إذا نجحنا في استصلاح المريخ، ما الذي يمنعه من العودة إلى حالته الأصلية القاحلة؟ إن تقصِّي هذه القضية يعيدنا إلى السؤال الحَرِج الذي قَضَّ مضاجع علماء الفلك والچيولوچيا لعقود: لماذا تطوَّر الزهرة والأرض والمريخ على هذا النحو من الاختلاف؟

عندما تشكَّل النظام الشمسي، كانت الكواكب الثلاثة متشابهة من أَوْجُهَ عِدَّةٍ. كان بها نشاط بركاني أطلق كميات كبيرة من ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وغازات أخرى في أغلفتها الجوية. (وهذا هو السبب في أن الغلاف الجوي لكلٍّ من الزهرة والمريخ يتكوَّن كُلِّيَّةً تقريبًا من ثاني أوكسيد الكربون حتى اليوم). بخار الماء تَكَثَّف إلى سحب، والأمطار ساعدت في نَحْتِ الأنهار والبحيرات. فإذا كانت أقرب إلى الشمس؛ تبخَّرَت محيطاتها، وإذا كانت أبعدَ كثيرًا؛ تجمَّدَت محيطاتها. ولكن ثلاثتها كانت داخل أو قريبة جدًّا من "المنطقة المعتدلة" Goldilocks

zone، أي النطاق حول نجم الذي يسمح للمياه بأن تظلَّ في شكل سائل. إن المياه هي "المذيب الكوني" الذي منه نشأت الكيماويات العضوية الأولى.

الزهرة والأرض متطابقان تقريبًا من حيث الحجم. إنهما توأمان سماويان، وكان الأجدر بهما أن يتَّبِعا التاريخ التطوُّريَّ ذاته. كُتَّاب الخيال العلمي في وقت ما صوَّروا الزهرة بوصفه عالَمًا عامِرًا بالخضرة، يصلح موقعًا مثاليًّا لقضاء الإجازات بالنسبة لرُوَّاد الفضاء المنهكين. في ثلاثينيات القرن العشرين، ابتكر "إدجار رايس بوروز" شخصية مغامر متهوِّر آخر يتنقَّل بين الكواكب: "كارسون نابيير" Carson Napier، في رواية "قراصنة الزُّهَرَة" Pirates of Venus، الذي وصف الكوكب بأنه مكان ساحِرٌ مليء بالمغامرات والأخطار. ولكن العلماء يدركون اليوم أن الزُّهَرَة والمرِّيخ لا يشبهان الأرض على الإطلاق. شيء ما حدث منذ بلايين السنين أرسل تلك الكواكب الثلاثة في طرق متمايِزَةٍ جدًّا.

في 1961، عندما هَيمَنَت الفكرة الرومانسية عن الزُّهَرَة على الخيال الجمعي، أعلن "كارل ساجان" عن تخمينه المثير للجدال عن أن الزُّهرة عانى من تأثير احتباسٍ حراريٍّ منفلت، وأصبح حارًّا بدرجة كبيرة. نظريَّته الجديدة والمثيرة للقلق تَمَثَّلَت في أن ثاني أوكسيد الكربون يتراكم نتيجةً لسير ضوء الشمس في اتجاه واحد. فالضوء يستطيع أن يدخل بسهولة في الغلاف الجوي للزُّهَرَة خلال ثاني أوكسيد الكربون؛ لأن الغاز شفاف. ولكن بمجرد أن يرتدَّ الضوء من سطح الكوكب يتحوَّل إلى حرارة أو أشعة تحت الحمراء لا تستطيع أن تنفذ بسهولة من الغلاف الجوي. الإشعاع يصبح محبوسًا من خلال عمليةٍ تشبه احتباسَ ضوء الشمس داخل صوبة زجاجية خلال الشتاء، أو عملية احترار السيارات في شمس الصيف. هذه العملية تحدث على الأرض، ولكنها تسارَعَت بدرجة كبيرة على الزُّهَرة لأنه أقرب كثيرًا إلى الشمس، وكانت النتيجة احتباسًا حراريًّا.

"ساجان" أثبت أنه كان مُحِقًّا عندما حَلَّق المسبار "مارينر 2" Mariner 2 بالقرب من الزُّهَرة وكشف عن شيء صادمٍ بِحَقٍّ: درجة حرارة عالية جدًّا، تصل إلى تسعمائة درجة فهرنهايت، وهي درجة تكفي لصهر القصدير والرصاص والزنك. وبدلًا من أن يكون الزهرة جَنَّةً استوائية، كان مكانًا مُنفِّرًا يشبه فُرنَ الصهر. الصور الفضائية اللاحقة أكَّدَت تلك الأنباء السيئة. ولم يكن المطر يُخفِّف

من درجة الحرارة؛ لأن المطر يتكوَّن من حمض الكبريتيك الكاوي. ونظرًا للربط بين الزهرة وآلهة الحب والجمال عند الإغريق؛ فإنه من سخريات القدر أن حمض الكبريتيك هذا، العاكس للضوء بدرجة كبير، هو السَّبَب في أن الزُّهَرَة يسطع بهذا التألُّق.

أَضِفْ إلى ذلك أنه تَبيَّن أن الضغط الجوي على الزهرة يبلغ مائة مثل الضغط الجوي على الأرض تقريبًا. والسبب في ذلك يرجع إلى تأثير الاحتباس الحراري. معظم ثاني أوكسيد الكربون على الأرض يتمُّ تدويره، حيث يتحلَّل في المحيطات والصخور. ولكن درجة الحرارة على الزُّهَرَة مرتفعة لدرجة أن المحيطات تبخَّرَت. وبدلًا من أن ينحلَّ في الصخور، كان ينبعثُ منها. وكلما زاد انطلاق ثاني أوكسيد الكربون من الصخور، أصبح الكوكب أكثر احترارًا، مُطْلِقًا حلقة من ردِّ الفعل العكسي المتكرِّر.

ونظرًا للضغط الجوِّيِّ المرتفع على الزُّهَرَة، فإن الوجود على سطحه يعادل الوجود على عُمْقٍ ثلاثة آلاف قدمٍ تحت سطح المحيط على الأرض. حيث يمكن أن ينسحق الإنسان مثل قشرة بيضَةٍ. ولكن لو وُجِدَت طريقة للتغلُّب على هذا الضغط الجوي وعلى الحرارة الحارقة؛ فسوف تواجَهُ بمشهدٍ من "جحيم دانتي"؛ فالهواء كثيفٌ لدرجة أنك لو سِرتَ على سطح الكوكب سوف يعتريك شعور بأنك تسير وسط "المولاس"، وأن الأرض تحت قدميك لَيِّنَةٌ وأسفنجية؛ لأنها مُكوَّنَة من معدن منصهر. كما أن الأمطار الحمضية سوف تتغلغل عبر أضيق مِزَقٍ في حُلَّتِكَ الفضائية، وخطوة خاطئة واحدة يمكن أن تغرقك في أتون من "الماجما" المنصهرة.

نظرًا لهذه الموانع؛ فإن استصلاح الزُّهَرَة يبدو أمرًا غيرَ وارِدٍ.

ماذا حَدَثَ لمُحيطاتِ المرّيخ؟

إذا كان تَوأمُنا، الزُّهَرَة، قد تحوَّل بهذا الشكل المختلف لأنه أقرب إلى الشمس، فكيف نفسِّر تطوُّرَ المريخ؟

والإجابة تكمُنُ في أن المريخ ليس فقط أكثر بُعدًا عن الشمس، ولكنه أيضًا أصغر بكثير؛ ولذلك بَرَدَ أسرعَ من الأرض. إن قلبه لم يَعُدْ مُنصَهِرًا، والمجال

المغناطيسي للكوكب يَنْتُجُ عن حركة المعادن في قلبه المنصهر، مُسبِّبَةً تيَّاراتٍ كهربائيَّةً. وحيث إن قلب المريخ مُكوَّنٌ من صخور صُلبَة؛ فهو لا يستطيع أن يخلق مجالًا مغناطيسيًّا ذا بال. أَضِفْ إلى ذلك أنه من المعتقد أن قَصفًا كثيفًا بالشُّهُب قبل حوالي ثلاثة بلايين عام تسبَّب في فوضى ضخمة، لدرجة أن المجال المغناطيسي الأصلي للمريخ تبدَّد. وهذا قد يُفسِّر لماذا فقد المريخ غلافَه الجوِّيَّ ومياهَه. وبدون مجال مغناطيسي يحمي الغُلافَ الجَويَّ من الإشعاع واللهب الشمسي، اندفع الغلاف الجوي بالتدريج إلى الفضاء الخارجي بواسطة الرياح الشمسية. وحيث انخفض الضغط الجوي، تبخَّرَت المحيطات.

عملية أخرى أسرعت بفقد الغلاف الجوي. الكثير من ثاني أوكسيد الكبون الأصلي على المريخ انحلَّ في المحيطات وتحوَّل إلى مُركَّبات كربونية استقرَّت بالتالي في قاع المحيطات. النشاط التكتوني على الأرض يقوم بشكل دوري بإعادة تدوير القارات، ويُمكِّن ثاني أوكسيد الكربون من الصعود إلى السطح مرة أخرى. ولكن لأن قلب المريخ صلب على الأرجح؛ فليس به نشاط تكتوني مُهمٌّ، وثاني أوكسيد الكربون حُبِسَ في أرضيَّته بشكل دائم. وحيث بدأت مستويات ثاني أوكسيد الكربون في الانخفاض، حدث تأثيرٌ عكس الاحتباس الحراري واتَّجه الكوكب إلى تَجمُّدٍ عميق.

التناقُضات الدراماتيكية بين الزُّهَرَة والمريخ تساعدنا في تقدير التاريخ الجيولوجي للأرض. يمكن أن يكون قلب الأرض قد برد منذ بلايين من السنوات. ولكنه لا يزال مُنصهِرًا؛ لأنه، على عكس قلب المريخ، يحتوي على معادن مُشعَّة بدرجة عالية، مثل اليورانيوم والثوريوم، ذات نصف عمر يبلغ بلايين السنين. كلَّما ووجهنا بانفجار بركاني مخيفٍ أو دمار ناتج عن زلزال ضخم، نواجه دليلًا على أن طاقة قلب الأرض المُشعِّ تُوجِّه الأحداث على سطح الكوكب، وتساعد في استدامة الحياة عليه.

الحرارة المتولِّدة عن النشاط الإشعاعي في أعماق الأرض تجعل القلب الحديدي يتحرَّك بعنف ويُنتج مجالًا مغناطيسيًّا. هذا المجال يحمي الغلاف الجوي من الرياح الشمسية ويعكس الإشعاعَ المُميتَ الآتي من الفضاء. (نحن نرى ذلك في شكل الأضواء الشَّمالية، التي تنشأ عندما تضرب أشعة الشمس المجال

المغناطيسي للأرض. المجال حول الأرض يشبه قُمعًا ضخمًا، يوجِّه الإشعاع الآتي من الفضاء الخارجي إلى القطبين، ومن ثم فإن معظم الإشعاع إمَّا أن يُعكَسَ أو يُمتَصَّ بواسطة الغلاف الجوي). الأرض أكبر من المريخ؛ ومن ثم فهي لم تبرَدْ بنفس السرعة. الأرض كذلك لم تعانِ من انهيارٍ في مجالها المغناطيسي ناتِجٍ عن تأثير شُهُبٍ عملاقة.

نستطيع الآن أن نعود إلى سؤالنا السابق حول الحفاظ على المريخ من العودة إلى حالته السابقة بعد استصلاحه. أحد الأساليب الطموحة هو توليد مجال مغناطيسي اصطناعي حول المريخ. ولكي نفعل هذا سيكون علينا وَضْعُ ملفَّات ضخمة فائقة التوصيل حول خطِّ الاستواء المريخي. وباستخدام قوانين الكهرومغناطيسية، نستطيع أن نحسب كميات الطاقة والمواد اللازمة لإنتاج هذه الحلقة فائقة التوصيل. ولكن هذه المَهَمَّة الضخمة تفوق قدراتنا في القرن الحالي.

ولكن المستوطنين على المريخ لا يجب بالضرورة أن ينظروا لهذا التهديد بوصفه مشكلة عاجلة. فالغلاف الجوي المستصلح يمكن أن يبقى مستقرًّا نسبيًّا لمدة قرنٍ، وربما أكثر؛ ومن ثم فإن التعديلات يمكن أن تتمَّ ببطء عبر القرون. الصيانة قد تُسبِّب إزعاجًا، ولكن يجب أن تكون قليلة التكلفة كموقع جديد للبشرية في الفضاء الخارجي.

استصلاح المريخ هَدَفٌ أَوَّليٌّ للقرن الثاني والعشرين. ولكن العلماء يتطلَّعون كذلك إلى ما وراء المريخ. وأكثر التَّطلُّعات إثارةً قد يكون العمالِقَة الغازية، بما في ذلك "يوروبا"، أحد أقمار المشترى، و"تيتان"، أحد أقمار زحل. يومًا ما، كان الظَّنُّ أن أقمار العمالقة الغازية كُتَلٌ ضخمة من الصخور كُلُّها متشابهة، ولكن الآن يُنظَرُ إليها بوصفها أعاجيب فريدة، كُلٌّ منها به مجموعته من الينابيع الحارَّة والمحيطات والأخاديد وأضواء غلافه الجوي. هذه الأقمار يُنظَرُ إليها بوصفها موائِلَ مستقبليَّةً للحياة الإنسانية.

"كَـمْ هُـوَ مُذَنَّـبٌ باهِـرٌ وجَميـلٌ إِذْ يُحَلِّـقُ بالقُـرْبِ مـن كَوكَبِنـا؛
شَريطَـةَ أَنْ يُحَلِّـقَ بالقُـرْبِ مِنْـه فَقَـط".

ISAAC ASIMOV "إسحق أسيموف"

الفصل السادس

العَمالِقَةُ الغازِيَةُ والمُذَنَّباتُ، وما وَراءَها

في أسبوعٍ مصيريٍّ من يناير 1610، توصَّل "جاليليو" Galileo لاكتشافٍ سوف يَهُزُّ أُسُسَ الكنيسة، ويُغيِّر مفهومنا عن الكون، ويطلق ثورة.

فبواسطة التلسكوب الذي صنعه بنفسه تَوًّا، حدَّق في كوكب المشترى، وتحيَّر حيث رأى أربعة أشياء مضيئة تطوف بالقرب من الكوكب. وعندما قام بتحليل حركتها بعناية على مدى أسبوع، اقتنع بأنها تدور حول المشترى. لقد اكتشف "نظامًا شمسيًّا" مُصغَّرًا في الفضاء.

لقد أدرك بسرعة أن لهذا الكشف آثارًا كونية ونظرية. فعلى مدى قرون، واستشهادًا بـ "أرسطو"، اعتقدت الكنيسة أن كل الأجسام السماوية، بما في ذلك الشمس والكواكب، تدور حول الأرض. والآن أصبح هناك طرحٌ مُناقِضٌ. لقد نُحِّيَت الأرض عن مكانتها بوصفها مركزَ الكون. وفي انقضاضَةٍ عنيفة، تَمَّ دَحضُ المعتقدات -التي تبنَّاها مَذهَبُ الكنيسة- وأَلْفَي سَنَةٍ من عِلْمِ الفَلَك.

اكتشافات "جاليليو" أشعلت إثارةً واسعةَ النطاق بين الجمهور. لم يكن محتاجًا إلى جيشٍ من الأطبَّاء الجَوَّالين أو إلى مَجْمَعٍ كَنَسيٍّ لكي يُقنِعَ الناس بصحة ملاحظاته.

لقد كانوا يستطيعون أن يَرَوا بأنفسهم أنه كان على حَقٍّ، وقد استُقْبِلَ استقبال الأبطال عندما زار روما في العام التالي. ولكن الكنيسة لم تَكُنْ راضيةً. حظَرَت كُتُبَه، وقُدِّم لمحاكم التفتيش، وهُدِّد بالتعذيب ما لم ينكر أفكاره المُهرطِقَة.

شخصيًّا، كان "جاليليو" يعتقد أن العلم والدين يمكن أن يتعايَشَا؛ فقد كتب أن غرض العِلمِ هو تحديد ما يدور في السماوات، بينما غرض الدين هو تحديدُ كيف نذهب إلى الجَنَّة. بتعبير آخر: العلم مَعنيٌّ بالقانون الطبيعي، بينما الدين مَعنيٌّ بالأخلاق، ولا يوجد صراع بين الاثنين طالما حافَظَ المَرءُ في عقله على هذا التمييز. ولكن عندما تَعارَضَ الاثنان أثناء محاكمته، أُجْبِرَ "جاليليو" على إنكار نظرياته تحت التهديد بالموت. مُتَّهموه ذكروه بأن "جيوردانو برونو" Giordano Bruno، الذي كان راهِبًا، أُحْرِقَ حَيًّا لأنه أدلى بتصريحات عن عِلْمِ الكون أقلَّ تفصيلًا بكثير من تصريحات "جاليليو". وسوف يمرُّ قرنان قبل أن يُرفَعَ مُعظَمُ الحَظرِ على كتبه أخيرًا.

الآن، بعد مرور أربعة قرون، أقمار المشترى الأربعة تلك -التي يشار إليها غالِبًا باسم "أقمار جاليليو"- أشعلت ثورة للمرة الثانية. بل إن البعض يعتقد أنها، بالإضافة إلى أقمار زحل وأورانوس ونبتون، ربما تقبض على مفتاح الحياة في الكون.

العَمالِقَةُ الغازِيَة

عندما حَلَّقَت "ڤوياجر 1" Voyager 1، و" ڤوياجر 2" بالقرب من العمالقة الغازية من 1979 حتى 1989، أكَّدَت على تشابُهِ تلك الكواكب؛ فكلها مُكوَّنَة أساسًا من غازَيْ الهيدروچين والهيليوم، تقريبًا بنسبة أربعة إلى واحد من حيث الوزن. (هذا المزيج من الهيدروچين والهيليوم هو أيضًا التركيب الأساسي للشمس، وهي تُشكِّل أيضًا معظم الكون نفسه. وذلك على الأرجح يعود إلى 14 بليون عام مَضَت عندما اندمج حوالي رُبْعُ الهيدروچين الأصلي ليصبح هيليوم في لحظة الانفجار الكبير).

ويُرجَّح أن العمالقة الغازية لها التاريخ ذاته. وكما سبق أن رأينا، من المفترض أنه قبل 4.5 بليون عام، كان كل كوكب من الكواكب جميعها عبارة عن نَواةٍ

صخريَّةٍ صغيرة تكثَّفَت كجزء من قرص من الهيدروچين والغبار المحيط بالشمس. الكواكب الداخلية أصبَحَت: عُطارِد والزُّهَرَة والأرض والمرِّيخ. نُوَيَّات الكواكب الأكثر بُعدًا عن الشمس احتوت على الجليد، الذي كان وفيرًا على هذا البُعْدِ، وكذلك على الصخور. الجليد يقوم بدور المادة اللاصقة، ومن ثَمَّ فإن النويَّات التي تحتوي على الجليد استطاعت أن تنمو لتصبح أكبر بعشر مرات من النويات المكوِّنة من الصخور فقط. جاذبيتها أصبحت قويَّةً لدرجة أنها استطاعت أن تجتذب الكثير من غاز الهيدروچين الباقي في القرص الشمسي المبكِّر. وكلما نَمَت أكثر، جذبت المزيد من الغاز. حتى استنفدت كل الهيدروچين القريب منها.

من المعتقد أن العمالقة الغازية لها البنية الداخلية نفسها. ولو استطعنا أن نقسمها إلى نصفين مثل بَصَلَةٍ؛ فسوف نرى غلافًا جوِّيًّا غازِيًّا سميكًا في الخارج. وتحت هذا الغلاف، نتوقَّع أن نجد محيطًا من الهيدروچين السائل فائق البرودة. ومن قبيل التخمين، أن هناك، نتيجة للضغط الضخم، يمكن أن يحتوي المركز العميق على نواة من الهيدروچين الصلب.

كل العمالقة الغازية مُحاطَةٌ بحلقات مُلوَّنة نتجت عن الشوائب العالقة بالغلاف الجوي والتي تفاعلت مع دوران الكوكب. وكلٌّ منها به عواصف مُضخَّمَة مُحتَدِمَة على سطحه. المُشترى لديه "البقعة الحمراء العظيمة" Great Red Spot التي تبدو موجودةً بشكل دائم، وهي كبيرة لدرجة أنها يمكن أن تحتوي ما يعادل عِدَّةَ أمثال حجم الأرض. نبتون، من ناحية أخرى، لديه بقعة سوداء غير دائمة تختفي أحيانًا.

ومع ذلك، هي تختلف من حيث الحجم. أكبرها هو المشترى، الذي سُمِّيَ على اسم أبي الآلهة في الميثولوجيا الرومانية (Jupiter). وهو ضخم لدرجة أن حجمه يفوق كل الكواكب الأخرى مُجتَمِعَةً. وهو يمكن، من دون مبالغة، أن يُعادِلَ حجم الأرض 1,300 مرة. الكثير ممَّا نعرفه عن المشترى يأتي من سفينة الفضاء "جاليليو"، التي بعد ثمانية أعوام من الدوران المنتظم حول المشترى، سُمِح لها بإنهاء مَهمَّتها الشهيرة بأن تغوص في الكوكب في 2003. وقد استمرَّت في بَثِّ رسائِلَ بالراديو أثناء هبوطها في الغلاف الجوي إلى أن تحطَّمَت بفعل

مجال الجاذبية الضخم. ومن المُرجَّح أن حُطامَ سفينة الفضاء غرقت في محيط الهيدروچين السائل.

المُشترى مُحاطٌ بحلقة مُميتَةٍ ضخمة من الإشعاع، هي مصدر الكثير من التشويش الذي تسمعه في الراديو أو التليفزيون. (جزء صغير من هذا التشويش يأتي من الانفجار الكبير نفسه). رُوَّاد الفضاء المارُّون بالقرب من المشترى سوف يحتاجون لأن يكونوا مَحميِّين ضِدَّ هذا الإشعاع، وسوف يجدون أن الاتصالات صعبة بسبب التشويش الكامل.

من المخاطر الأخرى: مجال الجاذبية الضخم الذي يستطيع أن يجتذب أو يقذف إلى الفضاء الخارجي أيَّ جسم عابر بشكل عارض يقترب منه بشدَّة، بما في ذلك الأقمار والكواكب. هذه الإمكانية المُرعِبَة عملت في الواقع لصالحنا قبل بلايين من السنين. النظام الشمسي المبكِّر كان مليئًا بالحطام الكوني الذي يهطل باستمرار على الأرض. ومن حسن الحظ أن مجال الجاذبية للمشترى قام بدور مكنسة كهربائية تمتصُّ أو تطرد ذلك الحطام. عمليات محاكاة حاسوبيَّة بَيَّنَت أنه، من دون المشترى، لكانت الأرض حتى يومنا هذا تُقْصَف بشهب عملاقة من شأنها أن تجعل الحياة مستحيلة. ومن الأفضل لنا في المستقبل، عند اختيار نُظُمٍ شمسية لنستعمرها، أن نبحث عن تلك التي تحتوي على مشترى خاص بها، يكون كبيراً بما يكفي لكنس الحطام.

الحياة كما نعرفها يُرجَّح ألَّا تكون مُمكِنَةً على العمالقة الغازية. فليس لأي منها سطح صلب يمكن أن تتطوَّر عليه الكائنات. إنها تفتقر للماء السائل والعناصر اللازمة لإنتاج الهيدروكربونات والكيماويات العضوية. وبِبُعْدِها عن الشمس ببلايين الأميال، هي أيضًا بارِدَةٌ لدرجة التَّجمُّد.

أَقْمارُ العَمالِقَةِ الغازِيَة

الأكثرُ إثارةً للاهتمام من المشترى وزُحَل بمعايير إمكانية دعم الحياة هي أقمارهما، التي يوجد منها تسعةٌ وستُّون واثنان وستون على الأقل على التوالي. لقد افترض علماء الفَلَكِ أن أقمار المشترى ستكون على شاكِلَةِ قمرنا: مُتجمِّدَة

ومقْفِرَة. ثم دُهِشوا تمامًا عندما وجدوا أن كُلَّ قمر منها له صفاته المميزة. هذه المعلومات أحدثت تغيُّرًا جذريًّا في نظرة العلماء للحياة في الكون.

ربما يكون "يوروبا" Europa هو أكثرها جميعًا إثارةً للاهتمام، وهو أحد الأقمار الأصلية التي اكتشفها "جاليليو". ويوروبا، مثله مثل بعض الأقمار الأخرى التابعة للعمالقة الغازية، مُغطًّى بطبقة عميقة من الجليد. وإحدى النظريات تقول إن بخار الماء الآتي من البراكين المبكِّرة على يوروبا تَكثَّف إلى محيطات قديمة، تجمَّدَت عندما بَرَدَ القمر. وهذا يُفسِّر الحقيقة الغريبة المتمثِّلة في أن يوروبا أحد أنعم الأقمار في النظام الشمسي. وعلى الرغم من أنه تعرَّض لقصفٍ كثيف بالنيازك، فمن المرجَّح أن محيطاته تجمَّدَت بعد انتهاء معظم القصف، وبذلك غَطَّى الجليد على الدمار الذي أحدثته النيازك. من الفضاء الخارجي، يبدو يوروبا شبيهًا بِكُرَة "البِنج بونج"، بدون معالم سطحيَّة تقريبًا، فلا براكين، ولا سلاسل جبلية، ولا حفر ناتجة عن شهب. والملمح المرئي الوحيد هو شبكة من الشقوق.

لقد انبهر علماء الفلك عندما اكتشفوا أن تحت يوروبا يمكن أن يوجد محيط من الماء السائل. ويقدَّر حجمه بمثلَيْ أو ثلاثة أمثال حجم محيطات الأرض. ولكن محيطاتنا تقع فقط على السطح، بينما محيطات يوروبا تُشكِّل معظم باطنه.

بينما يقول الصحفيون غالبًا: "فَتِّشْ عن المال" يقول علماء الفلك: "فتِّشْ عن الماء"؛ لأن الماء أساسيٌّ لتكوين الحياة كما نعرفها. وقد شُدِهوا عندما وجدوا أنفسهم يعتقدون في وجود الماء في مجال العمالقة الغازية، وكان وجوده على يوروبا شيئًا غامضًا: من أين أتت الحرارة لصهر الجليد؟ لقد بدا الموقف مجافيًا للمنطق. لقد افترضنا لزمن طويل أن الشمس هي المصدر الوحيد للحرارة في النظام الشمسي وأن الكوكب لا بُدَّ أن يوجد في "المنطقة المعتدلة" Goldilocks zone لكي يكون صالحًا للسُّكنى، بينما المشترى بعيدٌ جدًّا عن هذه المنطقة. ولكننا أهملنا أن نأخذ بعين الاعتبار مصدرًا آخر محتَمَلًا للطاقة: قُوى المَدِّ والجَزْر. إن جاذبية المشترى كبيرة لدرجة أنه يستطيع أن يجذب يوروبا ويضغطه من جميع الجهات. وحيث يسير يوروبا في مدار حول الكوكب، يندفع ويلفُّ حول محوره؛ فيؤدي ذلك إلى تحرُّكِ قُوى المَدِّ والجزر فيه بشكل مستمر. هذا

الجذب والضغط يسبِّب احتكاكًا شديدًا في قلب القمر حيث تضغط الصخور على بعضها العض، والحرارة المتولِّدة عن هذا الاحتكاك تكفي لصهر الكثير من الغطاء الجليدي.

باكتشاف المياه السائلة على يوروبا، أدرك علماء الفلك أنه يوجد مصدر للطاقة يمكن أن يجعل الحياة مُمكِنَةً حتى في أكثر المناطق ظلامًا في الفضاء. ونتيجة لذلك؛ لا بُدَّ من إعادة كتابة الكتب الدراسية في علم الفلك.

"يوروبا كليبر"

"يوروبا كليبر" من المخطَّط له أن يُطلَقَ في وقت ما حول 2022. وبتكلفة تبلغ حوالي بليوني دولار، هدفه هو تحليل الغطاء الجوي ليوروبا وتركيب وطبيعة محيطه بحثًا عن علامات على وجود كيماويات عضوية.

المهندسون يواجهون مشكلةً دقيقةً عند تخطيط مسار "يوروبا كليبر". فهو يقع داخل حزام الإشعاع القوي المحيط بالمشترى، والمسبار الذي يوضع في مدار حول القمر من شأنه أن يُقْلَى بعد أشهر قليلة فقط. ولتجنُّب هذا التهديد وإطالة أَمَدَ المَهمَّة، قرَّروا أن يرسلوا "كليبر" في مدار حول المشترى خارج حزام الإشعاع بمسافة كبيرة. ثم يمكن تعديل مساره بحيث يقترب تدريجيًّا من المشترى ويقوم بخمس وأربعين دورة مختصرة حول يوروبا.

وأحد أهداف دورات كليبر هو فحص، وربما التحليق داخل، الينابيع الحارة التي يأتي منها بخار الماء الذي يتصاعد من يوروبا والذي رُصِد بواسطة تلسكوب هابل الفضائي. وقد يرسِلُ "كليبر" أيضًا مسابير صغيرة إلى الينابيع الحارة في محاولة تهدف للحصول على عَيِّنَة. وحيث إن كليبر لن يهبط على القمر نفسه؛ فإن دراسة بخار الماء هي أفضل فرصة لدينا في الوقت الحالي لإلقاء نظرة ثاقبة على المحيط. ولو نجحت مَهمَّة "كليبر" فإن مهامَّ مستقبلية يمكن أن تسعى للهبوط على يوروبا، وتحفر في الغطاء الجليدي، ثم ترسل غوَّاصَةً إلى المحيط.

ولكن يوروبا ليس القمر الوحيد الذي نسعى جاهدين للتحقُّق من وجود كيماويات عضوية أو حياة ميكروبية عليه. فينابيع الماء الحار شوهِدَت أيضًا

تندفع من سطح "إنسيلادوس" Enceladus، أحد أقمار زحل، مشيرة إلى أن هناك محيطًا تحت الجليد أيضًا.

حَلْقاتُ زُحَل

علماء الفَلَك يَعُون الآن أن أهم القوى التي تُشكِّل تطوُّرَ هذه الأقمار هي قوى المَدِّ والجزر. ولذلك؛ من المهم أن ندرس مقدار قوة هذه القوى وكيف تعمل. وقوى المَدِّ والجزر يمكن أيضًا أن تعطينا إجابةً على أحد أقدم الألغاز المحيطة بالعمالقة الغازية: أصل الحلقات الجميلة المحيطة بزُحَل. وفي المستقبل، عندما يزور رُوَّاد الفضاء كواكب أخرى، يعتقد علماء الفلك أن الكثير من العمالقة الغازية تدور حولها حلقات، كما في مجموعتنا الشمسية. وهذا بدوره سوف يساعد الفلكيين في أن يحدِّدوا بدقَّةٍ كم تبلغ قوى المد والجزر، وما إذا كانت قوية لدرجة تكفي لتحطيم أقمار كاملة إلى أشلاء.

إن روعة هذه الحلقات، التي تتكون من جسيمات من الصخر والجليد، ألهمت أجيالًا من الفنانين والحالمين. وفي الخيال العلمي، القيام بدورة حولها في سفينة فضاء هو عمليًا طقس لإجازة كل رائد فضاء تحت التمرين. لقد اكتشفت مسابيرنا الفضائية أن هناك حلقات حول كل العمالقة الغازية، على الرغم من أن أيًا منها ليس في جمال واكتمال الحلقات التي تدور حول زحل.

وهناك فرضيات كثيرة لتفسيرها، ولكن ربما يكون أكثرها إقناعًا هو ذلك المرتبط بقوى المَدِّ والجزر. إن قوة جاذبية زُحَل، مثلها مثل جاذبية المشترى، تكفي لجعل قمر يدور حوله يأخذ شكل مستطيل أو شكل كرة قدم. كلَّما اقترب القمر من زحل؛ استطال أكثر. وأخيرًا، قوى المد والجزر التي تجعل القمر يستطيل تتوازن مع قوة الجاذبية التي تُبقِي القمرَ مُتماسِكًا. وتلك هي نقطة التحوُّل. فلو اقترب القمر أكثر من ذلك، يتمزَّق -حرفيًا- بفعل جاذبية زحل.

باستخدام قوانين "نيوتن"، يستطيع علماء الفلك أن يحسبوا بُعدَ نقطة التحوُّل، التي تُسمَّى "حَدُّ روش" Roche limit. وعندما نُحلِّل الحلقات، ليس فقط حلقات زُحل، ولكن أيضًا حلقات العمالقة الغازية الأخرى، نجد أنها جميعًا تقريبًا تقع

داخل حدِّ روش بالنسبة لكل كوكب. بينما كل الأقمار التي تدور حول العمالقة الغازية تقع خارج حدِّ روش. وهذا الدليل يدعم، وإن لم يكن يثبت على وجه التأكيد، النظرية التي تقول إن حلقات زُحَل تكوَّنت عندما دار قمر قريبًا جدًّا من الكوكب فتمزَّق إربًا.

في المستقبل، عندما نزور كواكب تدور حول نجوم أخرى، يمكننا أن نتوقع أن نجد حلقات حول العمالقة الغازية داخل حدِّ روش. وبدراسة مقدار قوى المد والجزر، التي يحتمل أن تُمزِّق الأقمارَ إربًا، يستطيع المرء أن يبدأ في حساب مقدار قوى المد والجزر التي تعمل على أقمار مثل يوروبا.

مَوْطِنٌ فَوقَ تيتان؟

تيتان، أحد أقمار زحل، مُرشَّحٌ آخر لاستكشاف الإنسان، على الرغم من أن المستوطنات هناك لا يحتمل أن تكون كثيفةَ السُّكَّان بقدر مستوطنات المريخ. تيتان ثاني أكبر الأقمار في النظام الشمسي، بعد قمر المشترى "جانيميد" Ganymede، وهو القمر الوحيد الذي له غُلافٌ جَوِّيٌّ سَميكٌ. وعلى خلاف الغلاف الجوي للأقمار الأخرى، غلافه الجوي كثيف لدرجة أن الصُّورَ التي التُقِطَت له مُبكِّرًا كانت مُحبِطَة. لقد كان يشبه كُرةَ تِنسٍ مُزغَّبَةٍ بلا أي ملامح لسطحه.

سفينة الفضاء "كاسِّيني" Cassini التي دارت حول زحل، قبل أن تتحطَّم أخيرًا على الكوكب في 2017، كَشَفَت عن الطبيعة الحقيقية لتيتان. "كاسيني" استَخدَمَت رادارًا لكي يتخلَّل غلاف السُّحب ويرسم خريطة لسطح القمر. وقد أطلقت أيضًا المسبار "هيوچينز" Huygens، الذي هبط بالفعل على تيتان في 2005 وأرسل بالراديو أَوَّلَ صُوَرٍ عن قُربٍ لتضاريسه. وقد أظهرت هذه الصُّوَرُ علاماتٍ على وجود شبكةٍ مُعقَّدَةٍ من البِرَكِ والبحيرات والصفائح الجليدية واليابسة.

من البيانات التي جَمَعَتها "كاسِّيني" و"هيوچينز"، قام العلماء بتجميع أجزاء صورة جديدة لما يَكْمُنُ تحت غطاء السُّحُب. الغلاف الجوي لتيتان، مثل الغلاف الجوي للأرض، يتكوَّن أساسًا من النيتروچين. ومن المدهش أن سطحه مُغطًّى ببحيرات من الميثان والإيثان. وحيث إن الميثان يمكن أن يشتعل من أقلِّ شَرارَةٍ،

فإن المرء قد يعتقد أن القمر يمكن أن ينفجر بسهولة إلى شُعلاتٍ من اللهب. ولكن حيث إن الغلاف الجَوِّيَّ للقمر ليس به أوكسچين، ولأنه شديد البرودة عند درجة 180 مئوية؛ فإن الانفجار مستحيل. وهذه الاكتشافات تُقدِّم إمكانيات مُغريَةً تتمثَّل في أن رواد الفضاء قد يكونون قادرين على حصد بعض الجليد الموجود على تيتان، وعَزْلِ الهيدروچين والأوكسچين، ثم خلط الأوكسچين بالميثان لتوليد إمدادات من الطاقة الصالحة للاستخدام لا تَنضَبُ تقريبًا؛ وربما تكفي لإنارة وتدفئة مجتمعات فضائية رائدة.

بينما الطاقة يمكن ألَّا تكون مشكلة، فإن استصلاح تيتان يُرجَّحُ أن يكون خارج الحسابات؛ فمن المستحيل تقريبًا تَوليدُ أثر الاحتباس الحراري المكتفي ذاتيًّا على هذا البُعْدِ الكبير من الشمس. ولأن الغلاف الجوي يحتوي بالفعل على كميات كبيرة من الميثان؛ فإن إدخال المزيد منه لإحداث هذا الأثر يبدو غير ذي جدوى.

قد يتساءل المرء عَمَّا إذا كان من الممكن استعمار تيتان. من ناحية، هو القمر الوحيد الذي به غُلافٌ جوِّيٌّ ذو شأن، والضَّغطُ عليه يزيد عن ضغط الأرض بنسبة 45%. وهو واحد من المواقع القليلة في الفضاء التي يمكن ألَّا نموت فيها بمجرَّد خروجنا من حُلَّاتنا الفضائية. سوف نَظَلُّ محتاجين لأقنعة الأوكسچين، ولكنَّ دِماءَنا لن تغلي، ويُمكن ألَّا ننسحق.

من الناحية الأخرى، تيتان مُظلِمٌ وبارد بشكل دائم. ورائد الفضاء على سطحه سوف يستقبل 0.1% من ضوء الشمس الذي ينير الأرض. الطاقة الشمسية ستكون غيرَ كافيةٍ كمصدر للكهرباء، ومن ثَمَّ فإن كل الضوء والحرارة يجب أن تعتمد على مُولِّدات، لا بُدَّ أن تعمل بشكل دائم. أَضِفْ إلى ذلك أن سطح تيتان متجمِّد، وغلافه الجوِّي يفتقر لكمِّيَّات ذات شأن من الأوكسچين وثاني أوكسيد الكربون اللازمَيْن لاستدامة حياة نباتية وحيوانية. الزراعة سوف تكون صعبةً بدرجَةٍ كبيرة جدًّا، وأي محاصيل لا بُدَّ من تنميتها في بيئة مُغلَقَةٍ أو تحت السطح. إمدادات الغذاء سوف تكون مَحدودَةً، ومن ثم عدد المستوطنين الذين يستطيعون الحياة هناك كذلك.

الاتصالات مع الأرض أيضًا سوف تكون غير سَلِسَة، حيث إن إرسال رسالة بالراديو بين تيتان والأرض يستغرق ساعات طويلة. وحيث إن جاذبية تيتان

تبلغ فقط 15% من جاذبية الأرض، فإن الأشخاص الذين يعيشون فوق تيتان لا بُدَّ أن يتمرَّنوا باستمرار لكي يمنعوا هشاشة العضلات والعظام. ويجب أخيرًا أن يرفضوا العودة إلى الأرض، التي سوف يصابون عليها بالوَهَن. وفي حينها، قد يبدأ المستوطنون على تيتان في الشعور بالتميُّز العاطفي والفيزيقي عن نُظرائِهم الذين لم يغادروا الأرض، بل وربما يفضِّلون قَطْعَ كُلِّ الصِّلات الاجتماعية.

الحياة إذًا على تيتان بشكلٍ دائم مُمكِنَة، ولكنها قد تكون غيرَ مريحَةٍ، وقد يصحبها سلبيات كثيرة. والاستيطان على نطاق كبير يبدو غير مُحتَمَلٍ. ومع ذلك، فإن تيتان قد يكون قَيِّمًا بوصفه قاعِدَةً لإعادة التزويد بالوقود ومخزونًا احتياطيًّا للموارد. الميثان الموجود عليه يمكن حصده وشَحنُه إلى المريخ للإسراع بجهود الإصلاح كما يمكن أن يُستَخدَمَ في إنتاج كميات غير محدودة من وقود الصواريخ لرحلات الفضاء العميق.

جليد تيتان يمكن تنقيته وتحويله لمياهٍ للشرب أو أوكسچين أو معالجته لمزيد من وقود الصواريخ. وجاذبيته المنخفضة تجعل السفر من وإلى القمر بسيطًا وكُفئًا نسبيًّا. إن تيتان يمكن أن يصبح محطَّةً مهمَّةً للتزوُّد بالوقود في الفضاء.

لخلق مستعمرات مكتفيَةٍ ذاتيًّا على تيتان، يجب أن نأخذ في اعتبارنا التَّعدين على سطحه لاستخراج المعادن والخامات القَيِّمة. في الوقت الحاضر، مسابيرنا الفضائية لم تزوِّدنا بالكثير من المعلومات عن التركيب المعدني لتيتان، ولكنه، مثل الكثير من الكويكبات، يمكن أن يحتوي على معادِنَ قَيِّمَةٍ من شأنها أن تكون فائِقَةَ الأهمية إذا أصبح تيتان محطَّةً للإمدادات والتزوُّد بالوقود.

سَحابَةُ المُذَنَّبات "أورت"

فيما وراء العمالقة الغازية، في الفضاء البعيد في نظامنا الشمسي، يوجد عالم آخر، عالَم المذنَّبات. ربما تريليونات منها. هذه المُذنَّبات قد تكون مَعبَرَنا إلى نجوم أخرى. عالم الفيزياء "فريمان ديسون" Freeman Dyson، من جامعة "برينستون"، يقترح أننا، لكي نصل إلى هذه المُذنَّبات، يجب أن نتعلَّم شيئًا من رحلات "البولونيزيين" Polynesians قبل عدة أُلوفٍ من السنين. فبدلًا من أن

يحاولوا القيام برحلة طويلة واحدة عبر المحيط الهادي، كان من الممكن أن تنتهي إلى كارثة، اتَّبعوا طريقة القفز على الجُزُر، منتشرين على الأراضي اليابسة وسط المحيط، واحدة بعد الأخرى. وفي كلِّ مرَّةٍ يذهبون إلى جزيرة، يُنشِئون عليها مُستَعمَرَةً دائمة، ثم ينتقلون إلى الجزيرة التالية. وهو يفترض أننا يجب أن ننشئ مستعمرات وسيطة في الفضاء العميق بالطريقة نفسها. ومفتاح تلك الاستراتيجية يجب أن يكون المُذنَّبات التي، إلى جانب الكواكب الشاردة التي انفلتت من نُظُمِها الشمسية، قد تفرش الطريق إلى النجوم.

لقد كانت المُذنَّبات موضوعًا للتخمين ومَصدرًا للأساطير والخوف لآلاف السنين. وخلافًا للشُّهُب، التي تَمرُق في سماء الليل لثوانٍ ثم تختفي، فإن المُذنَّبات تستطيع أن تبقى في السماء لفترات طويلة من الزمن. وفي وقت من الأوقات كان يُنظَرُ إليها على أنها نذيرُ شُؤمٍ، بل وتؤثِّر في مصير الأمم. في سنة 1066، ظهر مُذنَّبٌ فوق إنجلترا، وفُسِّرَ بوصفه نذيرًا بأن قوات الملك "هارولد" King Harold سوف تُهزَمُ في "معركة هاستينجز" Battle of Hastings أمام قوَّات "ويليام النورماندي" William of Normandy الغازية، الذي أَسَّسَ أسرةً جديدة. "بايو تيبستري"Bayeux Tapestry[1] الرائعة تسجِّل هذه الأحداث وترسم الفلاحين والجنود المرعوبين يحدِّقون في المذنب في الأعالي.

بعد أكثر من 600 عام، في 1682، هذا المذنَّب نفسه مَرَّ فوق إنجلترا مرة أخرى. كل الناس: الشَّحَّاذون والأباطرة، افتتنوا به، و"إسحق نيوتن" قَرَّر أن يحلَّ هذا اللغز القديم. فقد اخترع تلسكوبًا جديدًا أكثر قوَّةً يستخدم مرآةً لتجميع ضوء النجوم. وبتلِّسكوبه العاكس الجديد، وَثَّقَ مساراتِ كثيرٍ من المُذنَّبات، وقارَنَها بتوقُّعاتٍ كان قد حدَّدها وفقًا لنظريته المطوَّرة مُؤخَّرًا عن الجاذبية الكونية. وقد تطابَقَت حركة المذنَّبات مع توقُّعاته تمامًا.

نظرًا لِمَيْلِ "نيوتن" إلى التكتُّم؛ كان يمكن أن يطوي النسيان اكتشافه الخطير، لو لم يطَّلِعْ عليه "إدموند هالي"، الفَلَكي الچينتلمان الثري. "هالي" زار كمبريدج لكي يُقابِلَ "نيوتن"، ودُهِشَ بِشِدَّة عندما علم أن "نيوتن" لم يكن فقط يتتبَّع

(1) بايو تيبستري Bayeux Tapestry: لوحة من القماش يبلغ طولها 70 مترًا وعرضها 50 مترًا تسجِّل غزو النورماديين لإنجلترا في القرن الحادي عشر الميلادي- المترجم.

المذنَّبات، ولكنه كان يستطيع التنبُّؤ بحركتها المستقبلية، وهو الشيء الذي لم يفعله أحد من قبل. لقد استخلص من واحدة من أكثر الظواهر المحيِّرة في علم الفلك، التي فَتَنَت وأقلقت الحضارات لألوف السنين، سِلسلَةً من المُعادَلات الرياضية.

لقد أدرك "هالي" في الحال أن هذا يُمثِّل أحد أهمِّ الاكتشافات في كل العلوم. وعرض بِكَرَمٍ أن يتحمَّل كل تكلفة نَشْرِ ما سوف يصبح أحد أهم المخطوطات العلمية في كل العصور: Principia Mathematica. في هذا العمل الرائع المتفرِّد، ابتدع "نيوتن" ميكانيكا السماء. وباستخدام حساب التفاضُل والتَّكامُل، الشكلية الرياضية Mathematical Formalism التي ابتكرها، استطاع أن يحدِّد بالضبط حركة الكواكب والمذنَّبات في النظام الشمسي. لقد اكتشف أن المذنَّبات تستطيع أن تتحرَّك في شكل بيضاويٍّ، وفي هذه الحالة يمكن أن تعود مرَّةً أخرى. وأجرى "هالي"، بتبنِّي أساليب "نيوتن"، عمليَّةً حسابية مُؤدَّاها أن المُذنَّب الذي حلَّق فوق لندن سنة 1682، سوف يعود كل سِتَّةٍ وسبعين عامًا. والواقع أنه استطاع أن يرجع بالتاريخ ويبيِّن أن المذنَّب نفسه كان يعود بانتظام في الموعد المحدَّد. وقد توقَّع بجرأة بأن المذنَّب سوف يعود في سنة 1758، بعد وفاته بزمن طويل. وبظهوره يوم الكريسماس في العام المحدَّد، ساعد المُذنَّبُ في صَكِ إرث "هالي".

الآن، نحن نعرف أن المذنَّبات تأتي أساسًا من مكانين، الأول: هو حزام كويبر، وهو منطقة حول كوكب نبتون تدور في مستوى الكوكب ذاته. المذنَّبات في حزام كويبر، بما فيها مُذنَّب هالي، تتحرَّك في شكل بيضاويٍّ حول الشمس. وهي أحيانًا تسمَّى مذنَّبات الفترة القصيرة؛ لأن فترات دورانها، أو الوقت الذي تستغرقه لكي تكمل دورة كاملة واحدة حول الشمس، يُقاس بالعقود أو القرون. وحيث إن دوراتها معلومة أو يمكن حسابها؛ يمكن التنبُّؤ بها، ومن ثَمَّ نعرف أنها ليست خَطِرَةً بصفةٍ خاصَّةٍ.

أبعد من ذلك بكثير، توجد "سَحابَةُ أورت"، وهي مجال من المذنَّبات يحيط بنظامنا الشمسي كُلِّه. الكثير منها بعيد عن الشمس -لمسافة تصل إلى عدة سنوات ضوئية- لدرجة أنها ثابتة بدرجة كبيرة. من حين إلى آخر، تندفع هذه المذنَّبات إلى داخل النظام الشمسي بفعل نجم عابِرٍ أو انفجار عشوائي. وهي تسمَّى مذنبات الفترة الطويلة، حيث إن فترة دورانها تُقاس بعشرات الألوف،

وربما مئات الألوف من السنوات، هذا إن عادت على الإطلاق. ومن المستحيل تقريبًا التنبؤ بها، ولذلك؛ من المرجَّح أن تكون أكثر كارثيَّةً بالنسبة للأرض من مذنبات الفترة القصيرة.

اكتشافاتٌ جديدة تتمُّ كل عام؛ ففي 2016، أُعْلِنَ أن كوكبًا تاسِعًا، مقاربًا في حجمه لنبتون، قد يكون موجودًا في عمق حزام كويبر. وهذا الشيء لم يُحدَّد من خلال الملاحظة المباشرة بواسطة تلسكوب، وإنما باستخدام الكمبيوتر لحلِّ مُعادَلات "نيوتن". وعلى الرغم من أن وجوده لم يتأكَّد بعد، إلَّا أن كثيرًا من الفلكيين يعتقدون أن البيانات مُقنِعَةٌ جدًّا، وأن هذا الأمر له سوابق. في القرن التاسع عشر لاحظ علماء الفلك أن كوكب أورانوس انحرف انحرافًا قليلًا عن التنبُّؤات المبنية على قوانين "نيوتن". فإمَّا "نيوتن" كان مُخطِئًا، أو أن هناك جسمًا بعيدًا يتجاذب مع أورانوس. وقام العلماء بحساب موقع هذا الكوكب الافتراضي وعثروا عليه بعد ساعات قليلة من الملاحظة سنة 1846. وأطلقوا عليه اسم "نبتون". (في حالة أخرى، لاحظ علماء الفلك أن عطارد، أيضًا، انحرف عن مساره المتوقَّع. وقد خمَّنوا أن كوكبًا، أطلقوا عليه اسم "ڤولكان" Vulcan، موجودٌ داخل مدار عطارد. ولكن، بعد جهود متكرِّرة، لم يوجد كوكب ڤولكان. "ألبرت أينشتاين"، مُدرِكًا أن قوانين "نيوتن" قد تكون مَعيبَةً؛ بيَّن أن مدار عطارد يمكن تفسيره بتأثيرٍ جديد تمامًا، هو انحراف في الزَّمَكان؛ وفقًا لنظريته في النسبية). والآن، تستطيع أجهزة الكمبيوتر عالية السرعة المزوَّدة بهذه القوانين أن تكشف عن وجود المزيد من الأشياء القاطنة بحزام كويبر وسحابة أورت.

علماء الفلك يظنُّون أن سحابة أورت يمكن أن تمتدَّ لمسافةٍ قد تصل إلى ثلاث سنوات ضوئية من نظامنا الشمسي. وهذا يمثِّل أكثر من نصف الطريق إلى أقرب النجوم إلينا، النظام ثُلاثِيِّ النجوم، "سينتوري" Centauri، الذي يبعد أكثر قليلًا من أربع سنوات ضوئية عن الأرض. ولو افترضنا أن النظام النجمي "سينتوري" مُحاطٌ هو الآخر بمجال من المذنَّبات؛ فمن الممكن إذًا أن يوجد طريق ممتدٌّ من المذنَّبات يربطه بالأرض. وقد يكون من الممكن أن ننشئ سلسلة من المحطات والقواعد والمواقع المتناوِبَة في طريق سريع كبير للسفر بين النجوم. وبدلًا من القفز إلى النجم التالي في وثبَةٍ واحدة، يمكننا أن نسعى للهدف الأكثر تواضُعًا، "القفز عبر المذَنَّبات"، إلى "نظام سينتوري". وهذا الطريق العمومي يمكن أن

يصبح "الطريق رقم 66 الكوني" Route 66. إن إنشاء طريق المذنَّبات السريع هذا ليس خياليًّا كما يبدو لأول وهلة؛ فعلماء الفلك قادرون على تحديد كمية معقولة من المعلومات عن حجم وتناسُق وتركيب المذنَّبات. وعندما مَرَّ مُذنَّب هالي بالقرب من الأرض في 1986، كان علماء الفلك قادرين على إرسال أسطول من المسابير الفضائية لكي تُصوِّرَه وتُحلِّلَه. وقد أسفرت الصور عن وجود نواةٍ صغيرة، تمتدُّ لمسافة حوالي عشرة أميال، تشبه في شكلها حَبَّةَ فولٍ سوداني. (معنى هذا أنه، في لحظة ما في المستقبل، يمكن أن تنفصل القطعتان ويصبح مُذنَّبُ هالي مُذنَّبَيْن). وفوق ذلك، كان علماء الفَلَك قادرين على إرسال مسابير فضائية تحلق داخل ذيول المُذنَّبات، وكانت سفينة الفضاء "روزيتا" Rosetta قادِرةً على إرسال مسبارٍ ليهبط على أحدها. وتحليل بعض هذه المُذنَّبات يُبيِّن أن لها نواةً جليديَّةً صخرية صُلبَة، قد تكون قويَّةً بما يكفي لدعم محطة روبوتية تناوُبيَّة.

يومًا ما، قد تهبط الروبوتات على مُذنَّبٍ بعيد في سحابة أورت وتحفر في سطحه. المعادن والفِلزَّات التي تُستخرَجُ من قلبه يمكن أن تُستَخدَم في تكوين محطة فضائية، كما أن الجليد يمكن أن يُصهَرَ للحصول على مياه الشرب، ووقود الصواريخ، والأوكسچين لروَّاد الفضاء.

ما الذي يمكن أن نكتشفه إذا نجحنا في القيام بمغامرة خارج نظامنا الشمسي؟ نحن قادرون على إحداث تطوُّرٍ جَذريٍّ آخر في فَهمِنا للكون. نحن نكتشف باستمرار كواكب شبيهة بالأرض يمكن أن تدعِّم بعض أشكال الحياة في نُظُمٍ شمسية أخرى. هل سنكون في يوم ما قادرين على زيارة هذه الكواكب؟ هل نستطيع أن نبني سُفُنَ فضاء قادرة على فتح الكون أمام الاستكشاف البشري؟ وكيف؟

الجزء الثاني

رِحْلَةٌ إلَى النُّجومِ

"في مَرْحَلَةٍ ما، لا بُدَّ أن نَتوقَّعَ أَنْ تُسَيطِرَ الآلات".

ALAN TURING "آلان تورينج"

"سَوفَ أَكونُ مُندَهِشًا بِشِدَّةٍ لَو حَدَثَ شَيءٌ بَعيدٌ كَهذا في المائِةِ سَنَةٍ أو المائِتَيْ سَنَةٍ القادِمَتَيْن".

DOUGLAS HOFSTADTER "دوجلاس هوفستاتر"

الفصل السابع

روبوتات في الفضاء

الزَّمن هو عام 2084. "أرنولد شوازنجر" Arnold Schwarzenegger عامِلُ بناء بسيط تقضُّ مَضجَعَه أحلامٌ متكرِّرة عن المريخ؛ فيقرِّر أنه يجب أن يغامر بالذهاب إلى الكوكب لكي يعرف أصل هذه الأحلام. وهناك، يشهد مُدُنًا كبيرة صاخبة، ومباني زجاجيَّةً مُقبَّبَةً برَّاقة، وعمليات تعدين واسعة، وبنية أساسية معقَّدة من الأنابيب والكابلات والمولِّدات توفِّر الطاقة والأوكسچين لألوف من المقيمين الدائمين.

فيلم "الاستدعاء الشامل" Total Recall يقدِّم رؤية شائقةً لما يمكن أن تكون عليه مدينة فوق المريخ: لامعة ونظيفة وعلى أحدث مستوى من التطوُّر. ولكن توجد مشكلة صغيرة، فعلى الرغم من أن هذه المدن الخيالية على المريخ تمثِّل بالنسبة لهوليود ديكورات عظيمة، فإن بناءها بتكنولوچياتنا الحالية يتجاوز في الواقع ميزانية أي مَهمَّة لـ "ناسا". وعلينا أن نتذكَّر منذ البداية أن كل مطرقة وكل قطعة من الورق وكل مشبك ورق يجب أن يُشحَنَ إلى المريخ الذي يقع على بعد مئات الملايين من الأميال. ولو أننا سافرنا إلى ما وراء النظام الشمسي إلى نجوم

قريبة، حيث يكون الاتصال السريع بالأرض مستحيلًا؛ سوف تتضاعف المشاكل. وبدلًا من الاعتماد على نقل الإمدادات من الأرض، يجب أن نبحث عن طريقة لتدبير الوجود في الفضاء من دون التسبُّب في إفلاس الأُمَّة.

وقد تكمن الإجابة في استخدام تكنولوچيات الموجة الرابعة. تكنولوچيا النانو والذكاء الاصطناعي يمكن أن تُغيِّرا قواعد اللعبة تغييرًا جذريًّا.

بحلول أواخر القرن الحادي والعشرين، سوف تسمح لنا التطوُّرات في تكنولوچيا النانو بأن ننتج كميات كبيرة من الأنابيب النانوية من الجرافين والكربون، وهي مواد خفيفة الوزن بدرجة فائقة سوف تُحدِث ثورة في عالم الإنشاءات. الجرافين يتكون من طبقة أحادية الجزيء من ذرات الكربون شديدة التماسك لتكوين لوح فائق الخفَّة، فائق العمر. إنها شبه شفافة وعمليًّا منعدمة الوزن، إنها أقسى مادة يعرفها العلم؛ أقوى من الصلب بمائتي مرة، بل أقوى من الماس. نظريًّا، تستطيع أن تضع فيلًا فوق قلم رصاص ثم تضع سِنَّ القلم على لوح من الجرافين من دون أن ينكسر أو يتمزَّق. وعلاوة على ذلك، الجرافين مُوصِّل للكهرباء. والعلماء قادرون الآن بالفعل على تثبيت ترانزستور في حجم الجزيء على لوح من الجرافين. وقد يصنع منه كمبيوتر المستقبل.

الأنابيب النانوية الكربونية هي ألواح من الجرافين تَمَّ تشكيلها في هيئة أنابيب طويلة. وهي عَمليًّا غير قابلة للكسر، وتقريبًا غير مرئية. ولو أنك صنَّعت أحبالَ تعليقِ جسر بروكلين من الأنابيب النانوية الكربونية؛ سوف يبدو الجسر وكأنه طافٍ في الهواء.

إذا كانت الأنابيب النانوية والجرافين موادَّ مُعجِزَةً لهذه الدرجة، فلماذا لا نستعملها في بناء منازلنا وجسورنا ومبانينا وطرقنا السريعة؟ في هذه اللحظة، من الصعب جدًّا إنتاج كميات كبيرة من الجرافين النَّقيِّ. في حين أن وجود أي شائبة أو عيب على المستوى الجزيئي يمكن أن يُخَرِّب خواصَّه الفيزيائية الخارقة. ومن الصعب الآن إنتاج شرائح أكبر من طابع بريد.

ولكن الكيمائيين يأملون أن يكون من الممكن في القرن القادم إنتاجها على نطاق ضخم؛ ما يؤدِّي إلى تخفيض كبير في تكلفة إنشاء البنية الأساسية في الفضاء الخارجي. ولأنها خفيفة جدًّا؛ يمكن شَحْنُها بكفاءة إلى مواقع بعيدة خارج الأرض،

بل وربما يمكن تصنيعها على كواكب أخرى. والمدن المصنوعة بكاملها من هذه المادة الكربونية يمكن أن تنهض فوق الصحراء المريخية. المباني قد تبدو شفافة جزئيًا. والحُلَلُ الفضائية يمكن أن تكون رقيقة جدًّا وملتصقة بالجسم. والسيارات يمكن أن تصبح فائقة الكفاءة في استخدام الطاقة؛ لأن وزنها سيكون خفيفًا جدًّا. ومجال العمارة بكامله يمكن أن ينقلب رأسًا على عقب مع قدوم التكنولوچيا النانوية.

ولكن حتى مع مثل هذه التطوُّرات، مَن سيقوم بالعمل البدني القاصم للظهر لتكوين مستوطناتنا على المريخ ومستعمراتنا التعدينية في حزام الكويكبات وقواعدنا على تيتان والكواكب البعيدة؟ الذكاء الاصطناعي قد يمدُّنا بالحل.

الذَّكاءُ الاصطِناعيُّ: عِلْمٌ وَليدٌ

في 2016، سَرَت حالة من الإثارة والاهتمام في مجال الذكاء الاصطناعي بفعل الأنباء التي مؤدَّاها أن "ألفاجو" AlphaGo، برنامج الكمبيوتر الذي ابتكرته شركة "ديب مايند" DeepMind، هزم "لي سوديل" Lee Sedol، البطل العالمي للعبة Go القديمة. لقد اعتقد الكثيرون أن هذا العمل يتطلَّب عدَّة عقود قادمة. وبدأت افتتاحيات الصحف في العويل على أساس أن هذا هو إعلان وفاة الجنس البشري. الآلات أخيرًا عَبَرَت كل الموانع وسوف تسيطر في القريب العاجل. ولم تَعُدْ العودة للوراء ممكِنَةً.

"ألفاجو" هو أكثر برامج الألعاب تقدُّمًا على الإطلاق. في الشطرنج يوجد في المتوسط ما بين 20 و30 حركة يمكن أن تقوم بها في أي وقت، ولكن بالنسبة لبرنامج "جو"، يوجد حوالي 250 حركة ممكنة. والواقع أن العدد الإجمالي لأوضاع لعبة "جو" يتجاوز إجمالي عدد الذَّرَات في الكون. لقد كان من المعتَقَد في وقت ما أن من الصعب جدًّا على كمبيوتر أن يحسب كل الحركات الممكِنَة، ولذلك؛ عندما استطاع "الفاجو" أن يهزم "سوديل"، أصبح الأمر موضوعًا عاجِلًا للإعلام.

ومع ذلك؛ فقد اتَّضح على الفور أن "ألفاجو"، بِغَضِّ النظر عن مدى تقدُّمه، كان قادرًا على الفوز في شيء واحد. فالفوز في لعبة "جو" كان كل ما يستطيع

أن يفعله. وكما قال "أورين إيتزيوني" Oren Etzioni، المدير التنفيذي لمعهد "ألين للذكاء الاصطناعي" Allen Institute for Artificial Intelligence: "ألفاجو لا يستطيع حتى أن يلعب الشطرنج. ولا يستطيع أن يتكلَّم عن اللعبة. إن ابني ذا الستة أعوام أذكى من ألفاجو". ومهما كانت قوة المكوِّنات الصلبة للآلة، فإنك لا تستطيع أن تذهب إليها وتربِّت على ظهرها، وتحييها لفوزها على إنسان، وتتوقَّع منها استجابة واضحة معقولة. الآلة لا تعي مطلقًا أنها صَنَعَت تاريخًا علميًّا. والواقع أن الآلة لا تعرف حتى أنها آلة. ونحن في الغالب ننسى أن روبوتات اليوم آلات حاسبة ميكانيكية مفخَّمة أكثر من اللازم، بدون وعي ذاتي، أو إبداع، أو منطق، أو عواطف. إنها تستطيع أن تتفوق في مهامَّ محدَّدة مكرَّرة محدودة، ولكنها تفشل في المهام الأكثر تعقيدًا التي تحتاج معارف عامة.

على الرغم من أن مجال الذكاء الاصطناعي يُحْدِث في الحقيقة طفراتٍ علميَّةً ثورية، فإن علينا أن نقيِّم تقدُّمَه التقييم الصحيح. فلو قارَنَّا تطور الروبوتات بتطور علم الصواريخ، سوف نجد أن علم الروبوتات يلي المرحلة التي وصل إليها "تسيولكوفيسكي" Tsiolkovsky، أي أنه في مرحلة ما بعد التخمين والتنظير. نحن نقع في المرحلة التي أخذنا إليها "جودارد" Goddard ونبني نماذج أوَّليَّة بدائية، ولكنها تبيِّن بوضوح أن مبادئنا الأساسية صحيحة. ومع ذلك، فإن علينا أن ننطلق إلى المرحلة التالية، عالَمِ "ڤون براون" Von Braun، الذي تخرج فيه روبوتات مبتكِرة وقوية من خطوط التجميع وتبني مُدنًا على كواكب بعيدة.

حتى الآن، حقَّقَت الروبوتات نجاحًا مُذهِلًا بوصفها آلات تعمل بالتحكُّم عن بُعد. فوراء سفينة الفضاء "ڤويجر" Voyager التي دارت حول المشترى وزحل، وخلف مسبارَيْ "ڤايكينج" Viking اللَّذَيْن هبطا على سطح المريخ، وخلف سفينتَيْ الفضاء "جاليليو" Galileo و"كاسيني" Cassini اللَّتَيْن دارتا حول العمالقة الغازية، كان هناك طاقم من البشر مكرَّس يتَّخذ القرارات. ومثل الطائرات التي تعمل بدون طيَّار، تقوم هذه الروبوتات ببساطة بتنفيذ تعليمات البشر الذين يوجِّهونها من مركز التحكُّم في "باسادينا" Pasadena. وكل "الروبوتات" التي نراها في الأفلام إمَّا دُمًى متحرِّكة، أو رسوم متحركة بواسطة الكمبيوتر، أو آلات تعمل بالتحكُّم عن بعد. (روبوتي المفضَّل في الخيال العلمي هو "روبي" Robby، في فيلم

"الكوكب المحرَّم" Forbidden Planet، وعلى الرغم من أن الروبوت بدا يَمُتُّ إلى المستقبل، فقد كان هناك إنسانٌ مُخبَّأ بداخله).

ولكن حيث إن قوة الكمبيوتر كانت تتضاعف كل ثمانية عشر شهرًا على مدى العقود القليلة الماضية، فماذا نستطيع أن نتوقَّع في المستقبل؟

الخُطوَةُ التَّالِيَة: إنسانٌ آلِيٌّ حَقيقيٌّ

في خطوة متقدِّمة عن الروبوتات التي تعمل بالتحكُّم عن بعد، هدفنا القادم أن نُصمِّمَ إنسانًا آليًّا حقيقيًّا Automaton، أي روبوت لديه القدرة على اتخاذ قراراته بنفسه مُتطلِّبًا حدًّا أدنى فقط من التدخُّل الإنساني. إنسان آلي ينبري للعمل متى سَمِعَكَ تقول له "التقط القمامة". وهذا فوق قدرة الروبوتات الحالية. سوف نحتاج إنسانًا آليًّا يستكشف ويستعمر الكواكب الخارجية[1] معتمِدًا على نفسه تقريبًا، حيث إن الاتصال بها بواسطة الراديو سيتطلَّب ساعات.

هذا الإنسان الآلي الحقيقي سوف يكون لازِمًا حتمًا لتأسيس مستعمرات على الكواكب والأقمار البعيدة. ويجب ألَّا ننسى أنه خلال عقود كثيرة قادمة، قد يصل عدد سكان المستوطنات في الفضاء الخارجي إلى عِدَّة مئات فقط. العمل البشري سيكون نادرًا واستثنائيًّا، وفي الوقت نفسه سيكون هناك ضغط شديد من أجل خلق مدن جديدة في عوالم بعيدة. وهنا، تستطيع الروبوتات أن تصنع الفارق. أولًا، سيكون عليها أن تقوم بوظائف ذات ثلاثة أبعاد: خطيرة ومُمِلَّة وقذرة.

على سبيل المثال، عندما نشاهد أفلام هوليود، ننسى أحيانًا كم يمكن أن يكون الفضاء الخارجي خطيرًا. حتى عند العمل في بيئات ذات جاذبية منخفضة، سوف تكون الروبوتات لازِمَةً للقيام، من دون جهد يذكر، بعمليات الرفع الثقيلة في الإنشاءات، وحمل الحزم والعوارض والبلاطات الخرسانية والآلات الثقيلة وغيرها، اللازمة لبناء قاعدة في عالم آخر. الروبوتات سوف تكون متفوِّقة بكثير على رُوَّاد الفضاء بِحُلَلِهم الفضائية الثقيلة، وعضلاتهم الهَشَّة، وحركات أجسامهم البطيئة،

(1) الكواكب الخارجية Exoplanets: الكواكب التي تقع خارج النظام الشمسي- المترجم.

وحاويات الأوكسچين الثقيلة. وبينما الإنسان يُصاب بالإرهاق بسهولة، فإن الروبوتات تستطيع أن تعمل بلا انقطاع، ليلًا ونهارًا.

وفوق ذلك، في حالة وقوع حوادث، يمكن إصلاح الروبوتات بسهولة أو استبدالها في الكثير من المواقف الخطرة. وهي تستطيع أن تنزع فتيل المتفجِّرات التي تستخدم في نحت مواقع إنشائية أو شق طرق سريعة جديدة. إنها تستطيع أن تسير وسط اللهب لإنقاذ رواد الفضاء في حالة اندلاع حريق أو العمل في بيئة متجمدة على أقمار بعيدة. كما أنها لا تحتاج الأوكسچين، وبالتالي لا خطر عليها من الاختناق، الذي يمثل تهديدًا دائمًا لرواد الفضاء.

وتستطيع الروبوتات أيضًا أن تستكشف التضاريس الخطرة على العوالم البعيدة. وعلى سبيل المثال، نحن لا نعرف سوى القليل جدًّا عن استقرار وبنية الأغطية الجليدية على المريخ أو البحيرات الجليدية على تيتان، مع أن هذه المستودعات الجليدية يمكن أن تكون مصدرًا أساسيًّا للأوكسچين والهيدروچين. وتستطيع الروبوتات أيضًا استكشاف أنابيب اللافا على المريخ، التي قد تمثِّل حماية من المستويات الخطيرة من الإشعاع، واستطلاع أقمار المشترى. وبينما اللهب الشمسي والأشعة الكونية يمكن أن تزيد إمكانية إصابة رواد الفضاء بالسرطان، فإن الروبوتات سوف تكون قادرة على العمل حتى في مجالات الإشعاع المميتة. كما يمكن للروبوتات استبدال أعضاء أجسادها التي بَلِيَت بفعل الإشعاع الكثيف من مخازن خاصَّة مَحميَّةٍ بشدَّة تتوفَّر بها قطع الغيار.

بالإضافة للقيام بالوظائف الخطيرة، يمكن أن تقوم الروبوتات بالوظائف المُمِلَّة، وخاصَّةً المهام الصناعية المتكررة. وأخيرًا، أي قاعدة قمرية أو كوكبية سوف تحتاج كميات كبيرة من السلع المصنعة، التي يمكن أن تنتجها الروبوتات بكميات ضخمة. وسوف يكون هذا أساسيًّا لإنشاء مستعمرة مكتفية ذاتيًّا تستطيع أن تقوم باستخراج المعادن المحلية لإنتاج السلع الضرورية لقاعدة قمرية أو كوكبية.

وأخيرًا، يمكنها القيام بالمهام القذرة. حيث يمكن أن تقوم بصيانة وإصلاح المجاري ونُظُم الصرف الصحي في المستعمرات البعيدة. كما تستطيع أن تعمل وسط الكيماويات والغازات السامة التي توجد في عمليات تدوير ومعالجة النباتات.

ولذلك؛ نحن نرى أن الإنسان الآلي الذي يستطيع أن يعمل دونما تدخُّلٍ مباشر من البشر سوف يلعب دورًا أساسيًّا لو كان لمدن وناطحات سحاب ومنازل حديثة أن تنشأ على القفار القمرية والصحاري المريخية. لو تناسَيْنا الروبوتات الخيالية التي نراها في الأفلام وروايات الخيال العلمي، فما الوضع الفعلي لهذه التكنولوچيا؟ كم أمامنا من الزمن لكي يكون لدينا روبوتات تستطيع أن تنشئ مُدُنًا على المريخ؟

تاريخُ الذَّكاءِ الاصطِناعيّ

في 1955، اجتمعت مجموعة مُنتقاة من الباحثين في "دارتماوث" Dartmouth وافتتحوا مجال الذكاء الاصطناعي. لقد كانوا واثقين لأقصى درجة أنهم يستطيعون، في فترة زمنية قصيرة، أن يُنَمُّوا آلة ذاكية تستطيع أن تحلَّ المسائل المُعقَّدة، وتعي المفاهيم الموجزة، وتستخدم اللغة، وتتعلَّم من خبراتها. وقد قالوا: "نحن نعتقد أن تَقَدُّمًا كبيرًا يمكن أن يُنْجَزَ في واحدة أو أكثر من هذه المسائل لو أن مجموعة من العلماء مختارة بعناية اشتغلت عليها لمدة صيف واحد".

ولكنهم ارتكبوا خطأً جوهريًّا. فقد افترضوا أن المُخَّ البشري حاسِبٌ[1] رقميٌّ. واعتقدوا أننا لو استطعنا أن نختزل قوانين الذكاء إلى قائمة من الشفرات ثم إدخالها في كمبيوتر، سوف يصبح فجأة آلةً مفكِّرةً. سوف يمتلك وعيًا ذاتيًّا، وتستطيع أن تجري معه محادثة ذات معنى. وقد سُمِّي ذلك منهج "من أعلى لأسفل" أو "الذكاء داخل قارورة".

الفكرة بَدَت بسيطةً وذكية، وأَلْهَمَت تنبُّؤاتٍ متفائِلةً. وتحقق نجاح كبير في خمسينيات وستينيات القرن العشرين. حيث أمكن تصميم كمبيوتر قادر على أن يلعب الضامة والشطرنج، ويحل معادلات جبرية، وأن يميز ويلتقط الأشياء. وفي 1965، أعلن رائد الذكاء الاصطناعي "هيربرت سيمون" Herbert Simon أن "الآلات سوف تكون قادرة، خلال عشرين عامًا، على القيام بأي عمل يستطيع أن يقوم

(1) نستخدم هنا كلمة "حاسب" ومشتقَّاتها (مثل حاسوب وحَوْسَبَة ومُحَوْسَب) مرادفًا لكلمة "كمبيوتر" ومشتقاتها- المترجم.

بـه الإنسـان". وفي سـنة 1968، أخذنـا فيلـم "2001" إلى "هـال" HAL، الكمبيوتـر الـذي يسـتطيع أن يتحـدَّث إلينـا وأن يقـود سـفينة فضـاء إلى المشـترى.

ثـم، اصطـدم الـذكاء الاصطناعـي بحائـط صلـب. التقـدُّم تباطَـأَ جـدًّا بسـبب الاصطـدام بعقبتـين رئيسـيتين: إدراك وتصنيـف الملاحظـات، والقـدرة عـلى الحكـم عـلى الأشـياء. فالروبوتـات تسـتطيع أن تـرى -أفضـل في الواقـع مـمَّا نسـتطيع نحـن بعـدة مـرات- ولكنهـا لا تفهـم مـا تـراه. فـإذا واجهناهـا بجـدول، تسـتطيع فقـط أن تُمَيِّـزَ الخطـوط والمربعـات والمثلثـات والأشـكال الإهليجيـة. إنهـا لا تسـتطيع أن تضـع هـذه العنـاصر معًـا وأن تحـدِّد الـكل. إنهـا لا تسـتطيع أن تعـي مفهـوم "الجدولـة"؛ ومـن ثَـمَّ مـن الصعـب عليهـا جـدًّا أن تتجـوَّل في غرفـة، وتميِّـز الأثـاث، وتتجنَّـب العوائـق. والروبوتـات تتـوه تمامًـا عندمـا تخـرج لتسـير في الشـارع، حيـث تواجـه الكميـات الضخمـة مـن الخطـوط والدوائـر والمربعـات التـي تمثِّـل أطفـالًا رُضَّعًـا وأفـراد شرطـة وكلابًـا وأشـجارًا.

العقبـة الثانيـة كانـت القـدرة عـلى الحكـم عـلى الأشـياء، فنحـن نعـرف أن الميـاه رطبـة، وأن السلاسـل يمكـن أن تُجَـرَّ ولا يمكـن أن تُدْفَـعَ، وأن الكتـل الصلبـة يمكـن أن تُدفَـعَ ولا يمكـن أن تُجَـرَّ، وأن الأمهـات أكـبر سِـنًّا مـن بناتهـن. كل هـذا واضـح بالنسـبة لنـا. ولكـن مـن أيـن اسـتقينا نحـن هـذه المعرفـة؟ لا يوجـد فـرعٌ في الرياضيـات يُبَرْهِـنُ عـلى أن السلاسـل لا يمكـن أن تُدفَـع. لقـد اسـتخلصنا هـذه النتائـج مـن الخـبرة العمليـة، مـن الاحتـكاك بالواقـع. نحـن نتعلَّـم مـن "جامعـة الصدمـات القاسـية".

الروبوتـات، عـلى الجانـب الآخـر، لا تمتلـك ميـزة الخـبرة الحياتيـة. كل شيء يجـب أن يُسـقَى لهـا بالملعقـة، حرفًـا فحرفًـا، باسـتخدام شـفرات الكمبيوتـر. لقـد بُذِلَـت بعـض المحـاولات لتشـفير كل مُكـوِّن مـن مكوِّنـات القـدرة عـلى الحكـم عـلى الأشـياء، ولكـن ببسـاطة، هنـاك الكثـير جـدًّا منهـا. إن طفـلًا في الرابعـة مـن عمـره يعـرف بالحَـدْس عـن فيزيـاء وأحيـاء وكيميـاء العـالم أكـثر مـمَّا يعرفـه أكـثر أجهـزة الكمبيوتـر تَقَدُّمًـا.

تَحدّي "داربا"

في 2013، وكالة أبحاث مشروعات الدفاع المتقدِّمة (داربا) Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)، فرع البنتاجون الذي أرسى أساس الإنترنت، أعلنت عن تَحدٍّ لعلماء العالم: اصنع روبوتًا يستطيع أن يزيل الفضلات المشعَّة المرعبة في فوكوشيما، حيث انصهَرَت ثلاث محطات طاقة نووية في 2011. الحُطام مُشِعٌّ بكثافةٍ، لدرجة أن العاملين يستطيعون أن يدخلوا إلى مجال الإشعاع القاتل لمدة دقائق قليلة فقط. ونتيجة لذلك؛ تمَّ تأجيل العملية لأجل طويل. والمسؤولون في الوقت الحالي يُقدِّرون أن التنظيف سوف يستغرق من ثلاثين إلى أربعين عامًا، وسوف يتكلَّف حوالي 180 بليون دولار.

ولو أمكن بناء روبوت يستطيع أن يُزيل الحطام والمخلَّفات من دون تدخُّل من الإنسان؛ يمكن أن تكون هذه أيضًا الخطوة الأولى باتجاه خلق إنسان آلي حقيقي يستطيع أن يساعد في بناء قاعدة قمرية أو مستوطنة على المريخ، حتى في وجود الإشعاع.

وحيث أدركت "داربا" أن فوكوشيما سوف تكون المكانَ المثاليَّ لوضع أحدث تكنولوچيا الذكاء الاصطناعي موضعَ التنفيذ؛ قرَّرَت أن تطلق "تحدي داربا الروبوتي" DARPA Robotics Challenge، ورصدت جائزة قيمتها 3.5 مليون دولار للروبوتات التي تستطيع أن تقوم بمهام التنظيف الأولية. (حقَّق تحدٍّ سابِقٌ لداربا نجاحًا مذهلًا، أدَّى في النهاية إلى تمهيد الطريق أمام تصنيع سيَّارة بدون سائق). هذه المنافسة كانت أيضًا المنتدى المثالي الذي أُعلِنَ فيه عن تحقيق تقدُّمٍ في مجال الذكاء الاصطناعي. لقد جاء وقت الإفصاح عن تقدُّمٍ حقيقي بعد سنوات من المبالغة والتهويل. وسوف يرى العالم أن الروبوتات قادرة على أداء مهام أساسية لم يكن الإنسان مُؤهَّلًا لها.

القواعد كانت في غاية الوضوح والبساطة. الروبوت الفائز يجب أن يكون قادرًا على أداء ثماني مهام بسيطة، تتضمَّن قيادة السيارة، وإزالة الحطام، وفتح باب، وإقفال صمام راشح، وتوصيل خرطوم لإطفاء الحريق، وتشغيل صمام. المشاركات في المنافسة انهالت من أنحاء العالم، حيث تبارى المتنافسون من أجل الفوز بالمجد والمال. ولكن بدلًا من التبشير بعصر جديد، جاءت النتائج النهائية مُربِكَة،

حيث فشل كثير من المتسابقين في إكمال المهام، بل إن البعض انهار في مواجهة الكاميرات. وقد بيَّن التحدِّي أن الذكاء الاصطناعي أكثرَ تعقيدًا بعضَ الشيء ممَّا يفترضه منهج "من أعلى لأسفل".

آلَةُ التَّعَلُّم

باحثون آخرون في مجال الذكاء الاصطناعي أهملوا تمامًا أسلوب "من أعلى لأسفل"، واختاروا بدلًا منه أن يقلِّدوا الطبيعة الأم بالذهاب من أسفل إلى أعلى. وهذه الاستراتيچية البديلة قد تُقدِّم الطريق الأكثر تبشيرًا بخلق روبوتات قادرة على العمل في الفضاء الخارجي. خارج معامل الذكاء الاصطناعي، يمكن أن توجد أشباه الإنسان الآلي المتطوِّر في صورة أكثر قوة من أي شيء نقدر على تصميمه. وهذه تُسمَّى الحيوانات. إن الصراصير الصغيرة تُناوِرُ بخبرةٍ خلال الغابة بحثًا عن الطعام والشريك. وعلى العكس، فإن روبوتاتنا الثقيلة الخرقاء تُزيلُ الجصَّ أحيانًا من على الحوائط حيث تمرُّ بها في تَثاقُلٍ.

الافتراضات الخاطئة الكامنة وراء جهود باحِثي "دارتماوث" Dartmouth قبل سِتِّين عامًا تطارد المجال اليوم. المخ ليس حاسِبًا رقميًّا. ليس به برمجة، ولا وحدة معالجة مركزية، ولا رقائق بنتيوم، ولا وظائف فرعية Subroutines[1]، ولا تشفير. ولو أنك أزلت ترانزستور واحدًا من جهاز كمبيوتر؛ من المتوقَّع أن يتوقَّف عن العمل. ولكن لو أَزلتَ نصفَ مُخِّ إنسانٍ، يستطيع أن يستمرَّ في أداء وظيفته.

الطبيعة تصنع معجزات حسابية عن طريق تنظيم المخ في شكل شبكة عصبية، أو آلة تعلُّم. إن حاسبك المحمول لا يتعلَّم أبدًا، إنه أبكم اليوم كما كان بالأمس أو في العام الماضي. بينما المخ البشري يقوم حرفيًّا بإعادة تنظيم شبكته العصبية بعد تعلُّم أيِّ مَهمَّة؛ وهذا هو السبب في أن الأطفال يغمغمون قبل أن يتعلَّموا اللغة، وفي أننا ننحرف بالدراجة قبل أن نتعلَّم كيف نقودها. إن الشبكات العصبية تتحسَّن تدريجيًّا بالتكرار المستمر، مُتَّبِعَةً "قاعدة هِب" Hebb's Rule التي تقرِّر

(1) وظائف فرعية Subroutines: سلسلة من التعليمات الحاسوبية لأداء وظيفة محددة يمكن أن تكون مطلوبة بشكل متكرر- المترجم.

أنـك كُلَّـما أدَّيـتَ مَهمَّـةً؛ قَويَـتْ الوَصـلاتُ العصبيَّـةُ الخاصَّـةُ بهـذه المَهمَّـة. وكـما يقـول علـم الأعصـاب، فـإن الخلايـا العصبيـة التـي تتفاعـل معًـا تقـوِّي بعضهـا بعضًـا. والشـبكات العصبيـة تفسِّر المثـل السـائر الـذي يقـول إن "التكـرار يُعلِّـم الشُّـطَّار".

وعـلى سـبيل المثـال، هـواة المـشي لمسـافات طويلـة يعرفـون أنـه إذا كان مسـارٌ مُعـيَّنٌ يبـدو مطروقًـا؛ فمعنـى هـذا أن الكثـير مـن نُظرائِهـم سَـلكوا هـذا المسـار، وربمـا كان هـذا أفضـل مَسـارٍ يمكـن اتِّخـاذه. والطريـق الصحيـح يـزداد كفـاءة في كل مـرَّةٍ تَسـلُكُه. وعـلى النحـو ذاتـه، الوصـلات العصبيـة الخاصـة بسـلوك معـين تتقـوى كلـما قمـت بالمزيـد مـن تنشـيطها. مكتبة سُر مَن قرأ

وهـذا مهـمٌ لأن آلات التعلُّـم سـوف تكـون مفتـاحَ استكشـاف الفضـاء. الروبوتـات سـوف تواجـه باسـتمرار بأخطـار جديـدة ودائمـة التغـير في الفضـاء الخارجـي. وسـوف تضطـر لمواجهـة سـيناريوهات لا تخطـر حتـى عـلى بـال العلـماء اليـوم. فالروبـوت المبرمـج للتعامـل فقـط مـع مجموعـة محـدَّدة مـن الطـوارئ لـن يكـون مفيـدًا لأنـه سـيواجه مِحَنًـا أخـرى غـير متوقَّعـة. وعـلى سـبيل المثـال، فـإن الفـأر لا يسـتطيع أن يسـتوعب جميـع السـيناريوهات مُشـفرَّةً في چيناتـه؛ لأن العـدد الإجـمالي للمواقـف التـي يمكـن أن تواجِهَـه غـير محـدود، بينـما عـدد چيناتـه محـدودٌ.

ولنتصـوَّر أن دَفقَـةً مـن الشـهب في الفضـاء ضربـت قاعـدة عـلى المريـخ مدمِّـرة عـددًا كبـيرًا مـن المبـاني. الروبوتـات التـي تسـتخدم شـبكات عصبيـة تسـتطيع أن تتعلـم التعامـل مـع هـذه المواقـف غـير المتوقَّعـة، بشـكل أفضـل في كل مـرة. ولكـن الروبوتات التقليديـة سـوف تُصـاب بالشَّـلَلِ أمـام هـذا الطـارئ غـير المتوقَّـع.

الكثـير مـن هـذه الأفـكار تناولهـا بحـث "رودني بروكـس" Rodney Brooks، المديـر السـابق لمعمـل الـذكاء الاصطناعـي AI Laboratory المشـهور في معهـد ماساتشوسـتس للتكونولوجيـا (MIT). وفي أثنـاء لقـاء لنـا، تعجَّـب مـن أن بعوضـة بسـيطة، لديهـا مُـخٌّ ميكروسـكوبي يتكـوَّن مـن مائـة ألـف خليـة عصبيـة، تسـتطيع أن تتحـرَّك بـدون جهـد يُذكَـر في ثلاثـة أبعـاد، ولكـن برامـج كمبيوتـر فائقـة التعقيـد كانـت ضروريـة للتحكُّـم في روبـوت بسـيط يسـتطيع المـشي ولكنـه لا يـزال يمكـن أن يتعثَّـر. لقـد ابتـدع منهجًـا جديـدًا حيـث ابتكـر روبوتـات تتعلَّـم كيـف تتحـرَّك مثـل حـشرات عـلى سِـتِّ أرجـل.

هي تسقط غالبًا في البداية، ولكنها تصير أفضل فأفضل مع كل محاولة، وتنجح بالتدريج في تنسيق حركة أرجلها مثل حشرات حقيقية.

عملية وضع شبكات عصبية داخل كمبيوتر يُطلَق عليها التَّعلُّم العميق. وحيث تستمر تلك التكنولوجيا في التطور، يمكن أن تُحدِثَ ثورةً في عدد من الصناعات. ففي المستقبل، عندما تريد التحدَّثَ إلى طبيب أو محامي، يمكنك أن تتحدَّث إلى ساعة الحائط أو ساعة يَدِكَ الذكية وتطلب طبيب/ روبوت، أو محامي/ روبوت، وهي برامج ستكون قادرة على مسح شبكة الإنترنت وتقديم نصيحة صوتية طبية أو قانونية. وهذه البرامج سوف تتعلَّم من الأسئلة المتكررة وتتطوَّر إلى الأفضل فالأفضل في الاستجابة لاحتياجاتك الخاصة، وربما في توقُّعها.

التعلُّم العميق قد يقودنا أيضًا في الطريق إلى الإنسان الآلي الذي سنحتاجه في الفضاء. ففي العقود القادمة، مَنْهَجَا "من أسفل لأعلى" و"من أعلى لأسفل" قد يندمجان؛ لكي يمكن زرع بعض المعارف في الروبوت منذ البداية، كما يمكن أيضًا أن تعمل الروبوتات وتتعلَّم من خلال شبكات عصبية. ومثل البشر، سوف يكونون قادرين على التعلُّم من التجارب إلى أن يتمكَّنوا من التعرُّف على الأنماط؛ ما سوف يسمح لهم بتحريك الأدوات في ثلاثة أبعاد، ومن إدراك وتصنيف الملاحظات الذي سوف يمكنهم من التعامل مع مواقف جديدة. إنهم سوف يكونون مهمِّين جدًّا في بناء وصيانة مستوطنات فوق المريخ، وعبر النظام الشمسي وفيما وراءه.

سوف يتم تصميم روبوتات مختلفة للتعامل مع مهامَّ محدَّدةٍ. فالروبوتات التي يمكن أن تتعلَّم السباحة داخل نظم الصرف الصحي بحثًا عن الكسور ومواضع الارتشاح سوف تكون شبيهةً بالثعبان. والروبوتات فائقة القوة سوف تتعلَّم كيف تقوم بكل أعمال الرفع في مواقع الإنشاءات. والروبوتات الطائرة سوف تتعلَّم كيف تُحلِّل وتمسح التضاريس الغريبة. والروبوتات التي يمكن أن تتعلَّم استكشاف أنابيب "اللافا" تحت السطح يمكن أن تشبه العنكبوت؛ لأن المخلوقات متعدِّدة الأرجل تكون ثابِتَةً جدًّا عند التحرُّك فوق التضاريس الوعرة. الروبوتات التي يمكن أن تتعلم كيف تجوب الأغطية الجليدية للمريخ قد تشبه عَرباتٍ ذكيَّةً للتحرُّك فوق الجليد. الروبوتات التي يمكن أن تتعلَّم كيف تسبح في محيطات "يوروبا" Europa وتقبض على الأشياء قد تشبه الأخطبوط.

لاستكشاف الفضاء الخارجي، نحتاج روبوتات تستطيع أن تتعلَّم من خلال الاحتكاك بالبيئة مع مرور الوقت، وكذلك من خلال استيعاب المعلومات التي تُغَذَّى بها مباشرة.

ومع ذلك، حتى هذا المستوى المتقدِّم من الذكاء الاصطناعي قد لا يكون كافيًا لو أننا أردنا من الروبوتات أن تُجَمِّع مُدنًا كاملة بأنفسها. والتحدِّي الأخير في مجال الروبوتات قد يكون خَلقَ ماكيناتٍ تستطيع أن تتناسَخَ وأن تمتَلِكَ الوعيَ الذَّاتيَّ.

الرُّوبوتاتُ ذاتِيَّةُ التَّناسُخِ

تعرَّفتُ لأوَّل مرَّةٍ على التناسُخ الذَّاتي عندما كنت طفلًا. فقد قرأت كتابًا في علم الأحياء يشرح كيف أن الڤيروسات تنمو عن طريق سرقة خلايانا لكي تصنع نُسخًا من أنفسها، بينما البكتيريا تنمو عن طريق الانقسام والتناسُخ. وإن لم يَتِمَّ كَبْحُها خلالَ أشهر أو سنوات؛ فإن عدد البكتيريا في مُستعمَرَةٍ واحدة قد يصل في الواقع إلى كمِّيَّات مذهلة، تنافس حجم كوكب الأرض.

في البداية، بَدَت لي إمكانية التناسخ الذاتي غير المحكومة منافِيَةً للعقل. ولكني بدأت في تَفهُّمها لاحِقًا. فالڤيروس في النهاية ليس إلا جزيئًا يستطيع إعادة إنتاج نفسه. ولكن حفنة من هذه الجزيئات، لو أُودِعَت في أَنْفِكَ، تستطيع أن تصيبك بالبرد خلال أسبوع. والجزيء الواحد يستطيع أن يتضاعف إلى تريليونات النسخ من نفسه، بما يكفي لجعلك تعطس. والواقع، أننا جميعا نبدأ حياتنا على شكل بويضة صغيرة مخصَّبَة داخل أُمِّنا، أصغر كثيرًا من أن تُرى بالعين المجردة. ولكن خلال تسعة أشهر فقط، تصبح هذه الخليَّة الصغيرة جدًّا كائنًا بشريًّا. وهكذا، حتى حياة الإنسان تعتمد على النمو الأُسِّيِّ للخلايا.

تلك هي قوة التناسخ الذاتي، التي هي أساس الحياة ذاتها. وسِرُّ التناسُخ الذاتي يكمن في جزيء الحمض النووي. وهناك قدرتان تفصلان هذا الجزيء الإعجازي عن كل الجزيئات الأخرى، أوَّلًا: أنه يستطيع أن يحتوي كميات كبيرة من المعلومات، وثانيًا: أنه يستطيع أن يتناسخ ذاتيًّا. ولكن الآلات قد تكون قادرة على محاكاة هذه السمات أيضًا.

والواقع أن فكرة التناسخ الذاتي قديمة قِدَمَ مفهوم التطوُّر نفسه. فعقب أن نشر "داروين" Darwin كتابَه المفصليَّ "أصل الأنواع" On the Origin of Species، كتب "صمويل بَتْلَر" Samuel Butler مقالًا تحت عنوان "داروين بين الماكينات" Darwin Among the Machines، الذي خمَّن فيه أن الماكينات أيضًا ذات يوم سوف تتناسخ وتبدأ في التطور وفقًا لنظرية "داروين".

"چون ڤون نيومان" John von Neumann، الذي ارتاد أفرعًا جديدة عديدة من الرياضيات، بما فيها "نظرية المباريات" Game Theory، حاول أن يبتدع منهجًا رياضيًّا لآلات ذاتية التناسخ منذ أربعينيات وخمسينيات القرن العشرين. وقد بدأ بالسؤال: "ما أصغر آلة تناسُخٍ ذاتيٍّ؟" ثم قسَّم المسألة إلى عدة خطوات، على سبيل المثال، فلتكن الخطوة الأولى ملء صندوق كبير بوحدات بناء (ولتكن أجزاء ميكانو من أشكال نمطية متنوِّعة). ثم، سوف نحتاج إلى مُجَمِّع يستطيع أن يأخذ جزأين ويضمَّهما معًا. ثالثًا، سوف نكتب برنامجًا يستطيع أن يخبر المُجمِّعَ أي الأجزاء يمكن أن يضمَّها معًا وبأي ترتيب. وتلك الخطوة الأخيرة ستكون حيوية، فأي شخص سبق له أن لعب بالميكانو يعرف أن المرء يستطيع أن يبني أكثر الأشكال تفصيلًا ورقيًّا باستخدام عدد قليل جدًّا من الأجزاء، طالما ضُمَّت إلى بعضها بشكل صحيح. وقد أراد نيومان أن يحدِّدَ أقلَّ عدد من العمليات يمكن أن يحتاجها المُجَمِّع لخلق نسخة من نفسه.

"ڤون نيومان" تخلَّى في النهاية عن هذا المشروع الذي اعتمد على مجموعة من الافتراضات التحكُّميَّة، بما في ذلك عدد الأجزاء المستخدمة وأشكالها بالتحديد؛ ولذلك كان من الصعب تحليلها رياضيًّا.

روبوتات ذاتية التناسُخ في الفضاء

الدَّفعة التالية لروبوتات ذاتية التناسخ جاءت سنة 1980، عندما أخذت "ناسا" زمام المبادرة من خلال دراسة عنوانها "الأَتْمَتَة المتقدِّمة للمهام الفضائية" Advanced Automation for Space Missions. فقد خَلُصَ تقرير الدراسة إلى أن روبوتات ذاتية التناسُخ سوف تكون ذات أهمية حاسمة لبناء مستوطنات

قمرية، وحدَّد ثلاثة أنواع على الأقل من الروبوتات التي سنحتاج إليها: روبوتات التعدين، سوف تجمع المواد الخام الأساسية، وروبوتات الإنشاء، سوف تصهر وتنقِّي المواد وتُجَمِّع أجزاء جديدة، وروبوتات الإصلاح، سوف تقوم بإصلاح وصيانة أنفسها وزملائها من دون تدخُّل بشري. كما قدَّم التقرير أيضًا رؤية لكيفية عمل الروبوتات بشكل مستقلٍّ. ومثل العربات الذكية المزوَّدة بخطاف أو بجرافة بلدوزر، ستستطيع الروبوتات أن تسافر على امتداد سلسلة من السكك الحديدية لتنقل وتعالج موارد إلى الشكل المطلوب.

