

## الحلقة الأولى من دراسة الكون المحدود والكون اللانهائي

### الكون المحدود والكون اللانهائي 1

د. جواد بشارة

"على الرغم من محدودية الطبيعة البشرية في الحقيقة، إلا أنها تحمل داخلها بذرة الشك والتساؤل والخوف من المجهول واللانهائية، فهي متصلة، وخاصة من اللانهائية."

جورج كانتور (1883)

وعن دحض خرافة العقاب والثواب بعد الموت قال أبو بكر الرازي الفيلسوف والعالم والطبيب

"على الإنسان أن يعيش حياته بشجاعة ورجولة دون أن تؤثر فيه وعود بوجود جنة أو جهنم في العالم الآخر وذلك إن العلم والعقل يشهدان على انعدام الحياة بعد الموت."

هناك الكثير مما لا يعرفه الإنسان عملياً وتجريبياً وإنما يدركه بالحدس والتفكير والتأمل والتجارب النظرية والعقلية وليس المختبرية كما هو الحال، على سبيل المثال، بشأن النجم النابض، لكن هذه النقيصة لا تعني أن النجم النابض غير موجود، فقط، التجربة التي تثبت وجوده لم يتم إجراؤها بعد. ترتبط العديد من التجارب الفلكية بالأجرام السماوية التي تنبعث منها أشعة بشكل ضعيف للغاية. ومن الصعب رصدها، مما يدفع بأحدث التقنيات إلى أقصى الحدود الممكنة التي توفرها التكنولوجيا للقيام بالتجارب. إذ أن نسبة الخطأ كبيرة جداً. علينا أن نأخذ بعين الاعتبار ما هو حقيقي في السماء وما تم إنشاؤه بشكل مصطنع بواسطة أدوات القياس لدينا. فكيف يتأكد الفلكي وعالم الكونيات من صحة استنتاجاته؟ من خلال تكرار التجارب، أو الأفضل من ذلك، التحقق المستقل للتجربة التي أجرتها فرق أخرى من الباحثين باستخدام مقايير مختلفة وأدوات قياس أخرى.

هذه هي مشكلة مصداقية وصلاحيّة التجربة. يمكننا القول إن التجربة العلمية تكون صحيحة إذا استطعنا تكرارها وإذا أعطتنا نفس النتائج. ومع ذلك، قد يطرح السؤال على نحو مختلف. بالنسبة للمخاوف البشرية، ماذا يعني، على سبيل المثال، أن الطرف الآخر من المجرة يبعد 75000 سنة ضوئية؟ على نطاق حياتنا فإن رقم 75000 سنة ضوئية، رقم ضئيل لا معنى له. صحيح أن دراسة اللامتناهي في الكبر تجعلنا نشعر بالدوار. لأنه يقوض حدسنا وحسنا العام المرتبط بواقعنا اليومي ومحدوديته. لكن الأمر مختلف مع علماء الفلك والكونيات الذين يتعاطون يومياً بالأعداد الرياضياتية الضخمة، التي لا يمكن للشخص العادي تخيلها أو إدراكها حيث يجد صعوبة في ذلك بسبب قصور (شعوره الحدسي). تصور هذه المجرة كمياه نهر يتدفق، ويبتعد عن موجات الماضي ويقرب موجات المستقبل. الزمن يلبس حالة أخرى، الماضي ضاع في حياتنا، الذكريات تغدو منكمشة وأيلة للاندثار، بينما المستقبل، حامل الأمل والوعد، لم يأت بعد. لم يعد من الممكن تغيير الماضي البائد بينما لا يزال من الممكن تشكيل المستقبل من خلال أفعالنا. نشعر جميعاً بمرور الزمن هذا، وحركته فيما يتعلق بوعينا غير المتحرك. ومع ذلك، فإن الحديث عن مرور الوقت وحركة الزمن لا معنى له بالنسبة للفيزيائي الكوني أو الفيزيائي الفلكي. فلو سأل أحد عالم فيزياء أو كونيا ما إذا كان للزمن حركة، فما هي سرعته؟ فسوف يعتبره هذا الأخير سؤال سخيف إذ من الواضح أنه لا توجد سرعة للزمن. من ناحية أخرى،

حطمت نظرية النسبية المفاهيم الكلاسيكية للماضي والمستقبل. هدم أينشتاين شمولية عالمية الزمن. علمنا أن ماضي شخص ما يمكن أن يكون حاضرًا لشخص آخر أو مستقبل شخص ثالث.