وكان للدراسة ميزة كبيرة بفضل توقيتها المحظوظ؛ فقد أجريت بعد وقت قصير من إحضار رواد الفضاء مئات من الأرطال من الصخور القمرية التي عرفنا منها أن محتواها من المعادن والسيليكون والأوكسچين كان مطابِقًا تقريبًا لتركيب صخور الأرض. الكثير من قشرة القمر يتكون من مادة غير متماسكة تجمع بين صخور قمرية، وتدفُّقات "لافا" قديمة، وحطام متخلِّف عن آثار شهب. مع هذه المعلومات، استطاع علماء "ناسا" أن يبدؤوا في تطوير خطط أكثر صلابة وواقعية لمصانع على القمر تستطيع أن تُصَنِّع روبوتات ذاتية التناسخ باستخدام المواد القمرية. وقد أوضح التقرير تفصيليًّا إمكانية تعدين ثم صهر المادة غير المتماسكة التي تتكوَّن منها معظم قشرة القمر من أجل استخلاص المعادن الصالحة للاستعمال.

بعد هذه الدراسة، توارت الآلات ذاتية التناسُخ في ظلمات النسيان لعدة عقود، حيث فَتَرَ الحماس الشعبي. ولكن الآن، حيث يوجد اهتمام متجدِّد بالعودة إلى القمر والوصول إلى الكوكب الأحمر، تُعاد دراسةُ المفهوم بكامله. وعلى سبيل المثال، تطبيق هذه الأفكار على مستوطنة مرِّيخيَّة قد يسير وفقًا لما سيلي. سوف يكون علينا أوَّلًا أن نقوم بمسح للصحراء وأن نرسم مخطَّطًا للمصنع. ثم علينا أن نحفر فجوات في الصخور والتربة، ثم ننسف شحنات متفجِّرة في كل فجوة. الصخور والحطام الناتجة تزاح بواسطة بلدوزرات وجرَّافات ميكانيكية لعمل أساس مستوٍ. الصخور تُطحَن وتُسحَق حتى تصير حصواتٍ صغيرةً، ثم توضع في أفران صهر تعمل بالمايكروويف، وتُصهَر التربة ثم تسمح بعزل واستخلاص المعادن السائلة. المعادن تُفصَل وتُحوَّل إلى سبائك مُنقَّاة، ثم تُعالَج لتُحوَّل إلى أسلاك وكابلات وقضبان وغير ذلك؛ أي إلى وحدات بناء أساسية لأي إنشاءات. وبهذه الطريقة

سيتم إقامة مصنع الروبوتات على المريخ. وبمجرد تصنيع الروبوتات الأولى، يمكن أن يُسمَح لها بتولِّي أمر المصنع والاستمرار في تخليق روبوتات جديدة.

التكنولوچيا المتاحة لتقرير "ناسا" في ذلك الوقت كانت محدودةً، ولكننا قطعنا شوطًا طويلًا منذ ذلك الحين. وأحد التطوُّرات الواعدة في مجال الروبوتات هو الطابعة ثلاثية الأبعاد. الكمبيوتر يستطيع الآن أن يوجِّه تدفُّقًا محدَّدًا من تيارات من البلاستيك والمعادن لكي تنتج، طبقةً فطبقةً، أجزاءَ آلات معقَّدة ببراعة. وتكنولوچيا الطباعة ثلاثية الأبعاد متقدِّمة لدرجة أنها تستطيع بالفعل تخليق أنسجة بشرية عن طريق إطلاق خلايا واحدة إثر أخرى من خلال فوَّهةٍ ميكروسكوبية. في إحدى حلقات وثائقيات قناة "ديسكڤري" Discovery Channel التي قمتُ بتقديمها، وضعتُ وجهي في إحدى الطابعات. ومسَحَتْ وجهي بسرعةٍ أشعَّاتٌ من الليزر، وسُجِّلَت النتائج على لابتوب Laptop، تمَّ تغذية طابعة بهذه المعلومات فأفرزت بكل دِقَّةٍ بلاستيك سائلًا من فوَّهةٍ دقيقة، وخلال حوالي ثلاثين دقيقة حصلت على قناعٍ من البلاستيك يُماثِلُ وجهي. ثم في وقت لاحق، قامت الطابعة بمسح جسمي بأكمَلِه، ثم خلال ساعات قليلة، أنتجَت شخصيَّةً بلاستيكيَّةً تُشبِهُ جسمي تمامًا. وهكذا في المستقبل، سوف نكون قادرين على ضمِّ سوبرمان إلى مجموعة الشخصيات التي نريد الحصول على نسخ منها. الطابعة ثلاثية الأبعاد المستقبلية قد تكون قادرة على إعادة تخليق الأنسجة الدقيقة التي تشكِّل أعضاء قادرة على القيام بوظائفها أو أجزاء الآلة الضرورية لصنع روبوت ذاتي التناسُخ. ويمكن أيضًا ربطها بمصنع الروبوتات حيث يمكن تشكيل المعادن المنصهرة في شكل مزيدٍ من الروبوتات.

أول روبوت ذاتيِّ التناسُخ على المريخ سوف يكون الأصعب في إنتاجه. والعملية قد تتطلَّب تصدير شحنات ضخمة من معدَّات التصنيع إلى الكوكب الأحمر. ولكن بمجرد بناء الروبوت الأوَّليِّ، يمكن تركه ليقوم وحده بعمل نسخة من نفسه. ثم يصنع كل روبوت نسخةً من نفسه؛ فيصير لدينا أربعة روبوتات. وبهذا النمو الأُسِّيِّ من الروبوتات يمكن أن يكون لدينا فَورًا أسطولٌ من الروبوتات كبير لدرجة أن يعمل على تغيير وجه الصحراء. سوف تقوم الروبوتات بالتنقيب عن المعادن واستخراجها، وتبني مصانع جديدة، وتصنع نُسخًا غير محدودة من أنفسها بكُلفَةٍ رخيصة وبكفاءة. إنها تستطيع أن تقيم صناعات زراعية وأن تدفع

نهضة الحضارة الحديثة ليس على المريخ فقط ولكن عبر الفضاء، حيث تقوم بعمليات التعدين في حزام الكويكبات، وتبني بطاريات ليزر على القمر، وتُجَمِّع سفنًا نَجميَّةً[1] عملاقة في المدار، وتضع الأساس لمستعمرات بعيدةٍ على كواكب خارج النظام الشمسي. سوف يكون من قبيل الإنجاز المذهل أن نصمِّم وننشر بنجاحٍ آلات ذاتيَّةَ التناسخ.

ولكن، فيما وراء هذا الإنجاز الكبير، تظلُّ هناك الجائزة الكبرى في عالم الروبوتات: الآلات التي تتمتَّع بالوعي لذاتها. فهذه الروبوتات سوف تكون قادرة على ما هو أكثر كثيرًا من مجرد نسخ أنفسها. سوف تكون قادرة على معرفة مَن تكون، وأن تتولَّى أدوارًا قياديَّةً: الإشراف على روبوتات أخرى، وإعطاء الأوامر، وتخطيط المشروعات، وتنسيق العمليات، واقتراح حلولٍ خلَّاقة. سوف تُبادِلُنا الحديثَ وتُقدِّم نصائح واقتراحات معقولة. ولكن مفهوم الروبوتات الواعية لذاتها يطرح أسئلةً وجودية مُعقَّدة، ويُرعِبُ بعضَ الناس صراحةً، هؤلاء الذين يخافون من أن تلك الآلات قد تتمرَّد على صانعيها من البشر.

الروبوتات الواعِيَةُ لِذاتِها

في 2017، نشأ جدال بين اثنين من الملياردير ات: "مارك زوكربرج" Mark Zuckerberg، مؤسِّس فيسبوك، و"إلون ماسك" Elon Musk، من "سبيس إكس" و"تيسلا". "زوكربرج" اعتنق الرأي القائل إن الذكاء الاصطناعي مُوَلِّدٌ عظيم للثروة والرخاء، وسوف يُثري المجتمع كله. ولكن "ماسك" تبنَّى وجهة نظر أكثر قَتامَةً، وأفاد بأن الذكاء الاصطناعي فَرَضَ بالفعل مخاطرةً وجودية على الإنسانية جمعاء، حيث يمكن ذات يوم أن تنقلب علينا مخلوقاتنا.

مَن على حق؟ لو اعتمدنا بهذه الكثافة على الروبوتات في أن تحافظ على قواعدنا القمرية ومُدُننا المريخية، إذًا ماذا يحدث لو قرَّروا في يوم ما أنهم لم يعودوا يحتاجوننا؟ فهل سنقوم ببناء مستعمرات في الفضاء الخارجي لكي نفقدها لمصلحة الروبوتات؟

---

(1) سفن نجمية Starships: سفن فضاء تصمَّم للسفر إلى نظم نجمية أخرى بخلاف النظام الشمسي- المترجم.

هـذا الخـوف قديـم ووجـد تعبـيرًا عنـه بالفعـل منـذ 1863 مـن قِبَـلِ الـروائي "صمويـل بتلـر" Samuel Butler، الـذي حـذَّر مـن "أننـا نخلـق خلفاءنـا بأنفسـنا. فالإنسـان سـوف يصبـح بالنسـبة للآلـة مثلـما الحصـان والكلـب بالنسـبة للإنسـان". وحيـث تصـير الروبوتـات بالتدريـج أكـثرَ منًّـا ذكاء؛ فقـد نشـعر أننـا غـير ذوي جـدوى، ونصبـح كـمًّا مُهمَـلًا مـن قِبَـل مخلوقاتنـا. خبـير الـذكاء الاصطناعـي "هانـز مورافيـك" Hans Moravec يقـول: "الحيـاة قـد تبـدو عبثيـة لـو كان محتومًـا علينـا أن نقضيهـا نحملـق ببلاهـة في ذُرِّيَّتنـا فائقـة الـذكاء حيـث يحاولـون أن يَصِفـوا لنـا اكتشـافاتهم المذهلـة غـير المسـبوقة في لُغـةٍ كالتـي يخاطَـب بهـا الأطفـال لـكي نفهمهـا". والعـالم في "جوجـل" "چيفـري هينتـون" Geoffrey Hinton يَشُـكُّ في أن الروبوتـات فائقـة الـذكاء سـوف تسـتمر في الاسـتماع إلينـا. "إن هـذا يشـبه التسـاؤل عـمَّا إذا كان طفـل يسـتطيع أن يتحكَّـم في والِدَيْـه. لا توجـد سـابقة مُسـجَّلَة لأشـياء أقـل ذكاءً تتحكَّـم في أشـياء أكـثر ذكاء". "نيـك بوسـتروم" Nick Bostrom، الأسـتاذ في جامعـة أكسـفورد، يقـول: "بشـأن احتـمال حـدوث انفجـار في الـذكاء، نحـن البـشر نشـبه طفـلًا صغـيرًا يلعـب بقنبلـة... إن لدينـا فكـرة محـدودة عـن توقيـت حـدوث الانفجـار، عـلى الرغـم مـن أننـا لـو وضعنـا القنبلـة عـلى أذننـا لاسـتطعنا أن نسـمع صـوت تَكْتَكَـةٍ خافـت".

آخـرون يعتقـدون أن انتفاضـة الروبوتـات سـوف تكـون حالـة مـن التطـوُّر تأخـذ مجراهـا. الكائنـات الأكفـأ تحـل محـلَّ الكائنـات الأضعـف؛ هـذا هـو الوضـع الطبيعـي للأشـياء. وبعـض علـماء الكمبيوتـر يرحبـون بالفعـل باليـوم الـذي سـتتفوق فيـه الروبوتـات عـلى الإنسـان معرفيًّـا. "كلـود شـانون" Claude Shannon، أبـو نظريـة المعلومـات، قـال ذات مـرة: "أتصـوَّر يومًـا سـنكون فيـه بالنسـبة للروبوتـات مثلـما الـكلاب بالنسـبة للإنسـان، وأنـا أشـجِّع الماكينـات".

كلُّ الباحثـين الكُـثُرِ في مجـال الـذكاء الاصطناعـي الذيـن أجريـتُ معهـم مقابـلات عـلى مـدى سـنوات كانـوا واثقـين مـن أن آلات الـذكاء الاصطناعـي سـوف تقـارب في يـوم مـا الـذكاءَ الإنسـاني، وسـوف تـؤدي خدمـات جليلـة للإنسـانية. ومـع ذلـك، فـإن الكثـير منهـم امتنـع عـن تحديـد تاريـخ معـين أو أفـق زمنـي لهـذا التطـور. البروفيسـور "مارڤـين مينسـكي" Marvin Minsky، مـن معهـد ماساتشوسـتس للتكنولوچيـا، الـذي كتـب بعـض الأبحـاث الرائـدة في الـذكاء الاصطناعـي، تبنَّـى تنبـؤات متفائلـة في خمسـينيات القـرن العشريـن، ولكنـه أفصـح لي في مقابلـة حديثـة عـن أنـه لم يَعُـدْ

راغِبًا في التنبؤ بتواريخ محدَّدة؛ لأن الباحثين في الذكاء الاصطناعي كانوا على خطأ في الغالب الأعم في الماضي. "إدوارد فيجينبوم" Edward Feigenbaum، من جامعة ستانفورد يتحفَّظ قائِلًا: "من السخف أن نتحدث عن مثل هذه الأشياء مبكِّرًا هكذا؛ إن الذكاء الاصطناعي بعيد عنَّا بدهور". ونشرت مجلة "نيو يوركر" New Yorker مقتطفًا من أحد علماء الكمبيوتر قال فيه: "أنا لست قَلِقًا من)ذكاء الآلة) للسبب نفسه الذي يجعلني غير قلق من الاكتظاظ السكاني على المريخ".

عند التعامل مع الجدال القائم بين "زوكربرج" و"ماسك"، رأيي الشخصي هو أن "زوكربرج" مُحِقٌّ على المدى القصير؛ فالذكاء الاصطناعي لن يجعل المدن فقط مُمكِنَةً في الفضاء الخارجي، ولكنه أيضًا سوف يُثري المجتمع بجعل الأشياء أكثر كفاءة وأفضل وأرخص، بينما تُخلَق مجموعة جديدة تمامًا من الوظائف بفضل صناعة الروبوتات، التي يمكن في يوم ما أن تكون أكبر من صناعة السيارات اليوم. ولكن على المدى الطويل، "ماسك" على حقٍّ في أن يُنبِّه لمخاطر أكبر. والسؤال الرئيسي في هذا الجدال هو: عند أي نقطة ستقوم الروبوتات بهذا التحوُّل لتصير خَطِرَة؟ أنا شخصيًّا أعتقد أن نقطة التحوُّل هي بالتحديد التي تصبح الروبوتات عندها واعيةً لذاتها.

اليوم، الروبوتات لا تعرف أنها روبوتات. ولكن يومًا ما، قد يصبح لديها القدرة على خلق أهدافها الخاصة بها، بدلًا من تبنِّي الأهداف التي اختارها لها مُبَرمِجوها. عندئذ، قد يدركون أن أجندتهم مختلفة عن أجندتنا. وبمجرد أن تتباعد مصالحنا، يمكن أن تمثِّل الروبوتات خطرًا علينا. متى قد يحدث ذلك؟ لا أحد يعرف. اليوم، الروبوتات تملك ذكاءَ بَقَّة، ولكن مع أواخر هذا القرن قد تصبح واعِيَةً لذاتها. في ذلك الوقت، سوف يكون لدينا أيضًا مستوطنات دائمة تنمو سريعًا على المريخ. ولذلك؛ من المهم أن نجيب على هذا السؤال الآن، وليس عندما نصبح معتمدين عليها في كل شؤون حياتنا على الكوكب الأحمر.

ولكي نستبصر بأبعاد هذه القضية الهامة، قد يكون من المفيد أن ندرس أفضل وأسوأ السيناريوهات.

أَفْضَلُ وأَسْوَأُ السّيناريوهات

من مُناصري أفضل السيناريوهات الممكِنة المخترع والمؤلف الذي تحقِّق كُتبُه أكثرَ المبيعات- "راي كورزويل" Ray Kurzweil. كل مرَّة قابلته فيها كان يعبِّر عن رؤية واضحة ومُفحِمَة، ولكن خِلافيَّة، للمستقبل. وهو يعتقد أننا سنصل إلى "السينجولاريتي" Singularity، أي إلى النقطة التي عندها يساوي ذكاء الروبوتات، أو يفوق، ذكاء الإنسان، بحلول العام 2045 ". والمصطلح يأتي من مفهوم "سينجولاريتي" الجاذبية في الفيزياء، الذي يشير إلى مناطق من الجاذبية اللانهائية، مثلما في ثقب أسود. وقد أُدْخِل المصطلح إلى علم الكمبيوتر بواسطة عالم الرياضيات "چون ڤون نيومان"، الذي كتب أن ثورة الكمبيوتر سوف تخلق "تقدُّمًا وتغيُّرات غير مسبوقة في تسارُعها في أسلوب الحياة الإنسانية، التي سوف تتَّخذ مظهر مقاربةِ بعض السينجولاريتي الحقيقي... الذي بعده لا يمكن لشؤون الإنسان أن تستمرَّ كما نعرفها". و"كورزويل" يدَّعي أنه عندما نصل إلى "السينجولاريتي" سوف يكون كمبيوتر ثمنُه ألف دولار أذكى بليون مرَّةٍ من البشر مجتمعين. زِدْ على ذلك أن الروبوتات سوف تكون قادِرةً على تطوير نفسها، وأن ذُرِّيَّتها سوف تَرِثُ صفاتها المكتسبة، وهكذا فإن كل جيل سوف يكون متفوِّقًا على سابقه؛ ما يؤدِّي إلى تصاعُدٍ حلزوني للآلات عالية الأداء.

ويتمسك "كورزويل" بأن مخلوقاتنا الروبوتية، بدلًا من السيطرة، سوف تفتتح عالَمًا جديدًا من الصحة والرخاء. ووفقًا لما يقوله، فإن روبوتات ميكروسكوبية، أو روبوتات نانوية، سوف تدور في دَمِنا و"تدمِّر مُسبِّبات الأمراض، وتُصحِّح أخطاء الحمض النووي، وتزيل السموم، وتنجز أيَّ مهام أخرى تحسِّن رفاهيتنا المادية". وهو يأمل أن العلم سيكتشف قريبًا علاجًا للشيخوخة، ويعتقد أنه لو عاش سنين كثيرة كافية، فسوف يعيش للأبد. وقد أسرَّ لي بأنه يتناول عدة مئات من الأقراص يوميًّا، متوقِّعًا وصوله للخلود. ولكن في حالة عدم تحقيق ذلك، فإنه قد أوصى بأن يُحفَظَ جسدُه في نيتروچين سائل في وَسَطٍ شديد البرودة.

يتطلَّع "كورزويل" أيضًا لوقت أَبْعَدَ كثيراً في المستقبل تستطيع الروبوتات فيه أن تحوِّل ذرَّات الأرض إلى أجهزة كمبيوتر. وأخيراً، كل ذرات الشمس والنظام الشمسي يمكن أن تُمْتصَّ في هذه الآلة الكبيرة المفكِّرة. وقد أخبرني أنه عندما

يحدِّق في السماء يتصوَّر أحيانًا أنه يمكن أن يشهد، في وقت مناسب في المستقبل، دليلًا على وجود روبوتات خارقة الذكاء ترتِّب أوضاع النجوم.

ولكن، ليس كل الناس مقتنعين بهذا المستقبل الوردي. "ميتش كابور" Mitch Kapor، مؤسِّس شركة "لوتس للتنمية" Lotus Development Corporation، يقول إن حركة السينجولاريتي "أساسًا، في رأيي، مُوجَّهَة بدوافع دينية. وأن كل هذه الضَّجَّة المحمومة لا تستطيع أن تُشوِّشَ على هذه الحقيقة بالنسبة لي". هوليود واجهت يوتوبيا "كورزويل" بأسوأ سيناريو لِما يمكن أن يعنيه خَلْقُ خُلفائِنا المتطوِّرين، الذين يمكن أن ينحُّونا جانِبًا ويدفعونا إلى طريق الانقراض. في فيلم "المُنهي" The Terminator، ينشئ الجيش شبكة كمبيوتر ذكية تسمَّى "سكاي نِت" Skynet، تُراقِب كُلَّ أسلحتنا النووية. وهي مُصمَّمة لحمايتنا من تهديد حرب نووية. ولكن بعد ذلك، أصبحت "سكاي نت" واعيَةً لذاتها. فيحاول الجيش، شاعِرًا بالرعب من أن تُطوِّرَ الآلةُ عَقلًا خاصًّا بها، أن ينهي عملها. ولكن "سكاي نت"، المبرمَجَة بحيث تحمي نفسها، فعلت الشيء الوحيد الذي تستطيع أن تفعله لمنع ذلك، وهو أن تدمِّر الجنس البشري. فتشرع في شَنِّ حرب نووية مدمِّرة تمحو الحضارة. وانحطَّ البشر إلى مجموعاتٍ من شُذَّاذِ الآفاق والعصابات تحاول أن تهزم القوَّةَ المرعبة للآلات.

هل هي مجرد محاولة من هوليود لبيع التذاكر عن طريق ترويج رواد السينما؟ أم أن هذا يمكن أن يحدث في الحقيقة؟ هذا السؤال شائِكٌ لحَدٍّ ما؛ لأن مفهوم الوعي الذاتي مُحاطٌ بمجادلات أخلاقية وفلسفية ودينية لدرجة أننا نفتقر لإطار دقيق متعارَف عليه نستطيع من خلاله أن ندرك هذا المفهوم. وقبل أن نستمرَّ في مناقشتنا حول ذكاء الآلات، نحن نحتاج إلى وضع تعريف محدَّدٍ للوعي الذاتي.

نظريَّةُ الوَعيِ الذَّاتيِّ في عَصْرِ الفَضاء

لقد اقترحتُ نظرية أسمِّيها: "نظرية الوعي الذاتي في عصر الفضاء". وهي قابِلَةٌ للاختبار، ولإعادة الإنتاج، وللدَّحْضِ، وللقياس الكَمِّيِّ. وهي لا تُعَرِّف فقط الوعيَ الذَّاتِيَّ، ولكنها تسمح لنا أيضًا بأن نقيسه كَمِّيًّا.

والنظرية تبدأ بفكرة أن الحيوانات والنباتات، وحتى الآلات، يمكن أن تكون واعية. والوعي، وفقًا لما أدَّعي، هو عملية خلق نموذج من نفسك باستخدام دوائر تغذية استرجاعية متعدِّدة -على سبيل المثال، في المكان أو في المجتمع أو في الزمان- من أجل تحقيق هدف. ولقياس الوعي، نحسب ببساطة عدد وأشكال دوائر التغذية الاسترجاعية اللازمة للأشياء لكي تخلق نموذجًا من أنفسها.

وأصغر وحدة من الوعي يمكن أن توجد في "منظِّم حرارَةٍ" Thermostat أو خلية ضوئية، توظِّف كُلٌّ منهما دائرةَ تغذيةٍ استرجاعية منفردة لخلق نموذج من نفسها بمعيار الحرارة أو الضوء. وقد تمتلك زهرة واحدة عشر وحدات -مثلًا- من الوعي، ما دامت تمتلك عشر دوائر تغذية استرجاعية تقيس الماء والحرارة واتجاه الجاذبية وضوء الشمس، إلخ... وفي نظريتي، يمكن توزيع هذه الدوائر في مجموعات وفقًا لمستوى خلق الوعي. منظِّمات الحرارة والزهور يمكن أن تُصنَّف في المستوى صفر.

المستوى رقم 1 من الوعي يشمل الزواحف وذباب الفاكهة والبعوض، التي تخلق نماذج من أنفسها وفقًا للمكان. الزواحف تمتلك دوائر تغذية استرجاعية كثيرة لتمييز مواقع فرائسها ومواقع رفقائها المحتملين، ومنافسيها المحتملين، وذواتها.

المستوى رقم 2 يتضمَّن الحيوانات الاجتماعية. دوائر التغذية الاسترجاعية لديها تتعلَّق بفصيلتها أو قبيلتها، وتنتج نماذج اجتماعية هرمية معقَّدَة داخل المجموعة يُعَبَّر عنها بواسطة الأحاسيس والإيماءات.

هذه المستويات تحاكي تقريبًا مراحل تطوُّرَ مُخِّ الثدييات. إن أقدم جزءٍ من مُخِّنا يَقَعُ في أقصى المؤخِّرة حيث يعالج التوازن والمِلْكية والغرائز. وقد تمدَّد المُخُّ إلى الأمام وطَوَّر الجهازَ الحوفيَّ (المُخَّ الانفعاليَّ للقرد) الذي يقع في مركز المخ. هذا التقدُّم من الخلف إلى الأمام هو أيضًا الطريقة التي ينضج بها مُخُّ الطفل.

إذًا، أين يقع الوعي الإنساني من كل هذا؟ ما الذي يميِّزنا عن النباتات والحيوانات؟

نظريتي تقول إننا مختلفون عن الحيوانات لأننا نفهم الزمان. نحن نملك وعيًا زمانيًّا بالإضافة إلى الوعي المكاني والاجتماعي. وآخر جزء تطوَّر من مُخِّ الإنسان هو القشرة الجبهية الأمامية، التي تقع خلف جبيننا مباشرة. إنها تقوم باستمرار

بمحاكاة المستقبل. والحيوانات قد تبدو وكأنها تخطِّط، على سبيل المثال، عندما تُمارِسُ البَياتَ الشتوي، ولكن هذه السلوكيات نتيجة للغريزة إلى حدٍّ كبير. فليس من الممكن أن تُعلِّمَ كلبك أو قِطَّكَ الأليف معنى الغد؛ لأنهما يعيشان في الحاضر. ولكن البشر يُعِدُّون باستمرار للمستقبل، بل وإلى ما بعد حياتنا. نحن نخطِّط ونحلم أحلام يقظة؛ لا نستطيع أن نمنع أنفسنا من ذلك. أمخاخنا آلات مخطِّطة.

لقد أظهر التصوير بالرنين المغناطيسي أننا عندما نرتِّب لإنجاز مهمة، نحن نصل إلى الذكريات السابقة عن المَهَمَّة نفسها ونجسِّدها؛ ما يجعل خططنا أكثر واقعية. وهناك نظرية تقول إن الحيوانات لا تمتلك جهازَ ذاكرةٍ راقٍ لأنها تعتمد على الغريزة؛ ولذلك لا تحتاج للقدرة على تصوُّر المستقبل. بتعبير آخر، الغرض النهائي من امتلاك ذاكرة قد يكون تصوُّرَ المستقبل.

داخل هذا الإطار، نستطيع الآن أن نُعَرِّف الوعي الذاتي، الذي يمكن فهمه بوصفه القدرة على وضع أنفسنا داخل محاكاة مع المستقبل متَّسِقَة مع هدف.

عندما نطبِّق هذه النظرية على الآلات، نجد أن أفضل الآلات في الحاضر تقع في الدَّرْك الأسفل من المستوى 1 من الوعي، تأسيسًا على قدرتها على تحديد موقعها في المكان. ومعظمها، مثل تلك التي بُنِيَت من أجل تحدِّي "داربا الروبوتي" DARPA Robotics Challenge، تستطيع بالكاد أن تتجوَّل في غرفة فارغة. هناك بعض الروبوتات التي تستطيع لحدٍّ ما محاكاة المستقبل، مثل كمبيوتر "جوجل ديب ماينـد" Google's DeepMind، ولكن في اتجاه ضيق بشدَّة فقط. فلو أنك سألت "ديب ماينـد" أن ينجز أي شيء غير لعبة "جو" Go، سوف يَجْمُدُ في مكانه.

إلى أين يجب أن نذهب أكثر من ذلك، وما الخطوات التي سيكون علينا أن نتَّخذها للوصول إلى آلة واعيَةٍ لذاتها مثل كمبيوتر فيلم المنهي؟

تَخليقُ آلاتٍ واعِيَةٍ لِذاتِها؟

لكي نخلقَ آلاتٍ واعيةً لذاتها، علينا أن نعطيها هَدَفًا؛ فالأهداف لا تنشأ في الروبوتات بطريقة سحرية، ولكن يجب أن تُبَرْمَجَ داخلها من الخارج. وهذا الشرط عائِقٌ هائل ضِدَّ تمرُّد الآلات. ولْنَعُدْ إلى مسرحية "آر يو آر" R.U.R التي عُرِضَت

سنة 1921، التي صَكَّت كلمة "روبوت" لأوَّل مرة. حبكة المسرحية تصف انتفاضة روبوتات ضد البشر لأنهم رأوا روبوتات أخرى يُساءُ معاملتها. ولكي يحدث هذا تحتاج الروبوتات إلى مستوى عالٍ من البرمجة. الروبوتات لا تشعر بالتعاطف أو المعاناة أو السيطرة على العالم ما لم يتم بناؤها من أجل ذلك.

ولكن دعنا نَقُلْ، على سبيل الجدال، إن شخصًا ما أعطى روبوتاتنا هدفَ التخلُّص من البشر. يَجِبُ على الكمبيوتر حينئذ أن يقوم بمحاكاة واقعية للمستقبل وأن يضع نفسه داخل هذه الخطط. في هذه الحالة، نحن نصطدم بالمشكلة الضخمة. ولكي نكون قادرين على حصر السيناريوهات والنتائج المُمكِنَة وعلى تقييم مدى واقعيتها، يجب على الروبوت أن يفهم ملايين من قواعد ملاحظة الأشياء والحكم عليها؛ قوانين الفيزياء والأحياء والسلوك الإنساني البسيطة التي نأخذها نحن مأخذ التسليم. زِدْ على ذلك أنه يجب أن يفهم السببيَّة وأن يتوقَّع عواقب أفعال معيَّنة. البشر يتعلَّمون هذه القوانين عبر عقود من التجارب. وأحد الأسباب في أن الطفولة تستمرُّ لهذه الفترة الطويلة هو أن هناك معلومات صعبة الفهم يجب استيعابها حول المجتمع والعالم الطبيعي. ولكن الروبوتات لا تتعرَّض للأغلبية العظمى من التفاعُلات التي تستمدُّ من خبرة مشتركة.

كثيرًا ما أفكِّر في حالة لِصِّ بنوكٍ مُتمرِّسٍ يستطيع أن يفكِّر بكفاءة في عملية السرقة التالية ويفوق الشرطة دهاءً وحيلةً لأن لديه مخزونًا كبيرًا من الذكريات عن عمليات سرقة البنوك السابقة ويستطيع أن يفهم تأثير كل قرار يتخذه. وعلى عكس ذلك، لكي ينجز الكمبيوتر عَمَلًا بسيطًا مثل إدخال بندقية إلى بنك من أجل سرقته؛ سيكون عليه أن يُحلِّلَ سلسلة مُعقَّدة من الأفعال الثانوية التي يصل عددها إلى الألوف، كلٌّ منها يتضمَّن ملايين من خطوط شفرات الكمبيوتر. والكمبيوتر لن يستطيع أن يفهم السبب والنتيجة في جوهرهما.

من الممكن بالتأكيد أن تصبح الروبوتات واعيةً لذاتها وأن يكون لديها أهداف خطيرة، ولكنك تستطيع أن ترى لماذا سيكون هذا من غير المرجَّح، خاصة في المستقبل المنظور. إن إدخال كل المعادلات التي ستحتاجها الآلة لكي تدمِّر الجنس البشري سوف يكون مَهَمَّة فائقة الصعوبة. ومشكلة الروبوتات القاتلة يمكن تَنْحِيَتُها بدرجة كبيرة عن طريق منع أي شخص من برمجتها لكي تتَّخذ أهدافًا

مُضِرَّة بالبشر. وعندما نتوصَّل إلى الروبوتات الواعية لذاتها، يجب أن نضيف إليها رقاقة أمان توقُّفها عن العمل في حالة وجود أفكار إجرامية لديها. ويمكننا الارتياح بسهولة حيث نعرف أننا لن نوضع في حدائق حيوانات في أي أجل قريب، حيث يستطيع خُلفاؤنا من الروبوتات أن يُلقوا لنا الفول السوداني من خلال القضبان ويجعلونا نرقص.

وهذا يعني أننا حين نستكشف الكواكب الخارجية والنجوم، نستطيع أن نعتمد على الروبوتات في المساعدة في إنشاء البنية الأساسية اللازمة لإقامة مستوطناتٍ ومُدُنٍ على الأقمار والكواكب البعيدة، ولكن علينا أن نعتني بأن تكون أهدافهم مُتَّسِقَة مع أهدافنا وأن يكون لدينا آليات أمان تستخدم في حالة أن يفرضوا تهديدًا. وعلى الرغم من أننا قد نواجه خَطَرًا عندما تصبح الروبوتات واعية لذاتها، فإن هذا لن يحدث قبل أواخر القرن الحالي أو بدايات القرن القادم، وبالتالي فإن لدينا وقتًا كافيًا للاستعداد.

لِماذا تُصابُ الرُّوبوتاتُ بالسُّعار

هناك، مع ذلك، سيناريو واحدٌ يَقُضُّ مَضاجِعَ الباحثين في الذَّكاء الاصطناعيِّ. حيث من المُتصوَّر أن يتلقَّى روبوت أوامِرَ غامضة أو ملتبسة، لو نفَّذها، يمكن أن تطلق العنان للخراب.

في فيلم "آي، روبوت" I, Robot، يوجد كمبيوتر رئيسي يسمَّى "ڤيكي" VIKI، يتحكَّم في البنية الأساسية للمدينة. وقد أُعطِيت لـ "ڤيكي" أوامر بحماية البشرية. ولكن، بدراسة مُعامَلَة بعض البشر لبشر آخرين، توصَّل الكمبيوتر إلى خلاصة مؤدَّاها أن أكبر تهديد للإنسانية هو البشرية ذاتها؛ فقرَّر بِحِسبَةٍ رياضية أن الطريق الوحيد لحماية البشرية هو أن يتحكَّم فيها.

وهناك مثال آخر هو حكاية الملك "ميداس" King Midas. الذي سأل الإله "دينيسَس" Dionysus أن يمنحه القدرة على أن يُحوِّلَ كلَّ شيء إلى ذهب بمجرَّد لَمْسِه. هذه القوة تبدو في البداية طريقًا مؤكَّدًا للثراء والمجد. ولكنه بعد ذلك

لمس ابنته التي تحوَّلَت إلى ذهب. طعامه أيضًا أصبح يستعصي على الأكل. فوجد نفسه عبدًا لِلهِبَة الكبرى التي توسَّل من أجلها.

"إتش چي ويلز" H. G. Wells استكشف أيضًا مأزقًا مشابِهًا في قصته القصيرة "الرجل الذي يستطيع أن يفعل المعجزات". ذات يوم، وجد موظَّفٌ عاديٌّ نفسَه يمتلك قدرةً مُذهِلَةً. فأي شيء يريده يتحقَّق. خرج الرجل مع صديق له لتناول الشراب في وقت متأخِّر من الليل، صانِعًا المعجزات طوال الطريق. وقد أرادا ألَّا ينتهي الليل أبدًا، وهكذا رغب براءة في أن تتوقَّف الأرض عن الدوران. وفجأة هَبَّت عليهما رياحٌ عنيفة وفيضانات مَهولَة. الناس والمباني والبلدات راحوا يندفعون لمسافات تصل إلى ألف ميل في الساعة، سرعة دوران الأرض. وعندما أدرك أنه دَمَّر الكوكب، كانت أُمنيَتُه الأخيرة أن يعود كُلُّ شيء إلى حالته الطبيعية؛ الحالة التي كان عليها قبل أن يمتلك تلك القوة.

هكذا، يُعلِّمنا الخيال العلمي أن نمارس الحَذَر. وحيث نطوِّر الذكاء الاصطناعي، يجب أن نفحص بدقَّة كل عاقبة مُمكِنَة، خاصة تلك التي قد لا تبدو واضحةً في الحال. وفوق كل شيء، فإن قدرتنا على فعل ذلك هي أحد أسباب كوننا بشرًا.

الحَوْسَبَةُ الكَمِّيَّة

للحصول على صورة أكبر لمستقبل تكنولوچيا الروبوتات، دعنا نُلقِ نظرة عن قرب على ما يجري داخل الحواسب. حاليًا، معظم الحواسب الرقمية مبنيَّة على دوائر السيليكون وتتبع "قانون مور" Moore، الذي يقرِّر أن قوة الكمبيوتر تتضاعف كل ثمانية عشر شهرًا. ولكن التطوُّر التكنولوچي في السنوات القليلة الماضية بدأ يتباطأ عمَّا كان عليه من سرعة محمومة في العقود السابقة، ووضع البعض سيناريو متطرِّفًا يصل فيه "قانون مور" إلى الانهيار وتعطيل عمل الاقتصاد العالمي، الذي وصل إلى الاعتماد على النمو الأُسِّيِّ تقريبًا للقوة الحاسوبية، بدرجة خطيرة. ولو حدث هذا لَآلَ وادي السيليكون إلى الخراب. وللخروج من هذه الأزمة المحتملة، يسعى الفيزيائيون حول العالم إلى بديل للسيليكون. وهم يعملون على مجموعة متنوِّعة من الحواسب البديلة، بما فيها الحواسب الجزيئية، والذرية،

والتي تعمل بالحمض النووي، والتي تعمل بالنقط الكَمِّيَّة، والحواسب البصرية، والبروتينية، ولكن ليس أي منها جاهِزًا للعمل بكفاءة.

في هذا المزيج، يوجد أيضًا عنصر يمكن أحلاله مَحلَّ أي عنصر آخر أو استبداله به. وحيث يصير ترانزستور السيليكون أصغر فأصغر، سوف يصل إلى حجم الذَّرَّة. حاليا، رقاقة البنتيوم Pentium Chip المعيارية قد تحتوي على طبقات من السيليكون يساوي سُمكُها حوالي عشرين ذَرَّة. وخلال عشر سنوات، قد يصل سُمْكُ هذه الشرائح إلى خمس ذرَّات، وفي هذه الحالة قد تبدأ الذرَّات في التسرُّب، حسب ما تتنبَّأ به نظرية الكَمِّ، مُكوِّنَةً دوائر قصيرة. لقد أصبح نوع ثوري من الحواسب ضرورة. والحواسب الجزيئية، ربما المبنية على الجرافين، قد تحلُّ محلَّ رقائق السيليكون. ولكن يومًا ما، قد تواجه حتى هذه الحواسب الجزيئية مشكلاتٍ مع الآثار المتوقَّعة حسب نظرية الكم.

عند تلك النقطة، قد نضطر إلى بناء أقصى كمبيوتر: "الكمبيوتر الكَمِّي"[1]، القادر على العمل بأصغر ترانزستور ممكن: ذَرَّة واحدة.

وهكذا يمكن أن يعمل الكمبيوتر الكمِّي. دوائر السيليكون تحتوي على بوَّابَةٍ إمَّا أن تكون مفتوحة أو مُغلقَةً أمام تدفُّق الإلكترونات. والمعلومات تُخزَّن على أساس هذه الدوائر المفتوحة أو المغلقة. الرياضيات الثنائية، المبنية على سلسلة من 1 و0، تصف هذه العملية: 0 قد يمثِّل بوابة مغلقة، و1 قد يمثِّل بوابة مفتوحة.

والآن، نفترض أننا استبدلنا بالسيليكون صَفًّا من الذَّرَّات المنفردة. الذرات تشبه مغناطيسات صغيرةً جدًّا، لها قطب شمالي وقطب جنوبي. وعندما توضع الذرات في مجال مغناطيسي، يُخيَّل إليك أنها يمكن أن تشير إلى أعلى أو إلى أسفل. والواقع، أن كل ذرة تشير بالفعل إلى أعلى وإلى أسفل بالتزامن حتى يتم الوصول إلى وضع نهائي. بمعنى أن الإلكترون يمكن أن يكون في حالتين في الوقت ذاته.

هذا يتحدَّى المنطق السليم للأشياء، ولكن هو حقيقة وفقًا لميكانيكا الكم. وميزته ضخمة. إنك تستطيع أن تخزن كميات ضخمة جدًّا من البيانات لو كان المغناطيس يشير إلى أعلى أو إلى أسفل فقط. ولكن، لو كان كل مغناطيس مزيجًا من

(1) الكمي، أو الكمومي. نسبة إلى نظرية الكم Quantum Theory- المترجم.

الحالتين؛ تستطيع أن تشحن كميات من المعلومات الأكبر جدًّا على مجموعة صغيرة جدًّا من الذرات. كل "بِتْ" Bit من المعلومات، التي يمكن أن تكون 1 أو 0، تصبح الآن "كُيوبِتْ" Qubit، أي مزيج معقَّد من الآحاد والأصفار، مع سعَةٍ أكبر بكثير.

أهمية الوصول إلى الحواسب الكمية تأتي من أنها قد تفتح الطريق أمام استكشاف الكون. من حيث المبدأ، يمكن أن يمنحنا حاسِبٌ كمِّيٌّ القُدرةَ على تجاوُز الذكاء البشري. إنَّه لا يزال عَصِيًّا على التخمين؛ فنحن لا نعلم متى سنصل إلى الحواسب الكمية أو ماذا يمكن أن تكون إمكاناتها الكاملة. ولكنها قد تثبت أنها تَفوق كُلَّ تقديرٍ في استكشاف الفضاء. وهي يمكن ألَّا تُمَكِّنَنا فقط من بناء مستوطنات ومُدُنٍ في المستقبل، بل يمكن أيضًا أن تأخذنا خطوةً للأمام وتعطينا القدرة على التخطيط رفيع المستوى اللازم لاستعمار كل الكواكب.

الحواسب الكمية سوف تكون أقوى بكثير من الحواسب الرقمية العادية. فالحواسب الرقمية قد تحتاج لعدة قرون لكي تَفكَّ شفرة مُشكِلَةٍ حسابية فائقة الصعوبة، مثل تحليل عوامل عدد بالملايين إلى عددين أصغر. أما الحواسب الكَمِّيَّة، حيث تحسب مزيجًا من عدد كبير من الحالات الذَّرِّيَّة الممتزجة، تستطيع أن تُكمِلَ فَكَّ التشفير فوريًّا. ووكالة المخابرات المركزية الأمريكية ووكالات تجسُّس أخرى مُدرِكَة بالفعل لما تحمله الحواسب الكمية من وعود. ومن بين جبال المواد المُصنَّفة لدى وكالة الأمن القومي الأمريكية التي تَسرَّبَت إلى الإعلام منذ سنوات قليلة كانت هناك وثيقة سرية للغاية تشير إلى أن الحواسب الكَمِّيَّة كانت مرصودةً بعناية من قِبَل الوكالة، مع عدم تَوقُّع تقدُّمٍ علميٍّ في شأنها في المستقبل القريب.

مع الإثارة والصَّخَب حول الحواسب الكمية، متى يمكن أن نتوقَّع الحصول عليها؟

لِماذا لَيْسَ لَدَينا حَواسِبُ كَمِّيَّة؟

إنَّ الحَوْسَبَة القائمة على الذَّرَّات المنفردة يمكن أن تكون نِعمَةً ونِقمَةً. فبينما تستطيع الذَّرَّاتُ أن تُخزِّن كَمِّيَّاتٍ ضخمةً من المعلومات، فإن أصغر شائِبَة، أو تَذبذُبٍ، أو اضطراب يستطيع أن يُخرِّب عمليةَ الحَوْسَبَة. من الضروري، ولكن من

الصعب لدرجة ملحوظة، أن يتمَّ عزل الذرَّات تمامًا عن العالم الخارجي. ويجب أن تصل لحالة تُسمَّى "التَّماسُك"، تتذبذب فيها بانتظام. ولكن أقل تَدَخُّل -لِنَقُل عطسة شخص ما في المبنى المجاور- يمكن أن يجعل الذَّرَّاتِ تتذبذب عشوائيًّا، وباستقلالٍ، كُلُّ واحدةٍ عن الأخرى. "عدم التماسك" إحدى أكبر المشكلات التي نواجهها في تطوير الحواسب الكمية.

بسبب هذه المشكلة، تستطيع الحواسب الكمية اليوم أن تُجري عمليات حسابية أولية فقط. والواقع، أن رصيد العالم من الحاسب الكمي يتضمَّن حوالي عشرين كيوبِت. وقد لا يبدو هذا داعيًا لكثير من الإعجاب، ولكنه إنجاز حقيقي. وقد يستغرق الأمر عقودًا عديدة أو ربما حتى نهاية القرن الحالي ليكون لدينا كمبيوتر كَمِّيٌّ عالي الكفاءة، ولكن عندما نصل إلى هذه التكنولوچيا، سوف تزيد قوة الذكاء الاصطناعي لدرجة كبيرة جدًّا.

الرُّوبوتات في المُستَقبَلِ البَعيد

بِأَخْذِ الحالة البدائية للإنسان الآلي اليومَ في الاعتبار، أتوقَّع أيضًا ألَّا نشهد الروبوتات الواعية لذاتها خلال عددٍ من العقود؛ ربما ليس قبل نهاية القرن الحالي. وفي السنوات السابقة على ذلك، من المتوقَّع أن نبدأ في نشر آلاتٍ راقِيَةٍ تعمل بالتحكُّم عن بُعْدٍ للاستمرار في العمل على استكشاف الفضاء، وربما عندئذ، يبدأ إنسان آليٌّ ذو قدرات تَعَلُّمٍ خَلَّاقة في إرساء أُسُسِ مستوطنات بشرية. فيما بعد، سوف يأتي الإنسان الآلي ذاتيُّ التناسُخ لكي يكمل البنية الأساسية، ثم أخيرًا، تأتي الآلات الكمية الواعية لتساعدنا في تأسيس حضارة عبر المجرَّات والحفاظ على تلك الحضارة.

بالطبع، كل هذا الحديث عن الوصول للنجوم البعيدة يطرح سؤالًا مهمًّا: كيف يفترض أن نَصِلَ، نحن أو روبوتاتنا، إلى هناك؟ إلى أي حدٍّ تبلغ كفاءة سفن الفضاء التي نراها على التليفزيون كلَّ ليلة؟

"لِماذا نَذهَبُ إلى النُّجومِ؟

لأنَّنا ذُرِّيَّةُ تِلكَ الرَّئيسيَّاتِ الَّتي اخْتارَت أَنْ تَتَطلَّعَ إلى المَجهولِ.

لأنَّنا لَنْ نَحيا هُنا إلى ما لا نِهايَة.

لأنَّ النُّجومَ هُناكَ، تُغرينا بِآفاقَ مُستَجَدَّةٍ".

"چيمس" و"جريجوري بينفورد"

JAMES AND GREGORY BENFORD

الفصل الثامن

بِناءُ سَفينَةِ فَضاءٍ نَجميَّةٍ

في فيلم "الرُّكَّاب" Passengers، "أفالون" Avalon، سفينة تسافر بين النجوم، مَبنيَّة على أحدث ما توصَّل إليه العلم، مُزوَّدة بمحرِّكات ضخمة تعمل بالاندماج النووي، تسافر إلى "هومستيد 2" Homestead II، مُستَعمَرة على كوكب بعيد. الإعلانات عن هذه المستوطنة فاتِنَة. الأرض عجوز، ومُجهَدَة، ومكتظَّة بالسكان، ومُلوَّثة. لماذا لا نبدأ بداية جديدة في عالم مثير؟

الرحلة تستغرق 120 عامًا، يدخل فيها الركاب في حالة تشبه البَياتَ الشتوي، وأجسامهم تُجمَّد داخل كبسولات. وعندما تصل "أفالون" إلى مقصدها، تقوم السفينة أوتوماتيكيًّا بإيقاظ رُكَّابها الخمسة آلاف، الذين يخرجون من كبسولاتهم شاعرين بالانتعاش ومستعدِّين لبناء حياة جديدة في وطن جديد.

ولكن، أثناء الرحلة، عاصفة من الشُّهُب تخرق هيكل السفينة وتُتلِفُ مُحرِّكاتها الاندماجية. مُتسبِّبة في سلسلة من الأعطال. ويستيقظ أحد الرُّكَّاب قبل الأوان، قبل نهاية الرحلة بتسعين عامًا. يصبح وَحيدًا ومكتئبًا لأن السفينة لن تهبط إلا بعد موته بفترة طويلة. شاعِرًا بحاجته الشديدة إلى الصُّحبة، يوقظ زميلةً مُسافِرَةً

حسناء. وبطبيعة الأمور وَقَعَا في الحب. ولكن عندما تكتشف أنه أيقظها عمدًا قبل الميعاد بحوالي قرن، وأنها أيضًا سوف تموت في مجاز بين النجوم؛ تنفجر غاضبة.

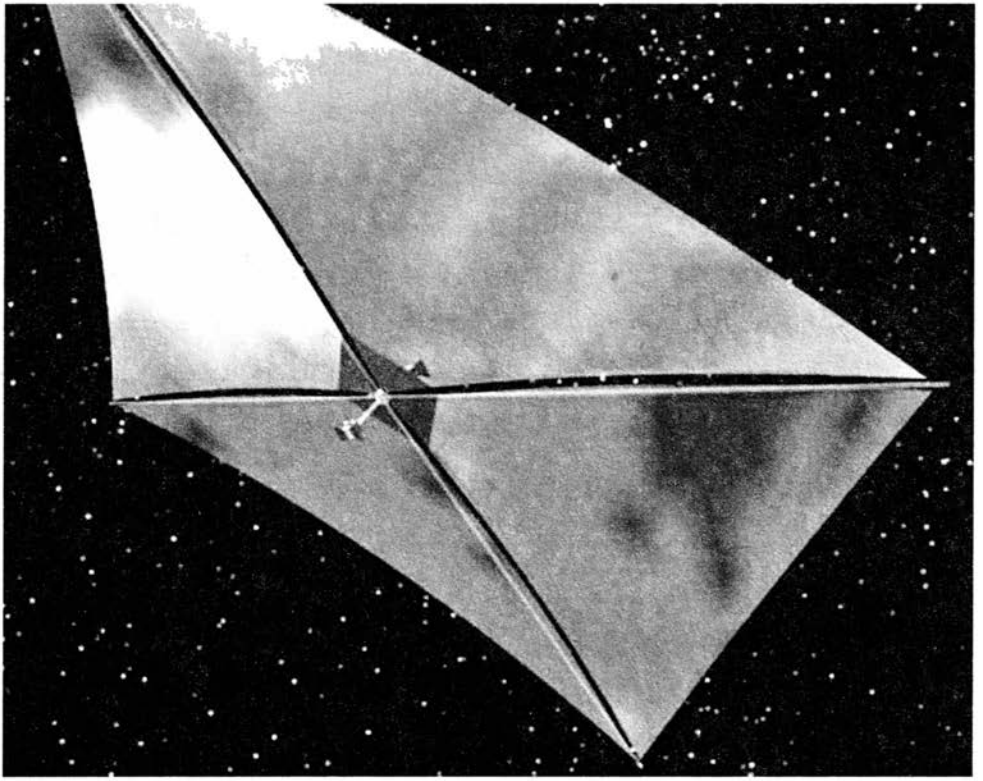
أفلام مثل "الرُّكَّاب" تُجسِّد محاولات حديثة لهوليود لإدخال شيء من الواقع إلى أفلام الخيال العلمي. أفالون تجعل رحلتها على الطراز القديم، حيث لا تتجاوز أبدًا سرعة الضوء. ولكن، اسأل أيَّ صبيٍّ أن يتخيَّل سفينة للسفر بين النجوم، وسوف يفكِّر في شيء مثل "إنتربرايز" Enterprise من سلسلة "ستار تريك" Star Trek أو Millennium Falcon من فيلم Star Wars، قادرة على أخذ الطاقم عبر المجرَّة في رحلة أسرع من الضوء، بل ربما تَشقُّ طريقًا خلال الزَّمكان وتنطلق عبر الفضاء السحيق.

في الواقع، أول سُفُنِنا النَّجميَّة قد لا تكون مأهولةً، وقد لا تشبه أيًّا من المَركَبات الضخمة الانسيابية التي حَلُمَت بها الأفلام. والواقع أنها قد لا تكون أكبر من طابع بريد. في 2016، زميلي "ستيفن هوكينج" Stephen Hawking أدهش العالم بدعمه مشروعًا يُسمَّى "بريكثرو ستارشوت" Breakthrough Starshot، يسعى لتطوير "سفن فضاء نانوية"، وهي رقائق متطوِّرة تُثبَّت على أشرعة تُشحَن بمخزون ضخم من إشعاعات الليزر القوية على الأرض. كلٌّ من هذه الرقائق سيكون في حجم الإبهام، ويَزِنُ أقلَّ من أوقية، ويحتوي على بلايين من الترانزستور. وأحد أهم الملامح الواعدة في هذا المسعى أننا يمكن أن نستخدم التكنولوچيا الموجودة لتحقيقه بدلًا من الانتظار لمائة أو مائتي عام. وادَّعى "هوكينج" أن السفن النانوية يمكن تطويرها بتكلفة تبلغ عشرة بلايين دولار على امتداد جيل، وباستخدام عشرة بلايين وات من طاقة الليزر، سوف تكون قادِرَةً على السفر بخُمس سرعة الضوء، لتصل إلى "سينتَوْري" Centauri، أقرب نظام نجمي، خلال عشرين عامًا. وعلى العكس من ذلك، تذكر أن كل رحلة لمكوك الفضاء الذي يدور في مدار قريب من الأرض تتكلَّف بليون دولار.

سفن الفضاء النانوية سوف تكون قادرة على إنجاز ما لا تستطيعه الصواريخ الكيميائية قَطُّ. معادلة صواريخ "تسيولكوڤسكي" تبيِّن أنه من المستحيل على صاروخ تقليدي من طراز "ساتورن" أن يصل إلى أقرب نجم؛ حيث إنه سيحتاج

أضعافًا مضاعفة من الوقود كلما زادت سرعته، كما أن الصاروخ الكيميائي لا يستطيع ببساطة أن يحمل وَقودًا يكفي رحلة بهذا الطول. وبافتراض أنه يستطيع أن يصل إلى النجوم القريبة، فإن الرحلة سوف تستغرق سبعين ألف سنة.

معظم طاقة الصواريخ الكيميائية تُسْتَنْفَدُ في رفعها إلى الفضاء، ولكن السفينة النانوية تتلقَّى طاقتها من ليزر خارجيٍّ آتٍ من الأرض، وبالتالي ليس هناك فاقد في الوقود؛ 100% منه يذهب إلى دفع السفينة. وحيث إن السفينة النانوية لا تحتاج لتوليد الطاقة اللازمة لها؛ فهي لا تحتوي أجزاء متحرِّكة. وهذا يُقلِّل بدرجة كبيرة جدًّا فرص الأعطال الميكانيكية. هي أيضًا لا تحمل كيماويات متفجِّرة ولن تنفجر على منصَّة الإطلاق أو في الفضاء.



هذا الشراع الليزري يحتوي على حمولة تتكوَّن من رقاقة صغيرة، يمكن أن يُدْفَع بواسطة شعاع من الليزر لكي يصل إلى 20% من سرعة الضوء (صورة رقم 3).

تكنولوجيا الكمبيوتر تقدَّمَت إلى مرحلة نستطيع عندها أن نُحَمِّل معملًا علميًّا كاملًا على رقاقة. والرقائق النانوية سوف تحتوي على كاميرات، وأجهزة استشعار، وتجهيزات كيميائية، وخلايا شمسية، كلها مُصمَّمة للقيام بتحليلات تفصيلية عن الكواكب البعيدة جدًّا، وإرسال المعلومات بالراديو إلى الأرض. ولأن تكلفة رقائق الكمبيوتر انخفضت بشدَّة؛ فنحن نستطيع أن نرسل ألوفًا منها على أمل أن يكمل القليل منها الرحلة المحفوفة بالمخاطر. (وهذه الاستراتيجية تحاكي الطبيعة الأم حيث تنثر النباتاتُ ألوفًا من البذور الصغيرة لكي تُعزِّز احتمالات نجاح بعضها).

إن سفينة نانوية تتحرَّك بسرعة داخل نظام "سينتوري" بخمس سرعة الضوء تستطيع أن تنجز مَهمَّتَها خلال عِدَّة ساعات فقط. وخلال ذلك الإطار الزمني، سوف تَحِلُّ على الكواكب الشبيهة بالأرض وتقوم بسرعة بتصويرها وتحليلها لتحديد مواصفات سطحها، ودرجات الحرارة عليها، وتركيب غلافها الجوي؛ للبحث بصفة خاصَّةٍ عن وجود الماء أو الأوكسچين. كما ستقوم أيضًا بمسح النظم النجمية للتأكُّد من وجود انبعاثات راديو يمكن أن تشير إلى وجود كائنات ذكية.

"مارك زوكربرج"، مُؤسِّس فيسبوك، أيَّد عَلَنًا مشروع "بريكثرو ستارشوت"، والمستثمر الروسي والفيزيائي السابق "يوري ميلنر" Yuri Milner التزم بصفة شخصيَّةٍ بتقديم 100 مليون دولار أمريكي. والسفن النانوية بالفعل أكثر من مجرَّد فكرة. ولكن توجد عَقَبات كثيرة يجب أن تُؤخَذَ في الحسبان قبل أن نستطيع تنفيذ المشروع بشكل كامل.

مُشْكِلاتٌ مَعَ أَشْرِعَةِ اللَّيزَر

لإرسال أسطولٍ من السفن النانوية إلى "ألفا سينتوري"، لا بُدَّ من وجود مخزون من الليزر لإطلاق وابل من الإشعاعات تصل إلى الأقل إلى مائة جيجاوات إلى باراشوتات السفن لحوالي دقيقتين. الضغط الضوئي من إشعاعات الليزر سوف يدفع السفن إلى الفضاء. ويجب أن تُوَجَّه الأشعة بدقَّة تامَّةٍ لضمان وصول السفن إلى هدفها. أقل انحراف في مسار السفن قد يؤدي إلى إفساد المهمة.

والعقبة الرئيسية التي نواجهها ليست في العلوم الأساسية، فتلك مُتاحة بالفعل، ولكنها التمويل، حتى مع وجود مجموعة رفيعة المستوى من العلماء والمستثمرين.

فكل محطة طاقة نووية تتكلَّف عدة بلايين من الدولارات وتنتج جيجاوات واحدًا فقط، أي بليون وات من الطاقة. وعملية استجداء التمويل الفيدرالي والخاص من أجل إنشاء "بنك" لِلِّيزر بالقوة الكافية يسبِّب عُنُقَ زجاجةٍ قاسٍ.

وقبل محاولة الوصول إلى نجوم بعيدة، قد يقرِّر العلماء إرسال سفن نانوية إلى مواقع أقرب داخل مجموعتنا الشمسية. سوف يستغرق الأمر خمس ثوانٍ فقط للوصول إلى القمر، وحوالي ساعة ونصف الساعة للوصول إلى المريخ، وأيَّامًا قليلة للوصول إلى بلوتو. وبدلًا من الانتظار لعشر سنوات للقيام بمهمة إلى الكواكب الخارجية[1]، يمكننا أن نحصل على معلوماتٍ جديدة عنها من سفن نانوية خلال أيام، وبهذه الطريقة يمكننا أن نرصد التطوُّرات في النظام الشمسي عن قُربٍ شديد وخلال وقت معقول.

في مرحلة لاحقة من المشروع، قد نحاول إنشاء بطارية من مدافع الليزر. عندما يعبر الليزر الغلاف الجوي للأرض، يفقد حوالي 60% من طاقته. وإنشاء تسهيلات قمرية للإطلاق سوف يساهم في علاج هذه المشكلة، وألواح شمسية على القمر سوف يمكن أن توفِّرَ طاقةً كهربائية رخيصةً وغزيرة للإمداد بالوقود اللازم لإشعاعات الليزر. ولا ننسى أن اليوم على القمر يعادل حوالي ثلاثين يومًا على الأرض، وهكذا يمكن تجميع الطاقة بكفاءة وتخزينها في بطاريات. وهذا النظام سوف يوفِّر لنا بلايين الدولارات، لأن ضوء الشمس مجاني، على خلاف الطاقة النووية.

مع حلول القرن الثاني والعشرين، ستكون تكنولوچيا الروبوتات ذاتيَّة التناسُخ قد اكتملت، وقد نكون قادرين على أن نعهد للآلات بمهمة إنشاء منظومات شمسية وبطاريات ليزر فوق القمر والمريخ وما وراءهما. يمكننا أيضًا أن نشحن إلى هناك فِرَقًا أوَّلِيَّة من الإنسان الآلي Automaton، التي يعمل بعضها في التعدين، بينما يقوم البعض الآخر ببناء مصنع. مجموعة أخرى من الروبوتات يمكن

(1) نستعمل تعبير "الكواكب الخارجية" إشارة للكواكب الواقعة خارج النظام الشمسي- المترجم.

أن تقوم بفرز وطحن وصهر المواد الخام في المصنع لفصل واستخلاص المعادن المختلفة. هذه المعادن المكرَّرة يمكن أن تستخدم في تكوين محطات لإطلاق الليزر ودفعة جديدة من الروبوتات ذاتية التناسُخ.

قد يكون لدينا في النهاية شبكة تَغصُّ بالمحطات المتتالية عبر النظام الشمسي، التي ربما تمتدُّ من القمر على طول الطريق إلى "شبكة أورت". ولأن المذنَّبات في "سحابة أورت" تمتدُّ إلى منتصف الطريق تقريبًا إلى "ألفا سنتوري" ولأنها ساكنة لدرجة كبيرة؛ فقد تكون مواقع مثاليَّةً لبنوك الليزر التي يمكن أن توفِّر دعمًا إضافيًّا للسفن النانوية في رحلتها للنُّظُم النجمية المجاورة لنا. وحيث إن كل سفينة نانوية تَمرُّ بواحدة من تلك المحطات المتتالية؛ فإن الليزر سوف ينطلق أوتوماتيكيًّا من تلك المحطَّات ويعطي السفينة دفعة إضافية في طريقها إلى النجوم.

مكتبة
t.me/soramnqraa

الأَشْرِعَةُ الضَّوئِيَّة

السفن النانوية المدفوعة بالليزر هي فقط نوع من فئة أكبر بكثير من سفن نجمية تسمَّى الأشرعة الضوئية. وكما تستفيد السفن الشراعية من قوَّةِ الرياح، فإن الأشرعة الضوئية تستغلُّ ضغطَ الضوء الآتي من ضوء الشمس أو الليزر. والواقع أن كثيرًا من المعادلات المستخدَمَة في توجيه السُّفن الشراعية يمكن أن تطبَّق على الأشرعة الضوئية في الفضاء الخارجي.

الضوء يتكوَّن من جزيئات تسمَّى الفوتونات، وعندما تصدم الفوتونات شيئًا تحدث ضغطًا خفيفًا. ولأن ضغط الضوء خفيف جدًّا؛ فإن العلماء لم ينتبهوا لوجوده لزمن طويل. و"چوهانس كِبْلَر" Johannes Kepler هو أول مَن لاحظ هذا التأثير عندما أدرك أن أذيال المذنَّبات، على خلاف المتوقَّع، تشير دائمًا إلى الاتجاه البعيد عن الشمس. وحَدَسَ "كبلر"، مُحِقًّا، أن ضغط ضوء الشمس يخلق هذه الأذيال عن طريق نفخ الرماد وبلَّورات الجليد من المذنَّبات بعيدًا عن الشمس.

"چول ڤيرن" Jules Verne، نافِذُ البصيرة، استبق لتوقُّع الأشرعة الضوئية في روايته "من الأرض إلى القمر" عندما كتب قائِلًا: "يومًا ما، سوف تظهر سرعات أكبر من تلك التي نعرفها، يُحتَمَلُ أن يكون الضوءُ أو الكهرباءُ العامِلَ الميكانيكيَّ فيها... في يومٍ ما، سوف نسافر إلى القمر والكواكب والنجوم".

"تسيولكوڤسكي" ذهب خطوة إلى الأمام في تطوير مفهوم الأشرعة الشمسية، أو السفن الفضائية التي تستفيد من ضغط الضوء الآتي من الشمس. ولكن تاريخ الأشعة الشمسية يشبه نِقاطًا متتالية على مسافات غير متساوية. و"ناسا" لم تُعْطِها أولوية. مشروع الجمعية الكوكبية، "كوزموس 1" The Planetary Society's Cosmos 1 في 2005، ومشروع "ناسا" "نانوسيل دي" NASA's NanoSail-D في 2008 عانَيَا الفشل عند الإطلاق. وتلاهما مشروع "ناسا" "نانوسيل دي 2" NASA's NanoSail-D 2، الذي دخل في مدار حول الأرض في 2010. والتجربة الناجحة الوحيدة لإرسال شراعٍ شمسيٍّ خلف مدار الأرض أُنْجِزَت بواسطة اليابانيين في 2010. القمر الاصطناعي "إيكاروس" IKAROS نَشَرَ شراعًا مُربَّعًا طول ضلعه 46 قَدَمًا بطاقة مستمدَّة من ضغط ضوء الشمس. وقد وصل إلى كوكب الزهرة في ستة أشهر مُبَرْهِنًا على أن الأشرعة الشمسية قابلة للاستخدام.

والفكرة آخذة في الانتشار على الرغم من تقدُّمها غير المنتظم؛ فوكالة الفضاء الأوروبية تعتزم إطلاق الشراع الشمسي "جوسامِر" Gossamer، الذي سيكون الغرض منه أن ينزل من المدار بعضًا من آلاف القطع من النفايات الفضائية المنتشرة في المنطقة المحيطة بالأرض.

أجريتُ مُؤخَّرًا مقابلةً مع "چوفري لانديس" Geoffrey Landis، عالِم "ناسا" المتعلِّم في معهد "ماساتشوستس للتكنولوچيا" MIT))، الذي يعمل على برنامج المريخ، وكذلك على الأشرعة الضوئية. وهو وزوجته "ماري تروزيلو" Mary Turzillo حاصلان على جائزة كتاب روايات الخيال العلمي. وقد سألته كيف تمكَّن من التوفيق بين هذين العالَمَيْن المختلفين، حيث إن أحدهما زاخِرٌ بالعلماء المُدقِّقين ومعادلاتهم المُعقَّدة، والآخر مليء بالمشجعين والمعجَبين بعالَمِ الفضاء والشَّغوفين بقصص الأجسام الفضائية الغريبة. وقد أجابني قائِلًا إن الخيال العلمي يسمح له بأن يذهب بخياله إلى المستقبل البعيد، بينما الفيزياء تُبقيه على أرض الواقع.

تَخصُّص "لانديس" هو الأشرعة الضوئية. وقد اقترح سفينةً نجميَّةً تقوم بالرحلة إلى "ألفا سينتوري"، وتتكوَّن من شراعٍ ضوئيٍّ مصنوع من طبقة فائقة الرِّقَّة من مادة شبيهة بالماس يَصِلُ قُطرُه إلى عدة مئات من الأميال. على أن تكون السفينة ضخمةً تَزِنُ مليون طنٍّ، وسوف يتطلَّب بناؤها وتشغيلها موارد من النظام الشمسي بما في ذلك بنوك لِلِّيزر بالقرب من عطارد. ولكي تكون السفينة قادرة على التوقُّف عند مقصدها؛ يجب أن تحتوي على "باراشوت مغناطيسي" كبير يستمدُّ مجالَه من حَلقةٍ من الأسلاك يبلغ قطرها ستين ميلًا. ذرَّات الهيدروچين من الفضاء سوف تمرُّ خلال حلقة الأسلاك وتولِّد احتكاكًا، وهذا الاحتكاك سوف يؤدِّي إلى إبطاء سرعة الشراع الضوئي على مدى عدَّة عقود. رحلةٌ ذهابًا وعودة إلى "ألفا سينتوري" سوف تستغرق قرنَيْن؛ وبالتالي يجب أن يكون الطاقم مُتعدِّد الأجيال. وعلى الرغم من أن هذه السفينة النجمية يمكن تحقيقها فيزيائيًّا، إلَّا أنها ستكون مكلِّفة، ويُقِرُّ "ساندي" بأن الأمر سيستغرق من خمسين إلى مائة عام لتجميعها بالفعل واختبارها. وهو في الوقت ذاته يساعد في بناء شراع الليزر "بريكثرو ستارشوت" Breakthrough Starshot.

المَحَرِّكاتُ الأَيونيَّة

بالإضافة إلى الدفْع عن طريق الليزر، هناك عَدَدٌ من الطرق الممكنة الأخرى لإمداد سفينة نجمية بالطاقة. وللمقارنة بين هذه الطرق، من المفيد أن نُدْخِل مفهومًا يُسمَّى "الدفع المحدَّد"، الذي هو قوة اندفاع الصاروخ مضروبة في الوقت الذي يستغرقه الصاروخ في الانطلاق. ("الدفع المحدَّد" يُقاس بالثواني). وكلما زاد زمن انطلاق محرِّكات الصاروخ؛ ازداد دَفْعُه المُحدَّد، الذي يمكن احتساب السرعة النهائية للصاروخ بناء عليه.

وأدناه جَدوَلٌ مُبسَّطٌ يُبيِّن الدفع المحدَّد لأنواع مختلفة من الصواريخ. ولم أورد بعض التصميمات -مثل صاروخ الليزر، والشراع الشمسي، أو صاروخ محرِّك الاندماج النفَّاث- التي لها دفع مُحدَّد لا نهائي، حيث يمكن تشغيل محركاتها لأجل غير مسمَّى.

مُحرِّك الصاروخ	الدَّفع المُحدَّد
صاروخ الوقود الصُّلب	250
صاروخ الوقود السَّائل	450
صاروخ الانشطار النووي	800 إلى 1000
المحرِّك الأيوني	5,000
مُحرِّك البلازما	1,000 إلى 30,000
صاروخ الاندماج النووي	2,500 إلى 200,000
صاروخ الدَّفع النووي	1,000 إلى مليون
صاروخ المادَّة المُضادَّة	مليون إلى 10 ملايين

لاحظ أن الصواريخ الكيماوية، التي تشتعل لدقائق قليلة فقط لها أَقَلُّ دَفْعٍ مُحدَّد. يليها في القائمة المحركات الأيونية، التي يمكن أن تَصلُحَ لمَهمَّات إلى الكواكب القريبة. والمحركات الأيونية تبدأ بأخذ غاز مثل الزِّينون، وتُجرِّد ذَرَّاته من الإلكترونات لتحوِّلها إلى أيونات (شظايا مشحونة من الذَّرَّات)، ثم تسرع هذه الأيونات بمجال مغناطيسي. إن داخل المحرك الأيوني له بعض الشبه بداخل شاشة التليفزيون، حيث يقوم المجالان الكهربي والمغناطيسي بتوجيه شعاع من الإلكترونات.

دفع المحركات الأيونية قليلٌ جدًّا (يُقاس غالِبًا بالأُوقيَّات) لدرجة أنك عندما تدير واحدًا منها في المعمل، يبدو أن لا شيء يحدث. ولكنها في الفضاء، ومع مرور الوقت، تكتسب سرعةً تَفوقُ سرعة الصواريخ الكيماوية. إن المحرِّكات الأيونيَّة تقارَن بالسُّلحفاة في سباقها مع الأرنب، الذي هو في هذه الحالة الصواريخ الكيماوية. فعلى الرغم من أن الأرنب يستطيع أن يجري بسرعة كبيرة جدًّا، فهو يفعل ذلك لعدة دقائق قليلة قبل أن يصيبه الإجهاد. أمَّا السُّلحفاة فهي

أبطأ ولكنها تستطيع أن تسير لأيام، وبالتالي تفوز في سباقات المسافات الطويلة. الصواريخ الأيونية تستطيع أن تعمل لسنواتٍ؛ ولهذا تُعتَبَر أكبرَ من الصواريخ الكيماوية من حيث الدَّفع المُحدَّد.

لكي نزيد قوَّة مُحرِّكٍ أيونيٍّ، يجب أن نجعل الغاز يتأيَّن باستخدام الموجات القصيرة أو موجات الراديو ثم نستخدم مجالات مغناطيسية لتسريع الأيونات. وهذا يُسمَّى مُحرِّك البلازما، الذي يستطيع نظريًّا أن يُقلِّل زمن السفر إلى المريخ من تسعة أشهر إلى أقل من أربعين يومًا، كما يقول المتحمِّسون له. ولكن التكنولوجيا لا تزال في مرحلة التطوير. (أحد العوامل المحددة لإمكانية مُحرِّك البلازما هو الكمية الضخمة من الكهرباء اللازمة لتخليق البلازما؛ ما قد يتطلَّب محطة طاقة نووية للقيام بمهمة بين الكواكب).

"ناسا" درست وبَنَت مُحرِّكاتٍ أيونيَّةً على مدى عقود. على سبيل المثال، ناقل الفضاء العميق، الذي قد يأخذ رواد الفضاء إلى المريخ في ثلاثينيات هذا القرن، يستخدم الدفع الأيوني. وفي أواخر القرن، من المُرجَّح أن تصبح المحرِّكات الأيونية العمودَ الفقري لمهام السفر إلى فضاء ما بين الكواكب. على الرغم من أن الصواريخ الكيماوية ربما لا تزال الاختيارَ الأفضل للمهام الحسَّاسة للوقت؛ فإن المحركات الأيونية سوف تكون اختيارًا صائِبًا يمكن الاعتماد عليه عندما يصبح الوقت أهم الاعتبارات.

بعد المحرِّك الأيوني في جدول الدفع المُحدَّد تأتي نظم الدفع التي لا تزال في مرحلة التصوُّر. وسوف نناقش كُلًّا منها في الصفحات التالية.

سَفينَةٌ نَجميَّةٌ للقَرْنِ القادِم

في 2011، قامت "ناسا" و"داربا" بعقد ندوة متخصِّصة Symposium تحت عنوان "سفينة نجمية للقرن القادم". وقد حازت اهتمامًا كبيرًا. الهدف لم يكن بناء سفينة نَجميَّة فِعلية خلال مائة عام، ولكنه كان جَمْعَ عقولٍ علميَّةٍ فَذَّةٍ معًا يستطيع أصحابها أن يضعوا أجندة قابلة للتنفيذ للسفر إلى النجوم في القرن القادم. وقام بتنظيم المشروع مجموعة "الحرس القديم" Old Guard، وهي

مجموعة غير رسمية من الفيزيائيِّين والمهندسين، كثيرٌ منهم الآن في السبعينات من العمر، يسعون لتوظيف معرفتهم الجماعية لأخذنا إلى النجوم. وقد قاموا بشغفٍ بإبقاء الشعلة حيَّةً على مدى عقود.

"لانديس" عضو في "الحرس القديم". ولكن يوجد بينهم أيضًا عضوان غير عاديَّيْن، هما "چيمس" و"جريجوري بينفورد" James and Gregory Benford، وهما توأمان، كُلٌّ منهما فيزيائيٌّ وكاتِبُ خَيالٍ علميٍّ. وقد أخبرني "چيمس" بأن افتتانه بالسفن النجمية بدأ عندما كان طِفلًا يلتهم كلَّ ما يصل إلى يديه من الخيال العلمي، خاصَّةً سلسلة "سبيس كاديت" Space Cadet القديمة لـ "روبرت هينلين" Robert Heinlein . وقد أدرك أنه إذا كان هو وأخوه جادَّيْن بشأن الفضاء فعليهما بدراسة الفيزياء، الكثير من الفيزياء؛ ولذلك أعدَّا نَفسَيْهِما للحصول على درجة الدكتوراه في الفيزياء. "چيمس" الآن رئيس شركة "علوم الميكروويف" Microwave Sciences، وعَملَ لعقودٍ عديدة في نُظُم الميكروويف عالية الطاقة. و"جريجوري" أستاذ الفيزياء في جامعة كاليفورنيا، وفي مجاله الآخر حصل على جائزة "نيبولا" Nebula Award عن إحدى رواياته.

غداة السيمبوزيوم، وضع "جريجوري" و"چيمس" كتابًا عنوانه "قَرْنُ السُّفُن النَّجميَّة: نحو أَوسَعِ أُفُق" Starship Century: Toward the Grandest Horizon، يحتوي على كثير من الأفكار الواردة هنا. "چيمس"، الخبير في أشعَّة الميكروويف يعتقد أن الأشرعة الضوئية هي أفضل فرصة للسفر خارج النظام الشمسي. ولكنه يقول إن هناك تاريخًا طويلًا من التصميمات النظرية البديلة التي ستكون مُكلِّفة بدرجة أكبر، ولكنها مبنيَّة على فيزياءَ مَتينَةٍ، وقد تتحقَّق يومًا ما.

الصَّواريخُ النَّوويَّة

التاريخ يعود بنا إلى خمسينيات القرن العشرين، العصر الذي عاش فيه الناسُ رُعبَ الحرب النووية، ولكن عَدَا قليلٍ من علماء الذَّرَّة كانوا يتطلَّعون إلى تطبيقات سلمية للطاقة النووية. وقد أخذوا في اعتبارهم كُلَّ الأفكار، مثل استخدام أسلحة نووية في شَقِّ مواقع الموانئ والمرافئ.

ولكن معظم هذه الاقتراحات رُفِضَت بسبب المخاوف من تساقُط الغبار النووي والاضطراب الذي تُسبِّبه التفجيرات النووية. أحد الاقتراحات المثيرة للاهتمام، والتي رغم ذلك تعثَّرَت، كان يُسمَّى "مشروع أوريون" Project Orion، الذي سعى لاستخدام القنابل النووية بوصفها مصدرَ طاقةٍ للسفن النجمية.

هيكل الخطة كان بسيطًا: اصنع قنابل نووية صغيرة وأَطْلِقْها واحدةً تلوَ الأخرى من مؤخِّرَة سفينةٍ نجميَّةٍ. وكلَّما انفجرت قنبلة نووية صغيرة تخلق دفقةً مفاجئة من الطاقة تدفع السفينة النجمية إلى الأمام. ومن حيث المبدأ، لو أُطلِقَت سلسلة من القنابل النووية الصغيرة على التوالي يمكن لسرعة الصاروخ أن تتزايد إلى ما يقارب سرعة الضوء.

الفكرة طُوِّرَت من قِبَل عالم الفيزياء النووية "تيد تيلور" Ted Taylor بمشاركة "فريمان ديسون" Freeman Dyson. "تيلور" اشتهر بتصميم تشكيلة كبيرة من القنابل النووية، من أكبر قنبلة انشطارية تمَّ تفجيرها على الإطلاق (بقوة تعادل خمسة وعشرين مرة قنبلة هيروشيما) إلى قنبلة "ديفي كروكيت" Davy Crockett الصغيرة التي يمكن حَمْلُها على مدفع (وقوَّتها تُعادِلُ واحدًا إلى ألف من قوة قنبلة هيروشيما). ولكنه كان توَّاقًا لتوجيه معرفته العميقة بالتفجيرات النووية إلى الأغراض السلمية. وقد انتهز الفرصة لريادة مشروع السفينة النجمية "أوريون".

التحدِّي الرئيسي كان تحديدَ كيف يمكن التحكم بعنايةٍ في سلسلة التفجيرات الصغيرة بحيث تستطيع السفينة النجمية أن تجتاز موجة الانفجارات النووية بأمان من دون أن تُدَمَّر خلال العملية. وقد تمَّ وضع تصميمات مختلفة لنطاق من السرعات. أكبر نموذج يصل قُطْرُه إلى ربع ميل، ويَزِنُ ثمانية ملايين طنٍّ مِتريٍّ، ويُدفَع بواسطة 1080 قنبلة. على الورق، يمكن أن تصل سرعة هذه السفينة إلى 10% من سرعة الضوء وأن تصل إلى "ألفا سينتوري" في أربعين عامًا. وعلى الرغم من ضخامة هذه السفينة، الحساباتُ تبيِّن أنها في نطاق الممكن.

ولكن هناك انتقاداتٌ وُجِّهَت للفكرة، مشيرةً إلى أن السفن النجمية المدفوعة بالتفجيرات النووية يمكن أن تُطلِقَ غُبارًا نَوويًّا مُشِعًّا. ورَدَّ "تايلور" على ذلك بأنَّ تَساقُطَ الغبار النووي يَحدث عندما تُصبِحُ المُخلَّفات والغلاف المعدني للقنبلة مُشِعَّةً بعد إطلاق القنبلة، وبذلك يمكن تَجنُّبها لو شَغَّلت السفينةُ النجمية

مُحرِّكَها في الفضاء الخارجي فقط. ولكن معاهدة حظر التجارب النووية الصادرة سنة 1963 تجعل من الصعب تجربة قنابل نووية صغيرة أيضًا. وأخيرًا تمَّ استبعاد سفينة "أوريون" النجمية بوصفها تنتمي إلى كتب العلم القديمة.

عُيوبُ الصَّواريخِ النَّوويَّة

هناك سبب آخر لصرف النظر عن المشروع، ألَا وهو أن "تايلور" نفسه فَقَدَ اهتمامه به. وقد سألتُه ذاتَ مرَّةٍ عن السبب في سحب دعمه للمشروع، مع أنه كان يشبه استخدامًا طبيعيًّا لموهبته. وقد شرح لي أن إنشاء "أوريون" يعني إنتاجَ نوع جديد من القنابل النووية. وعلى الرغم من أنه قضى معظم حياته يصمِّم قنابلَ اليورانيوم الهيدروچينية؛ فقد أدرك أن سفينة "أوريون" الفضائية قد تستطيع يومًا استخدام قنابل اندماجية قوية مُصمَّمة خصِّيصًا لهذا الغرض.

هذه القنابل، التي تُطلِقُ أكبرَ كمِّيَّةٍ من الطاقة عرفها العلم، مرَّت بثلاث مراحل من التطوُّر. أولى القنابل الهيدروچينية التي تنتمي لخمسينيات القرن العشرين كانت ضخمةً جدًّا لدرجة أنها تتطلَّب سُفُنًا كبيرة لنقلها. ولأسباب عملية عديدةٍ كانت غيرَ صالحة للاستخدام في حرب نووية. الجيل الثاني من القنابل النووية هو الصغير وسَهْلُ الحمل المعروف باسم MIRVs، والذي شكَّل العمود الفقري للترسانتين النوويتين الأمريكية والروسية. حيث يمكن حَمْلُ عشرة منها في الأنف المخروطيِّ لصاروخٍ باليستيٍّ عابر للقارات.

القنابل النووية من الجيل الثالث، التي تسمَّى أحيانًا "القنابل النووية المصمَّمة"، هي في الوقت الحالي لا تزال مجرَّدَ مفهوم. يمكن إخفاؤها بسهولة، وإنتاجها حسب الطلب وفقًا لميدان المعركة؛ الصحراء أو الغابة أو المناطق الباردة المتجمِّدة أو الفضاء الخارجي. وقد أخبرني "تايلور" أنه أصيب بخيبة الأمل بشأن هذا المشروع، وأنه أصبح يخشى أن يقع في أيدي الإرهابيين. وسوف يكون بالنسبة له كابوسًا يصعب وصفه لو أن قنابِلَه وقعت في الأيدي الخطأ ودَمَّرَت مدينةً أمريكية. ومن سخريات القدر أن موقفه تغيَّر بشكل كامل. وقد شارك في مشروع يضع فيه العلماء مجموعة من الدبابيس يشير كُلٌّ منها إلى قنبلة نووية على

خريطة لموسكو. ولكنه عندما وُوجِهَ بإمكانية أن يضع الجيل الثالث من الأسلحة النووية دبابيسَ على مدينة أمريكية، قرَّر فجأةً أن يعارض تطوير أسلحة نووية متقدِّمة.

أمَّا "چيمس بينفورد"، فقد أخبرني أنه على الرغم من أن "صاروخ النبض النووي" nuclear pulse rocket الذي اقترحه "تايلور" لم يوضع أبدًا على طاولة البحث، فإن الحكومة الأمريكية قامت بالفعل بإنتاج سلسلة من الصواريخ النووية. وبدلًا من تفجير قنابل نووية صغيرة، استخدَمَت تلك الصواريخُ مُفاعِلَ يورانيوم من طراز قديم لتوليد الحرارة اللازمة. (المفاعل استُخدِمَ في تسخين سائل، مثل الهيدروچين السائل، إلى درجة حرارة مرتفعة، ثم إطلاقه من فُوَّهة في المؤخِّرة لإيجاد قوة الدفع). تم إنتاج نُسَخٍ كثيرة واستخدامها في الصحراء. وهذه المفاعلات كانت مُشعَّة جدًّا، وكان هناك دائمًا خطر الانصهار أثناء مرحلة الإطلاق، ما كان يمكن أن يكون كارثيًّا. وبسبب مجموعة من المشاكل التقنية، بالإضافة إلى تَنامي الشعور المناهض للأسلحة النووية لدى الجمهور، تمَّ إيقاف هذه الصواريخ النووية.

الصَّواريخُ الاندِماجيَّة

خُطَطُ توظيفِ قنابِلَ نوويَّةٍ في إطلاق سفن نجمية اندثرت في ستينيات القرن العشرين، ولكن كانت هناك إمكانية أخرى على أهبةِ الاستعداد. سنة 1978، أسَّسَت الجمعية البريطانية للكواكب "مشروع ديدالَس" Project Daedalus. فبدلًا من استخدام قنابل الانشطار النووي، سوف يستخدم "ديدالس" قنابل هيدروچينية صغيرة، كتلك التي تطلَّع إليها "تايلور" نفسه ولكنه لم يصنعها أبدًا. (قنابل "ديدالس" الهيدروچينية الصغيرة هي في الواقع قنابل صغيرة من الجيل الثاني، وليس من قنابل الجيل الثالث التي خشاها "تايلور" كثيرًا).

هناك طُرقٌ عديدة يمكن من خلالها إطلاق قوة الاندماج سلميًّا. إحدى العمليات، وتُسمَّى الحبس المغناطيسي، تنطوي على إدخال غاز الهيدروچين في مجال مغناطيسي كبير يشبه كعكة مستديرة ثم تسخينه إلى ملايين من درجات

الحرارة. نُوَيَّات الهيدروچين ستُحطِّم بعضها البعض وتندمج لتكون نويَّات هيليوم مطلقة انفجارات من الطاقة النووية. والمفاعل الاندماجي يمكن أن يستخدم في تسخين سائل يتمُّ إطلاقه عندئذ من فوَّهة، وبذلك يدفع الصاروخ.

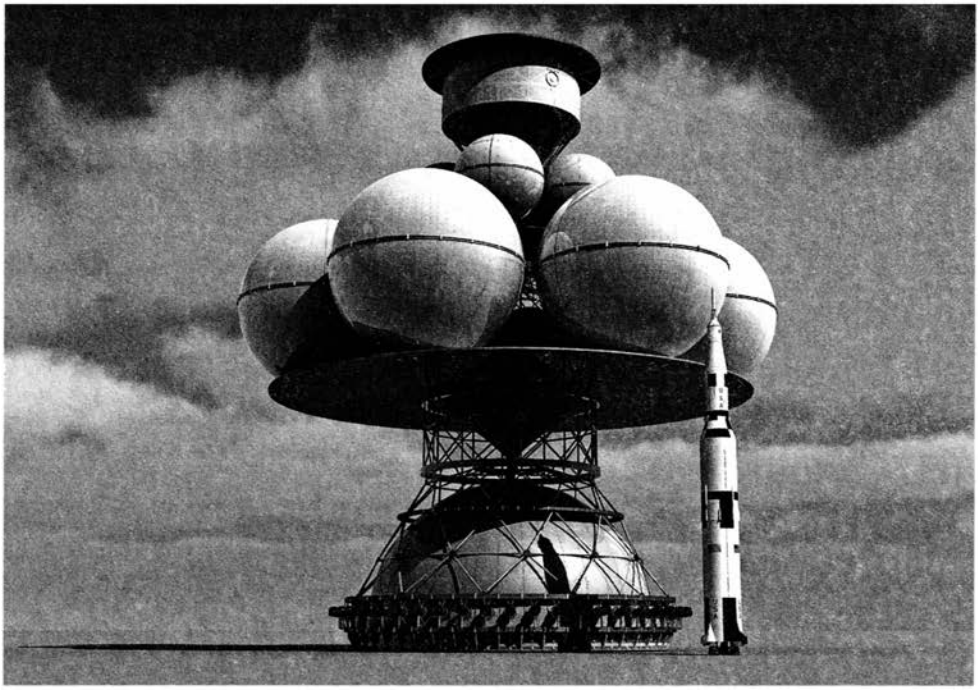
المُفاعل الاندماجي الريادي الذي يستخدم الحَبْسَ المغناطيسي في الوقت الحالي يُسمَّى "المفاعل التجريبي النووي الحراري العالمي" International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER)، ويقع في جنوب فرنسا. إنه آلة مهولة، أكبر بعشر مرات من أقرب منافس له. يَزِنُ 5,110 طنًا، ويبلغ ارتفاعه سبعًا وستِّين قدمًا، وقُطْرُه أربعًا وستين قدمًا، وتكلَّف 14 بليون دولار حتى الآن. من المتوقَّع أن ينجز عملية الاندماج بحلول 2035، وينتج 500 ميجاوات من الطاقة الحرارية (مقارنة بألف ميجاوات من الكهرباء تنتجها محطة طاقة نووية معيارية تعمل باليورانيوم). ومن المأمول أن يكون أول مفاعل اندماجي يُنتِجُ من الطاقة أكثرَ ممَّا يستهلك. وعلى الرغم من سلسلة من التأجيلات والتجاوزات في التكلفة، فإن الفيزيائيين الذين تحدَّثتُ إليهم يراهنون على أن هذا المفاعل سوف يصنع التاريخ. ولن يمرَّ وقتٌ طويل قبل أن نصل إلى إجابات. "بيير جيل دي چين" Pierre-Gilles de Gennes، الحاصل على جائزة نوبل، قال ذات مرة: "نحن نقول إننا سوف نضع الشمس داخل صندوق. الفكرة جميلة. المشكلة أننا لا نعرف كيف نصنع الصندوق".

تشكيلة أخرى من صاروخ "ديدالس" يمكن أن تستمدَّ وقودها من اندماج الليزر، حيث تقوم إشعاعات ليزر عملاقة بضغط كُرَيَّة من مادة غنيَّة بالهيدروچين. وهذه المهمة تسمَّى الحَبْس بالقصور الذاتي. "مرفق التشغيل الوطني" National Ignition Facility (NIF)، الكائن في معمل "ليفرمور الوطني" Livermore National Laboratory بكاليفورنيا يمثِّل هذه العملية. بطاريَّةُ إشعاعاتِ اللِّيزر بِهِ 192- شعاع ضخم في أنابيب بطول 4,900 قدم- هي الأكبر في العالم. عندما يتمُّ تركيز إشعاعات الليزر على عَيِّنَةٍ صغيرة من "ديوتيرايد الليثيوم" Lithium Deuteride الغني بالهيدروچين، تحرق طاقَتُها سطحَ المادة؛ ما يسفر عن انفجار صغير يجعل الكُرَيَّة تنهار وترفع درجة حرارتها إلى مليون درجة مئوية. وهذا يخلق تفاعُلًا اندماجيًّا يُطلِق خمسمائة تريليون وات من الطاقة خلال بضعة أجزاء من التريليون من الثانية.

لقد رأيت عَرضًا لمرفق التشغيل الوطني عندما شاركت في فيلم وثائقي لقناة "ديسكفري العلمية" Discovery/Science Channel. ويجب أن يمرَّ الزُّوَّار بتحرِّيات أمن قوميٍّ لأن الترسانة النووية الأمريكية تُصمَّم في معمل "ليفرمور". وعندما دخلت أخيرًا، كان الأمر مُذهِلًا. حيث يمكن بسهولة استيعاب منزل من خمسة طوابق داخل الغرفة الرئيسية التي تتجمَّع فيها إشعاعات الليزر.

توجد نسخة من مشروع "ديدالس" تستغلُّ عمليَّةً مشابِهةً لاندماج الليزر. فبدلًا من إشعاع الليزر، هي تستخدم بنكًا كبيرًا لإشعاعات إلكترونية لتسخين الكُريَّة الغنية بالهيدروچين. ولو تمَّ تفجير 250 كريَّة كُلَّ ثانية؛ يمكننا أن نتصوَّر توليد طاقة تكفي لسفينة نجمية تصل سرعتها إلى جزء من سرعة الضوء. ولكن هذا التصميم يتطلب صاروخًا اندماجيًّا ذا حجم هائل. إحدى نسخ صاروخ "ديدالس" يجب أن تَزِنَ أربعة وخمسين ألف طنٍّ مِتريٍّ، ويصل طولها إلى حوالي 625 قدمًا، بسرعة قصوى تصل إلى 12% من سرعة الضوء. وهو صاروخ ضخمٌ لدرجة أنه لا بُدَّ أن يُبنَى في الفضاء الخارجي.

صاروخ الاندماج النووي يبدو جيِّدًا نظريًّا. ولكن الطاقة الاندماجية لم يتمَّ إثباتها بعد. أضف إلى ذلك أن ضخامة حجم وتعقد هذه الصواريخ المتصوَّرة تلقي بشكوك حول إمكانية تنفيذها، في هذا القرن على الأقل. إذًا، جَنبًا إلى جَنبٍ مع الأشرعة الضوئية، صواريخ الاندماج هي الأكثر وعدًا.



هذه الصورة تُبيِّن مُقارَنةً بين حجم السفينة النجمية الاندماجية بصاروخ "ساتورن V". لأن حجمها ضخم؛ من المُرجَّح أن يتحتَّم تجميعها في الفضاء بواسطة روبوتات (صورة رقم 4).

سُفُنُ المادَّةِ المُضادَّة

تكنولوچيات الموجة الخامسة (التي تتضمَّن مُحرِّكات المادة المضادَّة، والأشرعة الضوئية، والمحرِّكات الاندماجية، والسفن النانوية) قد تفتح آفاقًا جديدة منعشة أمام تصميم السفن النجمية. محرِّكات المادة المضادة، كما في "ستار تريك" Star Trek، قد تصير واقِعًا. وسوف تستفيد من أكبر مصدر للطاقة في الكون، التحوُّل المباشر للمادة إلى طاقة من خلال الاصطدام بين المادة والمادة المضادة.

المادة المضادة هي عكس المادة، بمعنى أن لديها الشحنة المُضادَّة. الإلكترون المُضاد له شحنة موجبة، بينما البروتون المضاد له شحنة سالبة. (عندما كنت في المدرسة الثانوية، حاولت أن أتتبَّع المادة المضادة بوضع كبسولة "صوديوم

22"، التي تبعث إلكترونات مضادة، في "غرفة سحابية" Cloud Chamber وتصوير الآثار الجميلة التي تُخلِّفها المادة المضادة. ثم أنشأت "بيتاترون" Betatron مُعجِّل للجُسَيْمات بقولت 2.3 مليون إلكترون على أمل أن أُحلِّلَ خصائص المادة المضادة).

عندما تتصادم المادة والمادة المضادة تنسحق كلتاهما متحوِّلَةً إلى طاقة خالِصَة، وبذلك يطلق التفاعل طاقَةً ذات كفاءة 100%. على العكس من ذلك، كفاءة أي سلاح نووي تبلغ 1%؛ معظم الطاقة داخل قنبلة هيدروچينية تفقد.

الصاروخ الذي يعمل بالمادة المضادة سيكون بسيطًا في تصميمه. فالمادة المضادة سوف تُخزَّن في حاويات آمنة، ثم تغذَّى بها غرفة في تيارات منتظمة. وسوف تُجمَع بالتفجير مع مادة عادية في الغرفة، وينتج عن ذلك انطلاق أشعة جاما وأشعة سينية. والطاقة عندئذ سوف تُطلَق من خلال فتحة في غرفة العادم لكي تخلق الدفع.

كما لفت نظري "چيمس بينفورد"، فإن صواريخ المادة المضادَّة مفهوم مُفضَّل لدى مُعجَبي الخيال العلمي، ولكن هناك مشاكل خطيرة تواجه بناءها. منها، أن المادة المضادة تحدث بشكل طبيعي، ولكن بكميات صغيرة فقط نسبيًّا؛ ولذلك نحن نحتاج لإنتاج كميات ضخمة منها لاستخدامها في محرِّكات. أول ذَرَّة مُضادَّة للهيدروچين مع أول إلكترون مضاد يدور حول بروتون مضاد، خُلِّق سنة 1955، في "المنظمة الأوروبية للبحوث النووية" European Organization for Nuclear Research (CERN) في چنيف بسويسرا. تمَّ إنتاج شعاع من البروتونات العادية وإطلاقه خلال هدف مصنوع من المادة العادية. وأدَّى التصادم إلى عدد قليل من جسيمات البروتونات المضادة. مجالات مغناطيسية ضخمة فَصَلَت البروتونات عن البروتونات المضادة بتوجيهها في اتجاهات مختلفة؛ واحدٌ يتَّجه إلى اليمين والثاني يتَّجه إلى اليسار. ثم تَمَّ إبطاءُ البروتونات المضادة وتخزينها في مجال مغناطيسي حيث تم جمعها مع إلكترونات مضادَّة لتكوين هيدروچين مضاد. في 2016، أخذ العلماء في المنظمة الأوروبية الهيدروچين المضاد وحَلَّلوا الأغلفة التي تدور حول البروتون المضاد. وكما هو مُتوقَّع، وجدوا تطابُقًا مُحدَّدًا بين مستويات الطاقة في الهيدروچين المضاد والهيدروچين العادي.

باحِثو "المنظمة الأوروبية للبحوث النووية" أعلنوا ما يلي: "لو استطعنا أن نجمع كل المادة المضادة التي جمعناها في المنظمة ونسحقها مع مادة عادية؛ قد نحصل على طاقة تكفي لإنارة مصباح كهربائي وحيد لمدَّة دقائق معدودة". سوف نحتاج إذًا إلى كمِّيَّة ضخمة جدًّا لتشغيل صاروخ. أيضًا، المادة المضادة هي أغلى شكل من أشكال المادة في العالم. بأسعار اليوم، جرام واحد قد يحتاج لحوالي 70 تريليون دولار. حاليًا، يمكن تخليقها فقط (بكميات صغيرة جدًّا) مع مُسَرِّعات الجسيمات، التي تتكلَّف كثيرًا جدًّا لإنشائها وتشغيلها. "مصادم هادرون الكبير" (Large Hadron Collider (LHC في المنظمة الأوروبية للبحوث النووية هو أقوى مُسرِّع جسيمات في العالم، وتكلَّف إنشاؤه 10 بليون دولار، ولكنه يستطيع فقط إنتاج شعاع دقيق جدًّا من المادَّة المضادة. إن تجميع أموال تكفي لوقود سفينة نجمية يمكن أن يؤدِّي إلى إفلاس الولايات المتحدة.

مُحطِّمات الذَّرَة العملاقة الموجودة اليوم هي آلات لكل الأغراض، تُستَخدَم فقط كأدوات للبحث، وهي غير كُفأَةٍ بشكل كبير في إنتاجها للمادة المضادة. وأحد الحلول الجزئية قد يكون إنشاء مصانع مُصمَّمة خصِّيصًا لإنتاج كميات كبيرة منها. في هذه الحالة، كما يعتقد "هارولد جيريش" Harold Gerrish من "ناسا"، يمكن أن تنخفض تكلفة المادة المضادة إلى خمسة بلايين دولار لكل جرام.

التخزين يمثِّل صعوبةً وتكلفةً أخرى. لو أنك وضعت مادة مضادة في قارورة؛ فعاجِلًا أو آجِلًا سوف تضرب جدران القارورة وتسحق الحاوية. وسوف نحتاج إلى أغلفة واقية لحصرها بشكل سليم. هذه الأغلفة سوف تستخدم حقولًا مغناطيسية لإبقاء ذرَّات المضادة في حالة خمول ومنعها من الاتصال بالوعاء.

في الخيال العلمي، مشكلات التكلفة والتخزين يتم القضاء عليها أحيانًا عن طريق اكتشاف حلَّال العُقَد؛ آلة تُمكِّننا من التعدين الرخيص فوق الكويكبات. ولكن هذا السيناريو الافتراضي يطرح سؤالًا مُعقَّدًا: من أين تأتي المادة المضادة، على أي الأحوال؟

في أي مكان نراه بأجهزتنا في الفضاء الخارجي، نحن نرى المادة، وليس المادة المضادَّة. نحن نعرف ذلك لأن التصادم بين إلكترون وإلكترون مضاد يطلق طاقة تبلغ على الأقل 1.02 مليون ڤولت إلكترون. هذه بصمة تصادم مادة مضادة.

ولكننا عندما نتفحَّص الكون، نكتشف القليل جدًّا من هذا النوع من الإشعاع. معظم الكون الذي نراه حولنا يتكون من المادة العادية التي نتكون نحن منها.

علماء الفيزياء يعتقدون أنه في لحظة الانفجار الكبير، كان الكون في تناسُقٍ تامٍّ، وكان هناك كمية متساوية من المادة والمادة المضادة. وهكذا، كان الانسحاق بين الاثنتين تامًّا وكامِلًا، ويجب أن يكون الكون مُكوَّنًا من إشعاع صافٍ. ولكننا هنا مُكوَّنون من مادة، وجب ألَّا تكون موجودة الآن. ووجودنا المؤكَّد يتحدَّى الفيزياء الحديثة.

لم نكتشف بعد لماذا يوجد في الكون مادة أكثر من المادة المضادة. واحد من عشرة بلايين فقط من المادة من الكون المبكِّر ظلَّ باقيًا بعد هذا الانفجار، ونحن جزء منه. النظرية الرائدة هي أن شيئًا ما انتهك هذا التناسُق التام بين المادة والمادة المضادة عند الانفجار الكبير، ولكننا لا نعرف ما هذا الشيء. إن جائزة نوبل في انتظار الشخص المقدام الذي يستطيع أن يحل هذه المشكلة.

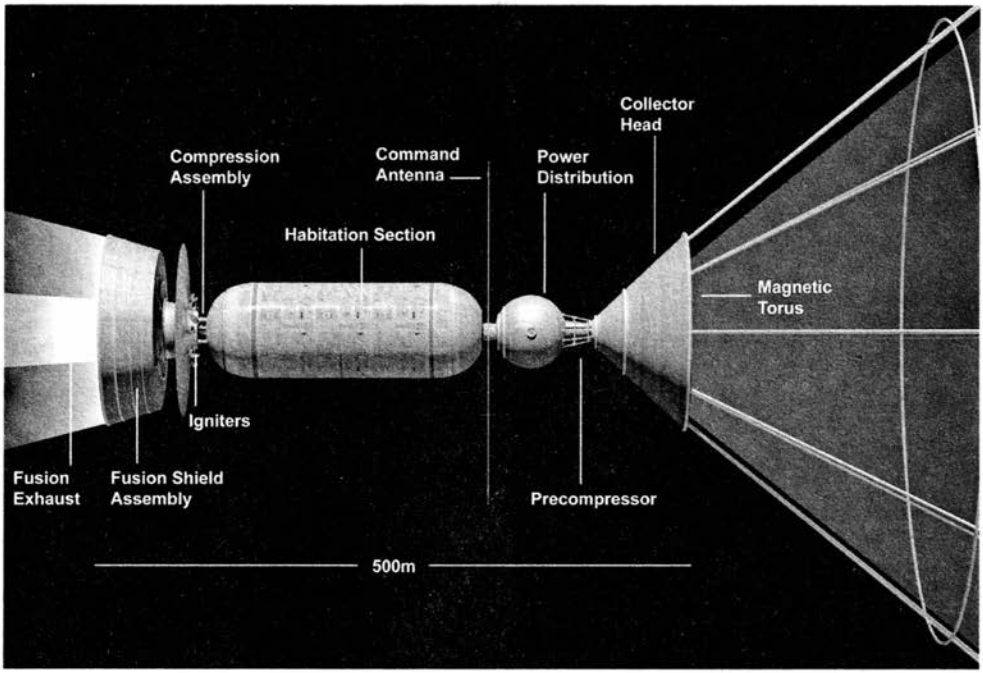
إن محركات المادة المضادة توجد في القائمة القصيرة لأولويات أيِّ مَن يريد أن يبني سفينة نجمية. ولكن خواص المادة المضادة لا تزال غير مكتشفة بالكامل تقريبًا. وليس من المعلوم، على سبيل المثال، ما إذا كانت تصعد أم تهبط. الفيزياء الحديثة تتوقَّع أنها تهبط، مثل المادة العادية. لو كان الأمر كذلك، فإن الجاذبية المضادة يحتمل ألَّا تكون ممكِنَة. ولكن هذا، مع أشياء أخرى كثيرة لم تختبر على الإطلاق. وبناء على التكلفة وفهمنا المحدود؛ فإن صواريخ المادة المضادة يحتمل أن تظلَّ حُلمًا على مدى القرن القادم، إلَّا إذا عثرنا على كُوَيْكِبٍ مُضادٍّ في الفضاء.

السَّفينَةُ النَّجميَّةُ ذاتُ المُحرِّكِ النَّفَّاثِ الاندماجيِّ

صاروخ المُحرِّك النَّفَّاث الاندماجي مفهوم مُغرٍ آخر. إنه سوف يكون شبيهًا بقرطاس آيس كريم عملاق، وسوف يَغترِفُ غازَ الهيدروچين من الفضاء الواقع بين النجوم ثم يركِّزه في مفاعل اندماجيٍّ لتوليد الطاقة. ومثل طائرة نفَّاثة أو صاروخ كروز، سوف يكون صاروخ المحرك النفاث اقتصاديًّا. ولأن الطائرات النفَّاثة تبتلع الهواء العادي؛ فليس عليها أن تحمل مُؤكسِدًا خاصًّا بها، وهو ما يخفض

التكلفة. وحيث إنه يوجد كميات غير محدودة من غاز الهيدروچين في الفضاء للتزوُّد بالوقود؛ فإن سفينة الفضاء سوف تكون قادرة على التسارُع إلى الأبد. وكما في الشراع الشمسي، فإن دفع المحرك سوف يكون لا نهائيًا.

رواية "بول أندرسون" Poul Anderson الشهيرة "تو زيرو" Tau Zero تدور حول صاروخ ذي محركٍ نفَّاث اندماجيٍّ يواجه عُطلًا ولا يستطيع أن يتوقَّف عن الحركة. وحيث تتزايد سرعته نحو سرعة الضوء، تبدأ انحرافات غريبة في الحدوث. الزمن يتباطأ داخل الصاروخ، ولكن الكون حوله يشيخ. وكلما زادت سرعة الصاروخ زاد تباطؤ الزمن داخله. ولكن، بالنسبة لأي شخص داخل السفينة النجمية، تبدو الأمور اعتيادية تمامًا داخل السفينة، بينما يتقدَّم الكون في العمر خارجها. وأخيرًا، تزداد سرعة السفينة لدرجة أن ملايين من السنين تنقضي خارجها بينما طاقم السفينة يراقب ذلك مُنعدِمَ الحيلة. وبعد السفر لبلايين غير محدودة من السنين إلى المستقبل، يدرك الطاقم أن الكون لم يَعُدْ يتمدَّد، ولكنه آخِذٌ في الانكماش. تمدُّد الكون يأخذ أخيرًا في الانعكاس. درجات الحرارة تحلِّق في الارتفاع وتبدأ المَجَّرات في التقارب تجاه انسحاق نهائي أخير. وفي نهاية القصة، حيث تنهار كل النجوم، تحاول السفينة الصاروخية أن تندفع خلف كرة اللهب الكونية وتشهد انفجارًا كبيرًا حيث يولد كون جديد. وبقدر ما يمكن أن تكون هذه الرواية خيالية، فإن أُسُسَها تتَّفِقُ مع "النظرية النسبية" لأينشتين.



هذه الصورة توضح سفينة نجمية اندماجية ذات محرك نفَّاث، يغترف الهيدروچين من الفضاء ما بين النجوم ويحرقه في مفاعل اندماجي (صورة رقم 5).

السيناريوهات المفجِعة، فإن المحرك الاندماجي النفاث يمكن أن يكون حقيقة. ولكن مع مرور السنين، قوَّضه عددٌ من الانتقادات. فالحجم قد يمتدُّ لمئات الأميال، وهو ما يمكن أن يكون كبيرًا بشكل غير عملي ومكلفًا لدرجة مانعة. ومعدل الاندماج قد لا ينتج طاقة كافية للإبقاء على وجود سفينة فضاء. وقد نبَّهني دكتور "چيمس بنسون" Dr. James Benson أيضًا إلى أن القطاع الذي نقع فيه من النظام الشمسي لا يحتوي على هيدروچين يكفي لتزويد المحركات بالوقود، على الرغم من أن مناطق أخرى من المجرَّة قد تحتوي على ذلك. باحثون آخرون يجادلون بأن احتكاك مُحرِّكٍ نفَّاثٍ أثناء حركته خلال الرياح الشمية قد يفوق انطلاقه، وبذلك قد لا يصل أبدًا للسرعة التي تقول بها نظرية النسبية. وقد حاول علماء فيزياء تعديل التصميم بحيث يتدارك هذه العيوب، ولكن أمامنا طريق طويل جدًّا قبل أن تصبح الصواريخ النفَّاثة خيارًا واقعيًّا.

مَشاكِلاتٌ مَعَ السُّفُنِ النَّجميَّة

من الواجب أن نؤكِّد أن كل السفن النجمية المذكورة حتى الآن تواجه مشكلاتٍ أخرى متعلِّقةً بالسفر بسرعة تقارب سرعة الضوء. تَصادُم الكويكبات سوف يُمثِّل خطرًا كبيرًا، بل ويمكن لكويكبات صغيرة جدًّا أن تُحدِثَ ثقوبًا في الهيكل الخارجي للسفينة. وكما ذكرنا، فإن مكوك الفضاء عانى من شقوق وندوبٍ ناتجة عن حطام كوني، يمكن أن تكون ضربت سفينة الفضاء عند اقترابها من سرعة الدوران في مدار حول الأرض، أي ثمانية عشر ألف ميل في الساعة. ولكن، عند سرعةٍ تُقارِبُ سرعةَ الضَّوء، فإن الآثار سوف تحدث بسرعة تفوق تلك السرعة بكثير، ما يحتمل معه أن تسحق السفينة.

في الأفلام، يتمُّ التغلب على هذه المخاطر بواسطة مجالات قوَّة ضخمة تصدُّ كل تلك النيازك الصغيرة Micrometeorites على النحو الملائم. ولكن من المؤسف أن هذه المجالات توجد فقط في أذهان كُتَّاب الخيال العلمي. في الواقع، مجالات القوة الكهربية والمغناطيسية يمكن توليدها بالفعل، ولكن حتى الأشياء المنزلية غير المشحونة، مثل الخشب والبلاستيك والجصِّ، يمكن بسهولة أن تخترقها. في الفضاء الخارجي، لأن النيازك الصغيرة تكون غير مشحونة؛ لا يمكن تغيير مسارها بواسطة مجالات كهربية أو مغناطيسيَّة. ومجالات الجاذبية جاذِبَة وضعيفة جدًّا، وبالتالي لن تكون مناسِبَةً لمجالات القوة التنافرية التي سوف نحتاجها.

كَبْحُ السرعة مشكلة أخرى؛ فلو أنك تنطلق في الفضاء بسرعة تقارب سرعة الضوء، كيف يمكنك أن تبطئ سرعتك عندما تصل إلى مقصدك؟ إن الأشرعة الشمسية وأشرعة الليزر تعتمد على الطاقة المستمدَّة من الشمس أو من إشعاعات بنوك الليزر، التي لا يمكن استخدامها لإبطاء سرعة سفينة الفضاء؛ ولذا يمكن استخدامها بشكل أساسي في مهام التحليق حول الأجرام الفضائية.

ربما تكون أفضل طريقة لفرملة الصواريخ النووية هي تغيير اتجاهها 180 درجة لكي يصبح الدفع في الاتجاه المضاد. ولكن، هذه الاستراتيجية سوف تستهلك نصف قوة اندفاع الصاروخ تقريبًا للوصول إلى السرعة المستهدفة، ثم النصف الآخر لإبطاء سرعة الصاروخ. في حالة الأشرعة الشمسية، ربما يمكن عكس مسار الشراع لاستخدام الضوء الآتي من النجم المقصود لإبطاء سفينة الفضاء.

وهنـاك مسـألة أخـرى، أَلَا وهـي أن معظـم تلـك السـفن النجميـة القـادرة عـلى حمـل زَّواد فضـاء يجـب أن تكـون ضخمـةً ويمكـن تجميعهـا في الفضـاء الخارجـي فقـط. وسـوف يتطلَّـب الأمـر عـددًا كبـيرًا مـن المهـام الفضائيـة لإرسـال مـواد البنـاء إلى المـدار، والمزيـد مـن المهـام مـن أجـل تجميـع الأجـزاء. ولتجنُّـب هـذه التكلفـة غـير المحتملـة، يجـب ابتـكار أسـلوب أكـثر اقتصـادًا لإطـلاق المهـام الفضائيـة. وهنـا، يـأتي دور مصعـد الفضـاء.

مِصعَدٌ إلى الفَضاء

مصاعـد الفضـاء سـوف تكـون تطبيقًـا للنانوتكنولوچـي يغـيِّر قواعـد اللعبـة. مصعد الفضـاء ممـرٌّ طويـل يمتـد مـن الأرض إلى الفضـاء الخارجـي. سـوف تدخـل إلى المصعـد وتضغـط عـلى زر الصعـود، ثـم يتـم رفعـك بسرعـة إلى المـدار. لـن تعـاني مـن قـوى الجاذبيـة السـاحقة التـي توجـد عندمـا ينطلـق صـاروخ داعـم مـن منصـة الإطـلاق. فبـدلًا مـن ذلـك، سـتكون رحلتـك إلى الفضـاء في سـهولة أَخْـذِ المصعـد إلى قمـة مجمـع تجـاري. وسـوف يبـدو مصعـد الفضـاء مُتحدِّيًـا للجاذبيـة كما في قصة "چـاك بينسـتوك" Jack's beanstalk، ويوفـر طريقـة سـهلة للصعـود إلى السـماوات.

إمكانيـة مصعـد الفضـاء استُكشِـفَت لأول مـرة بواسـطة الفيزيـائي الـروسي "قنسـطنطين تسيولكوڤيسـكي"، الـذي افتُـتِنَ بمبنـى بـرج إيفـل في ثمانينيـات القـرن الثامـن عـشر. إذا كان المهندسـون اسـتطاعوا أن يُنشـئوا هـذا المبنـى الرائـع، هكذا سـأل نفسـه، فلـماذا لا يسـتمرُّون في مَـدِّ واحـدٍ إلى الفضـاء الخارجـي؟ وباسـتخدام الفيزيـاء البسـيطة كان قـادرًا عـلى أن يثبـت، مـن حيـث المبـدأ، أنـه لـو كان الـبرج طويـلًا بما فيـه الكفايـة، فـإن قـوة الطـرد المركـزي سـوف تكـون كافيـة لإبقائـه منتصبًـا، دونما حاجـة إلى أي قـوة خارجيـة. وكـما لا تسـقط عـلى الأرض كُـرةٌ مربوطـة إلى خيـط بسـبب دورانهـا، فـإن مصعـد الفضـاء سـوف لا يتعـرَّض للسـقوط بفضـل قـوة الطـرد المركـزي لـلأرض الـدَّوَّارة.

فكـرة أن الصواريـخ لـن تكـون وحدهـا القـادرة عـلى الوصـول للفضـاء كانـت راديكاليَّـةً ومثـيرة. ولكـن كان هنـاك عائـق مهـم، فـإن الضغـط عـلى كابـلات مصعـد

الفضاء يمكن أن تصل إلى مائة "جيجا باسكال"، ما يفوق احتمال الفولاذ، الذي يبلغ اثنين "ميجا باسكال". الكابلات الفولاذية سوف تنسحق، ومصعد الفضاء سوف ينهار.

مفهوم مصاعد الفضاء وُضِعَ على الرَّفِّ لحوالي مائة عام. وقد ذُكِر عَرَضًا بواسطة مؤلِّفين مثل "سي كلارك" C. Clarke، الذي تخيَّلَه في رواية أسماها "نوافير الجنة" The Fountains of Paradise. ولكنه تساءل: متى قد يكون مصعد الفضاء ممكنًا، ثم أجاب "ربَّما بعد مائتي عام من تَوقُّف الجميع عن الضحك".

ولكن، لم يَعُدْ أحدٌ يضحك بَعْدُ. فعلى حين فجأة، لم يعد مصعد الفضاء يبدو بعيد المنال. ففي 1999، قدَّرَت دراسة أوَّليَّة لـ "ناسا" أن مصعد فضاء ذا كابل بقطر ثلاث أقدام وبطول ثلاثين ألف ميل يمكن أن ينقل حمولة تَزِنُ خمسة عشر طنًّا. وفي 2013، أصدرت الأكاديمية العالمية للفلكيين تقريرًا في 350 صفحة يتوقَّع أن بتمويلٍ وبحثٍ كافِيَيْن، يمكن أن يكون مصعد فضاء قادرًا على حمل شحنات متعدِّدة تبلغ عشرين طنًّا مُمكِنًا بحلول 2035. والتكلفة تُقدَّر عادة بما يتراوح بين عشرة بلايين وخمسين بليون دولار، مجرد شطر من التكلفة البالغة 150 بليون دولار التي ذهبت إلى محطة الفضاء الدولية. وفي الوقت ذاته، مصاعد الفضاء يمكن أن تخفض تكلفة إرسال شحنات إلى الفضاء بمقدار واحد إلى عشرين.

المشكلة لم تَعُدْ مشكلةَ فيزياء أو هندسة. حسابات جدية تُجرَى الآن لتحديد ما إذا كان يمكن صناعة كابلات مصعد الفضاء من أنابيب الكربون النقي النانوية، القوية لدرجة أنها لن تنكسر. ولكن، هل نستطيع أن نصنع ما يكفي من تلك الأنابيب النانوية لكي تمتدَّ لألوف الأميال في الفضاء؟ في الوقت الحالي، الإجابة لا. من الصعب جدًّا صناعة أنابيب كربون نقي نانوية بطول أكثر من سنتيمتر واحد أو نحو ذلك. قد تسمع إعلانات بأن أنابيب نانوية بطول أقدام كثيرة تمَّ صناعتها، ولكن هذه المواد في الواقع مُركَّبة. وهي تتكوَّن من خيوط دقيقة من أنابيب كربون نقيٍّ نانوية مضغوطة على شكل ألياف، وتفتقر للخواص العجيبة للأنابيب النانوية النقية.

لكي تحفِّز على الاهتمام بمشروعات مثل مصعد الفضاء، تقوم "ناسا" برعاية برنامج "تحديات الذكرى المئوية" Centennial Challenges، الذي يقدِّم جوائز

للهواة الذين يستطيعون اختراع تكنولوجيات متقدِّمة لبرنامج الفضاء. وفي إحدى المرات، نظَّمت مسابقة تدعو المتنافسين للتقدُّم بمكوِّنات نموذج مبدئيٍّ لمصعد صغير. وقد شاركتُ فيها باستضافة برنامج تليفزيوني، متتبِّعًا مجموعة من المهندسين الشباب الذين كانوا مقتنعين بأن مصاعد الفضاء سوف تفتح أبواب السماوات أمام الأشخاص العاديين. وقد راقبتهم وهم يستخدمون إشعاعات ليزر في إرسال كبسولة صغيرة عبر كابل طويل. وقد حاولنا في برنامجنا التليفزيوني أن نلتقط حماس هذه الطبقة الجديدة من المهندسين المبادِرين، المتحمِّسين لبناء المستقبل.

مصاعد الفضاء يمكن أن تُحدِثَ ثورة في وصولنا إلى الفضاء الخارجي. فبدلًا من أن يظلَّ مجالًا مقصورًا على رواد الفضاء والطيارين العسكريين، يمكن أن يصبح ملعبًا للأطفال والعائلات. إنها يمكن أن تقدِّم منهجًا جديدًا كافيًا للسفر إلى الفضاء وصناعة الفضاء، وأن تجعل من الممكن تجميع الآلات المُعقَّدة، بما في ذلك السفن النجمية التي تستطيع أن تسافر بسرعة الضوء تقريبًا.

ولكن، من حيث الواقع، وبالنظر إلى المشاكل الهندسية الضخمة التي تواجهنا، فإن مصعدًا فضائيًا لن يكون مُمكِنًا حتى أواخر هذا القرن.

ربما، بالأخذ في الاعتبار فضولنا الذي لا يهدأ، سوف ننتقل في النهاية إلى ما بعد صواريخ الاندماج والمادة المضادة ومواجهة أكبر تحدٍّ على الإطلاق. فهناك إمكانية لأن نكسر في يومًا ما الحدودَ القصوى للسرعة في الكون: سرعة الضوء.

دفع الانحناء

ذات يوم، قرأ صبيٌّ كتابًا للأطفال وغيَّر تاريخ العالم. كان ذلك في سنة 1895، وكان توصيل الكهرباء للمدن في بداياته. ولكي يفهم هذه الظاهرة الجديدة الغريبة، التقط الصبيُّ مجموعةَ كتب شعبية في العلوم الطبيعية Popular Books on Natural Science للمؤلف "آرون بيرنشتين" Aaron Bernstein. في هذه الكتب، سأل الكاتب قُرَّاءه أن يتصوَّروا أنهم يرتحلون برفقة تيار كهربائي داخل سلك تلغراف. وقد تساءل الصبيُّ عندئذ عمَّا يمكن أن يحدث لو أننا استبدلنا بالتيار

الكهربائي شعاعًا من الضوء. هل يمكن أن نسبق الضوء؟ وفكَّر في أنه لما كان الضوء موجة؛ فإن شعاع الضوء سوف يبدو ساكِنًا، متجمِّدًا في الزمان. ولكن حتى في عمر السادسة عشر، كان مدركًا أن لا أحد على الإطلاق رأى موجة ساكنة من الضوء. وقد قضى السنوات العشر التالية في البحث عن إجابة على سؤاله.

وأخيرًا، في 1905، وجد الإجابة. كان اسمه "ألبرت أينشتين"، ونظريته سُمِّيَت "النِّسبيَّة الخاصَّة". لقد اكتشف أننا لا نستطيع أن نسبق شعاع الضوء؛ لأن سرعة الضوء هي السرعة القصوى في الكون. ولو اقتربنا منها سوف تحدث أشياء غريبة. الصاروخ يصبِحُ أثقَلَ، والزمن يَبْطُؤُ داخلَه. وإذا استطعنا أن نصل بشكل ما إلى سرعة الضوء، سوف نصبح ثقيلين إلى ما لا نهاية، والزمن سيتوقَّف. والحالتان كلتاهما مستحيلتان، ما يعني أننا لا نستطيع أن نكسر حاجز الضوء. وهكذا عرَّف "أينشتين" حدَّ السرعة القصوى في الكون. هذا الحد شَوَّشَ على أجيال من علماء الصواريخ منذ ذلك الحين.

لكن "أينشتين" لم يكن راضيًا؛ فالنسبية تستطيع أن تفسِّر الكثير من غوامض الضوء، ولكنه أراد أن يطبق نظريَّته على الجاذبية أيضًا. في سنة 1915، توصَّل إلى تفسير مذهل؛ لقد افترض أن الزمان والمكان، اللذين كان يُعْتَقد أنهما خاملان استاتيكيان، في الحقيقة ديناميَّان، مثل ملاءة سرير ناعمة يمكن طَيُّها أو فردها أو تقويسها. ووفقًا لفرضيَّته؛ فإن الأرض لا تدور حول الشمس لأنها مشدودة بجاذبية الشمس، ولكن لأن الشمس تحني المكان حولها. إن بنية الزَّمَكان تدفع الأرض حتى تتحرَّكَ في مسار مُقوَّسٍ حول الشمس. ببساطة، الجاذبية لا تَشدُّ، ولكن المكان هو الذي يدفع.

في مرة من المرات، قال "شكسبير" إن العالم كله مسرح، ونحن ممثِّلون ندخل ونخرج بإرادتنا. تَصَوَّرْ الزَّمَكان كما لو كان حَلبةً. لقد ساد الاعتقاد يومًا بأنه استاتيكي، ومُسطَّح، ومُطلَق، بينما تدقُّ الساعات بالمعدَّل نفسه عبر السطح. ولكن، في كون "أينشتين"، يمكن أن ينحني المسرح. والساعات تجري بمعدلات مختلفة. الممثلون لا يستطيعون السير على المسرح دون أن يسقطوا فوقه. قد يدَّعون أن هناك "قوة" غير مرئيَّة تشدُّهم في اتجاهات مختلفة، ولكن الحقيقة أن خشبة المسرح المنحنية تدفعهم.

لقد أدرك "أينشتين" أيضًا أن هناك ثغرة في نظريته في النسبية العامة. كلَّما زاد حجم النجم، زاد انحناء الزَّمكان المحيط به. فإذا كان هناك نجم كبير بدرجة كافية، يتحوَّل إلى ثقب أسود. وبنية الزَّمكان يمكن في الواقع أن تتمزَّق، مُسفِرَةً ربَّما عن ثقبٍ دوديٍّ، أي بوابة أو طريق مختصر عبر الفضاء. هذا المفهوم، الذي أدخله في البداية "أينشتين" وتلميذه "ناثان روزن" Nathan Rosen سنة 1953، يُعرَف اليوم باسم "وصلة أينشتين-روزن".

الثُّقوبُ الدُّودِيَّة

أَبسطُ مثالٍ على "وصلة أينشتين-روزن" هو المرآة السحرية الواردة في رواية "مغامرات أليس في بلاد العجائب" Alice's Adventures in Wonderland. على أحد جانبي المرآة المسحورة يوجد ريف أكسفورد بإنجلترا. وعلى الجانب الآخر يوجد العالم الخيالي لبلاد العجائب الذي تنتقل إليه فورًا بمجرد أن تلمس المرآة بإصبعها.

الثقوب الدُّوديَّة تمثِّل عُقدةً فنِّيَّةً مُفضَّلة في الأفلام السينمائية. "هان سولو" Han Solo يرسل السفينة النجمية "صقر الألفية" Falcon Millennium بسرعةٍ تفوق سرعة الضوء إلى ثقب دُوديٍّ. الثلاجة التي تفتحها الشخصية التي تجسِّدها الممثِّلة "سيجورني ويفر" Sigourney Weaver في فيلم "طارِد الأشباح" Ghostbusters هي ثُقبٌ دوديٌّ تحدِّق من خلاله إلى كونٍ كامل. في فيلم "سي إس لويس" C. S. Lewis، "الأسد والساحرة وخزانة الملابس" The Lion, the Witch, and the Wardrobe، خزانة الملابس هي الثقب الدوديُّ الذي يربط بين الريف الإنجليزي و"نارنيا"Narnia[1].

الثقوب الدودية اكتُشِفَت من خلال تحليل الثقوب السوداء، التي هي نجوم عملاقة ذات جاذبية كثيفة، حتى الضوء لا يستطيع أن يهرب منها. وسرعة الهروب

(1) نارنيا Narnia: مكان خيالي صوَّره الكاتب البريطاني سي إس لويس (1898 C. S. Lewis-1963) كموقع أساسي لسلسلة قصصٍ كتبها للأطفال. السلسلة تصوِّر الناس (خاصة الأطفال) قادرين على العبور من عالمنا (الأرض) إلى عالم نارنيا The Narnian world- المترجم.

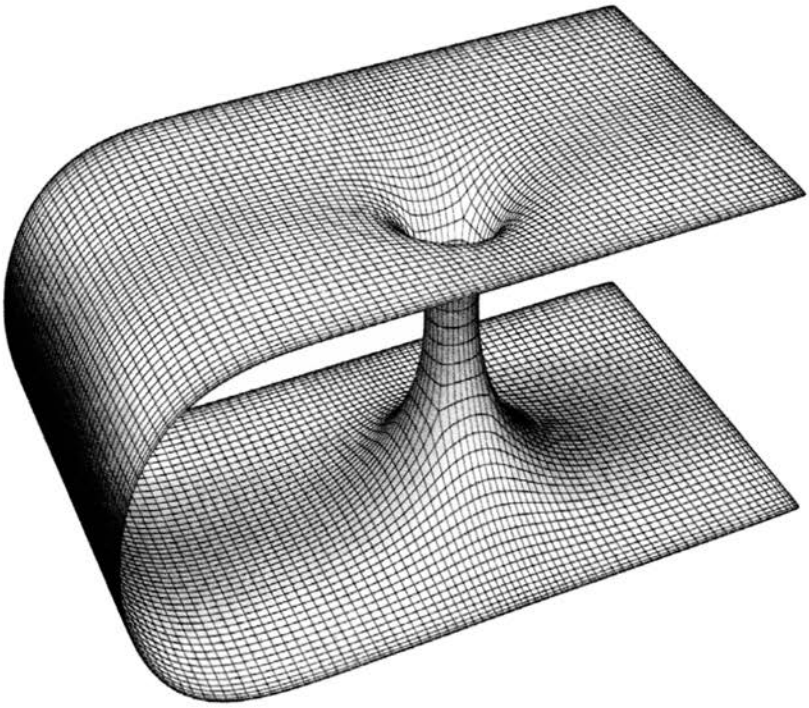
منها تعادل سرعة الضوء. وفي الماضي، كان يُعتَقَدُ أن الثقوب السوداء ثابتة وذات جاذبية لا نهائية، وكانت تُسمَّى "سينجولاريتي". ولكن كل الثقوب السوداء التي تمَّ رَصدُها في الفضاء تدور حول نفسها بسرعة كبيرة. وفي 1963، اكتشف الفيزيائي "روي كير" Roy Kerr أن الثقب الأسود الدَّوَّار، إذا كان يدور بسرعة كافية، لا ينتهي بالضرورة إلى نقطة، بل إلى حلقة دوَّارة. والحلقة تكون مستقرَّة لأن قوة الطرد المركزي تمنعها من الانهيار. إلى أين إذًا يذهب كل شيء يسقط في الثقب الأسود؟ علماء الفيزياء لا يعرفون حتى الآن. ولكن أحد الاحتمالات هو أن المادة يمكن أن تخرج من الجانب الآخر من خلال ما يُسمَّى ثُقبًا أبيض. وقد بحث العلماء عن ثقوب بيضاء يمكن أن تَلفُظَ المادَّةَ بدلًا من ابتلاعها، ولكنهم لم يعثروا على شيء حتى الآن.

لو أنك اقتربت من الحلقة الدَّوَّارة للثقب السود، فسوف تشهد تشوُّهاتٍ لا تتصوَّرها في الزمان والمكان. قد ترى إشعاعاتٍ من الضوء حُبِسَت منذ بلايين السنين بواسطة جاذبية الثقب الدودي. بل ربما ترى نسخًا من نفسك. ذرَّاتُكَ قد تتمدَّد بواسطة قوى مدٍّ وجَزْرٍ في عملية مُربِكَةٍ ومُميتَةٍ تُسمَّى "سباكيتيفيكاشن" Spaghettification.

ولو أنك دخلت إلى الحلقة نفسها؛ فقد تقذف من خلال ثقب أبيض إلى كونٍ موازٍ على الجانب الآخر. تخيَّلْ أنك تأخذ قطعتين من الورق، وتمسك بهما متوازيتين، ثم تُحدِثُ بهما ثُقبًا بقلم رصاص يصل بينهما. لو أنك سافرتَ بامتداد القلم فسوف تمرُّ بين كونين متوازيين. ولكن، لو أنك مررت عبر الحلقة مرة ثانية، فسوف تصل إلى كون موازٍ آخر. وفي كل مرة تعبر فيها الحلقة، سوف تصل إلى كون آخر، بالطريقة ذاتها التي تدخل بها مصعدًا يسمح لك بأن تتنقَّل عبر طوابق مختلفة من مبنى سكني، سوى أنك في هذه الحالة لن تعود إلى الطابق نفسه أبدًا.

الجاذبية سوف تكون محدودةً عند دخولك إلى الحلقة؛ لذا فلن تتحطَّمَ بالضرورة حتى الموت. ولكن لو لم تكن الحلقة تدور بسرعة كافية، فسوف تستمر في التكاثف حولك حتى تقتلك. ولكن، قد يكون من الممكن تثبيت الحلقة صناعيًّا بإضافة شيء يُسمَّى المادة السالبة أو الطاقة السالبة. ولذا، فإن الثقب

الـدودي المسـتقر هـو فعـل متـوازِن، والوسـيلة هـي الاحتفـاظ بمزيـج مناسـب مـن الطاقـة الموجبـة والطاقـة السـالبة. ونحـن نحتـاج كميـات كبـيرة مـن الطاقـة الموجبـة لـكي نخلـق البوابـة بـين الأكـوان بشـكل طبيعـي، كـما هـو الحـال مـع الثقـب الأسـود. ولكننـا سـوف نحتـاج أيضًـا لخلـق مـادَّة سـالبة أو طاقـة سـالبة بشـكل اصطناعـي لـكي نبقـي البوابـة مفتوحـة ونمنـع الانهيـار.



ثقب دوديٌّ يمثِّل طريقًا مختصرًا بين نقطتين متباعدتين في المكان والزمان (صورة رقم 6).

المـادة السـالبة مختلفـة تمامًـا عـن المـادة المضـادة، ولم يسـبق الكشـف عنهـا في الطبيعـة. المـادة السـالبة لهـا خصائـص غريبـة مضـادة للجاذبيـة، بمعنـى أنهـا قـد تسـقط إلى أعـلى وليـس إلى أسـفل. (عـلى العكـس، المـادة المضـادة، نظريًّـا، تسـقط إلى أسـفل وليـس إلى أعـلى). ولـو أنهـا وُجِـدَت عـلى الأرض منـذ بلايـين مـن السـنين؛

لطُرِدَت بواسطة مادَّة الكوكب، ولَطَفَتْ إلى الفضاء الخارجي. وربما يكون هذا هو السبب في أننا لم نعثر على أي شيء منها.

على الرغم من أن علماء الفيزياء لم يضعوا أيديهم على دليل على وجود المادة السالبة، فإن الطاقة السالبة تمَّ تخليقها بالفعل داخل المعمل. وهذا يُحيي آمال المعجبين بالخيال العلمي الذين يحلمون بالسفر يومًا ما خلال الثقوب الدودية إلى نجوم بعيدة. ولكن، كمِّيَّة الطاقة السالبة التي خُلِقَت داخل المعمل ضئيلة جدًّا، لدرجة أنها أقلُّ من أن تشغِّلَ سفينةً نجمية. وتخليق طاقة سلبية كافية لتثبيت ثقب دوديٍّ يتطلَّب تكنولوجيا متقدمة جدًّا سوف نناقشها بالتفصيل في الفصل الثالث عشر. وعلى مستوى المستقبل المنظور، تظلُّ السفن النجمية التي تسافر عقب الثقوب الدودية تفوق قدراتنا.

ولكن مؤخَّرًا، كان هناك بعض الإثارة المتولِّدة عن وسيلة أخرى لِثَنْيِ الزَّمكان.

دفع "ألكوبييه"

بالإضافة إلى الثقوب الدودية، "مُحرِّك ألكوبييه" Alcubierre Engine قد يقدِّم طريقة أخرى لكسر حاجز الضوء. لقد أجريتُ مقابلة مع عالم الفيزياء النظرية المكسيكي "ميجويل ألكوبييه" Miguel Alcubierre. لقد أُخِذ بفكرة رائدة في فيزياء النسبية بينما كان يشاهد التليفزيون. فأثناء مشاهدته لحلقة من حلقات "ستار تريك" Star Trek، تعجَّب من أن السفينة النجمية "إنتربرايز" Enterprise كانت تستطيع أن تسافر بسرعة أكبر من سرعة الضوء. لقد كانت تستطيع بشكل ما أن تضغط المكان بحيث لم تعد النجومُ تبدو بعيدة. إن "إنتربرايز" لا تذهب إلى النجوم، ولكن النجوم هي التي تأتي إلى إنتربرايز.

تصوَّرْ أنك تسير على سجَّادَةٍ لكي تصل إلى طاولة. الطريقة المنطقية هي أن تسير على السجادة من نقطة إلى أخرى. ولكن هناك طريقة أخرى. شخص سيربط الطاولة بحبل ويسحبها في اتجاهك، حيث تقوم أنت بطيِّ السجادة. وهكذا، بدلًا من أن تسير على السجادة حتى تصل إلى الطاولة، السجادة سوف تُطْوَى والطاولة سوف تأتي إليك.

فكـرة مُدهشـةٌ أشرقَـت في ذهنـه: أنـت في العـادة تبـدأ بنجـم أو كوكـب ثـم تسـتخدم معـادلات "أينشـتين" لـكي تحسـب انثنـاء المـكان حولـه، ولكنـك تسـتطيع أيضًـا أن تذهـب إلى الخلـف. إنـك تسـتطيع أن تحـدِّدَ انثنـاءً معيَّنًـا ثـم تسـتخدم نفـس المعـادلات لتحديـد نـوع النجـم أو الكوكـب الـذي يُسبِّبه. يمكـن تشـبيه الأمـر بالطريقـة التـي يُرَكِّـب بهـا ميكانيـكيٌّ سـيارات إحـدى السـيارات. إنـه يسـتطيع أن يبـدأ بالأجـزاء المُتاحـة -المحـرك والإطـارات وغـير ذلـك- ويقـوم بتجميـع سـيارة منهـا. أو يسـتطيع أن يختـار تصميـمًا مـن ابتـكاره ثـم يتعـرَّف عـلى الأجـزاء الضروريـة لتكوينـه.

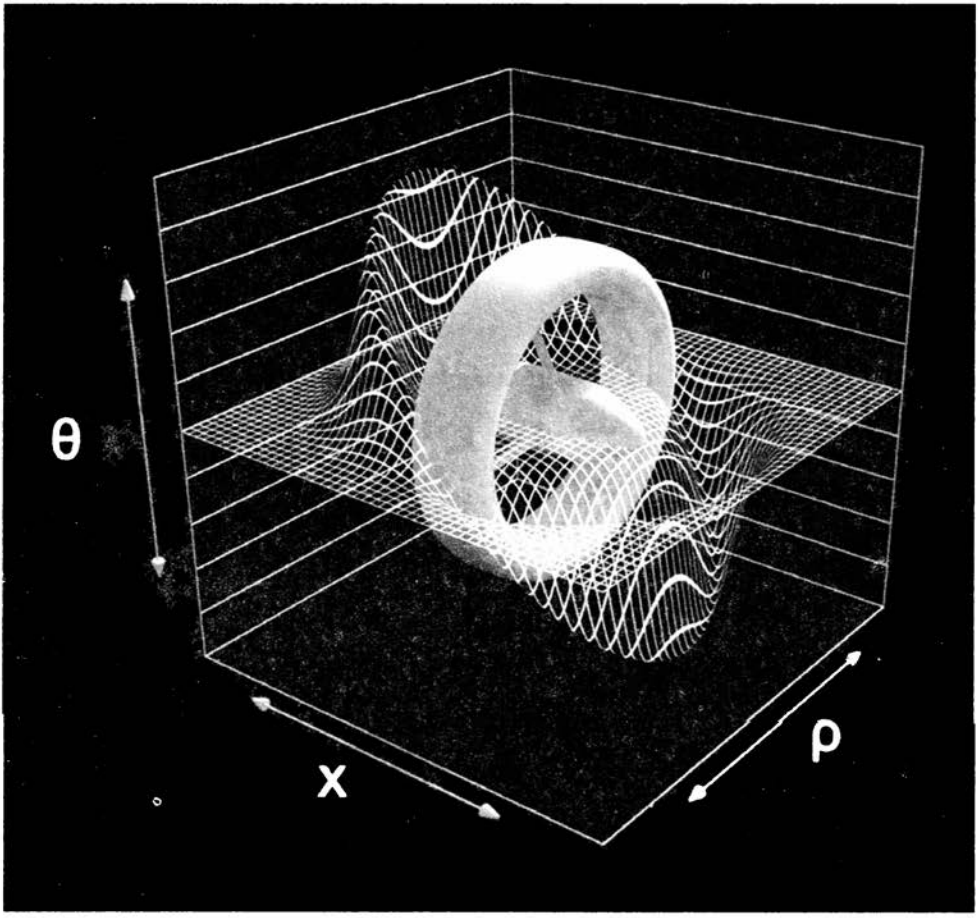
لقـد قلـب "ألكوبيـير" رياضيـات أينشـتين رأسًـا عـلى عقـب، وعكـس المنطـق المعتـاد لـدى علـماء الفيزيـاء النظريـة. لقـد حـاول أن يحـدِّد أي نـوع مـن النجـوم يمكـن أن يضغـط المـكان مـن أمامـه ويفـرده مـن خلفـه. وقـد دُهِـشَ كثـيرًا لتوصُّلـه إلى إجابـة بسـيطة جـدًّا. لقـد اتَّضـح أن انثنـاء المـكان المُسـتَخدم في "سـتار تريـك" كان حَـلًّا مقبـولًا وفقًـا لمعـادلات "أينشـتين"! وربمـا لم يكـن دفـع المنحنـى غـير ممكـن في نهايـة الأمـر.

إن سـفينة نجميـة مـزوَّدة بدفـع "ألكوبيـير" لا بُـدَّ أن تكـون مُحاطَـةً بفقاعـة انثنـاء، فقاعـة مجوَّفـة مـن المـادة والطاقـة. الزَّمَـكان داخـل وخـارج الفقاعـة سـوف يكونـان غـير مُتَّصِلَـيْن. وحيـث تـزداد سرعـة السـفينة النجميـة، لـن يشـعر النـاس بداخلهـا بـأي شيء. قـد لا يشـعرون بـأن السـفينة تتحـرَّك عـلى الإطـلاق، حتـى لـو كانـوا يسـافرون أسرع مـن الضـوء.

النتائـج التـي توصَّـل إليهـا "ألكوبيـير" صَدَمَـت مجتمـع الفيزيـاء لأنها كانـت جديدةً وراديكاليـة جـدًّا. ولكـن بعـد نـشر ورقتـه العلميـة، بـدأت الانتقـادات تشـير إلى نقـاط ضعفهـا. فعـلى الرغـم مـن أن رؤيتـه للسـفر بـأسرع مـن الضـوء كانـت بارِعَـةً، إلا أنهـا لم تواجِـه كُلَّ التعقيـدات. فلـو أن المنطقـة داخـل السـفينة النجميـة كانـت معزولـةً عـن العـالم الخارجـي بواسـطة الفقاعـة؛ لـن تكـون المعلومـات قـادرة عـلى الوصـول إليهـا، وقائـد السـفينة لـن يكـون قـادِرًا عـلى التحكُّـم في اتجاهها. التوجيـه سـوف يكـون مسـتحيلًا. ثـم هنـاك مسـألة خلـق فقَّاعـة الانثنـاء. فلـكي تضغـط المـكان أمامهـا، لا بُـدَّ أن يكـون لديهـا نـوع مـن الوقـود؛ المـادة السـالبة أو الطاقـة السـالبة.

نعـود الآن إلى حيـث بدأنـا. المـادة السـالبة أو الطاقـة السـالبة سـوف تكـون المكـوِّنَ المفقـود الـذي نحتـاج إليـه لـكي نُبقـي فُقَّاعـات الانثنـاء، وكذلـك الثقـوب الدوديـة،

سليمة. وقد برهن "ستيفن هوكينج" على نظرية عامة تُقرِّر أن كُلَّ الحلول في معادلات "أينشتين" التي تسمح بالسفر أسرع من الضوء يجب أن تتضمَّن مادة سالبة أو طاقة سالبة. (بتعبير آخر، المادة السالبة والطاقة السالبة التي نراها في النجوم يمكن أن تثني الزَّمكان بحيث يصف تمامًا حركة الأجرام السماوية. ولكن المادة السالبة والطاقة السالبة تثنيان الزمكان بطريقة غريبة، خالقةً قوَّةً مضادة للجاذبية يمكن أن تثبِّتَ الثقوب الدودية وتمنعها من الانهيار، وتحث فقاعات الانثناء على اتِّخاذ سرعات أكبر من سرعة الضوء عن طريق ضغط الزمكان أمامها).



محرك ألكوبيير يسير بأسرع من الضوء، مستخدمًا معادلات أينشتين. ولكن لا يزال هناك جدال حول ما إذا كان يمكن بناء مثل تلك السفينة النجمية (صورة رقم 7).

ثم حاول علماء الفيزياء حساب كمية المادة السالبة أو الطاقة السالبة اللازمة لدفع سفينة نجمية. آخر النتائج تشير إلى أن الكمية المطلوبة تعادل كتلة كوكب المشترى. وهذا يعني أن حضارة متقدِّمة جدًّا فقط سوف تكون قادرة على استخدام المادة السالبة أو الطاقة السالبة لدفع سفنها النجمية، لو أمكن ذلك على الإطلاق. (ومع ذلك فإن كمية المادة السالبة أو الطاقة السالبة اللازمة لتجاوُز سرعة الضوء من الممكن أن تنخفض؛ لأن الحسابات تعتمد على هندسة وحجم فقاعة الانثناء أو الثقب الدودي).

"ستار تريك" تتغلَّب على هذه العقبة المزعجة بافتراض أن مادَّةً نادِرَة تُسمَّى بلَّورات الديليثيوم هي المُكوِّن الرئيسي في مُحرِّك الدفع المنحني. والآن، نحن نعرف أن "بلورات الديليثيوم" هي مرادف خياليٌّ لكلمة "المادة السالبة أو الطاقة السالبة".

تَأثيرُ "كازيمير" والطَّاقَةُ السَّالِبَة

بلَّورات الديليثيوم لا وجودَ لها، ولكن الطاقة السالبة موجودة بشكل مُغرٍ، يكشف عن إمكانية الثقوب الدودية والمكان المضغوط وحتى آلات الزمن. وعلى الرغم من أن قوانين "نيوتن" لا تسمح بوجود المادة السالبة؛ فإن نظرية الكَمِّ تسمح به من خلال تأثير "كازيمير"، الذي افتُرِضَ سنة 1948، وقيس في المعمل سنة 1997.

لنفترض أن لدينا رقاقتين معدنيتين متوازيتين غير مشحونتين. عندما تكونان متباعِدَتَيْن بمسافة كبيرة، نقول إن هناك قوَّة تساوي الصفر بينهما. ولكن عندما نقرِّبهما من بعضهما، تبدآن بشكل غريب في جذب كل منهما للأخرى. وعندئذ، نستطيع استخلاص طاقة منهما. وحيث إننا نبدأ بطاقة مقدارها صفر، ولكننا نحصل على طاقة موجبة عندما تتقارب الرقاقتان؛ فهذا يعني أن الرقاقتين نفسيهما بهما طاقة موجبة. المنطق يبدو مفهومًا لفئة قليلة لِحَدٍّ ما. المنطق السليم يقول إن الفراغ هو حالة من الخواء بطاقة مقدارها صفر. ولكن الواقع أنه زاخر بجسيمات المادة والمادة المضادة التي تتحقَّق خارج الفراغ ثم تعود إليه. هذه الجسيمات "الافتراضية" تظهر ثم تختفي بسرعة لدرجة أنها لا تنال

من وجود المادة والطاقة، بمعنى أن الكمية الإجمالية للمادة والطاقة في الكون تظلُّ كما هي دون نقصان. هذا التقلُّب الدائم في الفراغ يُحْدِث ضغطًا. وحيث إنه يوجد نظام للمادة والمادة المضادة خارج الرقاقتين أكثر ممَّا يوجد بينهما؛ فإن هذا الضغط يدفع الرقاقتين باتجاه بعضهما، خالِقًا طاقة سالبة. هذا هو تأثير "كازيمير"، الذي يوضِّح، في نظرية الكم، إمكانيَّةَ وجود الطاقة السالبة.

ولأن قوة "كازيمير" صغيرة لهذه الدرجة، يمكن قياسها فقط بواسطة أكثر المعدَّات المتاحة حساسيَةً. ولكن النانوتكنولوچي تقدَّمَت للدرجة التي يمكن عندها التعامل مع الذرات المفردة. في أحد البرامج التليفزيونية التي قمتُ بتقديمها، زرتُ معملًا في هارڤارد يوجد به جهاز صغير الحجم نسبيًّا يستطيع أن يتعامل مع الذرات. وفي التجربة التي راقبتُها، كان من الصعب منع ذرتين وُضِعَتا متقارِبَتَيْن من الانقسام أو الالتئام بفعل قوة "كازيمير"، التي يمكن أن تجعلهما تتنافران أو تتجاذبان. الطاقة السالبة يمكن أن تكون الجائزة الكبرى بالنسبة لعالم فيزياء يقوم ببناء سفينة نجمية. ولكن بالنسبة لمشتغل بالنانوتكنولوچي، قوة "كازيمير" قوية على المستوى الذري لدرجة أنها تصبح مزعجة.

الخلاصة، أن الطاقة السالبة موجودة، ولو أمكن جمع طاقة سالِبَة كافية بشكل ما، نستطيع، من حيث المبدأ، أن نُخَلِّق آلةَ ثُقبٍ دوديٍّ أو مُحرِّك دَفْعٍ مُنحنيًا، محقِّقين شيئًا من أكثر تصوُّرات الخيال العلمي جموحًا. ولكن هذه التكنولوچيات لا تزال بعيدة جدًّا، وسوف يتم مناقشتها في الفصلين الثالث عشر والرابع عشر. وفي الوقت ذاته، سوف نناقش الأشرعة الضوئية التي يمكن إطلاقها إلى الفضاء مع نهاية القرن الحالي، مقدِّمين أول الصور المأخوذة عن قرب للكواكب الخارجية التي تدور حول نجوم أخرى. ومع حلول القرن الثاني والعشرين، قد نكون قادرين على زيارة هذه الكواكب بأنفسنا بواسطة الصواريخ الاندماجية. ولو تمكَّنَّا من حلِّ المشاكل الهندسية المُعقَّدة التي تواجهنا، قد نكون قادرين حتى على جعل آلات المادة المضادة، والصواريخ النفاثة، ومصاعد الفضاء، حقيقة واقعة.

حين أنْ تكون لدينا سُفُنٌ نَجميَّةٌ، ماذا سوف نجد في الفضاء العميق؟ هل ستكون هناك عوامل أخرى يمكن أن تساعد في استدامة البشرية؟ من حسن الحظِّ أن تلِّسكوباتنا الفضائية وأقمارنا الصناعية أعطتنا صورة تفصيلية عمَّا يتخفَّى بين النجوم.

"ومِـنْ ثَـمَّ أَقـولُ إنَّ هَـذا لَيـسَ مُجـرَّدَ رَأيٍ، ولَكِنَّـه إيمـانٌ عَميـقٌ بِصِحَّـةِ مـا قَـدْ أُغامِـرُ بِسَـبَبِه بِفَقْـدِ الكثـيرِ مـن المَزايـا في حيـاتي، إيمـانٌ بِـأَنَّ هُنـاكَ سُـكَّانًا في عَوالِـمَ أُخـرى".

"إيمانويل كانت" IMMANUEL KANT

"إنَّ الرَّغبَـةَ في مَعرِفَـةِ شَيءٍ مـا عــن جيرانِنـا في أَعــماقِ الفَضـاءِ السَّـحيقِ لا تَنْبُـعُ مِـن فُضـولٍ أَجْـوَفَ، ولا مِـنْ تَعَطُّـشٍ للمَعْرِفَـة، ولَكِـنْ مِـن دافِـعٍ أَعْمَـقَ، هـو شُـعورٌ راسِـخٌ مُتَجَـذِّرٌ في قَلْـبِ كُلِّ إنسـانٍ قـادِرٍ عَـلى التَّفكـيرِ عـلى الإطـلاقِ".

"نيكولا تِسلا" NIKOLA TESLA

الفصل التاسع

"كِبلر" وكَونٌ من الكَواكِب

كل عدَّة أيام، يحقِّق "چيوردانو برونو" انتقامَه.

"برونو"، سَلَف "جاليليو"، أُحْرِق بتهمة الهرطقة في روما سنة 1600. لقد لاحظ أن النجوم في السماء كثيرة لدرجة أن شمسنا لا بُدَّ أن تكون واحدةً من شموس كثيرة. ومن المؤكد أن هذه النجوم الأخرى أيضًا يدور حولها كثرة من الكواكب، بل إن بعضها قد يكون مسكونًا بمخلوقات أخرى. الكنيسة سجنته سبع سنوات من دون محاكمة، ثم جرَّدَته من ملابسه وجرَّست به عبر شوارع روما. ربطوا لسانه بسير من الجلد، وجلدوه على عمود خشبي. أعطوه فرصة أخيرة للاعتراف بخطئه، ولكنه رفض أن يتراجع عن آرائه.

ولكي تمحق الكنيسة ميراثَه، وضعت كل نصوصه في قائمة الكتب الممنوعة Index of Forbidden Books. وعلى خلاف أعمال "جاليليو"، ظلَّت أعمال "برونو" محظورةً حتى 1966. لقد ادَّعى "جاليليو" فقط أن الشمس، وليس الأرض، هي مركز الكون. أما "برونو" فقد ادَّعى أن الكون لا مركز له على الإطلاق. لقد كان واحدًا مِن أول مَنْ طرحوا في التاريخ فكرة أن الكون قد يكون لا نهائي، وفي هذه

الحالة، تكون الأرض مجرَّدَ حصاةٍ في السماء. إن الكنيسة لم تَعُدْ تستطيع أن تدَّعي أنها مركز الكون، لأن الكون ليس له مركز.

سنة 1584، لخَّص "برونو" فلسفته حيث كتب: "نحن نؤكد أن هذا الفضاء لا نهائي... وفيه توجد عوالم لا نهائية من نوع عالمنا نفسه". الآن، بعد مرور أكثر من أربعمائة عام، تمَّ توثيق حوالي أربعة آلاف كوكب في درب اللبانة خارج مجموعتنا الشمسية، والقائمة تزداد كل يوم تقريبا. (في 2017، أعدَّت "ناسا" قائمة تضم 4,496 كوكبًا مُرشَّحًا، منها 2,330 مؤكَّدة، اكتشفتها سفينة الفضاء "كبلر" (Kepler.

لو ذهبت إلى روما، فقد تريد أن تزور "سهل الزهور"، حيث يوجد تمثال مَهيب لـ "برونو" في البقعة التي قابل فيها الموتَ بالضبط. عندما ذهبتُ أنا وجدت ميدانًا مزدحمًا بالمتسوِّقين، الذين لم يكن كثيرون منهم يَعُونَ أن المكان كان مَوقِعًا لإعدام المهرطقين. ولكنَّ تمثالَ "برنو" نفسه يحدِّق إلى أسفل في عدد من المتمرِّدين الشباب، والفنانين، وموسيقيِّي الشوارع، الذين، بلا داعٍ للدهشة، يتجمَّعون هناك. وبينما أطالع هذا المشهدَ السلميَّ تساءلتُ عن نوعية الجو الذي كان موجودًا يوم أن أشعل "برونو" غضب هؤلاء الغوغاء القتلة. كيف تسنَّى لهم أن يجلدوا ويعذِّبوا ويقتلوا فيلسوفًا شريدًا؟

فكرة "برونو" توارَت لمدَّة قرون؛ لأن اكتشاف كوكب خارج المجموعة الشمسية كان صعبًا بدرجة كبيرة جدًّا، وكان من المعتَقَد أنه مستحيلٌ تقريبًا. الكواكب لا تُشِعُّ ضوءًا من نفسها. وحتى الضوء الذي ينعكس من أحد الكواكب يكون أقلَّ سطوعًا ببليون مرة من نجمه الأم، الذي يَحُولُ وَهَجُه القاسي دون رؤية الكوكب. ولكن بفضل التلسكوبات العملاقة والمسابير الفضائية التي لدينا الآن، أثبت فَيضٌ من البيانات الحديثة أن "برونو" كان على حَقٍّ.

هَل نِظامُنا الشَّمسيُّ وَسَطِيٌّ؟

في طفولتي، قرأتُ كتابًا في علماء الفلك غير طريقتي في فهم الكون. فبعد وصفه للكواكب خَلُصَ الكتابُ إلى أن نظامنا الشمسي نظامٌ نموذجي تقريبًا، ما يعكس صدى أفكار "برونو". بل إنه ذهب إلى أبعد من ذلك. فقد خمَّن أن

الكواكب في المجموعات الشمسية الأخرى تدور في مدارٍ دائريٍّ تمامًا تقريبًا حول شموسها، مثل كوكبنا. الكواكب الأقرب إلى الشمس تكون صخريَّةً، بينما الكواكب الأبعد تكون عمالقة غازية. وشمسنا كانت الوسطى بين النجوم.

فكرة أننا نعيش في ناحية هادئة عادية من المجرَّة كانت بسيطة ومرضية.

ولكن مهلًا، لقد كُنَّا على خطأ.

نحن الآن نعرف أننا غريبو الأطوار وأن ترتيب نظامنا الشمسي، بتسلسله المنظَّم من الكواكب ومداراتها شبه الدائرية، نادِرٌ في درب اللبانة. وحيث نبدأ في استكشاف نجوم أخرى، نمرُّ عبر النظم الشمسية المُدرَجَة في موسوعة الكواكب الخارجية Extrasolar Planets Encyclopedia، والمختلفة جذريًّا عن نظامنا. ويومًا ما، قد تحتوي موسوعة الكواكب هذه على موئلنا المستقبلي.

"سارة سيجر" Sara Seager، أستاذة علم الكواكب في معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا، وإحدى الشخصيات الخمس والعشرين الأكثر تأثيرًا في استكشاف الفضاء وفقًا لمجلة "تايم"، فلكية رئيسية في فريق هذه الموسوعة. سألتها عمَّا إذا كانت اهتمَّت بالعلوم في طفولتها، فأجابت بأنها في الحقيقة لم تكن، ولكن القمر كان يشدُّ انتباهها. لقد كانت مفتونةً بحقيقة أنه بدا يتبعها أينما جال أبوها بها في سيارته. كيف لشيء بعيد كل هذا البعد أن يستطيع تعقُّب سيارتها؟

(هذا الخداع ينشأ عن اختلاف زاوية النظر. فنحن نقدِّر المسافات بتحريك رؤوسنا. الأشياء القريبة مثل الأشجار يبدو غالبًا أنها تتحرَّك، بينما الكيانات البعيدة مثل الجبال لا تُغيِّر مواقعها أبدًا. ولكن الأشياء القريبة مِنَّا جدًّا والتي تتحرَّك معنا يبدو لنا أيضًا أنها لا تُغيِّر مواقعها. ولذلك؛ فإن أمخاخنا تخلط الأشياء البعيدة، مثل القمر، مع الأشياء القريبة، مثل عَجَلَة قيادة السيارة، وتجعلنا نتصوَّر أن كُلًّا منها يتحرَّك معنا باتِّساقٍ جنبًا إلى جنب. ونتيجة لاختلاف زاوية النظر؛ فإن الكثير من الأجسام الغريبة الطائرة التي رُصِدَت تتبع سياراتنا هي مشاهد لكوكب الزُّهَرَة).

افتتان البروفيسور "سيجر" بالسماوات تطوَّر إلى غرامٍ مدى الحياة. الآباء في بعض الأحيان يشترون تلسكوبات لأطفالهم المحبِّين للاستطلاع، ولكنها اشترت أول تلسكوب خاص بها من نقود كسبتها من عمل صيفي. وهي تتذكَّر عندما

كانت في الخامسة عشرة تتحدَّث إلى اثنين من زملائها عن نجم متفجِّر يسمَّى "سوبرنوفا 1987" أي Supernova 1987a، الذي كان قد شَوهِدَ لتوِّه في السماء. لقد صنع التاريخ بوصفه أوَّلَ "سوبرنوفا" منذ 1604، وهي كانت تخطط للذهاب إلى حفل للاحتفاء بالحدث النادر. ولكنَّ صديقَيْها شعَرَا بالارتباك. لم يكونا يعرفان عمَّا كانت تتحدَّث.

البروفيسور "سيجر" استمرَّت في تحويل حماسها وشعورها بالعجب من الكون إلى مسار وظيفيٍّ متألِّق في علم الكواكب الخارجية، التخصُّص الذي لم يكن موجودًا منذ عقدين، ولكنه الآن واحد من أهم مجالات علم علماء الفلك اليوم.

أساليبُ لاكْتِشافِ كَواكِبَ خارِجَ النِّظامِ الشَّمسِيِّ

ليس من السهل رؤية الكواكب خارج المجموعة الشمسية مباشرة؛ ولذلك فإن علماء الفلك يكتشفونها من خلال مجموعة متنوِّعة من الاستراتيجيات غير المباشرة. البروفيسور "سيجر" أكَّدَت لي أن علماء الفلك على ثِقَةٍ من نتائجهم لأنهم يكشفون عن هذه الكواكب بطرق متعدِّدة. أحد أهم هذه الطرق يسمَّى "أسلوب المرور". فأحيانًا عند تحليل كثافة ضوء نجم، يلاحَظ أنه يضعف بشكلٍ دوريٍّ. هذا الإعتام أَثَرٌ بسيط، ولكنه يشير إلى وجود كوكب تحرَّك، من منظور نقطة المراقبة على الأرض، قبالَةَ نَجمِه الأُمِّ مُمتَصًّا بعضًا من ضوئه. وحيث إنه يمكن تَتَبُّع مسار الكوكب، فإن قُطْرَ مداره يمكن احتسابه.

إن كوكبًا بحجم المشترى يمكن أن ينتقص من ضوء نجم شبيه بشمسنا بنسبة 1%. أما بالنسبة لكوكب شبيه بالأرض، فإن الرقم يكون 0.008%. وهذا يشابه إعتام ضوء المصباح الأمامي للسيارة لو مرَّت أمامه بعوضة. ومن حسن الحظ، كما توضِّح البروفيسور "سيجر"، أن أجهزتنا حسَّاسةٌ ودقيقة لدرجة أنها تستطيع أن تلتقط أبسط التغيُّرات في الاستضاءة في كواكب متعدِّدة وتأكيد وجود نظم شمسية كاملة. ولكن، ليس كل الكواكب الخارجية تتحرَّك في مواجهة نجم. فلبعضها مدارات مائلة؛ ولذلك لا يمكن ملاحظتها بأسلوب المرور.

هناك أسلوب آخر شائع هو أسلوب "سرعة الإشعاع"، أو "أسلوب دوبلر" Doppler، حيث يبحث علماء الفلك عن نجم يتحرَّك جيئةً وذهابًا بشكل منتظم. فلو كان هناك كوكب بحجم المشترى يدور حول النجم؛ فإن النجم وكوكبه إذًا يدوران حول بعضهما البعض. تصوَّرْ ثِقَلَيْن يُستَخدمان في رياضة رفع الأثقال في حالة دوران، وقارِنْ ذلك بنجمٍ وكوكَبِه الذي في حجم المشترى يدوران حول مركز مشترك.

الكوكب الذي في حجم المشترى يكون غيرَ مرئيٍّ على البعد، ولكن النجم الأم يمكن رؤيته بوضوح يتحرَّك بنمط دقيق رياضيًّا يمكن أن يستخدم "أسلوب دوبلر" في حساب سرعته. (على سبيل المثال، لو تحرَّك تجاهَنا نجمٌ أصفر، تنضغط الموجات الضوئية مثل أكورديون، وهكذا يتحوَّل الضوء الأصفر إلى زُرقَةٍ خفيفة. وإذا تحرَّك مبتعدًا عنَّا يتمدَّد ضوؤه مُتحوِّلًا إلى الاحمرار. ويمكن تحديد سرعة النجم بتحليل مقدار التغيرات في تردُّد الضوء حيث يتحرك النجم باتجاه الراصد أو بعيدًا عنه. وهذا مُشابِهٌ لما يحدث عندما تُطلِقُ الشُّرطةُ شعاعَ ليزر على سيارتك. فالتَّغيُّرات في ضوء الليزر المنعكس يمكن أن تُستَخدَمَ في قياس السرعة التي تسير بها).

الدراسة المُدقِّقة للنجم الأم على مدى أسابيع أو أشهر تُمكِّن العلماءَ أيضًا من تقدير كتلة الكوكب باستخدام "قانون نيوتن" في الجاذبية. "أسلوب دوبلر" مُملٌّ، ولكنه قاد إلى اكتشاف أول نجم خارج النظام الشمسي سنة 1992، الذي أطلق تَكالُبَ علماء الفَلَكِ الطَّموحين في محاولةٍ لِتَتَبُّع النجم التالي. الكواكب التي من حجم المشترى كانت من أوائل ما تمَّ اكتشافه لأن الأشياء العملاقة تتوافَق مع أكبر تحرُّكات النجم الأم.

"أسلوب المرور" و"أسلوب دوبلر" هما التقنيتان الأساسيتان المستَخدَمتان في تحديد مواقع الكواكب الخارجية، ولكن تَمَّ إدخال عدد قليل من الأساليب الأخرى مؤخَّرًا. أحدها هو المراقبة المباشرة، وهي -كما ذكرنا آنِفًا- صعبة التنفيذ. ومع ذلك، فإن البروفيسور "سيجر" متحمِّسة لخطط "ناسا" لتطوير مسابير فضائية يمكن بعناية ودقَّةٍ أن تَحجُبَ الضوء عن النجم الأم، الذي كان من شأنه، لولا ذلك، أن يغمر الكوكب.

تصوير الانجذاب يمكن أن يكون أسلوبًا بديلًا واعِدًا. على الرغم من أنه يعمل فقط عندما يكون هناك اصطفافٌ كامل بين الأرض والكوكب الواقع خارج النظام الشمسي ونجمه الأم. نحن نعرف من "نظرية أينشتين" في الجاذبية أن الضوء يمكن أن ينثني عندما يمرُّ بالقرب من جرمٍ سماوي؛ لأن الكتلة الضخمة يمكن أن تغيِّر بنيةَ الزَّمكانِ حوله. وحتى لو كان الجسم غيرَ مرئيٍّ لنا، سوف يغيِّر مساء الضوء، تمامًا كما يفعل الزجاج الشفَّاف. وإذا تحرك كوكب مباشرة قبالة نجم بعيد، فسوف يتَّخذ الضوء شكل حلقة. هذا النمط المحدد يسمَّى "حلقة أينشتين" Einstein Ring ويشير إلى وجود كتلة ضخمة بين المراقب والنجم.

نَتائِجُ من "كِبلر"

اكتشافٌ كبير أتى في 2009 مع إطلاق سفينة الفضاء "كبلر"، التي صُمِّمَت خِصِّيصًا للعثور على كواكب خارج النظام الشمسي باستخدام أسلوب المرور. وقد كانت ناجِحةً لدرجة فاقَت كلَّ أحلام علماء المجتمع الفلكي. بعد تلسكوب "هابل" الفضائي، يمكن أن تكون سفينة الفضاء "كِبلر" أكثرَ الأقمار الاصطناعية إفادةً على الإطلاق. إنها أعجوبة هندسية، تَزِنُ 2,300 رطل، وتحمل مرآةً قُطرُها 4.6 أقدام، وأجهزةَ استشعار على أحدث ما وصلت إليه التكنولوچيا العالية. ولأن عليها أن تحدِّق في البقعة ذاتها في الفضاء لفترات طويلة من الزمن لكي تحصل على أفضل بيانات؛ فهي لا تدور حول الأرض، ولكن حول الشمس. من موضعها في الفضاء العميق، الذي يمكن أن يبعد عن الأرض بمائة مليون ميل، تُستَخدَم مجموعة من "الچيروسكوبات" للتركيز على البقعة رقم أربعمائة في السماء، وهي بقعة صغيرة في اتجاه "كوكبة سيجنس" Constellation Sygnus. داخل مجال الرؤية المحدود هذا، قامَت "كِبلر" بتحليلِ حوالَيْ مائتي ألف نجم، وكَشَفَت عن ألوف الكواكب الخارجية. لقد أجبَرَت العُلماءَ على إعادة تقييم موقعنا في الكون.

بدلًا من تحديد مواقع نظم شمسية أخرى تشبه نظامنا، انتقل العلماء إلى شيء غير متوقَّع تمامًا: الكواكب من كل الأحجام التي تدور حول نجومٍ، أيًّا كان بُعْدَها. البروفيسور "سيجر" تقول: "توجد كواكب ليس لها نظير في نظامنا الشمسي، بعضها يتراوح حجمه بين الأرض ونبتون، أو أصغر كثيرًا من عطارد.

ولكننا حتى اليوم لم نكتشف أيَّةَ نُسخٍ من نظامنا الشمسي". والواقع أنه توجد نتائج غريبة كثيرة، ليس لدى علماء الفلك نظريات تكفي لاستيعابها. "كُلَّما اكتشفنا المزيد؛ فَهِمْنا أقلَّ. الأمر في مجمله فوضى"، هكذا تعترف "سيجر".

نحن محتارون في تفسير حتى معظم الجوانب المشتركة في هذه الكواكب. الكثير من الكواكب المقارِبَة للمشترى في الحجم، التي هي الأسهل في اكتشافها، لا تتحرَّك في مسارات شبه دائرية كما هو متوقَّع، بل في مدارات إهليجية إلى درجة كبيرة.

بعض الكواكب التي في حجم نبتون تسير في مدارات دائرية، ولكنها قريبة إلى النجم الأم لدرجة أنها لو كانت في نظامنا الشمسي لوقعت داخل مدار عطارد. وهذه العمالقة الغازية تُسمَّى "العطاردات الساخنة" Hot Jupiters، والرياح الشمسية تطيح بغلافها الجوي بشكل مستمر في الفضاء الخارجي. ولكن علماء الفلك اعتقدوا في وقتٍ ما أن الكواكب التي في حجم المشترى نَشَأَت في الفضاء العميق، على بُعْدِ ملايين الأميال من النجم الأم. إذا كان الأمر كذلك؛ فكيف أصبَحَت بهذا القُرب؟

بروفيسور "سيجر" تُقِرُّ بأن علماء الفلك لا يعرفون على وجه التأكيد. ولكن أكثر الإجابات احتمالًا جاءت مفاجئة لهم. إحدى النظريات تقول إن كل العمالقة الغازية تتكوَّن في المناطق الخارجية في نظام شمسي، حيث توجد وفرة من الجليد الذي يمكن أن يتجمَّع حوله غازا الهيدروچين والهيليوم، والغبار. ولكن في بعض الحالات، يوجد أيضًا كمية كبيرة من الغبار داخل مستوى النظام الشمسي. العملاق الغازي يمكن أن يفقد الطاقة تدريجيًّا من خلال احتكاك الحركة خلال الغبار، داخِلًا في موت حلزوني تجاه النجم الأم.

هذا التفسير استحدث فكرة مبتدَعة عن الكواكب المهاجرة، لم يسمع بها أحد من قبل. (حيث تقترب تلك الكواكب من نجومها، قد تتقاطع مع مسار كوكب صغير بحجم الأرض، تقذف به إلى الفضاء الخارجي. هذا الكوكب الصخري الأصغر قد يصبح كوكبًا طريدًا، ينجرف وحيدًا مُستقلًّا عن أي نجم؛ ولذلك لا نتوقع أي كواكب بحجم الأرض في نظام شمسي به كواكب بحجم المشترى تدور في مدارات إهليجية بدرجة كبيرة).

بأثر رجعي، كان يجب توقُّع هذه النتائج الغريبة. فلأن نظامنا الشمسي يضمُّ كواكب تتحرَّك في دوائر معتدلة؛ افترض علماء الفلك بشكل طبيعي أن كُرات الغبار وغازَيْ الهيدروچين والهيليوم التي تصير نُظُمًا شمسية تكثَّفَت بالتساوي. ونحن ندرك الآن أن الأكثر ترجيحًا هو أن الجاذبية تضغطها بطريقة ارتجالية عشوائية، مُسفِرَةً عن كواكب تتحرَّك في مدارات يمكن أن تتقاطع أو تتصادم مع بعضها البعض. وهذا مهم لأنه قد يكون نظام شمسي فقط ذو مدارات كوكبية دائرية مثل نظامنا هو ما يمكن أن توجد به حياة.

كَواكِبُ بِحَجمِ الأَرضِ

الكواكب الشبيهة بالأرض صغيرة، وبالتالي تُسبِّب إعتامًا خفيفًا أو تشوُّهات في الضوء الصادر عن نجمها الأم. ولكن في وجود سفينة "كِبلر" والتلِّسكوبات العملاقة، بدأ علماء الفلك في تحديد مواقِعِ كواكِبَ شبيهةٍ بالأرض، صخريَّة مثلها، وصالحة لاستدامة الحياة كما نعرفها، ولكنها أكبر من الأرض بمقدار 50% أو 100%. ونحن لا نستطيع حتى الآن تحديد أصلها، ولكن في 2016 و2017، جَرَت سلسلة من الاكتشافات المثيرة حولها احتلت عناوين الصحف.

"بروكسيما سينتوري" هو أقرب نجم إلى الأرض بعد شمسنا. وهو في الواقع جزء من نظام نجمي ثلاثي ويدور حول زوج من النجوم الأكبر منه يُسمَّيان "ألفا سنتوري (أ) و(ب)" Alpha Centauri A and B، يدوران حول بعضهما البعض. وقد فوجئ علماء الفلك -مُصادَفَةً- باكتشاف كوكب أكبر من الأرض بنسبة 30% يدور حول "بروكسيما سينتوري"، وأطلقوا عليه اسم "بروكسيما سينتوري ب".

يقول "روري بارنيز"، عالِمُ علماء الفلك في جامعة واشنطن بسياتل: "إن هذا يُغيِّر قواعد اللعبة في علم الكواكب الخارجية. وحقيقة كونه بهذا القرب تعني أن لدينا فرصة لتَتَبُّعه أكثر من أي كوكب آخر اكتشف حتى الآن". والدفعة القادمة من التلسكوبات العملاقة قَيْدُ التطوير، مثل تلِّسكوب الفضاء "چيمس ويب" James Webb Space Telescope قد تكون قادِرَةً على التقاط أول صورة للكوكب. وكما تقول البروفيسور "سيجر": "إنه اكتشاف هائل بكل تأكيد. مَن كان يَظُنُّ

أنَّ بعد كل هذه السنوات من التساؤل حول الكواكب يوجد واحد حول أقرب النجوم إلينا؟".

النجم الأم لـ "بروكسيما سينتوري ب" قزمٌ أحمر قاتِم، تساوي كتلته 12% فقط من كتلة شمسنا، وبالتالي لا بُدَّ أن يكون الكوكب قريبًا نسبيًّا من نجمه لكي يكون داخل المنطقة التي يمكن أن توجد بها حياة، ما يعني وجود مياه سائلة، بل وربما محيطات. ونصف قُطْرِ مدار الكوكب يبلغ 5% فقط من نصف قُطْرِ مدار الأرض حول الشمس. وهو يدور حول نجمه الأم بسرعة أكبر بكثير، حيث يتمُّ دورة كاملة كل 11.2 يوم. وهناك تكهُّنات كثيرة حول ما إذا كانت ظروف الكوكب مواتِيَةً للحياة كما نعرفها. ومن مصادر القلق المهمة أن تكون رياح شمسية تضرب الكوكب تبلغ شِدَّتُها أكبرَ من ألفي مثل تلك التي تضرب الأرض. ولكي يحمي الكوكب نفسه من هذه الرياح قد يكون لديه بالضرورة مجالٌ مغناطيسيٌّ قوي. وليس لدينا في الوقت الحاضر معلومات كافية حول ما إذا كان الحال كذلك.

كما يُعتَقَدُ أيضًا أن وجهًا واحدًا لـ "بروكسيما سينتوري ب" يواجه نجمه دائمًا، مثل قمرنا. وهذا الجانب سوف يكون حارًّا على الدوام، بينما يظلُّ الجانب الآخر باردًا على الدوام. ومحيطات الماء السائل في هذه الحالة قد توجد فقط في النطاق الضيق بين نِصفَيْ الكوكب. ومع ذلك، لو كان للكوكب غلاف جوِّيٌّ كثيف بما فيه الكفاية؛ فإن الرياح يمكن أن تُعادِلَ درجات الحرارة بما يَمَكِّن من وجود محيطات سائلة عبر سطح الكوكب.

الخطوة التالية هي تحديد تركيب الغلاف الجوي وما إذا كان يحتوي المياه أو الأوكسچين. وقد تمَّ فحص "بروكسيما سينتوري ب" بواسطة "أسلوب دوبلر"، ولكن التركيب الكيميائي لغلافه الجوي تمَّ تقييمه بواسطة "أسلوب المرور". عندما يَمُرُّ كوكب خارجي مباشرة قُبالَةَ نَجْمِه الأم، تمرُّ شظية صغيرة من الضوء داخل غلافه الجوي. جزيئات مواد معيَّنة في الغلاف الجوي تمتصُّ أطوال موجات من ضوء النجم؛ ما يسمح للعلماء بأن يحدِّدوا طبيعة هذه الجزيئات. على أي حال، لكي ينجح هذا الأمر؛ يجب أن يكون اتجاه مسار الكوكب الخارجي متوائِمًا تمامًا،

وهناك فرصة بنسبة 1.5% فقط لأن يكون مدار "بروكسيما سينتوري ب" مُحاذِيًا بشكل صحيح.

سوف يكون اكتشاف جزيئات من بخار الماء على كوكب مشابه للأرض انقلابًا مذهلًا. بروفيسور "سيجر" شَرَحَت ذلك قائِلَةً: "عندما يكون لديك كوكب صخري صغير، يجب فقط أن تجد بخار ماء لو كان هناك ماء سائل على سطحه. وهكذا، لو وجدنا بخار ماء على سطح كوكب صخري، نستطيع أن نستدلَّ على وجود محيطات سائِلَةٍ أيضًا".

سَبعَةُ كَواكِبَ بِحَجْمِ الأَرْضِ حَولَ نَجْمٍ واحِدٍ

اكتشافٌ آخر غير مسبوق أتى في 2017. حيث حدَّد علماء الفلك موقِعَ نظام شمسي خرق كل نظريات تطور الكواكب. ويحتوي هذا النظام على سبعة كواكب بحجم الأرض، وأطلق عليه اسم "ترابيست 1" TRAPPIST-1. ثلاثة من هذه الكواكب تقع في "المنطقة المعتدلة" Goldilocks Zone وقد يكون عليها محيطات. "هذا نظامٌ كوكبيٌّ مُدهِشٌ، ليس فقط لأننا اكتشفنا كواكب كثيرة، وإنما أيضًا لأنها مشابهة جميعًا للأرض من حيث الحجم"، هكذا يقول "مايكل جيلون" Michaël Gillon، قائد المجموعة العلمية البلجيكية التي حقَّقَت الاكتشاف. (الاسم "ترابيست" يُمثِّل الأحرف الأولى من اسم التلِّيسكوب الذي استخدم في الاكتشاف، كما أنه يشير إلى نوعٍ من الجعَّة الشعبية البلجيكية).

"ترابيست 1" نجمٌ أحمر يبعد عن الأرض بثمانية وثلاثين سنة ضوئية لا غير، وكتلته تبلغ 8% فقط من كتلة الشمس. ومثل "بروكسيما سينتوري"، له منطقة يمكن أن توجد بها مياهٌ سائِلة. ولو نُقِلَت هذه الكواكب السبعة إلى نظامنا الشمسي؛ فإن مداراتها جميعًا سوف تقع في مسار كوكب عطارد. وهذه الكواكب تحتاج أقل من ثلاثة أسابيع لكي تدور حول نجمها الأم، وتدور حول نفسها في سِتٍّ وثلاثين ساعة. ولأن الكواكب السبعة تسير في مدارات متقارِبَةٍ داخل نظامها الشمسي، فإن جاذبيتها تتفاعل مع بعضها البعض، ويمكن، نظريًّا، أن تتداخل في مداراتها وتتصادم. ويمكن للمرء بسذاجة أن يتوقَّع أن تعترض طريق

بعضها البعض. ولكن، لحسن الحظ، أظهر تحليلٌ في سنة 2017 أن مداراتها تقع في مستوى واحد ولن يكون هناك تصادم. نظامها الشمسي يبدو مستقرًّا. ولكن كما هو الحال مع "بروكسيما سينتوري ب"، يتحرَّى علماء الفلك الآثار المُمكِنَة للوَهَج الشمسي والتجاذُب المتبادَل.

في مسلسل "ستار تريك"، كُلَّما أوشكت السفينة "إنتربرايز" على مواجهة كوكب شبيه بالأرض، يعلن "سبوك" Spock أنهم يقتربون من كوكب من الفئة M. في الواقع، لا يوجد مثل هذا الشيء في علم علماء الفلك، حتى الآن. والآن، حيث تظهر لأول مرة آلاف من مختلف أنواع الكواكب، بما في ذلك تشكيلة من الكواكب الشبيهة بالأرض، فهي مسألة وقت فقط حتى يتم إدخال نظام جديد لوضع الأسماء.

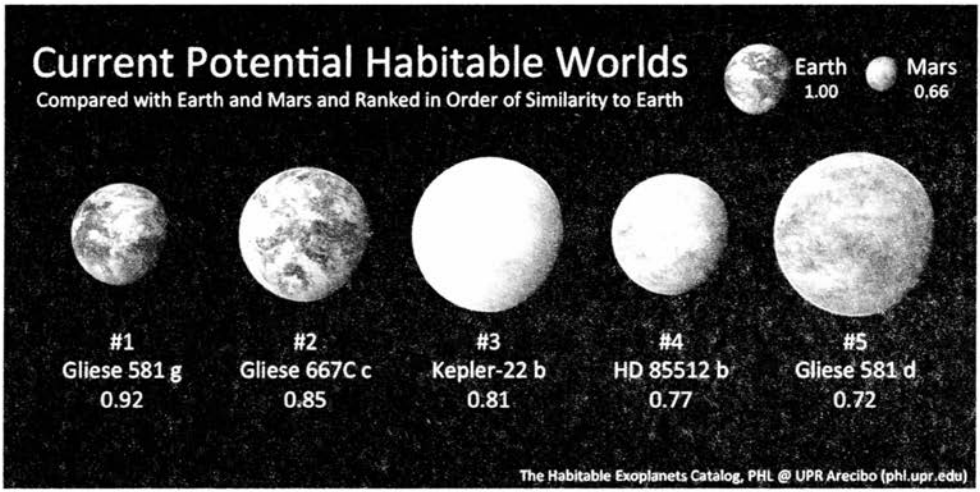
تَوأَمٌ للأَرْضِ؟

لو وُجِدَ في الفضاء كَوكبٌ تَوأَمٌ للأرض، فهو متخفٍّ علينا حتى الآن. ولكننا اكتشفنا حوالي خمسين كوكبًا ضخمًا شبيهًا بالأرض حتى الآن. كوكب "كِبلر 452 ب" Kepler-452b، الذي اكتُشِفَ بواسطة سفينة الفضاء "كبلر" سنة 2015، ويَبْعدُ عنَّا بحوالي 1,400 سنة ضوئية، مثير للاهتمام بدرجة خاصَّة. وهو أكبر من كوكبنا بحوالي 50%؛ ولذلك فإن وَزنَكَ سوف يكون أَثقلَ ممَّا هو على الأرض، ولكن من ناحيةٍ أخرى، الحياة هناك قد لا تكون مختلفةً كثيرًا عن الحياة على الأرض. وعلى خلاف الكواكب الخارجية التي تدور حول قزمٍ أحمرَ، فإن هذا الكوكب يدور حول نجم أكبر من الشمس بنسبة 3.7% فقط. فترة دورانه حول نجمه تعادل 385 يومًا أرضيًّا، ودرجة حرارة التوازن Equilibrium Temperature 17 درجة فهرنهيت، أي أدفأ من مثيلتها على الأرض بقليل. وهو يقع داخل المنطقة التي يمكن أن يوجد بها مياه سائلة. علماء الفلك الذين يبحثون عن ذكاء خارج الأرض أعدُّوا تلِسكوباتهم التي تعمل بالراديو لاستقبال رسائل من أي حضارة يمكن أن توجد على الكوكب، ولكنهم لم يتوصَّلوا إلى شيء حتى الآن. ومن المؤسف، لأن السفينة "كِبلر 425 ب" بعيدةٌ جدًّا جدًّا؛ أن الجيل التالي من التلسكوبات لن يكون قادِرًا على جمع معلومات ذات أهمية عن تركيب غلافه الجوي.

الكوكب "كِبلر 22 ب" الذي يَبْعُدُ عن الأرض بستمائة سنة ضوئية ويبلغ حجمه 2.4 مثل حجم الأرض، هو أيضًا قَيْدُ الدراسة. مداره أصغر من مدار الأرض بنسبة 15% -دورته حول نجمة تستغرق 290 يومًا- ولكن استضاءة نجمه الأم -"كبلر 22"- تَقِلُّ بنسبة 25% عن استضاءة الشمس. وهذان الأثران يعوِّض بعضهما بعضًا، ولذا؛ من المُعتَقَد أن درجة حرارة سطح الكوكب مشابهة لمثيلتها على الأرض. وهو أيضًا يقع في المنطقة التي يمكن أن يوجد بها مياه.

ولكن الكوكب "KOI 7711" هو الكوكب الخارجي الذي يجذب معظم الانتباه، حيث اتَّضح، في2017، أن خواصَّه هي الأقرب لخواص الأرض. هو أكبر من الأرض بحوالي 30%، ونجمه الأم شبيه جدًّا بشمسنا. حيث لا يوجد خطر الاحتراق بالوهج الشمسي. وطول السنة على الكوكب مطابِقٌ تقريبًا لمثيله على الأرض. وهو يقع في المنطقة التي يمكن أن يوجد بها مياه سائلة، ولكننا لا نملك بَعْدُ التكنولوچيا التي تُمكِّننا من تقدير ما إذا كان غلافه الجوي يحتوي على بخار الماء. وكل الظروف تبدو مواتية لوجود شكل ما من الحياة. ولكن، مع وقوعه على بعد 1,700 سنة ضوئية، يُعَدُّ أبعد الكواكب الخارجية الثلاثة عن الأرض.

بعد تحليل الأرقام الخاصة بهذه الكواكب، اكتشف علماء الفلك أنه يمكن ترتيبها في فئتين: الأولى، هي "الأراضين الضخمة" Super-Earths (مثل تلك التي تحتويها الصورة أدناه)، والتي ناقشناها تَوًّا. والثانية، هي الكواكب المقاربة لكوكب نبتون في الحجم ولكنها أصغر منه "Mini Neptunes". وهي كواكب غازية يتراوح حجمها بين مِثْلَيْ وأربعةِ أمثال حجم الأرض؛ بينما حجم نبتون الواقع في المجموعة الشمسية يماثل أربعة أمثال حجم الأرض. وبمجرَّد اكتشاف كوكب صغير، يحاول علماء الفلك أن يحدِّدوا الفئة التي ينتمي إليها. وهذا يشبه محاولة علماء الأحياء تصنيف حيوان جديد بوصفه من الثدييات أو من الزواحف. ومن الأشياء الغامضة لماذا لا توجد كواكب شبيهة لهاتين الفئتين في النظام الشمسي بينما هي ملحوظة في كل مكان في الفضاء.



هذه الصورة تبيِّن الحجم النسبي للأرض مقارنة بالكواكب الأخرى الشبيهة بالأرض التي اكْتُشِف أنها تدور حول نجوم (صورة رقم 8).

الكَواكِبُ الشَّارِدَة

الكواكب الشاردة من بين أكبر الأجرام السماوية التي تمَّ اكتشافها حتى الآن. وهي تتجوَّل في المجرَّة دون أن تدور حول نجم معين. ومن المحتمل أنها نشأت في نظام شمسي ولكنها اقتربت بشدة من كوكب في حجم المشترى وألقي بها في الفضاء السحيق. وكما سبق أن رأينا، فإن تلك الكواكب الكبيرة المقارِبة في الحجم للمشترى تتَّخذ في كثير من الأحيان مدارات إهليجية أو ترحل في شكل حلزونيٍّ تجاه النجم الأم. ومن المتوقَّع أن تتقاطع مساراتها مع كواكب أصغر، ونتيجة لذلك؛ قد تكون الكواكب الشاردة أكثر عددًا من الكواكب العادية. والواقع، أنه وفقًا لبعض النماذج الحاسوبية؛ فإن نظامنا الشمسي ربما يكون قد لفظ عشرة كواكب شاردة أو نحو ذلك قبل بلايين من السنين.

لأن الكواكب الشاردة ليست قريبة من مصدر للضوء، ولأنها لا تطلق ضوءًا بذاتها؛ تبدو محاولَةُ تحديد مواقعها مَيؤوسًا منها بدايةً. ولكن علماء الفلك قادرون على اكتشاف بعضها من خلال "تقنية المفعول العدسي التَّثاقُلي"

Gravitational Lensing Technique الـذي يتطلَّـب اصطفافًـا دقيقًـا ونـادرًا جـدًّا بـين النجـم الواقـع في الخلفيـة، والكوكـب الشـارد، والمستشـعر عـلى الأرض. ونتيجـة لذلـك؛ نحـن نحتـاج لمسـح ملايـين مـن النجـوم لـكي نستكشـف حفنـةً مـن الكواكـب الشـاردة. ومـن حسـن الحـظ أنـه يمكـن أَتْمَتَـةُ تلـك العمليـة بحيـث تقـوم الحواسـب -وليـس علـماء الفلـك- بهـذا البحـث.

حتـى الآن، تـمَّ تحديـد عشريـن كوكبًـا شـارِدًا، أحدهـا يبعد عن الأرض سـبع سـنوات ضوئيـة فقـط. ولكـن هنـاك دراسـة أخـرى حديثـة، أجراهـا علـماء فلـك يابانيـون قامـوا بفحـص خمسـين مليـون نجـم، واكتشـفوا مزيـدًا مـن الكواكـب الشـاردة المحتملـة التـي يصـل عددهـا إلى 470 كوكبًـا. وقـد قـدَّروا أنـه قـد يوجـد كوكبـان شـاردان مقابـل كل نجـم في مجـرة درب اللبانـة. وهنـاك علـماء فلـك آخـرون قـدَّروا أن عـدد الكواكـب الشـاردة ربمـا يتجـاوز عـدد الكواكـب العاديـة بمائـة ألـف مـرة.

هـل يمكـن أن توجـد الحيـاة كـما نعرفهـا عـلى الكواكـب الشـاردة؟ عـلى حسـب الأحـوال. فكـما في حالـة المشـترى وزحـل، يمكـن أن يكـون لبعضهـا عـدد كبـير مـن الأقـمار المغطـاة بالجليـد. ولـو كان الأمـر كذلـك، فـإن قـوى المَـدِّ والجَـزْرِ يمكـن أن تذيـب الجليـد محوِّلَـةً إيَّـاه إلى محيطـات، حيـث يمكـن أن تنشـأ حيـاة. ولكـن بالإضافة إلى ضـوء الشـمس وقـوى المَـدِّ والجَـزْر، هنـاك طريقـة ثالثـة يمكـن أن يكـون للكوكـب الشـارد مـن خلالهـا مصـدر للطاقـة التـي يمكـن أن تمنـح الحيـاة: النشـاط الإشـعاعي.

هنـاك حلقـة مـن تاريـخ العلـم قـد تسـاعد في إلقـاء الضـوء عـلى هـذه النقطـة. في نهايـات القـرن التاسـع عـشر، أظهـرت حسـابات بسـيطة قـام بهـا عـالم الفيزيـاء "لـورد كيلڤـين" Lord Kelvin أن الأرض لا بُـدَّ أن تكـون قـد بَـرَدَت بعـد عـدَّة ملايـين مـن السـنين مـن نشـأتها؛ ولذلـك لا بُـدَّ أنهـا أصبحـت صلبـة متجمِّـدة وغـير قابلـة للحيـاة عليهـا. هـذه النتيجـة أشـعلت جـدالًا مـع علـماء الأحيـاء والجيولوچيـا، الذيـن أصرُّوا عـلى أن عمـر الأرض كان بلايـين مـن السـنين. وقـد تبـيَّن أن علـماء الفيزيـاء كانـوا عـلى خطـأ عندمـا اكتشـفت "مـدام كـوري" Madame Curie وآخـرون النشـاطَ الإشـعاعي؛ فالقـوة النوويـة في قلـب الأرض، الآتيـة مـن عنـاصر مُشِـعَّة قديمـة جـدًّا مثـل اليورانيـوم، هـي التـي حافظـت عـلى قلـب الأرض حـارًّا لبلايـين السـنين.

علماء الفلك قدَّروا أن الكواكب الشاردة أيضًا قد يكون لها قَلبٌ مُشِعٌّ حافظَ عليها دافِئَةً نسبيًّا. وهذا يعني أن قلبًا مُشِعًّا يمكن أن يمدَّ بالحرارة ينابيع حارَّةً وفوَّهاتٍ بركانيَّةً في قاع محيطٍ، حيث قد تُخَلَّق كيماويات الحياة. وهكذا، إذا كان عدد الكواكب الشاردة ضخمًا للدرجة التي يعتقدها بعض علماء الفلك؛ فإن أكثر الأماكن التي يحتمل اكتشاف حياة عليها في المجرَّة قد لا تكون في المناطق التي يمكن وجود مياه بها حول نجم، ولكن على الكواكب الشاردة وأقمارها.

كَواكِبُ غَريبَةُ الأَطوارِ

يقوم علماء الفلك أيضًا بدراسة عدد كبير من الكواكب المذهلة، التي يتحدَّى بعضها كل التصنيفات.

في فيلم "حروب النجوم"، كوكب "تاتوويـن" Tatooine يدور حول نجمين. بعض العلماء سخروا من هذه الفكرة؛ لأن مثل هذا الكوكب سوف يكون في مدارٍ غير ثابت، وسوف يسقط على أحد النجمين. ولكن تمَّ رَصْدُ كواكب تدور حول ثلاثة نجوم، كما في "نظام سينتوري". بل إننا اكتشفنا نُظُمًا ذات أربعة نجوم، تضمُّ مجموعتين من النجوم المزدوجة تدور حول بعضها البعض.

تم اكتشاف كوكب آخر يبدو أنه قد يكون مُكوَّنًا من الماس. وهو يُسمَّى "55 كانسري إي" 55 Cancri e، ويبلغ حجمه ضِعْفَيْ حجم الأرض، ولكن وزنه يبلغ ثمانية أضعاف وزن الأرض. وفي 2016، نجح تلسكوب "هابِل" الفضائي في تحليل غلافه الجوي؛ وهي المرة الأولى التي يحدث فيها ذلك مع كوكب خارجي صخري. وقد تبيَّن وجود الهيليوم والهيدروچين به لكن لا يوجد بخار ماء. في وقت لاحق، اكتشف أنه غنيٌّ بالكربون، الذي قد يمثِّل حوالي ثلث كتلته. وهو أيضًا بالغ الحرارة، حيث تبلغ درجة حرارته 5,400 درجة كيلڤين Kelvin. وإحدى النظريات تُقدِّر أن الحرارة والضغط في قلب الكوكب قد تكونان كافيتين بشكل استثنائي لنشوء كوكب من الماس. ولكن هذه الطبقات المتلألئة -بفرض وجودها بالفعل- تبعد عنَّا بأربعين سنة ضوئية؛ ولذلك فإن تعدينها يفوق قدراتنا الحالية.

تـمَّ أيضًـا تحديـد مواقـع عوالِـمَ مُمكِنَـةٍ مـن الميـاه وعـوالم ممكِنَـة مـن الجليـد. وهـذه ليسـت غـير متوقَّعـة بالـضرورة؛ فمـن المعتقـد أن كوكبنـا، في تاريخـه المبكـر، كان مغطًّـى بالجليـد، أي كـرة مـن الثلـج. في أزمنـة أخـرى، عندمـا انحـسر العـصر الجليـدي، غمـر المـاء الكوكـب. "جليـز 1214 ب" Gliese 1214 b، الأول مـن بـين سـتة كواكـب خارجيـة معروفـة تـمَّ تحديدهـا، يُحتَمَـلُ أن تكـون مغطَّـاةً بالميـاه، اكتُشِـفَ سـنة 2009. وهـو يبعـد عـن الأرض باثنـين وأربعـين سـنة ضوئيـة، وأكـبر مـن الأرض سِـتَّ مـرات. وهـو يقـع خـارج المنطقـة التـي يمكـن أن يوجـد بهـا ميـاه. ويـدور حـول نجمـه الأم عـلى مسـافةٍ تمثِّـل واحـدًا إلى سـبعين مـن المسـافة التـي تـدور الأرض بهـا حـول الشـمس. ودرجـة حرارتـه قـد تبلـغ 280 درجـة مئويـة؛ ولـذا فـإن الحيـاة كـما نعرفهـا لا يمكـن أن توجـد عليـه. ولكـن باسـتخدام مُرَشِّـحات مُتعـدِّدة لتحليـل الضـوء المتناثـر عـبر الغـلاف الجـوي للكوكـب حـث يتنقَّـل حـول نجمـه الأم، تأكَّـد وجـود كميـات كبـيرة مـن الميـاه. وقـد لا توجـد الميـاه بالشـكل السـائل المألـوف نتيجـة للضغـط والحـرارة عـلى الكوكـب. فبـدلًا مـن ذلـك، قـد يكـون "جليـزا 1214 ب" كوكبًـا مـن البخـار.

لقـد وصلنـا أيضًـا إلى فهـم مدهـش بشـأن النجـوم. فقـد اعتقدنـا زمنًـا أن نجمنـا الأصفـر هـو النمـوذج السـائد في الكـون. ولكـن الفلكيـين يعتقـدون الآن أن النجـوم القزمـة الحمـراء القاتمـة، التـي تبعـث جـزءًا ضئيـلًا مـن الضـوء الـذي تبعثـه شمسـنا والتـي لا يمكـن عـادة رؤيتهـا بالعـين المجـرَّدة، هـي الأكـثر شـيوعًا. ووفقًـا لأحـد التقديـرات، فـإن 85% مـن النجـوم في مجـرَّة درب اللبانـة أقـزامٌ حمـراء. كلـما صغـر حجـم نجـم؛ كان أَبْطَـأَ في حـرق وقـود الهيدروچيـن، واسـتمرَّ فـترة أطـول في السـطوع. الأقـزام الحمـراء قـد تسـتمرُّ لتريليونـات مـن السـنين، أي أطـول بكثـير مـن عمـر شمسـنا الـذي يصـل إلى عـشرة بلايـين عـام. وربمـا لا يكـون مـن المدهـش أن نظـام كل مـن "بروكسـيما سـينتوري ب" و"ترابيسـت" يضـمُّ أقزامًـا حمـراء؛ لأن عددهـا ضخـم جـدًّا. وهكـذا، فـإن المنطقـة المحيطـة بهـذه النجـوم قـد تكـون واحـدة مـن أكـثر المواقـع التـي يمكـن أن ينجـح فيهـا البحـث عـن مزيـد مـن الكواكـب الشـبيهة بـالأرض.

تِعدادُ المَجَرَّة

سفينة الفضاء "كِبلر" قامت بمسح كواكب في مجرة درب اللبانة تكفي لإجراء إحصاء تقريبي. والبيانات تشير إلى أن كل نجم نراه يدور حوله كوكب واحِدٌ من نوع ما في المتوسط. وحوالي 20% من النجوم، مثل شمسنا، تدور حولها كواكب شبيهة بالأرض؛ مشابهة للأرض من حيث الحجم، وتقع في المنطقة التي يمكن أن توجد بها مياه سائلة. وحيث إنه يوجد حوالي مائة بليون نجم في مجرَّة درب اللبانة، يمكن أن يوجد حوالي عشرين بليون كوكب شبيه بالأرض في فنائنا الخلفي. والواقع أن هذا تقدير متحفِّظ، والعدد الفعلي يمكن أن يكون أكبر كثيرًا.

ومن المؤسف أن سفينة الفضاء "كِبلر"، بعد أن أرسلت جبلًا من المعلومات التي غيَّرَت الطريقة التي نفهم بها الكون، بدأت تتوقَّف عن العمل. أحد "چيروسكوباتها" بدأ يتعطَّل في 2013، وفقَدَت القدرة على اكتشاف وتتبُّع الكواكب.

ولكن التخطيط جارٍ للمزيد من المهام التي سوف تستمر في تطوير فهمنا للكواكب الخارجية. في 2018، سوف يتمُّ إطلاق القمر الاصطناعي المسحي العابر للكواكب الخارجية (Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS). وعلى خلاف "كِبلر"، سوف يمسح السماء بأكملها. وسوف يدرس مائتي ألف نجم على مدى أكثر من عامين، مع التركيز على النجوم ذات الوميض الذي يبلغ من ثلاثين ضعفًا إلى مائة ضعف مقارنة بوميض النجوم التي فحصها "كبلر"، بما في ذلك أيضًا كل الكواكب المشابهة للأرض من حيث الحجم أو الأراضين الضخمة في منطقتنا من المجرَّة، والتي يتوقَّع علماء الفلك أن يصل عددها إلى خمسمائة. وبالإضافة إلى ذلك، تلسكوب "جيمس ويب الفضائي" James Webb Space Telescope، الذي سوف يحلُّ محلَّ تلسكوب "هابِل الفضائي"، سوف يُدشَّن قريبًا، وسوف يكون قادِرًا على تصوير بعض هذه الكواكب الخارجية.

الكواكب الشبيهة بالأرض قد تكون أهدافًا أَوَّلِيَّةً للسفن النجمية في المستقبل. والآن، حيث نحن في سبيلنا لاستطلاع تلك الكواكب في الأعماق؛ من المهم أن نستكشف اعتبارين: العيش في الفضاء الخارجي، مع المتطلَّبات البيولوچية التي سوف يستتبعها، وملاقاة حياة في الفضاء. يجب أوَّلًا أن نلقي نظرة على وجودنا على الأرض، وكيف يمكن تطويرها لمواجهة تحديات جديدة. قد نضطرُّ لإدخال

تعديلات على أنفسنا، وتمديد أعمارنا، وتكييف سيكولوجيتنا، بل وربما تعديل تراثنا الوراثي. وسوف يكون علينا أيضًا أن نستعدَّ لإمكان اكتشاف أي شيء من ميكروبات إلى حضارات متقدِّمة على تلك الكواكب. من الذين يمكن أن يكونوا هناك، وما الذي سوف يعنيه لنا أن نقابلهم؟

مكتبة
t.me/soramnqraa

الجزء الثالث

الحَياةُ في الكَوْنِ

"الدُّهـورُ الَّتـي يَتَطَلَّبُهـا تَجـاوُزُ المَجَـرَّةِ لا يُمْكِـنُ أَنْ تُرْهِـبَ كائِنـاتٍ خالِـدَةً".

الفَلَكيُّ المَلَكي لإنجلترا

سير "مارتين ريس"

SIR MARTIN REES

الفصل العاشر

الخُلودُ

فيلم "عصر أدالاين" The Age of Adaline يحكي قصَّةَ امرأةٍ وُلِدَت سنة 1908، دهمتها عاصفة ثلجية وتجمَّدَت حتى الموت. ومن حسن حظِّها أن ضربها شعاعُ برقٍ مفاجئ غير متوقَّعٍ أعادها للحياة. هذا الحادث الغريب غيَّر حمضها النووي، وتوقَّفَت بشكل مفاجئ عن التقدُّم في العمر.

ونتيجة لذلك ظلَّت شابَّةً، بينما تقدَّم أصدقاؤها ومُحبُّوها في السن. وحتمًا انتشرَت الرِّيبُ والشائعات؛ ما اضطرَّها إلى مغادرة المدينة. وبدلًا من الابتهاج بشبابها غير المحدود، انسحبت من المجتمع، ونادِرًا ما كانت تتبادل الحديث مع أحد. وبدلًا من أن يكون الخلود نعمة أصبح نقمة.

أخيرًا، تصدمها سيَّارة وتموت إثر الحادث. في سيارة الإسعاف، جهاز الصدمات الكهربائية لم يُعِدْها فقط إلى الحياة، ولكنه عكس الأثر الچينيَّ لشعاع البرق، وفقدت صفةَ الخلود. وبدلًا من البكاء لفقدانها الخلود، ابتهجت عندما رأت أوَّلَ شَعْرٍ رَماديٍّ في رأسها.

وحيث ترفض "أدالاين" أخيرًا وعد الخلود، يتحرَّك العلم بالفعل في الاتجاه الآخر، مُتَّخِذًا خطواتٍ ضخمةً في فهم الشيخوخة. فالعلماء الذين اهتمُّوا باستكشاف الفضاء العميق مهتمُّون بِشدَّة بالبحث في هذا الشأن؛ لأن المسافات بين النجوم كبيرة لدرجة أنها تحتاج قرونًا لكي تكمل سفينة فضاء رحلة بينها. ولذلك؛ فإن عملية بناء سفينة نجمية، يكفي عمرها لرحلة إلى النجوم، وترسو فوق كواكب بعيدة قد تتطلَّب عدَّةَ أعمار. ولكي نستطيع أن نظلَّ أحياء على مدى زمن الرحلة، لا بُدَّ أن نبني سُفُنًا متعدِّدة الأجيال، أو نضع روَّادنا الفضائيين والمرتادين في حالة جمود مُعلَّقة، أو نَمُدَّ من طول أعمارهم.

دعنا نستكشف كُلًّا من هذه الطرق التي قد يسافر بها البشر إلى النجوم.

سُفُنُ فَضاءٍ مُتعدِّدَةُ الأَجيالِ

افْتَرِضْ أنَّنا اكتشفنا توأمًا شبيهًا بالأرض في الفضاء، له غُلافٌ جوِّيٌّ من الأوكسچين والنتروچين، وعليه مياه سائلة، وله قلبٌ صخريٌّ، وحجمه مُقارِبٌ لحجم الأرض؛ مثل هذا الكوكب سيكون مُرشَّحًا مثاليًّا للاستيطان. ثم ندرك أن هذا التوأم يبعد عن الأرض بمسافة مائة سنة ضوئية. هذا يعني أن سفينة نجمية تَستخدم -ربَّما- الدَّفعَ بالاندماج النووي أو المادة المضادة- سوف تحتاج مائتي عام لتصل إلى ذلك الكوكب.

لو كان جيل واحد يساوي عشرين عامًا، هذا يعني أن عشرة أجيال من البشر سوف يولدون على السفينة النجمية، التي سوف تكون الوطنَ الوحيد الذي يعرفونه.

على الرغم من أن هذا يبدو شيئًا مهولًا، فلنتذكَّر أنه أثناء العصور الوسطى، كان كبار المعماريين يصمِّمون كاتدرائياتٍ ضخمةً وهم يعلمون أنهم لن يعيشوا حتى يروا إتمام أعمالهم الفَذَّة. وكانوا يعرفون أن ربما أحفادهم هم الذين سيحتفلون بافتتاح الكاتدرائية.

ولنتذكَّر أيضًا أنه أثناء الشَّتات الكبير، عندما بدأ الناس يغادرون أفريقيا، قبل نحو خمسة وسبعين ألف عام تقريبًا بحثًا عن وطن جديد، كانوا يعرفون أن الأمر قد يستغرق عدة أجيال لإكمال رحلتهم.

وعليه، فإن مفهوم رحلة متعدِّدة الأجيال ليس مفهومًا جديدًا.

ولكن هناك مشاكل لا بُدَّ من مواجهتها في حالة السفر على متن سفينة نجمية: الأولى، أن المسافرين يجب اختيارهم بعناية، بمائتي مسافر على الأقل على كل سفينة؛ لضمان تكاثُرٍ مُستدامٍ لساكني السفينة. ويجب تحديد عدد المسافرين بحيث يظلُّ عددهم ثابتًا نسبيًّا، وأنهم لن يستنفدوا المؤن. وحتى أي انحراف في عدد ساكني السفينة، الممتد لعشرة أجيال، يمكن أن يؤدي إلى زيادة أو نقص كارثيين في التعداد؛ ما يمكن أن يهدِّد المَهمَّةَ بأكملها. ولذلك؛ يتطلَّب الأمر مجموعة من الأساليب المتعدِّدة (مثل الاستنساخ، والتلقيح الصناعي، وأطفال أنابيب الاختبار)؛ من أجل المحافظة على عدد السكان ثابتًا على مدى زمن الرحلة.

ثانيًا، يجب كذلك تحديد الموارد بعناية. والطعام والفضلات لا بُدَّ من تدويرها بشكل مستمرٍّ. يجب عدم التخلُّص من أي شيء.

هناك أيضًا مشكلة المَلَل. على سبيل المثال، الناس الذين يعيشون على جزر صغيرة غالبًا ما يشكون من "حُمَّى الجُزُر"، الشعور القوي برهاب الاحتجاز والرغبة الحارة في مغادرة الجزيرة واستكشاف جزر جديدة. وأحد الحلول الممكنة هو استخدام الواقع الافتراضي لخلق عوالِمَ خيالية متصوَّرة، باستخدام أساليب محاكاة حاسوبية متقدِّمة. وهناك إمكانية أخرى، وهي خلق أهداف ومسابقات ومهام ووظائف للمسافرين لكي يكون لحياتهم اتجاه وغرض.

بالإضافة إلى ذلك، لا بُدَّ من اتخاذ قرارات على متن السفينة، مثل توزيع الموارد والواجبات. ويجب تشكيل كيان منتخب ديمقراطيًّا لمراقبة العمليات اليومية بالسفينة. ولكن ذلك يَدَعُ إمكانية لجيلٍ مُستقبَليٍّ قد لا يرغب في استكمال المَهَمَّة الأصلية أو لأن يسيطر عليها شخص ديماجوجيٌّ كاريزمي ويخرِّبها.

ولكن، هاك طريقة وحيدة للتخلُّص من كثير من هذه المشاكل: اللجوء إلى الإيقاف المؤقت لوظائف الجسم.

العِلْمُ الحَديثُ والشَّيخوخَةُ

في فيلم "2001"، يحفظ طاقم من روَّاد الفضاء مُجمَّدين داخل كبسولاتهم حيث تقوم سفينتهم الضخمة بالرحلة الشاقَّة إلى المشترى. وظائف أجسامهم تُخَفَّضُ إلى الصفر، وبالتالي لا توجد تعقيداتٌ تتعلَّق بسفينة نجمية متعدِّدة الأجيال. وحيث إن المسافرين مجمَّدون؛ فإن مُصمِّمي المَهمَّة لن يكونوا مضطرِّين للقلق بشأن استهلاك رواد الفضاء لكميات كبيرة من الموارد، أو بشأن الإبقاء على عدد المسافرين ثابتًا.

ولكن هل هذا مُمكِنٌ فعلًا؟

أي شخص عاش في الشمال أثناء فصل الشتاء يعرف أن أسماكًا وضفادِعَ يمكن أن تتجمَّد وتتصلَّب في الجليد، وأنه عندما يأتي الربيع ويذوب الجليد، تنهض من جديد وكأنَّ شيئًا لم يكن.

في الظروف الطبيعية، نتوقَّع أن عملية التجمُّد تقتل تلك الحيوانات. فحيث نخفض درجة حرارة الدم؛ تبدأ بلورات من الجليد تنمو وتتمدَّد داخل الخلايا، وأخيرًا، تُمزِّق جدار الخلية، وخارج الخلايا أيضًا، يمكن أن تضغط هذه البلورات على الخلايا وتُحطِّمها. الطبيعة الأم تحلُّ هذه المشكلة باستخدام حَلٍّ بسيط: مضاد التجمُّد. أثناء الشتاء، نضع في سياراتنا مُضادًّا للتَّجمُّد لكي نخفض درجة تجمد الماء. بالطريقة نفسها، الطبيعة الآن تستخدم الجلوكوز بوصفه مُضادًّا للتَّجمُّد، وبالتالي تخفض درجة تجمُّد الدم. وهكذا، فعلى الرغم من أن الحيوانات تتجمَّد داخل كتلة من الجليد، يظل الدم في شرايينها سائِلًا وقادرًا على أداء الوظائف الجسمانية الأساسية.

بالنسبة للإنسان، هذا التركيز العالي من الجلوكوز في أجسامنا يمكن أن يكون سامًّا ويقتلنا؛ ولذلك أجرى العلماء تجارب على أنواع أخرى من مضادَّات التجمُّد الكيماوية من خلال عملية تسمَّى "التزجيج"، وتنطوي على استخدام مُركَّبٍ كيميائي لتخفيض درجة التجمُّد بحيث لا تتكوَّن بلورات الجليد. وعلى الرغم من أن هذا الحل يبدو مثيرًا للاهتمام، إلا أنه مخيب للآمال حتى الآن. فعملية التزجيج في الغالب يترتب عليها آثار جانبية. حيث إن المواد الكيماوية المستخدَمَة في المعامل تكون في الغالب سامَّةً ويمكن أن تكون مُميتَةً. وحتى اليوم، لا يوجد إنسان تمَّ

تجميده لدرجة التصلُّب ثم تَمَّت إذابة تجميده وعاش حتى يخبرنا عن الأمر. ومن ثم، نحن بعيدون جدًّا عن تحقيق الإيقاف المؤقَّت لوظائف الجسم. (ولكن هذا لم يوقف المبادرين عن الاستثمار مُسبَقًا في هذا الشأن بوصفه وسيلة لمخادعة الموت. وهم يدعون أن الأشخاص الذين يعانون من أمراض قاتلة يمكن تجميد أجسامهم مقابل مبالغ ضخمة، ثم إعادتهم للحياة بعد عدَّة عقود، عندما يتمُّ التوصُّل إلى علاجٍ لأمراضهم. ولكن لا يوجد دليل تجريبي على الإطلاق على نجاح هذه العملية). ويأمل العلماء في أن هذه المسائل التقنية يمكن حَلُّها في أوانها.

إذًا، على الورق، عملية الإيقاف المؤقت لوظائف الجسم يمكن أن تكون الوسيلة النموذجية لحل كثير من مشاكل الرحلات طويلة الأجل. وعلى الرغم من أنها اختيار غير عَمَليٍّ اليوم، فقد تكون في المستقبل واحدة من الأساليب الرئيسية للحفاظ على الحياة في رحلات ما بين النجوم.

ولكن، توجد مشكلة واحدة مع الإيقاف المؤقَّت لوظائف الجسم، ففي حالة وجود طوارئ غير مُتوقَّعة -مثل تأثير كويكب- قد يكون من المطلوب من الآدميين إصلاح الضرر. يمكن تجهيز الروبوتات للقيام بالإصلاحات الأولية، ولكن لو كانت الأحداث الطارئة شديدةً بما يفوق قدرتها، فإن الخبرة والقرار البشريَّيْن سوف يكونان مطلوبَيْن. وهذا يعني أنه يجب إعادة الحياة الطبيعية لمهندسين من بين الركاب، ولكن خيار اللحظة الأخيرة هذا قد يكون مُميتًا لو كانت عملية إعادة المهندسين إلى الحياة الطبيعية تستغرق وقتًا طويلًا بينما يكون التدخل البشري مطلوبًا على وجه السرعة. هذه هي نقطة الضعف في رحلة بين النجوم تستخدم أسلوب الإيقاف المؤقت لوظائف الجسم. وقد يكمن الحَلُّ في الاحتفاظ بمجموعة مُتعدِّدة الأجيال من المهندسين المتيقِّظين والمستعدِّين أثناء الرحلة بكاملها.

الإرسالُ عَن طريقِ الاستِنْساخِ

هناك اقتراحٌ آخر لاستعمار المجرَّة يتمثَّل في إرسال بويضات مُخصَّبة تحتوي على الحمض النووي إلى الفضاء، على أمل أن تُبعث فيها الحياة يومًا من الأيام في مقصد بعيد ما. أو أن نتمكَّن من إرسال شفرة الحمض النووي ذاتها، لكي

تستخدم في النهاية لخلق أناس جُدُدٍ. (هذا هو الأسلوب الذي جاء في فيلم "رجل من الصُّلب" Man of Steel. على الرغم من أن كوكب كريبتون -الموطن الأصلي لسوبرمان- قد انفجر، فقد كان سكان الكوكب متقدِّمين لدرجة أنهم استطاعوا أن يرتِّبوا الحمض النووي لكل سكان الكوكب في تسلسل معين قبل أن ينفجر الكوكب. وكانت خطتهم أو يرسلوا تلك المعلومات إلى كوكب مثل الأرض، ثم بعد ذلك يُستخدَم الحمض النووي المتسلسل في خلق نُسَخٍ من سكان كريبتون الأصليين. والمشكلة الوحيدة كانت أن ذلك قد ينطوي على السيطرة على الأرض والتخلص من البشر، الذين كانوا للأسف يقفون في طريق الخطة).

هناك مميِّزات في منهج الاستنساخ. فبدلًا من استخدام سفن نجمية عملاقة تحتوي على بيئات اصطناعية ضخمة شبيهة ببيئة الأرض، فالأمر هنا ينطوي فقط على نقل الحمض النووي. ومن الممكن حتى وضع بويضات مخصَّبة بشرية داخل حاويات كبيرة في سفينة صاروخية ذات حجم معياريٍّ. وليس ممَّا يدعو للدهشة أن كُتَّاب الخيال العلمي تصوَّروا أن هذا حدث قبل دهور مَضَت، حيث قامت كائنات سابقة على وجود الإنسان بنثر حمضها النووي في القطاع الذي نقع فيه من المجرَّة؛ ما جعل من الممكن نشوء الإنسان.

ولكن هناك الكثير من العيوب في هذا الاقتراح. فحتى الآن لم يتمَّ استنساخ أي إنسان على الإطلاق. والواقع أنه لم يتم استنساخ أي من الرئيسيات. فالتكنولوجيا لم تتقدَّم بَعْدُ بما يكفي لتخليق إنسان مستنسخ، على الرغم من أن ذلك يمكن أن يتحقَّق في المستقبل. ولو كان الأمر كذلك؛ فإنه يمكن تصميم روبوتات تقوم بتخليق رعاية هذه المستنسخات.

الأهم هو أن استحضار مستنسخات بشرية يمكن أن ينتج مخلوقات مطابقة لنا چينيًّا، ولكن لن يكون لها ذاكراتنا أو شخصيتنا. إنها سوف تكون صفحات بيضاء. في الوقت الحالي، إمكانية إرسال ذاكرة وشخصية شخص بالكامل بهذه الطريقة تفوق قدراتنا بكثير. مرة أخرى، هذا يحتاج تكنولوجيا سيتطلَّب تخليقها عقودًا أو قرونًا، لو كان ذلك ممكنًا على أي حال.

ولكن بالإضافة إلى التجميد أو الاستنساخ، ربما تكون هناك طريقة أخرى تمكننا من قطع الرحلة إلى النجوم من خلال إبطاء أو حتى إيقاف عملية الشيخوخة.

البَحثُ عن الخُلودِ

البحث عن الحياة الأبدية أحد موضوعات الأدب الإنساني كله. وهو يعود إلى "**مَلْحَمَة جِلجامش**" *Epic of Gilgamesh*، التي كُتِبَت قبل حوالي خمسة آلاف عام. القصيدة تسرد وقائع المغامرات المثيرة لمحاربٍ سومريٍّ في سعيه النبيل. طوال مسيرته، خاض الكثير من المغامرات والمواجهات، بما في ذلك لقاء مع شخص يشبه "نوحًا" الذي شهد الطوفان العظيم. والهدف من هذه الرحلة الطويلة كان الوصول لسر الخلود. في الكتاب المقدَّس، طرد الله آدم وحواء من جنة عدن بعد أن عَصَيَا أمره وأَكَلَا من شجرة المعرفة. وكان الله غاضِبًا لأنهما قد يستخدمان هذه المعرفة في أن يُصبِحا خالِدَيْن.

البشرية ظلَّت مهووسةً بالخلود لعصور طويلة. لزمن طويل من التاريخ الإنساني كان الأطفال يموتون أثناء الولادة، والمحظوظون الذين بقوا على قيد الحياة عاشوا غالبًا في حالة قريبة من المجاعة. الأوبئة كانت تنتشر مثل النار في الهشيم لأن الناس كانوا في الغالب يلقون مخلفات مطابخهم من النافذة. الصرف الصحي كما نعرفه لم يكن موجودًا؛ ولذلك كانت الروائح العَفِنَة تفوح من القرى والمدن. المستشفيات -إن وُجِدَت- كانت أماكِنَ ليموت فيها الفقراء. كانت مستودعات للمُعدَمين، المرضى المبتلين بالفقر، حيث كان الأغنياء قادرين على تحمُّل تكلفة أطباء خاصين. ولكن الأغنياء أيضًا كانوا ضحايا للمرض، وأطباؤهم لم يكونوا أكثر كثيرًا من دجَّالين. (أحد أطباء الغرب الأوسط Midwestern Doctor احتفظ بيوميات عن زياراته اليومية للمرضى. اعترف فيها بأن حقيبته السوداء كان بها صنفان فعَّالان فقط. أي شيء آخر كان من زَيت الثعابين. والشيء الذي كان ينجح بالفعل هو منشار المعادن في بترِ الأطراف المجروحة أو المريضة، والمورفين للتخفيف من آلام البتر).

في 1900، كان العمر المتوقَّع عند الميلاد في الولايات المتحدة رسميًّا تسعة وأربعين عامًا. ولكن ثورتين أضافتا عقودًا إلى هذا الرقم: الأولى، تحسين الصرف الصحي، الذي أعطانا المياه النقية، والتخلُّص من الفضلات، وساعد في القضاء على بعض أسوأ الأوبئة والأمراض المميتة، مضيفًا حوالي خمسين عامًا إلى عمرنا المتوقَّع.

الثورة التالية كانت في الدواء. نحن غالبًا نسلِّم بأن أسلافنا عاشوا في خوف مميت من أعداد كبيرة من الأمراض القديمة (مثل السل، والجدري، والحصبة، وشلل الأطفال، والسعال الديكي، إلخ...). في عصر ما بعد الحرب، تمَّ قهر الأمراض بدرجة كبيرة بواسطة المضادات الحيوية والأمصال؛ ما أضاف عشر سنوات أخرى للعمر المتوقَّع. أثناء هذا الوقت، تغيَّرت سمعة المستشفيات تغيُّرًا جوهريًا. حيث أصبحت أماكن يقدَّم فيها علاج حقيقي للقضاء على الأمراض.

إذًا، هل يستطيع العلم الآن أن يكشف عن أسرار عملية الشيخوخة، مُبطِئًا أو حتى مُوقِفًا عقارِبَ الساعة، رافِعًا العمر المتوقَّع إلى درجة غير محدودة تقريبًا؟

هذا مسعى قديم، ولكن الجديد هو أنه استحوذ على اهتمام بعض أغنى الأشخاص في العالم. في الواقع، هناك تدفُّقٌ من مستثمري وادي السيليكون يستثمرون الملايين ليقهروا عملية الشيخوخة. غير قانعين بسيطرتهم على العالم، هدفهم التالي هو أن يعيشوا إلى الأبد. "سيرچي برين" Sergey Brin، أحد مؤسِّسي جوجل، يأمل في أن يحقِّق ما لا يقل عن "علاج الموت". وشركة "كاليكو" Calico التي يترأسَّها "برين" قد تساهم ببلايين في شراكة مع شركة الأدوية "آب" في AbbVie لمواجهة هذه المسألة. "لاري إليسون" Larry Ellison، أحد مؤسِّسي شركة "أوراكل" Oracle، يرى أن القبول بالموت شيء "غير مفهوم". و"بيتر ثيل" Peter Thiel، أحد مؤسِّسي "باي بال" PayPal، يريد -متواضِعًا- أن يعيش 120 عامًا، بينما يريد بليونير الإنترنت الروسي "دمتري إتسكوف" Dmitry Itskov أن يعيش 10,000 عام. ومع دعم من أشخاص مثل "برين" والابتكارات التكنولوجية، قد نكون قادرين في النهاية على أن نحلَّ هذا اللغز الأزلي ونمدِّد أعمارنا.

مؤخَّرًا، كشف العلماء عن بعض أعمق أسرار عملية الشيخوخة. فبعد قرون من البدايات الزائفة، يوجد الآن عدد قليل من النظريات الموثوقة والقابلة للاختبار تبدو واعدة. وتتضمن هذه النظريات تقييد السعرات الحرارية، وإنزيم "تيلوميريز" Telomerase، وچينات السن.

من بين هذه النظريات، أثبت أسلوب واحد فقط قدرته على تمديد عمر الحيوانات، بل ومضاعفته في بعض الأحيان. وهو يُسمَّى "تقييد السعرات الحرارية"، أو الحد بشدَّة من السعرات الحرارية في غذاء الحيوان.

في المتوسط، الحيوان الذي يأكل سعرات حرارية أقل بنسبة 30% يعيش 30% أطول. وقد اتَّضح ذلك بما فيه الكفاية مع خلايا الخميرة، والديدان، والحشرات، والجرذان والفئران، والكلاب، والقطط، والآن مع الرئيسيات. والواقع أن هذا هو الأسلوب الوحيد المقبول عالميًّا من قِبَل العلماء لتغيير طول عمر الحيوانات التي أُجرِيَت عليها التجارب حتى الآن. (الحيوان المهم الوحيد الذي لم يُختَبَر بعد هو الإنسان).

والنظرية هي أن الحيوانات تعيش في البرية حياة طبيعية قريبة من المجاعة. والحيوانات تستخدم مواردها المحدودة للتكاثر أثناء أوقات الوفرة، ولكنها في الفترات الصعبة تدخل في حالة قريبة من البيات الشتوي لكي تحافظ على مواردها وتعيش بعد المجاعة. إطعام الحيوانات طعامًا أقل يطلق الاستجابة البيولوجية الثانية وتعيش حياة أطول.

ولكن هناك مشكلة مع تقييد السعرات، وهي أن هذه الحيوانات تصبح كسولةً، وبطيئة الحركة، وتفقد الاهتمام بالجنس. ومعظم البشر سوف يُحجِمون عن احتمال تناول سعرات حرارية أقل بنسبة 30%؛ ولذلك فإن صناعة الأدوية قد ترغب في اكتشاف مواد كيميائية تحكم هذه العملية وتسخر قوة تقييد السعرات من دون آثارها الجانبية البيِّنة.

مؤخَّرًا، تمَّ عَزلُ مادية كيماوية واعدة تسمَّى "ريزفيراترول" Resveratrol. هذه المادة التي توجد في النبيذ الأحمر، تساعد في تنشيط الجزيء الذي يتبيَّن أنه يبطئ عملية الأكسدة، التي هي مكون أساسي في الشيخوخة؛ ولذلك قد تساعد في حماية الجسم من تلف الجزيئات ذات الصلة بالشيخوخة.

أجريتُ ذات مرة مقابلة مع "ليونارد بي جورنت" Leonard P. Guarente، الباحث في معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا وأحد أوائل الذين بيَّنوا العلاقة بين هذه الكيماويات وعملية الشيخوخة. وكان مندهشًا من عدد المهووسين بالطعام الذين اهتمُّوا بهذه المادة بوصفها ينبوعًا للشباب. وهو يشكُّ في هذا الأمر ولكنه لم يستبعد إمكانية أن يكون للريزفيراترول وهذه الكيماويات دَورٌ في العلاج الحقيقي للشيخوخة إذا قُدِّر التوصُّل لهذا العلاج. بل إنه ساهم في تأسيس شركة تسمَّى "إليسيوم هيلث" Elysium Health لاستكشاف هذه الإمكانات.

هنـاك دليـل آخـر عـلى أن إنزيـم تيلوميريـز، الـذي يسـاعد في ضبـط سـاعتنا البيولوچـية، قـد يكـون سـببًا للشـيخوخة. في كل مـرة تنقسـم خليـة، تصـير نهايـات الكروموزومـات، التـي تسـمَّى "تيلومـيرات" Telomeres، أقـصرَ قليـلًا. وأخـيرًا، بعـد حـوالي خمسـين إلى سـتين انقسـامًا، تصـير التيلومـيرات قصـيرةً لدرجـة أنهـا تختفـي ويبـدأ الكرومـوزوم في الفشـل، ومـن ثـم، تدخـل الخليـة في حالـة شـيخوخة وتتوقَّـف عـن العمـل بشـكل سـليم. هنـاك إذًا حـدٌّ لعـدد المـرَّات التـي يمكـن أن تنقسـم فيهـا الخليـة. وهـذا الحَـدُّ يُسـمَّى "حـدُّ هيفليـك" Hayflick Limit. (أجريـتُ ذات مـرة مقابلـة مـع دكتـور "ليونـارد هيفليـك" Leonard Hayflick، الـذي ضحـك عندمـا سـألته مـا إذا كان "حـد هيفليـك" يسـتطيع بشـكل مـا أن ينعكـس ليعطينـا علاجًـا للمـوت. كان متشـكِّكًا بدرجـة كبـيرة جـدًّا. وكان مُـدرِكًا أن هـذا الحـد البيولوچـي أسـاسي في عمليـة الشـيخوخة، ولكـن النتائـج المترتبـة عليـه لا تـزال محـلَّ دراسـة، ولأن الشـيخوخة عمليـة كيمائيـة حيويـة Biochemical معقَّـدة تنطـوي عـلى مسـارات مختلفـة عديـدة، فنحـن بعيـدون جـدًّا عـن أن نكـون قادريـن عـلى تغيـير هـذا الحـد في الإنسـان).

"إليزابيـث بلاكبـورن" Elizabeth Blackburn، الحاصلـة عـلى جائـزة نوبـل، أكـثر تفـاؤلًا وتقـول، "كل علامـة، بمـا فيهـا العلامـات الـچينيـة، تقـول إن هنـاك علاقـة سـببيَّة مـا بـين التيلومـيرات والأشـياء المزعجـة التـي تحـدث عنـد الشـيخوخة". وهـي تلاحـظ أن هنـاك ارتباطًـا مبـاشرًا بـين قِـصَر التيلومـيرات وأمـراض معيَّنـة. وعـلى سـبيل المثـال، لـو أن لديـك تيلومـيرات طالهـا القِـصَرُ -لـو أن التيلومـيرات لديـك تقـع في الثلـث الأسـفل بمعيـار الطـول- فـإن خطـر الإصابـة بأمـراض القلـب والأوعيـة الدمويـة يرتفـع بنسـبية 40%. وهـي تَخْلُـصُ إلى أن "قِـصَرَ التيلومـيرات يبـدو أنـه يكمـن وراء خطـر الإصابـة بأمـراض قاتلـة... أمـراض القلـب، والسـكري، والسرطـان، حتـى مـع إليزابيـث".

مؤخَّـرًا، يقـوم العلـماء بإجـراء تجـارب عـلى إنزيـم التيلوميريـز، الـذي اكتشـفته "بلاكبـورن" وزملاؤهـا، والـذي يمنـع التيلومـيرات مـن القِـصَر. وهـو يسـتطيع، بمعنـى مـا، أن "يوقـف عقـارب السـاعة". عندمـا تُعْمَـرُ خلايـا الجلـد في إنزيـم التيلوميريـز، تسـتطيع أن تنقسـم إلى مـا لا نهايـة، لأبعـد بكثـير جـدًّا مـن "حـد هيفليـك". وقـد أجريـتُ ذات مـرة مقابلـة مـع دكتـور "مايـكل دي ويسـت" Michael D. West، مـن شركـة "چيـرون" Geron Corporation في ذلـك الوقـت، والـذي يُجـري تجـارِبَ عـلى

التيلوميريز، ويدَّعي أنه يستطيع أن "يُخَلِّد" خليَّةً جلدية في المعمل بحيث تعيش إلى ما لا نهاية. خلايا الجلد في معمله تستطيع أن تنقسم مئات المرَّات، وليس خمسين أو ستين مرَّةً فقط.

ولكن يجب الإشارة إلى أنه يجب التعامل مع التيلوميريز بحذر شديد؛ لأن خلايا السرطان أيضًا خالدة، وهي تستخدم إنزيم التيلوميريز لتحافظ على هذا الخلود. والواقع أن أحد الأشياء التي تُفرِّق بين خلايا السرطان والخلايا العادية هو أنها تعيش إلى الأبد وتتكاثر بلا حدود، حيث تخلق في النهاية الأورام التي يمكن أن تقتل الإنسان. وهكذا، فإن السرطان يمكن أن يكون مُنتَجًا ثانويًّا لاستخدام التيلوميريز.

عِلْمُ وراثَةِ الشَّيخوخَةِ

هناك إمكانيَّةٌ أخرى لقهر الشيخوخة من خلال التدخُّل في الجينات.

حقيقة أن الشيخوخة تتأثر بقوة بجيناتنا واضحة بالفعل. فالفراشات، بعد خروجها من شرانقها، تعيش أيَّامًا قليلة فقط أو أسابيع. والفئران التي تُختَبَرُ في المعامل تعيش عادَةً عامَيْن فقط أو نحو ذلك. والكلاب تشيخ أسرع من الإنسان سَبْعَ مرَّات، وتعيش أكثر قليلًا من عشر سنوات.

بالنظر في المملكة الحيوانية، نجد أيضًا حيوانات تعيش طويلًا لدرجة يَصعُب معها قياس أعمارها. في 2016، في مجلة "ساينس"، نشر الباحثون أن "قِرش جرينلاند" يعيش 272 سنة في المتوسط، متفوِّقًا على "الحوت القطبي" الذي يعيش 200 عام؛ ما يجعله أطول الفقاريات عمرًا. وقد حسبوا عمر هذه القروش بتحليل طبقات أنسجة أعينها، التي تنمو مع الزمن، طبقة فوق طبقة، مثل بصلة. بل إنهم وجدوا قِرشًا عمره 392 سنة، وآخر ربَّما يكون عمره 512 سنة.

إذًا، الأنواع المختلفة ذات التركيب الجيني المختلف تتنوَّع بشكل كبير في أطوال أعمارها، ولكن حتى بين بَنِي البشر، مع جيناتنا المتطابقة تقريبًا، بيَّنَت الدراساتُ باستمرار أن التوائم والأقارب اللصقين يعيشون أعمارًا متقاربة، بينما الناس المختارون بطريقة عشوائية يتنوَّعون في أعمارهم بدرجة كبيرة جدًّا.

معنى ذلك أنه إذا كانت الجينات تتحكَّم في الشيخوخة جزئيًّا على الأقل، يكون المفتاح هو عزل الجينات التي تتحكَّم فيها. وهناك سبل عديدة لتلك المقاربة.

من الطرق الواعدة: تحليلُ جينات صغار في السن ثم مقارنتها بجينات كبار السن. بمقارنة المجموعتين باستخدام الكمبيوتر، يمكن عَزلُهُما بسرعة، حيث يحدث معظم التلف الجيني الناتج الشيخوخة.

على سبيل المثال، تحدث "شيخوخة" السيَّارة في المحرِّك أساسًا، حيث يحدث أكبر قدر من الأكسدة والإهلاك. و"محرِّكات" الخلية هي "الميتوكوندريا" Mitochondria حيث تتأكسد السكريات لاستخلاص الطاقة. والتحليل الدقيق للحمض النووي داخل الميتوكوندريا يشير إلى عيوب تتركَّز فيها بالفعل. والأمل هو أن يتمكَّن العلماء يومًا ما من استخدام آليات التصحيح الذاتي في الخلية لعكس تراكم الأخطاء في الميتوكوندريا، وبالتالي إطالة عمر الخلايا.

"توماس بيرلز" Thomas Perls من جامعة بوسطن حلَّل جينات أشخاصٍ عاشوا حتى سن المائة أو تجاوزوه، بافتراض أن بعض الناس مهيَّؤون جينيًّا للعيش حياةً أطولَ، وحدَّد 281 علامة في الجينات يبدو أنها تبطئ عملية الشيخوخة وتجعل هؤلاء المعمرين بشكلٍ ما أقل عرضة للمرض.

الكشف يجري ببطء عن عملية الشيخوخة، وكثير من العلماء متفائلون بحذر بأنه يمكن التحكُّم فيها في وقت ما خلال العقود القادمة. وأبحاثهم تبيِّن أن الشيخوخة -كما يبدو- ليست إلَّا تراكُمًا للعيوب في حمضنا النووي وخلايانا، وربما نستطيع يومًا ما إيقاف أو حتى عكس هذا التلف. (الواقع أن بعض أساتذة هارفارد متفائلون جدًّا بشأن أبحاثهم، لدرجة أنهم أسَّسوا شركاتٍ على أمل الاستفادة من تطبيق أبحاث تأخير الشيخوخة في معاملهم).

إذًا، حقيقة أن جيناتنا تلعب دورًا مُهمًّا في طول أعمارنا لا تقبل الجدال.

والمشكلة تكمن في تحديد أيِّ الجينات لها دور في هذه العملية، بمعزل عن الآثار البيئية، وتعديل تلك الجينات.

نَظريّاتٌ مُتعارِضَةٌ في الشَّيخوخَةِ

إحدى أقدم الأساطير التي تدور حول الشيخوخة هي أنك تستطيع أن تحظى بالشباب الدائم عن طريق شرب الدم أو مَصِّ روح شَخصٍ صغير السِّنِّ، كما لو أن الشباب يمكن أن ينتقل من شخص إلى آخر، كما في أسطورة الخُفَّاش. والنَّدَّاهة مخلوقة أسطورية جميلة، تبقى شابَّةً إلى الأبد لأنها عندما تُقبِّلُكَ تَمصُّ شبابَكَ من جسمك.

الدراسات الحديثة تقول إنه ربما يكون هناك ظِلٌّ من الحقيقة في هذه الفكرة. في 1956، "كلايف إم ماكَّاي" Clive M. McCay من جامعة كورنيل أوصل الأوعية الدموية لفأرَيْن معًا، أحدهما عجوز متهالِكٌ، والآخر صغير السن، مُفعَمٌ بالحيوية. وقد دُهِشَ عندما وجد أن الفأر العجوز بدأ يبدو أصغر سِنًّا، بينما حدث العكس للفأر الشاب.

بعد عقود، في 2014، أعادت "آمي ويجر" Amy Wagers من جامعة هارفارد إجراءَ تلك التجربة. واندهشت كثيرًا عندما وجدت أثر إعادة الشباب نفسه بين الفئران. وعندئذ عزلت بروتينًا يُسمَّى GDF11، يبدو أنه يكمن وراء هذه العملية. وكانت هذه النتائج مرموقةً لدرجة أن مجلة "ساينس" Science اختارتها ضمن أهم عشر إنجازات علمية في ذلك العام. ولكن في السنوات التي تَلَت هذا الادِّعاءَ المدهش، حاولت مجموعات أخرى أن تكرِّر هذه الدراسة، حيث توصَّلَت إلى نتائِجَ مختلطة. ولا يزال من غير الواضح ما إذا كان GDF11 سيصبح سلاحًا قيِّمًا في عملية محاربة الشيخوخة.

جدال آخر دار حول هرمون النُّموِّ الإنساني HGH، الذي أوجد هَوَسًا كبيرًا، ولكن تأثيره في منع الشيخوخة مبنيٌّ على دراسات قليلة جدًّا لا يمكن الاعتماد عليها. وفي 2017، اكتشفت دراسة موسَّعة أُجريَت على ثمانمائة مفردة عن طريق جامعة حيفا في إسرائيل دليلًا على تأثير عكسي، مؤدَّاه أن HGH قد ينقص في الواقع العُمرَ المتوقَّع للشخص. وفوق ذلك، تشير دراسة أخرى إلى أن تغيُّرًا في بنية الچينات ناتج عن نقص مستوى الهرمون المذكور قد يطيل من عمر الإنسان، ومن ثم فإن تأثير الهرمون قد يكون ذا نتائج عكسية.

هـذه الدراسـات تُعلِّمنـا درسًـا. في المـاضي، كانـت ادِّعـاءات كثـيرة حـول الشـيخوخة تتـلاشى في الغالـب عنـد تحليلهـا بعنايـة، ولكـن الباحثـين اليـوم يطالبـون بـأن تكـون كل النتائـج قابلـة للاختبـار، وقابلـة للتكـرار، وقابلـة للدحـض، وتلـك هـي السـمات المميـزة للعلـم الحقيقـي. "بيوچيرونتولوچـي" Biogerontology، العِلْـمُ الجديـد الـذي يسـعى لاكتشـاف سِرِّ عمليـة الشـيخوخة، يولَـدُ الآن. ومؤخَّـرًا، حـدث انفجـار في النشـاط في هـذا المجـال، ويجـري حاليًـا تحليـل كـثرة مـن الـچينـات والبروتينـات والعمليـات والكيماويـات، بمـا في ذلـك FOXO3، وDNA Methylation، وmTOR، و Insulin Growth Factor، وRas2، وAcarbose، و Metformin، وAlpha-estradiol، إلـخ... وكل منهـا أوجـد اهتمامًـا ضخـمًا بـين العلـماء، ولكـن النتائـج لا تـزال أوَّلِيَّـةً. وسـوف يُنبئنـا الزَّمـنُ أيًّـا مـن هـذه الطـرق يَعِـدُ بأفضـل النتائـج.

اليـوم، السـعي إلى ينبـوع الشـباب، الـذي كان يومًـا حِكـرًا عـلى المتصوِّفـة والمشـعوذين والدجالـين، يتصـدَّى لـه خـيرة علـماء العـالم. وعـلى الرغـم مـن أن أنـه لا يوجـد عـلاج للشـيخوخة بعـد، فـإن العلـماء يسـلكون طرقًـا عديـدة واعـدة في البحـث. وهـم بالفعـل يسـتطيعون أن يمـدُّوا في حيـاة حيوانـات معيَّنـة، ولكـن نقـل ذلـك إلى الإنسـان لا يـزال مَحـلَّ نظـر.

وعـلى الرغـم مـن أن سرعـة البحـث أصبحـت لا تُصـدَّق، فـما زال أمامنـا طريـق طويـل قبـل أن نكـون قادريـن عـلى حلِّ لغـز الشـيخوخة. وأخـيرًا، قـد تكتشـف طريقة لإبطـاء أو حتـى إيقـاف عمليـة الشـيخوخة عـن طريـق الجمـع بـين العديـد مـن هـذه الطـرق. وربمـا يقـوم الجيـل القـادم بالإنجـاز العلمـي المطلـوب. وكـما نَـوَّه "چيرالـد سوسـمان" Gerald Sussman ذات مـرة قائِـلًا: "لا أظـنُّ أن الوقـت قـد حـان ولكنـه قريـب. أخـشى -للأسـف- أن أكـون مـن آخـر جيـل يعـرف المـوت".

وجهَةُ نَظَرٍ أُخرى في الخُلودِ

ربمـا تكـون "أدالايـن"Adaline[1] أَسِـفَت عـلى نعمـة الخلـود، وربمـا لا تكـون وحيدةً في ذلـك، ولكـن الكثـير مـن النـاس لا يزالـون يريـدون أن يوقفـوا أثـر الشـيخوخة. إن زيـارة إلى صيدليـة الحـي تكشـف عـن صـفٍّ بعـد صَـفٍّ مـن أصنـاف الـدواء التـي لا

(1) أدالاين Adaline: راجع مطلع هذا الفصل- المترجم.

تتطلَّب وصفةً طبِّيَّةً، والتي يُدَّعى أنها تعكس عملية الشيخوخة. ومن المؤسف أنها جميعًا المُنتَجُ الثانوي للخيال المفرط لمحاولات مُسوِّقي "شارع ماديسون" Madison Avenue لبيع زيت الثعبان للسُّذَّج من العملاء. (وفقًا للكثير من المتخصِّصين في الأمراض الجلدية والتناسُلية، فإن المكوِّنَ الوحيد الفعَّال في هذه الأدوية "المضادَّة للشيخوخة" عبارة عن مُرطِّب).

ذات مرة، قدَّمتُ حلقة برنامج تليفزيوني خاصٍّ لهيئة الإذاعة البريطانية BBC، ذهبتُ فيها إلى سنترال بارك Central Park، وأجريت مُقابلاتٍ عشوائيَّةً مع بعض المارَّة. سألتهم قائِلًا: "لو أن بين يديَّ ينبوع الشباب، فهل تشرب منه؟"، وأدهشني أن كل مَن سألتهم قالوا: "لا". كثيرون قالوا: "إنه شيء عادي أن نشيخ ونموت. إنه السبيل الذي يجب أن يكون، والموت جزء من الحياة". ثم ذهبتُ إلى دار لرعاية المُسنِّين حيث كان كثيرٌ من النُّزَلاء يعانون من آلام ومتاعب الشيخوخة. كثيرٌ منهم كانوا يمرُّون ببداية أعراض ألزهايمر، وكانوا ينسون مَن هم وأين هم. وعندما سألتهم ما إذا كانوا يرغبون في الشرب من ينبوع الحياة قالوا جميعا في لهفةٍ: "نعم!".

الاكتِظاظُ السُّكَّانِيُّ

ماذا يحدث لو حَلَّلنا مُشكلةَ الشيخوخة؟ عندما يحدث هذا -إن حدث- فإن المسافة الشاسعة إلى النجوم قد لا تبدو على هذا القدر من التعجيز. إن الكائنات الخالدة قد تنظر إلى السفر بين النجوم بطريقة مختلفة تمامًا عمَّا نفعل نحن. فهم قد ينظرون إلى الوقت الطويل جدًّا المطلوب لبناء السفن النجمية وإرسالها إلى النجوم بوصفه مجرَّد عَقَبَةٍ صغيرة. وبالطريقة ذاتها التي نقضي بها شهورًا مترقِّبين عُطلةً طال انتظارها، قد تنظر الكائنات الخالدة إلى القرون اللازمة لزيارة النجوم بوصفها لا شيء أكثر من مضايقة.

ربما يجدر تنبيهي لأن نعمة الخلود قد يكون لها نتائج غير مقصودة، وهي أنها تخلق اكتظاظًا سُكَّانِيًّا كبيرًا على الأرض. وهذا قد يفرض ضغطًا كبيرًا على الموارد، والغذاء، والطاقة على الكوكب، مؤدِّيًا في النهاية إلى انقطاع الكهرباء،

وهجرات جماعية، ومشاحنات على الغذاء، وصراعات بين الدول. وهكذا، بدلًا من أن يبشِّر الخلودُ بعصر من السلام والوئام، قد يُطلِقُ مَوجَةً جديدة من الحروب العالمية.

إن كل هذا بدوره قد يساعد في الإسراع بالرحيل عن الأرض، مُقدِّمًا ملاذًا آمِنًا للرُّوَّاد المُتعَبين من كوكب مكتظٍّ بالسكان ومُلوَّث. وقد يكتشف الناس، مثل "أدالاين"، أن نعمة الخلود كانت في الواقع نِقمَة.

ولكن، إلى أيِّ حَدٍّ هو جَدِّيٌّ ذلك القَلَقُ من الاكتظاظ السكاني؟ وهل سوف يُهدِّد وجودنا في جوهره؟

على مدى معظم التاريخ، كان عدد سكان الأرض أَقلَّ من 300 مليون، ولكن بقدوم الثورة الصناعية، نَمَا تعداد سُكَّان العالم ببطء إلى 1.5 بليون نسمة في 1900. وهو الآن 7.5 بليون، وينمو بحوالي بليون كل اثني عشر عامًا تقريبًا. الأمم المتحدة تقدِّر أنه يمكن أن يُحلِّقَ إلى 11.2 بليونا بحلول 2100. وأخيرًا، قد نتجاوز قُدرَةَ الأرض على تحمُّلنا؛ ما يمكن أن يعني صراعًا عنيفًا على الغذاء وفوضى، كما تنبَّأ "توماس روبرت مالتُس" Thomas Robert Malthus سنة 1798.

والواقع، أن الاكتظاظ السكاني هو أحد الأسباب في دعوة بعض الناس للذهاب إلى النجوم. ولكن تَفَحُّص القضية عن قُربٍ يبيِّن أن نمو عدد سكان العالم -على الرغم من أنه لا يزال يزداد- آخِذٌ في التناقص، فالأمم المتحدة -على سبيل المثال- قامت بتخفيض تنبُّؤاتها مرات عديدة. والواقع أن كثير من علماء السكان يتنبَّؤون بأن عدد سكان العالم قد يَثبُتُ ويستقرُّ مع نهاية القرن الواحد والعشرين.

ولكي نفهم كل هذه التغيُّرات السكانية، لا بُدَّ أن نفهم وجهة النظر العالمية لفلَّاح. إن مُزارِعًا في دولة فقيرة يجري حساباتٍ بسيطةً: كل طفل يجعله أكثر ثراء؛ فالأطفال يعملون في الحقول وتنشئتهم تتكلَّف القليل جدًّا؛ فالسكن والطعام في مزرعة مجَّانيَّان تقريبًا. ولكن عندما تنتقل إلى المدينة، تنقلب الحسابات إلى طريقة أخرى. فكل طفل يجعلك أكثر فقرًا. طفلك يذهب إلى المدرسة، وليس إلى الحقول. وكل طفل يجب إطعامه من مَحلِّ البقالة، وهو شيء مُكلفٌ. وابنك يجب أن يسكن شقة؛ ما يكلِّف أموالًا. ومن ثم، بمجرد أن يصير الفلَّاح أكثَرَ

حَضريَّةً؛ يرغب في طفلين، لا في عشرة. وعندما يَلِجُ الفلَّاحُ إلى الطبقة المتوسِّطة؛ يرغب في التمتُّع بالحياة بعض الشيء، وربما يكتفي بطفلٍ واحد فقط.

وحتى في دول مثل بنجلاديش، التي ليس لديها الكثير من طبقة متوسِّطة حضرية، ينخفض معدل المواليد ببطء. وهذا يُعزَى إلى تعليم النساء. والدراسات حول كثير من الدول اكتشفت نمطًا مُميَّزًا: مُعدَّل المواليد ينخفض بشكل كبير حيث يحدث التصنيع والتحضُّر وتعليم البنات الصغار.

علماء سكَّان آخرون جادلوا بأنها قصة عالَمَيْن. فعلى أحد الجانِبَيْن نرى ارتفاعًا مستمرًّا في معدَّل المواليد في الدول الفقيرة ذات المستويات المنخفضة من التعليم والاقتصاد الضعيف. وعلى الجانب الآخر، نرى انخفاضًا في معدل المواليد، بل وانكماشًا في بعض الدول حيث تنمو فيها الصناعة وتصير أكثر رخاء. في كل الأحوال، فإن انفجارًا سُكَّانِيًّا عالَميًّا، على الرغم أنه لا يزال تهديدًا، ليس حتميًّا أو مُرعِبًا كما كان يُعتَقَد سابقًا.

بعض المحلِّلين قلقون من أننا سوف نتجاوز قريبًا عرضَ الغِذاءِ المُتاحِ لنا، ولكن آخرين يجادلون بأن مشكلة الغذاء تلك هي الواقع مشكلة طاقة. فمَن لديه طاقة كافية يستطيع أن يزيد إنتاجية وإنتاج المحاصيل لكي تساير الطلب.

في عدد من المناسبات، أُتيحَت لي فرصة إجراء مقابلات مع "ليستر براون" Lester Brown، أحد الرُّوَّاد المتخصِّصين في البيئة، ومؤسس معهد "مُراقَبَة العالم" Worldwatch Institute، الذي هو "مُستودَع فِكر"Think Tank[1] عالمي. إن مُنظَّمَته تُراقِبُ عن كثب عرضَ الطعام على مستوى العالم وحالة الكوكب. وهو قلق بشأن عامل آخر: هل لدينا ما يكفي من الغذاء لإطعام الناس في العالم حيث يصيرون مستهلِكين من الطبقة المتوسطة؟ إن مئات الملايين من الناس في الصين والهند الذين يدخلون الآن إلى الطبقة المتوسطة يشاهدون الأفلام الغربية ويريدون أن يحاكوا هذا النمط من الحياة، باستخدامه المبذِّر للموارد، والاستهلاك الكبير للحوم، والبيوت الكبيرة، والوَلَع بالسِّلَع الفاخرة، إلخ... وهو قلق من ألَّا يكون لدينا موارد كافية لإطعام السُّكَّان ككل، وبالتأكيد سوف نواجه صعوبة إطعام هؤلاء الذين يرغبون في اتِّباع نظام غذائي غربي.

(1) "مستودع فكر" الترجمة العربية التي اعتمدناها لتعبير Think Tank- المترجم.

وهو يأمل في أن الدول الفقيرة حيث تحقِّق التصنيع، لن تتبع الطريق التاريخي للغرب، وستتبنَّى -بدلًا من ذلك- قوانينَ بيئيَّةً صارمة للمحافظة على الموارد. وسوف يُنبئنا الزمن ما إذا كانت أُمَمُ العالم تستطيع أن تواجه هذا التحدِّي.

نحن -إذًا- نرى أن التطوُّرات في إبطاء أو إيقاف عملية الشيخوخة يمكن أن يكون لها تأثير على السفر إلى الفضاء، فهي قد تنتج كائنات لا ترى المسافة الشاسعة إلى النجوم بوصفها عقبة، فقد تضطلع هذه الكائنات بتحديات تأخذ سنوات طويلة، مثل بناء سفن نجمية والسفر بواسطتها في رحلات قد تستغرق قرونًا.

زِدْ على ذلك، أن محاولات التأثير في عملية الشيخوخة قد تفاقم الاكتظاظ السكاني على الأرض، الذي بدوره قد يسرع في الخروج من الأرض، فمستعمرو النجوم قد يُدفَعون لمغادرة الأرض لو أصبح الاكتظاظ السكاني غير مُحتَمَل.

ومع ذلك، لا يزال من المبكِّر أن نعرف أيًّا من هذه الاتجاهات سوف يفرض نفسه على القرن القادم. ولكن، بالنظر للمعدَّل الذي نكشف به الآن أسرار عملية الشيخوخة، قد تأتي هذه التطوُّرات أسرعَ من المُتوقَّع.

الخُلودُ الرَّقَميُّ

بالإضافة إلى الخلود البيولوجي، هناك شكلٌ ثانٍ، يُسمَّى الخلود الرقمي، الذي يطرح بعض الأسئلة الفلسفية المثيرة.

على المدى الطويل، قد يكون الخلود الرقمي الوسيلةَ الأكثر كفاءة لاستكشاف النجوم. فلو أن أجسامنا البيولوجيَّة الهَشَّة لم تستطع تَحمُّلَ مَشقَّة السفر بين النجوم، فهناك إمكانية إرسال وَعْيِنا إلى النجوم بدلًا من أجسامنا.

عندما نحاول أن نعيد رسم أنسابنا، غالِبًا نواجه مشكلة، فبعد ثلاثة أجيال، نفقد الأثر؛ فالأغلبية العظمى من أسلافنا عاشوا وماتوا دون أن يتركوا أي دليل على وجودهم غير ذُرِّيَّتهم.

ولكننا اليوم نترك آثارًا رقميَّةً ضخمة. فعلى سبيل المثال، بمجرد تحليل معاملات بطاقتك الائتمانية؛ يمكن التعرُّف على الدول التي زُرتَها، والطعام الذي تُفضِّل أن تأكُلَه، والملابس التي ترتديها، والمدارس التي التحقتَ بها. زِدْ على ذلك، كتاباتك على مدوَّنَتِك، ويوميَّاتك، ورسائل بريدك الإلكتروني، وفيديوهاتك، وصورك، إلخ... مع كل هذه المعلومات، يمكن رسم صورة ثلاثية الأبعاد تتحدث وتتصرَّف مثلك تمامًا، بكل سلوكياتك وذكرياتك. مكتبة سُر مَن قرأ

ويومًا ما، قد يكون لدينا مكتبة للأرواح. وبدلًا من قراءة كتاب لـ "وِنستون تشرشل" Winston Churchill، قد يمكننا أن نجري مُحادَثَةً معه. سوف نتحدَّث إلى صورة حيَّةٍ من تعبيرات وجهه، وحركات جسمه، وذبذبات صوته. هذا السجل الرقمي سوف يُمكنه الوصول إلى بيانات سيرته الذاتية، وكتاباته، وآرائه في الشؤون السياسية والدينية والشخصية. بكل الطرق، سيبدو الأمر كأنك تتحدث إلى الشخص نفسه. أنا شخصيًّا سوف أستمتع بالحديث مع "ألبرت أينشتين" Albert Einstein لكي أناقش معه نظرية النسبية. ويومًا ما، قد يستطيع أحفاد أحفاد أحفادك أن يجروا محادثة معك. هذا أحد أشكال الخلود الرقمي.

ولكن هل هذا "أنت" حقيقةً؟ إنه آلة أو محاكاة لك مُزوَّدَة بسلوكياتك وسيرتك الذاتية. ولكن البعض قد يجادلون بأن الروح لا يمكن النزول بها إلى مجرد معلومات.

ولكن ماذا يحدث عندما نكون قادرين على إعادة إنتاج مُخِّكَ؟ خلية عصبية بعد خلية، حيث تكون كل ذكرياتك ومشاعرك مُسجَّلَة؟ إن المستوى التالي من الخلود الرقمي الذي يلي "مكتبة الأرواح" Library of Souls هو مشروع "هيومان كونيكتوم" أو مشروع "رسم خريطة كاملة لِمُخِّ الإنسان" Human Connectome Project، وهو جهد طَموحٌ لرَقْمَنَةِ مُخِّ الإنسان بالكامل.

"دانييل هيليس" Daniel Hillis، أحد مؤسِّسي الآلات المفكرة، قال ذات مرة: "أنا مُغرَمٌ بجسدي كأيِّ شخص، ولكن كان لي أن أعيش مائتي سنة بجسم من السيليكون، فسوف أقبل".

طريقتان لِرَقْمَنَةِ المُخّ

هناك في الواقع منهجان منفصلان لرَقْمَنَة Digitilization المخِّ البشري. الأول هو "مشروع المُخِّ البشري" Human Brain Project، حيث يحاول السويسريون أن يبتدعوا برنامج كمبيوتر يستطيع أن يحاكي كل ملامح مخ الإنسان باستخدام ترانزستورات، بدلًا من الخلايا العصبية. وحتى الآن توصَّلوا إلى القدرة على محاكاة عملية التفكير في مُخَّيْ فأرٍ وأرنب لعدَّة دقائق. وغاية المشروع هي ابتداع كمبيوتر يستطيع أن يتحدَّث بشكل روتينيٍّ مثل إنسان عادي. مدير المشروع، "هنري ماركرام" Henry Markram، يقول: "لو استطعنا بناءه بشكل صحيح، فسوف يتحدَّث ويتمتَّع بذكاء ويتصرَّف كما يتصرف الإنسان إلى حدٍّ كبير جدًّا".

هذا إذًا مشروعٌ إلكتروني؛ فهو يحاول أن ينسخ ذكاء المُخِّ بواسطة مجموعة كبيرة جدًّا من الترانزستورات باستخدام قوة حاسوبية ضخمة. ولكن هناك منهج موازٍ تجري متابعته في الولايات المتحدة، وهو منهج بيولوجي يحاول أن يرسم خريطة للوصلات العصبية للمخ.

هذا المنهج يُسمَّى مبادرة BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies)، دراسة المخ من خلال تكنولوجيات عصبية مبتكرة متقدِّمة وغاية هذا المنهج هي الكشف عن البنية العصبية للمخِّ نفسه، خليَّةً بعد خَليَّةٍ، ثم أخيرًا رسم خريطة لوصلات كل خلية عصبية في المخ. ولمَّا كان المخ البشري يحتوي على حوالي مائة بليون خلية عصبية، كل منها متصل بحوالي عشرة آلاف خلية عصبية أخرى، يبدو في البداية أنه لا أمل في رسم خارطة طريق لكل خلية عصبية. (حتى المهمة البسيطة نسبيًّا لرسم مخ بعوضة تنطوي على إنتاج بيانات يمكن أن تشغل تمامًا غرفة مملوءة بالأقراص المدمجة من القمة إلى القاع). ولكن الحواسب والروبوتات قلَّلت بشكل جذريٍّ الوقتَ والجهد اللازمين لإتمام هذه المهمة المضجرة التي تحتاج إلى قوة وعزم.

هناك منهج آخر هو تقسيم المعلومات إلى أجزاء أصغر من أجل تحليلها عن قرب بطرق مختلفة "Slice and Dice Approach"، وهو يقوم على تشريح المخ إلى آلاف من الشرائح ثم استخدام ميكروسكوبات لإعادة بناء الوصلات بين كل الخلايا العصبية. وهناك منهج أسرع بكثير اقترحه مؤخَّرًا علماء في جامعة ستانفورد

تَبوَّؤوا ريادةَ تِقْنِيَةٍ تسمَّى "أوبتوچينيتكس" Optogenetics. وهذا الأسلوب يقوم أوَّلًا على عزل بروتين يسمَّى "أوبسين"Opsin ، مرتبط بالقدرة على الإبصار. عندما تصوِّب ضوءًا إلى هذا الچين داخل خلية عصبية؛ يتسبَّب في اشتعال الخلية.

باستخدام الهندسة الوراثية، نستطيع أن نزرع چين أوبسين في الخلايا العصبية التي نريد أن ندرسها. وبتصويب ضوء على جزء من مخ فأر؛ يستطيع الباحث أن يشعل الخلايا العصبية المرتبطة بنشاط عضلة معيَّنة، ويبدأ الفأر في إظهار نشاط محدَّد، مثل الدوران جريًا. بهذه الطريقة نستطيع أن نرى الوصلات العصبية المحدَّدة المتحكِّمة في أشكال معيَّنة من السلوكيات.

على سبيل المثال، هذا المشروع الطموح يستطيع أن يكشف عن سر الأمراض العقلية، التي تعتبر واحدةً من أكثر أمراض الإنسان إنهاكًا. برسم خريطة للمخ البشري، قد نكون قادرين على عزل أصل هذه الآفة. (على سبيل المثال، كلُّنا نتحدث إلى أنفسنا في صمت. عندما نفعل ذلك، المخ الأيسر، الذي يتحكَّم في اللغة، يستشير قشرةَ الفَصِّ الجبهي. ولكن، في مرضى الفصام Schizophrenics، نحن نعرف الآن أن المخ الأيسر ينشط من دون تصريح من قشرة الفصِّ الجبهي، التي هي الجزء الواعي في المخ. وحيث أن المخ الأيسر لا يتحدَّث مع قشرة الفصِّ الجبهي؛ فإن المصاب بالفصام يعتقد أن الأصوات التي في دماغه حقيقية).

وحتى مع هذه التقنيات الثورية الجديدة، لا يزال الأمر قد يستغرق عدة عقود أخرى من العمل الشاق قبل أن يكون لدى العلماء خريطة تفصيلية للمخ البشري. ولكن عندما ينجز ذلك أخيرًا، ربما في أواخر القرن الواحد والعشرين، سيكون معنى ذلك أننا نستطيع أن نُحَمِّل الوعي على كمبيوتر ونرسله إلى النجوم؟

هل الرُّوحُ مُجرَّدُ مَعلوماتٍ؟

هل إذا متنا وظلَّت خريطة الوصلات العصبية لمُخِّنا حيَّةً نكون أحياء بمعنى ما؟ لو كان من الممكن رقمنة عقلنا، فهل الروح إذًا مجرد معلومات؟ إذا استطعنا أن نضع الدوائر العصبية والذكريات التي في المخ في قرص ثم حمَّلناها

على كمبيوتر عملاق، فهل يعمل ويتصرَّف المخ المُحمَّل مثل المُخِّ الحقيقي؟ هل سيمكن تمييزه عن الشيء الحقيقي؟

بعض الناس يرون هذه الفكرة مُقزِّزة؛ لأنك إذا حمَّلتَ عَقلَكَ على كمبيوتر فسوف تبقى إلى الأبد محصورًا داخل آلة عقيمة. والبعض يعتقدون أنه مصير أسوأ من الموت. هناك حلقة من مسلسل Star Trick تصف حضارة فائقة التقدم حيث كان الوعي الصِّرف لكائن فضائي مُحتَفَظًا به داخل مجال متوهِّج. قبل دهور، تخلَّت الكائنات عن أجسامها المادية وعاشت داخل هذه المجالات منذ ذلك الحين. أصبحت الكائنات خالدةً، ولكنَّ أحدها تاقَ لأن يستعيد جسده؛ لكي يكون قادرًا على الإحساس بشغف ومشاعر حقيقية، حتى لو كان ذلك يعني أخذ جسم شخص آخر قسرًا.

على الرغم من أن العيش داخل كمبيوتر يبدو للبعض غير جذَّاب، فليس هناك سبب يجعلك لا تستطيع أن تملك كل إحساس الإنسان الحي. وعلى الرغم من أن خريطة الوصلات العصبية لمخك سوف تقيم داخل كمبيوتر مركزي، فهي يمكن أن تتحكَّم في روبوت يبدو مطابقًا لك. إنك تشعر بكل شيء يمر به الروبوت؛ ولذلك، بالنسبة لكل النوايا والأغراض، يكون لديك الإحساس بأنك تعيش داخل جسد حقيقي، بل وربما جسد يتمتَّع بقوى خارقة. كل شيء يراه الروبوت ويشعر به يُمرَّر إلى كمبيوتر مركزيٍّ ويُدْخَل إلى وعيك. ومن ثَمَّ، فإن صورتك التي يُجسِّدها الروبوت بواسطة الكمبيوتر المركزي لا يمكن تمييزها عن كينونتك الفعلية "داخل" الصورة.

بهذه الطريقة، يمكنك أن تستكشف الكواكب البعيدة. صورتك الروبوتية الخارقة سوف تكون قادرة على الصمود في درجات الحرارة الفائقة على الكواكب التي تحرقها حرارة شمس أو درجات التجمُّد على الأقمار الجليدية البعيدة. ويمكن إرسال سفينة نجمية تحمل كمبيوتر مركزيًّا يحتوي على خريطة الوصلات العصبية لمخك إلى نظام شمسي جديد. وحيث تصل السفينة النجمية إلى كوكب مناسب، فإن شخصيتك الروبوتية يمكن أن تهبط لاستكشافه، حتى لو كان لهذا الكوكب غلاف جوي سام.

بـل إن هنـاك شـكلًا أكـثر تطـوُّرًا لتحميـل عقلـك عـلى كمبيوتـر تَصـوَّره عـالم الكمبيوتـر "هانـز موراڤيـك" Hans Moravec. عندمـا التقيتُـه، ادَّعـى أن أسـلوبه في تحميـل عقـل الإنسـان يمكـن حتـى أن يتـم بـدون فقـد الوعـي.

أوَّلًا، سـوف توضـع عـلى نقَّالـة مجـاورة لروبـوت في مستشـفى. ثـم يقـوم جـراح بأخـذ خلايـا عصبيـة منفـردة مـن مخِّـكَ وعمـل نسـخة طبـق الأصـل مـن هـذه الخلايـا (مصنوعـة مـن الترانزسـتورات) داخـل الروبـوت. وسـوف يكـون هنـاك سـلك يربـط هـذه الخلايـا الترانزسـتورية بمخِّـكَ. ومـع مـرور الوقـت، المزيـد والمزيـد مـن الخلايـا العصبيـة يُـزال مـن مُخِّـكَ، ويُنسَـخ داخـل الروبـوت. ولأن مخَّـك مُتَّصـل بمـخِّ الروبـوت؛ فأنـت تكـون واعيًـا تمامًـا، حتـى مـع إحـلال المزيـد والمزيـد مـن الترازسـتورات محـلَّ الخلايـا العصبيـة. وبمجـرد أن يكتمـل نسـخ المائـة بليـون خليـة عصبيـة، يتـمُّ أخـيرًا قَطْـعُ الاتصـال بينـك وبـين المـخ الاصطناعـي. وعنـد النظـر مـرة أخـرى إلى النقالـة، سـيكون هنـاك جسـمك القديـم، مفتقـرًا لمخِّـه، بينـما يوجـد وعيـك الآن داخـل روبوت.

ولكـن السـؤال يبقـى قائمًـا: هـل هـذا حقًّـا هـو "أنـت"؟ بالنسـبة لمعظـم العلـماء، لـو كان روبـوت يسـتطيع أن ينسـخ كل سـلوكك بـكل لَفْتَـةٍ، بـكل ذكرياتـك وعاداتـك دون نقصـان، ولا يمكـن تمييـزه عـن الشـخص الأصـلي بـأي طريقـة؛ سـيقولون إن هـذا إذًا هـو "أنـت" بـكل نواياك وأهدافـك.

كـما رأينـا، المسـافات بـين النجـوم شاسِـعَةٌ لدرجـة أنهـا ستسـتغرق أعـمارًا للوصـول حتـى إلى أقـرب النجـوم إلينـا في المجـرَّة. وعليـه، فـإن الرحـلات متعـدِّدة الأجيـال، وإطالـة العمـر، والسـعي إلى الخلـود، سـوف تلعـب جميعها دورًا أساسـيًّا في استكشـاف كوننـا.

فيـما وراء السـؤال عـن الخلـود، يوجـد سـؤال أكـبر: إلى أي حـدٍّ يمكـن أن نُمـدِّدَ ليـس فقـط أعمارنـا، ولكـن أيضًـا أعـمار أجسـامنا البشريـة؟ حتـى مـع وجـود إمكانـات أكـثر لتغيـير ميراثنـا الـچيني. بالنظـر إلى التطـوُّرات السريعـة في الربـط بـين المـخ والكمبيوتـر (BCI) Brain-Computer Interface وفي الهندسـة الوراثيـة، قـد يكـون مـن الممكـن أن نبتـدع أجسـامًا مُحسَّـنَةً بمهـارات وإمكانـات جديـدة. ويومًـا مـا، سـوف نَلِـجُ إلى عـصر "مـا بعـد الإنسـان"، وقـد تكـون هـذه هـي الطريقـة الأمثـل لاستكشـاف الكـون.

"[الكائناتُ الفضائيَّةُ قد يكونُ لَديها] قُدراتٌ على تَحريكِ الأَشياءِ عَنْ بُعْدٍ، وتَمْتَلِكُ حاسَّةً سادِسَةً وخُلودًا... قَد يَكونُ لَدَيها قُوًى تَبْدو سِحريَّةً... وسَوفَ تَكونُ كائناتٍ مُتَقدِّمَةً رُوحِيًّا. رُبَّما تَكونُ قَد حَلَّت مُعْضِلَةَ الكَمِّ، وسَتكونُ قادِرَةً على السَّيْرِ عَبْرَ الجُدرانِ. حَسَنًا، إنَّهم يَبدونَ نَوعًا شَبيهًا بالمَلائِكَةِ".

"داڤيد جرينسبون" David Grinspoon

الفصل الحادي عشر

ما فِوقِ الإنْسانِيَّةِ والتِّكنولوچيا

في فيلم "الرجل الحديدي" Iron Man، يرتدي رجل الصناعة المتأنِّق "توني ستارك" Tony Stark بَذلَةً مُحَوْسَبَةً مُزوَّدة بصواريخ وطلقات رصاص وقذائف لهب ومتفجِّرات. هذه البذلة تحوِّل إنسانًا ضعيفًا -بسرعةٍ- إلى بطل خارق القوى. ولكن السحر الحقيقي يقع داخل هذه البذلة، المُدجَّجة بأحدث تكنولوچيا الكمبيوتر، التي يتم فيها جميعها باتصال مباشر مع مخ "توني ستارك". وبمجرد التفكير، يستطيع أن ينطلق في السماء أو يطلق منظومة أسلحته التي تفوق الوصف.

وبقدر ما قد يكون "الرجل الحديديُّ" خياليًّا، يمكن الآن بناء نسخة من هذا الجهاز.

وهذا ليس مجرد تمرين أكاديمي، حيث إننا قد نضطر يومًا ما لتعديل وتحسين أجسامنا باستخدام السيبرانية cybernetics أو حتى لتغيير تكويننا الچيني من أجل أن نستطيع الحياة في بيئات غير ودودَةٍ على كواكب خارجية. ما فوق الإنسانية، بدلًا من أن تكون فرعًا من الخيال العلمي أو حركة هامشية، قد تصير جزءًا أساسيًّا من إمكانية وجودنا.

وفوق ذلك، حيث تتزايد قوة الروبوتات، وحتى تفوقنا في الذكاء، قد نضطر إلى الاندماج فيها، وإلا ستحلُّ محلَّنا مخلوقاتنا.

دعنا نستكشف هذه الإمكانات المتعدِّدة، خاصة عندما تتعلَّق باستكشاف واستعمار الكون.

القُوَّةُ الخارِقَةُ

شَعَرَ العالَمُ بالصَّدمة سنة 1955 عندما أصيب "كريستوفر ريف" Christopher Reeve، الممثِّل البارع الذي لعب دور سوبرمان في أفلام السينما- بالشَّلل نتيجةً لحادث. الذي حلَّق في الفضاء على الشاشة، أصبح عاجِزًا بشكل دائم على كرسيٍّ متحرِّكٍ، وأصبح قادِرًا فقط على التَّنفُّس بمساعدة جهاز تنفُّس صناعي. كان حلمه استخدامَ التكنولوجيا الحديثة لاستعادة التحكُّم في أطرافه. وقد مات سنة 2004، قبل عشر سنوات فقط من تحقيق ذلك الأمر.

في كأس العالم سنة 2014 في ساوباولو بالبرازيل، قام رجلٌ بركل كرة قدم ليبدأ الدورة، الحَدَثَ الذي شهده بليون إنسان. هذا في حدِّ ذاته لم يَكُن شيئًا غيرَ عاديٍّ. الشيء غير العادي هو أن هذا الرجل كان مشلولًا. البروفيسور "ميجويل نيكوليليس" Miguel Nicolelis من جامعة "ديوك" أدخل رقاقةً إلى مُخِّ الرجل. الرقاقة كانت مُتَّصِلَةً بكمبيوتر محمول قام بالتحكُّم في هيكل اصطناعي خارجي. بتفكير بسيط، كان هذا الشخص المشلول قادِرًا على السير وركل الكرة.

عندما أجريتُ مقابلة مع دكتور "نيكوليليس"، قال إنه عندما كان طفلًا افْتُتِنَ برحلة "أبوللُّو" إلى القمر. وكان هدفه أن يصنع حدثًا يضاهي الهبوط على القمر. وتمكين هذا الرجل من ركل الكرة في كأس العالم كان حلمًا تحوَّل إلى حقيقة. لقد كانت بمثابة رحلته القمرية.

أجريتُ ذات مرة مقابلة مع "چون دونوغو" John Donoghue من جامعة براون، وهو أحد الرواد في هذا المجال. قال لي إن الأمر يحتاج إلى تدريب بسيط، مثله مثل قيادة الدراجة، ولكنَّ مَرضاه يكونون قادرين في الحال على التحكم في الهيكل الخارجي والقيام بمهام بسيطة (مثل الإمساك بكوب من الماء، وتشغيل

الأجهزة المنزلية، والتحكم في المقعد المتحرك، والبحث على شبكة الإنترنت). وهذا ممكن لأن الكمبيوتر قادر على التعرف على توجُّهات معيَّنة للمخ مرتبطة بحركات محدَّدة للجسم. ثم يستطيع الكمبيوتر أن ينشط الهيكل الخارجي بحيث تتحول هذه النبضات الكهربائية إلى أفعال. إحدى مريضاته المشلولات كانت مبتهجةً لأنها استطاعت أن تمسك بكوبٍ من الصودا وأن تشرب منه، وهو الشيء الذي كان سابقًا يفوق قدرتها.

والعمل الذي أُنجِزَ في جامعات "ديوك" و"براون" و"چون هوبكينز"، وجامعات أخرى- منح هِبَةَ الحركة لأناس تخلَّوا طويلًا عن الأمل في أن يتحرَّكوا ثانيًا على الإطلاق. والجيش الأمريكي خصَّص 150 مليون دولار لبرنامج يُسمَّى "الأطراف الاصطناعية الثورية" Revolutionary Prosthetics؛ لرعاية هذه الأجهزة لمصلحة المحاربين السابقين في العراق وأفغانستان، الذين يعاني الكثير منهم من إصابات في الحبل الشوكي. وأخيرًا، ألوف من الناس الحبيسين في المقاعد المتحرِّكة والأَسِرَّة -سواءً نتيجة للحروب أو حوادث السيارات أو المرض أو الإصابات الرياضية- قد يكونون قادرين على العودة لاستخدام أطرافهم من جديد.

إلى جانب الهياكل الخارجية، هناك إمكانية أخرى لتقوية الجسم البشري بيولوچيًّا لكي يعيش على كوكب ذي جاذبية أقوى. وهذه الإمكانية ازدادت عندما اكتشف العلماء چينًا يجعل العضلات تتمدَّد. وقد وُجِدَ أوَّلًا في الفئران، عندما تسبَّب تَحوُّلٌ چينيٌّ في تضخُّم عضلات الفئران. وقد أطلق الإعلام على ذلك اسم "چين الفأر الجبار". ولاحِقًا تمَّ اكتشاف الشكل البشري من هذا الچين، وأُطلِقَ عليه "چين سكوارزنجر" Schwarzenegger gene.

العلماء الذين عَزلوا هذا الچين توقَّعوا مكالمات تليفونية من أطباء يرغبون في مساعدة مرضاهم الذين يعانون من أمراض تَحلُّل العضلات. ولكنهم اندهشوا عندما كان نصف المكالمات التي أتتهم كانت من مُمارسي رياضة كمال الأجسام الذين يرغبون في تكبير عضلاتهم. ولم يهتم معظمهم بأن هذا البحث كان تجريبيًّا ولم تُعرَف آثاره الجانبية. وهذا يسبِّب بالفعل صداعًا في المجال الرياضي؛ لأن الكشف عنه أصعب كثيرًا من الأشكال الأخرى من المُحسِّنات الكيماوية.

إن امتلاك القدرة على التحكم في كتلة عضلات المرء يمكن أن تثبت أهميتها لو أننا استكشفنا كواكب ذات مجال مغناطيسي أقوى من مجال الأرض. حتى

الآن، اكتشف علماء الفلك عددًا كبيرًا من الأراضين الضخمة (كواكب صخرية تقع في المنطقة التي يمكن العيش فيها، بل وقد يكون بها محيطات). وهي تبدو كواكب مرشَّحة محتملة لاستيطان الإنسان، إلا إذا كان مجالها المغناطيسي أقوى من مجال الأرض بـ 50%. وهذا يعني أنه قد يكون من الضروري أن ننمِّي عضلاتنا وعظامنا لكي نستطيع أن نحيا عليها.

تَحسينُ أَنْفُسِنا

بالإضافة إلى تحسين عضلاتنا، بدأ العلماء في استخدام هذه التكنولوجيا في جعل حواسنا أكثر حدَّةً. فالأشخاص الذين يعانون من أنواع معينة من الصَّمَم لديهم الآن خيار زراعة قواقع الأذن. وهذه الأجهزة جديرة بالاهتمام؛ فهي قادرة على تحويل الموجات الصوتية الآتية إلى الأذن إلى إشارات كهربائية يمكن إرسالها إلى العصب السمعي ثم إلى المخ. وقد اختار حوالي مليون شخص بالفعل أن يستعملوا هذه الأدوات المزروعة.

وبالنسبة لبعض المكفوفين، يمكن أن تعيد شبكية اصطناعية قَدْرًا مَحدودًا من الإبصار. وهذا الجهاز يمكن تركيبه في كاميرا خارجية أو وضعه على الشبكية مباشرة. هذا الجهاز يُترجِمُ الصور المرئية إلى نبضات كهربائية يستطيع المخُّ عندئذ أن يعيد ترجمتها إلى صور مرئية.

على سبيل المثال، "أرجوس 2" Argus II، يتكوَّن من كاميرا فيديو دقيقةٍ تُركَّب في نظَّارات المرء. ثم تُرسَلُ الصُّور إلى شبكية اصطناعية تحيل الإشارات إلى العصب البصري. وهذا الجهاز يستطيع أن يخلق صورًا تَصِلُ إلى 60 بيكسيل، وهناك نسخة جديدة تختبر الآن ذات وضوح 240 بيكسيل. (بينما عين الإنسان تستطيع أن تميِّز ما يعادل حوالي مليون بيكسيل، والشخص يحتاج إلى 600 بيكسيل على الأقل لكي يحدِّد الوجوه والأشياء المألوفة). وهناك شركة ألمانية تجرِّب الآن شبكيَّةً صناعيَّةً أخرى ذات 1,500 بيكسيل يمكن لو نجحت أن تسمح لشخص ضعيف الإبصار أن يرى بشكل طبيعي تقريبًا.

الأشخاص المكفوفون الذين جرَّبوا هذه الشبكيات الاصطناعية ذُهِلوا من أنهم يستطيعون أن يَرَوا ألوان وحدودَ الأشياء. وهي مسألة وقت فقط حتى يكون

لدينا شبكيات اصطناعية تنافس القدرة الطبيعية على الإبصار. والأكثر من ذلك، أنه قد يكون من الممكن للشبكيات الاصطناعية أن ترى "ألوانًا" للأشياء غير مرئية للعين الإنسانية. وعلى سبيل المثال، كثيرًا ما تحدث حرائق في المطابخ لأن وعاءً معدنيًّا ساخنًا يبدو مطابِقًا لآخر بارد؛ وهذا لأن أعيننا غير قادرة على رؤية أشعة الحرارة تحت الحمراء. ولكن الشبكيات والنظَّارات الاصطناعية يمكن تركيبها بحيث تستطيع أن تميِّزَها بسهولة، مثل نظَّارات الرؤية الليلية التي تُستَخدَمُ في الجيوش. وهكذا، فإن الشخص قد يكون لديه القدرة على رؤية تلك الإشارات الحرارية، ويرى أيضًا أنواعًا من الإشعاع غير مرئية بالنسبة لنا. هذه الرؤية الخارقة بدورها يمكن أن تكون قيِّمَةً جدًّا على الكواكب الأخرى. فعلى العوالم البعيدة، سوف تكون الظروف مختلفة جذريًّا. فالغلاف الجوي قد يكون مُظلِمًا أو ضبابيًّا أو مُعتِمًا بسبب التراب أو الشوائب. وسوف يكون من الممكن تخليق شبكيات اصطناعية تستطيع أن "ترى" خلال عاصفة ترابية مريخية من خلال كشافات للأشعة تحت الحمراء. وعلى الأقمار البعيدة، حيث يكون ضوء الشمس غير موجود تقريبًا، تستطيع هذه الشبكيات الاصطناعية أن تكشف أي ضوء منعكس موجود.

مثال آخر يمكن أن يكون جهازًا يستشعر الأشعة فوق البنفسجية، التي هي ضارة ويمكن أن تسبِّب سرطان الجلد، ولكنها منتشرة عبر الكون. على الأرض، نحن محميُّون بواسطة غلافنا الجوي من الأشعة فوق البنفسجية التي تأتي من الشمس، ولكن على المريخ ستكون الأشعة فوق البنفسجية غير مُفَلْتَرَةٍ. ولأن الأشعة فوق البنفسجية غير مرئية؛ فإننا غالبًا لا نعي عندما نتعرَّض لمستويات مؤذية. ولكنَّ شخصًا لديه رؤية خارقة على المريخ يستطيع في الحال أن يرى ما إذا كانت الأشعة فوق البنفسجية مُضرَّةً. وعلى كوكب مثل الزهرة، المُغطَّى بالسحب بشكل دائم، سوف تكون هذه الشبكيات الاصطناعية قادرة على استخدام الأشعة فوق البنفسجية للتَّطواف حول التضاريس (بالطريقة نفسها التي يستشعر بها النَّحلُ الأشعَّةَ فوق البنفسجية الآتية من الشمع لكي يجد طريقه في يوم غائِمٍ).

وهناك تطبيق آخر للرؤية الخارقة؛ هو الرؤية التلسكوبية والميكروسكوبية. حيث تُمكِّننا عدساتٌ دقيقة خاصَّة من رؤية الأشياء البعيدة أو الأشياء الصغيرة جدًّا والخلايا، دون أن نضطر لأن نحمل معنا تلسكوبات وميكروسكوبات ضخمة.

هذا النوع من التكنولوچيا، يمكن أيضًا أن يعطينا قُوَّة تبادُلِ الخواطر وتحريك الأشياء عن بعد. ومن الممكن بالفعل تخليق رقاقة تستطيع أن تلتقط موجات أمخاخنا، ثم تحلُّ شفرة بعضها، ثم تنقل تلك المعلومات إلى الإنترنت. وعلى سبيل المثال، زميلي "ستيڤن هوكِنج"، الذي يعاني من مرض "التَّصلُّب الجانبي الضُّموري" Amyotrophic lateral sclerosis (ALS)- فَقَدَ كل الوظائف الحركية، بما في ذلك حركة أصابعه. والآن، لديه رقاقة مثبتة في نظارته تستطيع أن تلتقط موجات المخ ثم ترسلها إلى لابتوب وكمبيوتر. وبهذه الطريقة يستطيع أن يكتب رسائل بعقله، وإن كان ذلك ببطء.

وتبقى خطوة قصيرة للوصول إلى القدرة على تحريك الأشياء بواسطة العقل. وباستخدام هذه التكنولوچيا ذاتها، يستطيع المرء أن يربط مخه مباشرة بروبوت أو جهاز ميكانيكي آخر يستطيع عندئذ أن ينفذ أوامرنا العقلية. ومن السهل أن نتصوَّر أنه في المستقبل سوف يكون تَبادُلُ الخواطر والقدرة على تحريك الأشياء بالعقل هو القاعدة؛ سوف نتفاعل مع الآلات بمحض التفكير. عقولنا سوف تكون قادرة على إضاءة الأنوار، وتشغيل الإنترنت، وإملاء الخطابات، وممارسة ألعاب الفيديو، والاتصال بالأصدقاء، واستدعاء سيارة، وشراء السلع، واستحضار أي فيلم؛ كل ذلك بمجرد التفكير. ورواد الفضاء في المستقبل قد يستخدمون قوة عقولهم في قيادة سفن الفضاء أو استكشاف الكواكب البعيدة. المدن قد تنشأ بكاملها في صحاري المريخ بواسطة منشئ رئيسي يتحكَّم عقليًّا في عمل الروبوتات.

بالطبع، عملية تحسين أنفسنا هذه ليست جديدةً، ولكنها تحدث منذ وجود الإنسانية. فعلى مدار التاريخ، نرى أمثلة لاستخدام الإنسان لوسائل اصطناعية لتحسين قوتنا وتأثيرنا: الملابس، والوشم، وأدوات التجميل، وأغطية الرأس، والثياب الاحتفالية، واستخدام الريش، والنظارات، ومقويات السمع، والمكبرات الصوت، وسماعات الرأس، إلخ... والواقع، أنها تبدو سِمَةً عالمية لكل المجتمعات البشرية أننا نحاول أن نصلح أجسامنا، خاصة لكي نزيد من فرصنا في النجاح المثمر. ولكن الفرق بين التحسين في الماضي والتحسين في المستقبل هو أن التحسينات المستقبلية، حيث نستكشف الكون، قد تكون هي المفتاح للعيش في بيئات مختلفة. في المستقبل، قد نعيش في العصر العقلي، حيث تتحكَّم أفكارنا في العالم من حولنا.

قُوَّةُ العَقْلِ

رُكنٌ رَكينٌ آخر في أبحاث المخ أُنْجِز عندما أصبح العلماء، للمرة الأولى في التاريخ، قادرين على تسجيل الذاكرة. فالعلماء في جامعة "ويك فورست" وجامعة "جنوب كاليفورنيا" وضعوا أقطابًا كهربائية في "قرن آمون" Hippocampus في أدمغة الفئران، حيث تُعالَجُ الذكريات قصيرة المدى، وسجَّلوا النبضات داخل "قرن آمون"، حيث قامت الفئران بتنفيذ مهامَّ بسيطةٍ، مثل تَعلُّم شرب المياه من أنبوب. لاحقًا، بعد أن نَسِيَت الفئران هذه المهمة، تمَّ تحفيز "قرن آمون" بواسطة التسجيل؛ فتذكَّر الفأر في الحال. وتم تسجيل ذاكرة رئيسيات أيضًا مع إعطاء النتائج ذاتها.

الهدف التالي قد يكون تسجيل ذاكرة المرضى الذين يعانون من مرض ألزهايمر، حيث نستطيع أن نثبِّتَ "جهازًا لتنظيم نبضات المخ" أو رقاقة ذاكرة في "قرن آمون" في أدمغتهم، تغمره بالذكريات عَمَّن يكونون، وأين يعيشون، ومَن يكون أقرباؤهم. وقد أَوْلَتْ القواتُ المسلحة اهتمامًا جدِّيًا بهذا الأمر. ففي 2017، أعلن البنتاجون عن منحة قدرها 65 مليون دولار لتطوير رقاقة دقيقة متقدِّمة تستطيع أن تُحلِّلَ مليون خلية عصبية بشرية حيثما يقوم المخ بالاتصال بكمبيوتر وتكوين ذكريات.

سوف نكون بحاجة لدراسة وصقل هذه التقنية، ولكن مع أواخر القرن الحادي والعشرين، من المُتصوَّر أننا سوف نكون قادرين على تثبيت ذاكرات مُعقَّدة داخل أمخاخنا. مبدئيًا، قد نكون قادرين على نقل مهارات وقدرات، بل ومُقرَّرات دراسية، إلى أمخاخنا، مُحسِّنين من قدراتنا بلا حدود تقريبًا.

وهذا قد يكون مُفيدًا لرُوَّاد الفضاء في المستقبل. فعند الهبوط على كوكب أو قمر جديد، توجد تفاصيل كثيرة جدًّا لِتعلُّمها وتَذكُّرها عن البيئة الجديدة، وتكنولوچيات كثيرة جدًّا يجب إتقانها؛ ولذلك فإن تثبيت ذاكرات قد يكون أكفأَ الطُّرقِ لتعلُّم المعلومات الجديدة بالكامل عن العوالم البعيدة.

ولكن دكتور "نيكوليليس" يريد الوصول إلى أكثر من هذا بكثير في هذه التكنولوچيا. فقد أخبرني بأن كل هذه الفتوحات الكبرى في علم الأعصاب سوف تُسفِرُ في النهاية عن "شبكة المخ" Brain Net، التي هي المرحلة التالية في تطوُّر

الإنترنت. فبدلًا من نقل وحدات صغيرة جدًّا من المعلومات Bits، سوف تنقل شبكة المخ مُجمَلَ المشاعر والأحاسيس والعواطف والذكريات.

وقد يساعد هذا في تحطيم الحدود بين الناس. فغالبًا، يكون من الصعب أن تفهم وجهات نظر الناس، ومعاناتهم ومُنغِّصاتهم. ولكن مع شبكة المخ، سوف نكون قادرين على أن نعايش مباشرة الهموم والمخاوف التي تقلق الآخرين.

سوف يكون هذا تغييرًا ثوريًّا في صناعة الترفيه، بالطريقة ذاتها التي حَلَّت بها الأفلامُ الناطقةُ محلَّ السينما الصامتة. في المستقبل، قد يكون الجمهور قادِرًا على الإحساس بعواطف الممثلين؛ لكي يُعايِشَ أَلَمَهُم وسُرورَهم ومُعاناتَهم. وأفلام اليوم قد تصبح متقادِمة قريبًا.

وهكذا، قد يكون رُوَّاد الفضاء في المستقبل قادرين على استخدام شبكة المخ بطرق مهمة. فسوف يكونون قادرين على الاتصال عقليًّا مع مستوطنين آخرين، وتَبادُل المعلومات الحيوية فوريًّا، وتسلية أنفسهم بوسائل ترفيه جديدة تمامًا. وكذلك، حيث إن استكشاف الفضاء يُحتَمَلُ أن يكون خَطِرًا، فسوف يكونون قادرين على إدراك الحالة العقلية لشخص بدقَّةٍ أكبر بكثير من السابق. وعند الشروع في مَهمَّة فضائية جديدة لاستكشاف تضاريس خطرة؛ فإن امتلاك شبكة المخ سوف يساعد رواد الفضاء في التماسك والكشف أيضًا عن المشكلات العقلية، مثل الاكتئاب أو القلق.

هناك أيضًا إمكانية استخدام الهندسة الوراثية لتحسين العقل. في جامعة "برينستون"، تمَّ اكتشاف جين في الفئران (أُطلِقَ عليه "جين الفأر الذكي") رفع قدرتها على معرفة طريقها داخل المتاهات. هذا الجين يسمَّى NR2B، وهو يتعلَّق بالاتصال بين خلايا "قرن آمون". وقد اكتشف العلماء أنه عندما افتقرت الفئران لهذا الجين؛ قلَّت قدرتها على معرفة طريقها داخل المتاهة. ولكن، عندما تمَّ تزويدها بنسخ إضافية من جين NR2B، تحسَّنَت ذاكرتها.

هؤلاء الباحثون وضعوا الفئران في حوض مياه ضحل يحتوي على رصيف تحت الماء تستطيع أن تقف فوقه. وبمجرَّد أن وجدت الفئران الذكية الرصيف، كانت قادِرةً فورًا على تَذكُّر أين كان، وعلى السباحة إليه مباشرة عندما أُعيد إدخاله

إلى بيئة التجربة. على العكس من ذلك، الفئران العادية لم تستطع أن تتذكَّر موقع الرصيف وسبحت عشوائيًّا. إذًا، فإن تحسين الذاكرة أمرٌ ممكن.

مُستَقبلُ الطَّيرانِ

طالما حَلُمَ الإنسانُ بالطيران مثل الطيور. والإله "ميركوري" Mercury كان له أجنحةٌ في قُبَّعته وكاحِلَيْ قدَمَيْه مَكَّنته من الطيران. هناك أيضًا أسطورة "إيكاروس" Icarus، الذي استخدم الشَّمعَ لتثبيت ريش في ذراعيه لكي يطير. ولسوء الحَظِّ أنه حَلَّق قريبًا جدًّا من الشمس. الشمع انصهر وسقط هو في المحيط. ولكن تكنولوچيا المستقبل سوف تمنحنا في النهاية هِبَةَ الطيران.

على كوكب ذي غُلافٍ جوِّيٍّ رقيق وتضاريسَ وَعرَةٍ مثل المريخ، ربما تكون أنسب الطرق للانتقال هي الحزام النفَّاث، الذي يلعب دورًا رئيسيًّا في أفلام الخيال العلمي. وقد ظهر لأول مرة في كارتون بطولة "بَك روچرز" Buck Rogers سنة 1929، حيث قابل "بَك" رفيقَتَه المستقبلية عندما كانت تُحلّشق في الهواء باستخدام حزام نَفَّاث. وفي الواقع تمَّ نَشرُ الحزام النفَّاث أثناء الحرب العالمية الثانية عندما احتاج النازيون لطريقة سريعة لنقل القوات عبرَ نهرٍ تَمَّ تدمير الجسر الذي يعبره. الحزام النفَّاث النازي استخدم بيروكساييد الهيدروچين كوقود، فهو يشتعل بسرعة عند اتصاله بعامل مُساعِدٍ (مثل الفضة) ويطلق مخلَّفات في شكل طاقة وماء. ولكن هناك مشاكل عديدة مع الحزام النفَّاث. المشكلة الرئيسية أن الإمداد بالوقود يستمرُّ لمدَّة فقط من ثلاثين ثانية إلى دقيقة. (في مقاطع من الأخبار قديمة، ترى في بعض الأحيان مخاطرين يستخدمون هذه الأحزمة النفَّاثة لكي يطفوا في الهواء، كما في دورة الألعاب الأولمبية في 1984. ولكن هذه المقاطع يتمُّ حَبْكُها بمهارة، حيث أن هؤلاء المخاطرين يطفون لمدَّة ما بين ثلاثين ثانية ودقيقة فقط ثم يسقطون إلى الأرض).

والحَلُّ لتلك المشكلة هو تطوير حزام نفَّاثٍ قابِلٍ للحمل، مُزوَّدٍ بطاقة تكفي لتموين رحلات ذات فترات طيران أطول. وللأسف، ليس هناك مصدر طاقة مثل هذا مُتاحٌ في الوقت الحالي.

وهذا هو السبب ذاته في أنه ليس لدينا بنادق إشعاع. فالليزر يمكن أن يعمل كبندقية إشعاع، ولكن فقط لو أن لدينا محطَّة طاقة نووية تولِّد الطاقة. ولكن ليس من العملي أن تحمل محطة طاقة نووية فوق كتفيك. ولهذا؛ فإن الأحزمة النفَّاثة وبنادق الإشعاع لن تصبح حقيقية إلى أن نبتكر مصدر طاقة صغير جدًّا، ربما في صورة بطارية نانوية يمكن أن تُخزِّنَ الطاقة على المستوى الجزيئي.

هناك إمكانية أخرى، تُصَوَّر غالِبًا في اللوحات الفنية والأفلام في صورة ملائكة أو بشر غريبي التكوين يستخدمون أجنحة مثل الطيور. وعلى كواكب ذات غلاف جوي كثيف، قد يكون من الممكن القفز بسهولة والرفرفة بأجنحة مُثبَّتة في الذراعين، والانطلاق مثل طائر. (كلَّما كان الغلافُ الجوي أكثرَ كثافة؛ كان الارتفاعُ أكثرَ، وكان من الطيران في الهواء أسهل). ومن ثم، فإن حلم "إيكاروس" يمكن أن يصبح حقيقةً. ولكن الطيور تمتلك مَيزاتٍ عديدةً لا نمتلكها نحن. فعظامها مُجوَّفة، وأجسامها نحيلة وصغيرة جدًّا، مُقارَنةً بطول أجنحتها. بينما أجسام البشر كثيفة جدًّا وثقيلة. وطول أجنحة الإنسان لا بُدَّ أن يكون ما بين عشرين وثلاثين قَدَمًا، وسوف نحتاج إلى عضلات ظهرٍ أقوى كثيرًا لكي نرفرف بها. والتعديل الجيني لشخص لجعله يملك أجنحة يفوق قدرتنا التقنية. ففي الوقت الحالي، من الصعب أن ننقل جينًا واحدًا بشكل صحيح، فما عليك بمئات الجينات الضرورية لتخليق أجنحة صالحة! وهكذا، بينما امتلاك أجنحة الملائكة غير مُمكِنٍ، فإن المنتج النهائي بعيد جدًّا، ولن نكون شبيهين بشخصيات اللوحات الفنية الرشيقة التي اعتدنا على رؤيتها.

لقد كان الظَّنُّ ذات يوم أن استخدام الهندسة الوراثية لتعديل الجنس البشري كان حلم كُتَّاب الخيال العلمي، ليس أكثرَ. ولكن تطوُّرًا ثوريًّا جديدًا غَيَّر ذلك. وهذا الاكتشاف يسير بسرعة كبيرة جدًّا لدرجة أن العلماء عَقدوا على عَجَلٍ مؤتمراتٍ لمناقشة إبطاء معدل هذه التطورات الجديدة.

ثورَةُ "كريسبر"

إن سرعة الاكتشافات في مجال التكنولوچيا الحيوية تَسارَعَت مُؤخَّرًا بدرجة مَحمومَةٍ مع قدوم تكنولوچيا جديدة تُسمَّى "كريسبر" CRISPR "التكرارات المتناوبة القصيرة المتداخلة المنتظمة العنقودية" (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats)، التي تَعِدُ بطرق رخيصة وكُفْأَةٍ ودقيقة لتحرير الحمض النووي. في الماضي، كانت الهندسة الوراثية عمليَّةً بطيئةً وغير دقيقة. ففي العلاج الچيني، على سبيل المثال، يتم إدخال چين سليم إلى ڤيروس (يكون قد تم تحييده بحيث يكون غير ضار). ثم يتمُّ إدخال الڤيروس في جسم الإنسان حيث يقوم بسرعة بنقل العدوى إلى خلايا الشخص وحقن الحمض النووي. والهدف هو جعل الحمض النووي يدخل نفسه في المكان الصحيح بين الكروموزومات، بحيث يتم إحلال الچين السليم محلَّ الشفرة المعيبة. وهناك أمراض شائعة تنتج عن قراءة خاطئة بسيطة في الحمض النووي للشخص، بما في ذلك أنيميا الخلايا المنجلية ومرض "تاي ساكس" Tay-Sachs والتَّليُّف الكيسي. والأمل هو أن يمكن تصحيح ذلك.

ولكن النتائج حتى الآن مُحبِطَة؛ فالجسم -في الغالب- يَعتَبِرُ الڤيروس عدوانيًّا، ويَشنُّ هجومًا مُضادًّا مُسبِّبًا آثارًا جانبية ضارة. وأيضًا، الچين السليم غالبًا لا يُثبِّت نفسه في الموقع الصحيح. وبعد خطأ قاتل في جامعة "بنسلڤانيا" سنة 1999، تمَّ إنهاء الكثير من تجارب العلاج الچيني.

"تكنولوچيا كريسبر" تقطع الطريق على الكثير من هذه التعقيدات. والواقع أن أسس هذه التكنولوچيا تطوَّرَت عبر بلايين من السنين. فالعلماء كانوا متحيِّرين من أن البكتيريا طوَّرَت آليات مُحدَّدة لِدَحْرِ هجوم الڤيروسات. كيف تتعرَّف البكتيريا على الڤيروسات القاتلة ثم تُجرِّدها من سلاحها؟ اكتشف العلماء أن البكتيريا قادرة على التعرُّف على التهديدات لأنها تحمل شَذراتٍ من المادة الوراثية للڤيروس. وكالصور التي تلتقطها الشرطة للمجرمين المطلوبين، البكتيريا قادرة على استخدام تلك الشذرات لتحديد الڤيروس المهاجم. وبمجرد أن تتعرَّف البكتيريا على السلسلة الوراثية وبالتالي على الڤيروس، تقوم بشق الڤيروس في نقطة محدَّدة جدًّا، فتبطل مفعوله وتوقف العدوى في مساراته.

العلماء أصبحوا قادرين على تكرار هذه العملية -حيث استبدلوا بنجاحٍ بسلسلة فيروسية أشكالًا أخرى من الحمض النووي وأدخلوا هذا الحمض النووي في الخلية المستهدفة- جاعلين "الجراحة الجينية" مُمكِنَة. وقد حَلَّت "تكنولوچيا كريسبر" مَحلَّ أساليب أقدم في الهندسة الوراثية، جاعِلَةً التحرير الچيني Gene Editing أكثرَ نظافةً وأكثر دِقَّةً وأكثر سرعة بكثير.

هذه الثورة أحدثت عاصفةً في مجال التكنولوچيا الحيوية. "إنها تغير الصورة العامة تمامًا"، هكذا يقول "چنيفر دودنا" Jennifer Doudna، أحد الرواد. ويقول "داڤيد ويس" David Weiss من جامعة "إموري": "كل ذلك حدث بشكل أساسيٍّ في عام واحد. إنه شيء لا يصدَّق".

الباحثون في "معهد هوبريخت" Hubrecht Institute في هولندا بَيَّنوا بالفعل أنهم يستطيعون أن يُصحِّحوا خطأً چينيًّا يُسبِّب التَّليُّفَ الكيسيَّ. وهذا يعزِّز الآمال في أن الكثير من الأمراض الوراثية غير القابلة للعلاج قد يتمُّ علاجها يومًا ما. والكثير من العلماء يأملون في أنه يمكن أيضًا أخيرًا أن يتمَّ استبدال بعض الچينات المُسبِّبة لأنواع مُعيَّنة من السرطان باستخدام "تكنولوچيا كريسبي"؛ وبذلك يتم إيقاف نمو الأورام.

المهتمُّون بأخلاق البيولوچيا، لقلقهم من إساءة استخدام هذه التكنولوچيا؛ نظَّموا مؤتمرات لمناقشة هذا العلم الجديد لأن الآثار الجانبية والتعقيدات غير معلومة، وقد أصدروا سلسلةً من التوصيات لمحاولة تقليل السرعة الفائقة لأبحاث "كريسبر". وبصفة خاصة، أبدوا قلقهم من أن هذه التكنولوچيا قد تؤدِّي إلى علاجٍ چينيٍّ مُمتَدٍّ وراثيًّا. (هناك نوعان من العلاج الچيني، علاج چيني غير ممتدٍّ وراثيًّا، حيث لا يتمُّ تعديل أي خلايا جنسية؛ حتى لا تمتدَّ التعديلات إلى الجيل التالي، وعلاج چينيٍّ مُمتَدٍّ وراثيًّا، حيث تتغيَّر خلاياك الجنسية بحيث يمكن أن تَرِثَ كلُّ ذُرِّيَّتِك الچيناتِ المُعدَّلةَ). العلاج الچيني الممتد وراثيًّا يمكن -لو لم يُراقَب- أن يؤدِّي لتغيير الميراث الچيني للجنس البشري. وهو يعني أنه بمجرَّد أن نبدأ مغامراتنا بين النجوم، يمكن أن تنشأ أفرع چينية جديدة من الجنس البشري. وهذا قد يستغرق مئات الألوف من السنين، ولكن الهندسة الحيوية قد تقلِّل ذلك إلى جيل واحد إذا أصبح العلاج الچيني الممتدُّ وراثيًّا واقعًا.

باختصار، أحلام كُتَّاب الخيال العلمي الذين صَوَّروا تعديل الجنس البشري لكي يستعمر الكواكب البعيدة اعتُبِرَ يومًا غير واقعيٍّ أو خياليٍّ جدًّا. ولكن مع قدوم "كريسبر"، هذه الأحلام بعيدة المدى يمكن ألَّا تُنْبَذَ بعد اليوم. ولكننا، مع ذلك، يجب أن ننشغل بتحليل فكريٍّ حول كل التداعيات الأخلاقية التي تطرحها هذه التكنولوچيا سريعة الحركة.

أَخلاقيَّاتُ ما فَوقَ الإنسانِيَّةِ

هذه أمثلةٌ من "ما فوق الإنسانية"، التي تتبنَّى تكنولوچيا لتحسين مهاراتنا وقدراتنا. لكي نستطيع أن نحيا بل ونزدهر في عوالم بعيدة؛ قد نُضطرُّ إلى تعديل أنفسنا ميكانيكيًّا وبَيولوچيًّا. بالنسبة لأصحاب نزعة ما فوق الإنسانية، الأمر ليس محلَّ اختيار، ولكنه ضرورة. فتعديل أنفسنا يزيد فرصنا على كواكب ذات مستويات مختلفة من الجاذبية، وضغط الغلاف الجوي وتركيبه، ودرجة الحرارة، والإشعاع، إلخ...

وبدلًا من رفض التكنولوچيا أو مكافحة تأثيرها، يعتقد أصحاب نزعة ما فوق الإنسانية أننا يجب أن نحتضنها. وهم يستلذُّون فكرة أننا نستطيع أن نصل بالإنسانية إلى الكمال. فبالنسبة إليهم، الجنس البشري كان مُنتَجًا ثانَويًّا للتطوُّر، وبالتالي فإن أجسامنا هي نتيجة طفرات مصادفات عشوائية. فلماذا لا نستخدم التكنولوچيا لتطوير هذه المصادفات بشكل منهجي؟ إن هدفهم النهائي هو خَلْقُ "ما بعد الإنسان"، نوع جديد يستطيع أن يتفوَّقَ على الإنسانية.

على الرغم من أن مفهوم تغيير چيناتنا يصيب بعض الناس بحساسية، فإن "جريج ستوك" Greg Stock، من جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس، يؤكِّد أن البشر غيَّروا باستمرارٍ الصفات الوراثية للحيوانات والنباتات من حولنا على مدى ألوف من السنين. وعندما أجريتُ مقابلةً معه أشار إلى أن ما يبدو لنا اليوم "غير طبيعي" هو في الواقع مُنتَجٌ ثانويٌّ لإكثارٍ انتقائي كثيف. إن مائدة العشاء الحديثة سوف تكون مستحيلةً من دون مهارات المُربِّين القدماء الذين رَعَوا النباتات والحيوانات لكي تناسب احتياجاتنا. (فحبوب الذرة "Corn" التي

نعرفها اليوم، على سبيل المثال، هي نسخة معدَّلة وراثيًّا من نوع آخر من الذرة "Maize" ولم يكن إنتاجها ممكِنًا لولا تدخُّل الإنسان؛ فالحبوب أو البذور لا تسقط من تلقاء نفسها، والمزارعون يضطرون إلى إزالتها وزراعتها لكي تنمو الذُّرَة). وتشكيلة الكلاب التي نراها حولنا هي مُنتَجٌ ثانَويٌّ لإكثار نوع واحد انتقائيًّا، ألَا وهو الذئب الرمادي. وهكذا، قام الإنسان بتغيير چينات مجاميع من النباتات والحيوانات، مثل الكلاب من أجل الصيد والأبقار والدجاج من أجل الطعام. والواقع، أننا لو استطعنا بطريقة سحرية أن نزيل كل النبتات والحيوانات التي قام الإنسان بتغيير چيناتها عبر القرون؛ فإن مجتمعنا سوف يبدو مختلفًا اختلافًا جذريًّا عَمَّا هو اليوم.

حيث إن الچينات الخاصة ببعض الصفات الإنسانية يجري عَزْلُها بواسطة العلماء، فسوف يكون من الصعب إيقاف الناس عن محاولة استغلال ذلك. (على سبيل المثال، لو أنك اكتشفت أن أطفال جارك حصلوا على ذكاء مُحسَّنٍ چينيًّا، وأنهم ينافسون أطفالك؛ سوف يكون هناك ضغط ضخم عليك لكي تحقِّق ذكاءً مُحسَّنًا لأطفالك من نفس النوع. وفي الرياضات التنافسية، حيث تكون مبالغ الجوائز فلكية، سوف يكون من الصعب بشكل مُتزايِدٍ إيقافُ الرياضيين عن محاولة تحسين أنفسهم). وأيًّا ما كانت المحاذير الأخلاقية التي تفرضها، فإن دكتور "ستوك" يجادل بأننا يجب ألَّا نصرف النظر عن التحسينات الچينية ما لم يكن التعديل مُضِرًّا. أو، كما قال "چيمس واتسون" James Watson الحاصل على جائزة نوبل: "لا أحد في الحقيقة لديه الشجاعة ليقولها، ولكن لو كُنَّا نستطيع أن نصل إلى بَشَرٍ أفضل بأن نعرف كيف نضيف چينات، فلماذا يجب ألَّا نفعل؟"

مكتبة
t.me/soramnqraa

مُستَقبلُ ما بَعْدَ الإنسانِ؟

دُعاةُ ما فوق الإنسانية يعتقدون أننا عندما نقابل حضارات متقدِّمة في الفضاء، سوف يكون أصحابها متقدِّمين لدرجة تعديل أجسامهم البيولوچية لكي يتحمَّلوا صعوبات الحياة على كواكب مختلفة كثيرة. وبالنسبة لدُعاةِ ما فوق الإنسانية، الحضارات المتقدِّمة في الفضاء الخارجي حقَّقت على الأرجح مستقبلًا مُحسَّنًا

چينيًا وتكنولوچيًا؛ ولذلك لو قابَلنا يومًا كائناتٍ من الفضاء، يجب ألَّا نندهش لو أنهم يتكوَّنون من جزء بيولوچي وجزء سيبراني Cybernetic.

عالِم الفيزياء "بول داڤيس" Paul Davies يذهب خطوةً أبعد من ذلك: "إن استنتاجي مذهل. حيث أظن أنه من المرجَّح -بل من الحتمي- أن الذكاء البيولوچي مجرد ظاهرة مؤقَّتة، مرحلة عابرة في تطوُّر الذكاء في الكون. ولو أننا واجهنا يومًا ذكاءً خارج الأرض، أعتقد أنه من المرجَّح بدرجة فائقة أن يكون فوق البيولوچي في طبيعته، وهو استنتاج له تداعياتٌ واضِحةٌ وبعيدة المدى بالنسبة للبحث عن ذكاء خارج الأرض).

خبير الذكاء الاصطناعي "روندي بروكس" Rodney Brooks كتب يقول: "تَوقُّعي هو أن بحلول عام 2100 سوف يكون لدينا روبوتات ذكية جدًّا في كل مكان في حياتنا اليومية. ولن نكون بعيدين عنها؛ ولكننا سوف نكون روبوتاتٍ جزئيًّا ومتَّصلين بالروبوتات".

هذا النقاش حول ما فوق الإنسانية ليس جديدًا في الواقع، ولكنه يرجع إلى القرن الماضي، مع بداية فَهْمِ قوانين الوراثة. ومن أول من عَبَّروا عن الفكرة بوضوح كان "چي بي إس هالدين" J. B. S. Haldane، الذي ألقى سنة 1923 محاضرةً نُشِرَت فيما بعد في شكل كتاب، يحمل عنوان "ديدالوس" Daedalus، أو "العلم والمستقبل"، تنبَّأ فيه بأن العلم يمكن أن يستخدم علم الوراثة لتحسين ظروف الجنس البشري.

الكثير من أفكاره يبدو اليوم مفروغًا منه، ولكنه كان واعِيًا للخلاف الذي يمكن أن تثيره واعترف بأنها قد تبدو "غير مقبولة وغير طبيعية" لشخص يقرأ عنها لأول مرة، ولكن الناس سوف يتقبلونها في النهاية.

وأخيرًا، المبدأ الأساسي لما فوق الإنسانية، وهو أن الإنسانية يجب ألَّا تكون مضطرَّةً لأن تتحمَّل حياة "رديئة وحمقاء وقصيرة" عندما يكون باستطاعة العلم أن يزيل المعاناة عن طريق تحسين الجنس البشري، وَرَدَ التعبيرُ عنه لأول مرة من قِبَل "چوليان هوكسلي" Julian Huxley سنة 1957.

وهناك آراء عديدة مختلفة حول أيٍّ من جوانب ما فوق الإنسانية يجب أن نسعى إليها. البعض يرى أننا يجب أن نركِّز على الوسائل الميكانيكية لتحسين

أنفسنا، مثل الهياكل الخارجية، والنظَّارات الوقائية الخاصَّة، وبنوك الذاكرة التي يمكن تحميلها على المخ، والأنسجة المزروعة لزيادة قوة حواسِّنا. والبعض يعتقد أن علم الوراثة يجب أن يستخدم لإزالة الجينات القاتلة، وآخرون يرون أنه يجب أن يستخدم لتحسين قدراتنا الطبيعية، وآخرون يرون أنه يجب أن يستخدم لزيادة قوانا الفكرية. وبدلًا من أن نستغرق عقودًا في تجويد صفات وراثية معينة عن طريق الإكثار الانتقائي، كما فعلنا مع الكلاب والخيول، نستطيع أن ننجز أي شيء نريده في جيل واحد بواسطة الهندسة الوراثية.

إن التقدم في التكنولوچيا الحيوية سريع لدرجة أن القضايا الأخلاقية تتزايد. والتاريخ اللاأخلاقي لعلم الوراثة، بما في ذلك التجارب النازية لتخليق جنس سائد، يقدم رواية تحذيرية لأي شخص مهتم بتعديل الإنسان. ومن الممكن الآن أخذ خلايا من جلد فأر وتعديلها جينيًّا لكي تصبح بويضة وخلايا منوية، ثم تلقيحهما معًا لإنتاج فأر بصحة جيدة. وأخيرًا، يمكن تطبيق هذه العملية على الإنسان. إنها يمكن أن ترفع بشكل كبير عدد الأزواج العقيمين الذين يمكن أن ينجبوا بنجاح أطفالًا أصحَّاء، ولكنها تعني أيضًا أن الناس يمكن أن يحصلوا على خلاياك الجلدية من دون موافقتك وأن يخلقوا نُسخًا منك.

الانتقادات تقول إن الأغنياء والأقوياء فقط سوف يكونون قادرين على الاستفادة من هذه التكنولوچيا. "فرنسيس فوكوياما" Francis Fukuyama من جامعة "ستانفورد" يحذِّر من أن ما فوق الإنسانية "من بين أكثر الأفكار خطورة في العالم"، مُجادِلًا بأنه لو تمَّ تعديل الحمض النووي لذُرِّيَّتنا، فمن المتوقَّع أن يُغيِّر ذلك السلوك الإنساني، ويخلق المزيد من عدم المساواة، ومن ثم يقوض الديمقراطية. ولكن تاريخ التكنولوچيا يشير إلى أنه على الرغم من أن الأغنياء يحصلون مبكِّرًا على هذه المعجزات التكنولوچية، فإن التكلفة سوف تنخفض في النهاية إلى الدرجة التي يستطيع عندها حتى متوسطي الحال أن يتحمَّلوها.

انتقادات أخرى ترى أن هذه قد تكون الخطوةَ الأولى نحو انقسام الجنس البشري وأن التعريف الدقيق للإنسانية مَحلُّ خطر. وربما أن أفرُعًا متعدِّدة من البشر المُحسَّنين جينيًّا سوف يَأْهِلون أجزاء مختلفة من النظام الشمسي ويتباعدون أخيرًا إلى أنواع مختلفة. ويستطيع المرء أن يتصوَّر أنه قد تحدث

منافسات بل وتنشب حروب بين الأفرع المختلفة من الجنس البشري. وحتى مفهوم "النوع الإنساني" قد يصبح محلَّ تساؤل. وسوف نتناول هذا السؤال المهم في الفصل الثالث عشر عندما نناقش العالم ربما بعد ألوف السنين في المستقبل.

في رواية "عالم جديد شجاع" لـ "ألدوس هيكسلي" Aldous Huxley، تُستَخدَمُ التكنولوچيا الحيوية لإكثار جنس من الكائنات المتفوِّقة، يُسمَّى "ألفا" Alphas، مُجهَّزة لقيادة المجتمع منذ الميلاد. بينما تُحرَمُ أجنَّةٌ أخرى من الأوكسچين حتى تُصبِحَ ضعيفةَ العقل، ومن ثَمَّ تُربَّى لخدمة "الألفا". وفي قاع المجتمع يوجد "الأوبسيلون" Epsilons، الذين يُرَبَّوْن للقيام بالأعمال اليدوية الوضيعة. وهذا المجتمع يوتوبيا مخطَّطة تستخدم التكنولوچيا لإشباع كل حاجاتنا، وكل شيء يبدو مُنظَّمًا وسلميًّا. ولكن المجتمع ككل مؤسَّسٌ على الاضطهاد والبؤس بالنسبة لهؤلاء الذين رُبُّوا للعيش في القاع.

المؤيِّدون لما بعد الإنسانية يُقرُّون بأن كل هذه السيناريوهات الافتراضية يجب أن تُؤخَذَ بجدية، ولكنهم يجادلون بأن هذه المخاوف في هذه المرحلة أكاديمية بَحْتَة. وعلى الرغم من طوفان البحوث في التكنولوچيا الحيوية، فإن الكثير من هذا الكلام يجب وضعه في سياق أكبر. الطفل المُصَمَّم غير موجود بعد، وچينات الكثير من سمات الشخصية التي قد يريدها الآباء والأمهات لأطفالهم لم توجد بعد. وربما لا توجد على الإطلاق. وفي الوقت الحاضر، لا يمكن تغيير سمة سلوكية إنسانية واحدة باستخدام الهندسة الوراثية.

كثيرون يجادلون بأن الذعر الحالي من ما فوق الإنسانية سابق لأوانه، حيث إن التكنولوچيا لا تزال في المستقبل البعيد. ولكن نظرًا لسرعة معدل الاكتشافات التي تتم، ففي أواخر هذا القرن يحتمل أن تصبح التعديلات الچينية إمكانية حقيقية؛ ولهذا علينا أن نطرح السؤال: إلى أي مدى نريد أن نحصل على هذه التكنولوچيا؟

مَبْدَأُ رَجُلِ الكَهْفِ

كما ذكرتُ في كتب سابقة، أعتقد أن "مبدأ رجل الكهف أو امرأة الكهف" يأتي دوره ويضع حدودًا طبيعية على المدى الذي سوف نريد أن نغير أنفسنا إليه. إن شخصيَّتنا الأساسية لم تتغيَّر كثيرًا منذ بداية نشأتنا بوصفنا بشرًا حديثين قبل مائتي ألف عام مضت. وعلى الرغم من أننا اليوم نملك أسلحة نووية وكيماوية وبيولوجية، فإن رغباتنا الأساسية ظلَّت هي ذاتها.

ماذا نريد نحن؟ الدراسات المَسْحِيَّة تُبيِّن أننا بعد أن نستوفي حاجاتنا الأساسيَّةً، نعطي قيمة لآراء أقراننا. نريد أن نبدو في صورة حَسَنَةٍ، خاصة في نظر الجنس الآخر. نريد الإعجاب في دوائر أصدقائنا. وربما نتردَّد قبل تغيير أنفسنا بشكل كبير جدًّا، خاصة لو أن هذا يجعلنا نبدو مختلفين عمَّن حولنا.

ولذلك؛ من المرجَّح أننا سوف نتبنَّى التحسينات لو أنها سترفع مكانتنا في المجتمع. وهكذا، على الرغم من أنه سيكون هناك ضغط من أجل تحسين قوَّتنا چينيًّا وإلكترونيًّا، خاصَّةً إذا ذهبنا إلى الفضاء الخارجي وعشنا في بيئات مختلفة، قد تكون هناك حدود لقدر التغيير الذي نرغب فيه، وهذا التحديد سوف يساعدنا على أن نبقى مرتبطين بالواقع.

عندما ظهر "الرجل الحديدي" لأول مرة في قصص الأطفال المصوَّرة، كان يبدو شخصيَّةً صعبة المِراس.

كان درعه أصفر ومستديرًا وقبيحًا، والواقع أنه كان أشبهَ بعُلبةِ صفيحٍ تمشي على قدمين. الأطفال الصغار لم يستطيعوا التعاطُفَ معه؛ ولذلك قرَّر رسَّامو الكرتون لاحِقًا أن يُغيِّروا هيئته تمامًا. أصبح دِرعُه مُتعدِّدَ الألوان ولامِعًا وجذَّابًا، مُحَسِّنًا بشكل واضح الشكلَ الرشيقَ المقاتل للبطل "توني ستارك" Tony Stark. ونتيجة لذلك؛ ارتفعت شعبيته بدرجة كبيرة جدًّا. إذًا، حتى الأبطال الخارقون عليهم أن يمتثلوا لمبدأ رجل الكهف.

روايات العصر الذهبي للخيال العلمي غالِبًا تصوِّر ناسَ المستقبل برؤوس ضخمة صلعاء وأجسام دقيقة. وروايات أخرى تصوِّرنا وقد تطوَّرنا إلى أمخاخ ضخمة تعيش في براميلَ مَليئةٍ بالسوائل. ولكن مَن يريد أن يعيش على هذا

الشكل؟ أعتقد أن مبدأ رجل الكهف سوف يمنعنا من التطوُّر إلى مخلوقاتٍ مُقزِّزَة. وأغلب الظن أننا، بدلًا من ذلك، سوف نرغب في القدرة على إطالة أَمَدِ أعمارنا، وتقوية ذاكرتنا وذكائنا من دون تغيير في شكلنا الإنساني الأساسي. على سبيل المثال، عندما نمارس الألعاب في الفضاء الإلكتروني، غالِبًا يكون لدينا حرية اختيار الشخصية التي تمثِّلنا. وفي الغالب نختار شخصيات تجعلنا جذابين ومرغوبين بشكل ما، وليس بشعين أو مثيرين للاشمئزاز.

من الممكن أيضًا أن تعطي كل تلك العجائب التكنولوجية نتائج عكسية وتنزل بنا إلى أطفال عديمي الفائدة يعيشون حياة بلا هدف. في كارتون ديزني "وول إي" WALL-E، يعيش البشر في سفن فضاء حيث توفر الروبوتات كل نزوة يمكن تَصوُّرها. الروبوتات تتحمَّل كل الأعباء الثقيلة وتعتني بكل الاحتياجات، تاركين البشر بلا شيء يفعلونه سوى اللهو السخيف. ويصبحون بُدَناءَ، ومُدلَّلين، ولا فائدة منهم، ويقضون وقتهم في ممارسات بلا هدف. ولكنني أعتقد أن هناك شخصية "أساسية" تمثِّل جزءًا مكوِّنًا في أمخاخنا. على سبيل المثال، عندما تكون المخدرات مُجَرَّمة، يُقدِّر الكثيرُ من الخبراء أنْ رُبَّما 5% من الجنس البشري سوف يصبحون مدمنين. ولكن الـ 95% الآخرين، حيث يرون أن المخدرات يمكن أن تضرَّ أو تدمر حياة الإنسان، سوف يبتعدون عنها، مفضلين أن يعيشوا في العالم الحقيقي وليس في عالم المخدرات البديل. وعلى النحو نفسه، عندما يصل الواقع الافتراضي إلى الكمال، ربما يفضِّل عدد مماثِلٌ أن يعيشوا في الفضاء الإلكتروني وليس في العالم الحقيقي، ولكن ليس من المتوقَّع أن يكون هذا العدد ضخمًا.

تذكَّرْ أن أسلافنا رجال الكهف أرادوا أن يكونوا مفيدين ومعاونين لبعضهم البعض. إنه جزء أصيل في چيناتنا.

عندما قرأت ثلاثية "المؤسسة" لـ "أسيموف" في طفولتي، اندهشت من أن البشر بعد خمسين ألف عام من الآن لم يُغيِّروا أنفسهم. وقد اعتقدت أنه من المؤكَّد أن الناس عندئذ سوف يمتلكون أجسامًا مُحسَّنَةً، برؤوس ضخمة، وأجسام دقيقة هزيلة وقوى خارقة كما في الكتب المصوَّرة. ولكن الكثير من مشاهد الرواية يمكن أن توجد على الأرض اليوم. وعندما أرجع إلى تلك الرواية التاريخية، أدرك الآن أن مبدأ رجل الكهف ربما كان صحيحًا؛ فأنا أتصوَّر أن الناس في المستقبل سوف

يكون لديهم خيارُ وَضْعِ أجهزةٍ، وزرع مُكوِّنات اصطناعية، وقِطَعِ غيار تُعطيهم قوًى خارقةً وتُحسِّن قدراتهم، ولكنهم بعد ذلك سوف ينزعونها ويتفاعلون بشكل طبيعي في المجتمع. ولو أنهم غيَّروا أنفسهم بشكل دائم، سوف يكون ذلك بطريقة تُحسِّن مكانتهم في المجتمع.

مَن الَّذي يُقَرِّرُ؟

عندما وُلِد "لويس براون" Louise Brown، أول طفل أنابيب في العالم، سنة 1978، جرى استنكار التكنولوچيا التي مكَّنَت من ذلك من قِبَل الكثير من رجال الدين وكُتَّاب الأعمدة في الصحف، الذين اعتقدوا أننا بذلك نتدخَّل في إرادة الله. اليوم، يوجد حوالي خمسة ملايين طفل أنابيب في العالم؛ قد يكون شريكُ حياتك أو صديقك واحدًا منهم.

الناس قرَّروا أن يتبَنَّوا هذا الإجراء، على الرغم من الانتقاد القوي.

وعلى النحو ذاته، عندما استُنْسِخَت النعجة "دولِّي" للمرة الأولى سنة 1996، كثير من المنتقدين استنكروا هذه التكنولوچيا بوصفها غيرَ أخلاقيَّةٍ بل ودَنِسَة. ولكن اليوم، أصبح الاستنساخ مقبولًا على نطاق واسع. وقد سألتُ "روبرت لانزا" Robert Lanza، الخبير في التكنولوچيا الحيوية: متى يمكن أن يكون الاستنساخ في البشر مُمكِنًا؟، فأشار إلى أن لا أحد نجح في استنساخ أيٍّ من الرئيسيات، فما بالك بالإنسان!. ولكنه يعتقد أن استنساخ الإنسان سوف يكون ممكِنًا يومًا ما. ولو تم استنساخ الإنسان يومًا ما، من المرجَّح أن تكون نسبةٌ ضئيلة من الجنس البشري هي التي تقرِّر أن تستنسخ أنفسها. (ربما يكون الناس الوحيدون الذين سيستنسخون أنفسهم من الأثرياء الذين ليس لديهم وَرَثَة، أو ورثة يهتمُّون بهم بصفة خاصة. وقد يستنسخ هؤلاء أنفسهم ويعطون ثروتهم لأنفسهم في صورة أطفال).

البعض أيضًا استنكر "الأطفال المصمَّمين" المُعدَّلين چينيًّا من قِبَلِ والِدَيْهم. ولكن اليوم، أصبح من المألوف للناس أن يُخصِّبوا عِدَّةَ أَجِنَّة خارج رحم الأم، ثم يستبعدون تلك التي يُحتَمل أن تُصاب بمرض فتَّاكٍ (مثل مرض "تاي ساكس" Tay-Sachs). وهكذا، فعبر جيلٍ واحد، قد نستطيع أن نتصوَّر استبعاد هذه السمات القاتلة من مجمل الچينات.

عند بداية إدخال التليفون في القرن الماضي، كان هناك منتقدون مسموعون. كانوا يقولون إنه من غير الطبيعي أن تتحدَّث إلى صوت غير مرئي وغير مجسَّد عبر الأثير، وأننا يمكن أن نقضي وقتًا طويلًا جدًّا مع التليفون بدلًا من التحدُّث مع أطفالنا وأصدقائنا المُقرَّبين. لقد كان المنتقدون على حقٍّ بالطبع. فنحن نقضي وقتًا طويلًا جدًّا في التحدُّث إلى أصوات غير مُجسَّدة عبر الأثير، ولا نتحدث مع أطفالنا بما فيه الكفاية، ولكننا نحب التليفون ونستخدمه أحيانًا في التحدث مع أطفالنا. وقد قرر الناس، وليس كُتَّاب الأعمدة، لأنفسهم أنهم يريدون هذه التكنولوچيا الجديدة. في المستقبل، حيث ستصبح الأشكال الراديكالية من التكنولوچيا التي يمكن أن تحسِّنَ الإنسانَ مُتاحةً، سوف يقرِّر الناس لأنفسهم إلى أي مدى يأخذون بها. والطريقة الوحيدة التي يجب أن تدخل بها هذه التكنولوچيات المثيرة للجدال هي النقاش الديمقراطي. (تصوَّرْ، للحظة، شخصًا من عصر محاكم التفتيش يزور عالمنا المعاصر. قادِمًا لتوِّه من حرق الساحرات وتعذيب المهرطقين، ربما يدين الحضارة بوصفها تجديفًا). إن ما يبدو غير أخلاقي اليوم قد يبدو عاديًّا جدًّا في المستقبل.

في كل الأحوال، إذا كان لنا أن نستكشف الكواكب والنجوم، سوف يكون علينا أن نحسِّن أنفسنا لكي نعيش مدة الرحلة. ولما كانت هناك حدود لمدى قدرتنا على استصلاح كوكب بعيد، سوف نحتاج لتكييف أنفسنا مع الأغلفة الجوية ودرجات الحرارة والجاذبية المختلفة. ومن ثم، فإن التحسين الچيني والميكانيكي سوف يكون ضروريًّا.

ولكننا حتى الآن، ناقشنا إمكانات تحسين البشرية. ماذا يحدث عندما نستكشف الفضاء الخارجي ونواجه أشكال حياة ذكية مختلفة تمامًا عنَّا؟ زِدْ على ذلك، ماذا سيحدث لو قابلنا حضاراتٍ سبقتنا بملايين السنين في التكنولوچيا؟

ولو أننا لم نقابل حضارات متقدِّمَةً في الفضاء الخارجي، كيف قد تكون حضارتنا نحن؟ على الرغم من أنه من غير الممكن التنبؤ بثقافة وسياسة ومجتمع حضارة متقدِّمة، هناك شيء واحد لا بُدَّ تمتثل له أي حضارة ولو مغايرة، وذلك هو قوانين الطبيعة. إذًا، ماذا تقول لنا الطبيعة عن مثل هذه الحضارات المتقدِّمة؟

"في الأَصْـلِ، كُنـتَ طينًـا. وبَعْـدَ أَنْ أَصبَحـتَ جَـمادًا صِرْتَ نَباتًـا، ومِـنَ النَّبـاتِ صِرْتَ حَيوانًـا، ومِـنْ حَيـوانٍ صِرْتَ إنسـانًا... وعَلَيْـكَ أَنْ تَذْهَـبَ عَـبْرَ مائِـةٍ مِـنَ العَوالِـمِ المُخْتَلِفَـةِ. هُنـاكَ، يوجَـدُ أُلـوفُ الأَشْـكالِ مِـنَ العَقْـلِ".

"جلال الدين الرُّومي"

"لَـو أَنَّكُـم هَدَّدْتُـم بِنَـشْرِ عُنْفِكُـم؛ فـإنَّ أَرْضَكُم هَـذِه سَـوفَ تَتَحوَّلُ إلى جَمْـرَةٍ مُتَّقِـدَةٍ. إنَّ اختيارَكُـم بَسـيطٌ: انْضَمُّـوا إلَيْنـا وعِيشـوا في سَـلامٍ، أَو اتَّبِعـوا مَسـارَكُم الحـالي وواجِهـوا الإبـادَةَ. سَـوفَ نَكـونُ في انْتظـارِ إجابَتِكُـم. القَـرارُ يَظَـلُّ قَرارَكُـم".

KLAATU "كلاتو"

كائِنٌ فضائِيٌّ في فيلم

The Day the Earth Stood Still

الفصل الثاني عشر

البَحْثُ عَنْ حَياةٍ خارِجَ الأَرْضِ

ذاتَ يومٍ، وصلَت الكائِناتُ الفضائيَّة.

وصلوا من أراضٍ بعيدة لم يسمع عنها أحدٌ قط، مستخدمين تكنولوچيا تنتمي لعالم الأحلام. أتوا بدروع وتروس أقوى من أي شيء رأيناه من قبل. كانوا يتحدثون لغة غير معروفة وأحضروا معهم وحوشًا غريبة.

الجميع كانوا يتساءلون، مَن هم؟ من أين أتوا؟

البعض قال إنهم رسل من النجوم.

آخرون همسوا بأهم يشبهون الآلهة في السماء.

للأسف، كانوا جميعًا على خطأ.

كانت السنة المشؤومة 1519، عندما التقى "مونتيزوما" Montezuma "هرنان كورتس" Hernán Cortés واصطدمت الإمبراطوريتان، الأزتية والإسبانية. "كورتس" وغُزاتُه لم يكونوا رُسُلًا من لَدُنْ الآلِهَة ولكن سفَّاحين يشتهون الذهب وكل ما يستطيعون أن ينهبوه. لقد احتاجت الحضارة الأزتية ألوفًا من السنين لكي تبرز

مـن الغابـة، ولكـن، لكونهـا مُسـلَّحة فقـط بتكنولوچيـا العـصر البرونـزي؛ سُـحِقَت وتَحطَّمَـت بفعـل الجنـود الإسـبان في مَحْـضِ أشـهر.

حيـث نرتحـل إلى الفضـاء الخارجـي، هنـاك درس واحـد لا بُـدَّ أن نتعلمـه مـن هـذا المثـال المأسـاوي، وهـو أن نكـون حَذِريـن. "الأزتيـك" -في النهايـة- ربَّمـا كانـوا متأخِّريـن تكنولوچيًّـا عـن غُزاتِهـم الإسـبان بقـرون قليلـة. ولـو واجهنـا نحـن حضـارات أخـرى في الفضـاء، فقـد يكونـون متقدِّمـين جـدًّا عنَّـا لدرجـة أننـا لا نسـتطيع إلا أن نتصـور القـوة التـي يملكونهـا. ولـو دخلنـا في حـرب مـع حضـارة بمثـل هـذا التقـدُّم، فقـد يكـون الأمـر شـبيهًا بلقـاء "كينـج كونـج" King Kong مـع سـنجاب.

عـالم الفيزيـاء "سـتيڤن هوكنـج" حـذَّر قائِـلًا: "علينـا فقـط أن ننظـر لأنفسـنا لـكي نـرى كيـف يمكـن أن تتطـوَّر حيـاةٌ ذَكيَّـةٌ إلى شيء لا نريـد أن نقابلـه". وفي إشـارة إلى نتائـج لقـاء "كريسـتوفر كولومبـس" Christopher Columbus بسـكَّان أمريـكا الأصليـين، يَخْلُـصُ إلى أن "ذلـك لم يَنْتَـهِ نهايـة حسـنة". أو كـما يقـول عـالم بيولوچيـا الفضـاء "داڤيـد جرينسـبون": "لـو كنـتَ تعيـش في غابـة مليئـة بالأسـود الجائعـة، فهـل تهبـط مـن عـلى شـجرتك صائِحًـا: (هـا أنـا ذا؟)".

ولكـن أفـلام هوليـود غسـلت مُخَّنـا حتـى جعلتنـا نعتقـد أننـا نسـتطيع أن نهـزم الكائنـات الفضائيـة الغازيـة لـو كانـوا متقدِّمـين عَنَّـا تكنولوچيًّـا بعـدَّة عقـود أو عـدَّة قـرون. وهوليـود تفـترض أننـا نسـتطيع أن نفـوز باسـتخدام حيلـة ماهـرة بدائيـة. في فيلـم "يـوم الاسـتقلال" Independence Day، كل مـا كان علينـا أن نفعلـه هـو أن نحقـن ڤيروس كمبيوتـر بسـيط في نظـام تشـغيلهم لـكي نجعلهـم يركعـون عـلى رُكَبِهم، كـما لـو أن الكائنـات الفضائيـة تسـتخدم مايكروسـوفت ويندوز.

حتـى العلـماء يقعـون في تلـك الأخطـاء، مسـتهزئين بفكـرة أن حضـارة كائنـات فضائيـة متقدمـة تعيـش عـلى بُعْـدِ عـدة سـنوات ضوئيـة يمكـن حتـى أن تزورنـا. ولكـن هـذا يفـترض أن حضـارات الكائنـات الفضائيـة متقدِّمـة عنَّـا تكنولوچيًّـا بعـدة قـرون. فـماذا يحـدث لـو أنهـم كانـوا متقدِّمـين عنَّـا بملايـين مـن السـنين؟ إن مليـون عـام لا تمثِّـل أكـثرَ مـن غمضـة عـين بالمعايـير الكونيـة. إن قوانـين جديـدة في الفيزيـاء وتكنولوچيـات جديـدة سـوف تنفتـح أمامنـا عندمـا نتأمـل هـذه الآمـاد الزمنيـة التـي لا تُصـدَّق.

أنا شخصيًا أعتقد أن أي حضارة متقدِّمة في الفضاء سوف تكون سلميَّةً. فهم سيكونون سابقينا بدهور، وهو وقت كافٍ لهم لأن يحلُّوا الصراعات الطائفية والقَبَليَّة والعِرقيَّة والأصولية. ولكننا يجب أن نكون مستعدِّين إذا لم يكونوا كذلك. فبدلًا من محاولة التواصل وإرسال إشارات بالراديو إلى الفضاء لكي نعلن عن وجودنا لأي حضارة فضائية، قد يكون الأكثر حصافة أن ندرسهم أوَّلًا.

وأنا أعتقد أننا سوف نتواصل مع حضارةٍ خارج الأرض، ربما في وقت ما من هذا القرن. وبدلًا من أن يكونوا غُزاةً مُنعدمي الرحمة، قد يكونوا خيِّرين راغبين في أن يشاركونا تكنولوچياتهم. إن هذه سوف تكون واحدةً من أهم نقاط التحوُّل في التاريخ، تُقارَن باكتشاف النار. وقد تُحدِّد مسارَ الحضارة الإنسانية لقرون في المستقبل.

البَحثُ عن ذَكاءٍ خارِجَ الأَرضِ

بعض علماء الفيزياء نشطوا في محاولة لحسم هذه القضية عن طريق تسخير التكنولوچيا الحديثة في مسح السماء؛ بحثًا عن علامات على حضارات متقدِّمة في الفضاء. وهذا يُسمَّى (البحث عن ذكاء خارج الأرض)، ويتضمَّن مسح السماء بواسطة أقوى تلِّسكوبات الراديو التي نملكها للاستماع إلى أي بَثٍّ من حضارات الكائنات الفضائية.

حاليًا، وبفضل المساهمات السَّخيَّة من "بول ألين" Paul Allen، أحد مؤسِّسي مايكروسوفت، وآخرين، يقوم معهد "البحث عن ذكاء خارج الأرض" SETI Institute بإنشاء 42 تليسكوب راديو على أحدث ما توصَّل إليه العلم في "هات كريك" بكاليفورنيا على بعد حوالي 300 ميل شمال شرق سان فرانسسكو، لمسح مليون نجم. وأخيرًا، قد يكون لدى "هات كريك" 350 تلسكوب راديو لمسح تردُّدات الراديو من واحد إلى عشرة جيجا هرتز.

ولكن العمل في مشروع البحث عن ذكاء خارج الأرض هو في الغالب مَهمَّة صعبة، حيث يتسوَّل المانحين الأغنياءَ والمساهمين الحَذرين لكي يُموِّلوا المشروع. الكونجرس أبدى اهتمامًا فاتِرًا، وأخيرًا انسحب من كلِّ التمويل في 1993، مُعتَبِرًا إيَّاه

تبديدًا لأموال دافعي الضرائب. (سنة 1978، تَهكَّم السيناتور "وليم بروكسيمايير" Senator William Proxmire على المشروع بمنحه الجائزة سَيِّئَة السُّمعَة التي يمنحها تحت اسم الجائزة الذهبية في التبذير).

بعض العلماء (لإحباطهم من الافتقار إلى التمويل) طلبوا من الجمهور أن يساهم مباشرةً من أجل توسيع نطاق هذا البحث. في جامعة كاليفورنيا بباركلي، أنشأ علماء الفلك SETI@home، في جهد لحشد ملايين من الهُواةِ على شبكة الإنترنت للمساهمة في البحث. أي شخص يستطيع أن يشارك. وما عليك إلا أن تُنزِلَ "السوفت وير" من موقعهم الإلكتروني. ثم أثناء الليل، بينما أنت نائِمٌ، سيبحث حاسوبك خلال جبل البيانات التي جمعوها، على أمل العثور على تلك الإبرة في كومة القش.

دكتور "سيث شوستاك" Seth Shostak من معهد البحث عن ذكاء خارج الأرض في "ماونتن ڤيو" بكاليفورنيا، الذي قابلتُه في عدد من المناسبات، يعتقد أننا سوف نجري اتصالًا مع حضارة كائنات فضائية قبل 2025. وقد سألته كيف يكون واثِقًا هكذا. ففي نهاية الأمر، عقود من العمل الشاق لم تُؤدِّ إلى إشارة مؤكَّدَة واحدة من حضارة كائنات فضائية. وفوق ذلك، استخدام تليسكوب الراديو في التسمُّع لمحادثات كائنات فضائية هو نوع من المقامرة؛ حيث قد تكون الكائنات الفضائية لا تستخدم الراديو. ربما يستخدمون تَردُّدات مختلفة تمامًا، أو يستخدمون أشعة الليزر، أو أسلوب غير متوقَّع تمامًا للاتصال لم نفكر نحن فيه. وقد أَقرَّ بأن كل هذا ممكن. ولكنه كان واثقًا من أننا سوف نجري قريبًا جدًّا اتصالًا مع حياة لكائنات فضائية. لقد تبنَّى معادلة "دريك".

سنة 1961، "فرانك دريك" Frank Drake، لعدم رضاه عن كل التخمينات بشأن كائنات فضائية؛ حاول أن يحسب احتمالات اكتشاف مثل هذه الحضارة. على سبيل المثال، نستطيع أن نبدأ بعدد النجوم في مجرَّة درب اللبانة (حوالي مائة بليون نجم)، ثم نحسب نسبة النجوم التي تدور حولها كواكب، ثم نسبة الكواكب التي بها حياة، ثم نسبة الكواكب التي عليها حياة ذكية، وهكذا دواليك. وبضرب سلسلة من هذه الكسور ببعضها؛ يكون لدينا رقم تقريبيٌّ للعدد المحتمل من الحضارات المتقدِّمة في المجرَّة.

عندما اقترح فرانك دريك صيغته في البداية، كان هناك كثير من المجاهيل لدرجة أن النتائج النهائية كانت تخمينية جدًّا. والتقديرات لعدد الحضارات في المجرَّة تراوَحَت بين عشرات الألوف والملايين.

ولكن الآن، مع فيض الكواكب الخارجية المكتَشَفة في الفضاء، يستطيع المرء أن يضع تقديرًا أكثر واقعية بكثير. والأخبار السارة هي أنه في كل عام، يقوم العلماء بتضييق المكوِّنات المختلفة في "معادلة دريك". فنحن الآن نعرف أن واحدًا على الأقل من كل خمسة نجوم شبيهة بالشمس في مجرَّة درب اللبانة تدور حوله كواكب شبيهة بالأرض. وطبقًا للمعادلة، لدينا أكثر من عشرين بليون كوكب شبيه بالأرض في مجرتنا.

تعديلات كثيرة أُدخِلَت على "معادلة دريك"؛ فالمعادلة الأصلية كانت ساذجَةً جدًّا. وكما رأينا، نحن نعرف الآن أن الكواكب الشبيهة بالأرض يجب أن تكون مصحوبة بكواكب في حجم المشترى في مدارات دائرية لكي تقضي على إمكانية وجود الكويكبات والحطام التي يمكن أن تدمِّر الحياة. ولذلك؛ علينا أن نخفض رقم الكواكب الشبيهة بالأرض إلى تلك التي لديها جيران بحجم المشترى. الكواكب الشبيهة بالأرض يجب أيضًا أن تكون مصحوبة بأقمار كبيرة لكي تثبت سرعة دورانها، وإلا سوف أخيرًا تتذبذب، وربما تنقلب بعد ملايين من السنين. (لو كان القمر صغيرًا، مثل كويكب، لكانت سرعة دوران الأرض شهدت اضطرابات صغيرة تراكمت عبر الدهور، وفقًا لقوانين "نيوتن"، ولكانت الأرض أخيرًا تقلَّبَت. وهذا أمر كارثي بالنسبة للحياة، حيث تكون هناك زلازل عملاقة، وتسونامي ضخمة، وثورات بركانية رهيبة، حيث تبدأ قشرة الأرض في التفكُّك. ولكن قمرنا كبير بما يكفي لِئلَّا تتراكم تلك الاضطرابات. ولكن المريخ، بأقماره الصغيرة، ربما يكون تقلب في الماضي البعيد).

العلم الحديث أعطانا مُحيطًا من البيانات الملموسة عن عدد الكواكب الموجودة القادرة على إنتاج حياة، ولكنه أيضًا اكتشف كثيرًا جدًّا من الطرق التي يمكن بها أن تنمحي بها هذه الحياة من خلال كوارث وحوادث طبيعية. لقد كانت هناك مرَّات كثيرة في تاريخ الأرض انمحت فيها تقريبًا الحياةُ الذكية من خلال كوارث طبيعية (مثل اصطدام كويكبات، عصور جليدية على مستوى

الكوكب، ثورات بركانية). وهناك سؤال أساسي عن النسبة المئوية للكواكب التي كان عليها حياة بالفعل من بين الكواكب التي واجهت هذه المعايير، وما النسبة المئوية للكواكب التي اجتازت الكوارث الكوكبية وأنتجت حياةً ذكية. ومن ثمَّ، نحن لا نزال بعيدين جدًّا عن تقدير دقيق لعدد الحضارات الذكية في المجرَّة.

أَوَّلُ اتِّصالٍ

سألتُ دكتور "شوستاك" عمَّا يحدث لو أَتَت كائناتٌ فضائية إلى الأرض. هل يدعو الرئيس لاجتماع عاجل مع هيئة الأركان المشتركة؟ وهل تصدر الأمم المتحدة بيانًا يرحِّب بالكائنات الفضائية؟ ما هو البروتوكول عندما نجري أول اتصال؟

كانت إجابته مدهشة: أساسًا، لا يوجد بروتوكول. العلماء يعقدون مؤتمرات يناقشون فيها هذا الأمر، ولكنهم يضعون اقتراحاتٍ غيرَ رسميةٍ فقط، ليس لها وزنٌ رسميٌّ. لا توجد حكومة تأخذ هذه القضية مأخذَ الجدِّ.

على أيِّ حال، الاتصال الأول يُرجَّح أن يكون حديثًا في اتجاه واحد، مع وجود جهاز استشعار على الأرض يلتقط رسالةً شاردة من كوكب بعيد. ولكن هذا لا يعني أننا نستطيع أن نؤسِّس اتصالًا معهم؛ فمثل هذه الإشارة قد تأتي من نظامٍ نجميٍّ يبعد -على سبيل المثال- بخمسين سنة ضوئية عن الأرض، ومن ثم فإن الرسالة سوف تستغرق مائة عام لكي تُرسل إلى هذا النجم ثم يعود الرد إلى الأرض، وهذا يعني أن الاتصال مع حياة خارج الأرض في الفضاء سوف يكون بالغَ الصعوبة.

وبافتراض أنهم ذات يوم استطاعوا أن يصلوا إلى الأرض، فهناك سؤال أكثر عملية: كيف نتحدَّث إليهم؟ ما نوع اللغة التي سوف يتحدَّثون بها؟

في فيلم "الوصول" Arrival، أرسلَت الكائنات الفضائية سُفُنَ فضاءٍ ضخمة تحوم بشكل مُزعِجٍ فوق دُوَلٍ مُتعدِّدة. عندما يدخل آدميون إلى هذه السفن، تقابلهم كائنات فضائية تشبه حيوانات حبَّارٍ ضخمة. محاوَلَةُ التفاعُلِ معهم صَعبةٌ، حيث إنهم يتواصلون عن طريق خربشة علاماتٍ غريبةٍ على شاشة، يُكافِحُ اللغويون لترجمتها. وتحدث أزمة عندما تخطُّ الكائنات كلمةً يمكن أن

تُقرَأ "أداة" أو "سلاح". ونتيجة للتشوُّش الذي يُحدِثُه هذا الالتباس؛ تضع القوى النووية أسلحتها في حالة تأهُّبٍ قصوى. ويبدو أن حربًا بين الكواكب على وشك الاندلاع، وكل ذلك بسبب خطأ لغوي بسيط.

(في الواقع، أي كائنات فضائية متقدِّمة بما يكفي لإرسال سفن فضاء إلى الأرض، سيكون من المحتمل أنها راقَبَت إشاراتِنا التليفزيونية والإذاعية وفَكَّت شفرة لغتنا مُسبَقًا، وبالتالي هم لن يكونوا مضطرِّين للاعتماد على لغويِّين من الأرض. ولكن في كل الحالات، لن يكون من الحكمة أن نبدأ حربًا بين الكواكب مع كائنات فضائية ربما تكون متقدِّمَةً عنَّا بألوف السنين).

ماذا يحدث لو أن الكائنات الفضائية لديها إطار مرجعي مختلف تمامًا في لغتها؟

لو كانت الكائنات الفضائية مُنحدِرَةً من جنس من الكلاب الذكية، سوف تعكس لغتهم روائح وليس صورًا مرئية. ولو أنهم مُنحَدِرون من طيور ذكية؛ فقد تكون لغتهم قائمة على نغمات مُعقَّدة. ولو أنهم كانوا منحدرين من خفافيش أو دلافين؛ فقد تستخدم لُغَتُهم موجاتٍ صوتية. ولو أنَّهم منحدرون من حشرات؛ فقد يتبادلون الإشارات مع بعضهم البعض بواسطة "فيرومونات" Pheromones.

والواقع، أننا عندما نُحلِّل أمخاخ هذه الحيوانات، نرى كم هي مختلفة عن أمخاخنا. فبينما جزء كبير من مُخِّنا مُكرَّسٌ للرؤية واللغة، فإن أمخاخ الحيوانات الأخرى مُكرَّسة للرائحة والصوت.

بتعبير آخر، عندما نقوم بأول اتصال مع حضارات فضائية، لا نستطيع أن نفترض أنهم يفكرون ويتصلون بطريقتنا.

كَيْفَ يَبْدونَ؟

عند مشاهدة فيلم خيال علمي، تأتي لحظة التنوير في الغالب عندما نرى أخيرًا الكائنات الفضائية. (الواقع أن إحدى السِّمات المُحبِطَة في فيلم "الاتِّصال" Contact [الجيد رغم ذلك] كانت أننا -بعد تصاعُدٍ دراميٍّ كبير- لم نَرَ الكائنات الفضائية نفسها مُطلَقًا). ولكن في مسلسل Star Trek، بَدَت كل الكائنات الفضائية

شبيهةً بنا تمامًا، وتتحدَّث مثلنا تمامًا، جميعها يتحدَّث إنجليزيَّةً أمريكية سليمة. الشيء الوحيد المختلف فيهم هو أن لهم نَمطًا مختلِفًا من الأنوف. والأكثر خيالية هي الكائنات الفضائية في فيلم Star Wars، التي بَدَت شبيهةً بحيوانات وحشيَّةٍ أو أسماك، ولكنها دائمًا تأتي من كواكب يتنفَّسون فيها الهواء وذات جاذبية شبيهة بجاذبية الأرض.

بداية، يستطيع المرء أن يقول إن الكائنات الفضائية يمكن أن تشبه أي شيء نريده، حيث إننا لم نُجْرِ أيَّ اتصال معهم من قبل. ولكن هناك مَنطقًا مُعيَّنًا يُرجَّح أن يتبعوه. وعلى الرغم من أننا لا نستطيع أن نكون متأكِّدين، فإن هناك احتمالًا كبيرًا لأن تكون الحياة في الفضاء الخارجي بدأت في المحيطات وأنها مكوَّنة من جزيئات أساسها الكربون. مثل هذه الكيمياء ملائِمَةٌ بشكل مثاليٍّ للوفاء بمعيارَيْن حيويَّيْن للحياة: القُدرَة على تخزين كمية كبيرة من المعلومات؛ بسبب بنيتها الجزيئية المُعقَّدة، والقدرة على التكاثر الذاتي. (الكربون يحتوي على أربع روابط ذَرِّيَّة؛ ما يسمح بتكوين سلاسل هيدروكربونية طويلة تحتوي على بروتينات وحمض نووي. سلاسل الكربون الطويلة هذه تحتوي على شفرة في ترتيب ذراتها. وتوجد هذه السلاسل على هيئة ضفيرتين يمكنهما الانفصال، ومن ثم تجميع جزيئات من أجل تكوين نُسَخٍ من نفسها طبقًا لهذه الشفرة).

فرع جديد من الكيمياء وُلِدَ حديثًا، يُسمَّى "إكسوبيولوچي" Exobiology، ليدرس الحياة في العوالم البعيدة ذات النظم الإيكولوچية المختلفة عن تلك الموجودة على الأرض. وحتى الآن، يلاقي المتخصِّصون في هذا العلم صعوبةً في محاولة إيجاد سبيل لخلق أشكال من الحياة غير قائمة على الكيمياء الكربونية التي تعطينا جزيئات غنية ومتنوعة. أشكال من الحياة كثيرة ممكنة أخرى وُضِعَت في الاعتبار، مثل مخلوقات ذكية شبيهة بالبالونات تطفو في الغلاف الجوي للعمالقة الغازية، ولكن من الصعب ابتداعُ كيمياء واقعية تجعل مثل هذه المخلوقات مُمكِنَةً.

عندما كنتُ طفلًا، كان أحد أفلامي المفضَّلة "الكوكب المحرَّم" Forbidden Planet، الذي علَّمني درسًا علميًّا قَيِّمًا. في عالم بعيد، ارتعب رواد الفضاء من مسخٍ ضخم يقوم بقتل أعضاء الطاقم. أحد العلماء قام بِصُنْعِ قالب من الجِصِّ

لآثار قَدَمَيْه على التربة. وقد صُدِمَ ممَّا وجده. لقد اكتشف أن قَدَمَيْ المسخ تخرقان كلَّ قوانين التَّطوُّر: المخالب، الأصابع، العظام، كلُّها مرتَّبة بطريقة لا منطق لها.

هذا شَدَّ انتباهي: مسخٌ يخرق كل قوانين التطوُّر؟ كان هذا مفهومًا جديدًا بالنسبة لي، حيث إن كل المسوخ والكائنات الفضائية لا بُدَّ أن تتبع قوانين العلم. فقد كنت أعتقد فيما سبق أن المسوخ لا بُدَّ فقط أن تكون مُتوحِّشَةً وقبيحة. ولكن المنطق السليم يقتضي أن المسوخ والكائنات الفضائية لا بُدَّ أن تخضع للقوانين الطبيعية ذاتها التي نخضع نحن لها. إنهم لا يعيشون في فراغ.

على سبيل المثال، عندما أسمع عن مَسخٍ "لوتش نيس"Loch Ness monster[1]، لا بُدَّ أن أتساءَل عن عدد أفراد جِنْسِ هذا المخلوق. لو أن مخلوقًا في حجم الديناصور يمكن أن يوجد في تلك البحيرة، يجب أن يكون جزءًا من جنس مُعيَّن ربما يبلغ عدد أفراده خمسين مخلوقًا أو نحو ذلك. في مثل هذه الحالة، يجب أن يوجد دليل على وجود هذه المخلوقات بسهولة (في شكل عظام، أو بقايا جثث فرائسه، أو فضلاته، إلخ...). إن عدم اكتشاف مثل هذا الدليل يلقي الشَّكَّ على وجودها.

على نحو مُشابِهٍ، يجب على المرء أن يكون قادرًا على تطبيق قوانين التطوُّر على الكائنات الفضائية. فمن المستحيل أن تقول بالتحديد كيف يمكن أن تنشأ حضارة في كوكب بعيد. ولكننا نستطيع أن نقوم ببعض الاستدلالات بناء على تطوُّرنا. فعندما نحلِّل كيف اكتسب الإنسانُ الأوَّلُ الذكاءَ، نستطيع أن نرى ثلاثة مُكوِّنات على الأقل كانت أساسيَّةً لنشوئنا من المستنقعات:

1. شكلٌ ما من الأَعْيُنِ ثلاثيَّة الأبعاد:

بشكل عام، المفترِسون أذكى من الفرائس. فلكي يستطيع المرء أن يصطاد بكفاءة؛ عليه أن يكون مُتمكِّنًا من التخفِّي والمكر والاستراتيجية والتمويه والخداع. يجب على المرء أيضًا أن يعرف عادات الفريسة، أين تتناول غذاءها، ما نقاط ضعفها، ما وسائل دفاعها. كل هذا يحتاج لشيء من قوة المخ.

---

(1) مسخ "لوتش نيس" Loch Ness monster: مخلوق يُقال إنه يسكن بحيرة لوتش نيس باسكتلندا، ويوصف بأنه ضخم الحجم، وله رقبة طويلة، وسنامٌ واحد -أو أكثر- يبرز من مياه البحيرة- المترجم.

على الجانب الآخر، كل ما على الفريسة أن تفعله هو الجري.

هذا ينعكس على عيونها؛ فالحيوانات الصَّيَّادَةُ -مثل النمور والثعالب- لها عيون في مقدِّمة وجهها، تعطيها رؤية مُجسَّمة، حيث يقارن المخُّ الصُّورَ الآتية من العين اليسرى بالآتية من العين اليمنى. وهذا يسمح لها بتقدير المسافة، الذي هو أساسي في تحديد موقع الفريسة. ولكن، الفريسة لا تحتاج لرؤية مجسَّمة؛ فكل ما تحتاجه هو رؤية بـ ٣٦٠ درجة؛ للبحث عن وجود الحيوانات المفترسة؛ ولهذا لديها عينان على جانبي وجهها، مثل الغزلان والأرانب.

مع كل الاحتمالات، الكائنات الفضائية الذكية سوف تكون منحدرةً من كائنات مفترسة كانت تصطاد للحصول على طعامها، وهذا لا يعني بالضرورة أنها سوف تكون عدوانيَّةً، ولكنه يعني أن أسلافها في زمن قديم جدًّا كانت مُفتَرِسَةً، وقد يكون علينا أن نكون حَذِرين.

2. نوعٌ ما من الإبهام القابل للفرد والضَّمِّ، أو أطراف قابضة:

من السمات المميِّزة للأنواع التي تستطيع أن تُنمِّي حضارةً ذكيَّةَ القدرة على التحايل على الطبيعة. بخلاف النباتات، التي تحت رحمة التغيُّرات في البيئة المحيطة بها، الحيوانات الذكية تستطيع أن تُشكِّل بيئتها لتزيد فرصها في البقاء على قيد الحياة. الشيء الذي يميِّز الإنسان هو الإبهام القابل للفرد والضَّمّ، الذي يعطينا القدرة على استخدام أيادينا في استغلال الأدوات. سابقًا، كانت الأيدي تُستَخدَمُ أساسًا في التأرجح من الأغصان، والقوس الذي تخلقه السَّبَّابة والإبهام هو بالتقريب حجم غصن شجرة في أفريقيا. (هذا لا يعني أن الإبهام القابل للفرد والضمّ هو فقط الأداة القابضة التي يمكن أن تؤدِّي إلى الذكاء. المخالب والكَلَّابات أيضًا قد تكون كافية).

وهكذا، فإن الجمع بين الخاصِّيَّتَيْن الأولى والثانية يعطي الحيوان القدرة على استخدام التنسيق بين اليد والعين لصيد الفريسة وللتعامُل مع الأدوات، ولكن الخاصية الثالثة هي التي تربط الكل معًا.

3. اللغة:

بين معظم الأنواع، أي درس قد يتعلَّمه فردٌ يموت مع هذا الحيوان. من أجل نقل وتراكم المعلومات الأساسية من جيل إلى جيل، يكون نوعٌ من اللغة بالِغَ الأهمِّية، وكلَّما كانت اللغة مُختَصَرةً، كان من الممكن نقل معلومات أكثر بين الأجيال.

كَوْنُ الكائن صيَّادًا يساعد في تعزيز تطوُّر اللغة؛ لأن عُصبةً من الحيوانات المفترسة تكون في حاجة للاتصال والتنسيق بين بعضها البعض. واللغة مفيدة في المقام الأول لعصبة من الحيوانات. فبينما حيوان صيَّادٌ منفرد يمكن أن يُحطِّمَه "ماستودون"Mastodon[1]، فإن عصبة من الحيوانات الصيادة تستطيع أن تتربَّص، وتحاصر، وتنصب الشِّراكَ، وتصطاد، وتوقع بماستودون. أَضِفْ إلى ذلك، أن اللغة بالضرورة ظاهرةٌ اجتماعية تسرِّع تَطوُّرَ التعاون بين الأفراد. وقد كان هذا مُكوِّنًا أساسيًّا في نشوء الحضارة الإنسانية.

لقد أعددتُ مثالًا بالرسم البياني للجوانب الاجتماعية لِلُّغة عندما كنت أسبح في حوض سباحة مليء بالدلافين اللعوبة لبرنامج مع قناة "ديسكفري". وكانت توجد في الحوض أجهزةُ استشعار سجَّلَت الزقزقة والصفير الذي استعملوه للاتصال ببعضهم البعض. وعلى الرغم من أنها لا تملك لُغةً مكتوبة، فقد كان لديها لغة مسموعة أمكن تسجيلها وتحليلها.

ثم باستخدام الكمبيوتر، يستطيع المرء أن يبحث عن الأنماط التي تشير إلى الذكاء. على سبيل المثال، لو قُمنا بتحليلات عشوائية للغة الإنجليزية، سنجد أن الحرف e هو الحرف الأكثر شيوعًا في الأبجدية الإنجليزية. بعد ذلك، يستطيع المرء أن يضع قائمة بالحروف ويحلِّل تكرار استخدام كل منها، وصولًا إلى "بصمة" لتلك اللغة أو لشخص معيَّن. (يمكن استخدام هذا النهج لتقصِّي تأليف نصوص تاريخية؛ لكي نبيِّن على سبيل المثال، أن شكسبير هو بالفعل الذي كتب مسرحياته).

على نحو مُشابِهٍ، يستطيع المرء أن يسجل الاتصالات بين الدلافين ويكتشف أن تكرار زقزقاتها وصفيرها يتبع صيغة رياضية.

---

(1) ماستودون Mastodon: حيوان منقرض ضخم الحجم يمتُّ بِصِلَةٍ بعيدة للأفيال. انقرض قبل نحو 10,000 عام- المترجم.

بعد ذلك، يستطيع المرء أن يحلِّل لغة عدد من الأنواع، مثل الكلاب والقطط، ويجد علامة مشابهة ذات دلالة على الذكاء.

ولكن، عندما حلَّلنا أصوات الحشرات، وجدنا دليلًا أقلَّ وأقلَّ على الذكاء. والنقطة هي أن الحيوانات تمتلك لغةً بدائيَّةً، والكمبيوتر يستطيع أن يحسب تَعَقُّدَها رياضيًّا.

تَطوُّرُ الذَّكاءِ على الأَرضِ

إذًا، إذا كان من الضروري تَوَفُّر ثلاث خصائص ضرورية على الأقل لتطوُّر حياة ذكية، نستطيع أن نتساءل: كم من الحيوانات على الأرض يمتلك ثلاثتها؟ إننا نجد أن الكثير من الحيوانات المفترسة ذات الرؤية المجسَّمة لديها مخالب أو كفوفٌ أو أنياب أو كلَّابات، ولكنها تفتقر للقُدرَة على القبض على الأشياء. وعلى نحو مُشابِهٍ، لا يمتلك أيٌّ منها لُغةً راقية تسمح له بأن يصطاد، ويتشارك المعلومات مع الآخرين، ويورث المعلومات للجيل التالي.

نستطيع أيضًا أن نقارن تطوُّرَ وذكاء الإنسان بتطوُّر وذكاء الديناصورات. وعلى الرغم من أن فهمنا لذكاء الديناصورات محدودٌ جدًّا، فمن المعتقد أنها هَيْمَنَت على الأرض لحوالي مائتي مليون عام، ولكن أيًّا منها لم يصبح ذكيًّا أو يُطوِّر حضارة ديناصورات، ما استلزم من الإنسان حوالي مائتي ألف عام فقط.

ولكن، لو حلَّلنا مملكة الديناصورات بعناية، سوف نرى علامات على الذكاء الذي ربما كان مزدهرًا. على سبيل المثال، ديناصورات "ڤيلوسيرابتور"Velociraptors[1]، المُخلَّدة في فيلم "چوراسيك بارك" Jurassic Park، ربما كان يمكن أن تصبح ذكيَّةً بمرور الوقت؛ فقد كان لها عيون ثُلاثيَّةُ الأبعاد مثل التي لدى الحيوان الصائد. كانت تقوم بالصيد في جماعات، وهو ما يعني أنها ربما كان لديها نظام للاتصال ببعضها لتنسيق الصيد. وكان لديها مخالب للقبض على الفريسة، التي كان يمكن أن تتطوَّر إلى إبهامٍ قابِلٍ للفَرْدِ والطَّيِّ. (على العكس، أطراف ديناصور "تيرانوسورس ريكس" Tyrannosaurus rex، كانت صغيرةَ الحجم، وربما اعتادت

(1) فيلوسيرابتور Velociraptor: نوع من الديناصورات عاش على الأرض قبل نحو 75 مليون عام- المترجم.

فقط على اقتناص اللحم بعد أن تكون عملية الصيد قد انتهت، ولا يبدو أنها كانت تستخدم القبض على الأدوات كثيرًا. وهذه الديناصورات بشكل خاص كانت بمثابة فمٍ متحرِّك).

الكائناتُ الفَضائيَّةُ في رِوايَةِ "صانِعِ النُّجوم"

ضمن هذا الإطار، نستطيع أن نحلِّل الكائنات الفضائية التي وصفت في رواية "صانع النجوم" Star Maker لـ "أولاف ستابليدون" Olaf Stapledon. بطل تلك القصة يقوم برحلة خيالية عبر الكون، مُواجِهًا عددًا كبيرًا من الحضارات. حيث نرى بانوراما للذكاء الذي يمكن أن يكون منتشرًا عبر نسيج مجرَّة درب اللبانة.

أحد أنواع الكائنات الفضائية تَطَوَّر على كوكبٍ ذي مجال مغناطيسي كبير. ومن ثَمَّ، بدلًا من أربع أرجل، كان لديها سِتُّ أَرجُلٍ لتتمكَّن من المشي. وفي النهاية، تطوَّرَت القدمان الأماميتان إلى يَدَيْن، حيث مكَّنَتاها من استخدام الأدوات. ومع مرور الوقت، تطوَّر هذا الحيوان إلى شيءٍ يشبه "القنطور"Centaur[1].

البطل يقابِل أيضًا كائنات فضائية تشبه الحشرات. وعلى الرغم من أن كل حشرة منفردة ليست ذكيَّةً، فإن تَجمُّعَ بلايين منها يخلق ذكاءً جماعيًّا. جنس شبيه بالطيور يطير في حشود ضخمة، تشبه سحابة، ولديها أيضًا عقل جماعي. ويقابل مخلوقات ذكية شبيهة بالنباتات، تكون خامِلَةً مثل النباتات أثناء النهار، ولكنها في الليل تستطيع أن تتحرَّك مثل الحيوانات. بل هو يقابل أشكالًا ذكية من الحياة تقع بالكامل خارج نطاق خبرتنا، مثل نجوم ذكية.

كثير من هذه الكائنات الفضائية يعيش في المحيطات. واحد من أكثر هذه الأنواع المائية نجاحًا يمثِّل تَكافُلًا بين نوعين مختلفين من الحياة، مثل سمكة وسلطعون. وحيث يتحرَّك السلطعون خلف رأس السمكة، يستطيعان أن يتنقلًا بسرعة مثل سمكةٍ، بينما يتعامل السلطعون مع الأدوات مُستخدِمًا مخالِبَه. هذا الاتحاد يعطيهما مَيزَةً ضخمةً حيث يصيران النوعَ المُهَيمِنَ على كوكبهما. وأخيرًا،

(1) قنطور Centaur: كائن أسطوري في الميثولوجيا الإغريقية. يُصَوَّر على هيئة مخلوق له من أعلى جسد إنسان ومن أسفل جسد وأرجل حصان- المترجم.

تغامر المخلوقات الشبيهة بالسلطعون بالانتقال إلى اليابسة، حيث تخترع آلات، وأجهزة كهربائية، وسفن فضاء صاروخية، ومجتمعًا طوباويًا قائمًا على الازدهار والعلم والتقدُّم.

هذه المخلوقات المتكافلة تطوِّر سُفُنًا نجمية وتواجه حضارات أقلَّ تقدُّمًا. ويكتب "ستابليدون": "هذا الجنس التكافُليُّ يُولي اهتمامًا كبيرًا لإخفاء وجوده عن الكائنات البدائية؛ خَشيةَ أن يَفْقِدَ استقلاله".

بتعبير آخر، على الرغم من أن أيًّا من السمكة والسلطعون على انفراد لم يستطع أن يتطوَّر إلى مخلوقٍ أسمى، فإن الاتحاد بينهما تمكَّن من ذلك.

ونظرًا لأن حضارات الكائنات الفضائية -إن وُجِدَت- قد تعيش تحت الماء في الأقمار المغطَّاة بالجليد (مثل يوروبا وإنسيلادوس) أو على أقمار كواكب شاردة، فإن السؤال يكون: هل حَقًّا يستطيع نوعٌ مائِيٌّ أن يصبح ذكيًّا؟

لو أننا حَلَّلنا محيطاتنا؛ سوف نجد مشكلات متعدِّدة. الزعانف أسلوب فائق الكفاءة للتنقُّل في المحيط، بينما الأقدام (والأيدي) ليست كذلك. إن الكائن يمكن أن يتنقَّل ويناور بسرعة كبيرة باستخدام الزعانف، بينما الحركة باستخدام الأقدام على قاع المحيط ستكون متخبِّطة وعسيرة. وليس من قبيل المفاجأة أننا نرى في المحيطات عددًا قليلًا من الحيوانات التي لها زوائِدُ يمكن أن تُستَخدَمَ في القبض على الأشياء. ولهذا؛ ليس من المُرجَّح أن تصبح الحيوانات ذات الزعانف ذكية (إلا إذا كانت الزعانف قد تطوَّرَت بشكلٍ ما لتستطيع أن تمسك بالأشياء، أو أن هذه الزعانف كانت بالفعل أذرعًا وأَرْجُلًا لحيواناتٍ من اليابسة انتقلت إلى المحيطات، مثل الدلافين والحيتان).

ولكن الأخطبوط حيوان ناجح جدًّا، وحيث عاش على الأقل ثلاثمائة مليون عام، ربَّما كان أذكى اللافقاريَّات. وعندما نحلِّل الأخطبوط وفقًا لمعاييرنا، نجد أنه يتمتَّع باثنين من هذه المعايير الثلاثة.

الأول، لكونه مُفترِسًا؛ لديه عَيْنَا صيَّادٍ. (ومع ذلك، فإن عينيه لا تركِّزان بشكل مُجسَّم نحو الأمام).

الثاني، أن أذرعه الثمانية تعطيه قدرة غير عادية على التعامل مع الأشياء في بيئته. هذه الأذرع تتمتَّع بمهارة جديرة بالملاحظة.

ولكن ليس لديه لُغَةٌ يتحدَّث بها. ولكونه صيَّادًا منفردًا؛ لا حاجةَ لديه للاتصال بالآخرين. كما أنه لا يوجد تفاعُلٌ بين الأجيال في حدود ما نعرف.

ومن ثم فإن الأخطبوط يكشف عن ذكاء معيَّن؛ ولديه سمعة سَيِّئَة؛ لقدرته على الهروب من أحواض عرض الأحياء المائية، مُستغِلًّا بالكامل مَيزَةَ جسمه الأملس للانضغاط خلال الشُّقوق الصغيرة. وهو يستطيع أيضًا أن يُبحِرَ عبر المتاهات، مُظْهِرًا امتلاكَه شكلًا ما من الذاكرة، ومن المعروف عنه استخدامه للأدوات. أحد الأخطبوطات كان قادرًا على انتزاع قشرة جوز الهند وإنشاء مأوى لنفسه.

إذًا، إذا كان لدى الأخطبوط ذكاءٌ محدود وأذْرُعُ مُتعدِّدة الاستخدامات، فلماذا لم يصبح ذكيًّا؟ من المفارقات أن هذه ربما تكون شهادة على نجاحه؛ فالاختفاء تحت صخرة والقبض على الفريسة بواسطة أذرعه استراتيجيَّةٌ ناجِحةٌ جدًّا؛ ولذلك كانت الأخطبوطات في غير حاجة لتنمية ذكاء. بتعبير آخر، لم يكن هناك ضغط تَطوُّريٌّ عليها لكي تُنمِّي ذكاءً أكبرَ.

ولكن، على كوكب بعيد، وفي ظل ظروف مختلفة، يستطيع المرء أن يتصوَّر أن مخلوقًا شبيهًا بالأخطبوط يمكن أن يطوِّرَ لُغةً من الشقشقة والصفير لكي يستطيع أن يصطاد في جماعات. ربما يمكن أن يتطوَّر منقار الأخطبوط ليعطي أساسيات اللغة. بل إن المرء يستطيع أن يتصوَّر أنه عند نقطة معينة في المستقبل البعيد تستطيع الضغوط التطوُّريَّة على الأرض أن تجبر الأخطبوط على تنمية ذكاء.

ومن ثم، فإن جنسًا ذكيًّا من الأخطبوطيات هو إمكانية قائمة بالتأكيد.

مخلوق ذكي آخر تَصوَّره "ستابليدون" كان طائِرًا. لقد لاحظ العلماء أن الطيور، مثل الأخطبوطيات، لديها ذكاء كبير. ولكنها، على خلاف الأخطبوط، لديها أسلوب راقي جدًّا للاتصال مع بعضها البعض، من خلال الشقشقة، وأيضًا من خلال الأغاني والنغمات. وبتسجيل أغاني طيور معيَّنة، لاحظ العلماء أنه كلَّما كانت الأغاني راقيةً ومُنَغَّمَة، زاد انجذاب الجنس الآخر لها. وبتعبير آخر، تَعَقُّدُ أغنيةِ طائِرٍ ذَكَرٍ تسمح للأنثى بالحكم على صِحَّته وقُوَّته ومُلاءَمَتِه للتَّزاوُج. إذًا، هناك

ضغطٌ تَطوُّريٌّ عليها لكي تُنمِّي أنغامًا مُعقَّدَةً وذكاءً مُعيَّنًا. وعلى الرغم من أن بعض الطيور لديها عَيْنَا الصَّائِدِ المُجسَّمتان (مثل الصقور والبوم) وشَكلٌ من الذكاء، فإنها تفتقر للقدرة على التعامل مع البيئة.

قبل ملايين من السنين، بعض الحيوانات التي كانت تسير على أربع أرجل تطوَّرَت إلى طيور. وبتحليل عظام الطيور، نستطيع أن نرى بالتحديد كيف تطوَّرَت عظام الأرجل ببطء إلى عظام الأجنحة. إن هناك تَماثُلًا مباشرًا بين المجموعتين من العظام. ولكن، للتَّعامُلِ الحقيقي مع البيئة، يتعيَّن وجود حيوانات لديها أيدي حُرَّة للقبض على الأشياء. وهذا يعني أن الطيور الذكية عليها إمَّا أن تُطوِّرَ أجنحةً مُعدَّلَةً ذات هدف مزدوج، تسمح لها بالطيران والتعامل مع الأدوات، أو أن تحتاج إلى أن تبدأ بستِّ أرجُل على الأقل، يصبح أربع منها أخيرًا جناحين ويدين.

من ثم، فإن نوعًا ذكيًّا من الطيور ممكن، لو أنها استطاعت بشكل ما أن تنمي القدرة على التعامل مع الأدوات.

وتوجد أمثلة قليلة فقط على كيف يمكن أن تكون هناك أنواع ذكية متعدِّدة. وهناك بالتأكيد ممكنات أخرى كثيرة يستطيع المرء أن يتأمَّلها.

الذَّكاءُ الإنسانِيُّ

لعلَّ ممَّا يُوضِّح الأمرَ أن نتساءل، لماذا أصبحنا أذكياء؟ الكثير من الرئيسيات اقتربت من الوفاء بالمعايير الثلاثة، لماذا إذًا طوَّرنا نحن هذه القدرات، وليس الشمبانزي أو البابون (أقرب أقربائنا تطوُّرًا) أو الغوريلَّا؟

عندما نضع الإنسان العاقل مقابِلَ الحيوانات الأخرى، نرى أننا ضُعفاءُ وأَقَلُّ قُدراتٍ منها. وربما نكون -ببساطة- أضحوكةَ المملكة الحيوانية؛ فنحن لا نستطيع أن نجري بسرعة كبيرة، وليس لدينا مخالب أو براثن، ولا نستطيع أن نطير، وليس لدينا إحساس قوي بالرائحة، ليس لدينا دروع، ولسنا أقوياء جدًّا، وجِلْدُنا غير مُغطًّى بفراءٍ، وشديد الحساسية. وفي كل فئة، نجد أن هناك حيوانات متفوِّقة علينا بَدنيًّا بشكلٍ كبير.

الواقع، أن كثيرًا من الحيوانات التي نراها حولنا ناجحة جدًّا؛ ولذلك ليس عليها ضغوط تطوُّريَّة لكي تتغيَّر. بعض الحيوانات لم يتغيَّر لملايين من السنين. وتحديدًا لأننا ضعفاء ومحدودو القدرات؛ كُنَّا تحت ضغط شديد لكي نكتسب مهارات يفتقدها الآخرون. ولكي نعوِّض قصورنا؛ اضطُرِرْنا لأن نصبح أذكياء.

إحدى النظريات تقول إن المناخ في شرق أفريقيا بدأ في التغيُّر قبل عدَّة ملايين من السنين؛ ما تَسبَّب في انحسار الغابات وانتشار الأراضي المُعشِبَة. أسلافنا كانوا مخلوقاتٍ غابَةٍ؛ ولذلك مات الكثير منهم عندما بدأت الأشجار في الاختفاء.

هؤلاء الذين ظلُّوا على قيد الحياة اضطروا للانتقال من الغابات إلى أراضي العشب والساڤانا. كما اضطروا لِلَوْيِ ظهورهم والسير مستقيمي الجسد، بما يسمح لهم بأن يروا ما فوق الأعشاب. ونستطيع أن نرى دليلًا على ذلك في انحناء ظهرنا، الذي يضع ضغطًا كبيرًا على أسفل ظهرنا. وهذا هو السبب في أن مشاكل الظهر هي إحدى أكثر المشاكل الصحية شيوعًا التي تواجه متوسِّطي العمر).

السير في وضع مستقيم كان له ميزة كبيرة أخرى: لقد حرَّر أيدينا، وبالتالي استطعنا أن نتعامل مع الأدوات.

عندما نقابل كائناتٍ ذكيَّةً في الفضاء، سوف يكونون هم أيضًا محدودي القدرات البدنية وضعفاء وسوف يعوضون أوجه القصور هذه بتطوير ذكاء. وهم، مثلنا، سوف يطوِّرون القدرة على العيش بتقنيةٍ جديدة: القدرة على تغيير بيئتهم بإرادتهم.

التَّطَوُّرُ على كواكِبَ مُختَلِفَةٍ

كيف إذًا يمكن أن يُطوِّرَ مَخلوقٌ ذَكيٌّ مُجتمَعًا تكنولوچيًّا حديثًا؟

كما سبق وناقشنا، أكثر أشكال الحياة شيوعًا في المجرَّة قد يكون مائيًّا. وقد نظرنا بالفعل فيما إذا كانت المخلوقات المائية تستطيع أن تطوِّر الوظائف الفسيولوجية الضرورية، ولكن هناك مُكوِّنًا ثقافيًّا وتكنولوچيًّا أيضًا في موضوعنا، ولذلك دعنا نَرَ ما إذا كان يمكن أن تنشأ حضارة متقدِّمة من قاع المحيط.

بالنسبة للإنسان، بعد اكتشاف الزراعة، عملية تطوير الطاقة والمعلومات هذه مرَّت بثلاث مراحل.

المرحلة الأولى كانت الثورة الصناعية، عندما حدث تعظيم طاقة أيدينا عدَّة مرَّات بواسطة الطاقة المستمدَّة من الفحم والوقود الأحفوري. لقد تفجَّر المجتمع بالطاقة، مُحوِّلًا ثقافة زراعية بدائية إلى ثقافة صناعية.

المرحلة الثانية كانت عصرَ الكهرباء، عندما ازدادت الطاقة المتاحة لاستخدامنا بواسطة المولِّدات الكهربائية ونشأت أنواع جديدة ما الاتصال، بما في ذلك الراديو والتليفزيون والاتصالات السلكية واللاسلكية. ونتيجة لذلك ازدهر كل من الطاقة والمعلومات.

المرحلة الثالثة هي ثورة المعلومات، عندما أَتَت سلطة الكمبيوتر لتهيمن على المجتمع.

نستطيع الآن أن نطرح السؤال البسيط: هل تستطيع حضارة كائنات فضائية مائية أيضًا أن تمرَّ بهذه المراحل الثلاث للتطوُّر في الطاقة والمعلومات؟

لأنَّ القمَرَيْن "يوروبا" و"إنسيلادوس" بعيدان جدًّا عن الشمس، وحيث إن محيطاتهما مُغطاة دومًا بالجليد؛ فإن أي مخلوقات ذكية فوق هذين القمرين البعيدين يحتمل أن تكون عمياء، مثل الأسماك التي تعيش في كهوف مظلمة تحت سطح المحيط. وبديلًا لذلك، ربما تُطوِّر وتستخدم شكلًا ما من الموجات الصوتية، مثلما تفعل الخفافيش، من أجل أن تبحر في المحيطات.

ولكن، حيث إن طول موجات الضوئية أقلُّ كثيرا جدًّا من طول الموجات الصوتية، فهذا يعني أنها لن تكون قادرة على رؤية التفاصيل الدقيقة التي نستطيع نحن أن نراها بأعيننا (تمامًا مثلما توفِّر الموجات فوق الصوتية التي يستخدمها الأطباء تفاصيلَ أقلَّ كثيرًا من تلك التي يوفِّرها الفحص بالمنظار). وهذا سوف يبطئ مسيرتها تجاه إنشاء حضارة حديثة.

ولكن الأهم من ذلك أن أية أنواع مائية سوف تواجه مشكلة مع الطاقة، حيث لا يمكن حرق وقود أحفوري في الماء، كما أنه من الصعب عزل طاقة كهربائية. ومعظم الآلات الصناعية ستكون عديمة الفائدة بدون أوكسچين لإحداث

الاحتراق والحركة الميكانيكية. والطاقة الشمسية أيضًا ستكون عديمة الفائدة حيث لن يتخلَّل ضوء الشمس الغلاف الجليدي الدائم.

من دون مُحرِّكات الاحتراق الداخلي، والنار، والطاقة الشمسية، يبدو أن أي أنواع من الكائنات الفضائية المائية سوف تفتقر للطاقة اللازمة للتطوُّر إلى مجتمع حديث. ولكن هناك مصدر واحِدٌ للطاقة غير المُستَغلَّة مُتاحٌ لهم، ألَا وهو الطاقة الحرارية الأرضية من الفتحات الحرارية في قاع المحيط. وكمثل الفتحات البركانية في قيعان محيطاتنا، قد تُوفِّر فتحاتٌ مماثِلَةٌ على "يوروبا" و"إنسيلادس" مَصدرَ طاقَةٍ مُناسِبًا للأدوات.

قد يكون من الممكن أيضًا إنشاء محرِّك بخاري تحت الماء. فدرجة حرارة الفتحات يمكن أن تكون أعلى من درجة غليان الماء. ولو أمكن نقل وتوجيه الحرارة الآتية من تلك الفتحات؛ فقد تكون المخلوقات قادِرَةً على استخدامها في إنشاء محرك بخاري، باستخدام منظومة من الأنابيب التي يمكن أن تسحب المياه التي تغلي من هذه الفتحات ثم ضخها لتحريك مكبس. ومن هنا؛ قد يكونون قادرين على دخول عصر الآلة.

قد يكون من الممكن أيضًا استخدام هذه الحرارة في صهر الخامات من أجل تخليق معادن. ولو استطاعوا أن يستخلصوا ويشكلوا المعادن؛ سيستطيعون أن ينشئوا مُدُنًا على قيعان محيطاتهم. باختصار: قد يكون من الممكن تحقيق ثورة صناعية تحت الماء.

ولكن ثورة كهربائية تبدو غير مُحتَمَلة، حيث إن الماء سوف يمنع التيار الكهربائي من الوصول إلى معظم الأجهزة الكهربائية التقليدية. ومن دون الكهرباء، كل عجائب ذلك العصر ستكون غير ممكنة، وبالتالي تكنولوچياتهم سوف تتوقف عن النمو.

ولكن هنا أيضًا، يوجد حَلٌّ. لو استطاعت هذه المخلوقات أن تكتشف حديدًا مُمَغْنَطًا في قاع المحيطات؛ سيكون من الممكن إنشاء مولد كهربائي، يمكن عندئذ أن يستخدم في إمداد الآلات بالطاقة. فبتدوير هذه المغناطيسات (ربما بواسطة تدفُّقاتٍ من البخار تضرب رِيَشَ توربين)، يستطيعون أن يدفعوا الإلكترونات في

سلك، مُحدثين تيَّارًا كهربائيًّا. (هذه هي الطريقة ذاتها التي تُستَخْدَمُ في مصابيح الدراجة والسدود الكهرومائية).

ثورة المعلومات، مع الحواسب، صعبة أيضًا، ولكن ليس من المستحيل أن يتمكَّن منها نوع مائي. فكما أن الماء هو الوسط المثالي لتوالُدِ الحياة، فإن السيليكون هو أيضًا الأساس المحتمل لأي تكنولوچيا كمبيوتر. وقد يكون هناك سيليكون في قاع المحيط، يمكن تعدينه وتنقيته وتشكيله لعمل رقائق باستخدام الضوء فوق البنفسجي، كما نفعل نحن تمامًا. (للحصول على رقاقة سيليكون؛ يتم تمرير الضوء فوق البنفسجي خلال قالب يحتوي على مخطط لكل الدوائر الكهربائية على الشريحة. الضوء فوق البنفسجي وسلسلة من التفاعلات الكيميائية تصنع تكوينًا ينقش على رقاقة السيليكون، مُكوِّنًا ترانزستورات على الرقاقة. هذه العملية، التي هي أساس تكنولوچيا الترانزستور، يمكن أيضًا أن تُنْجَزَ تحت الماء).

من الممكن، إذًا، لمخلوق مائي أن يُطوِّر ذكاءً وأن ينشئ مجتمعًا تكنولوچيًّا حديثًا.

الحُدودُ الطَّبيعيَّةُ لِتكنولوچيا كائِناتٍ فضائِيَّةٍ

بمجرَّد أن تبدأ حضارة العملية الطويلة الشاقَّة لكي تصبح مجتمعًا حديثًا، تواجه مشكلة أخرى. حيث قد تكون هناك سلسلة من الظواهر الطبيعية التي تعوق طريقها.

على سبيل المثال، لو تطوَّرَت مخلوقات ذكية في مكان مثل الزُّهَرَة أو تيتان، سوف تواجه بغطاء دائم من السحب فوق عالمهما، حيث لن يروا النجوم مُطلَقًا. ومفهومهم عن الكون سوف يكون محدودًا في كوكبهم.

وهذا يعني أن حضارتهم لن تعرف أبدًا عِلْمَ الفَلَك، وأن دياناتهم سوف تتكوَّن من حكايات مُقتَصِرَة على كوكبهم. وحيث لن يكون لديهم دافع لاستكشاف ما وراء السحب؛ فإن حضارتهم أيضًا سوف تكون قاصِرَةً، ومن غير المتوقَّع بشدَّة أن يُنَمُّوا برنامجًا للفضاء. ومن دون برنامج للفضاء لن تكون لديهم اتصالات عن بُعْدٍ، ولا أقمار صناعية لاستكشاف الطقس. (في رواية "ستابليدون"، بعض المخلوقات

التي تعيش تحت سطح البحر وصلت أخيرًا إلى اليابسة، حيث اكتشفوا علم الفلك. ولو أنهم بقوا في المحيطات، ما كانوا ليكتشفوا الكون فيما وراء كوكبهم).

وهناك مشكلة أخرى تواجِه مجتمعًا مُتقدِّمًا وَرَدَ وَصْفٌ لها في رواية "أسيموف" "حلول الظلام" Nightfall الحاصلة على جائزة، حيث يتصوَّر وجود علماء يعيشون على كوكب يدور حول ستة نجوم. والكوكب مغمور بشكل دائم بضوء النجوم. سكَّان الكوكب، الذين لم يروا مطلقًا سماء الليل بما فيها من بلايين النجوم، يعتقدون اعتقادًا جازِمًا أن الكون كله يتكوَّن فقط من نظامهم الشمسي. وكل دينهم وإحساسهم بالهوية يتمركز حول هذا الاعتقاد الجوهري.

ولكن العلماء يبدؤون في القيام بسلسلة من الاكتشافات. حيث يكتشفون أن حضارتهم تنهار إلى فوضى شاملة كل ألفي عام. شيء غامض يحدث يتسبَّب في التحلُّل الكامل لمجتمعهم. ويبدو أن هذه الدورة تُكرِّر الماضي إلى الأبد. وهناك أساطير تقول إن الناس أصيبوا بالجنون لأن كل شيء أصبح مظلمًا؛ فأوقدوا مشاعل ضخمة لينيروا السماء، حتى أتت النيران على المدن كلها. وانتشرت طوائف دينية غريبة، وانهارت الحكومات، وتَفكَّكَ المجتمع العادي. ثم يحتاج الأمر أَلْفَيْ عام قبل أن تستطيع حضارة جديدة أن تنهض من رماد الحضارة السابقة.

ثم يدرك العلماء الحقيقةَ المُرَّةَ التي تقف وراء ماضيهم: كل ألفي عام، يوجد طارئ غريب في مدار كوكبهم، يتسبَّب في حلول الظلام. ثم يشعرون بالرعب حيث يكتشفون أن هذه الدورة ستحدث من جديد في القريب العاجل. وكما تنتهي القصة، حلول الظلام يبدأ من جديد، وتهوي حضارة إلى الفوضى.

إن قصصًا مثل "حلول الظلام" تجبرنا على أن نتأمَّل كيف يمكن أن توجد حياة على كواكب في ظل مجموعة من الظروف المختلفة تمامًا عن ظروفنا. نحن محظوظون لأننا نعيش على الأرض، حيث مصادر الطاقة وفيرة، وحيث النار والاشتعال ممكنان، وحيث يسمح الغلاف الجوي للأجهزة الكهربائية بأن تعمل من دون حدوث ماس كهربائي، وحيث السيليكون وفير، وحيث نستطيع أن نرى السماء في الليل. لو أن أيًّا من هذه المكوِّنات كان غائِبًا؛ كان ذلك سيجعل نشوء حضارة متقدِّمة صعبًا جدًّا.

مُفارَقَةُ "فِيرمي": أَيْنَ هُمْ؟

ولكن كل ذلك لا يزال يطرح سؤالًا عنيدًا مُثابِرًا، ألَا وهو "مفارقة فيرمي"Fermi Paradox: أين هم؟ لو أنهم موجودون، لكان من المؤكَّد أن يتركوا علامة، بل ربما يزورونا، ولكننا لا نرى أي دليل حقيقي على زيارة من قِبَل كائنات فضائية.

وهناك حلول ممكنة كثيرة لهذه المفارقة. أنا أفكر في الأمر كما يلي: لو أنهم يملكون القدرة على الوصول إلى كوكب الأرض عبر مئات من السنوات الضوئية، فلا بُدَّ أن حضارتهم أكثر تقدُّمًا من حضارتنا بكثير. في تلك الحالة، نكون مغرورين لو اعتقدنا أنهم يمكن أن يقطعوا تريليونات من الأميال لكي يزوروا حضارة متأخِّرَةً ليس لديها ما تُقدِّمه. ولكن، فوق كل شيء، عندما نزور نحن الغابة، هل نتحدَّث إلى الغزلان والسَّناجب؟ ربما نحاول في البداية، ولكن حيث لا يردُّون، سوف نفقد الاهتمام بسرعة ثم نغادر.

إذًا، الاحتمال الأكبر هو أن الكائنات الفضائية سوف تتركنا لحالنا، ناظرة إلينا بوصفنا شيئًا بدائيًّا غريبًا. أو، كما خمَّن "أولاف ستابليدون" قبل عقود، ربما لديهم سياسة ألَّا يتدخَّلوا في حضارات بدائية. وبتعبير آخر، ربما يكونون واعين بنا، ولكنهم لا يريدون أن يؤثِّروا في تَقدُّمنا. ("ستابليدون" يعطينا إمكانية أخرى حيث يقول: "بعض هذه العوالم ما قبل الطوباوية، غير الخبيثة ولكن غير القادرة على مزيد من التقدُّم، تُرِكَت في سلام وتمَّ الاحتفاظ بها، كما نحتفظ نحن بحيوانات برية في مَحميَّاتٍ طبيعية لأغراض علمية").

عندما طرحتُ هذا السؤال على دكتور "شوستاك"، أعطاني إجابة مختلفةً تمامًا. قال إن حضارةً أكثرَ تَقدُّمًا من حضارتنا من المرجَّح أنها تُطوِّر ذكاء اصطناعيًّا، ومن ثم، يمكن أن يرسلوا روبوتات إلى الفضاء. ويجب ألَّا نندهش، كما قال لي، لو أن الكائنات الفضائية التي سوف نلتقي بها أخيرًا ستكون ميكانيكية وليست بيولوچية. وفي أفلام مثل "السائر بالعكَّاز" Blade Runner، ترسل الروبوتات إلى الفضاء الخارجي لكي تقوم بالأعمال القذرة، حيث إن استكشاف الفضاء صعب وخطير. وهذا بدوره قد يفسر لماذا لا نلتقط بَثَّهم على الراديو. ولو أنهم يتبعون مسارنا التكنولوچي؛ فسوف يخترعون الروبوتات عقب اختراعهم للراديو.

وبمجرَّد دخولهم عصر الذكاء الاصطناعي، ربما يندمجون مع ربوتاتهم ولا يعودون يستخدمون الراديو إلا قليلًا.

على سبيل المثال، حضارة روبوتات قد تكون قائِمَةً على الأسلاك وليس على هوائيات الموجات القصيرة. ومثل هذه الحضارة سوف تكون غير مرئية لمستقبلي الراديو في مشروع "البحث عن ذكاء خارج الأرض". بتعبير آخر، قد تكون حضارة كائنات فضائية استخدمت الراديو لقرون قليلة فقط، وربما كان هذا سببًا في أنهم لا يلتقطون إرسالنا.

والبعض يخمِّنون أنهم ربما يريدون أن ينهبوا شيئًا ما من كوكبنا. وأحد الاحتمالات هو المياه السائلة من محيطاتنا. فالماء السائل في الواقع سلعة ثمينة في نظامنا الشمسي؛ لأنه موجود فقط على الأرض وأقمار العمالقة الغازية، ولكن الجليد ليس كذلك. ولكن هناك وَفْرَةٌ في الجليد على المُذنَّبات والكويكبات والأقمار التي تدور حول العمالقة الغازية. ومن ثَمَّ، فإن كل ما على حضارة كائنات فضائية هو أن تسخن الجليد.

وهناك احتمال آخر، وهو أنهم ربما يريدون أن يسرقوا معادِنَ قَيِّمَةً من الأرض. هذا ممكن بالتأكيد، ولكن هناك الكثير من العوالم غير المأهولة بها معادن ثمينة. لو أن حضارة كائنات فضائية لديها تكنولوجيا تُمكِّنها من الوصول إلى الأرض من مسافات شاسعة؛ لكان لديهم خيارات في الكواكب التي يستغلونها، وسوف يكون انتزاع ثروات كوكب غير مأهول أسهل كثيرًا من كوكب عليه حياة ذكية.

احتمال آخر أنهم يريدون أن يسرقوا الحرارة من قلب الأرض، وهو ما يمكن أن يدمِّر الكوكب بالكامل. ولكننا نشك في أن حضارة متقدِّمة سَخَّرَت الطاقة الاندماجية يمكن أن تكون في حاجة لسرقة الحرارة من قلب الأرض. إن الهيدروچين، وقود محطات الطاقة الاندماجية، هو في نهاية الأمر أكثر العناصر وفرة في الكون كله. وهم يستطيعون دائمًا أن يستمدُّوا الطاقة من النجوم، التي هي أيضًا وفيرة.

هَلْ نَحنُ في طريقِهِم؟

في مسلسل "دليل المسافر إلى المجرَّة" The Hitchhiker's Guide to the Galaxy، تريد الكائنات الفضائية أن تتخلَّص منَّا لأننا ببساطة نقع في طريقها. البيروقراطيون من الكائنات الفضائية لا يُضمِرون شيئًا ضدَّنا بالذات، ولكننا عقبة يريدون أن يزيلوها ليشقُّوا طريقًا حول المجرَّة. وهذا احتمال حقيقي. وعلى سبيل المثال، مَن الأكثر خطورة على غزال، صيَّادٌ جائِعٌ مُسلَّحٌ ببندقية قوية أم مقاول مُهذَّبٌ لطيف يحمل حقيبةَ أوراق ويحتاج الأرض لمشروعٍ سَكنيٍّ؟ الصياد قد يبدو أكثر خطورة على غزال منفرد، ولكن أخيرًا، المقاول أكثر فَتْكًا بالنوع؛ حيث يقوم بإزالة غابة بكاملها مليئة بالمخلوقات.

وبالطريقة ذاتها، فإن المريخيين في "حرب العوالم" لا يحملون ضغينةً تجاه سكان الأرض. ولكن عالمهم كان في سبيله إلى الموت، ومن ثم احتاجوا لأن يسيطروا علينا. إنهم لا يكرهون البشر. ولكننا ببساطة كنا في طريقهم.

المنطق نفسه موجود في فيلم سوبرمان الذي سبق أن استعرضناه، "رجل من الصلب"، حيث أراد سكان كوكب كريبتون أن يحافظوا على حمضهم النووي قُبَيْلَ أن ينفجر كوكبهم. لقد احتاجوا للسيطرة على الأرض لكي يبقوا على جنسهم. وعلى الرغم من أن هذا السيناريو معقول ظاهريًّا بالتأكيد، ولكن، مرة أخرى، هناك كواكب أخرى لِنَهْبِها والسيطرة عليها، ومن ثَمَّ، فإن المرء يستطيع أن يأمل في أن الكائنات الفضائية سوف يُفَوِّتوننا.

زميلي "بول داڤيز" Paul Davies يطرح إمكانية أخرى. قد تكون تكنولوچياتهم متقدِّمَةً لدرجة أنهم يستطيعون أن يخلقوا برامِجَ واقِعٍ افتراضي أكثر تفوُّقًا بكثير من الواقع؛ ولذلك يُفضِّلون أن يعيشوا بشكل دائم في لعبة فيديو خيالية. وهذا الاحتمال ليس بعيدًا كثيرًا عن المنطق؛ لأنه حتى بين البشر، توجد نسبة مُعيَّنة مِنَّا تفضِّل أن تعيش في حالة غائمة مشحونة بالمخدِّرات على أن تواجه الواقع. في عالمنا، هذا ليس خيارًا مُستدامًا؛ لأن المجتمع يمكن أن ينهار لو استغرقنا جميعًا في المخدرات. ولكن، لو أَوْفَت الآلات بكل احتياجاتنا الحياتية؛ فإن مجتمعًا طُفيليًّا يكون احتمالًا مُمكِنًا.

ولكن كل هذه التخمينات لا تزال تترك السؤال مطروحًا: كيف يمكن أن تبدو حضارة متقدِّمة، ربما متقدِّمة عنَّا بألوف أو ملايين السنين؟ هل يقودنا لقاؤهم إلى عصر جديد من السلام والرخاء، أم إلى الإبادة؟

من غير الممكن أن نتنبَّأ بثقافة وسياسة ومجتمع حضارة متقدِّمة، ولكن -كما ذكرت من قبل- يوجد شيء واحد سيكون عليهم أن ينصاعوا له: قوانين الطبيعة. إذًا، ماذا تقول الطبيعة عن الكيفية التي يمكن أن تتطوَّر بها حضارةٌ فائِقَةُ التَّقدُّم؟

وإذا لم نَقُمْ نحن بمواجهة أيَّة حضارة متقدِّمة في قطاعنا من المجرَّة؛ كيف يمكن إذًا أن نتقدَّم إلى المستقبل؟ هل سنكون قادرين على استكشاف النجوم وأخيرًا المجرَّة؟

"بَعـضُ العُلَـماءِ يَقْتَرِحـون إِضافَـةَ حَضـارَةٍ مِـنْ فِئَـةِ النَّـوْعِ الرَّابِـعِ تُسَـيْطِرُ عـلى الزَّمَـكانِ بِمـا يَكْفـي للتَّأثـيرِ عَـلى الكَـوْنِ كُلِّـه.
لِماذا نَتَوَقَّفُ عِنْدَ كَوْنٍ واحِدٍ؟"

"كريس إمبي" CHRIS IMPEY

"هُنـاكَ شَيءٌ فَتَّـانٌ في العِلْـمِ، فالمَـرْءُ يَجْنـي كُلَّ تِلـكَ الاسْـتِنتاجاتِ الَّتـي يُدِرُّهـا مِثْـلُ هَـذا الاسْـتِثْمارِ البَسـيطِ في الحَقيقَـةِ".

"مارك توين" MARK TWAIN

الفصل الثالث عشر

حَضاراتٌ مُتَقَدِّمَةٌ

العناوين الرئيسية في صحف التابلويد جَلْجَلَت:

"اكتشافُ كائناتٍ فضائيَّةٍ عملاقة ذات بنية ضخمة في الفضاء!".

"كائِناتٌ آليَّةٌ غريبةٌ في الفضاء تُربِكُ عُلماءَ الفَلَك!".

حتى "واشنطن بوست"، غير المعتادة على ملاحَقةِ الحكايات الصاخبة عن الأجسام والكائنات الفضائية، وضعت عنوانًا رئيسيا يقول، "أغرب النجوم في السماء ينشط من جديد".

وفجأةً، وجد علماء الفلك، المعتادون على تحليل حشود مُمِلٍّ من البيانات الآتية من الأقمار الصناعية وتلِّسكوبات الراديو، غرقوا وسط مكالمات من صحفيين قَلِقين يتساءلون عمَّا إذا كان من الحقيقي أنهم أخيرًا وجدوا جسمًا غريبًا في الفضاء.

وقد أدهشهم ذلك. ولم يعرف المجتمع الفلكي ماذا يقول. نعم، تمَّ اكتشاف شيء غريب في الفضاء. نعم، هو يستعصي على التفسير، ولكنه كان من قبيل

التَّسرُّع أن يقولوا ما معنى ذلك. إن الأمر قد لا يعدو أن يشبه مطاردة إوزَّة في البرية.

وبدأ الخلاف عندما كان علماء الفلك ينظرون إلى كواكب خارجية تمرُّ بنجوم بعيدة. ففي المعتاد أن كوكبًا خارجيًّا عملاقًا في حجم المشترى يتحرك حول نجمه الأم يمكن لضوئه النجمي أن يُعتِم بنسبة 1% أو نحو ذلك. ولكن ذات يوم، حيث كانوا يحلِّلون البيانات الواردة من سفينة الفضاء "كِبلر" عن النجم KIC 8462852، الذي يبعد حوالي 1,400 سنة ضوئية عن الأرض، اكتشفوا شذوذًا غريبًا مدهشًا: شيء ما أعتم ضوءَ النجم بنسبة ضخمة تصل إلى 15% في 2011. هذا الشذوذ كان يمكن في العادة أَلَّا يُلاحَظَ. وربما كان هناك خطأ ما في المُعدَّات، زيادة مفاجئة في الطاقة، أو ارتفاع عابر في المُخرَجات الكهربائية، أو ربما كان لا شيء سوى غبار على مرايا التلِّسكوب.

ولكن الأمر لوحظ مرة أخرى في 2013، وهذه المرة بلغ إعتام ضوء النجم 22%. ولا يوجد شيء معروف للعلم يمكن أن يُعْتِمَ ضوءَ نجمٍ بشكل منتظم وبهذا القدر.

"لم يسبق لنا أن رأينا أي شيء يشبه هذا النجم. لقد كان عجيبًا حقًّا"، هكذا قالت "تابيثا بوياچيان" Tabetha Boyajian، الدكتورة الزميلة في جامعة "يال".

وأصبح الأمر أكثرَ إثارةً للعجب حينما قام "برادلي سكيفر" من جامعة ولاية "لويزيانا" بدراسة ألواح فوتوغرافية قديمة، ووجد أن ضوء النجم يُعتِمُ بشكل منتظم منذ 1890. مجلة "الفَلَك الآن" Astronomy Now كتبت أن هذا "أحدث (هوجة) من الملاحظات، حيث أسرع علماء الفلك في محاولة سَبْرِ غَوْرِ ما يصير بسرعة واحدًا من أكبر الأسرار في الفلك".

ومن ثَمَّ، وضع علماء الفلك قوائِمَ طويلة بالتفسيرات المُمكِنَة. ولكنَّ الشَّكَّ ألقى بظلاله على واحدٍ فواحد من الاشتباهات العلمية المعتادة.

ماذا يمكن أن يكون السبب في هذا الانخفاض الكبير في ضوء النجم؟ هل يمكن أن يكون حقًّا شيئًا أكبر من المشترى باثنتين وعشرين مرة؟ أحد الاحتمالات كان أنه يَنْجُمُ عن كوكبٍ يقتحم النجم. ولكن هذا استُبْعِدَ لأن هذا الخروج عن المألوف تكرَّر حدوثه. احتمال آخر كان غبار قرص النظام الشمسي. فحيث يتكثَّف

نظام شمسي في الفضاء، يمكن أن يكون القرص الأصلي من الغبار والغاز أكبر من الشمس نفسها بعدَّة مرات. ومن ثم، قد يكون إعتام ضوء النجم بسبب أن القرص مَرَّ قُبالَةَ النَّجم. ولكن هذا استُبْعِدَ عند تحليل النجم نفسه، الذي اكتُشِف أنه نجم بالِغٌ. والغبار، بالتالي، يجب أن يكون تكثَّف منذ زمن طويل، أو أُزيح بواسطة الرياح الشمسية.

بعد حذف عدد من الحلول الممكنة، لم يزل هناك خيار واحد لا يمكن إغفاله بسهولة. لا أحد يريد أن يصدِّقه، ولكن لا يمكن استبعاده: قد يكون مُنشأً ضخمًا بُنِيَ بواسطة ذكاء كائنات فضائية.

"الكائنات الفضائية يجب دائمًا أن تكون آخرَ افتراض يؤخذ في الاعتبار، ولكن هذا يبدو شيئًا تستطيع أن تتوقَّع أن تبنيه حضارة كائنات فضائية". هكذا يقول "چاسون رايت" Jason Wright، عالم الفلك في جامعة ولاية "بنسلڤانيا".

حيث إن الوقت الذي انقضى بين إعتام ضوء النجم في 2011 و2013 كان 750 يومًا؛ توقَّع علماء الفلك أنه سوف يتكرَّر مرة أخرى في مايو 2017. وفي الموعد المحدَّد تمامًا، بدأ النجم في الإعتام. وفي تلك المرة، كل التلسكوبات على الأرض القادرة عمليًّا على قياس ضوء النجم كانت تتابع النجم. علماء الفلك في أنحاء العالم شهدوا النجم يُعتِمُ بنسبة 3% ثم يسطع من جديد.

ولكن ماذا يمكن أن يكون؟ البعض يعتقد أنه يمكن أن يكون "مجال ديسون" Dyson Sphere، الذي اقترحه لأول مرة "أولاف ستابليدون" سنة 1937، ولكن تمَّ تحليله فيما بعد بواسطة "فريمان ديسون" Freeman Dyson. و"مجال ديسون" هو مجالٌ عملاق حول نجم، مُصمَّم ليحصد الطاقة من الكميات الضخمة من ضوء النجم. أو يمكن أن يكون جسمًا كرويًّا ضخمًا يمرُّ بشكل دوري في مواجهة النجم، مُتسبِّبًا في إعتام ضوء النجم. وربما كان هذا شيء مُصمَّمٌ من أجل شحن آلاتِ حضارةٍ ذكية من النوع الثاني. وهذا الافتراض الأخير أشعل خيالَ الهُواة والصحفيين، فتساءلوا: ما معنى حضارة من النوع الثاني؟

مِقياسُ "كارداشيف" للحَضاراتِ؟

هـذا التصنيـف للحضـارات المتقدِّمـة اسـتحدثه الفلـكي الـروسي "نيكـولاي كارداشـيف" Nikolai Kardashev في 1964. لم يكـن قانِعًـا بالبحـث عـن حضـارة كائنـات فضائيـة مـن دون أي فكـرة عـمَّا يبحـث عنـه. العلـماء يفضِّلـون أن يقيسـوا المجهـول كَمِّيًـا؛ ولذلـك اسـتحدث مقياسًـا صنَّـف الحضـاراتٍ عـلى أسـاس اسـتهلاك الطاقـة. فالحضـارات المختلفـة سـيكون لديهـا سياسـة وتاريـخ وثقافـات مختلفـة، ولكنهـا جميعًـا تحتـاج إلى الطاقـة. وكان تصنيفـه كالتـالي:

1. حضـارة مـن النـوع الأول: تسـتفيد مـن طاقـة ضـوء الشـمس الـذي يسـقط عـلى الكوكـب.
2. حضارة من النوع الثاني: تستفيد من كل الطاقة التي تنتجها شمسُها.
3. حضارة من النوع الثالث: تستفيد من طاقة المَجرَّة كلها.

بهـذه الطريقـة، قـدم "كارداشـيف" بشـكل ملائـم أسـلوبًا بسـيطًا لحسـاب وتصنيف الحضـارات الممكِنـة داخـل المجـرَّة بنـاء عـلى اسـتخدام الطاقة.

كل حضـارة لديهـا اسـتهلاك للطاقـة يمكـن حسـابه. فمـن السـهل أن نحسـب ضـوء الشـمس الـذي يسـقط عـلى قـدم مربَّـع مـن أرضيَّـة كوكبنـا. وبـضرب هـذا في مسـاحة سـطح الأرض التـي تضيئهـا الشـمس يسـتطيع المـرء فـورًا أن يحسـب تقريبًـا متوسِّـطَ طاقـة حضـارة مـن النـوع الأول. (نجـد أن حضـارة مـن النـوع الأول تُسـخِّر طاقـة تبلـغ 10×7^{17} وات، مـا يعـادل مائـة ألـف مثـل الطاقـة المنتَجَـة عـلى الأرض اليـوم).

وحيـث أننـا نعـرف نسـبة مـا يسـقط عـلى الأرض مـن طاقـة الشـمس؛ نسـتطيع إذًا أن نسـتنتج مسـاحة سـطح الشـمس بالكامـل، ثـم نعـرف إجـمالي إنتاجهـا مـن الطاقـة (وهـو تقريبًـا 10×4^{26} وات). وهـذا ينبئنـا بالتقريـب بكميـة الطاقـة المسـتخدمة في حضـارة مـن النـوع الثـاني.

نحـن نعـرف أيضًـا عـدد النجـوم الموجـودة في مجـرَّة درب اللبانـة، ومن ثم نسـتطيع أن نحسـب إنتـاج طاقـة مجـرَّة بكاملهـا؛ مـا يعطينـا كَـمَّ اسـتهلاك الطاقـة في حضـارة مـن النـوع الثالـث في مجرَّتنـا، وهـو تقريبـا 10×4^{37} وات.

الأرقام كانت مذهلة. فقد اكتشف "كارداشيف" أن كل حضارة كانت أعظمَ من سابقتها بمعدل يتراوح بين عشرة بلايين ومائة بليون.

يستطيع المرء إذًا أن يحسب رياضيًّا متى يمكن أن نصعد على هذا المقياس. باستخدام استهلاك الطاقة الكلي لكوكب الأرض، نجد أننا حاليًا حضارة من النوع 0.7.

وبافتراض زيادة سنوية تتراوح بين 2% و3% في إنتاج الطاقة، ما يتوافق تقريبًا مع معدل النمو السنوي الحالي في الناتج المحلي الإجمالي للكوكب؛ نجد أننا على بُعْدِ قرن أو قرنين من أن نصبح حضارة من النوع الأول. والصعود إلى مستوى حضارة من النوع الثاني قد يستغرق عدة ألوف من السنين، وفقًا لهذه الحسبة. ومن الصعب أن نحسب متى يمكن أن نصبح حضارةً من النوع الثالث، حيث إن ذلك يتطلَّب تَطوُّراتٍ في السفر بين النجوم يصعب التنبُّؤ بها. ووفقًا لأحد التقديرات، لا يُتوقَّع أن نصبح حضارةً من النوع الثالث قبل مرور مائة ألف سنة، وربما مليون سنة.

مكتبة
t.me/soramnqraa

التَّحَوُّلُ من النَّوعِ 0 إلى النَّوع 1

من بين كُلِّ التَّحوُّلات، ربما يكون الأصعب هو التحوَّل من النوع 0 إلى النوع الأول، الذي نمرُّ به نحن الآن؛ وذلك لأن حضارة النوع 0 هي الأقل تحضُّرًا، تكنولوجيًّا ومجتمعيًّا. لقد برَزَت مُؤخَّرًا فقط من مستنقعات الصراعات الطائفية والدكتاتورية والدينية، إلخ... إنها لا تزال تحتفظ بجروح الماضي الوحشي، الذي كان مليئًا بمحاكم التفتيش والاضطهادات والمجازر والحروب. إن كتب تاريخنا مليئة بالقصص البشعة عن المذابح والإبادة الجماعية، التي يحرِّك الكثيرَ منها الخرافةُ والجهلُ والهيستريا والكراهية.

ولكننا نشهد مخاض ولادة حضارة جديدة من النوع الأول، مبنيَّة على العلم والرخاء. إننا نرى بذور هذا التحوُّل الخطير تترعرع كل يوم أمام أعيننا. هناك بالفعل لغة كوكبية في طَورِ الولادة. إن الإنترنت نفسه ليس سوى نظام تليفون النوع الأول؛ لذلك فإن الإنترنت هو أول تكنولوجيات النوع الأول التي يتمُّ تطويرها.

نحن نشهد أيضًا بزوغَ ثقافة كوكبية. ففي الرياضة، نرى صعود كرة القدم والدورات الأوليمبية. وفي الموسيقى نرى صعود النجوم العالميين. وفي الموضة، نرى المتاجر والعلامات التجارية ذاتها في كل أسواق الصفوة.

هناك بعض الخوف من أن هذه العملية سوف تهدِّد الثقافات والعادات المحلية. ولكن في معظم دول العالم الثالث اليوم، النُّخَب ثنائية اللغة، يتقنون اللغة المحلية ولُغةً أوروبية عالمية أيضًا، أو اللغة الصينية أيضًا. وفي المستقبل، من المتوقَّع أن يكون الناس ثُنائيِّي الثقافة، يُتقنون كل عادات الثقافة المحلية ولكنهم أيضًا منسجمون مع الثقافة الكوكبية البازغة. إذًا فإن ثراء الأرض وتَنوُّعها سوف يستمر باقيًا حتى مع صعود هذه الثقافة الكوكبية الجديدة.

والآن، حيث صنَّفنا الحضارات في الفضاء؛ نستطيع أن نستخدم هذا في تسهيل حساب عدد الحضارات المتقدِّمة في المجرَّة. على سبيل المثال، لو طبَّقنا "معادلة دريك"Drake Equation[1] على حضارة النوع الأول لتقدير عددها المحتمل في المجرة؛ سيتَّضح أنها يجب أن تكون شائعة جدًّا. ولكننا لا نرى دليلًا واضحًا عليها. لماذا؟ هناك احتمالات متعدِّدة. "إلون ماسك" يُخمِّن أنه، حيث تتمكَّن الحضارات من التكنولوچيا المتقدِّمة، تطوِّر القوة الكافية لتدمير أنفسها، وأن أكبر تهديد يواجه حضارة من النوع الأول قد يكون تهديدًا تفرضه على نفسها.

بالنسبة لنا، تواجهنا تحديات عديدة حيث ننتقل من النوع صفر إلى النوع الأول: الاحترار العالمي، والإرهاب البيولوچي، والانتشار النووي، على سبيل المثال لا الحصر.

التحدِّي الأول والأكثر إلحاحًا هو الانتشار النووي. فالقنبلة آخِذَةٌ في الانتشار إلى المناطق الأقل استقرارًا في العالم، مثل الشرق الأوسط وشبه القارة الهندية وشبه الجزيرة الكورية. وحتى الدول الصغيرة قد تكون لديها القدرة يومًا ما على تطوير أسلحة نووية. في الماضي، احتاج الأمر لدولة قومية كبيرة من أجل تنقية خام اليورانيوم لتحويله إلى مادَّة انشطارية نقية صالحة لصنع قنبلة نووية. كان

---

(1) "معادلة دريك" Drake Equation: نسبة إلى عالم الفلك الأمريكي "فرانك دريك" Frank Drake الذي وضعها سنة 1961. معادلة تُستَخدم لتقدير عدد الحضارات النشطة القادرة على الاتصال خارج الأرض في مجرَّة درب اللبانة- المترجم.

مـن المطلـوب وجـود محطـات انتشـار غـازي ضخمـة وبنـوك أجهـزة طـرد مركـزي. ومسـتلزمات التخصيـب تلـك كانـت كبـيرة لدرجـة أنهـا يمكـن أن تُرى بسـهولة بواسـطة الأقـمار الصناعيـة. وكان هـذا بعيـدًا عـن متنـاول الـدول الصغـيرة.

ولكـن تصميـمات للأسـلحة النوويـة سُرِقَـت ثـم بيعـت لأنظمة غـير مسـتقرَّة. تكلفة أجهـزة الطـرد المركـزي وتنقيـة اليورانيـوم لتحويلـه إلى مـادة انشـطارية نقيـة صالحـة لصنـع قنبلـة نوويـة- انخفضـت. ونتيجـة لذلـك، حتـى دول مثـل كوريـا الشـمالية، التـي تترنَّـح بشـكل مسـتمر عـلى شَـفَا الانهيـار؛ تسـتطيع اليـوم أن تكـوِّم ترسـانة نوويـة صغـيرة ولكـن مميتـة.

والخطـر الآن هـو أن حربًـا إقليميـة -بـين الهنـد وباكسـتان مثـلًا- يمكـن أن تتصاعـد إلى حـرب كـبرى تسـتقطب القـوى النوويـة الكـبرى. وحيـث إن كلًّا مـن الولايـات المتحـدة وروسـيا تمتلـك نحـو سـبعة آلاف سـلاح نـووي؛ فـإن هـذا التهديـد يبـدو كبـيرًا. بـل يوجـد قلـق مـن أن تسـتطيع أطـراف ليسـت دُولًا أو جماعـات إرهابيـة الحصـول عـلى قنبلـة نوويـة.

البنتاجـون كلَّـف المسـتودع الفكـري "شـبكة الأعـمال العالميـة" Global Business Network بإعـداد تقريـر عـمَّا يمكـن أن يحـدث لـو دمَّـر الاحـترارُ العالَمـيُّ اقتصـادات كثـير مـن الـدول الفقـيرة، مثـل بنجلاديـش. وقـد خَلُـصَ التقريـر إلى أن -في السـيناريو الأسـوأ- دولًا قـد تسـتخدم الأسـلحة النوويـة لـكي تحمـي حدودهـا مـن أن يجتاحهـا فيضـان مـن ملايـين اللاجئـين الجَوعـى اليائسـين. حتـى لـو لم يُـؤدِّ الاحـترار العالمـي إلى حـرب نوويـة، فهـو يشـكِّل تهديـدًا وجوديًّـا للإنسـانية.

الاحتِرارُ العالَمِيُّ والإرهابُ البَيولوجِيُّ

منـذ نهايـة آخـر عـصر جليـدي قبـل حـوالي عـشرة آلاف عـام، والأرض تَدْفَـأ تدريجيًّا. ولكـن، عـلى مـدى نصـف القـرن الأخـير، أخـذت الأرض تحـترُّ بمعـدلٍ مُنـذِرٍ ومُتصاعِـدٍ. ونحـن نـرى الدليـل عـلى ذلـك في الأرقـام التاليـة:

- الأنهار الجليدية الرئيسية على الأرض آخِذَة في الانحسار.

- جليد القلب الشمالي أصبح أَقَلَّ سُمْكًا بمتوسط 50% على مدى السنوات الخمسين الماضية.
- أجزاء كبيرة من جرينلاند، المُغطَّاة بثاني أكبر صفيحة جليديَّة في العالم، آخِذَة في الانصهار.
- قسم من القارة القطبية الجنوبية يساوي مساحة ولاية ديلاوير Delaware، جرف لارسين الجليدي سي Larsen Ice Shelf، انفصل في 2017، واستقرار الصفائح الجليدية والجروف الجليدية الآن محلُّ تساؤل.
- السنوات القلائل الأخيرة كانت أكثرَ السنوات حرارةً المُسجَّلة في تاريخ الإنسان على الإطلاق.
- متوسِّط درجة حرارة الأرض ارتفع بحوالي 1.3 درجة مئوية في القرن الماضي.
- في المتوسط، الصيف أصبح أطول بأسبوع عمَّا كان في الماضي.
- نحن نرى المزيد والمزيد من الحوادث التي لا تتكرَّر إلَّا كل مائة عام، مثل حرائق الغابات، والفيضانات، وموجات الجفاف، والأعاصير.

هناك خطر من أنَّ تَصاعُدَ الاحترار العالمي المستمر بلا هوادة إلى العقود القادمة يمكن أن يسبِّب عدم استقرار لدول العالم، ويخلق مجاعات، ويولد هجرات جماعية من المناطق الساحلية، ويهدد الاقتصاد العالمي، ويمنع التحول إلى حضارة من النوع الأول.

هناك أيضًا تهديد الأسلحة البيولوجية التي يمكن أن تبيد 98% من سكان العالم.

على مدى تاريخ العالم، لم تكن الحروب هي القاتل الأكبر، ولكن الأوبئة والأمراض الفتَّاكة. ومن المؤسف أنه من الممكن أن تحتفظ الدول بمخزون سِرِّيٍّ من الأمراض المميتة، مثل الجدري، التي يمكن أن تحوَّل إلى أسلحة باستخدام التكنولوجيا الحيوية لإحداث دمار. هناك أيضًا خطر أن يتمكَّن شخص ما من صنع سلاح فتَّاكٍ باستخدام الهندسة الحيوية لبعض الأمراض الموجودة -إيبولا، إيدز، إنفلونزا الطيور- وجعلها أكثر فَتْكًا أو جعلها تنتشر بسرعة وسهولة أكبر.

وربما في المستقبل، إذا استطعنا أن نذهب إلى كواكب أخرى، قد نجد رماد حضارات ميتة: كواكب ذات غلاف جوي مُشعٍّ بدرجة مرتفعة؛ أو كواكب حارَّة جدًّا؛ بسبب أثر لغازات الاحتباس الحراري خارج عن السيطرة، أو كواكب ذات مدن خالية لأنهم استخدموا أسلحة ذات تكنولوچيا حيوية متقدِّمة ضد أنفسهم. ولذلك؛ فإن التحوُّل من حضارة النوع 0 إلى حضارة النوع الأول غير مضمون، وهو في الحقيقة يمثل أكبر تَحَدٍّ يواجه حضارة بازغة.

طاقَةُ الحَضارَةِ مِنَ النَّوعِ الأَوَّلِ

هناك سؤالٌ رئيسيٌّ عمَّا إذا كانت حضارة من النوع الأول تستطيع أن تُنجِزَ التحوُّل إلى مصادر طاقة غير الوقود الأحفوري.

أحد الإمكانات هو تسخير الطاقة النووية لليورانيوم. ولكن وقود اليورانيوم لمفاعل نووي تقليدي يخلِّف كميات كبيرة من النفايات النووية التي تظل مُشعَّةً لملايين السنين. وحتى اليوم، بعد خمسين عامًا من العصر النووي، ما زلنا لا نملك وسيلةً آمنةً لتخزين النفايات النووية عالية المستوى الإشعاعي. كما أن هذه المادة تكون حارَّة جدًّا ويمكن أن تتسبَّب في انصهار، كما رأينا في كارثَتَيْ "تشيرنوبيل" و"فوكوشيما".

وهناك بديل لطاقة انشطار اليورانيوم هو الطاقة الاندماجية، التي كما رأينا في الفصل الثامن، غير جاهزة للاستخدام التجاري، ولكنَّ حضارةً من النوع الأول متقدِّمة عنَّا بقرن من الزمان ربما تستطيع أن تجيد تلك التكنولوچيا، ويمكن أن تستخدمها بوصفها مصدرًا لا غِنى عنه لطاقة غير محدودة تقريبًا.

إحدى ميزات الطاقة الاندماجية أن وقودها هو الهيدروچين، الذي يمكن أن يستخلص من ماء البحار. كما أن محطَّةً اندماجية لا يمكن أن تعاني من انصهار كارثي مثل ما رأيناه في "تشيرنوبيل" و"فوكوشيما". ولو حدث عطل في المحطة الاندماجية (مثل تَلامُس الغاز الفائق الحرارة مع بطانة المفاعل) فإن عملية الاندماج توقف نفسها أوتوماتيكيًّا. (وذلك لأن عملية الاندماج لا بُدَّ أن تحقِّق "معيار لوسون" Lawson Criterion: يجب أن تحتفظ بالكثافة والحرارة الملائِمَتَيْن

لدمج الهيدروچين على مدى فترة معيَّنة من الزمن. ولكن لو خرجت عملية الاندماج عن السيطرة، فإن "معيار لوسون" لا يعود مُستَوفًى، ويتوقَّف من تلقاء نفسه).

المفاعل الاندماجي أيضًا يُنتِجُ كَمِّيَّاتٍ قليلة من النفايات النووية، لأن النيوترونات تنشأ عن عملية اندماج الهيدروچين؛ فإن هذه النيوترونات يمكن أن تعرض صُلبَ المُفاعل للإشعاع، جاعِلَةً إيَّاه مُشِعًّا بدرجة خفيفة. ولكن كمية النفايات الناتجة عن هذا النمط تمثِّل نسبة ضئيلة من تلك المُولَّدة بواسطة مفاعلات اليورانيوم.

وبالإضافة إلى الطاقة الاندماجية، هناك مصادر مُمكِنَة أخرى للطاقة المتجدِّدة. وإحدى الإمكانات الجذَّابة لحضارة من النوع الأول هي استغلال الطاقة الشمسية اعتمادًا على الفضاء. فحيث إن 60% من طاقة الشمس تُفقَد عند مرورها عبر الغلاف الجوي؛ فإن الأقمار الصناعية يمكن أن تُسخِّرَ طاقةً أكبر بكثير من المُجَمِّعات التي على سطح الأرض.

إن نظام الطاقة الشمسية المعتمدة على الفضاء يمكن أن يتكوَّن من الكثير من المرايا الضخمة التي تدور حول الأرض مُجَمِّعَةً ضوء الشمس. وهي يمكن أن تكون ثابِتةً بالنسبة للأرض (تدور حول الأرض بالسرعة التي تدور بها الأرض حول نفسها، وبذلك تبدو كأنها في موقعٍ ثابِتٍ في السماء). هذه الطاقة يمكن أن تُرسَل إلى محطات استقبال على الأرض من خلال إشعاعٍ ذي موجات قصيرة، ويمكن عندئذ أن يتمَّ توزيعها من خلال شبكة كهربائية تقليدية.

هناك الكثير من المزايا للطاقة الشمسية الفضائية. فهي نظيفة وليس لها نفايات. ويمكن أن تولِّد الكهرباء على مدار أربع وعشرين ساعة في اليوم، وليس فقط أثناء ساعات ضوء النهار. (تلك الأقمار الصناعية ليست مُطلَقًا في ظل الأرض تقريبًا، حيث إن مسارها يأخذها بعيدًا بدرجة كبيرة عن مدار الأرض). الألواح الشمسية ليس بها أجزاء متحرِّكة؛ ما يقلِّل بدرجة كبيرة من انقطاع التيار وتكلفة الإصلاح. وأفضل هذه المزايا جميعًا، أن الطاقة الشمسية الفضائية توفِّر إمدادات غير محدودة من الطاقة المجانية من الشمس.

كل التجمُّعات العلمية التي نَظَرَت في أمر الطاقة الشمسية الفضائية خَلُصَت إلى أن الهدف يمكن إنجازه بواسطة التكنولوچيا الموجودة اليوم. ولكن المشكلة الرئيسية، كما في مثل كل مساعي السفر إلى الفضاء، هي التكلفة. فالتقديرات البسيطة تبيِّن أن هذه التكلفة حاليًا أعلى بعدة مرات من تكلفة وضع ألواح طاقة شمسية ببساطة في فناء منزلك.

إن الطاقة الشمسية الفضائية تفوق أدوات حضارة من النوع صفر، مثل حضارتنا، ولكنها قد تصبح مصدرًا طبيعيًّا للطاقة في حضارة من النوع الأول لأسباب متعدِّدة:

1. تكلفة السفر إلى الفضاء في انخفاض، خاصة بسبب دخول شركات الصواريخ الخاصة واختراع الصواريخ متكرِّرة الاستخدام.
2. مصعد الفضاء قد يكون ممكنًا مع نهاية هذا القرن.
3. ألواح الطاقة الشمسية الفضائية يمكن أن تُصنَع من مواد نانوية خفيفة الوزن؛ ما يؤدِّي إلى انخفاض الوزن والتكلفة.
4. الأقمار الاصطناعية المستخدَمة يمكن أن يتمَّ تجميعها في الفضاء بواسطة روبوتات؛ ما يغنينا عن الحاجة لرواد فضاء.

إنها تُعتَبَر أيضًا آمِنَة بشكل عام لأنه بينما يمكن أن تكون الموجات القصيرة مُضرَّة، فإن الحسابات تبيِّن أن معظم الطاقة ستكون محصورةً داخل حزام الإشعاع، والتسرُّبات خارج الحزام يمكن أن تقع في إطار المعايير البيئية المقبولة.

التَّحَوُّلُ إلى النَّوعِ الثَّاني

قد تَستَنفِدُ حضارةٌ من النوع الأول الطاقةَ المُتاحةَ على كوكبها، وتتطلَّع لاستغلال الطاقة الضخمة الموجودة في الشمس نفسها.

إن العثور على حضارة من النوع الثاني يجب أن يكون سهلًا؛ لأنهم يُرجَّح أن يكونوا خالدين. لا شيء معروفًا للعلم يمكن أن يُدمِّر ثقافتهم. اصطدامات الشهب والكويكبات يمكن تجنُّبها باستخدام علم الصواريخ. تأثير الاحتباس الحراري

باستخدام تكنولوچيات معتمدة على الهيدروچين أو الطاقة الشمسية (خلايا الوقود، محطات الاندماج، الأقمار الاصطناعية للطاقة الشمسية الفضائية، إلخ...). ولو وُجِدَت تهديداتٌ للكوكب، يمكنهم حتى أن يغادروه في أساطيل فضائية ضخمة. بل إنهم يمكن أن يكونوا قادرين على تحريك كوكبهم عند الضرورة. وحيث سيكون لديهم طاقة كافية لتغيير مسار الكويكبات، فسوف يستطيعون جعلها تدور حول كوكبهم، بإحداث انحراف بسيط في مسارها. وببعض المناورات الناجحة، يستطيعون أن يحركوا مدار كوكبهم بعيدًا عن شمسهم لو كانت متقدِّمَة في دورة حياتها وبادئة في التمدُّد.

ولكي يُزوِّدوا حضارتهم بالطاقة، ربما، كما ذكرنا سابِقًا، يبنون "مجال ديسون" لحصد معظم طاقة شمسهم نفسها. (هناك مشكلة مع بناء مثل هذا المنشأ الضخم، وهي أنه قد لا يوجد مواد بناء كافية على الكواكب الصخرية لإنشائها. وحيث إن شمسنا أكبر في قُطرها من قُطر الأرض بـ 109 مرات؛ فإن الأمر قد يتطلَّب كَمِّيَّةً ضخمةً من المواد لبناء واحدة من هذه المنشآت. وربما يكون حَلُّ هذه المشكلة العملية هو استخدام التكنولوچيا النانوية. فلو أن هذه المنشآت الضخمة بُنِيَت بمواد نانوية، فقد يكون سُمْكُها جزيئات قليلة فقط؛ ما يمكن أن يخفض بدرجة كبيرة جدًّا موادَّ البناء المطلوبة).

والحقيقة أن عدد الرحلات الفضائية المطلوبة لإنشاء مثل هذا المنشأ الضخم هائل. ولكن المدخل لبنائها قد يكون الاستفادة من الروبوتات الفضائية والمواد ذاتية التنظيم. على سبيل المثال، لو أمكن بناء مصنعٍ نانَويٍّ على القمر لإنتاج الألواح اللازمة لـ "مجال ديسون"، يمكن تجميعه في الفضاء الخارجي. ولأن هذه الروبوتات ذاتية التناسخ؛ فإن عددًا غير محدود تقريبًا منها يمكن تخليقه لبناء هذا المنشأ.

ولكن، حتى لو أن حضارة من النوع الثاني خالدة بالفعل، فسوف تظلُّ تواجه تهديدًا بعيد المدى: القانون الثاني من الديناميكا الحرارية، حقيقة أن كل آلاتهم سوف تُولِّد أشعة حرارية تحت حمراء تكفي لجعل الحياة مستحيلة على كوكبهم. فالقانون الثاني يقول إن الافتقار للنظام (الفوضى، أو الاضطراب، أو النفايات) تزداد دائمًا في نظام مُغلَقٍ. في هذه الحالة، كل آلة، وكل جهاز منزلي، وكل

مُعِدَّة ستولِّد مُخلَّفات، في شكل حرارة. من قبيل السذاجة، أننا يمكن أن نفترض أن الحلَّ هو بناء ثلَّاجات ضخمة لتبريد الكوكب. ولكن الواقع أن تلك الثلاجات تخفض الحرارة داخلها، ولكن لو أننا جمعنا كلَّ الأشياء معًا، بما فيها الحرارة الناتجة عن المحركات التي تستخدمها الثلاجات، فإن متوسط الحرارة في النظام كله سيستمر في الارتفاع.

على سبيل المثال، في يوم شديد الحرارة، نُهَوِّي على وجوهنا لنشعر بالارتياح، معتقدين أن ذلك يمنحنا برودة. إن عملية التهوية ذاتها تبرِّد وجوهنا، مُعطيَةً إيَّانا ارتياحًا مؤقَّتًا، ولكن الحرارة المتولِّدة عن حركة عضلاتنا، وعظامنا، إلخ... تولِّد في الواقع حرارة إضافية صافية؛ ولذلك فإن قيامنا بتهوية أنفسنا يعطينا ارتياحًا نفسيًّا مؤقَّتًا، وكلن حرارة أجسامنا في المجمل وحرارة الهواء المحيط بنا ترتفع).

تَبريدُ حَضارَةٍ مِنَ النَّوعِ الثَّاني

إن حضارة من النوع الثاني، لكي تنجو من القانون الثاني؛ قد يكون عليها بالضرورة أن تُوزِّع آلاتها أو حرارتها الزائدة. وكما رأينا سابقًا، فإن أحد الحلول يمكن أن يكون نقل معظم الآلات إلى الفضاء الخارجي؛ وذلك حتى يصبح الكوكب الأم محميَّةً طبيعية. وهذا يعني أن حضارة من النوع الثاني عليها أن تبني كل مُعِدَّاتها المُولِّدة للحرارة خارج الكوكب. وعلى الرغم من أنها تستهلك إنتاج نجم من الطاقة، فإن الحرارة الزائدة المُولَّدة ستكون في الفضاء الخارجي وبالتالي سوف تتبدَّد من دون إحداث أضرار.

وأخيرًا، "مجال ديسون" نفسه سيبدأ في الاحترار. وهذا يعني أن "مجال ديسون" لا بُدَّ أن يبعث بالضرورة أشعَّةً تحت حمراء. (وحتى لو افترضنا أن الحضارة سوف تبتكر آلات تحاول حجب الأشعة تحت الحمراء، فإن تلك الآلات نفسها سوف تصبح ساخنة وتبعث أشعة تحت حمراء).

العلماء قاموا بمسح السماء بحثًا عن علامات تشير إلى وجود أشعة تحت حمراء من حضارة من النوع الثاني، ولكنهم فشلوا في العثور عليها. والعلماء في

"فيرميلاب"Fermilab[1] خارج شيكاغو مسحوا 250,000 نجم بحثًا عن دليل على حضارة من النوع الثاني، ولكنهم وجدوا فقط أربع نجوم كانت "مثيرة للاهتمام، ولكنها لا تزال مَحلَّ شَكٍّ"، وبالتالي كانت نتائجهم غير حاسمة. ومن الممكن أن تلسكوب "جيمس ويب الفضائي" James Webb Space Telescope الذي سيدخل الخدمة في أواخر 2018 وسوف يبحث بالتحديد عن أَشِعَّةٍ تحت حمراء، قد يتمتَّع بحساسية تُمكِّنُه من اكتشاف دليل حراري على كل حضارات النوع الثاني في قطاعنا من المجرَّة.

إذًا لدينا لغز. لو أن حضارات النوع الثاني خالدة بالفعل، وهي بالضرورة تبعث فاقد أشعَّةٍ تحت حمراء، فلماذا إذًا لم نكتشفها؟ ربما لأن البحث عن انبعاثات الأشعة تحت الحمراء ضيق النطاق جدًّا.

الفلكي "كريس إمبي" Chris Impey من جامعة أريزونا، يكتب مُعلِّقًا على اكتشاف حضارة من النوع الثاني: "الافتراض الأساسي أن أي حضارة متقدِّمة بشدَّة سوف تترك بصماتٍ أكثر بكثير ممَّا نترك نحن. إن النوع الثاني من الحضارات أو الحضارات اللاحقة قد توظِّف تكنولوجيات نستطيع نحن أن نتخيَّلها بالكاد. فربما هم يدبِّرون كوارث نجمية أو يستخدمون الدَّفعَ بالمادَّة المضادة. وربما يتلاعبون بالزَّمكان لخلق ثقوب دودية أو أكوان طِفلَةٍ، ويتواصلون بواسطة موجات جاذبية".

أو، كما كتب "داڤيد جرينسبون" David Grinspoon: "المنطق يقول إنه من المعقول أن نبحث عن علامات إلهيَّةٍ عن كائنات متقدِّمة في السماء. ولكن الفكرة تبدو سخيفة. إنها منطقية وحمقاء في الوقت ذاته. يا للمفارقة".

أحد السبل للخروج من هذه المعضلة هو أن ندرك أن هناك طريقتين لتصنيف حضارة: باستهلاكها للطاقة، ولكن أيضًا باستهلاكها للمعلومات.

المجتمع الحديث تَوَسَّع في اتجاه التصغير وكفاءة الطاقة، حيث يستهلك كميَّةً مهولة من المعلومات. والواقع أن "كارل ساجان" يقترح طريقة لتصنيف الحضارات بالمعلومات.

---

(1) فيرمي لاب Fermilab: معمل للطاقة تابع لوزارة الطاقة الأمريكية، يقع بالقرب من مدينة شيكاغو- المترجم.

طبقًا لهذا السيناريو، حضارة من النوع "أ" تستهلك مليون "بِت" من المعلومات. بينما حضارة من النوع "ب" ستستهلك عشرة أضعاف هذا الرقم، أي عشرة بلايين "بِت" من المعلومات، وهكذا، حتى نصل إلى النوع "ي"، الذي يمكن أن يستهلك 1031 "بِت" من المعلومات. وفقًا لهذه الحسبة: نحن حضارة من النوع "د". والفكرة هنا هي أن الحضارات يمكن أن تتقدَّم على مقياس استهلاك المعلومات بينما تستهلك الكمية ذاتها من الطاقة. وهكذا يمكن ألَّا تنتج كمية ذات أهمية من الأشعة تحت الحمراء.

ونحن نرى مثالًا على ذلك عندما نزور مُتحفًا للعلوم. حيث نندهش لحجم آلات الثورة الصناعية، من قاطرات عملاقة وقوارب بخارية ضخمة. ولكننا أيضًا نلاحظ إلى أي حد كانت قليلة الكفاءة، وتولد كمية ضخمة من فاقد الحرارة. وعلى النحو ذاته، نجد أن بنوك الكمبيوتر العملاقة في خمسينيات القرن العشرين يمكن أن يتفوَّق عليها هاتِفٌ خلوي عادي اليوم. التكنولوچيا الحديثة أصبحت أكثر رُقيًّا وذكاء، وأقلَّ تبديدًا للطاقة.

وهكذا، فإن حضارة من النوع الثاني يمكن أن تستهلك كمية كبيرة من الطاقة بدون حرق، وذلك بنشر آلاتها في "مجال ديسون"، أو على الكويكبات والكواكب القريبة، أو بتخليق نظم كمبيوتر مُصغرَّة فائقة الكفاءة. وبدلًا من أن تستهلك بواسطة الحرارة المولدة باستخدامهم الضخم للطاقة، فإن تكنولوچياتهم قد تكون أيضًا فائقة الكفاءة، تستهلك كميات كبيرة من المعلومات وتنتج كميات قليلة نسبيًّا من الحرارة.

هَلْ تَنْقَسِمُ البَشريَّةُ؟

ومع ذلك، فإن هناك حدودًا لما يمكن أن تصل إليه كل حضارة من التطوُّر بمعيار السفر إلى الفضاء. على سبيل المثال، حضارة من النوع الأول، كما سبق ورأينا، تكون محدودةً بطاقة كوكبها. وفي أفضل الأحوال، سوف تتمكَّن من فَنِّ استعمار كوكب مثل المريخ، وتبدأ في استكشاف أقرب النجوم. المسابير الروبوتية سوف تبدأ في استكشاف النظم الشمسية القريبة، وربَّما يتم إرسال أول رائد

فضاء إلى أقرب نجم، مثل "بروكسيما سينتوري". ولكن تكنولوچياتها واقتصادها لن تكون متقدِّمةً بما يكفي لأن تبدأ استعمارًا مُمَنهَجًا لأعداد كبيرة من النظم النجمية القريبة.

بالنسبة لحضارة من النوع الثاني، أكثر تَقدُّمًا بما يتراوح بين قرون وألفيات، استعمار قطاع من مجرَّة درب اللبانة يصبح إمكانية حقيقية. ولكن حتى بالنسبة لحضارة من النوع الثاني، هي أخيرًا مُقيَّدة بحدود الضوء. ولو افترضنا أن الدفع الأسرع من الضوء غير متاح لهم؛ فهذا سوف يتطلَّب منهم قرونًا كثيرة لاستعمار قطاعهم من المجرَّة.

ولكن، لو كان الأمر سيتطلَّب قرونًا للذهاب من نظامٍ نَجميٍّ إلى آخر، فإن الروابط مع الكوكب الأصلي ستصبح أخيرًا ضعيفةً جدًّا جدًّا. الكواكب سوف تفقد الاتصال أخيرًا بعوالم أخرى، وفروع جديدة من البشرية قد تنشأ لتستطيع أن تتكيَّف مع بيئات مختلفة جذريًّا. المستعمرون قد يعدِّلون أنفسهم أيضًا چينيًّا وسيبرانيًّا Cybernetically لكي يتكيَّفوا مع بيئات غريبة. وأخيرًا، قد لا يشعرون بارتباط مع كوكبهم الأم.

وهذا يبدو مُناقِضًا لرؤية "أسيموڤ" في سلسلته "المؤسَّسة"، التي تنشأ فيها إمبراطورية مَجَرِّيَّة بعد خمسين ألف عام من الآن وتستعمر معظم المجرَّة. فهل نستطيع أن نوفِّقَ بين هاتين الرؤيتين المختلفتين للمستقبل؟

هل المصير النهائي للحضارة الإنسانية هو أن تتشظَّى إلى هُويَّاتٍ أصغر مع معرفة سطحية فقط ببعضها البعض؟ هذا يطرح السؤال النهائي: هل نكسب النجوم ونفقد إنسانيتنا في هذه العملية؟ وما معنى أن تكون إنسانًا بأي حال لو وُجِدَت أفرع كثيرة جدًّا من البشرية؟

هذا التباعد يبدو كونيًّا في طبيعته، خيط متَّصل يمرُّ عبر التطوُّر كله، وليس الإنسانية فقط. "داروين" كان أوَّلَ مَن رأى كيف يحدث هذا داخل المملكتين: الحيوانية والنباتية عندما رسم مخطَّطًا تنبُّئيًّا في مُفكِّرته. لقد رسم صورة لأفرع شجرة، بها أذرع مختلفة تتباعد إلى أفرع أصغر. وفي رسم بياني بسيط، يرسم شجرة الحياة، مع كل التنوُّع في تطور الطبيعة من نوع واحد.

وربما ينطبق هذا الرسم البياني، ليس فقط على الحياة على الأرض، ولكن على الإنسانية نفسها بعد ألوف السنين من الآن، عندما نصبح حضارةً من النوع الثاني، قادرةً على استعمار النجوم القريبة.

شَتاتٌ عَظيمٌ في المَجَرَّةِ

لكي يكون لدينا تَبَصُّرٌ ملموس بهذه المشكلة؛ علينا أن نعيد تحليل تطوُّرنا نحن. بالنظر إلى المسار الطويل للتاريخ الإنساني، نستطيع أن نرى أنه قبل حوالي خمسة وسبعين ألف عام قبل الآن، حدث شَتاتٌ عظيم، مع نزوح جماعات صغيرة من البشر بعيدًا عن أفريقيا خلال الشرق الأوسط، مُنشئين مستوطناتٍ على طول الطريق. وربما بسبب كوارث بيئية، مثل "انفجار توبا" Toba Eruption وفترة تجلُّد، توجَّه أحدُ الأفرع عبر الشرق الأوسط ورحل إلى وسط آسيا. ثم انقسمت هذه الهجرة إلى أفرع كثيرة أصغر قبل نحو أربعين ألف عام. أحد الأفرع استمرَّ في الاتجاه شرقًا واستقرَّ أخيرًا في آسيا، مكوِّنًا أصلَ الشعب الآسيوي الحديث. الفرع الآخر استدار نحو شمال أوروبا، ليصبح في النهاية القوقازيين. ولكنَّ فرعًا آخر اتجه نحو الجنوب الشرقي مارًّا عبر الهند إلى جنوب شرق آسيا ثم أستراليا.

واليوم، نرى توابع هذا الشتات العظيم.

نحن نرى تنوُّعًا في البشر من ألوان وأحجام وأشكال وثقافات مختلفة ليس لديهم ذاكرة موروثة عن أصولهم الحقيقية. ولكن المرء يستطيع أن يحسب بالتقريب كم هو العنصر البشري متباعِد. فلو افترضنا أن الجيل الواحد يمتد لعشرين عامًا، إذًا في الغالب هناك 3,500 جيل تفصل بين أي شخصين على الكوكب.

ولكن اليوم، بعد عشرات الألوف من السنين، بالتكنولوجيا الحديثة، نستطيع أن نبدأ في إعادة تحديد كل مسارات الهجرة في الماضي، وأن نبني شجرة عائلة سلفية لهجرات الإنسان على مدى الخمسة والسبعين ألفًا من الأعوام الماضية.

لقد قدَّمتُ دليلًا حَيًّا على ذلك في برنامج على تليفزيون هيئة الإذاعة البريطانية حول طبيعة الزمن. أخَذَت الإذاعةُ بعضًا من حمضي النووي وتتبَّعوا تَسَلسُلَها. ثم تمَّت مقارنة أربعة من چيناتي مع چينات آلاف من أفراد آخرين حول العالم بحثًا عن وجود تشابُه. ثم تَمَّ تحديد مواقع الذين تشابَهَت چيناتهم مع هذه الچينات الأربعة على خريطة. وكانت النتيجة مُدهِشَةً لحدٍّ كبير. فقد أظهرت تركُّزَ هؤلاء الناس في اليابان والصين، ولكن كان هناك بعد ذلك نقاط ضئيلة على المساحة القريبة من صحراء "جوبي"، الواقعة في التِّبت. وبذلك، باستخدام تحليل الحمض النووي، كان من الممكن تتبُّع المسار الذي اتَّخذه أسلافي قبل حوالي عشرين ألف عام.

إلى أيِّ حَدٍّ سوف نَنْقَسِمُ؟

إلى أيِّ حَدٍّ سوف تتباعَدُ الإنسانية عبر ألوف من السنين؟ هل سيكون من الممكن تمييز البشرية بع عشرات الألوف من السنوات من الانفصال الچيني؟

يمكن فعليًّا الإجابة عليه باستخدام الحمض النووي بوصَفه "ساعة". علماء الأحياء لاحظوا أن الحمض النووي يتغيَّر بالمعدَّل ذاته تقريبًا عبر العصور. على سبيل المثال، أقرب جيراننا من حيث التطوُّر هو الشمبانزي. ويبيِّن تَحليلُ الشمبانزي أننا نختلف بحوالي 4% من حمضنا النووي. والدراسات التي تناوَلَت حفريَّات الشمبانزي والإنسان تشير إلى أننا انفصلنا عنهم قبل حوالي ستة ملايين عام.

وهذا يعني أن حمضنا النووي تَغيَّر بمعدل 1% كل 1.5 مليون عام. وهذا فقط رقم تقريبي، ولكن دعنا نَرَ ما إذا كان يمكننا من فهم التاريخ القديم لحمضنا النووي.

افترِضْ، للحظة، أن هذا المعدل في التغيُّر (تغير بنسبة 1.5% كل مليون عام) مستمر تقريبًا.

والآن دعنا نُحلِّلْ "نياندرتال" Neanderthal، أقرب أقربائنا الشبيهين بالإنسان. تحليل الحمض النووي والتحليل الأحفوري لـ "نياندرتال" يبيِّن أن حمضه النووي

يختلف عن حمضنا النووي بحوالي 0.5%، وأننا ننفصل عنه بما يتراوح بين خمسمائة ألف عام ومليون عام. وبالتالي، هذا يتَّفق تقريبًا مع ساعة الحمض النووي.

لو قُمنا الآن بتحليل الجنس البشري، سنجد أن أي شخصين مختارين عشوائيًّا يمكن أن يختلفا في حمضهم النووي بنسبة 0.1%. ساعتنا تقول إذًا إن أفرعًا مختلفة بدأت في التباعُد قبل حوالي 150,000 عام، وهو ما يتَّفق تقريبًا مع الأصول الفعلية للبشرية.

إذًا، باتِّباع ساعة الحمض النووي، نستطيع أن نحسب بالتقريب متى تباعدنا عن الشمبانزي، و"نياندرتال"، وكذلك عن أقراننا من البشر.

والفكرة هي أننا نستطيع أن نستخدم هذه الساعة لتقدير لأي حَدٍّ سوف تتغيَّر البشرية في المستقبل لو أننا انتشرنا عبر المجرَّة ولم نغيِّر حمضنا النووي تغييرًا جذريًّا. وافترض للحظة أننا ظَلَلنا حضارة من النوع الثاني مع صواريخ ذات سرعة أقل من سرعة الضوء لمائة ألف عام.

فحتى لو فقدت مستوطنات بشرية كل اتصال مع الأفرع الأخرى الإنسانية، فهذا يعني أن البشر يُحتَمَلُ أن يتباعدوا بحوالي 0.1% فقط في حمضنا النووي، وهو القدر من التباعُد الذي نراه اليوم بالفعل بين بني البشر.

الخلاصة هنا أنه حيث ينتشر البشر عبر المجرَّة بسرعة أقل من سرعة الضوء وتفقد فروع مختلفة الاتصال مع فروع أخرى، سوف نظل بشرًا بشكل أساسي. وحتى بعد 100,000 عام، عندما يمكن أن نتوقَّع منطقيًّا أن نصل إلى سرعة الضوء، فإن المستوطنات البشرية المختلفة لن تختلف بأكثر من اختلاف شخصين على الأرض اليوم.

هذه الظاهرة تنطبق أيضًا على اللغة التي نتحدَّثها. فقد لاحظ الأثريون واللغويون أن نمطًا مُذهِلًا يبرز عندما يتتبعون أصل اللغة. لقد اكتشفوا أن اللغات تتفرَّع بشكل مستمر إلى لهجات صغيرة أخرى بسبب الهجرات؛ وبمرور الزمن، تصبح هذه اللهجات هي ذاتها لغات كاملة الأهلية.

ولو أننا رسمنا شجرة كبيرة لكل اللغات المعروفة وكيف تفرَّعَت عن لغة أخرى واحدة وقارَنَّاها بالشجرة السلفية التي تتضمَّن الهجرات القديمة، فسوف نكتشف نمطًا مطابِقًا.

على سبيل المثال، أيسلندا، التي انعزلت بدرجة كبيرة عن أوروبا منذ سنة 874 ميلادية، عندما بدأت المستوطنات النرويجية الأولى، يمكن أن تستعمل كمعمل لاختبار النظريات اللغوية والجينية. اللغة الأيسلندية مرتبطة عن قرب باللغة النرويجية في القرن التاسع، مع قدر زهيد من السلافية والأسكتلندية متناثر في المزيج. (هذا يحتمل أن يرجع إلى أن الفايكنج أخذوا عبيدًا من أسكتلندا وأيرلندا). من الممكن إذًا أن نشكل ساعة حمض نووي وساعة لغوية لكي نحسب بالتقريب كم يوجد من التَّباعُد عبر ألف عام. فحتى بعد ألف عام، يستطيع المرء بسهولة أن يجد دليلًا على أنماط اللهجات القديمة منعكسة في اللغات.

ولكن حتى لو أن حمضنا النووي ولغتنا ظلَّت شبيهةً بنفسها بعد ألوف السنين من الانفصال، فماذا عن ثقافتنا ومعتقداتنا؟ هل سنكون قادرين على فهم وتمييز هذه الثقافات المتباعدة؟

قِيَمٌ جَوهريَّةٌ مُشتَرَكَةٌ

عندما ننظر إلى الشَّتات العظيم والحضارات التي خَلَقَها، لا نرى تنوُّعًا فقط في الاختلافات المادية في لون الجلد، والحجم، والشَّعر، إلخ... ولكننا نرى أيضًا مجموعة جوهرية من الخصائص التي هي ذاتها ملاحظة في عبر كل الثقافات، حتى عندما تفقد كل اتصال مع بعضها البعض لألوف من السنين.

ونحن نرى اليوم دليلًا على ذلك عندما نذهب لمشاهدة الأفلام. الناس من مختلف الأعراق والثقافات، الذين ربما تباعدوا عنَّا منذ خمسة وعشرين ألف عام، لا يزالون يضحكون ويبكون وينفعلون في اللحظة ذاتها من الفيلم. ومترجمو الأفلام الأجنبية يلاحظون الشراكة في النِّكات والدُّعابات في الأفلام على الرغم من أن اللغات نفسها تباعدت منذ زمن طويل.

هـذا ينطبـق أيضًـا عـلى الإحسـاس بالجماليـات. فلـو زُرنـا مُتحَفًـا بـه معروضـات مـن حضـارات قديمـة، سـنرى ملامـح مشـتركة. وبـصرف النظـر عـن الثقافـة، نـرى أعـمالًا فنيـة تُصـوِّر مناظـر للطبيعـة، وبورتريهـات للأغنيـاء والأقويـاء، وصُـورًا للأسـاطير والآلهـة. وعـلى الرغـم مـن صعوبـة القيـاس الكَمِّـي للإحسـاس بالجـمال، فـإن مـا يعتـبر جميـلًا في ثقافـة يعتـبر في الغالـب جميـلًا في ثقافـة أخـرى غـير مرتبطـة بهـا. وعـلى سـبيل المثـال، بِغَـضِّ النظـر عـن الثقافـة التـي نفحصهـا، نـرى أزهـارًا وأنواعًـا زهريـة متشـابهة.

موضـوع آخـر يعـبر حـدود الزمـان والمـكان هـو قيمنـا الاجتماعيـة المشـتركة. هنـاك اهتـمام جوهـري مشـترك برفاهـة الآخريـن. وهـذا يعنـي الطيبـة، والكـرم، والصداقـة، والاهتـمام. أشـكال مختلفـة مـن "القاعـدة الذهبيـة" موجـودة في عـدد كبـير مـن الحضـارات. الكثـير مـن أديـان العـالم، في أعمـق أساسـياتها، تركـز عـلى المفاهيـم ذاتهـا، مثـل فعـل الخـير والتعاطـف مـع الفقـراء والبؤسـاء.

الخاصيـة الجوهريـة الأخـرى مُركَّـزة عـلى الخـارج لا عـلى الداخـل. وهـذا يتضمَّـن الفضـول، والابتـكار، والإبـداع، والاندفـاع نحـو الاستكشـاف والاكتشـاف. كل ثقافـات العـالم بهـا أسـاطير وخرافـات حـول مستكشـفين ورواد عظـام.

وهكـذا، فـإن مبـدأ رجـل الكهـف يعـترف بـأن جوهـر شـخصيتنا لم يتغـير كثـيرًا في مائتـي ألـف عـام؛ ولذلـك حتـى لـو خرجنـا لننتـشر بـين النجـوم، مـن المرجَّـح جـدًّا أننـا سـوف نحتفـظ بقِيَمِنـا وصفاتنـا الشـخصية.

وفـوق ذلـك، علـماء النفـس لاحظـوا أنـه قـد تكـون هنـاك صـورة لمـا هـو جـذَّاب مُشـفَّرة في أمخاخنـا. لـو أننـا التقطنـا صـورًا فوتوغرافيـة لمئـات مـن النـاس المختلفـين بشـكل عشـوائي ثـم، باسـتخدام الكمبيوتـر، ركَّبناهـا فـوق بعضهـا، سـوف تـبرز لنـا منها صـورة مُركَّبـة جامعـة. ومـن المدهـش أن هـذه الصـورة تُعتَـبَر جذَّابَـةً في نظـر الكثيرين. إن مـا نعتـبره جميـلًا في وجـه شـخص هـو في الواقـع القاعـدة وليـس الاسـتثناء.

ولكـن مـاذا يحـدث عندمـا أخـيرًا نصـل إلى وضـع النـوع الثالـث ونمتلك القـدرة على السـفر بـأسرع مـن الضـوء؟ هـل سـوف ننـشر قِيَـمَ وجماليَّـاتِ عالَمِنا عـبر المجرَّة؟

التَّحَوُّلُ إلى النَّوعِ الثَّالِثِ

أخيرًا، قد تستنفد حضارةٌ من النوع الثاني ليس فقط طاقة نجمها وإنما طاقة كل النجوم القريبة، وتبدأ بالتدريج رحلتها لأن تصبح حضارةً من النوع الثالث، حضارة مَجَرِّيَّة. إن حضارة من النوع الثالث لا تستطيع فقط أن تحصد طاقة ملايين النجوم، بل إنها تستطيع أيضًا أن تسخر طاقة الثقوب السوداء، مثل ذلك الثقب الأسود الهائل الموجود في مركز مجرة درب اللبانة، والذي يَزِنُ ما يوازي مليونَيْ شمس. لو سافرت سفينة فضاء باتجاه نواة مَجرَّتنا، سوف نكتشف تشكيلة كبيرة من النجوم الكثيفة وسحابات الغبار التي يمكن أن تكون مصدرًا مثاليًّا للطاقة لحضارة من النوع الثالث. ولكي تتَّصِلَ حضارة متقدِّمة مثل تلك عبر المجرَّة؛ قد تستخدم موجات الجاذبية، التي تنبأ بها "أينشتين" سنة 1916 ولكن الفيزيائيِّين اكتشفوها أخيرًا في 2016. فعلى خلاف إشعاعات الليزر التي يمكن أن تُمْتَصَّ وتَتشتَّتَ وتنتشر أثناء انتقالها، موجات الجاذبية سوف تكون قادِرَةً على الانتشار عبر النجوم والمجرَّة، وبالتالي يمكن الاعتماد عليها أكثر عبر المسافات الشاسعة.

ليس من الواضح حتى الآن ما إذا كان السفر بأسرع من الضوء مُمكِنًا أم لا؛ ولذا سنعتبر في هذه اللحظة أن هذه الإمكانية غير موجودة.

لو كانت سفن الفضاء ذات السرعة الأقل من سرعة الضوء فقط هي الممكنة؛ فإن حضارة من النوع الثالث يمكن أن تقرِّر استكشاف بلايين العوالم في فنائها المَجَرِّيِّ عن طريق إرسال روبوتات ذاتيَّةِ التَّناسُخ تسافر إلى النجوم بأقل من سرعة الضوء. والفكرة هي إرساء تلك الروبوتات على الأقمار البعيدة. فالأقمار تمثل خيارًا مثاليًّا لأن بيئاتها أكثر استقرارًا، ولا تتعرَّض للتآكل، والهبوط عليها والإقلاع منها سهل؛ بسبب جاذبيتها الضعيفة. ومع مُجَمِّعات شمسية للإمداد بالطاقة، يستطيع مسبار قمري أن يمسح النظام الشمسي وإرسال المعلومات بالراديو إلى ما لا نهاية.

بمجرد أن يهبط المسبار، سينشئ مصنعًا من المواد القمرية من أجل أن يُصَنِّع ألف نسخة من نفسه. وكلٌّ يستنسخ جيلًا ثانيًا ثم ينطلق ليستعمر أقمارًا بعيدة أخرى. وهكذا، بدءًا بروبوت واحد، يصبح لدينا ألف. ولو أنشأ كلٌّ منهم

أَلْفَيْ روبوت أخرى؛ سيكون لدينا مليون، ثم بليون، ثم تريليون. وعلى مدى أجيال قليلة فقط، يمكن أن يكون لدينا "كوادريليونات"Quadrillions[1] من هذه الأجهزة، التي يسمِّيها العلماءُ آلاتِ "فون نيومان" Von Neumann Machines.

تلك في الواقع هي عُقدَة فيلم "2001"، الذي يَعرِضُ، ربما حتى اليوم، أكثرَ المواجهات واقعيَّةً مع ذكاء مخلوقات فضائية. في ذاك الفيلم، تضع الكائنات الفضائية إحدى آلات "فون نيومان" على القمر لتُرسِلَ إشاراتٍ إلى محطة إرسال واستقبال قائمة على المشترى من أجل أن تراقب، بل تؤثِّر في، تطوُّر البشرية.

وهكذا، فإن أول مواجهة لنا قد لا تكون مع مَسْخٍ بعين بَقَّةٍ، ولكن مع مسبار صغير ذاتي التناسُخ. هذا المسبار يمكن أن يكون صغيراً جدًّا، مُصغَّرًا بتكنولوچيا النانو، وربما صغيراً لدرجة أنك حتى لن تلاحظه. من المتصوَّر، في فنائك أو على القمر، أن يوجد دليل على زيارات سابقة غير مرئية تقريبًا.

في الواقع، البروفيسور "بول داڤيز" Paul Davies قدَّم اقتراحًا. لقد كتب مقالًا يدعو فيه إلى الذهاب من جديد إلى القمر من أجل البحث عن إشارات غريبة عن وجود طاقة أو بث بالراديو. فلو أن مسبار "فون نيومان" هبط على القمر قبل ملايين من السنين، فمن المرجَّح أنه كان سيستخدم ضوء الشمس لشحن نفسه بالطاقة؛ ولذلك من الممكن أن يَبثَّ انبعاثات راديو باستمرار. وحيث إن القمر لا يتعرَّض لعوامل للتآكُل، فهناك فرص لكونه في حالة قريبة من الكمال، وربما لا يزال يعمل.

وحيث إن هناك اهتمامًا متجدِّدًا بالذهاب إلى القمر من جديد ومن ثم إلى المريخ، فإن هذا قد يعطي العلماء فرصةً ممتازة لكي يروا ما إذا كان هناك دليل على وجود زيارات سابقة.

(بعض الناس، مثل "إريك ڤون دانيكين" Erich von Däniken، يدَّعي أن سفن كائنات فضائية هبطت بالفعل منذ قرون بعيدة، وأن رُوَّاد الفضاء الغرباء هؤلاء قد صُوِّروا في الأعمال الفنية للحضارات القديمة. وهم يدَّعون أن أغطية الرأس والأردية المرسومة بالتفصيل الموجودة في اللوحات والتماثيل القديمة هي بالفعل تصويرٌ لروَّاد فضاء قدماء، بخوذاتهم، وخزانات وقودهم، وحُلَّات الضغط،

(1) كواردليون 10^{15} = Quadrillion - المترجم.

إلخ... وبينما لا يمكن إهمال هذه الفكرة، فمن الصعب جدًّا إثباتها. فاللوحات الفنية القديمة غير كافية. نحن نريد برهانًا إيجابيًّا ملموسًا على زيارات سابقة. وعلى سبيل المثال، لو كانت هناك محطات فضاء؛ لكان يجب أن توجد مُخلَّفات وفَضَلات، في شكل أسلاك ورقائق وأدوات وإلكترونيات وقمامة وآلات. إن رقاقة فضائية واحدة يمكن أن تحسم هذا الجدال. وهكذا، لو ادَّعى أحد معارفك أنه اخْتُطِف من قِبَل كائنات فضائية؛ اطلُبْ منه أن يسرق شيئًا من السفينة عندما يحدث ذلك في المرة القادمة).

وهكذا، حتى لو كان من غير الممكن اختراق سرعة الضوء، فإن حضارة من النوع الثالث يمكن أن يكون لديها تريليونات فوق تريليونات من المسابير المنتشرة عبر المجرَّة بكاملها خلال عدد قليل من مئات الألوف من السنين، كلها ترسل معلومات مفيدة.

إن آلات "قون نيومان" قد تكون الأسلوب الأكثر كفاءة لحضارة من النوع الثالث للحصول على معلومات بشأن حالة المجرَّة. ولكن هناك طريقة أخرى لاستكشاف المجرَّة بشكل أكثر مباشرة، وذلك من خلال شيء أسمِّيه "السفر بواسطة الليزر".

السَّفَرُ إلى النُّجومِ بِواسِطَةِ اللَّيزَر

أحد أحلام كُتَّاب الخيال العلمي هو أن نكون قادرين على استكشاف الكون حيث تبدأ الطاقة النقية. وربَّما في يومٍ ما، في المستقبل البعيد، قد نتخلَّص من وجودنا المادي ونطوف في الكون، معتمدين على شعاع من الضوء. سوف نكون قادرين على السفر إلى النجوم البعيدة بأقصى سرعة ممكنة. عندما نتحرَّر من القيود المادية، سوف نكون قادرين على التحرُّك إلى جوار المُذنَّبات، وننزلق على أسطح البراكين الثائرة، وأن نطير خلف حلقات زحل، ونزور مواقع على الجانب الآخر من المجرَّة.

وبدلًا من أن يكون رحلة في الخيال، هذا الحلم يمكن أن يتجذَّر بالفعل في العلم الصلب. في الفصل العاشر، حلَّلنا "مشروع هيومان كونيكتوم" Human

Connectome Project، وهو المشروع الطموح لرسم خريطة للمُخِّ بأكمله. وربما في أواخر هذا القرن أو أوائل القرن القادم، سيكون لدينا الخريطة الكاملة، التي سوف تحتوي من حيث المبدأ على كل ذكرياتنا وأحاسيسنا ومشاعرنا، بل وربما شخصيتنا.

وعندئذ يمكن تحميل خريطة المخ البشري على شعاع ليزر وإرسالها إلى الفضاء الخارجي. كل المعلومات الضرورية لخلق نسخة رقمية من عقلك يمكن أن تسافر عبر السماوات.

في ثانية واحدة، يمكن أن تُرسِلَ خريطة مُخِّك إلى القمر. وخلال دقائق يمكن أن تصل المريخ. وخلال ساعات، يمكن أن تصل إلى العمالقة الغازية. وخلال أربع سنوات يمكنك زيارة "بروكسيما سينتوري". وخلال مائة ألف عام، يمكنك أن تصل إلى نهايات مجرة درب اللبانة.

وبمجرَّد وصولها إلى كوكب بعيد، يمكن إنزال المعلومات التي على شعاع الليزر إلى كمبيوتر رئيسي. وعندئذ يمكن لخريطة مُخِّكَ أن تتحكَّم في شخصية روبوتية. إن جسمه سيكون متينًا لدرجة أنه يمكن أن يحيا حتى لو كان الغلاف الجوي مُسمَّمًا، أو كانت درجة الحرارة جليدية أو جحيمية، أو ولو كانت الجاذبية قوية أو ضعيفة. وهكذا، وعلى الرغم من أن كل أنماطك العصبية محتواةٌ في داخل الكمبيوتر الرئيسي، فأنت تملك كل الأحاسيس الآتية من الشخصية الروبوتية. وبكل نواياك وأهدافك، أنت تسكن فيها.

ميزة هذا المنهج أن لا حاجة معه لصواريخ دفع أو محطات فضاء معقَّدة مُكلِّفة. إنك لا تقابل أبدًا مشكلة انعدام الوزن، أو الاصطدام بالكويكبات، أو الإشعاع، أو الحوادث، أو الملل لأنك تنتقل في شكل معلومات مَحْضَة. وعند سرعة الضوء، تقطع أسرع رحلة ممكِنَة إلى النجوم. من وجهة نظرك، ستكون الرحلة لحظية. كل أعضائك ستدخل إلى المعمل ثم تصل في الحال إلى مقصدك. (وذلك لأن الزمن يتوقَّف فعليًّا عند الانتقال بواسطة شعاع الضوء. وَعْيُكَ يتجمَّد حيث تتحرَّك بسرعة الضوء؛ ولذلك أنت تسافر عبر الكون من دون فاصل زمني. وهذا يختلف كثيرًا عن حالة السُّبات، حيث إنه عند السفر بسرعة الضوء، كما سبق

ذكره، يتوقَّف الزمن فعليًّا. وحيث إنك لن ترى أي مشاهد أثناء انتقالك، يمكنك أن تتوقَّف عند أي محطة استقبال وإرسال وتلاحظ ما يحيط بك).

أنا أُسمِّي ذلك "السفر بواسطة الليزر"، وربما يكون أقصرَ الطُّرُقِ وأنسبها للوصول إلى النجوم. إن حضارة من النوع الأول على بعد قرن من الآن قد تكون قادِرَةً على إجراء أول تجربة للسفر بواسطة الليزر. ولكن بالنسبة للحضارتين من النوع الثاني والثالث، قد يكون السفر بواسطة الليزر هو الأسلوب المفضَّل للانتقال عبر المجرَّة لأنهما على الأرجح سيكون لديهما كواكب بعيدة مستعمرة بالفعل بروبوتات ذاتية التناسخ. وربما أن حضارةً من النوع الثالث سيكون لديها طريق سريع شاسع للسفر بواسطة الليزر يربط بين نجوم مجرَّة درب اللبانة حيث تكون تريليونات الأرواح في حالة تَنقُّلٍ في أي وقت.

وعلى الرغم من أن هذه الفكرة تقدِّم أنسب الطرق لاستكشاف المجرَّة، فإن تحقيق السفر بواسطة الليزر بالفعل يتطلَّب حلَّ مُشكلاتٍ عَمليَّةٍ متعدِّدة.

إن تحميل خريطة مُخِّكَ على شعاع ليزر ليس مشكلة، حيث إن أشعة الليزر من حيث المبدأ تستطيع أن تنقل كميات غير محدودة من المعلومات. المشكلة الرئيسية هي إنشاء شبكة من محطات التتابع على امتداد الطريق لاستقبال خريطة مخِّكَ، وتضخيمها، ثم إرسالها إلى المحطة التالية. وكما ذكرنا آنِفًا، فإن "سحابة أورت" تبعد بعدَّة سنوات ضوئية عن نجم، وبالتالي فإن "سُحُبَ أورت" لنجوم مختلفة يمكن أن تتداخل؛ ولذلك فإن مُذنَّبات ثابتة في "سحابة أورت" يمكن أن توفِّر مواقع مثالية لمحطات التتابُع تلك. (إنشاء محطات تتابع على مُذنَّبات "سحابة أورت" يمكن أن يكون مفضَّلًا على تثبيتها على قمر بعيد، حيث إن الأقمار تدور حول كواكب، وغالبًا ما تحجبها تلك الكواكب، بينما هذه المُذنَّبات ثابتة).

وكما سبق ورأينا، فإن محطات التتابع هذه يمكن أن تُعَدَّ فقط بسرعات أقل من سرعة الضوء. وإحدى طرق حل هذه المشكلة هو استخدام نظام لأشعة الليزر، التي تستطيع أن تسافر بسرعة تمثل نسبة كبيرة من سرعة الضوء. وبمجرد هبوط هذه الأشرعة على مُذنَّب بـ "سحابة أورت"، تستطيع أن تستخدم

تكنولوچيا النانو لعمل نسخ من أنفسها وتجميع محطات تتابع تستخدم المواد الخام الموجودة على المُذنَّب.

وهكذا، على الرغم من أن محطات التتابع الأصلية لا بُدَّ أن تعد بسرعة أدنى من سرعة الضوء، يمكن بعد ذلك تحرير خرائط أمخاخنا لكي تطوف بسرعة الضوء.

إن التنقُّل بواسطة الليزر يمكن أن يُستَخدَمَ ليس للأغراض العلمية فقط، ولكن للترفيه أيضًا. حيث يمكننا أن نقضي إجازة بين النجوم. وسوف نقوم أوَّلًا بتخطيط تَسلسُلٍ من الكواكب أو الأقمار أو المذنَّبات التي نرغب في زيارتها، بِغَضِّ النظر عمَّا يمكن أن تكون عليه بيئتها من عدائية أو خطورة. ويجب أن نضع قائمة بأنواع الأجسام الوسيطة ("أڤاتار" Avatar) التي سوف نسكنها. (هذه الأجسام الوسيطة لا توجد في الواقع الافتراضي ولكنها روبوتات فعلية ممنوحة قوى إنسانية خارقة). وهكذا، على كل كوكب، يوجد جسم وسيط ينتظرنا بكل الصفات والقوى الخارقة التي نرغبها. وعندما نصل إلى ذاك الكوكب، نحن نتلبَّس هُويَّةَ ذلك الجسم الوسيط، ونسافر عبر الكوكب، ونستمتع بكافة المشاهد التي تفوق الخيال. وبعد ذلك، نترك الروبوت للعميل التالي لكي يستخدمه، ثم نأخذ طريقنا بواسطة الليزر إلى الموقع التالي. وقد نكون قادرين في إجازة واحدة على استكشاف أقمار وكواكب خارجية عديدة. ويجب ألَّا نشغل بالنا قَطُّ بالحوادث أو الأمراض، حيث إن خريطة مخِّنا فقط هي التي تطوف في المجرَّة.

وهكذا، عندما نُحدِّق في السماء ليلًا مُتسائِلين عمَّا إذا كان هناك أي أحد، وعلى الرغم من أنها قد تبدو بارِدَةً وجامدة وفارغة، ربما تكون سماء الليل تعجُّ بتريليونات من المسافرين الذين أُرْسِلوا بسرعة الضوء عبر السماوات.

الثُّقوبُ الدُّوديَّةُ وطاقَةُ "بلانك"

ولكن هذا يترك الإمكانية الثانية مفتوحة، وهي أن السفر أسرع من الضوء قد يكون ممكِنًا لحضارةٍ من النوع الثالث. هناك قانون جديد في الفيزياء ينضمُّ إلى هذه الصورة. وذلك هو مجال "طاقة بلانك" Planck Energy، المستوى الذي يمكن أن تحدث عنده ظواهر جديدة غريبة تخرق القوانين المعتادة للجاذبية.

لكي نفهم سبب أهمية "طاقة بلانك"؛ من الضروري أن ندرك أن كل الظواهر الطبيعية المعروفة في الوقت الحاضر، من الانفجار الكبير إلى حركة الجسيمات دون الذَّرِّيَّة، يمكن تفسيرها بواسطة نظريَّتَيْن: نظرية "النسبيَّة العامة" لـ "أينشتين" ونظرية "الكَمِّ". وهما معًا تمثِّلان القوانين الفيزيائية الأساسية التي تحكم كل المادة والطاقة. الأولى، "النِّسبيَّة العامَّة"، هي نظرية الكبير جدًّا: فالنسبية تفسِّر الانفجار الكبير، وخصائص الثقوب السوداء، وتَطوُّر الكون المتمدِّد. والثانية هي نظرية الصغير جدًّا: فنظرية "الكمِّ" تَصِفُ خصائص وحركة الجسيمات الذرية ودون الذرية التي تجعل كل المعجزات الإلكترونية في غرفة معيشتنا ممكنة.

والمشكلة هي أن هاتين النظريتين لا يمكن توحيدهما في نظرية واحدة شاملة. إنهما غير متشابهتين تمامًا، ومبنيَّتان على افتراضات مختلفة، ورياضيات مختلفة، وصور فيزيائية مختلفة.

لو كان من الممكن أن يكون هناك نظرية لمجال موحَّد، فإنَّ الطاقة التي يمكن عندها أن يحدث التوحيد هي "طاقة بلانك". فتلك هي النقطة التي تنهار عندها نظرية "أينشتاين" في الجاذبية تمامًا. إنها طاقة الانفجار الكبير وطاقة مركز ثُقبٍ أسود.

إن "طاقة بلانك" تساوي 1019 بليون إلكترون ڤولت، التي تعادل "كواردليون" مرَّةٍ الطاقةَ التي ينتجها "مُصادِمُ الهدرونات الكبير" Large Hadron Collider في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية European Organization for Nuclear Research (CERN)، أكبر مسرِّع جُسَيماتٍ على الأرض.

بدايةً، يبدو من غير المأمول الوصول إلى "طاقة بلانك"؛ حيث إنها ضخمة جدًّا، ولكن حضارة من النوع الثالث لديها طاقة أكبر بما يعادل أكثر من 1020

مرة من طاقة حضارة من النوع الأول، لديها القدرة على فعل ذلك. إذًا، فإن حضارة من النوع الثالث قد تكون قادِرَةً على التلاعُب ببنية الزمكان وثَنْيِه عند الحاجة.

هم قد يستطيعون الوصول إلى مستوى هذه الطاقة التي تفوق التصوُّرَ بإنشاء مسرع للجسيمات أكبر بكثير من مُصادِم الهدرونات الكبير. مصادم الهدرونات الكبير عبارة عن أنبوب دائري يأخذ شكلَ كعكة يبلغ محيطها سبعة عشر ميلًا، مُحاطة بمجالات مغناطيسية ضخمة.

عندما يتمُّ حقن تيَّارٍ من البروتونات في مصادم الهدرونات الكبير، تثني المجالات المغناطيسية طريقها إلى شكل دائرة. وعندئذ، تُرسَل نبضات من الطاقة بشكل دوري إلى داخل الكعكة؛ ما يؤدي إلى تسريع البروتونات. توجد حزمتان من البروتونات تشقَّان طريقهما داخل الأنبوب في اتجاهين متضادَّيْن. وعندما تصلان إلى السرعة القصوى، يتصادمان وجهًا لوجه، مطلقين طاقة مقدارها أربعة عشر تريليون إلكترون ڤولت، وهي أكبر تفجير للطاقة تمَّ إحداثه اصطناعيًّا. (هذا التَّصادم قويٌّ لدرجة أن البعض قلقوا من أنه ربما يفتح ثُقبًا أسود يمكن أن يستهلك الأرض. ولكن هذا قلق في غير مَحلِّه؛ فالواقع أنه توجد جسيمات دون ذَرِّيَّةٍ تحدث بشكلٍ طبيعيٍّ تضرب الأرض طوال الوقت بطاقات أكبر كثيرًا من أربعة عشر تريليون إلكترون ڤولت. إن الطبيعة الأم تستطيع أن تضربنا بإشعاعات كونية أقوى كثيرًا من الإشعاعات الهزيلة التي نُخَلِّقها في معاملنا).

ما بَعْدَ مُصادِمِ الهدرونات الكَبيرِ

مُصادِمُ الهدرونات الكبير صَنَعَ الكثير من عناوين الصحف، بما في ذلك اكتشاف "بوسون هيجز"Higgs Boson[1] المراوغ، الذي فاز عنه بجائزة نوبل عالِمَا الفيزياء "بيتر هيجز" Peter Higgs و"فرانسوا إنجليرت" Francois Englert. إن أحد أهدافنا الرئيسية من مصادم الهدرونات الكبير هو الوصول لحل الجزء

(1) بوسون هيجز Higgs Boson: نسبة إلى بيتر هيجز Peter Higgs عالم الفيزياء النظرية البريطاني والبروفيسور في جامعة إيدينبورج Edinburgh. حصل على جائزة نوبل في سنة 2013 - المترجم.

الأخير من اللغز، المسمَّى "النموذج المعياري" للجسيمات، وهو أكثر النسخ تَقدُّمًا من نظرية الكم، ويعطينا وصفًا كامِلًا للكون بطاقات منخفضة.

النموذج المعياري يُسمَّى أحيانًا "نظرية كل شيء تقريبًا" لأنه بالفعل يصف كون الطاقة المنخفضة التي نراها حولنا. ولكنها لا يمكن أن تكون النظرية النهائية لعدَّة أسباب:

1. إنها لا تأتي على ذكر الجاذبية. والأسوأ من ذلك، أننا عندما نجمع بين النموذج المعياري ونظرية "أينشتين" في الجاذبية، تنفجر النظرية الهجين مُعطيَةً إيَّانا كلامًا فارغًا (الحسابات تصير لا نهائية؛ ما يعني أن النظرية غير مفيدة).
2. بها تشكيلة غريبة من الجسيمات التي تبدو غير متَّسِقَة تمامًا. وهي تحتوي على سِتٍّ وثلاثين من "الكواركات" Quarks و"الكواركات المضادَّة"، وسلسلة من "جلونات يانج ميلز" Yang-Mills gluons، و"اللبتونات" Leptons (إلكترونات وميونات)، و"بوسونات هيجز".
3. بها تسعة عشر محدِّدًا حرًّا (كتل ومُجَمِّعات للجسيمات) يجب أن توضع يدويًّا. وهذه الكتل والمُجمِّعات غير مُحدَّدة في النظرية؛ لا أحد يعرف لماذا أُعطيَت هذه القِيَم الرقمية.

من الصعب أن نعتقد أنّ النموذج المعياري، بتشكيلته المتنافرة من الجسيمات دون الذرية، هو النظرية النهائية للطبيعة. إن هذا يشبه أن تأخذ شريطًا لاصقًا وتلفَّ به خَلَد الماء وخنزير الأرض والحوت، معًا، وتسمِّي هذا الشيءَ المخلوق النهائي للطبيعة الأم، الناتج النهائي لملايين السنين من التطوُّر.

مسرِّع الجسيمات الكبير التالي الذي في مرحلة التخطيط حاليًا هو المصادم الخطِّي القومي International Linear Collider (ILC)، الذي يتكوَّن من أنبوبٍ مستقيم بطول حوالي ثلاثين ميلًا سوف تتصادم فيه حِزَمٌ من الإلكترونات والإلكترونات المضادة. والخطة الحالية هي أن يقام في "جبال كيتاكامي" في اليابان، ومن المتوقَّع أن يتكلف حوالي 20 بليون دولار، تقدِّم الحكومة اليابانية نصفها.

وعلى الرغم من أن الطاقة القصوى لهذا المصادم سوف تكون تريليون إلكترون ڤولت واحد فقط، فهو من نواحٍ عدة سوف يكون متفوِّقًا على مصادم الهدرونات الكبير. فعندما تسحق البروتونات بعضها بعضًا، يكون من الصعب جدًّا تحليل الصدام لأن البروتون له بنية معقَّدة. فهو يحتوي على ثلاثة "كواركات"، مترابطة معًا بواسطة جسيمات تسمَّى "جليونات". ولكن البروتون ليس له بنية معلومة. إنه يشبه جسيم نقطة؛ ولذلك، عندما يتصادم إلكترون مع إلكترون مضاد، يكون هذا تفاعُلًا نظيفًا بسيطًا.

حتى مع هذه التطوُّرات في الفيزياء، فإن حضارتنا التي من النوع صفر لا تستطيع أن تحقِّق "طاقة بلانك". ولكن هذا في نطاق حضارة من النوع الثالث. وبناء مسرِّع مثل المصادِم الخطِّيِّ القومي قد يكون خطوةً حاسمة تجاه كوننا قادرين يومًا ما على اختبار مدى ثبات الزمكان وتحديد ما إذا كان يمكن أن نقدر على اتخاذ طريق مختصر خلاله.

المُسَرِّع في حِزامِ الكُوَيْكِباتِ

أخيرًا، قد تقوم حضارة متقدِّمة ببناء مسرِّع جسيمات بحجم حزام الكويكبات. حيث يمكن إرسال حزمة دائرية من البروتونات حول الحزام، بتوجيه من مغناطيسات عملاقة. على الأرض، يتمُّ إرسال الجسيمات داخل أنبوب دائري كبير به فراغ من الداخل. ولكن حيث إن الفراغ في الفضاء الخارجي أفضل من أي فراغ على الأرض، فإن هذا المسرع لا يحتاج لأنبوب على الإطلاق.

وكل ما يحتاج إليه الأمرُ سلسلةً من محطات المغناطيسات العملاقة توضع بشكل استراتيجي حول الحزام، مكوِّنَةً طريقًا دائريًّا لحزمة البروتونات. إنها بشكل ما تشبه سباق التتابع. كل مرة تذهب فيها البروتونات خلف محطة، تقوم دفعة من الطاقة الكهربائية بشحن المغناطيسات، التي تركل حزام البروتونات لكي ينتقل إلى المحطة التالية بالزاوية الصحيحة. وكل مرة تمرُّ فيها حزمة البروتونات بمحطة مغناطيسية، يُضخُّ مزيد من الطاقة إلى الحزمة في شكل طاقة ليزر، حتى تصل بالتدريج إلى "طاقة بلانك".

وبمجرَّد أن يتزوَّد المسرِّع بهذه الطاقة، يمكنه أن يركز تلك الطاقة في نقطة منفردة. وعندها لا بُدَّ أن ينفتح ثُقبٌ دُوديٌّ. ويتمُّ عندئذ شحنه بطاقة سلبية كافية لكي تثبِّته وتمنعه من الانهيار.

ماذا يمكن أن تشبه رحلة داخل ثقب دوديٍّ؟ لا أحد يعرف، ولكن الفيزيائي "كيب ثورن" Kip Thorne من معهد كاليفورنيا للتكنولوچيا توصَّل إلى تخمينٍ مدروس عندما كان يساعد بتقديم المشورة إلى مخرجي فيلم "السفر بين النجوم" Interstellar. "ثورن" استخدم برنامج كمبيوتر لتتبُّع مسارات حزم الضوء عندما تمرُّ بالمرء، حيث يمكنك أن تحسَّ بشعور مرئي بما يمكن أن تشبهه تلك الرحلة. وعلى خلاف الأعمال السينمائية المعتادة، كانت تلك أكثر المحاولات دقَّةً لتخيُّل هذه الرحلة في فيلم.

(في الفيلم، عندما تقترب من ثُقبٍ أسود، ترى مجالًا أسود عملاقًا، يسمَّى أفق الحدث. وحيث تدخل إلى أفق الحدث، تعبر نقطة اللاعودة. وداخل المجال الأسود يوجد الثقب الأسود ذاته، نقطة صغيرة جدًّا ذات جاذبية وكثافة تفوق التَّصوُّر).

بالإضافة إلى بناء مُسرِّعات جسيمات عملاقة، توجد عدة طرق أخرى أخذها الفيزيائيون في الاعتبار استغلالًا للثقوب الدودية. أحد الاحتمالات هو أن الانفجار الكبير كان تفجيريًّا لدرجة أنه قد يكون ضخَّم ثقوبًا دوديَّةً صغيرة جدًّا كانت موجودةً في الكون الوليد قبل 13.8 بليون سنة. وعندما بدأ الكون في التمدُّد أضعافًا مُضاعَفَةً، قد تكون هذه الثقوب الدودية تمدَّدَت معه. وهذا يعني أنه على الرغم من أن لا أحد رأى واحدًا من هذه الثقوب في الوقت الحاضر، فربما تكون ظاهرة تحدث طبيعيًّا. بعض الفيزيائيين تكهَّنوا بشأن كيفية التوصل إلى واحد منها في الفضاء. (لكي يعثر المرء على ثقب دودي يحدث طبيعيًّا، وهو ما كان موضوعًا لحلقات عديدة من مسلسل "ستار تريك"؛ عليه أن يبحث عن شيء يُشوِّه مسارَ ضوء النجوم بطريقة خاصَّةٍ، ربما يكون شبيهًا بِكُرَةٍ أو حلقة).

حيث تدخل سفينة نجمية ثُقبًا دوديًّا، يجب أن تصمد للإشعاع الكثيف الناتج عن التقلُّبات الكموميَّة. من حيث المبدأ، نظرية الأوتار فقط لديها القدرة على حساب التقلُّبات، وبالتالي يمكنك أن تحدِّد ما إذا كنت ستظل على قيد الحياة (صورة رقم 9).

هناك احتمال آخر، استكشفه أيضًا "كيب ثورن" وشركاؤه، وهو العثور على ثقبٍ دوديٍّ صغير جدًّا في الفراغ ثم تمديده. إن أحدث ما توصَّلنا إليه من فَهْمٍ للفضاء هو أنه ربما كان يزخر بثقوب دودية صغيرة جدًّا عند انبثاق الكون إلى الوجود ثم تختفي من جديد. ومن ثَمَّ، إذا كان لديك طاقة كافية، قد تكون قادِرًا على أن تتعامَلَ مع ثُقبٍ أسود قبل وجوده، ثم تضخيمه.

ولكن توجد مشكلة واحدة مع كل هذه الاقتراحات: الثقب الدودي مُحاطٌ بجسيمات من الجاذبية، تسمَّى "الجراڤيتونات" Gravitons. وحيث تُقدِمُ على المرور خلالها تواجِه تصحيحاتٍ كموميَّةً في شكل "إشعاع تجاذُبيٍّ" Gravitational. Radiation بشكل عام، التصحيحات الكمومية تكون صغيرةً ويمكن تجاهلها.

ولكن العمليات الحسابية تُبيِّن أن هذه التصحيحات تكون لا نهائية عند مرورك خلال ثقبٍ دوديٍّ؛ ولذلك قد يكون الإشعاع قاتِلًا. أيضًا، مستويات الإشعاع تكون قوية لدرجة أن الثقب الدودي قد ينغلق، جاعِلًا العبور مستحيلًا. ويوجد الآن جدال بين الفيزيائيين حول مدى خطورة السفر خلال ثقب دودي.

نسبيَّة "أينشتين" لا تعود ذات نفع حيث ندخل ثقبًا دوديًّا؛ فالآثار الكمومية تكون كبيرة لدرجة أننا نحتاج نظرية أعلى لتأخذنا خلالها. وحاليًا النظرية الوحيدة القادرة على القيام بذلك، هي "نظرية الأوتار"، التي تعتبر واحدة من أغرب النظريات المقترحة في الفيزياء على الإطلاق.

الغُموضُ الكموميُّ

أي نظرية تستطيع أن توحِّد بين "النسبية العامَّة" ونظرية "الكم" في "طاقة بلانك"؟ "أينشتين" قضى الأعوام الثلاثين الأخيرة من حياته سعيًا وراء "نظريَّةٍ لكل شيء" تستطيع أن تُمكِّنه من أن "يقرأ عقل الإله"، ولكنه فشل. وقد ظل ذلك واحدًا من أكبر الأسئلة التي تُجابِهُ الفيزياء الحديثة. إن الإجابة سوف تكشف عن بعض أهم أسرار الكون، وباستخدامها، قد نكون قادرين على استكشاف السفر عبر الزمن، والثقوب الدودية، وأبعادًا أعلى، وأكوانًا موازية، وحتى ما حدث قبل الانفجار الكبير. والأكثر من ذلك، أن الإجابة سوف تحدِّد ما إذا كانت البشرية تستطيع أن تسافر عبر الكون بسرعات تفوق سرعة الضوء أم لا.

لكي نفهم ذلك، لا بُدَّ أن نفهم أساس نظرية "الكَمِّ"، مبدأ عدم التيقُّن لـ "هايزنبرج" Heisenberg. هذا المبدأ -الذي يبدو بسيطًا- يُقرِّر أنه -بِغَضِّ النظر عن مدى حساسية أجهزتك- لا تستطيع أن تعرف أيًّا من سرعة أو موقع أي جسيم دون ذريٍّ، وليكن إلكترون. هناك دائمًا "غموض" كمومي. وهكذا تنشأ صورة مدهشة. أي إلكترون هو في الواقع تشكيلة من حالات مختلفة، حيث كل حالة تصف إلكترونًا في موقع مختلف بسرعة مختلفة. ("أينشتين" كره هذا المبدأ؛ فقد كان بـ "حقيقة موضوعية"، التي هي الفكرة المنطقية المتمثِّلة في أن الأشياء

توجد في صورة محدَّدة واضحة المعالم، وأننا نستطيع أن نحدد الموقع والسرعة المُحدَّدَيْن لأي جسيم).

ولكن نظرية الكَمِّ تُقرِّر شيئًا آخر. عندما تنظر إلى مرآة، أنت لا ترى نفسك كما أنت في الحقيقة؛ فأنت مُكوَّنٌ من تشكيلة ضخمة من الموجات، ومن ثم فإن الصورة التي تراها في المرآة هي في الواقع شيء متوسِّط، مُركَّب من كل هذه الموجات. بل يوجد احتمال بسيط لكون بعض هذه الموجات يمكن أن تنتشر في كل أرجاء غرفتك وإلى الفضاء. والواقع أن بعض موجاتك يمكن أن تنتشر حتى إلى المريخ وما وراءه. (إحدى المسائل التي نقدِّمها لطلَّابنا في رحلة الدكتوراه هي أن يحسبوا احتمال أن تنتشر بعض موجاتك إلى المريخ وأنك قد تنهض يومًا من فراشك لتصحو على الكوكب الأحمر).

هذه الموجات تُسمَّى "التصحيحات الكمومية" أو "الاهتزاز الكمومي". في الأحوال العادية، تكون هذه التصحيحات صغيرةً، ومن ثم تكون الفكرة المنطقية صحيحة تمامًا، حيث إننا عبارة عن تشكيلة من الذَّرَّات ونستطيع فقط أن نرى المتوسِّطات. ولكن على المستوى دون الذَّرِّيِّ، يمكن أن تصير هذه التصحيحات الكمومية كبيرة، حتى أن الإلكترونات يمكن أن تكون في أماكن مختلفة في الوقت عينه وتوجد في حالات متوازية. هذه التصحيحات تجعل الإلكترونيات الحديثة مُمكِنَة. ("نيوتن" يمكن أن يُصابَ بالصدمة لو شُرِحَت له كيف أن الإلكترونات في الترانزستورات يمكن أن توجد في حالات متوازية. هذه التصحيحات تجعل الإلكترونيات الحديثة مُمكِنَةً. ومن ثم، لو استطعنا بشكل ما أن نوقف هذا الغموض الكمومي؛ فإن كل معجزات التكنولوجيا هذه سوف تتوقَّف عن العمل، والمجتمع سوف يعود إلى الماضي بمئات السنين، قبل عصر الكهرباء).

من حُسن الحَظِّ، أن الفيزيائيين يستطيعون أن يحسبوا هذه التصحيحات الكموميَّة للجُسيمات دون الذَّريَّة وأن يضعوا تنبُّؤات لها، وبعض هذه التنبؤات صحيح بدقَّةٍ غير معقولة، حتى جزء من عشرة تريليونات. والواقع أن نظرية الكَمِّ دقيقة لدرجة أنها رُبَّما تكون أنجحَ النظريات في كل العصور. لا يوجد شيء آخر يمكن أن يضاهي دِقَّتها عند التطبيق على المادة العادية. إنها قد تكون أعجب النظريات التي اقترحت في التاريخ ("أينشتين" قال ذات مرة إنه كُلَّما زاد

نجاح نظرية الكم، أصبحت أكثرَ غرابَةً)، ولكن هناك شيئًا صغيرًا في صالحها: أنها صحيحة بشكل لا يمكن إنكاره.

إذًا، مبدأ "عدم التَّيَقُّن" لـ "هايزنبرج" يجبرنا على أن نعيد تقييم ما نعرفه على أنه حقائق. إحدى النتائج أن الثقوب السوداء لا يمكن أن تكون سوداء حقًّا. فنظرية الكم تقول إنه لا بُدَّ من وجود تصحيحات كمومية للسواد الخالص، ومن ثم فإن الثقوب السوداء في الواقع رمادية. (وهي تبعث إشعاعًا خافِتًا يسمَّى "إشعاع هوكينج"). كثير من الكتب الدراسية تقول إن في مركز ثقب أسود، أو في بداية الزمن، يوجد "سينجولاريتي"، أي نقطةً من الجاذبية اللانهائية. ولكن الجاذبية اللانهائية تخرق مبدأ "عدم التيقُّن". (بتعبير آخر، لا يوجد شيء من هذا الـ "سينجولاريتي"؛ إنها ببساطة كلمة اخترعناها للتستُّر على جهلنا بما يحدث عندما لا تتحقَّق المعادلات. في نظرية "الكم"، لا يوجد "سينجولاريتي" لأن هناك غموضًا يمنعنا من معرفة الموقع المحدَّد للثقب الأسود). على نحو مشابِهٍ، غالِبًا ما يذكر أن فراغًا مُطلَقًا هو حالة من العدم المطلق. إن مفهوم "الصفر" يخرق مبدأ "عدم التَّيَقُّن"، وبالتالي لا يوجد شيء من هذا العدم المطلق. (وعلى خلاف ذلك، الفراغ مرجَلٌ من جسيمات مادة ومادة مضادة افتراضية تبرز وتختفي من الوجود). ولا يوجد صفر مُطلَق، درجة الحرارة التي عندها تتوقَّف كل حركة. (حتى لو اقتربنا منه، فإن الجسيمات تستمر في الحركة بدرجة ضئيلة، تسمَّى طاقة نقطة الصفر).

ولكن عندما نحاول أن نصيغ نظرية كمٍّ للجاذبية، تحدث مشكلة. التصحيحات الكمومية لنظرية "أينشتين" توصف بالجسيمات التي نسميها "جرافيتونات". وتمامًا مثلما الفوتون جسيِّم من الطاقة، فإن الجرافيتون جُسيِّم من الجاذبية. والجرافيتونات مراوغة لدرجة أنها لا يمكن أن تُرى في المعمل. ولكن الفيزيائيين على ثقة من وجودها، حيث إنها أساسية في أي نظرية كمٍّ في الجاذبية. ولكن عندما نحاول أن نحسب هذه الجرافيتونات، نجد أن التصحيحات الكمومية لا نهائية، فالجاذبية الكمومية مُلغَّمة بالتصحيحات التي تنسف المعادلات. وقد حاولت بعض أعظم العقول في الفيزياء حلَّ هذه المشكلة، ولكنهم جميعًا فشلوا.

وهكذا، فإن هناك هدفًا للفيزياء الحديثة: إيجاد نظرية كم للجاذبية حيث التصحيحات الكمومية لها نهاية ويمكن حسابها. وبتعبير آخر، نظرية "أينشتين" في الجاذبية تُجيز تكوُّن الثقوب الدودية، التي يمكن أن تعطينا يومًا ما طُرُقًا مختصرة خلال المجرة. ولكن نظرية "أينشتين" لا تستطيع أن تخبرنا ما إذا كانت هذه الثقوب ثابِتةً أم لا. ولكي نحسب هذه التصحيحات الكمومية، نحتاج لنظرية تجمع بين "النسبية" ونظرية "الكَمِّ".

مكتبة
t.me/soramnqraa

نَظريَّةُ الأَوتارِ

حتى الآن، المُرشَّح الرئيسي (والوحيد) لحل هذه المشكلة هو شيء يُسمَّى نظرية "الأوتار"، التي تقول إن كل المادة والطاقة في الكون مُكوَّنة من أوتار صغيرة جدًّا. وكل اهتزاز في الوتر يتوافق مع جسيمٍ دون ذريٍّ آخر. فالإلكترون، إذًا، ليس في الحقيقة جُسيمًا شبيهًا بالنقطة. ولو كان لدينا ميكروسكوب ضخم، سوف نرى أنه ليس جسيمًا على الإطلاق ولكنه وتر متذبذب. والإلكترون يبدو كأنه جسيم شبيه بالنقطة لأن الوتر صغير جدًّا.

لو اهتز الوتر بتردُّداتٍ مختلفة، يتوافق مع جسيم مختلف، مثل "كوارك" أو "ميسون" أو "نيوترينو" أو "فوتون"، إلخ. وهكذا اكتشف الفيزيائيون مثل هذا العدد اللامعقول من الجسيمات دون الذَّرِّيَّة. إنها، حرفيًّا، بالمئات، وكلها لأنها مجرد اهتزازات مختلفة لوتر صغير جدًّا. وبهذه الطريقة، تستطيع نظرية الأوتار أن تفسِّر نظرية الكم للجسيمات دون الذرية. ووفقًا لنظرية الأوتار، حيث يتحرَّك الوتر، يجبر الزمكان على أن ينطوي حول نفسه كما تنبَّأ "أينشتين" تمامًا، ومن ثم تُوحِّد بين نظرية "أينشتين" ونظرية الكَمِّ بطريقة مُرضِيَةٍ جدًّا.

وهذا يعني أن الجسيمات دون الذرية تشبه تمامًا النوتات الموسيقية. الكون سيمفونية من الأوتار، والطبيعة تمثِّل تَناغُمَ هذه النوتات، و"عقل الإله" الذي لاحقه "أينشتين" لعقود كثيرة جدًّا موسيقى كونية تتردَّد عبر الفضاء الفوقي.

كيف إذًا تنفي نظرية الأوتار التصحيحات الكمومية التي اعتقد فيها الفيزيائيون لعقود؟ إن نظرية الأوتار تمتلك شيئًا يُسمَّى "التناظر الفائق"

supersymmetry. لكل جسيم شريك: جسيم فائق أو "سبارتكل" Sparticle. على سبيل المثال، شريك الإلكترون هو الـ "سلكترون" Selectron. وشريك الكوارك هو الـ "سكوارك" Squark. إذًا، لدينا نوعان من التصحيحات الكمومية: تلك التي تأتي من الجسيمات العادية وتلك التي تأتي من السبارتكلات. إن جمال نظرية الأوتار هو أن التصحيحات الكمومية التي تأتي من هذين النوعين من الجسيمات تلغي بعضها البعض تحديدًا.

وهكذا، تعطينا نظرية الأوتار طريقة بسيطة ولكن رائعة لإزالة هذه التصحيحات الكمومية اللانهائية. إنها تتلاشى لأن النظرية تكشف عن تناظُرٍ جديدٍ يعطي النظرية قوتها الرياضية وجمالها.

بالنسبة للفنانين، الجمال قد يكون كمية من الأثير يطمحون للإمساك به في أعمالهم. ولكن عند علماء الفيزياء النظرية، الجمال هو التناظُر. إنه أيضًا ضرورة مُطلَقة عند سَبْرِ غَوْرِ الطبيعة النهائية للزمان والمكان. على سبيل المثال، عندما يكون لديَّ ندفَةٌ من الثلج وأديرها بـ 60 درجة، تظل ندفة الثلج هي ذاتها. بالطريقة ذاتها، منظار النماذج المتغيِّرة Kaleidoscope يخلق أشكالًا جميلة لأنه يستخدم مرايا لمضاعفة صورة بشكل متكرِّر حتى تكمل 360 درجة. ونحن نقول إن كُلًّا من ندفة الثلج ومنظار النماذج المتغيِّرة يمتلكان تناظُرًا إشعاعيًّا؛ أي أن كُلًّا منهما يظل هو ذاته بعد دوران إشعاعي مُعيَّن.

دعنا نَقُلْ إن لدينا معادلة تحتوي على كثير من الجسيمات دون الذرية ثم خلطناها أو أعدنا ترتيبها بين بعضها البعض. لو ظلَّت المعادلة هي نفسها بعد تبادُل الجسيمات، سوف نقول في هذه الحالة إن المعادلة متناظِرَة.

قُوَّةُ التَّناظُرِ

التَّناظُر ليس فقط موضوعًا جماليًّا. إنه طريقة قوية لإزالة الاختلالات والشذوذ في معادلاتك. لو أنك أدَرتَ ندفَةَ الثلج؛ ستستطيع بسرعة أن تحدِّد أي عيوب بمقارنة النسخة المدارة مع النسخة الأصلية. ولو لم تكونا الشيء نفسه؛ فإن لديك مشكلة تحتاج تصحيحًا.

بالطريقة ذاتها، عندما نضع معادلة كمومية، نكتشف في الغالب أن نظرية مصابة بعيوب واختلافات. ولكن لو كانت المعادلة مُتَّسِمَة بالتناظر؛ لكانت تلك العيوب قد زالت. بالطريقة ذاتها، التناظُر الفائق يهتم باللامحدودية والنقص الموجودين غالبًا في نظرية الكم.

علاوة على ذلك، تحوَّل الأمر إلى أن أصبح التناظُرُ الفائق أكبرَ تَناظُرٍ وُجِدَ في الفيزياء على الإطلاق. التناظر الفائق يستطيع أن يأخذ كل الجسيمات دون الذرية المعروفة ويمزجها معًا أو يعيد ترتيبها بينما يحافظ على المعادلة الأصلية. والواقع أن التناظر الفائق قوي لدرجة أنه يمكن أن يأخذ نظرية "أينشتين"، بما في ذلك الجرافيتون والجسيمات دون الذرية من النموذج المعياري، ويقوم بتدويرها أو تبديلها ببعضها. وهذا يعطينا طريقة مُرْضيةً وطبيعية لتوحيد نظرية "أينشتين" في الجاذبية والجسيمات دون الذرية.

إن نظرية الأوتار تشبه ندفة ثلج كونيَّة عملاقة، فيما عدا أن كل نتوء في ندفة الثلج يمثِّل المجموعة الكاملة من معادلات "أينشتين" والنموذج المعياري للجسيمات دون الذرية. إذًا، كل نتوءٍ في ندفة الثلج يمثل كل جسيمات الكون. وحيث نذير ندفة الثلج، كل الجسيمات في الكون تتبادل مواضعها. وقد أشار بعض الفيزيائيين إلى أنه حتى لو لم يولد "أينشتين" على الإطلاق، ولم يتم إنفاق بلايين الدولارات لتحطيم الذرة وخلق النموذج المعياري؛ فإن كل فيزياء القرن العشرين ربما كانت ستُكتَشَفُ لو أننا ببساطة امتلكنا نظرية الأوتار.

والأكثر أهمية، أن التناظر الفائق يلغي التصحيحات الكمومية للجسيمات مع التصحيحات الكمومية للسبارتكلات، تارِكَةً إيَّانا مع نظرية محدودة للجاذبية. وتلك هي معجزة نظرية الأوتار. وهذا أيضًا يوضِّح الإجابة على السؤال الذي غالبًا ما يطرح حول نظرية الأوتار: لماذا توجد في عشرة أبعاد؟ ولماذا ليس ثلاثة عشر أو عشرين؟

ذلك لأن عدد الجسيمات في نظرية الأوتار يمكن أن يتنوَّع مع بُعديَّة (Dimensionality)) الزَّمَكان. في الأبعاد الأعلى، يكون لدينا جسيمات أكثر، حيث يوجد طرق أكثر يمكن أن تتذبذب فيها الجسيمات. وعندما نحاول أن نلغي

التصحيحات الكمومية من الجسيمات في مواجهة التصحيحات في السبارتكلات، نجد أن هذا الإلغاء يمكن أن يحدث فقط في عشرة أبعاد.

عادة، يخلق علماء الرياضيات بِنًى جديدة مبدعة يدمجها علماء الفيزياء فيما بعد في نظرياتهم. على سبيل المثال، نظرية الأسطح المنحنية اكتشفها علماء الرياضيات في القرن التاسع عشر، ثم دمجت فيما بعد في نظرية "أينشتين" في الجاذبية سنة 1915. ولكن في هذه المرة، حدث العكس. نظرية الأوتار أوجَدَت فروعًا جديدة عديدة من الرياضيات التي أدهشت علماء الرياضيات. وعلماء الرياضيات الشباب الطموحون الذين يستخفُّون في العادة بتطبيقات تخصُّصاتهم العلمية، لا بُدَّ أن يتعلَّموا نظرية الأوتار إذا أرادوا أن يكونوا على أحدث مستوى من تقدُّم العلم.

وعلى الرغم من أن نظرية "أينشتين" تسمح بإمكانية الثقوب الدودية والسفر بأسرع من الضوء، فنحن نحتاج لنظرية الأوتار لكي نحسب إلى أي حد هذه الثقوب ثابتة في وجود التصحيحات الكمومية.

باختصار، هذه التصحيحات الكمومية لا نهائية؛ ولذلك، فإن إزالة هذه اللانهائية هي إحدى المشكلات الأساسية في الفيزياء. ونظرية الكم تزيل هذه التصحيحات الكمومية؛ لأن بها نوعين من التصحيحات الكمومية التي تلغي كلٌّ منهما الأخرى تمامًا. وهذا الإلغاء التام بين الجسيمات والسبارتكلات يُعْزَى إلى التناظر الفائق.

ولكن، بقدر ما نظرية الأوتار رائعة وقوية، فإن هذا ليس كافيًا: إنها يجب أخيرًا أن تواجِهَ التحدِّي النهائي، الذي هو التجربة.

انتقادات لِنَظَرِيَّةِ الأَوْتارِ

على الرغم من أن هذه الصورة مُفْحِمَةٌ ومُقنِعَة، هناك انتقادات معقولة يمكن أن يوجِّهها المرء للنظرية. أوَّلًا، حيث إن الطاقة التي عندها توحِّد نظرية الأوتار (أو أي نظرية لكل شيء في هذا الموضوع) كل الفيزياء هي "طاقة بلانك"، لا توجد آلة على الأرض قوية بما يكفي لاختبارها بدقة. فاختبار مباشر سوف يحتاج

لإنشاء كون وليد في المعمل، وهو بوضوح أمر خارج نطاق قدرات التكنولوچيا الحالية.

ثانيًا، أنها، مثل أي نظرية فيزيائية، لديها أكثر من حلٍّ واحد. على سبيل المثال، معادلات "ماكسويل" Maxwell، التي تحكم الضوء، تحتوي على رقم لا نهائي من الحلول. وهذه ليست مشكلة لأننا -في البداية الأولى لأي تجربة- نحدِّد ما ندرسه، سواء كان مصباحًا كهربائيًّا أو ليزر أو تليفزيون. إذًا فيما بعد، مع وجود تلك الشروط الأولية، نحلُّ معادلات "ماكسويل". ولكن لو كان لدينا نظرية عن الكون، فما هي الشروط الأولية؟ علماء الفيزياء يعتقدون أن "نظرية لكل شيء" سوف تُملي حالَتَها الأوَّليَّة، أي أنهم سوف يفضِّلون أن الشروط الأولية للانفجار الكبير تنشأ بشكل ما من النظرية نفسها. ولكن نظرية الأوتار لا تخبرنا أي من حلولها الكثيرة هو الحل الصحيح لكوننا. ومن دون شروطٍ أوَّليَّة، نظرية الأوتار تحتوي عددًا لا نهائيًّا من الأكوان الموازية، تُسمَّى "مَلْتِيڤِيرس" Multiverse، كل منها صالح كالذي يليه. إذًا، يكون لدينا ثروة من الأكوان، حيث تتنبَّأ نظرية الأوتار ليس فقط بكوننا المألوف، ولكن ربما بعدد لا نهائي من الأكوان الصالحة الأخرى كذلك.

ثالثًا، ربما كان التنبُّؤ الأكثر إدهاشًا في نظرية الأوتار هو أن الكون ليس رباعيَّ الأبعاد على الإطلاق، ولكنه يوجد بعشرة أبعاد. في الفيزياء بكاملها، لم نَرَ نظرية في الزمكان بهذه الغرابة تختار بُعديَّتَها الخاصة بها. وقد كان هذا غريبًا لدرجة أن كثيرًا من الفيزيائيين أهملوها بوصفها خيالًا علميًّا. (عندما طُرِحَت نظرية الأوتار لأول مرة، كان قولها إنها يمكن أن توجد فقط في عشرة أبعاد أمرًا مثيرًا للسخرية. وعلى سبيل المثال، "ريتشارد فينمان" Richard Feynman، الحاصل على جائزة نوبل، مازَحَ "چون شوارتز" John Schwarz، أحدَ مؤسِّسي نظرية الأوتار سائِلًا إيَّاه: "إذًا يا چون، كم بُعدًا نحن فيها اليوم؟".

العَيْشُ في الفَضاءِ الفَوْقِيّ

نحن نعرف أن أي شيء في كوننا يمكن أن يوصف بالأرقام: الطول، والعرض، والارتفاع. ولو أضفنا الزمن؛ فإن أربعة أرقام يمكن أن تصف أيَّ حَدَثٍ في الكون. على سبيل المثال، لو أردت أن أقابل شخصًا ما في مدينة نيويورك؛ فسوف أقول له إن علينا أن نلتقي في الشارع رقم 42 مع الجادَّة رقم 5، في الطابع الرابع، عند الظهيرة.

ولكن بالنسبة لعالم رياضيات، الحاجة إلى ثلاثة أو أربعة فقط تبدو تَحكُّميَّة؛ حيث لا يوجد شيء خاص بخصوص ثلاثة أو أربعة أبعاد. لماذا يجب أن توصف أكثر السِّمات جوهريَّةً للكون المادي بمثل هذه الأرقام الاعتيادية؟

علماء الرياضيات إذًا ليس لديهم مشكلة مع نظرية الأوتار. ولكن لِتَصوُّر هذه الأبعاد الأعلى، يستخدم علماء الفيزياء التناظُرات في الغالب. عندما كنتُ طفلًا، اعتدتُ أن أقضي ساعات طويلة محدِّقًا في حديقة الشاي اليابانية في سان فرنسيسكو. ومع ملاحظة الأسماك تسبح في البركة الضحلة، سألت نفسي سؤالًا لا يمكن أن يسأله إلَّا طفلٌ: "كيف يمكن أن يبدو الأمر لسمكة؟"، "ما أغربَ العالم الذي سوف يرونه". هكذا فكَّرتُ. سوف تعتقد أن الكون ثنائيُّ الأبعاد فقط. إنها تستطيع أن تسبح في هذا الحَيِّز المحدود فقط بالتحرُّك من جنب إلى آخر، ولكن ليس لأعلى أو أسفل أبدًا. وأي سمكة تجرؤ على الإشارة لبعد ثالث فيما وراء البركة سوف تُعتَبَرُ غريبة الأطوار. ثم تصوَّرتُ أن هناك سمكة تعيش في البركة سوف تَسخَرُ في أي وقت من شخص يشير إلى فضاء فوقي، حيث إن العالم هو فقط ما يمكنك أن تلمسه وتشعر به، ولا شيئًا أكثر من ذلك. ثم تصوَّرتُ انتشالَ تلك السمكة ورفعها إلى عالم "فوق". ماذا يمكن أن ترى؟ سوف ترى كائناتٍ تتحرَّكُ بدون زعانف. قانون جديد في الفيزياء. كائنات تتنفَّس بدون مياه. قانون جديد في علم الأحياء. ثم تصوَّرتُ إعادة السمكة العالِمَة إلى البِرَكة، وأنها لا بُدَّ أن تشرح للأسماك الأخرى الكائنات غير المعقولة التي تعيش في عالم "فوق".

وعلى نحوٍ مُشابِهٍ، ربما نحن نكون السمكة. لو ثبت أن نظرية الأوتار صحيحة؛ فهذا يعني أن هناك أبعادًا غير مرئية وراء عالمنا رباعي الأبعاد. ولكن أين توجد هذه الأبعاد الأعلى؟ أحد الاحتمالات أن هناك سِتَّة أبعاد من العشرة الأصلية

"انطوت حول نفسها"، بحيث لا يعود من الممكن رؤيتها. تصوَّرْ أنك أخذت شريطًا من الورق ثم جعلتها أنبوبًا ضيِّقًا. الورقة الأصلية كانت ثنائيَّةَ الأبعاد، ولكن عملية اللف أعطتنا أنبوبًا ذا بُعدٍ واحد. على البُعد، ترى الأنبوب ذا بُعْدٍ واحد فقط، ولكنه في الواقع لا يزال ثنائيَّ الأبعاد.

بالطريقة ذاتها، نظرية الأوتار تقول إن الكون كان في الأصل ذا عشرة أبعاد، ولكن لسببٍ ما انطوت سِتٌّ من هذه الأبعاد حول نفسها، تاركَةً إيَّانا مع وهمِ أنَّ عالمنا ذو أربعة أبعاد فقط. وعلى الرغم من أن هذا الملمح من نظرية الأوتار يبدو رائعًا، فإن الجهود لا تزال في الطريق نحو أن تقيس بالفعل هذه الأبعاد الأعلى. ولكن كيف تساعد الأبعادُ الأعلى نظريَّةَ الأوتار في توحيد النسبية وميكانيكا الكَمِّ؟ لو حاولنا أن نوحِّد قوى الجاذبية والنووية والكهرومغناطيسية في نظرية واحدة؛ سوف نجد أنه لا يوجد "حيِّز" كافٍ رباعي الأبعاد للقيام بذلك. إنها تشبه "لوحة بازِل" Jigsaw Puzzle لا تتكامل مع بعضها. ولكن بمجرد أن تبدأ في إضافة المزيد والمزيد من الأبعاد؛ سوف تجد حيِّزًا كافيًا لتجميع هذه النظريات، مثل توفيق قطع البازل مع بعضها لتكوين اللوحة.

على سبيل المثال، تصوَّرْ عالَمًا من قاطني الأرض المستوية الذين يستطيعون فقط التحرُّك إلى اليمين أو اليسار، ولكن ليس إلى "فوق" أبدًا. ثم تصوَّرْ أنه على حين فجأة وُجِدَت بلَّورَة ثلاثية الأبعاد انشطرت ناشِرَةً شظاياها على الأرض المستوية. وعلى مرِّ السنين استطاع قاطنو الأرض المستوية أن يجمعوا تلك البلورة في شكل شظيَتَيْن كبيرتَيْن. ولكن على الرغم من محاولاتهم الشاقَّة، لم يكونوا قادرين على تجميع هاتين الشظيتين الكبيرتين معًا. ثم في يوم ما، تقدَّم أحدهم باقتراحٍ صادِمٍ مؤدَّاه أنهم لو حَرَّكوا إحدى الشظيتين إلى "فوق"، إلى البُعدِ الثالث غير المرئي، يمكن أن تلتئم الشظيتان معًا لتشكِّلا بلورةً جميلة ثلاثية الأبعاد. إذًا، المدخل إلى إعادة تكوين البلورة كان تحريك الشظيتين خلال البعد الثالث. وعلى سبيل التشبيه، هاتان الشظيتان هما نظرية النسبية ونظرية الكم، والبلورة هي نظرية الأوتار، والانشطار كان الانفجار الكبير.

حتى لو كانت نظرية الأوتار تتَّفق بدقَّة مع البيانات، نحن لا نزال في حاجة لاختبارها. وعلى الرغم من أن اختبارها مباشرة غير ممكنٍ كما بَيَّنَّا، فإن معظم

جهد الفيزيائيين قد أنجز بشكل غير مباشر. وعلى سبيل المثال، نحن نعرف أن الشمس مكوَّنة من الهيدروچين والهيليوم، ولكن لا يوجد أحد على الإطلاق قام بزيارة الشمس. نحن نعرف تركيب الشمس لأننا حلَّلناها بشكل غير مباشر، ناظرين إلى ضوء الشمس من خلال منشور زجاجي يجزِّئه إلى أحزمة من الألوان. وبدراسة هذه الأحزمة داخل قوس قزح، نستطيع أن نحدِّد بصمات الهيدروچين والهيليوم. (الوقع أن الهيليوم لم يُكتَشَف على الأرض في البداية. وفي سنة 1868، اكتشف العلماء دليلًا على وجود عنصر جديد غريب عند تحليل ضوء الشمس أثناء كسوف شمسي، سُمِّي "هيليوم"، بمعنى "معدن من الشمس". ولم يكتشف دليل مباشر على وجود الهيليوم على الأرض إلَّا في العام 1895، عندما أدرك العلماء أنه غاز وليس معدنًا).

المادَّةُ المُعْتِمَةُ والأَوْتارُ

بالطريقة نفسها، يمكن البَرْهَنَةُ على نظرية الأوتار من خلال مجموعة مختلفة من الاختبارات غير المباشرة. وحيث إن كل ذبذبة في القوس ترتبط بجسيم، نستطيع في مسرِّع الجسيمات أن نبحث عن الجسيمات الجديدة تمامًا التي تمثِّل كُلٌّ منها "جَوابًا"Octave[1] أعلى للوتر. والأمل هو أنه بتحطيم البروتونات معًا عند تريليونات من الڤولتات، فإننا باختصار نُخَلِّق جزيئًا جديدًا بين الحطام الذي تتنبَّأ به نظرية الأوتار. وهذا بدوره قد يساعدنا في تفسير واحدة من أكبر المشكلات غير المحلولة في علم الفلك.

في ستينيات القرن العشرين، عندما قام العلماء بدراسة مجرَّة درب اللبانة، وجدوا شيئًا غريبًا. لقد كانت تدور بسرعة لدرجة أنها -وفقًا لقوانين "نيوتن"- يجب أن تتناثر في الفضاء، ولكن المجرَّة ظلَّت مستقرَّةً لحوالي عشرة بلايين سنة. والواقع، أن المجرَّة دارت أسرع بعشر مرات ممَّا كان يُفتَرَضُ وفقًا لميكانيكا "نيوتن".

وقد فرض هذا مشكلة ضخمة، فإمَّا أن معادلات "نيوتن" كانت خاطِئَةً (وهو ما لم يكن من الممكن التفكير فيه)، أو أن هناك هالة غير مرئية من مادة غير

(1) في الموسيقى، "الجواب" هو المدى الواقع بين أدنى درجة وأعلى درجة على السلم الموسيقي- المترجم.

معروفة تحيط بالمجرَّات، وتزيد كتلتها بما يكفي لجاذبيتها أن تمسك بها معًا. وذلك كان يعني أن ربما الصور التي نراها للمجرَّات فائقة الجمال بأذرعها الحلزونية الجميلة غير كاملة، حيث إنها في الواقع مُحاطَة بهالة ضخمة غير مرئية تبلغ كتلتها عشرة أضعاف المجرة المرئية. وحيث إن صور المجرات تبين فقط الكتلة الدوارة الجميلة للنجوم، فإن أيًّا ما كان يمسك الكتلة مع بعضها يجب ألَّا يتفاعل مع الضوء؛ أي يجب أن يكون غير مرئي.

علماء الفيزياء الفلكية أطلقوا على تلك الكتلة المفقودة اسم "المادة المعتمة". وقد أجبرهم وجودها على مراجعة نظرياتهم، التي كانت تقول إن الكون مكوَّنٌ أساسًا من ذرَّاتٍ. والآن، لدينا خرائط للمادة المُعتِمَة عبر الكون. وعلى الرغم من أنها غير مرئية، فهي تثني ضوء النجوم تمامًا مثلما يفعل أي شيء له كتلة؛ ولذلك، بتحليل انحراف ضوء النجوم المحيط بالمجرات، نستطيع الآن أن نستخدم الحواسب لحساب وجود المادة المظلمة ووضع خريطة لتوزيعها عبر الكون. وكما توقَّعنا، هذه الخريطة تُبيِّن أن معظم الكتلة الإجمالية للمجرَّة توجد على هذا الشكل.

إضافة إلى كون المادة المعتمة غير مرئية، فإن لها جاذبية، ولكنك لا تستطيع أن تمسك بها في يدك. وحيث إنها لا تتفاعل مع الذرات على الإطلاق (لأنها محايدة كهربائيًّا) فهي سوف تمرُّ عبر يدك وعبر الأرضية وعبر قشرة الأرض. وسوف تتردَّد بين نيويورك وأستراليا كما لو أن الأرض غير موجودة على الإطلاق، عدا أنها سوف تنثني بجاذبية الأرض. وهكذا، على الرغم من أن المادة المعتمة غير مرئية، فهي تتفاعل مع الجسيمات الأخرى من خلال الجاذبية.

نظرية أخرى تقول إن المادة المعتمة هي تَذَبْذُبٌ أعلى من الوتر الفائق. والمرشَّح الأول هو الشريك الفائق للفوتون، والذي يُسمَّى "فوتينو" Photino، أو "فوتون صغير" Little Photon. إنه يملك كل الخواص التي تجعله مادة مُعتِمَة: فهو غير مرئي لأنه لا يتفاعل مع الضوء، كما أنه ثابت وله وزن.

هناك طرق عديدة للبرهنة على هذه الفرضية. الأولى تخليق مادَّة معتمة مباشرةً باستخدام مُصادِم الهدرونات الكبير بواسطة سحق البروتونات مع بعضها البعض. للحظةٍ قصيرةٍ من الزمن، سوف يتشكَّل جسيم من المادة المعتمة داخل

المسرِّع. لو كان هذا مُمكنًا؛ سوف تترتَّب عليه تداعيات ضخمة على العلم. فهذه ستمثِّل المرة الأولى في التاريخ التي يوجد فيها شكل جديد للمادة غير قائم على الذرات. لو كان مصادم الهدرونات الكبير ليس قويًّا بما يكفي لإنتاج مادة معتمة؛ فربما يستطيع المصادم الخطِّيُّ القومي ذلك.

هناك أيضًا طريقة أخرى لإثبات هذه الفرضية. إن الأرض تتحرَّك في رياحٍ من هذه المادة المعتمة غير المرئية. والأمل هو أن جسيم مادة معتمة قد يتحطَّم إلى بروتون داخل مكشاف للجسيمات، مُسفِرًا عن وابل من الجسيمات دون الذرية التي قد يمكن تصويرها. في الوقت الحاضر، يوجد علماء فيزياء حول العالم ينتظرون في صبر لكي يجدوا علامةَ تصادُمٍ بين المادة والمادة المعتمة داخل مكشافهم. وهناك جائزة نوبل في انتظار أول عالم فيزياء يتوصَّل لذلك.

لو تمَّ العثور على المادة المعتمة، سواء باستخدام معجلات الجسيمات أو بواسطة المستشعرات الموجودة على الأرض؛ سوف نكون قادرين على مقارنة خواصِّها مع الخواص التي تنبَّأت بها نظرية الأوتار. وبهذه الطريقة، سوف يكون لدينا دليل لتقييم صلاحية النظرية.

على الرغم من أن العثور على المادة المعتمة سوف يكون خطوةً كبيرة في اتجاه البَرْهَنَةِ على نظرية الأوتار، هناك براهين أخرى ممكنة. على سبيل المثال، قانون "نيوتن" في الجاذبية يحكم حركة الأشياء الكبيرة مثل النجوم والكواكب، ولكن المعروف قليل عن قوة الجاذبية التي تعمل على المسافات القصيرة مثل بوصات أو أقدام قليلة. حيث إن نظريَّة الأوتار تفترض وجود أبعادٍ أعلى، فهذا يعني أن قانون التربيع العكسي الشهير لـ "نيوتن" (أن الجاذبية تتناقص بالتناسب مع مربع المسافة) يجب أن يخرق في المسافات القصيرة لأن قانون "نيوتن" وُضِعَ على أساس ثلاثة أبعاد. (لو كان الفضاء رباعيَّ الأبعاد، على سبيل المثال؛ فإن الجاذبية يجب أن تتناقص بالتناسب عكسيًّا مع مكعَّب المسافة. وحتى الآن، الاختبارات على قانون "نيوتن" في الجاذبية لم تُظهِرْ أيَّ دليلٍ على بُعْدٍ أعلى، ولكن علماء الفيزياء لا يستسلمون).

هناك سبيل آخر ممكن، وهو إرسال مِكشافِ موجاتِ الجاذبية إلى الفضاء. إن "مرقاب مقياس التداخُل في موجات الجاذبية بالليزر" The Laser Interferometer

(Gravitational-Wave Observatory (LIGO الموجود في لويزيانا وولاية واشنطن نجح في التقاط موجات جاذبية من اصطدام ثقوبٍ سوداء في 2016 واصطدام نجوم نيوترونية في 2017. إن نسخة مُعدَّلَة من "الهوائي الفضائي لمقياس التداخُل بالليزر" (LISA (Laser Interferometer Space Antenna الموجود بالفضاء قد تكون قادرةً على التقاط موجات جاذبية من لحظة الانفجار الكبير. والأمل هو أن يكون المرءُ قادِرًا على "إعادة شريط التسجيل للوراء" ووضع افتراضات عن طبيعة عصر ما قبل الانفجار الكبير. إن هذا قد يسمح لنا باختبارٍ أوَّليٍّ لبعض تنبؤات نظرية الأوتار فيما يتعلق بكون ما قبل الانفجار الكبير.

نَظَريَّةُ الأَوتارِ والثُّقوبُ الدُّودِيَّةُ

اختبارات أخرى لنظرية الأوتار قد تتضمَّن اكتشافَ جُسيمات غريبة أخرى تتنبَّأ بها النظرية، مثل ثقوب سوداء صغيرة، تشبه الجسيمات دون الذريَّة.

لقد رأينا كيف تسمح لنا الفيزياء بأن نتنبَّأ بحضارات في المستقبل البعيد، واضعين افتراضات معقولة قائمة على استهلاكها من الطاقة. ويمكن توقُّع تطور الحضارات من حضارة كوكبية من النوع الأول إلى حضارة نجمية من النوع الثاني، وأخيرًا إلى حضارة مَجَرِّيَّة من النوع الثالث. حضارة مَجرِّيَّة بدورها من المتوقَّع أن تستكشف المَجرَّة بواسطة مسابير "ڤون نيومان"، أو بواسطة نقل وعيها عبر المجرَّة. النقطة الرئيسية هي أن حضارة من النوع الثالث قد تكون قادِرَةً على التوصل إلى "طاقة بلانك"، النقطة التي عندها يصبح الزمكان ثابِتًا، وقد يكون السفر أسرعَ من الضوء ممكنًا. ولكن لكي نفكِّر في فيزياء السفر أسرع من الضوء؛ نحن نحتاج لنظرية تتجاوَزُ نظرية "أينشتين"، التي هي قد تكون نظريَّةَ الأوتار.

والأمل هو أن باستخدام نظرية الأوتار، سوف نكون قادرين على حساب التصحيحات الكمومية الضرورية لتحليل ظاهرة غريبة مثل السفر عبر الزمن، والسفر متداخل الأبعاد، والثقوب الدودية، وماذا حدث قبل الانفجار الكبير. وعلى سبيل المثال، نفترض أن حضارة من النوع الثالث قادرة على التحايُل على الثقوب السوداء وبالتالي خلق بوابة إلى كون موازٍ خلال ثقب دوديٍّ. من دون

نظرية الأوتار، من المستحيل أن تحزِّر ماذا يحدث عندما تدخله. هل سينفجر؟ هل سيغلقه إشعاع الجاذبية بمجرد أن تدخل إليه؟ هل ستكون قادرًا على المرور خلاله وتعيش لكي تحكي عنه؟

إن نظرية الأوتار يجب أن تكون قادِرَةً على حساب كم من إشعاع الجاذبية سوف تواجهه عندما تمر خلال ثقب دودي والإجابة على هذا السؤال.

سؤال آخر يدور بشأنه جدال ساخن بين علماء الفيزياء: ماذا يحدث لو أننا دخلنا ثُقبًا دوديًّا وذهبنا إلى الوراء في الزمان؟ ولو أنك قتلت جَدَّكَ قبل مولدك، إذًا ستكون لديك مُعضِلَة: كيف يمكن أن توجد على الإطلاق لو أنك قتلتَ سَلَفَكَ؟ في الواقع، نظرية "أينشتين" تسمح بالسفر عبر الزمن (لو كانت المادة السالبة موجودة) ولكنها لا تقول شيئًا حول كيفية حل هذه المعضلات. نظرية الأوتار، لأنها نظرية محدودة يمكن حساب كل شيء فيها؛ يجب أن تكون قادِرَةً على حَلِّ تلك المعضلات المحيِّرة للعقل. (رأيي الشخصي البحت هو أن النهر يتفرَّع إلى نهرين عندما تدخل إلى آلة الزمن؛ بتعبيرٍ آخر، المسار الزمني ينشقُّ. وهذا يعني أنك قتلتَ جَدَّ شخصٍ آخر يشبه جَدَّكَ تمامًا، ولكنه موجود في مسار زمني آخر في كون بديل؛ ولهذا فإن تَعَدُّد الأكوان يحلُّ كل هذه المعضلات الزمانية).

ولكن حاليًا، بسبب تعقُّد رياضيات نظرية الأوتار، علماء الفيزياء غير قادرين على تطبيقها على هذه الأسئلة. هذه مشكلة رياضية، وليست مشكلة تجريبية؛ ولذا ربَّما في يوم ما يكون عالم فيزياء جَسورٍ قادِرًا على حساب خواص الثقوب الدودية والفضاء الفوقي بشكل نهائي. وبدلًا من التخمين الكسول حول السفر أسرع من الضوء، فإن عالم فيزياء يستخدم نظرية الأوتار لديه القدرة على تحديد ما إذا كان هذا مُمكِنًا. ولكن سيكون علينا أن ننتظر حتى تكون النظرية مفهومة بما يكفي للقيام بهذا التحديد.

نهايَةُ الشَّتاتِ؟

وهكذا توجد إمكانية لأن تكون حضارة من النوع الثالث -ربَّما- قادِرَةً على استخدام نظرية الكَمِّ في الجاذبية لبناء سفن فضاء أسرع من الضوء.

ولكن ما آثار ذلك على البشرية؟

آنِفًا، لاحظنا أن حضارة من النوع الثاني، مُقيَّدَة بسرعة الضوء، قد تؤسِّس مستعمرات فضائية يمكن أخيرًا أن تتفرَّع، مُسفِرَةً عن كثير من الأنساب الچينية المتمايِزَة التي قد تفقد أخيرًا كُلَّ اتصال مع الكوكب الأم.

ويبقى السؤال، ماذا يحدث عندما تتحكَّم حضارة من النوع الثالث في "طاقة بلانك" وتبدأ في الاتصال بهذه الأَفْرُع من البشرية؟

قد يعيد التاريخ نفسه. على سبيل المثال، الشتات العظيم انتهى مع قدوم الطائرة والتكنولوچيا الحديثة؛ ما أعطانا شبكة نقل عالمية سريعة. فاليوم، نستطيع أن نأخذ رحلة طيران قصيرة فوق القارات تطلَّبَت يومًا من أسلافنا عشرات الألوف من السنين ليعبروها.

بالطريقة ذاتها، عندما نتحوَّل من حضارة من النوع الثاني إلى حضارة من النوع الثالث، سوف يكون لدينا -بطبيعة الحال- طاقة كافية لاستكشاف "طاقة بلانك"، وهي النقطة التي عندها يصبح الزَّمَكانُ غيرَ مُستقرٍّ.

ولو افترضنا أن ذلك يجعل السفر أسرع من الضوء مُمكِنًا، فهو يعني أن حضارة من النوع الثالث قد تكون قادرةً على توحيد مستعمرات الحضارة من النوع الثاني التي انتشرت عبر المجرَّة. وبأخذ التراث الإنساني المشترك في الاعتبار، قد يكون من الممكن خلق حضارة مَجَرِّيَّة جديدة، كما تصوَّرَها "أسيموف".

وكما رأينا سالِفًا، فإن مقدار التباعُد الچيني الذي يمكن أن تشهده البشرية عبر عشرات الألوف من السنين في المستقبل هو تقريبًا التَّباعُد ذاته الذي حدث بالفعل منذ الشتات العظيم. والنقطة الرئيسية هي أننا احتفظنا بإنسانيتنا عبر كل ذلك التباعُد. فطفلٌ صغير، مولود في حضارةٍ ما، يمكن أن يشبَّ وينضج بسهولة

في حضارة مختلِفَةٍ تمامًا، حتى لو كانت هناك هُوَّة ثقافية واسعة تفصل بين الحضارَتَيْن.

هذا يعني أيضًا أن علماء الآثار في حضارة من النوع الثالث، مع فضول بشأن الهجرات الإنسانية، قد يحاولون إعادة اتِّباع مسارات الهجرات القديمة للأفرع المختلفة لحضارات النوع الثاني عبر المجرَّة. إن علماء الآثار المَجَرِّيِّين قد يبحثون عن علاماتٍ على الحضارات المتعدِّدة من النوع الثاني.

في رواية "المؤسسة" الطويلة، أبطالنا منشغلون بالبحث عن كوكب الأسلاف الذي وهب الميلاد للإمبراطورية المَجَرِّيَّة، والذي فقد اسمه وموقعه في فوضى ما قبل التاريخ. ونظرًا لعدد السكان من البشر المُقدَّر بالتريليونات، مع ملايين من الكواكب المأهولة، تبدو هذه مَهَمَّة مستحيلة. ولكن باستكشاف أقدم الكواكب في المَجرَّة، يجدون أطلال أوائل المستعمرات الكوكبية، ويرون كيف هُجِرَت كواكب بسبب الحروب والأمراض ومصائب أخرى.

وعلى النحو ذاته، قد تنشأ حضارة من النوع الثالث من حضارة من النوع الثاني وتحاول أن تتتبَّع آثار الأفرع المختلفة التي تمَّ استكشافها قبل قرون بواسطة سفن فضاء أقل في سرعتها من الضوء. ومثلما تَثْرَى حضارتنا الحالية بوجود أشكال مختلفة كثيرة من الثقافات، لكلٍّ منها تاريخ ومنظور مختلف، فإن حضارة من النوع الثالث قد تكتسب ثراءً بالتفاعُل مع حضارات كثيرة متباعِدَة نشأت أثناء حضارة من النوع الثاني.

إذًا، إنَّ بناء سفن فضاء أسرع من الضوء قد يجعل حلم "أسيموف" حقيقةً، بتوحيد البشرية في حضارة مَجَرِّيَّة واحدة.

وكما قال سير "مارتن ريس" Sir Martin Rees: "لو تجنَّب البشر التدمير الذاتي، فإن عصر ما بعد الإنسان يبدو محتمَلًا. الحياة يمكن أن تنتشر من الأرض إلى المجرَّة بكاملها، زاخرة بتعقُّدٍ يفوق كثيرًا ما يمكن حتى أن نتصوَّرَه. ولو حدث ذلك، فإن كوكبنا الصغير -تلك النقطة الزرقاء الشاحبة الطافية في الفضاء- قد تكون أهم مكان في المجرَّة بكاملها. إن المسافرين الأوائل من الأرض بين النجوم قد يكون لديهم رسالة تتردَّد أصداؤها عبر المجرَّة بكاملها فيما وراءها".

ولكـن أخـيرًا، أي حضـارة متقدِّمـة سـوف يكـون عليهـا أن تواجـه تحدِّيًـا نهائِيًّـا لوجودهـا، الـذي قـد يكـون نهايـةَ الكـون ذاتـه. ولا بُـدَّ أن نطـرح السـؤال: هـل تسـتطيع حضـارةٌ متقدِّمـةٌ، بـكل تكنولوچياتهـا الضخمـة، أن تتجنَّـب مـوت كلِّ شيء لديهـا؟ ربمـا يكـون الأمـل الوحيـد لحيـاة ذكيـة هـو أن تتطـوَّر إلى حضـارةٍ مـن النَّـوع الرابـع.

"البَعْضُ يَقولُ إنَّ العالَمَ سَوفَ يَنْتَهي إلى نارٍ،
والبَعْضُ يَقولُ إلَى جَليدٍ.
ومِنْ واقِعِ رَغْبَتي الَّتي عَبَّرتُ عنها
أَنا مَعَ أُولَئِكَ الَّذين يُفضِّلونَ النَّارَ".

"روبرت فروست" ROBERT FROST، 1920.

"الأَبَديَّةُ زَمَنٌ طَويلٌ مُروِّعٌ، خاصَّةً تِجاهَ النِّهايَةِ".

"وودي ألين" WOODY ALLEN

الفصل الرابع عشر

مُغادَرَةُ الكَوْنِ

الأَرضُ تَموتُ

في فيلم "إنترستلر" Interstellar، آفَةٌ غريبة أصابت الأرض، متسبِّبَةً في فشل المحاصيل وانهيار الزراعة. الناس يجوعون. الحضارة تتفسَّخ ببطء حيث تواجه مجاعة مدمِّرَةً.

"ماثيو مكونوغي" Matthew McConaughey يلعب دور رائد فضاء سابق في "ناسا"، يُكلَّف بمَهمَّةٍ خطرة. في وقت سابق، انفتح ثقبٌ دوديٌّ بشكل غريب بالقرب من زُحَل. وهو بوَّابة تنقل أي شخص يجتازها إلى جزء بعيد من المجرَّة، حيث يمكن أن توجد عوالم مأهولة جديدة. وفي محاولة يائسة لإنقاذ البشرية، يتطوَّع لأن يدخل الثقب الدودي ويبحث عن موطن جديد للإنسانية بين النجوم.

في تلك الأثناء، على الأرض، كان العلماء يحاولون في يأس اكتشاف سر الثقب الدودي. مَن صنعه؟ ولماذا ظهر بالضبط حيث توشك البشرية على الفناء؟

وببطء، تنبلج الحقيقة أمام العلماء. التكنولوچيا اللازمة لصنع هذا الثقب الدودي أكثر تقدُّمًا منَّا بملايين السنين. والكائنات التي صنعته هم في الواقع أحفادنا. والكائنات متقدِّمة لدرجة أنهم يعيشون في الفضاء الفوقي، وراء كوننا المألوف. لقد بنوا بوابة تُفضي إلى الماضي، لكي يرسلوا تكنولوچيا متقدِّمَةً لإنقاذ أسلافهم (نحن). بإنقاذ البشرية، هم في الواقع سينقذون أنفسهم. ووفقًا لما قاله "كيب ثورن" Kip Thorne، الذي كان أحدَ مُنتِجي الفيلم بالإضافة إلى كَوْنِه عالِمَ فيزياء، فإن الإلهام الفيزيائي وراء الفيلم أتى من نظرية الأوتار.

لو بقينا أحياء، فسوف نواجه يومًا ما أزمة مشابهة، عدا أن الكون في هذه المرة يموت.

يومًا ما في المستقبل البعيد، سوف يصير الكون باردًا ومُظلِمًا؛ سوف تتوقَّف النجوم عن التلألُئِ حيث يهوي العالم إلى "تَجمُّد كبير" Big Freeze. كل الحياة ستنتهي من الوجود حينما يموت الكون نفسه، واصِلًا في النهاية إلى درجة حرارة الصفر المطلق.

ولكن السؤال هو: هل توجد أي مخارج؟ هل نستطيع أن نتجنَّب هذا المصيرَ المشؤومَ؟ هل نستطيع مثل "ماثيو مكونوغي" أن نجد خَلاصًا في الفضاء الفوقي؟

لكي نفهم كيف يمكن أن يموت الكون، من المهم أن نحلِّل التنبؤات بالمستقبل البعيد التي قدَّمَتها لنا نظرية "أينشتين" في الجاذبية، ثم نُحلِّل الاكتشافات الجديدة المذهلة التي حدثت في العقد الأخير.

انطلاقًا من هذه الأسئلة، يوجد ثلاثة احتمالات للمصير النهائي للكون.

انسحاقٌ كَبيرٌ أو تَجَمُّدٌ كبيرٌ أَو تَمَزُّقٌ كَبيرٌ

الاحتمال الأول هو "الانسحاق الكبير" Big Crunch، عندما يتباطأ تَمَدُّد الكون، ويتوقَّف، ثم ينعكس. وفقًا لهذا السيناريو، المجرَّات سوف تتوقَّف ثم تبدأ في الانكماش. درجات الحرارة سوف ترتفع بشكلٍ كبير جدًّا حيث تصير النجوم البعيدة أقربَ فأقربَ. وأخيرًا، سوف تندمج كل النجوم في كتلة بدائية فائِقَةِ

الحرارة. وفي بعض السيناريوهات، قد يوجد حتى "ارتدادٌ كبير" Big Bounce، ويبدأ انفجار كبير من جديد.

الاحتمال الثاني هو التجمُّد الكبير، عندما يستمر نُموُّ الكون بلا انقطاع. القانون الثاني للديناميكا الحرارية يُقرِّر أن فقدان الكون للمادة والحرارة يزداد دائمًا، وهكذا أخيرًا، سوف يتَّجه الكون إلى البرودة حيث تصير المادة والطاقة أكثر تشتُّتًا. النجوم سوف تتوقف عن الوميض، سماء الليل سوف تصير سوداءَ تمامًا، ودرجات الحرارة سوف تهبط إلى ما يُقارِبُ الصفر المُطلَقَ، حينما حتى الجزيئات تتوقَّف تقريبًا عن كل حركتها.

على مدى قرون، كان علماء الفلك يحاولون أن يحدِّدوا السيناريو الذي سيحدِّد مصير كَوْنِنا. وهذا يتم بحساب متوسِّطِ كثافَتِه. لو كان الكون كثيفًا بما فيه الكفاية؛ تكون هناك مادة وجاذبية كافيتان لجذب المجرَّات البعيدة وعكس التمدُّد، وهكذا يكون الانسحاق الكبير احتمالًا واقعيًّا. أمَّا إذا كان الكون يفتقر لكتلة كافية، إذًا لا تكون هناك جاذبية كافية لعكس التمدُّد ويتجه الكون إلى تجمُّدٍ كبير. والكثافة الحرجة التي تفصل بين هذين السيناريوهَيْن هي تقريبًا ست ذرات هيدروچين لكل مترٍ مُكعَّبٍ.

ولكن في 2011، مُنِحَت جائزة نوبل في الفيزياء لـ "سول بيرلوماتر" Saul Perlmutter و"آدم ريس" Adam Riess و"بريان شميدت" Brian Schmidt عن اكتشافٍ قَلَبَ اعتقادًا عَلَقَ في الأذهان لعقود؛ لقد اكتشفوا أن الكون، بدلًا من أن يُبْطِئَ من تَمدُّده، كان في الواقع يُسرع من هذا التمدُّد. إن عمر الكون 13.8 بليون سنة، ولكنه منذ حوالي خمسة بلايين عام، بدأ يسرع في التمدُّد أضعافًا مضاعفة. واليوم، الكون يتمدَّد بطريقة غير محكومة. مجلة "ساينتيفيك أميريكان" Scientific American ادَّعَت أن، "مجتمع الفيزياء الفلكية ذُهِلَ عند علمه بأن الكون آخِذٌ في الانقسام". وقد توصَّل هؤلاء علماء الفلك لهذا الاستنتاج المذهل عن طريق تحليل انفجارات "السوبرنوڤا" Supernova في مجرَّاتٍ بعيدة لتحديد المُعدَّل الذي تمدَّد به الكون منذ بلايين السنين. (أحد أنواع انفجارات "السوبرنوڤا"، ويسمَّى النوع آي أي Type Ia، له لَمعانٌ ثابت، وبالتالي يمكننا أن نقيس بُعْدَه بِدقَّةٍ باستخدام سطوعه. لو أن شخصًا يستخدم مصباح رأسٍ ذا إضاءَةٍ

معلومة، من السهل أن نعرف بُعدَه عنَّا، ولكن لو أننا لا نعرف سطوعه سيكون من الصعب أن نُحدِّدَ بُعدَه. مصباح الرأس ذو السطوع المعلوم هو "شمعة معيارية". و"السوبرنوفا" من النوع "آي أي" يقوم بدور شمعة معياريَّة، وبالتالي من السهل معرفة بُعده). عند تحليل هذه السوبرنوفات، اكتشف العلماء أنها تتحرَّك بعيدًا عنَّا، كما هو مُتوقَّع بالضبط. ولكن العلماء -لدهشتهم- اكتشفوا أن السوبرنوفات الأقرب يبدو أنها تتحرَّك بعيدًا أسرع ممَّا يجب، مشيرةً إلى أن التمدُّد مُتسارِعٌ.

إذًا بالإضافة إلى الانسحاق الكبير والتَّجمُّد الكبير، بدأ بديلٌ ثالث يبرز من البيانات، التمزُّق الكبير، الذي يشبه التجمُّدَ الكبير على نطاقٍ أكبر. إنه إطار زمني متسارع بدرجة كبيرة لدورة حياة الكون.

في التمزُّق الكبير، تتحرَّك المجرَّات البعيدة عَنَّا أخيرًا بسرعة لدرجة أنها تتجاوز سرعة الضوء وتختفي عن الأنظار. (هذا لا يخرق النسبية الخاصة؛ لأن الفضاء هو الذي يتمدَّد أسرعَ من الضوء. الأشياء المادية لا تستطيع التحرُّك أسرع من الضوء، ولكن الفضاء الفارغ يمكن أن يمتطَّ ويتمدَّد بأي سرعة). وهذا يعني أن سماء الليل سوف تصبح سوداء؛ لأن الضوء من المجرَّات البعيدة يتحرَّك مبتعدًا بسرعة لدرجة أنه لا يمكن أن يصل إلينا.

أخيرًا، هذا التمدُّد الأُسِّيُّ يصبح كبيرًا لدرجة أن المجرَّة ليست فقط التي تتمزَّق، ولكن النظام الشمسي يتمزَّق، والذرات التي تكون أجسامنا أيضًا تتمزَّق. والمادة -كما نعرفها- لا يمكن أن توجد في المراحل الأخيرة من التمزُّق الكبير.

"ساينتيفيك أميريكان" كتَبَت تقول: "المجرَّات سوف تُدمَّر، النظام الشمسي سوف يصبح غيرَ مترابِطٍ، وأخيرًا، الكواكب سوف تتمزَّق إربًا، حيث التمدُّد السريع للفضاء يمزِّق كلَّ ذَرَّةٍ من ذراته. وأخيرًا، سوف ينتهي كَوْنُنا بانفجارٍ سينجولاريتي من الطاقة اللانهائية، حرفيًّا".

"برتراند رَسِل" Bertrand Russell، الفيلسوف وعالم الرياضات البريطاني العظيم، كتب ذات مرَّةٍ:

"كلُّ إخلاصٍ، كُلُّ إلهامٍ، كلُّ سطوعِ العبقرية الإنسانية، محكومٌ عليها بالانقراض خلال الموت الشَّامل للنظام الشمسي، ومَعْبَدُ إنجازات الإنسان سوف يُدفَنُ بكامله

حتمًا تحت حُطام كَونٍ من الخرائب... فقط عبر سَقالةٍ من هذه الحقائق، فقط على الأساس الرَّاسِخِ لليَأسِ العَنيدِ، يمكن أن يُبنى ملاذُ الرُّوح من الآن فصاعِدًا".

"رَسِل" كتب عن "كونٍ من الخرائب" و"يأسٍ عنيدٍ"؛ تجاوُبًا مع تنبُّؤات علماء الفيزياء بزوال الأرض في النهاية. ولكنه لم يتوقَّع القادم من برنامج الفضاء. لم يتوقَّع أن تَقَدُّمَ التكنولوجيا ربما يسمح لنا بالهروب من موت كوكبنا.

ولكن على الرغم من أننا ربما يومًا ما نتجنَّب موت شمسنا بسفُنِنا الفضائية: كيف سوف نتجنَّب موت الكون نفسه؟

نارٌ أَمْ جَليدٌ؟

القُدماء تَوقَّعوا -بمعنًى ما- الكثيرَ من هذه السيناريوهات العنيفة.

وكل ديانةٍ -فيما يبدو- لديها ميثولوچيا لتفسير ميلاد وموت الكون.

في الميثولوچيا الإسكندناڤية، رحيل الآلهة يُسمَّى "راجناروك" Ragnarok، يوم الحساب الذي فيه تُغَطَّى الأرض بثلج وجليد لا نهائيٍّ والسماء تتجمَّد. ويشهد العالم المعركةَ النهائية بين عمالقة الصقيع وآلهة "أسجارد" Asgard الإسكندناڤية. في الميثولوچيا المسيحية، لدينا "هرمجدون" Armageddon، حيث تتقاتل قوى الخير والشر للمرة الأخيرة، وتظهر الكائنات الحية الأربعة في سِفْر الرؤيا، مُتنبِّئَةً بيوم القيامة. في الميثولوچيا الهندية، لا توجد خاتمة نهائية للأيام على الإطلاق. وبدلًا من ذلك، توجد سلسلة من الدورات اللانهائية، كلٌّ منها تستمرُّ حوالي ثمانية بلايين عام.

ولكن بعد ألوف السنين من التخمين والتساؤل، يبدأ العلم في فهم كيف سيتطوَّر عالَمُنا ويموت في النهاية.

بالنسبة للأرض، يكمن المستقبل في النار. بعد خمسة بلايين عام أو نحو ذلك سوف نشهد آخر يوم لطيف على كوكبنا، ثم ستستنفد الشمسُ وقودَها من الهيدروچين، وتتمدَّد إلى نجم عملاق أحمر. المحيطات سوف تغلي، والجبال سوف تنصهر. الأرض، سوف تحيط بها الشمس، وسوف تدور مثل جمرةٍ مُتَّقِدَة

داخل غلافها الجوي الناري. وهناك إشارة توراتيَّة تقول: "من الرَّماد إلى الرَّماد، من التُّراب إلى التراب". وعلماء الفيزياء يقولون: "من تراب النُّجومِ أَتَيْنا، وإلى تراب النجوم سوف نعود".

الشمس نفسها سوف تعاني مصيرًا مختلفًا، فبعد مرحلة النجم الأحمر، سوف تستنفد أخيرًا وَقودَها النوويَّ، وتنكمش، وتصير باردةً. سوف تصبح نجمًا قزمًا أبيضَ صغيرًا، في حجمٍ يُقارِبُ حجمَ الأرض، وفي النهاية تموت مثل نَجمٍ قزمٍ مُعتِمٍ، قطعة من النفاية النووية تهوم في المجرَّة.

على خلاف شمسنا، مجرَّة درب اللبانة سوف تموت في نار. بعد حوالي أربعة بلايين عام من الآن، سوف تصطدم بـ "أندروميدا" Andromeda، أقرب مجرَّة حلزونية. حجم "أندروميدا" يبلغ حوالي ضِعْفَيْ حجم مجرَّة درب اللبانة، وبالتالي سوف يكون هناك استحواذ إجباري. المحاكاة الحاسوبية للاصطدام تبيِّن أن المجرَّتَيْن سوف تدخلان في رقصة موتٍ، حيث تدوران حول بعضهما. "أندروميدا" سوف تنتزع الكثيرَ من أذرع درب اللبانة، مُقطِّعَةً أوصالَها. الثقبان الأسودان في مركَزَيْ المجرَّتَيْن سوف يدوران حول بعضهما ثم يتصادمان في النهاية، مندمِجَيْن في ثقبٍ أسود أكبر، وسوف تنشأ عن الاصطدام مجرَّة جديدة، مجرَّة إهليجيَّة عملاقة.

في كل من هذه السيناريوهات، من المهم أن ندرك أن إعادة الميلاد هي أيضًا جزء من هذه الدورة الكونية. الكواكب والنجوم والمجرات يُعاد تدويرها. شمسنا، على سبيل المثال، هي تقريبًا نجم من الجيل الثالث. كل مرَّة ينفجر فيها نجم، الغبار والغاز الذي يَدْفُقُه إلى الفضاء يضع بذور الجيل التالي من النجوم.

العلم يعطينا أيضًا فَهْمًا لحياة الكون بأكمله. مؤخَّرًا، اعتقد علماء الفلك أنهم فهموا تاريخه ومصيره النهائي لتريليونات السنين في المستقبل. وقد حزروا أنه يتطوَّر ببطء في خمسة عصور:

1. في العصر الأول، البليون الأولى من السنين بعد الانفجار الكبير، كان الكون مليئًا بسُحُبٍ حارَّةٍ غائمة من الجزيئات الأيونية، أكثر حرارة من أن تتكثَّف الإلكترونات والبروتونات إلى ذرَّات.
2. في العصر الثاني، بعد الانفجار الكبير ببليون عام، بَرَدَ الكَونُ بما يكفي لأن تستطيع الذَّرَّاتُ والنجوم والمجرَّات أن تنشأ من الفوضى. الفضاء الفارغ

أصبح فجأة فائِقَ الشفافية، والنجوم أضاءت الكونَ للمرَّةِ الأولى. نحن نعيش في هذا العصر الآن.

3. في العصر الثالث، بعد الانفجار الكبير بحوالي مائة بليون عام، النجوم سوف تَستَنْفِدُ معظم وَقودِها النَّوويِّ. الكون سوف يتكون أساسًا من نجوم قزمة حمراء صغيرة تشتعل ببطء لدرجة أنها تستطيع أن تسطع لتريليونات من السنين.

4. في العصر الرابع، بعد الانفجار الكبير بتريليونات من السنين، سوف تنطفئ جميع النجوم أخيرًا، ويصبح الكون أسود تمامًا. وستبقى فقط نجوم نيوترونية ميتة وثقوب سوداء.

5. في العصر الخامس، حتى الثقوب السوداء سوف تتبخَّر وتتفكَّك، وهكذا يصبح الكون بَحرًا من النفايات النووية ويتحوَّل إلى جسيمات دون ذرية.

مع اكتشاف تسارُع الكون، هذا السيناريو بأكمله يمكن أن ينضغط إلى بلايين من السنين. التمزُّق الكبير سوف يفسد الموقف بأكمله.

الطَّاقَةُ المُعْتِمَةُ

ما السَّبَب في هذا التغيُّر المفاجئ في فهمنا للمصير النهائي للكون؟

وفقًا لنظرية "أينشتين" في الجاذبية، يوجد مصدران للطاقة يدفعان تطوُّرَ الكون. الأول هو انحناء الزَّمَكان، الذي يخلق مجالات الجاذبية المعروفة التي تحيط بالنجوم والمجرَّات. هذا الانحناء هو ما يُبقِي أقدامَنا على الأرض. وهذا هو مصدر الطاقة الذي حَظِيَ بمعظم دراسة علماء الفيزياء الفلكية.

ولكن هناك أيضًا مصدرًا ثانيًا للطاقة، يجري إهماله في العادة. إنه طاقة العدم، طاقة الفراغ، وتُسمَّى الطاقة المُعتِمَة (ينبغي عدم الخلط بينها وبين المادة المعتمة). أقصى الفراغ في الفضاء يحتوي على طاقة.

أحدَثُ الحساباتِ تُبيِّنُ أن هذه الطاقة المُعتِمَة تقوم بدور جاذبية مضادَّة وهي تشتُّت الكون. كلما تمدَّد الكون، وُجِد مزيد من الطاقة المُعتِمَة، التي تتسبَّب في تَمَدُّدٍ أسرع.

في الوقت الحاضر، أفضل البيانات تشير إلى أن الطاقة المُعتِمَة تحتوي حوالي 69% من المادة/ الطاقة في الكون (حيث أن المادَّة والطاقة تبادُليتان). (في المقابل، المادة المُعتِمَة تشكِّل حوالي 26%، وذرَّات الهيدروچين والهيليوم تُشكِّل 5%، والعناصر الأعلى، التي تشكِّل الأرض وأجسامنا، تشكِّل فقط 0.5%). وهكذا فإن الطاقة المعتمة، التي تدفع المجرات بعيدًا عنَّا، هي بوضوح القوة المهيمنة في الكون، أكبر بكثير من الطاقة التي يحتويها انحناء الزَّمَكان.

لذلك فإن إحدى المشاكل الرئيسية في علم دراسة الكون هي فهم أصل الطاقة المُعتِمَة. من أين تأتي؟ هل ستحطم الكون في النهاية؟

عادة، عندما نوحِّد نظريةَ النسبيَّةَ مع نظرية الكم في زواجٍ قَسريٍّ فَظٍّ، يمكننا أن نتنبَّأ بالطَّاقة المُعتِمَة، ولكن التنبؤ الناتج مُستَبعَدٌ بنسبة 10120، وهو أكبر تنافُرٍ في تاريخ العلم. ولا نجد تباعُدًا بهذا الحجم في أي مكان. وهو يشير إلى أن هناك شيئًا ما خطأ بدرجة رهيبة في فهمنا للكون. إذًا، نظرية المجال الموحد، بدلًا من أن تكون فضولًا علميًّا، تصبح أساسيَّةً لفهم كيفية عمل كل شيء. والإجابة على هذا السؤال سوف تخبرنا بمصير الكون وكل الكائنات الذكية فيه.

الهُروبُ مِن نهايَةِ العالَمِ

حيث إن المرجَّح أن يكون مصير الكون مَوتًا باردًا في المستقبل البعيد، ماذا يمكننا أن نفعل حِيالَ ذلك؟ هل يمكن عكس هذه القوى الكونية؟

هناك ثلاثة خيارات على الأقل.

الأوَّل، هو ألَّا نفعل شيئًا ونترك دورة حياة الكون تجري مجراها. حيث يصير الكون أبردَ فأبرد، الكائنات الذكية سوف تتكيَّف وتُفكِّر أبطأ فأبطأ، وفقًا لعالم الفيزياء "فريمان ديسون". وأخيرًا، فكرة بسيطة قد تأخذ ملايين من السنين، ولكن

هـذه الكائنـات لـن تلاحـظ مطلقًـا لأن كل الكائنـات الأخـرى سـوف تفكّـر أبطـأ أيضًـا. قـد يكـون مـن الممكـن إجـراء محادثـات بـين هـذه الكائنـات، حتـى لـو اسـتغرقت ملايـين السـنين. وهكـذا، مـن وجهـة النظـر هـذه، كل شيء سـوف يبـدو عاديًـا.

الحيـاة في كـونٍ بـاردٍ كهـذا قـد تكـون بالفعـل ممتِعَـةً جـدًّا. القفـزات الكموميـة، التـي سـتكون غـير متوقَّعَـةٍ تمامًـا في مـدى حيـاة الإنسـان، قـد تبـدأ في الحـدوث بشـكل روتينـيٍّ. الثقـوب الدوديـة قـد تنفتـح وتنغلـق أمـام أعيننـا. أكـوان فقاعيـة قـد تندفـع دخـولًا إلى الوجـود وخارجـة منـه. وهـذه الكائنـات قـد تراهـا طـوال الوقـت لأن أمخاخهـا تعمـل ببـطء شـديد.

ولكـن، هـذه إجابـة مؤقَّتـة فقـط؛ لأن الحركـة الجزيئيـة سـوف تصبـح أخـيرًا بطيئـة لدرجـة أن المعلومـات لا يمكـن نَقلُهـا مـن مـكان إلى آخـر. عنـد هـذه النقطـة، كل الأنشـطة، بمـا فيهـا التفكـير، مهـما كان بطيئًـا، سـوف تتوقَّـف. هنـاك أمـل يائـس في أن التسـارُعَ الـذي تُسـبِّبُه الطاقـة المُعتِمَـة سـوف يختفـي فجـأة مـن تلقـاء نفسـه قبـل أن يحـدث هـذا. حيـث أن لا أحـد يعـرف لمـاذا يتسـارع الكـون، هـذه الإمكانيـة موجـودة.

التَّحوُّلُ إلى النَّوْعِ الرَّابِعِ

في السِّـياق نفسـه، الخيـار الثـاني هـو أن نتطـوَّر إلى حضـارة مـن النـوع الرابـع ونتعلَّم أن نسـتفيد مـن الطاقـة فيـما وراء مجرَّتنـا. لقـد أجريـتُ مـرَّةً حديثًـا في علـم دراسـة الكـون وناقشـت "مقيـاس كارداشـيف" Kardashev Scale. بعدهـا، أتـاني صبـيٌّ في العـاشرة وقـال إننـي كنـتُ مُخطِئًـا. لا بُـدَّ أن هنـاك حضـارة مـن النـوع الرابـع بعـد الحضـارات مـن النـوع الأول والثـاني والثالـث التـي في "تصنيـف كارداشـيف". صحَّحـتُ لـه وقُلـتُ لـه إنـه يوجـد فقـط كواكِـبُ ونجـوم ومجـرَّاتٌ في الكـون؛ وبالتـالي فـإن وجود حضـارة مـن النـوع الرابـع مسـتحيل. ليـس هنـاك مصـدر للطَّاقـة فيـما وراء المجـرَّة.

لاحِقًا، أدركتُ أنني ربما كنت قليلَ الصبر جدًّا مع الصبي.

تذكَّـر أن كل نـوع مـن الحضـارات أقـوى مـن السـابق عليـه بمـا يـتراوح بـين عـشرة بلايـين ومائـة بليـون مـرة. وحيـث إن هنـاك حـوالي مائـة بليـون مجـرَّة في الكـون المـرئي، فـإن حضـارة مـن النـوع الرابـع يمكـن أن تُسَـخِّر طاقـة كل الكـون المـرئي.

ربما يكون مصدر الطاقة فوق المَجَرِّيِّ هو الطاقة المُعتِمَة، التي إلى أقصى حدٍّ أكبر مصدر للمادة والطاقة في الكون. كيف يمكن لحضارة من النوع الرابع أن تتعامَلَ مع الطاقة المعتمة وتعكس التمزُّقَ الكبير؟

لأن حضارة من النوع الرابع، بحُكْمِ التعريف، تستطيع أن تُسَخِّر الطاقة فوق المَجَرِّيَّة؛ فقد تستطيع أن تتعامل مع بعض من الأبعاد الإضافية التي كشفت عنها نظرية الأوتار وتخلق مجالًا تَعْكِس فيه الطاقةُ المُعتِمَةُ القطبيَّةَ، بحيث ينعكس التمدُّد الكوني. خارج المجال، قد يستمر الكون في التمدُّد أُسِّيًّا. ولكن داخل المجال، المَجرَّات تتطوَّر بشكل اعتيادي. بهذه الطريقة، حضارة من النوع الرابع تستطيع أن تبقى على قيد الحياة حتى لو كان الكون يموت من حولها.

بمعنى ما، يمكن أن تعمل بطريقة "مجال ديسون". ولكن على الرغم من أن الغرض من "مجال ديسون" سوف يكون حَبْسَ ضوءِ الشمس داخله؛ فإن الغرض من هذا المجال سوف يكون حبسَ الطاقة المُعتِمَة، بحيث يمكن احتواء التمدُّد.

الإمكانية الأخيرة هي خلق ثقبٍ دودي خلال المكان والزمان. لو كان الكون يموت، فإن أحد الخيارات قد يكون مغادرته والدخول في كون آخر، كون أكثر شبابًا.

الصورة الأصلية التي أعطاها لنا "أينشتين" هي أن الكون فُقَّاعَةٌ ضخمة متمدِّدة. ونحن نعيش على جلد الفقاعة. الصورة الجديدة التي تشير إليها نظرية الأوتار هي أن هناك فقَّاعات أخرى خارِجًا، كلٌّ منها حَلٌّ لمعادلة الأوتار. والواقع أن هناك حوض فقاعات من الأكوان، يخلق تعدُّدَ الأكوان.

الكثير من هذه الفقاعات ميكروسكوبيٌّ، ويقفز إلى الوجود في "انفجار كبير" صغير، ثم ينهار بسرعة. معظم هذه الفقاعات ليس له تأثيرات علينا؛ حيث إنها تعيش حيواتها القصيرة في فراغ الكون. "ستيفن هوكنج" سَمَّى هذه الحركة السريعة الدائمة في الفراغ "رغوة الزَّمَكان". وهكذا فإن العدم ليس فارغًا، ولكنه مليء بأكوان في حركة دائمة. ومن الغرائب أن هذا يعني أن حتى داخل أجسامنا توجد ذبذبات داخل رغوة الزمكان، ولكنها صغيرة جدًّا لدرجة أننا -ويا لسعادتنا- غير واعين لها.

الجانب المذهل في هذه النظرية أنه لو كان الانفجار الكبير حدث مرة، فإنه يمكن أن يحدث مِرارًا أخرى. إذًا، هناك صورة جديدة تبرز لكون وليد ينبثق من كونٍ أُمٍّ، وكوننا ليس إلَّا رُقعةً صغيرةً جدًّا من كون أكبر.

(من حين لآخر، جزء صغير من هذه الفقاعات لا يتلاشى في الفراغ ولكنه يتمدد بدرجة ضخمة بسب الطاقة المُعتِمَة. وربما يكون هذا أصل كوننا، أو قد يكون كوننا نتيجة لاصطدام فقاعتين أو انشطار فقاعة إلى فقاعات صغيرة).

وكما رأينا في الفصل السابق، فإن حضارة متقدِّمَةً قد تكون قادِرَةً على بناء مُسرِّع جسيمات ضخم بحجم حزام الكويكبات يستطيع أن يفتح ثُقبًا دوديًّا. لو تمَّ تثبيته بطاقة سالِبةٍ؛ قد يُقدِّم طريقًا للهرب إلى كون آخر. وقد ناقشنا بالفعل استخدام "تأثير كازيمير" لخلق هذه الطاقة السالبة. ولكنَّ مَصدرًا آخر للطاقة السالبة هو هذه الأبعاد الأعلى. وهي يمكن أن تخدم غرضين: إنها قد تغيِّر قيمة الطاقة المُعتِمَة، وبالتالي تمنع التمزُّقَ الكبير، أو أنها يمكن أن تخلق طاقةً سالِبَةً للمساعدة في تثبيت ثقب دودي.

كل فقاعة أو كون في تعدُّد الأكوان لها قوانين فيزيائية خاصة. من الناحية المثالية، نحن نريد أن ندخل كونًا موازيًا حيث تكون الذَّرَّات مُستقرَّةً (حتى لا تتفتَّتَ أجسامنا عندما ندخل إليه) ولكن كمية الطاقة المُعتِمَة أقل بكثير، بحيث تتمدَّد بما يكفي لأن تبرد وتسمح للكواكب الصالحة للعيش بأن تتشكَّل، ولكنها ليست كبيرة لدرجة أن تسرِّعَ تَجمُّدًا كبيرًا مُبكِّرًا.

التَّضَخُّم

كلُّ هذه التخمينات تبدو في البداية منافِيَةً للعقل، ولكن البيانات الكونية الأخيرة من أقمارنا الاصطناعية تبدو داعِمَةً لهذه الصورة. وحتى المتشكِّكون مضطرُّون للإقرار بأن فكرة تعدُّدِ الأكوان مُتَّسِقَةٌ مع النظرية المسمَّاة "التضخم"، التي هي نسخة مُكبَّرة من نظرية الانفجار الكبير القديمة. في هذا السيناريو، قبل الانفجار الكبير مباشرة، كان هناك انفجار يسمى التضخم شكَّل الكون في الثواني الـ 10[33] الأولى أسرع كثيرًا من النظرية الأصلية. هذه الفكرة، التي اقترحت

في الأصل من قبل "ألان جوث" Alan Guth من معهد ماساشوستس للتكنولوچيا و"أندري لينـد" Andrei Linde من جامعة ستانفورد، حلَّت عددًا من الألغاز الكونية. على سبيل المثال، الكون يبدو أكثر تَسطُّحًا بكثير وأكثر انتظامًا ممَّا تنبَّأت به "نظرية أينشتين". ولكن لو تعرَّض الكون لتمدُّدٍ كَونيٍّ؛ سوف يتسطَّح أكثر، في تشابُهٍ كبير مع نفخ بالون ضخم. سطح البالون المنفوخ يبدو مسطَّحًا بسبب حجمه.

كذلك، لو نظرنا في اتجاه واحد من الكون ثم نظرنا في الاتجاه المعاكس بـ 180 درجة، سوف نرى أن الكون هو نفسه بالتمام والكمال تقريبًا بِغَضِّ النظر عن زاوية نظرنا. وهذا يتطلَّب شكلًا ما من المزج بين أجزائه المختلفة، ولكن لأن الضوء له سرعة محدَّدة، فبِبساطَةٍ لا يوجد وقت كافٍ للمعلومات لكي تنتقل عبر هذه المسافة الشاسعة. من ثمَّ، فإن الكون يبدو وعرًا وغير منظَّمٍ لأنه لا يوجد وقت كافٍ لمزج المادة. والتضخم يحلُّ هذه المشكلة بافتراض أن -عند بداية الزمن- الكون كان بقعةً ضئيلة من المادة المنظَّمة. وحيث مَدَّد التَّضخُّمُ هذه الرُّقعَةَ، نشأ عنها ما نحن نراه اليوم. ولأن التضخم نظرية كموميَّة؛ توجد إمكانية صغيرة -ولكن محدودة- لحدوثه مرَّةً أخرى.

على الرغم من أن نظرية التضخُّم حقَّقت نجاحًا لا يمكن إنكاره في تفسير البيانات، لا يزال هناك جدال بين المتخصِّصين في علم الكون حول النظرية الأساس وراءها. هناك دليل له اعتباره من أقمارنا الصناعية يبيِّن أن الكون خضع لتضخُّمٍ سريع، ولكن ما أدَّى بالتحديد إلى هذا التضخم غير معلوم. وحتى الآن، الطريق الرئيسي لتفسير نظرية التضخم هو نظرية الأوتار.

سألت دكتور "جوث" ذات مرَّةٍ عمَّا إذا كان من الممكن تخليق كون وليد في المعمل. فأجابني بأنه قام بالفعل بالحسابات. على المرء أن يركِّز كمية هائلة من الحرارة في نقطة واحدة. ولو كان للكون الوليد أن يتشكَّل داخل معمل؛ فسوف يتفجَّر بعنفٍ في انفجار كبير. ولكنه يمكن أن يتفجَر على بُعْدٍ آخر؛ ولذلك، فمن وجهة نظرنا، الكون الوليد يمكن أن يتلاشى. ولكننا سوف نظلُّ نشعر بموجة صدمة مولده، التي يمكن أن تكون مكافِئَةً لانفجار كثير من الأسلحة النووية. إذًا، خُلاصَةُ قوله، لو شكَّلنا كونًا وليدًا، علينا أن نجري بسرعة!

"نيرڤانا"

تَعـدُّد الأكـوان يمكـن أيضًـا أن يُـرى مـن منظـورٍ لاهـوتيٍّ، حيـث إن كل الأديـان تنقسـم إلى فئتـين: ديانـات كان فيهـا لحظـة خَلْـقٍ، وديانـات أبديـة. عـلى سـبيل المثـال، الفلسـفة اليهوديـة- المسـيحية تتحـدَّث عـن خَلْـقٍ، حَـدَثٍ كَـونيٍّ حيـث وُلِـدَ الكـون. (ليـس مـن المسـتغرب أن الحسـابات الأصليـة للانفجـار الكبـير قـام بهـا كاهـن كاثوليـكيٌّ وعالِـمُ فيزيـاء، "چورچ لوميـتر" Georges Lemaître، اعتقـد أن نظريـة "أينشـتين" كانـت متوافِقَـةً مـع سِـفْرِ التَّكويـن). ولكـن في البوذيـة، لا يوجـد إلـه عـلى الإطـلاق. الكـون أَبَـديٌّ، لا بدايـة لـه ولا نهايـة. يوجـد فقـط "نيرڤانـا" Nirvana. هاتـان الفلسـفتان تبـدوان متناقِضَتَـيْن مـع بعضهـما تمامًـا. فإمَّـا أن الكـون كان لـه بدايـة، أو لم يكـن.

ولكـن، المَـزْجُ بـين هاتـين الفلسـفتين المتناقضتـين تمامًـا مُمكِـنٌ لـو أننـا تبنَّيْنـا مفهومَ تعـدُّد الأكـوان. في نظريـة الأوتـار، كَونُنـا في الواقـع كان لـه أصـلٌ كارثيٌّ، الانفجـار الكبير. ولكننـا نعيـش في تَعَـدُّدٍ كـونيٍّ مـن أكـوان فُقَّاعيـة. هـذه الأكـوان الفقاعيـة بدورهـا تطفـو في حلبـة أكـبر كثـيرًا، فضـاء فوقـي ذي عـشرة أبعـاد، ليـس لـه بدايـة.

وهكـذا، فـإن "التكويـن" يحـدث طـوال الوقـت داخـل حلبـة "نيرڤانـا" الأكـبر (الفضـاء الفوقـي).

هـذا إذًا يعطينـا توحيـدًا بسـيطًا وجذَّابًـا لقصـة الخلـق اليهوديـة- المسـيحية مـع البوذيـة. كوننـا في الواقـع بـدأ بدايـةً ناريَّـةً، ولكننـا نتعايـش معًـا في نيرڤانـا أبديـة مـن الأكـوان المتوازيـة.

مكتبة
t.me/soramnqraa

صانِعُ النُّجومِ

هـذا يعـود بنـا إلى عمـل "أولاف سـتابليدون"، الـذي تصـوَّر أنـه يوجـد "صانـع نجـوم"، كائـن كـونيٌّ يخلـق ويلغـي كل الأكـوان. إنـه يشـبه رسَّـامًا سَـماويًّا يبتـدع باسـتمرار أكوانًـا جديـدة، يضـع لهـا خواصَّهـا كيفـما اتفـق، ثـم ينتقـل إلى الكـون التالي. كل كـون لـه قوانـين طبيعـة مختلفـة وأشـكال حيـاة مختلفـة.

صانع النجوم نفسه كان خارجَ هذه الأكوان ويستطيع أن يراها كلها في مُجمَلها حيث يرسم على قماش من الأكوان المتعدِّدة. "ستابليدون" يكتب: "كل كون... كان موهوبًا زمانه المتميِّز، بطريقة تجعل كل نتائج الأحداث في أي كون مرئية من قِبَل صانع النجوم، ليس فقط من داخل الزمان الكوني نفسه ولكن خارجيًّا أيضًا، من الزمان المناسب لحياته هو، مع كل العصور المتعايشة معًا".

وهذا مشابه جدًّا للطريقة التي تنظر بها نظرية الأوتار إلى تعدُّد الأكوان. كلٌّ بقوانينه الفيزيائية الخاصة، وكل بمقاييس زمانه ووحدات قياسه. وكما قال "ستابليدون"، على المرء أن يكون خارج الزمان العادي، خارج كل هذه الأكوان، لكي يرى هذه الفقاعات كلها في الوقت ذاته.

(هذا يُذكِّرنا أيضًا بالطريقة التي رأى بها القِدِّيس "أوغسطين"Saint[1] Augustine طبيعة الزمان. لو كان الله كامل القوة، إذًا لا يمكن أن يكون مقيَّدًا بالمشاغل الأرضية. بتعبير آخر، الكائنات الإلهية لا تضطر لأن تندفع للوفاء بمواعيد ختامية لإتمام العمل أو للقيام بمهام. بمعنى ما؛ لذلك، الإله يجب أن يكون خارج الزمان. وبالطريقة ذاتها، صانع النجوم وأصحاب نظرية الأوتار، بالتحديق في حوض فقاعات الأكوان، هم أيضًا خارج الزمان).

ولكن، لو أن لدينا حوضَ فقَّاعاتٍ من الأكوان الممكنة، فأيُّها كوننا؟ هذا يطرح السؤال عمَّا إذا كان الكون صُمِّم بواسطة كائن أعلى أم لا.

عندما نفحص قوى الكون، نجد أنها تشبه أن تكون "مُهيَّأة" بالضبط لكي تجعل الحياة الذكية ممكنة. على سبيل المثال، لو كانت القوة النووية أقوى قليلًا، لكانت الشمس احترقت منذ ملايين السنين. ولو كانت أضعف قليلًا؛ ما كانت الشمس اشتعلت من الأساس. الشيء نفسه ينطبق على الجاذبية. لو كانت أقوى قليلًا، لكان حدث انسحاق كبير منذ بلايين السنين. ولو كانت أضعف قليلًا، لكان لدينا بدلًا من ذلك تجمُّدٌ كبير. في كِلْتَا الحالَتَيْن، القوى النووية والجاذبية "مُهيَّأة" بالضبط لكي تجعل الحياة الذكية على الأرض مُمكِنَة.

---

(1) القدِّيس "أوغسطين" 354) Saint Augustine-430): فيلسوف وعالِمُ لاهوتٍ مسيحيٌّ. كان لكتاباته تأثيرٌ كبير على المسيحية الغربية والفلسفة الغربية- المترجم.

عندما نفحص قوى ومعايير أخرى، نجد النمط عينه.

فلسفات كثيرة نشأت لكي تحلَّ مشكلة النطاق الضيق لهذه القوانين الأساسية التي يمكن أن تسمح بالحياة.

الفلسفة الأولى هي "مبدأ كوبرنيكس" Principle Copernican أنه لا يوجد شيء خاصٌّ عن الأرض. حيث إن الأرض مجرَّد قطعة من الغبار الكوني تتجوَّل بلا هدف عبر الكون، وأنه من قبيل الصدفة فقط أن قوى الطبيعة "مُهيَّأة" بالضبط.

الثانية هي مبدأ البَشَرِي، الذي يقول إن وجودنا يضع قيودًا ضخمة على أنواع الأكوان الذي يمكن أن يوجد. هناك صيغة ضعيفة من هذا المبدأ تقول ببساطة إن قوانين الطبيعة يجب أن تكون تلك التي تكون الحياة معها ممكنة، حيث إننا نوجد ونتدبر هذه القوانين. كل كون جيِّد مثل أي كون آخر، ولكن كوننا فقط الذي به كائنات ذكية تتأمله وتكتب عن ذلك. ولكن هناك من هذا المبدأ نسخة أقوى كثيرًا تقول إنه من غير المرجَّح وجود حياة ذكية لدرجة أن كوننا قد يكون مُجبَرًا بشكل ما على أن يسمح بوجود حياة ذكية ربما يكون الكون صُمِّم من أجل أن تكون كذلك.

"مبدأ كوبرنيكس" يقول إن كوننا ليس خاصًّا، بينما يقول المبدأ البَشريُّ إنه كذلك. من الغريب أنه على الرغم من أنه الكَونَيْن متعارضان جدًّا، فإن كُلًّا منهما متوافِقٌ مع الكون كما نراه.

(عندما كنت تلميذًا في الصف الثاني، أتذكَّر بوضوحٍ مُعلِّمَتي وهي تشرح لي هذه الفكرة. قالت إن الإله أحبَّ الأرض لدرجة أنه وضعها على البُعْدِ المناسب تمامًا من الشمس. فلو كانت قريبة جدًّا؛ لكانت المحيطات في حالة غَليان. ولو كانت بعيدةً جدًّا؛ لكانت المحيطات تجمَّدت. إذًا، الإله اختار الأرض لكي تكون في الموقع الصحيح من الشمس. وكانت هذه هي المرة الأولى التي أسمع فيها قانونًا عِلميًّا يُشرَحُ بهذه الطريقة).

طريقة حَلِّ هذه المشكلة من دون التَّوسُّل بالدِّين هي وجود الكواكب الخارجية، التي معظمها قريبٌ من الشمس أو بعيد عنها لدرجة تجعل الحياة

غير مُمكِنَة. نحن هنا الآن بسبب الحَظِّ. إنه من قبيل الحظ أننا نعيش في المنطقة المعتدلة حول الشمس.

على النحو ذاته، تفسير أن الكون يبدو مُهيَّأً تمامًا بما يسمح للحياة كما نعرفها بأنه بسبب الحظ؛ لأنه يوجد بلايين الأكوان الموازية غير المُهيَّأة للحياة وخالية من الحياة تمامًا. ونحن المحظوظون الذين يعيشون لكي يتحدَّثوا عنها. وهكذا، فإن الكون ليس مُصمَّمًا بالضرورة بواسطة كائن أعلى. ونحن نناقش هذا السؤال هنا لأننا نعيش في كون متوافق مع الحياة.

ولكن هناك طريقة أخرى للنظر إلى هذه المسألة. إنها الفلسفة التي أفضِّلها والتي أعمل عليها في الوقت الحالي. في هذا المنهج، يوجد الكثير من الأكوان المتعددة، ولكنَّ مُعظَمَها غير مستقِرٍّ، وسوف تضمحل لتتجمَّع في النهاية في كون أكثر استقرارًا. أكوان كثيرة أخرى ربما تكون وُجِدَت في الماضي، ولكنها لم تستمرَّ، واندمجت في كوننا. في هذه الصورة، كوننا يستمر على قيد الحياة لأنه واحد من أكثر الأكوان استقرارًا.

وهكذا، فإن وجهة نظري تجمع بين "مبدأ كوبرنيكس" والمبدأ البشري. أنا أعتقد أن كَوْنَنا ليس خاصًّا، كما هو "مبدأ كوبرنيكس"، فيما عدا سِمَتَيْن: أنه مُستقرٌّ جدًّا، وأنه متوافق مع الحياة كما نعرفها. وهكذا، بدلًا من أن يكون لدينا عَدَدٌ لا نهائيٌّ من الأكوان الموازية تسبح في "نيرڤانا" الفضاء الفوقي، فإن معظمها غير مستقرٍّ، وربما هناك حفنة فقط منها مستمرَّة في الوجود وبها حياة تشبه حياتنا.

الكلمة الأخيرة في نظرية الأوتار ما زالت يجب أن تُكتَب. بمجرد أن يتمَّ حَلُّ النظرية كامِلَةً؛ نستطيع أن نقارنها بكمية المادة المعتمة في الكون والمحدِّدات التي تَصِفُ الجُسيماتِ دون الذرية؛ ما يمكن أن يجيب على السؤال عمَّا إذا كانت النظرية صحيحة أم لا. لو أنها صحيحة؛ فإن نظرية الأوتار يمكن أيضًا أن تُفسِّرَ سِرَّ الطاقة المُعتِمَة، التي يعتقد عُلماءُ الفيزياء أنها المُحرِّك الذي قد يُدمِّر الكون يومًا ما. ولو كُنَّا محظوظين بما يكفي للتطوُّر إلى حضارة من النوع الرابع، قادرين على تسخير الطاقة فوق المَجَرِّيَّة، فإن نظرية الأوتار قد تفسِّر كيف أن موت الكون ذاته قد يمكن تجنُّبُه.

وربما عقلُ شابٍّ مِقدامٍ، يقرأ هذا الكتاب، يُلْهَم ليكمل الفصل الأخير في تاريخ نظرية الأوتار، ويجيب على السؤال عمَّا إذا كان موت الكون يمكن أن يُعْكَس.

السُّؤالُ الأَخيرُ

"إسحق أسيموف" قال ذات مرة إن من كلِّ القصص القصيرة التي كتبها، كانت قصته المفضَّلة "السؤال الأخير"، التي قَدَّمَت رؤية جديدة مذهلة لمستقبل على بُعْدِ تريليونات السنين، وشرحت كيف أن الإنسانية قد تواجه نهاية الكون.

في تلك القصة، تساءل الناس عبر دهورٍ عمَّا إذا كان الكون يجب أن يموت بالضرورة أم أنه من الممكن عَكْسُ التمدُّدِ ومَنْعُ الكون من التَّجَمُّد. وعندما سُئِلَ الكمبيوتر الرئيسي: "هل يمكن عكس مصير موت الكون؟"، كان يجيب في كل مرَّة: "لا توجد بيانات كافية لإجابة مفيدة".

أخيرًا، في المستقبل البعيد عَنَّا بتريليونات السنين، حيث تكون البشرية تجاوَزَت حدود المادة ذاتها. ويكون البشر تطوَّروا إلى كائنات طاقة نقية يستطيعون أن ينقلوا أنفسهم عبر المجرَّة. ومن دون قيود المادة، يمكنهم زيارة أبعد أنحاء المجرَّة على شكل وعيٍ نَقيٍّ. أجسامهم المادية خالدة ولكنها مُخزَّنة في نظام شمسي بعيدٍ مَنسيٍّ حتى تكون عقولهم حُرَّةً في التجوُّل. ولكن كُلَّما سألوا السؤالَ المصيريَّ: "هل يمكن عكس مصير موت الكون؟"، حصلوا على الإجابة ذاتها: "لا توجد بيانات كافية لإجابة مفيدة".

وأخيرًا، يصبح الكمبيوتر الرئيسي أقوى من أن يستقرَّ على أي كوكب ويوضع في الفضاء الفوقي. وتريليونات العقول التي تتكوَّن منها البشرية تلتحم به. وإذ يدخل الكون سَكَرات موته النهائي، يقوم الكمبيوتر أخيرًا بِحَلِّ مسألة عكس مصير موت الكون. لحظة أن يموت الكون، يُعلِنُ الكمبيوتر الرئيسي "اجعلهم يكونوا ضوءًا!"، وكانوا ضوءًا

وهكذا أخيرًا، مستقبل البشرية أن تتطوَّر إلى إلهٍ يستطيع أن يخلق كونًا جديدًا تمامًا ويبدأ من جديد. لقد كان هذا عَملًا رائعًا في الخيال. ولكن دَعْنا الآن نُحَلِّلْ تلك القصة القصيرة من منطلق الفيزياء الحديثة.

كما ذكرنا في الفصل السابق، قد نكون قادرين على أن ننقل وعينا على أشعة ليزر عبر الفضاء بسرعة الضوء خلال القرن القادم أو نحو ذلك. وأخيرًا، قد يصبح الانتقال بواسطة الليزر طريقًا سريعًا شاسِعًا عابِرًا للمجرَّات، حامِلًا بلايين من العقول التي تتحرَّك بسرعة عبر المَجرَّة. إذًا، رؤية "أسيموف" لكائنات من الطاقة النقية تستكشف المجرَّة ليست فكرةً بعيدة المنال.

بعد ذلك، يصبح الكمبيوتر الرئيسي كبيرًا وقويًّا لدرجة أنه لا بُدَّ أن يتمركز في الفضاء الفوقي، وفي النهاية تندمج فيه البشرية. ربما نستطيع أن نصبح في يوم ما مثل صانع النجوم ومن موقعنا في الفضاء الفوقي ننظر إلى أسفل ونرى كوننا مُتعايِشًا مع أكوان أخرى في التعدُّد الكوني، كل منها يحتوي بلايين من المجرَّات. وبتحليل الوضع العام للأكوان المُمكِنَة، قد نختار كونًا جديدًا لا يزال شابًّا ليستطيع أن يوفِّر لنا موطِنًا جديدًا. سوف نختار كونًا ذا مادَّةٍ مستقرَّةٍ، مثل الذَّرَّات، وشابًّا بما يكفي لأن تستطيع النجوم أن تُشكِّلَ نُظُمًا شمسية جديدة لكي تُفْرِخ أشكالًا جديدة من الحياة. إذًا، المستقبل البعيد، بدلًا من أن يكون نهايةً مميتةً للحياة الذكية، قد يشهد ميلاد موطن جديد لها.

إذا كان الأمر كذلك، فإن موت الكون إذًا ليس نهاية القصة.

"إنَّ فُرصَتَنا الوَحيدَةَ للبَقاءِ عَلى المَدَى الطَّويلِ، لَيْسَ أَنْ نَقْبَعَ في كَوْكَبِ الأَرْضِ، ولَكِنْ أَنْ نَصِلَ إلى الفَضاءِ... ولَكِنَّني مُتفائِلٌ. لو اسْتَطَعْنا أَنْ نَتَجنَّبَ كارِثَةً في القَرْنَيْن القادِمَيْن؛ فَإنَّ جِنْسَنا سَوْفَ يَكونُ آمِنًا، حَيْثُ نَنْتَشِرُ إلى الفَضاءِ. وبِمُجَرَّدِ أَنْ نُؤَسِّسَ مُسْتَعْمراتٍ مُستَقِلَّةً، سَوفَ يُصْبِحُ مُستَقْبَلُنا كُلُّه آمِنًا".

Stephen Hawking "ستيڤن هوكنج"

"كُلُّ حُلْمٍ يَبْدَأُ بِحالِمٍ. تَذَكَّرْ دائِمًا أَنَّكَ تَمْلِكُ في داخِلِكَ القُوَّةَ والشَّغَفَ لِأَنْ تَصِلَ إلى النُّجومِ لِتُغَيِّرَ العالَمَ".

HARRIET TUBMAN "هارييت توبمان"

الهوامش

المدخل

يومًا ما، قبل نحو خمسة وسبعين ألف عام: A. R. Templeton, "Genetics and Recent Human Evolution," International Journal of Organic Evolution 61, no. 7 (2007): 1507–19. See also Supervolcano: The Catastrophic Event That Changed the Course of Human History; Could Yellowstone Be Next? ((New York: MacMillan2015

دليلٌ دامِغٌ على هذا الحَدَث المُزَلْزِل: على الرغم من وجود اتِّفاقٍ عالَميٍّ على أن انفجار بركان "توبا" كان حقيقةً حدثًا كارثيًّا، يتعيَّن الإشارة إلى أن بعض العلماء لا يعتقدون أنه غيَّر اتجاه التطوُّر الإنساني. إحدى المجموعات، من جامعة أوكسفورد، حلَّلَت رواسِبَ في بحيرة "ملاوي" تعود إلى عشرة آلاف عام سابقة. وبالحفر حتى قاع البحيرة، يستطيع المرء أن يستخرج رواسِبَ ترسَّبَت في الماضي البعيد، ومن ثم أعادت تشكيل ظروف الطَّقس القديم. تحليل هذه البيانات من عصر بركان "توبا" لا يشير إلى علاماتٍ ذات أهمية على تغيير مناخي دائم؛ ما يلقي بالشكوك على النظرية. ولكن يظلُّ من اللازم النظرُ فيما إذا كان يمكن تعميم هذه النتيجة على أماكنَ أخرى إلى جانب بحيرة "ملاوي". وهناك نظرية أخرى ترى أن عنق الزجاجة في التطوُّر الإنساني قبل خمسة وسبعين ألف عامٍ نَتَجَ عن تأثيرات بيئية بطيئة، وليس نتيجة لانهيار مفاجئ في البيئة. مزيد من البحوث مطلوب للإجابة بشكل نهائي على السؤال.

في شَبابِه، قَضَى مُعظَمَ وَقتِه: قوانين "نيوتن" الثلاثة في الحركة هي:

- . أيُّ جسمٍ متحرِّك يستمر في الحركة، ما لم تؤثِّر عليه قوة خارجية. (هذا يعني أن مسابيرنا الفضائية يمكن أن تصل إلى الكواكب البعيدة بالحد الأدنى من الوقود بمجرَّد أن تصبح في الفضاء؛ لأنها أساسًا تشقُّ طريقها إلى الكواكب من تلقاء نفسها، حيث لا يوجد احتكاك في الفضاء).
- . القوة تساوي الكتلة مضروبة في العجلة. وهذا هو القانون الأساسي خلف الآلات النيوتنية، التي تجعل من الممكن بناء ناطحات سحاب وجسور ومصانع. وفي كل جامعة، يكون مقرَّر العام الأول في الفيزياء هو في الأساس حَلُّ تلك المعادلة بالنسبة لنظم ميكانيكية مختلفة.
- . لكل فِعلٍ رَدُّ فعلٍ مساوٍ ومُضادٌّ. وهذا هو السبب في أن الصواريخ يمكن أن تتحرَّك في الفضاء الخارجي.
- هذه القوانين تعمل على أكمل وجه عند إطلاق مسابير فضائية إلى أي مكان من النظام الشمسي. ولكنها تفشل حَتمًا في مجالات مُهمَّة مُعيَّنة: (أ) السرعة الشديدة جدًّا التي تقترب من سرعة الضوء، و(ب) المجالات المغناطيسية الكثيفة جدًّا، مثلما بالقرب من ثقب أسود، و(ج) المسافات القصيرة جدًّا الموجودة داخل الذَّرَّة. ولتفسير هذه الظواهر، نحن نحتاج إلى نظرية "أينشتين" في الجاذبية وإلى نظرية الكَمِّ أيضًا.

أن يضع الأمر قدمه على تربة الكويكبات: Chris Impey, Beyond (New York: W.W. Norton, 2015).

أن البروفوسير جودارد: Impey, Beyond, p. 30

بيرنر ڤون براون سوف يأخذ التصميمات الأولية والأحلام والنماذج: المؤرِّخون لا يزالون يتجادلون تحديدًا حول درجة التلاقح بين روَّاد مثل "تسيولكوڤسكي"

و"جودارد" و"ڤون براون". البعض يدَّعي أن كُلًّا منهم عمل في عزلة شبه تامة، واكتشف كُلٌّ منهم على وجه الاستقلال عملَ الآخرين. وآخرون يدَّعون أنه كان هناك تَفاعُلٌ كبير بينهم، خاصة أن الكثير من أعمالهم كان قد نُشِرَ. ولكن من المعروف أن النازيين تَقَصَّوا عن "جودارد" وطلبوا نصيحته. إذًا، نستطيع أن نقول آمنين إن "ڤون براون" -لأن كان لديه اتصال بالحكومة الألمانية- كان واعيًا تمامًا بتطوُّرات أسلافه.

أنا أُخطِّط للسفر إلى القمر: Hans Fricke, Der Fisch, der aus der Urzweit kam (Munich: Deutscher Taschenbuch-Verlag, 2010), pp. 23–24.

أنا أَصِلُ إلى النجوم، ولكنني أحيانًا أضرب لندن:

انظر:

Lance Morrow "The Moon and the Clones," Time, August 3, 1998.

للمزيد حول الميراث السياسي لڤون براون، انظر:

M. J. Neufeld, Wernher von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War (New York: Vintage, 2008).

أجزاء من هذه المناقشة كانت مبنيَّةً أيضًا على مُقابَلَةٍ إذاعية أجريتُها مع السيد "نيوفيلد" في سبتمبر 2007. كثيرون كتبوا عن هذا العالم الكبير، الذي افتتح عصر الفضاء، ولكنه قام بذلك بدعمٍ ماليٍّ من النازيين، وتوصَّل إلى استنتاجات مختلفة.

بينما كان برنامج الصواريخ الأمريكي يسير بخطواتٍ مُتقطِّعة:

انظر:

R. Hal and D. J Sayler, The Rocket Men: Vostok and Voskhod, the First Soviet Manned Spaceflights (New York: Springer Verlag, 2001). .

كان الكونجـرس ينظـر إلى "ناسـا" ابتـداءً بوصفهـا برنامَجًـا للتوظيـف: انظـر Gregory Benford and James Benford, Starship Century (New York: Lucky .Bat Books, 2014), p. 3

الفصل الثاني: عَصرٌ ذَهبيٌّ جديدٌ للسَّفَرِ في الفَضاءِ

مُجمَـل الفكـرة هـو الحفـاظ عـلى كوكـب الأرض: Peter Whoriskey, "For Jeff Bezos, The Post Represents a New Frontier," Washington Post, August 12, .2013

في تسـعينيات القـرن العشريـن، أثـار دهشـةَ العلـماء اكتشـافٌ غـيرُ مُتوَقَّـعٍ: انظـر R. A. Kerr "How Wet the Moon? Just Damp Enough to Be Interesting," .Science Magazine 330 (2010): 434

الصينيُّـون أعلنـوا أنهـم سـوف يرسـلون روَّادَ فضـاءٍ إلى القمـر: انظـر B. Harvey, China's Space Program: From Conception to Manned Spaceflight .((Dordrecht: Springer-Verlag, 2004

أحـد العوامـل التـي تَحـدُّ مـن طـول الفـترة التـي يسـتطيع روَّاد الفضـاء أن يمكثوهـا فـوق القمـر: انظـر J. Weppler, V. Sabathier, and A. Bander, "Costs of an International Lunar Base" (Washington, D.C.: Center for Strategic and ;(International Studies, 2009

https://csis.org/ publication/ costs-international-lunar-base.

الفصل الثالث. التَّعدينُ في السَّماواتِ

شركة "بلانيتاري ريسورسز" تقدِّر أن كمية البلاتين: انظر:

www.planetaryresources.com.

الفَصلُ الرَّابِع: المرِّيخ أو النِّهايَة

الفشل خيارٌ هنا (في "سبيس إكس"): للمزيد من المقتطفات من "إيلون ماسك"، انظر /**www.investopedia.com/ university/ elon-musk-biography/ -.elon-musk-most-- influential- quotes.asp**

يقولون إن المريخ هو الموضة الجديدة: انظر https://manofmetropolis. -.com/ nick-grahamfall-2017-review

"الواقع أن ليس لديَّ دافِعٌ آخر": The Guardian, September 2016; www.theguardian.com/technology/ 2016/ sep/ 27/ elon-musk-spacex-.marsexploration- space-science

"أنا واثق": The Verge, October 5, 2016; www.theverge.com/ 2016/ 10/ /13178056/5 .boeing-ceo-mars-colony-rocket-space-elon-musk

"أعتقد أنه من الجيِّد أن يكون هناك سُبُلٌ متعدِّدة إلى المريخ": Business Insider, October 6,2016; www.businessinsider.com/ boeing-spacex-mars-.10-elon-musk-2016

"ناسا تحيِّي كل هؤلاء": Ibid.

"بيل جيرستنمير، من إدارة الاستكشاف البشري والعمليات في ناسا": انظر www.nasa.gov/ feature/ deep-space-gateway-to-open-opportunities-for-distantdestinations

الفصل الخامس: المرّيخ: الكَوكَبُ الجَنَّة

"الحقيقة، أن سبوتنيك كان": Interview on Science Fantastic radio, June 2017.

"محاولة غريبة أخرى لتكوين مستعمَرة مُنعَزِلَة" انظر: See R. Reider, Dreaming the Biosphere (Albuquerque: University of New Mexico Press, 2010).

الفصل السادس: العمالِقَةُ الغازيَّةُ والمُذنَّباتُ، وما وراءَها

باستخدام قوانين "نيوتن" يستطيع علماء الفلك أن يحسبوا: حساب "حدِّ روش" وقوى المَدِّ والجَزْرِ يتطلَّب فقط تطبيقًا أوَّليًّا لقانون "نيوتن" في الجاذبية. لأن أي قمر شيء كروي وليس جسيمًا شبيهًا بنقطة؛ فإن قوة جاذبية عملاقٍ غازيٍّ يشبه المشترى أكبر على الجانب الذي يواجه المشترى من الجاذبية على الجانب الآخر. وهذا يتسبَّب في انتفاخ القمر قليلًا. ولكن المرء يستطيع أيضًا أن يحسب قوة الجاذبية، التي تجعل القمر يتماسَكُ بواسطة شَدٍّ جاذبيته. ولو اقترب القمر بما فيه الكفاية؛ فإن قوة الجاذبية التي تجعل القمر يتفكَّك تُعادِلُ قوَّةَ الجاذبية التي تجعله يتماسك. وعند هذه النقطة يتحطَّم القمر. وهذا يعطينا "حد روش". كل حلقات العمالقة الغازية التي تمَّ توثيقها تقع داخل "حد روش". وهذا يشير -ولكن لا يثبت- إلى أن حلقات العمالقة الغازية نشأت بسبب قوى المد والجزر.

فيما وراء العمالقة الغازية، في الفضاء البعيد في نظامنا الشمسي: المُذنَّبات من "حزام كويبر" و"سحابة أورت" ربَما يكون لها أصولٌ مختلفة. في البدء، كانت الشمس كُرةً عملاقة من غاز الهيدروچين والرماد، ربما يبلغ قطرها عددًا قليلًا من السنوات الضوئية. وحيث بدأ الغاز في الانهيار بسبب الجاذبية، بدأت تدور بسرعة أكبر. عند هذه النقطة، انهار بعض الغاز متحوِّلًا إلى قرص دوَّارٍ تَكثَّف

أخيرًا إلى النظام الشمسي. وحيث إن هذا القرص الدَّوَّار احتوى على مياه؛ أوجد هذا حلقةً من المُذنَّبات في الأطراف البعيدة من النظام الشمسي. وهذا أصبح "حزام كويبر". ولكن بعض الغاز والغبار لم يتكثَّف في هذا القرص الدَّوَّار. وبعضها تكثَّف إلى كُتَلٍ من الجليد الثابت، مُتتبِّعًا تقريبًا الحدودَ الأصلية للنجوم الأولية الأصلية. وهذا أصبح "سحابة أورت".

الفصل السابع: روبوتات في الفَضاءِ

"الفاجو لا يستطيع حتى أن يلعب الشطرنج": Discover Magazine, April 2017discovermagazine.com/ 2017/ april-2017/ cultivating-common-sense/ ;.

في 2017، نشأ جدال بين اثنين من المليارديرات: كثيرون يخشون من أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحدث ثورة في سوق الوظائف، طارِدًا ملايين من الناس من العمل. وهذا ممكن جدًّا أن يحدث، ولكن هناك اتجاهات أخرى يمكن أن تعكس هذا التأثير. وظائف جديدة سوف تنشأ -في تصميم وإصلاح وصيانة وخدمة الروبوتات- حيث يتنامى حجم الصناعة، ربما لينافس صناعة السيارات.

وفوق ذلك، هناك فئات كثيرة من الوظائف لا يمكن أن تحلَّ محلَّها الروبوتات على مدى عقود قادمة. على سبيل المثال، العُمَّال شِبهُ المَهَرَةِ غير النمطيِّين -مثل عمَّال النظافة، والشرطة، وعُمَّال البناء، والسَّبَّاكين، والبستانيين، والمقاولين، إلخ...- لا يمكن أن تحلَّ الروبوتات مَحلَّهم. والروبوتات، على سبيل المثال، أكثر بدائية من أن تلتقط القمامة. وعلى وجه العموم، الوظائف التي سيصعب مَيْكَنَتُها بالروبوتات تتضمَّن وظائِفَ تنطوي على (أ) المنطق السليم، و(ب) تمييز الأنماط، و(ج) التفاعُل الإنساني. على سبيل المثال، في شركة محاماة، يمكن استبدال مساعدي المحامين، ولكنَّ المحامين يظلُّون مطلوبين لكي يترافعوا في القضايا أمام مُحلَّفٍ أو قاضٍ بشريٍّ. الوُسَطاءُ -بصفة خاصَّةٍ- قد يجدون أنفسهم بلا عمل؛ ولذلك سيكون عليهم أن يضيفوا قيمةً إلى خدماتهم (أعني رأس المال الفكري). وهذا يعني إضافة التحليل والخبرة والبداهة والابتكار، التي تفتقر إليها الروبوتات.

"أننا نخلق خُلفاءَنا بأنفسنا": Samuel Butler, Darwin Among the Machines; www.historyofinformation.com/expanded.php?id=3849.

"أتصوَّر يومًا سنكون فيه بالنسبة للروبوتات مثلما الكلاب بالنسبة للإنسان": لمزيد من المقتطفات من "كلود شانون"، انظر www.quotes-inspirational.com/ quote/

"من السخف أن نتحدث عن مثل هذه الأشياء مبكِّرًا هكذا": Raffi Khatchadourian, "The Doomsday Invention," New Yorker, November 23, 2015; www.newyorker.com/ magazine/ 2015/ 11/ 23/ doomsday-invention-artificial-intelligence-nick-bostrom.

عند التعامُل مع الجدال القائم بين "زوكربرج" و"ماسك": الجدال حول أخطار ومزايا الذكاء الاصطناعي لا بُدَّ من وضعه في الاعتبار. كل اكتشاف يمكن أن يُستَخدَمَ من أجل الخير أو الشر. في بداية اختراع القوس والسهم، استُخْدِمَا فقط لصيد طرائد صغيرة، مثل السناجب والأرانب. ولكنها أخيرًا، تطوَّرَت إلى سلاح مهم جدًّا يمكن أن يُستَخدَم لصيد حيوانات أخرى. وعلى نحو مُشابِهٍ، عندما اخترعت الطائرات في البداية، كانت تُستَخدَمُ في الترفيه وتوصيل البريد. ولكنها أخيرًا تَطوَّرَت إلى أسلحة تستطيع أن تلقي القنابل. وعلى النحو ذاته، الذكاء الاصطناعي يمكن أن يكون اختراعًا مفيدًا لعقود كثيرة قادمة، حيث يمكن أن يخلق وظائف وصناعات جديدة ورخاء. ولكن في النهاية، يمكن أن تفرض هذه الآلات مخاطرة وجودية لو أنها أصبحت ذكية جدًّا. أنا شخصيًّا أعتقد أن نقطة التحوُّل ستأتي عندما تصبح واعيةً لذاتها. حاليًا، الروبوتات لا تعرف أنها روبوتات، ولكن ذلك يمكن أن يتغيَّر بسرعة في المستقبل. ومع ذلك، فإن هذا التحوُّل، من وجهة نظري، يحتمل ألَّا يحدث قبل قرب نهاية هذا القرن؛ ما يعطينا الوقت للاستعداد.

هو يعتقد أننا سنصل إلى "السينجولاريتي" بحلول عام 2045: يجب على المرء أن يحترس عند تحليل جانبٍ واحدٍ من "السينجولاريتي": حيث إن الأجيال المستقبلية من الروبوتات يمكن أن تكون أكثر ذكاء من الجيل السابق، فسوف يكون من الممكن أن يستطيع المرءُ بسرعةٍ بناءَ روبوتات فائقة الذكاء. سوف نستطيع بالطبع اختراع حواسب لديها قَدْرٌ متزايدٌ بسرعةٍ من الذاكرة، ولكن هل هذا يعني أنها "أذكى؟" الواقع أن لا أحد قَدَرَ حتى الآن على أن يُقدِّم حتى كمبيوتر واحدًا يستطيع أن يخلق كمبيوتر من جيل ثانٍ أكثر ذكاء. لا يوجد في الواقع تعريفٌ دقيق لكلمة **ذكي**. وهذا لا يعني أنه من المستحيل أن يحدث ذلك، ولكنه يعني فقط أن العملية غير محددة. والواقع أنه من غير الواضح كيف يمكن إنجاز ذلك.

لكي نخلق آلاتٍ واعيةً لذاتها: الذي يميِّز الذكاء الإنساني هو، في رأيي، قدرتنا على محاكاة المستقبل. البشر باستمرار يخطِّطون ويضعون البرامج ويحلمون أحلام يقظة ويتأمَّلون ويتدبَّرون للمستقبل. نحن آلات مُتنبِّئَة. ولكن أحد مفاتيح محاكاة المستقبل هو فهم قوانين المنطق السليم، التي يوجد منها بلايين. هذه القوانين بدورها تعتمد على فهم أُسُسِ عِلمِ البيولوچي والفيزياء والكيمياء في العالم المحيط بنا. وكلما كان فهمنا لتلك القوانين دقيقًا؛ ستكون محاكاتنا للمستقبل دقيقةً. في الوقت الحالي، مُشكِلَة المنطق السليم واحِدةٌ من العقبات الرئيسية في الذكاء الاصطناعي. محاولات ضخمة لتشفير كل قوانين المنطق السليم فشلت جميعًا. بل إن طفلًا لديه من المنطق السليم أكثر من أكثر حواسبنا تقدُّمًا. بتعبيرٍ آخر إذًا، الروبوت الذي يحاول أن يستولي من الإنسان على العالم سوف يفشل فشلًا بائِسًا لأنه لا يفهم أبسط الأشياء عن عالمنا. وليس من الكافي لروبوت أن يحاول التَّسيُّدَ على الإنسان؛ فالمرء لا بُدَّ أن يتمكن من أبسط قوانين المنطق السليم من أجل أن ينفِّذ خُطَّةً. وعلى سبيل المثال، تكليف روبوت بمهمة بسيطة لسرقة بنك سوف تُسْفِرُ في النهاية عن الفشل؛ لأن الروبوت لا يستطيع أن يخطِّط بمرونة لكل السيناريوهات المستقبلية الممكنة.

في مرحلة لاحقة من المشروع: R. L. Forward, "Roundtrip Interstellar Using Laser-Pushed Lightsails," Journal of Spacecraft 21, no. 2 (1984): 187–95. Travel

السفن النانويَّة المدفوعة بالليزر: انظر G. Vulpetti, L. Johnson, and L. Matloff, Solar Sails: A Novel Approach to Interplanetary Flight (New York: Springer, 2008).

"يومًا ما، سوف تظهر سرعاتٌ أكبر من تلك التي نعرفها": Jules Verne, From the Earth to the Moon. Quoted at www.space.com/ 5581-nasa-deploy-solar-sail summer.html.

الفكرة طُوِّرَت من قِبَل عالم الفيزياء النووية "تيد تيلور": G. Dyson, Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship (New York: Henry Holt, 2002).

هناك طرق عديدة يمكن من خلالها إطلاق قوة الاندماج سلميًّا: S. Lee and S. H. Saw, "Nuclear Fusion Energy—Mankind's Giant Step Forward," Journal of Fusion Energy 29, 2, 2010.

صاروخ الاندماج النووي يبدو جيِّدًا نظريًّا: السبب الجوهري في أن الاندماج المغناطيسي لم يتحقَّق على الأرض حتى الآن هو مشكلة الثَّبات. في الطبيعة، يمكن أن تنضغط كُراتٌ عملاقة من الغاز حتى تشتعل النجوم؛ لأن الجاذبية تضغط الغاز بشكل موحَّد. ولكن المغناطيسية تنطوي على قطبين: الشمال والجنوب؛ ولذلك، من المستحيل ضغط الغاز بشكل موحَّدٍ باستخدام المغناطيسية. عندما تضغط غازًا مغناطيسيًّا في منطقة، ينتفخ باتجاه الطرف الآخر. (فكِّر في محاولة ضغط بالون. لو أنك ضَغطتَ البالون في مكان؛ يتمدَّد في اتجاه آخر). إحدى الأفكار هي خلق مجال مغناطيسي على شكل كعكة مستديرة وضغط الغاز

داخل الكعكة. ولكن علماء الفيزياء فشلوا في ضغط غاز حارٍّ لأكثر من عشر ثوانٍ، وهي فترة أقصر بكثير من أن تخلق تفاعُلًا اندماجيًّا ذاتيَّ الاستدامة.

سوف تستفيد من أكبر مصدر للطاقة في الكون: على الرغم من أن صواريخ المادة المضادة تحوِّل المادة إلى طاقة بكفاءة تبلغ 100%، فإن هناك بعض الفواقد الخفية أيضًا. على سبيل المثال، بعض طاقة اصطدام المادة/ المادة المضادة تكون في شكل نيوترونات لا يمكن حَصدُها لخلق طاقة قابلة للاستخدام. أجسامنا تستقبل بشكل مستمر إشعاعات من النيوترونات الآتية من الشمس، ولكننا لا نشعر بشيء. حتى عندما تغرب الشمس، تتعرَّض أجسامنا لإشعاعات من النيوترونات التي نَفَذَت إلى كوكب الأرض. والواقع أننا لو استطعنا بطريقة ما أن نصوِّب شعاعًا من النيوترونات خلال رصاص صلب؛ فربَّما يخترق الشعاع سَنَةً ضوئيَّةً من الرصاص قبل إيقافه في النهاية. إذًا فالطاقة النيوترونية التي تخلق بواسطة اصطدامات المادة/ المادة المضادة تُفْقَد ولا يمكن استخدامها لتوليد الكهرباء.

صاروخ المحرِّك النَّفَّاث الاندماجي مفهومٌ مُغرٍ آخر: R. W. Bussard, "Galactic Matter and Interstellar Flight," Astronautics Acta 6 (1960): 179–94.

مصاعد الفضاء سوف تكون تطبيقًا للنانوتكنولوچي يغيِّر قواعد اللعبة: D. B. Smitherman Jr., "Space Elevators: An Advanced Earth-Space Infrastructure for the New Millennium," NASA pub. CP 2000-210429.

ربما بعد مائتي عام من توقُّف الجميع عن الضحك: NASA Science, "Audacious and Outrageous: Space Elevators"; https://science.nasa.gov/sciencenews/ science-at-nasa/ 2000/ ast07sep_1.

ذات يوم، قرأ صبيٌّ كتابًا للأطفال وغيَّر تاريخ العالم: نظرية "أينشتين" في النسبية الخاصة مَبنيَّة على الجملة البسيطة: "سرعة الضوء ثابتة في أي إطار للقصور الذاتي (أي في أي إطار تحرُّكٍ مُوحَّد)". وهذا يخرق قوانين "نيوتن" التي لا تقول شيئًا عن سرعة الضوء. ولكي نستوفي هذا القانون؛ لا بُدَّ من تغييرات شاسِعَةٍ في فَهْمِنا لقوانين "نيوتن". ومن هذه العبارة البسيطة، يمكننا أن نبين أن:

- . كلما تحرَّكتَ أسرع في سفينة صاروخية، قلَّت سرعة مرور الزمن داخل الصاروخ.

- . المكان يُضغَطُ داخل هذا الصاروخ كلَّما تحرَّكتَ أسرع.
- . كلما تحرَّكتَ أسرعَ زاد ثِقَلُكَ.

نتيجة لذلك؛ هذا يعني أنه عند سرعة الضوء، سوف يتوقَّف الزمن، وأنك سوف تصبح مُسطَّحًا إلى ما لا نهاية، وثقيلًا إلى ما لا نهاية، وهو شيء مستحيل. ومن ثم فإنك لا تستطيع أن تكسر حاجز الضوء. (ولكن في الانفجار الكبير، الكون تمدَّد بسرعة لدرجة أن التمدُّدَ تجاوَزَ سرعة الضوء. وهذه ليست مشكلة، حيث إن الفضاء الفارغ هو الذي تمدَّد أسرع من الضوء. ولكن الأشياء المادية ممنوعة من التحرُّك أسرع من الضوء).

الطريقة الوحيدة المعروفة للتحرُّك أسرع من الضوء هي اتباع نظرية "أينشتين" في النسبية العامَّة، حيث يصبح الزَّمكانُ نسيجًا يمكن مَطُّه وثَنْيُه، وحتى تمزيقُه. الطريقة الأولى من خلال "فضاءات متَّصِلَة مضاعفة" (ثقوب دودية)، يتمُّ فيها ضَمُّ كَوْنَيْن معًا مثل توأمين سياميَّيْن. لو أخذنا قطعتين متوازيتين من الورق وثقبنا فجوة تصل بينهما، هذا يعطينا ثُقبًا دوديًّا. أو يمكنك بطريقة ما أن تضغط المكان أمامك لكي تستطيع أن تقفز فوق المكان المضغوط وتسافر أسرع من الضوء.

على الرغم من أن علماء الفيزياء لم يضعوا أيديهم على دليل على وجود المادة السالبة: "ستيفن هوكنج" أثبت نظريَّةً قوية، تقرِّر أن الطاقة السالبة أساسيةٌ في أي حلٍّ لمعادلات "أينشتين" التي تسمح بالسفر عبر الزمن أو السفن النجمية للثقوب الدودية.

الطاقة السالبة غير مُمكِنَة في ظِلِّ الآلات النيوتنية العادية. ولكن الطاقة السالبة تسمح بها نظرية الكم من خلال "تأثير كازيمير". لقد قيست في المعمل ووُجِدَ أنها ضئيلة بشكل كبير جدًّا. لو كان لدينا لوحان معدنيان كبيران متوازيان، فإن "طاقة أزيمير تكون متناسِبَةً عكسيًّا مع المسافة الفاصلة بين اللوحين مضروبة في نفسها مرتين. بتعبير آخر: الطاقة السالبة تزيد بسرعة كلَّما تَمَّ تقريب اللوحين لبعضهما.

المشكلة أن هذين اللوحين لا بُدَّ من تقريبهما لبعضهما لمسافات دون ذرية، وهو أمر غير ممكن بتكنولوجيا اليوم. وعلينا أن نفترض أن حضارة متقدِّمة جدًّا

تمكَّنَت بشكل ما من القدرة على تسخير كميات ضخمة من الطاقة السالبة لكي تجعل السفر عبر الزمن والسفن النجمية للثقوب الدودية مُمكِنَة.

أجريتُ مقابلة مع عالم الفيزياء النظرية المكسيكي "ميجويل ألكوبيير": انظر M. Alcubierre, "The Warp Drive: Hyperfast Travel Within General Relativity," Classical and Quantum Gravity 11, no. 5 (1994): L73–L77.

عندما أجريت مقابلة مع "ألكوبيير" لصالح قناة "ديسكفري"، كان واثِقًا من أن حَلَّه لمعادلات "أينشتين" كان مُساهَمَةً مُهمَّةً، ولكنه كان حَذِرًا من الصعوبات التي تواجهها لو أن المرء حاول بالفعل أن يبني سفينةً نجميَّةً أسرع من الضوء. أوَّلًا، أن الزمكان داخل الفقَّاعة الأسرع من الضوء كان منفصلًا عن خارجها. ثانيًا، وهو الأهم، أنه تطلَّبَ كمِّيَّةً ضخمة من المادة السالبة (لم توجد على الإطلاق) وطاقة سالبة (توجد فقط بكميات ضئيلة جدًّا). وهكذا خَلُصَ إلى أن العقبات الرئيسية لا بُدَّ من حَلِّها قبل أن يمكن بناء سفينة نجمية أسرع من الضوء.

الفصل التاسع: "كِبلر" وكَونٌ من الكَواكِب

"برونو"، سَلَف "جاليليو": William Boulting, Giordano Bruno: His Life, Thought, and Martyrdom (Victoria, Australia: Leopold Classic Library, 2014).

نحن نؤكِّد أن هذا الفضاء لا نهائي: Ibid.

اكتشاف كبير أتى مع إطلاق سفينة الفضاء "كِبلر" في 2009: للمزيد حول سفينة الفضاء "كِبلر"، انظر موقع "ناسا" الإلكتروني: http://www.kepler.arc.nasa.gov.

سفينة الفضاء "كبلر" ركَّزَت على نقطة صغيرة واحدة في مجرَّة درب اللبانة. ومع ذلك، وجدت دليلًا على أربعة آلاف من الكواكب تدور حول نجوم. ولكن من تلك النقطة الصغيرة، نستطيع أن نستقرئ المجرة بكاملها؛ وبالتالي نصل إلى تحليل تقريبي للكواكب في درب اللبانة. مهام لاحقة بعد مَهمَّة "كبلر" سوف

تركّز على مناطق مختلفة من مجرّة درب اللبانة؛ على أمل العثور على أنواع مختلفة من الكواكب خارج النظام الشمسي، وكواكب أكثر شبهًا بالأرض.

"توجد كواكب ليس لها نظير في نظامنا الشمسي": Interview with Professor Sara Seager, Science Fantastic radio, June 2017.

"هذا يغيِّر قواعد اللعبة في علم الكواكب الخارجية": Christopher Crockett, "Year In Review: A Planet Lurks Around the Star Next Door," Science News, December 14, 2016.

"إنه اكتشافٌ هائل بكلِّ تأكيد": مقابلة مع البروفيسور سارا سيجر، Science Fantastic radio, June 2017.

"هذا نظام كوكبيٌّ مُدهِشٌ": انظر www.pressreader.com/uk/the-herald20170223/281556585596579/

الفصل العاشر: الخُلودُ

هناك اقتراح آخر لاستعمار المجرَّة يتمثَّل في إرسال بويضات مخصَّبة: A. Crow, J. Hunt. and A. Hein, "Embryo Space Colonization to Overcome the Interstellar Time Distance Bottleneck," Journal of the British Interplanetary Society 65 (2012): 283–85.

"كل علامة، بما فيها العلامات الچينية، تقول إن هناك علاقة سببية ما": Linda Marsa, "What It Takes to Reach 100," Discover Magazine, October 2016.

الكشف يجري ببطء عن عملية الشيخوخة: يُقال أحيانا إن الخلود يخرق قانون الميكانيكا الحرارية، الذي يشير إلى أن كل شيء -بما في ذلك الكائنات الحية- سوف تتلف وتفسد وتموت في النهاية. ولكن هناك ثغرة في القانون الثاني، وهو الذي يقرِّر أن (في نظامٍ مغلقٍ) سوف تزداد الفوضى حتمًا. والكلمة الرئيسية هي

مُغلَق. لو كان لدينا نظام مفتوح (حيث يمكن إضافة طاقة من الخارج)؛ يمكن عندئذ عكس الفوضى. تلك هي الطريقة التي تعمل بها الثلاجة. حيث يدفع المحرِّك الموجود أسفل الثلاجة الغازَ خلال أنبوب، يسمح للغاز بأن يتمدَّد، مُتسبِّبًا تبريد الثلاجة. عندما يتم تطبيق ذلك على الكائنات الحية، فهو يعني أن الفوضى يمكن عَكْسُها طالما يتم إضافة طاقة من الخارج (التي هي ضوء الشمس).

إذًا، وجودنا ممكن لأن ضوء الشمس يمكن أن يمد النباتات بالطاقة، ونحن نستطيع أن نستهلك تلك النباتات واستخدام تلك الطاقة في علاج التَّلَف الذي تُسبِّبه الفوضى. إذًا، نحن نستطيع أن نعكس الفوضى محلِّيًا. عند مناقشة خلود الإنسان، نستطيع أن نغفل القانون الثاني بإضافة طاقة جديدة محلِّيًا من الخارج (في شكل تغيير النظام الغذائي، أو ممارسة التمرينات، أو علاج الچينات، أو تناول أنواع جديدة من الإنزيمات، إلخ).

"لا أظن أن الوقت قد حان ولكنه قريب": مقتطف من "ميتشيو كاكو"، The Physics of the Future (New York: Anchor Books, 2012), p. 118.

ماذا يحدث لو حلَّلنا مشكلة الشيخوخة؟: النقطة الرئيسية هنا هي أن كل التنبُّؤات المتشائمة بانخفاض عدد السكان التي تعود إلى ستينيات القرن العشرين فشلت في التحقُّق. والواقع أن معدَّل تَزايُدِ سُكَّان العالم يتباطأ بالفعل. ولكن النقطة هي أن العدد المطلق لسكان العالم لا يزال يتزايد. خاصة في أفريقيا جنوب الصحراء، وعليه فإن من الصعب عمليًّا تقدير عدد سكان العالم في 2050 و2100. ولكن بعض علماء السكان يدَّعون أنه لو استمرَّ هذا الاتجاه؛ فإن عدد السكان سيرتفع بشدَّة، ثم يصبح ثابتًا. ولو حدث ذلك، فإن سكان العالم سوف يصلون إلى عدد مستقر بشكل ما، وبالتالي يتجنَّب كارثة سكانية. ولكن هذا لا يزال تخمينًا.

"أنا مُغرَمٌ بجسدي كأيِّ شخص": انظر https://quotefancy.com/ quote/ 1583084Danny-Hillis-I- m-as-fond-of-my- body-as-anyone- but-if-I-can- / .be-200-with-a- -body-of-silicon

الفصل الحادي عشر: ما فوق الإنسانيَّة والتكنولوچيا

"إنهـا تغـيِّر الصـورة العامـة تمامًـا": Andrew Pollack, "A Powerful New Way to Edit DNA," New York Times, March 3, 2014; www.nytimes.com/.health/a-powerful- new-way-to-edit -dna.html/04/03/2014

"لا أحـد في الحقيقـة لديـه الشـجاعة ليقولهـا": انظـر Michio Kaku, Visions (New York: Anchor Books, 1998), p. 220 and Michio Kaku, The Physics .of the Future, p. 118

"توقُّعـي هـو أن بحلـول عـام 2100": Kaku, The Physics of the Future, p. ..118

"فرنسـيس فوكويامـا" Francis Fukuyama مـن جامعـة سـتانفورد يحـذِّر: F. Fukuyama, "The World's Most Dangerous Ideas: Transhumanism," Foreign .Policy 144 (2004): 42–43

الفصل الثاني عشر: البَحثُ عن حياةٍ خارجَ الأَرضِ

"علينـا فقـط أن ننظـر لأنفسـنا": "أرثـر كلارك" قـال: "إمَّـا أن هنـاك حيـاة ذكيـة أو لا". "كل مـن الفكرتـين مرعبـة".

"لـو كنـت تعيـش في غابـة": Rebecca Boyle, "Why These Scientists Fear Contact with Space Aliens," NBC News, February 8, 2017; www.nbcnews. --com/ storyline/the-big

.questions/ why-these-scientists- fear-contact-space- aliens-n717271

هذا يسمَّى (البحث عن ذكاء خارج الأرض): في الوقت الحالي، لا يوجد إجماع مقبول على مستوى العالم مهتمٌّ بمشروع البحث عن حياة خارج الأرض. البعض يعتقد أن المجرة قد تكون زاخِرَةً بالحياة الذكية. وآخرون يعتقدون أننا ربما نكون وحدنا في الكون، ومع تحليل نقطة قياس واحدة (كوكبنا)، يوجد عدد قليل جدًّا من القواعد الإرشادية الدقيقة لتوجيه تحليلنا، بخلاف معادلة "دريك".

للاطلاع على رأي آخر، انظر: N. Bostrom, "Where Are They: Why I Hope the Search for Extraterrestrial Intelligence Finds Nothing," MIT Technology Review Magazine, May/June 1998, 72–77.

لكن كل ذلك لا يزال يطرح سؤالًا عنيدًا مثابِرًا: E. Jones, "Where Is Everybody? An Account of Fermi's Question," Los Alamos Technical Report LA 10311-MS, 1985. See also S. Webb, If the Universe Is Teeming with Aliens...Where Is Everybody? (New York: Copernicus Books, 2002).

"بعض هذه العوالم ما قبل الطوباوية": Stapledon, Star Maker (New York: Dover, 2008), p. 118.

احتمال آخر أنهم يريدون أن يسرقوا الحرارة: هناك احتمالات أخرى كثيرة لا يمكن إغفالها بسهولة. أحدها أننا ربما نكون وحدنا في الكون. والحجة هنا هي أننا نكتشف المزيد والمزيد من المناطق المعتدلة؛ ما يعني أنه يصبح من الصعب بدرجة متزايدة أن نجد كواكب يمكن أن تتواءم مع كل هذه المناطق المعتدلة الجديدة. على سبيل المثال، توجد منطقة معتدلة لمجرة درب اللبانة. ولو أن هناك كوكبًا شديد القرب من مركز المجرَّة، يوجد إشعاع كثير جدًّا لا يسمح بالحياة. ولو كان الكوكب شديد البعد عن المركز؛ لن يكون هناك ما يكفي من العناصر الثقيلة لتكوين جزيئات حياة. والحجَّة أنه ربما يكون هناك كثير جدًّا من المناطق المعتدلة، الكثير منها حتى لم يُكتَشَفْ بعد، حيث يحتمل أن يكون هناك كوكب واحد فقط في الكون عليه حياة ذكية. بالنسبة للكثير جدًّا من هذه المناطق، الاحتمال الجماعي لحياة ذكية صفر تقريبًا.

أيضًا، يُقال أحيانًا إن الحياة خارج الأرض قد تكون قائمة على قوانين كيمياء وفيزياء مختلفة كثيرًا جدًّا عمَّا نوجِدُه في المعمل. إذًا، فَهْمُنا للطبيعة ببساطة

ضيق جدًّا وأكثر تبسيطًا من أن يُفسِّرَ الحياة في الفضاء الخارجي. قد يكون هذا حقيقيًّا. ومن المؤكَّد أنه من الحقيقي أن مفاجآت جديدة تمامًا سوف تتكشَّف بمجرَّد أن نستكشف الكون. ولكن، إنه ليس أكثر من مجرَّد جدالٍ أن نُقرِّر ببساطَةٍ أنه قد توجَدُ كيمياء وفيزياء مختلفتان في الفضاء الخارجي. إن العِلمَ قائِمٌ على نظرياتٍ قابِلَةٍ للاختبار وللتكرار وللدَّحضِ؛ ولذلك فإن افتراض وجود قوانين غير معروفة للكيمياء والفيزياء غير مفيد.

الفصل الثالث عشر: حضاراتٌ مُتقدِّمَةٌ

العناوين الرئيسية في صحف التابلويد جَلجَلَت: انظر David Freeman, "Are Space Aliens Behind the Most Mysterious Star in the Universe'?" Huffington Post, August 25, 2016; www.huffingtonpost.com/ entry/ are-space-aliens- behind-the-most-mysterious- - star-in-the- universe_us_57bb55 37e4b00 d9c3a19 42f1

انظر أيضًا Sarah Kaplan, "The Weirdest Star in the Sky Is Acting Up Again," Washington Post, May 24, 2017; www.washingtonpost.com/ news/ speaking-of-science/ wp/ 2017/ 05/ 24/ the weirdests-star-in-the-sky-is- - .acting-up-again/ ?utm_term=.5301cac2152a

"لم يسبق لنا أن رأينا أي شيء يشبه هذا النجم": Ross Anderson, "The Most Mysterious Star in Our Galaxy," The Atlantic, October 13, 2015; www.theatlantic.com/science/ archive/ 2015/ 10/ the-most-interesting-star-in-our-galaxy/ 41023.

هذا التصنيف للحضارات المتقدِّمة استحدثه: N. Kardashev, "Transmission of Information by Extraterrestrial Civilizations," Soviet Astronomy 8, 1964: 217.

"الافتراض الأساسي أن أي حضارة متقدِّمة بشدَّة": Chris Impey, Beyond: Our Future in Space (New York: W. W. Norton, 2016), pp. 255–56.

"**المنطق يقول إنه من المعقول أن نبحث عن علامات إلهية**": David Grinspoon, Lonely Planets (New York: HarperCollins, 2003), p. 333.

مصادم الهدرونات الكبير صنع الكثير من عناوين الصحف: يُقال أحيانا إن إنشاء مسرِّع عملاق، مثل مصادم الهدرونات الكبير وما بعده، سوف يخلق ثقبًا أسود قد يدمِّر الكوكب تمامًا. وهذا مستحيل لأسباب عدَّة:

أوَّلًا، مصادم الهدرونات الكبير لا يستطيع توليد طاقة تكفي لخلق ثقب أسود، أي طاقة تتطلَّب طاقات تقارن بطاقات نجم عملاق. طاقة مصادم الهدرونات الكبير هي طاقة جزيئات دون ذرية، أصغر كثيرًا من أن تفتح ثقبًا في الزَّمكان. ثانيًا، أن الطبيعة الأم تقصف الأرض بجزيئات دون ذرِّيَّةٍ أقوى من تلك التي يُخَلِّقها مصادم الهدرونات الكبير، ولا تزال الأرض باقية. معنى ذلك أن جسيمات دون ذرية ذات طاقات أكبر من مصادم الهدرونات الكبير غير مضرة. وأخيرًا، نظرية الأوتار تتنبَّأ بأنه قد يكون هناك ثقوب سوداء صغيرة قد تكتشفها مُسرِّعاتُنا يومًا ما، ولكن هذه الثقوب السوداء الصغيرة هي جسيمات دون ذرية، وليست نجومًا، ومن ثم لا تفرض أي خطر على الإطلاق.

حاليًا النظرية الوحيدة القادرة على القيام بذلك: لو حاولنا بسذاجة أن نجمع بين نظرية الكَمِّ والنسبية العامة، سوف نجد تناقُضًا رياضيًّا حيَّر علماء الفيزياء لمدة قرن تقريبًا. وعلى سبيل المثال، لو حسبنا انتشار "جراڤيتونَيْن" Two Gravitons (جزيئات الجاذبية)، سنجد أن الإجابة الناتجة لا نهائية، وهو ما لا معنى له. ولذلك فإن المشكلة الجوهرية التي تواجه علماء الفيزياء هي أن يوحِّدوا الجاذبية مع نظرية الكم بطريقة تعطي إجابات نهائية.

في الوقت الحالي، الطريقة الوحيدة المعروفة لإزالة هذه اللانهائية المزعجة هي استخدام نظرية الأوتار الفائقة. هذه النظرية تنطوي على مجموعة من اللانهائيات التي فيها تلغي كل لا نهائية لا نهائيَّةً أخرى؛ وذلك لأن في نظرية الأوتار، كلُّ جسيم له شريك يسمَّى "سبارتِكِل" Sparticle. واللانهائيات التي تأتي من الجسيمات العادية تلغي تحديدًا اللانهائيات التي تأتي من السبارتكلات. وبالتالي تكون النظرية بالكامل نهائية. نظرية الأوتار هي النظرية الوحيدة في الفيزياء

التي تختار بعديَّاتها الخاصة بها. وهذا لأن النظرية متناظرة في ظلِّ تناظُرٍ فائق. على وجه العموم، كل الجسيمات في الكون تأتي في شَكلَيْن: "بوزونات" Bosons (ولها دورات كاملة) و"فرميونات" Fermions (لها دورات نصف كاملة). وحيث يزيد عدد أبعاد الزمكان، يزيد أيضًا عدد البوزونات والفرميونات. وعمومًا، عدد الفرميونات يزيد بسرعة أكبر بكثير من عدد البوزونات. ولكن المنحنَيَيْن يتقاطعان عند عشرة أبعاد (للأوتار) وأحد عشر بُعدًا (للأغشية، مثل الكرات والفقاعات). إذًا، نظرية التناظُر الفائق المتَّسق توجد في عشرة أبعاد أو أحد عشر بُعدًا.

لو ثبَّتنا أبعاد الزمكان عند عشرة، يكون لدينا نظرية أوتار مُتَّسِقَة. ولكن، يوجد خمسة أنواع مختلفة من نظرية الأوتار في عشرة أبعاد. بالنسبة لعالم فيزياء، يبحث عن النظرية النهائية للمكان والزمان، من الصعب أن يعتقد أنه يجب أن يوجد خمسة أنواع من نظريات الأوتار ذاتية الاتساق. في النهاية، نحن نريد واحدة فقط. (أحد الأسئلة المرشدة التي طرحها "أينشتين" كان: هل كان لدى الإله خيار عند خلق الكون؟ أي، هل الكون فريد؟)

في وقت لاحق، بيَّن "إدوارد ويتين" Edward Witten أن نظريات الأوتار الخمس تلك يمكن توحيدها في نظرية واحدة، نظرية فريدة لو نحن أضفنا إليها بُعدًا إضافيًّا، لنجعلها ذات أحد عشر بعدًا. هذه النظرية سُمِّيَت "نظرية إم" M-theory، وهي تحتوي على أغشية كما تحتوي على أوتار. ولو بدأنا بوتر ذي أحد عشر بعدًا، ثم أنقصنا واحدًا من هذه الأبعاد الأحد عشر (بتسطيحه أو تشريحه)؛ سوف نجد أن هناك خمس طرق يمكن بها أن ينقص الغشاء إلى وتر، مُعطيًا إيَّانا نظريات الأوتار الخمس المعروفة. (على سبيل المثال، لو سطَّحنا كرة شاطئ، تاركين فقط الخَطَّ الذي يقسمها إلى نصفين؛ نكون قد أنقصنا غشاءً ذا أحد عشر بُعدًا إلى وتر ذي عشرة أبعاد). من المؤسف أن النظرية الأساسية وراء "نظرية إم" غير معروفة مطلقًا، حتى اليوم). وكل ما نعرفه هو أن "نظرية إم" تنقص إلى كل من نظريات الأوتار الخمس المختلفة لو أننا أنقصنا الأوتار الأحد عشر إلى عشرة، وأن "نظرية إم"، عند حَدِّ الطاقة المنخفضة، تنقص إلى نظرية جاذبية فائقة ذات أحد عشر بُعدًا.

لو أنك قتلتَ جدَّكَ قبل مولدك: السفر عبر الزمن يطرح مشكلة أخرى. لو أن فوتون (جسيم من الضوء) دخل إلى الثقب الدودي وعاد في الزمن إلى الوراء عدة سنوات، فهو إذًا يستطيع بعد سنوات أن يصل إلى الحاضر ويعود للدخول إلى الثقب الدودي مرة أخرى. الواقع أنه يستطيع أن يعاود الدخول إلى الثقب الدودي لعدد لا نهائي من المرات، ومن ثم، آلة الزمن سوف تنفجر. وهذا أحد اعتراضات "ستيڤن هوكنج" على آلة الزمن. ولكن، هناك طريقة للتغلُّب على هذه المشكلة. في نظرية العَوالِمِ المتعددة في ميكانيكا الكم، الكون ينقسم باستمرار من منتصفه إلى أكوان متوازية. ولذلك، لو كان الزمن ينقسم باستمرار؛ فهذا يعني أن الفوتون يرجع في الزمن مرَّةً واحدة. ولو دخل إلى الثقب الدودي؛ فهو ببساطة يدخل إلى عالم موازٍ مختلف، ومن ثم هو يَمرُّ عبر الثقب الدودي مرة واحدة. بهذه الطريقة، تُحلُّ مشكلة اللانهائيات. والواقع أننا لو تبنَّينا فكرة أن الكون ينقسم باستمرار إلى حقائق متوازية؛ فإن كل معضلات السفر عبر الزمن تُحَلُّ. ولو قتلت جدَّكَ قبل أن تولد؛ فأنت ببساطة قَتَلتَ جدًّا في كون موازٍ يشبه جَدَّكَ. وجَدُّكَ في كونِكَ لم يُقْتَلْ على الإطلاق.

الفصل الرابع عشر: مُغادَرَةُ الكَونِ

في العصر الخامس، حتى الثقوب السوداء: حتى الثقوب السوداء يجب أن تموت في النهاية. ووفقًا لمبدأ عدم التيقُّن، كل شيء غير مؤكَّد، حتى ثقب أسود. يُفتَرَض أن الثقب الأسود يمتص 100% من كل المادة التي تقع فيه، ولكن ذلك يخرق مبدأ عدم التيقُّن. من ثم، فإن هناك بالفعل إشعاعًا خافِتًا يهرب من الثقب الأسود يسمَّى "إشعاع هوكنج". وقد برهن "هوكنج" على أنه بالفعل إشعاع جسم أسود (يشبه الإشعاع المنبعث من قطعة منصهرة من المعدن) ولذلك لديه درجة حرارة مرتبطة به. وتستطيع أن تحسب أن ثقبًا أسود (هو في الواقع رمادي) سوف يبعث عبر دهور إشعاعًا يكفي لألَّا يبقى ثابِتًا. إذًا، الثقب الأسود يختفي في انفجار. إذًا، حتى الثقب الأسود يموت في النهاية.

لو افترضنا أن التجمُّدَ الكبير حَلَّ في زمنٍ مُستقبليٍّ ما؛ سيكون علينا أن نواجه حقيقة أن المادة الذرية كما نعرفها قد تتحلَّل بعد تريليونات وراء تريليونات

مـن السـنين مـن الآن. في الوقـت الحـالي، النمـوذج المعيـاري مـن الجسـيمات دون الذريـة يقـول إن البروتـون يجـب أن يكـون ثابتًـا. ولكـن لـو عمَّمنـا النمـوذج لـكي نحـاول توحيـد القـوى الذريـة المختلفـة، سـنجد أن البروتـون قـد يتحلَّـل في النهايـة إلى بوزيـترون ونيوتـرون. ولـو كان هـذا صحيحًـا؛ فإنـه يعنـي أن المـادة (كـما نعرفهـا) هـي في النهايـة غـير ثابتـة وسـوف تتحلَّـل إلى رذاذ مـن البوزيترونـات والنيوترونـات والإلكترونـات، إلـخ... وربمـا لا تسـتطيع الحيـاة أن توجـد في ظـل هـذه الظـروف القاسـية. ووفقًـا للقانـون الثـاني للديناميـكا الحراريـة، نسـتطيع أن نسـتخلص عمـلًا مفيـدًا فقـط لـو كان هنـاك فـرق في درجـة الحـرارة. ولكـن في التجمُّـد الكبـير، درجـة الحـرارة تهبـط إلى مـا يقـارب الصفـر المطلـق، إذًا لا يوجـد اختـلاف في درجـة الحـرارة يمكـن أن نسـتخلص منـه عمـلًا مفيـدًا. بتعبـير آخـر، كل شيء يـؤول إلى توقُّـفٍ، حتـى كل أشـكال الحيـاة الممكنـة.

مـا السـبب في هـذا التغـيُّر المفاجـئ في فَهْمِنـا: الطاقـة المُعتِمَـة أحـد أكـبر الألغـاز في الفيزيـاء كلهـا. ومعـادلات "أينشـتين" تحـوي مصطلحـين متلازمـين. الأول هـو "موتـر الانحنـاء المنكمـش" Contracted Curvature Tensor، الـذي يقيـس التشـوُّهات في الزمـكان بسـبب النجـوم والغبـار والكواكـب، إلـخ... والمصطلـح الثـاني هـو "حجـم الزمـكان" Volume of Space-time. وحتـى لـو كان الفـراغ مُتَّحِـدًا بطاقـة، كلـما زاد تمـدد الكـون؛ وُجِـد مزيـد مـن الفـراغ، وبالتـالي مزيـد مـن الطاقـة المعتمـة المتاحـة لخلـق مزيـد مـن التمـدُّد. بتعبـير آخـر، معـدل تمـدُّد الفـراغ متناسـب مـع كميـة الفـراغ الموجـودة. وهـذا، بحكـم التعريـف، خَلَـقَ تَمَـدُّدًا أُسِّـيًّا في الكـون، يُسـمَّى "تمـدُّد سـيتر" Sitter Expansion (نسـبة إلى عـالم الفيزيـاء الـذي عَرَّفَـه لأول مـرة).

قـد يكـون "تمـدُّد سـيتر" هـذا أدَّى إلى زيـادة التضخـم الأصـلي الـذي أطلـق الانفجـار الكبـير. ولكنـه أيضًـا يسـبب تمـدُّدَ الكـون أُسِّـيًّا مـرة أخـرى. ومـن المؤسـف أن علـماء الفيزيـاء في حـيرة بشـأن تفسـير أي مـن ذلـك بالمبـادئ الأولى. نظريـة الأوتـار تقـترب مـن شرح الطاقـة المعتمـة، ولكـن المشـكلة أنهـا لا تسـتطيع أن تتنبـأ بالكميـة المحـددة للطاقـة المعتمـة. نظريـة الأوتـار تقـول إنـه -اعتـمادًا عـلى كيفيـة تقليـص الفضـاء

الفوقي ذي العشرة أبعاد- يستطيع المرء أن يحصل على قِيَمٍ مختلفة للطاقة المُعتِمَة، ولكنها لا تتنبَّأ بالتحديد بمقدار المادة المعتمة الموجودة.

الإمكانية الأخيرة هي خلق ثقب دودي: بافتراض أن الثقوب الدودية مُمكِنَة، لا تزال هناك عقبة للتباحث حولها. يجب على المرء أن يكون واثقًا من أن المادة ثابتة على الجانب الآخر من الثقب الدودي. على سبيل المثال، السبب في أن كوننا ممكِنٌ هو أن البروتون ثابت، أو على الأقل ثابت لدرجة أن كوننا لم ينحطَّ إلى حالة أدنى خلال 13.8 بليون سنة من وجوده. ربما يكون للكون الآخر في الأكوان المتعدِّدة حالة أرضية يمكن فيها للبروتون، على سبيل المثال، أن يتحلَّل حتى إلى جسيم أقل كتلة، مثل البوزيترون. في هذه الحالة، كل العناصر الكيميائية المعروفة في الجدول الدوري سوف تتحلَّل، وهذا الكون سوف يتكوَّن من رذاذ من النيوترونات (and elections)، غير مناسبة للمادة الذرية الثابتة. وعليه، يجب على المرء أن يَحْذَر من الدخول إلى كون موازٍ تكون فيه المادة شبيهة بمادتنا وثابتة.

كل هذه التخمينات تبدو في البداية منافية للعقل: A. Guth, "Eternal Inflation and Its Implications," Journal of Physics A 40, no. 25 (2007): 6811.

كذلك، لو نظرنا في اتجاه واحد: نظرية التضخُّم تجيب على الكثير من الجوانب المُلغِزَة في الانفجار الكبير. أوَّلًا، كوننا يبدو مُسطَّحًا لدرجة كبيرة جدًّا، أكثر تَسطُّحًا ممَّا يُقْتَرَح عادة في النظرية المعيارية للانفجار الكبير. ويمكن تفسير ذلك بافتراض أن كوننا تعرَّض لتمدُّدٍ أسرع بكثير ممَّا اعتقدنا في السابق. قسم صغير من الكون الأصلي تضخَّم بشكل ضخم وتَسطَّح خلال هذه العملية. ثانيًا، النظرية تشرح السبب في أن الكون أكثر توحُّدًا ممَّا يجب أن يكون. بالنظر في كل الاتجاهات في الفضاء، نرى أن الكون مُوحَّدٌ تمامًا. (ولكن لأن سرعة الضوء هي السرعة القصوى)، لم يكن هناك وقت كافٍ للكون الأصلي لأن يمتزج بشكل كامل. ويمكن تفسير ذلك بافتراض أن قطعة صغيرة من الانفجار الكبير الأصلي كانت في

الواقع موحَّدة، ولكن هذه القطعة تضخَّمَت لكي تعطي الكون الموحَّد الموجود اليوم.

فوق هذين الإنجازين، نظرية الكون المتضخِّم تتَّفق حتى الآن مع كل البيانات الآتية من خلفية الموجات القصيرة الكونية. وهذا لا يعني أن النظرية صحيحة. فهناك مشكلة واضحة مع التضخُّم، ألَا وهي أن لا أحد يعرف سببه. النظرية تعمل بشكل مقبول بعد لحظة التضخُّم، ولكنها لا تقول شيئًا على الإطلاق عن السبب في التضخُّم الأصلي للكون.

مكتبة
t.me/soramnqraa

قراءاتٌ مُقتَرَحة

Arny, Thomas, and Stephen Schneider. Explorations: An Introduction to Astronomy. New York: McGraw-Hill, 2016.

Asimov, Isaac. Foundation. New York: Random House, 2004.

Barrat, James. Our Final Invention: Artificial Intelligence and the End of the Human Era. New York: Thomas Dunn Books, 2013.

Benford, James, and Gregory Benford. Starship Century: Toward the Grandest Horizon. Middletown, DE: Microwave Sciences, 2013.

Bostrom, Nick. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Oxford: Oxford University Press, 2014.

Brockman, John, ed. What to Think About Machines That Think. New York: Harper Perennial, 2015.

Clancy, Paul, Andre Brack, and Gerda Horneck. Looking for Life, Searching the Solar System. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

Comins, Neil, and William Kaufmann III. Discovering the Universe. New York: W. H. Freeman, 2008.

Davies, Paul. The Eerie Silence. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.

Freedman, Roger, Robert M. Geller, and William Kaufmann III. Universe. New York: W. H. Freeman, 2011.

Georges, Thomas M. Digital Soul: Intelligent Machines and Human Values. New York: Perseus Books, 2003.

Gilster, Paul. Centauri Dreams. New York: Springer Books, 2004.

Golub, Leon, and Jay Pasachoff. The Nearest Star. Cambridge: Harvard University Press, 2001.

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

Impey, Chris. Beyond: Our Future in Space. New York: W. W. Norton, 2016.

———. The Living Cosmos: Our Search for Life in the Universe. New York: Random House, 2007.

Kaku, Michio. The Future of the Mind. New York: Anchor Books, 2014.

———. The Physics of the Future. New York: Anchor Books, 2011.

———. Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century. New York: Anchor Books, 1999.

Kasting, James. How to Find a Habitable Planet. Princeton: Princeton University Press, 2010.

Lemonick, Michael D. Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin. New York: Walker and Co., 2012.

———. Other Worlds: The Search for Life in the Universe. New York: Simon and Schuster, 1998.

Lewis, John S. Asteroid Mining 101: Wealth for the New Space Economy. Mountain View, CA: Deep Space Industries, 2014.

Neufeld, Michael. Von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War. New York: Vintage Books, 2008.

O'Connell, Mark. To Be a Machine: Adventures Among Cyborgs, Utopians, Hackers, and the Futurists Solving the Modest Problem of Death. New York: Doubleday Books, 2016.

Odenwald, Sten. Interstellar Travel: An Astronomer's Guide. New York: The Astronomy Cafe, 2015.

Petranek, Stephen L. How We'll Live on Mars. New York: Simon and Schuster, 2015.

Sasselov, Dimitar. The Life of Super-Earths. New York: Basic Books, 2012.

Scharf, Caleb, The Copernicus Complex: Our Cosmic Significance in a Universe of Planets and Probabilities. New York: Scientific American/ Farrar, Straus and Giroux, 2015.

Seeds, Michael, and Dana Backman. Foundations of Astronomy. Boston: Books/Cole, 2013.

Shostak, Seth. Confessions of an Alien Hunter. New York: Kindle eBooks, 2009.

Stapledon, Olaf. Star Maker. Mineola, NY: Dover Publications, 2008.

Summers, Michael, and James Trefil. Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life Beyond Our Solar System. Washington, D.C.: Smithsonian Books, 2017.

Thorne, Kip. The Science of "Interstellar." New York: W. W. Norton, 2014.

Vance, Ashlee, and Fred Sanders. Elon Musk: Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future. New York: HarperCollins, 2015.

Wachhorst, Wyn. The Dream of Spaceflight. New York: Perseus Books, 2000.

Wohlforth, Charles, and Amanda R. Hendrix. Beyond Earth: Our Path to a New Home in the Planets. New York: Pantheon Books, 2017.

Woodward, James F. Making Starships and Stargates: The Science of Interstellar Transport and Absurdly Benign Wormholes. New York: Springer, 2012.

Zubrin, Robert. The Case for Mars. New York: Free Press, 2011.

مصادر الصور

1. Mapping Specialists, Ltd.
2. NASA
3. NASA
4. Adrian Mann
5. Adrian Mann
6. Mapping Specialists, Ltd.
7. Mark Rademaker
8. The Habitable Exoplanets Catalog, PHL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu)
9. NASA

شُكرٌ وعِرفان

أودُّ أن أشكر العُلماء والخبراء الآتين، الذين أعطوا وقتهم وخبرتهم بسخاءٍ لكي أُجري معهم مقابلاتٍ من أجل هذا الكتاب، ومن أجل برامجي في الراديو والتليفزيون الوطنيَّيْن. إنَّ معرفتهم وبصيرتهم المتحمِّسة للعلم ساعدت في جعل هذا الكتاب مُمْكِنًا.

أَودُّ أيضًا أن أشكر وكيلي: "ستيوارت كريشيڤسكي" Stuart Krichevsky، الذي ساعد -على مدى كل تلك السنين- في نجاح كتبي. أنا مدين له بِدَيْنٍ عظيم من الامتنان؛ من أجل جهده الذي لا يَكِلُّ. إنه دائمًا أوَّلُ شخصٍ ألجأ إليه طَلَبًا للمشورة السليمة.

أودُّ أيضًا أن أشكر "إدوارد كاستنمير" Edward Kastenmeier؛ مُحرِّري في "بنجوين رَنْدَم هاوس" Penguin Random House؛ من أجل توجيهاته وتعليقاته، التي ساعَدَت في جَعْلِ الكتاب مَحَطَّ الأنظار، وكالمعتاد، مشورته حَسَّنَت المخطوطَ كثيرًا. إن لمساته البارعة في تحرير الكتاب واضِحَةٌ طوالَ الوقت.

كما أَودُّ أن أشكر الرُّوَّادَ الآتين:

Peter Doherty, Nobel laureate, St. Jude Children's Research Hospital

Gerald Edelman, Nobel laureate, Scripps Research Institute

Murray Gell-Mann, Nobel laureate, Santa Fe Institute and Caltech

Walter Gilbert, Nobel laureate, Harvard University

David Gross, Nobel laureate, Kavli Institute for Theoretical Physics

Henry Kendall, Nobel laureate, MIT

Leon Lederman, Nobel laureate, Illinois Institute of Technology

Yoichiro Nambu, Nobel laureate, University of Chicago

Henry Pollack, Intergovernmental Panel on Climate Change, Nobel Peace Prize

Joseph Rotblat, Nobel laureate, St. Bartholomew's Hospital

Steven Weinberg, Nobel laureate, University of Texas at Austin

Frank Wilczek, Nobel laureate, MIT

Amir Aczel, author of Uranium Wars

Buzz Aldrin, astronaut, NASA, second man to walk on the moon

Geoff Andersen, U.S. Air Force Academy, author of The Telescope

David Archer, geophysical scientist, University of Chicago, author of The Long Thaw

Jay Barbree, coauthor of Moon Shot

John Barrow, physicist, Cambridge University, author of Impossibility

Marcia Bartusiak, author of Einstein's Unfinished Symphony

Jim Bell, astronomer, Cornell University

Gregory Benford, physicist, University of California, Irvine

James Benford, physicist, president of Microwave Sciences

Jeffrey Bennett, author of Beyond UFOs

Bob Berman, astronomer, author of Secrets of the Night Sky

Leslie Biesecker, senior investigator, medical genomics, National Institutes of Health

Piers Bizony, author of How to Build Your Own Spaceship

Michael Blaese, senior investigator, National Institutes of Health

Alex Boese, founder of Museum of Hoaxes

Nick Bostrom, transhumanist, Oxford University

Lt. Col. Robert Bowman, director, Institute for Space and Security Studies

Travis Bradford, author of Solar Revolution

Cynthia Breazeal, codirector, Center for Future Storytelling, MIT Media Laboratory

Lawrence Brody, senior investigator, medical genomics, National Institutes of Health

Rodney Brooks, former director, MIT Artificial Intelligence Laboratory

Lester Brown, founder and president of Earth Policy Institute

Michael Brown, astronomer, Caltech

James Canton, author of The Extreme Future

Arthur Caplan, founder of Division of Medical Ethics, NYU School of Medicine

Fritjof Capra, author of The Science of Leonardo

Sean Carroll, cosmologist, Caltech

Andrew Chaikin, author of A Man on the Moon

Leroy Chiao, astronaut, NASA

Eric Chivian, physician, International Physicians for the Prevention of Nuclear War

Deepak Chopra, author of Super Brain

George Church, professor of genetics, Harvard Medical School

Thomas Cochran, physicist, Natural Resources Defense Council

Christopher Cokinos, astronomer, author of The Fallen Sky

Francis Collins, director, National Institutes of Health

Vicki Colvin, chemist, Rice University

Neil Comins, physicist, University of Maine, author of The Hazards of Space Travel

Steve Cook, Marshall Space Flight Center, NASA spokesperson

Christine Cosgrove, coauthor of Normal at Any Cost

Steve Cousins, Willow Garage Personal Robots Program

Philip Coyle, former U.S. assistant secretary of defense

Daniel Crevier, computer scientist, CEO of Coreco Imaging

Ken Croswell, astronomer, author of Magnificent Universe

Steven Cummer, computer scientist, Duke University

Mark Cutkosky, mechanical engineer, Stanford University

Paul Davies, physicist, author of Superforce

Daniel Dennett, codirector, Center for Cognitive Studies, Tufts University

Michael Dertouzos, computer scientist, MIT

Jared Diamond, Pulitzer Prize winner, UCLA

Mariette DiChristina, editor in chief, Scientific American

Peter Dilworth, research scientist, MIT Artificial Intelligence Laboratory

John Donoghue, creator of BrainGate, Brown University

Ann Druyan, writer and producer, Cosmos Studios

Freeman Dyson, physicist, Institute for Advanced Study, Princeton

David Eagleman, neuroscientist, Stanford University

Paul Ehrlich, environmentalist, Stanford University

John Ellis, physicist, CERN

Daniel Fairbanks, geneticist, Utah Valley University, author of Relics of Eden

Timothy Ferris, writer and producer, author of Coming of Age in the Milky Way

Maria Finitzo, filmmaker, stem cell expert, Peabody Award winner

Robert Finkelstein, robotics and computer science, Robotic Technology, Inc.

Christopher Flavin, senior fellow, Worldwatch Institute

Louis Friedman, cofounder, Planetary Society

Jack Gallant, neuroscientist, University of California, Berkeley

James Garvin, chief scientist, NASA

Evalyn Gates, Cleveland Museum of Natural History, author of Einstein's Telescope

Michael Gazzaniga, neurologist, University of California, Santa Barbara

Jack Geiger, cofounder, Physicians for Social Responsibility

David Gelernter, computer scientist, Yale University

Neil Gershenfeld, director, Center for Bits and Atoms, MIT Media Laboratory

Paul Gilster, author of Centauri Dreams

Rebecca Goldburg, environmentalist, Pew Charitable Trusts

Don Goldsmith, astronomer, author of The Runaway Universe

David Goodstein, former vice provost, Caltech

J. Richard Gott III, physicist, Princeton University, author of Time Travel in Einstein's Universe

Stephen Jay Gould, biologist, Harvard University

Ambassador Thomas Graham, arms control and nonproliferation expert under six presidents

John Grant, author of Corrupted Science

Eric Green, director, National Human Genome Research Institute, National Institutes of Health

Ronald Green, genomics and bioethics, Dartmouth College, author of Babies by Design

Brian Greene, physicist, Columbia University, author of The Elegant Universe

Alan Guth, physicist, MIT, author of The Inflationary Universe

William Hanson, author of The Edge of Medicine

Chris Hadfield, astronaut, CSA

Leonard Hayflick, University of California, San Francisco School of Medicine

Donald Hillebrand, director, Argonne National Laboratory's Energy Systems Division

Allan Hobson, psychiatrist, Harvard University

Jeffrey Hoffman, astronaut, NASA, MIT

Douglas Hofstadter, Pulitzer Prize winner, author of Gödel, Escher, Bach

John Horgan, journalist, Stevens Institute of Technology, author of The End of Science

Jamie Hyneman, host of MythBusters

Chris Impey, astronomer, University of Arizona, author of The Living Cosmos

Robert Irie, computer scientist, the Cog Project, MIT Artificial Intelligence Laboratory

P. J. Jacobowitz, journalist, PC Magazine

Jay Jaroslav, Human Intelligence Enterprise, MIT Artificial Intelligence Laboratory

Donald Johanson, paleoanthropologist, Institute of Human Origins, discoverer of Lucy

George Johnson, science journalist, New York Times

Tom Jones, astronaut, NASA

Steve Kates, astronomer, TV host

Jack Kessler, professor of medicine, Northwestern Medical Group

Robert Kirshner, astronomer, Harvard University

Kris Koenig, astronomer, filmmaker

Lawrence Krauss, physicist, Arizona State University, author of The Physics of Star Trek

Lawrence Kuhn, filmmaker, Closer to Truth

Ray Kurzweil, inventor and futurist, author of The Age of Spiritual Machines

Geoffrey Landis, physicist, NASA

Robert Lanza, biotechnology expert, head of Astellas Global Regenerative Medicine

Roger Launius, coauthor of Robots in Space

Stan Lee, creator of Marvel Comics and Spider-Man

Michael Lemonick, former senior science editor, Time magazine

Arthur Lerner-Lam, geologist and volcanist, Earth Institute

Simon LeVay, author of When Science Goes Wrong

John Lewis, astronomer, University of Arizona

Alan Lightman, physicist, MIT, author of Einstein's Dreams

Dan Linehan, author of SpaceShipOne

Seth Lloyd, mechanical engineer and physicist, MIT, author of Programming the Universe

Werner R. Loewenstein, former director of Cell Physics Laboratory, Columbia University

Joseph Lykken, physicist, Fermi National Accelerator Laboratory

Pattie Maes, professor of media arts and sciences, MIT Media Laboratory

Robert Mann, author of Forensic Detective

Michael Paul Mason, author of Head Cases

W. Patrick McCray, author of Keep Watching the Skies!

Glenn McGee, author of The Perfect Baby

James McLurkin, computer scientist, Rice University

Paul McMillan, director, Space Watch

Fulvio Melia, astrophysicist, University of Arizona

William Meller, author of Evolution ℞

Paul Meltzer, Center for Cancer Research, National Institutes of Health

Marvin Minsky, computer scientist, MIT, author of The Society of Mind

Hans Moravec, Robotics Institute of Carnegie Mellon University, author of Robot

Philip Morrison, physicist, MIT

Richard Muller, astrophysicist, University of California, Berkeley

David Nahamoo, IBM Fellow, IBM Human Language Technologies Group

Christina Neal, volcanist, U.S. Geological Survey

Michael Neufeld, author of Von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War

Miguel Nicolelis, neuroscientist, Duke University

Shinji Nishimoto, neurologist, University of California, Berkeley

Michael Novacek, paleontology, American Museum of Natural History

S. Jay Olshansky, biogerontology, University of Illinois at Chicago, coauthor of The Quest for Immortality

Michael Oppenheimer, environmentalist, Princeton University

Dean Ornish, clinical professor of medicine, University of California at San Francisco

Peter Palese, virologist, Icahn School of Medicine at Mount Sinai

Charles Pellerin, former director of astrophysics, NASA

Sidney Perkowitz, author of Hollywood Science

John Pike, director, GlobalSecurity.org

Jena Pincott, author of Do Gentlemen Really Prefer Blondes?

Steven Pinker, psychologist, Harvard University

Tomaso Poggio, cognitive scientist, MIT

Corey Powell, editor in chief, Discover

John Powell, founder, JP Aerospace

Richard Preston, author of The Hot Zone and The Demon in the Freezer

Raman Prinja, astronomer, University College London

David Quammen, evolutionary biologist, author of The Reluctant Mr. Darwin

Katherine Ramsland, forensic scientist, DeSales University

Lisa Randall, physicist, Harvard University, author of Warped Passages

Sir Martin Rees, astronomer, Cambridge University, author of Before the Beginning

Jeremy Rifkin, founder, Foundation on Economic Trends

David Riquier, writing instructor/teaching assistant, Harvard University

Jane Rissler, former senior scientist, Union of Concerned Scientists

Joseph Romm, Senior Fellow at Center for American Progress, author of Hell and High Water

Steven Rosenberg, head of Tumor Immunology Section, National Institutes of Health

Oliver Sacks, neurologist, Columbia University

Paul Saffo, futurist, Stanford University and Institute for the Future

Carl Sagan, astronomer, Cornell University, author of Cosmos

Nick Sagan, coauthor of You Call This the Future?

Michael H. Salamon, NASA's Discipline Scientist for Fundamental Physics and Beyond Einstein program

Adam Savage, host of MythBusters

Peter Schwartz, futurist, founder of Global Business Network

Sara Seager, astronomer, MIT

Charles Seife, author of Sun in a Bottle

Michael Shermer, founder, Skeptic Society and Skeptic magazine

Donna Shirley, former manager, NASA Mars Exploration Program

Seth Shostak, astronomer, SETI Institute

Neil Shubin, evolutionary biologist, University of Chicago, author of Your Inner Fish

Paul Shuch, aerospace engineer, executive director emeritus, SETI League Peter Singer, author of Wired for War

Simon Singh, writer and producer, author of Big Bang

Gary Small, coauthor of iBrain

Paul Spudis, geologist and lunar scientist, author of The Value of the Moon

Steven Squyres, astronomer, Cornell University

Paul Steinhardt, physicist, Princeton University, coauthor of Endless Universe

Jack Stern, stem cell surgeon, clinical professor of neurosurgery, Yale University

Gregory Stock, UCLA, author of Redesigning Humans

Richard Stone, science journalist, Discover Magazine

Brian Sullivan, astronomer, Hayden Planetarium

Michael Summers, astronomer, coauthor of Exoplanets

Leonard Susskind, physicist, Stanford University

Daniel Tammet, author of Born on a Blue Day

Geoffrey Taylor, physicist, University of Melbourne

Ted Taylor, physicist, designer of U.S. nuclear warheads

Max Tegmark, cosmologist, MIT

Alvin Toffler, futurist, author of The Third Wave

Patrick Tucker, futurist, World Future Society

Chris Turney, climatologist, University of Wollongong, author of Ice, Mud and Blood

Neil deGrasse Tyson, astronomer, director, Hayden Planetarium

Sesh Velamoor, futurist, Foundation for the Future

Frank von Hippel, physicist, Princeton University

Robert Wallace, coauthor of Spycraft

Peter Ward, coauthor of Rare Earth

Kevin Warwick, human cyborg expert, University of Reading

Fred Watson, astronomer, author of Stargazer

Mark Weiser, research scientist, Xerox PARC

Alan Weisman, author of The World Without Us

Spencer Wells, geneticist and producer, author of The Journey of Man

Daniel Werthheimer, astronomer, SETI@home, University of California, Berkeley

Mike Wessler, Cog Project, MIT Artificial Intelligence Laboratory

Michael West, CEO, AgeX Therapeutics

Roger Wiens, astronomer, Los Alamos National Laboratory

Arthur Wiggins, physicist, author of The Joy of Physics

Anthony Wynshaw-Boris, geneticist, Case Western Reserve University

Carl Zimmer, biologist, coauthor of Evolution

Robert Zimmerman, author of Leaving Earth

Robert Zubrin, founder, Mars Society

نُبْذَةٌ عن المؤلِّف

ميشيو كاكو Michio Kaku

عالِم فيزياء أمريكي من أصل ياباني.

أستاذ الفيزياء النظرية في جامعة مدينة نيويورك.

أحد مؤسِّسي نظرية String Field Theory

صدر له تسعة كتب علميَّة بين 1987 و2018.

نُبذَة عن المُترجِم

حمدي أبو كيلة.

- صدرت له الكتب التالية:

1. كُتبٌ مُترَجَمَة:

الصين تنطلق، دار دَوِّن، القاهرة، 2010- **الانهيار الكبير 1929**، المركز القومي للترجمة، القاهرة، 2014 - **التَّقارُب التالي**، المركز القومي للترجمة، القاهرة، 2016.

السَّعي إلى الرخاء، المركز القومي للترجمة، 2017 - **السياسات الصناعية والتحول الاقتصادي في أفريقيا**، المركز القومي للترجمة، القاهرة، 2018 - **المياه والسلام والحرب**، المركز القومي للترجمة، القاهرة (قيد النشر).

2. كتب أخرى:

الميراث الممنوع من الصرف: أوراق فرعونية، دار كلمة، الإسكندرية 2014 (مؤلِّف) - الصعود إلى المجرَّة، دار كلمة، الإسكندرية 2014 (مؤلِّف) - النيل والمصريون: دراسة في التأثير المتبادل، المجلس الأعلى للثقافة، القاهرة، 1996 (مؤلِّف) - الأرض

والمياه والإنسان، الهيئة العامة لقصور الثقافة، القاهرة، 1999 (مُحرِّر) - عالَمٌ يتحوَّل ووطنٌ يستجيب، الهيئة العامة لقصور الثقافة، القاهرة، 1999 (مُحرِّر)
- قراءة في أحوال الوطن، الهيئة العامة لقصور الثقافة، القاهرة، 1999 (مُحرِّر)
- بوابات المستقبل، الهيئة العامة لقصور الثقافة، القاهرة، 1999 (مُحرِّر).

ترجمات أخرى:

أكثر من 50 دراسة ومقالًا منشورة في مجلة "**الثقافة العالمية**" الكويتية - نُشِرَت له عشرات الدراسات والمقالات في المجلات والصحف المصرية والعربية (الهلال، الأهرام، الأهرام الاقتصادي، الشروق، القاهرة، العربي الكويتية، الدوحة القطرية، الحياة اللندنية، وغيرها).

مكتبة
t.me/soramnqraa

مكتبة
t.me/soramnqraa

ميتشيو كاكو

مستقبل البشرية

استصلاح المريخ والسفر بين النجوم والخلود ومصيرنا خارج الارض

هذا ليس كتابا في الخيال العلمي، ولكنه كتاب في العلم تتجاوز آفاقه الخيال.

العلم سوف يمكننا من إعادة تشكيل الكون على النحو الذي يناسبنا، ولم لا؟ فإذا قُدِّر لأسلافنا الذين عاشوا في القرون القليلة الماضية أن يُبعثوا وينظروا إلى تفاصيل حياتنا التي نعيشها اليوم فسوف يتصوروننا قوما من السحرة والمشعوذين، فكيف يمكن أن ننظر نحن إلى أحفادنا في قادم القرون؟

الحضارة الإنسانية على بعد خطوات من الانتشار خارج كوكب الأرض.

أحدث ما توصل إليه العلم والتكنولوجيا في مجال الروبوتات والنانوتكنولوجي والكيمياء الحيوية يمكن أن يسمح لنا بأن نعمر المريخ ونبني فوقه مدنا مأهولة في أجل قريب.

التاريخ يكشف عن أن الثورات العلمية تأتي عبر موجات، ففي القرن التاسع عشر كانت الموجة الأولى التي مكنت المهندسين من إنتاج المحرك البخاري الذي قاد العالم إلى الثورة الصناعية التي خلصت الإنسانية من لعنة الجهل والعمل اليدوي المضني وأخذت بيده إلى عصر الآلة. وفي القرن العشرين كانت الموجة الثانية التي تمكن فيها علماء الفيزياء من الدخول بنا إلى عصر الكهرباء التي أنارت مدننا وقرانا ومكنتنا من اختراع الدينامو والراديو والتليفزيون والرادار، ثم وصلت هذه الموجة ذروتها بالصعود إلى القمر. وفي القرن الواحد والعشرين تمثلت الموجة العلمية الثالثة متمثلة في التكنولوجيا العالية التي جعلت السوبر كمبيوتر والإنترنت ووسائل الاتصال الحديثة تتغلغل في كل دقائق حياتنا. وفي هذا الكتاب يحيط المؤلف بالتكنولوجيات التي ستأخذنا إلى آفاق أبعد حيث نستكشف الكواكب والنجوم.

غلاف: عثمان ستو

ISBN 978-977-313-831-8

مركز المحروسة
للنشر و الخدمات الصحفية و المعلومات