بالنسبة للفيزيائي، كما كان حال أينشتاين، لم يعد هناك تمييز بين الماضي والحاضر والمستقبل: كل لحظة متساوية. لم يعد الزمن المادي بحاجة إلى الحركة. لم يعد يتدفق، إنه موجود فقط، بلا حراك، مثل خط مستقيم يمتد نحو اللانهاية في كلا الاتجاهين.

الزمن؟ معضلة لم تحل بعد ولغز كوني دائم. ربما لأن الفيزياء لا تعرف حتى الآن كيفية وصف العمليات العقلية والنفسية. هناك رابط مفقود. لن يتم الكشف عن سر مرور الزمن حتى نفهم كيف نشعر ونفكر ونبدع ونتعاطى مع الواقع. نبدو كأننا خرفان. لكن هذا لا يمنعنا من التفكير فكريا. الزمن معطى كوني لا مفر منه لكننا ما زلنا بعيدين جداً عن توضيح كل ألغازه.

ماذا يمكننا أن نقول عن سهم الزمن؟ هذا السؤال يتعلق باتجاه الزمن. ولكن عن أي زمن نتحدث؟ هناك الزمن النفسي الذي يمضي دائماً. فنحن نعاني جميعاً من سهم الزمن الذي يقودنا بشكل لا يرحم من المهد إلى القبر وهو المسؤول عن هوسنا بالموت. يولد المرء طفلاً ويصبح مراهقاً ويعيش ويموت. لا أحد يستطيع إيقاف أو عكس مسار الزمن النفسي. فهو لا رجعة فيه. توجد هذه اللارجعة أو اللاعودة أيضاً في العالم الماكروسكوبي، في الفضاء الخارجي الشاسع، الذي يحيط بنا والذي يحكمه ما يسمى بالديناميكا الحرارية، والديناميكا الحرارية هي العلم الذي يدرس خصائص الحرارة. في العالم الماكروسكوبي، تجري الأحداث في اتجاه واحد. يبرد كوب من الشاي الساخن على الطاولة. قطعة من الجليد تذوب في الشمس. انهارت كاتدرائية تركت لنفسها أطلالاً. يتساقط الزجاج المتساقط على الأرض إلى ألف قطعة. هذه كلها مواقف في الحياة اليومية تحمل معها اتجاهًا زمنيًا. لن ترى كوب الشاي يسخن من تلقاء نفسه، ولن يعيد تكوين الماء على شكل جليد تحت أشعة الشمس، ولا أنقاض تتخلص من نفسها وتعود لتتشكل في كاتدرائية جميلة، ولا الألف قطعة من الزجاج المكسور تتجمع لإصلاح الكوب الزجاجي المتهشم.

يملي اتجاه الديناميكا الحرارية ما يسمى مبدأ الديناميكا الحرارية، الذي يقول إن الاضطراب والتقلب سمة هذا الكون (هذا ما يقوله الفيزيائيون الكونيون) ويزداد دائماً باضطراب. الأمور تتدهور دائماً. وتزول بمرور الوقت. البيوت المتداعية والورود تذبل. يسير هذا الزمن الديناميكي الحراري في نفس اتجاه الزمن النفسي: كل شيء يميل نحو الموت والانقراض. سنقول لي وماذا عن مبدأ حفظ المادة والطاقة؟ تكون مكونات المادة الأساسية متجانسة وموحدة للإشعاع وتنتمي الجسيمات الأولية "الابتدائية" إلى هذه الحالة المنظمة بشكل استثنائي والتي تتفاعل وتتطور لتخلق تكوينات أكثر تعقيداً وسمواً مثل الدماغ البشري القادر على فهم روعة الكون وطرح أسئلة حول أصله وتاريخه. في الواقع، لا يحظر المبدأ الثاني للديناميكا الحرارية ظهور زوايا النظام في الكون، طالما أن التعويض عن هذا النظام، ينم عن إنتاج اضطراب كبير. لذا، لخلق الحياة على الأرض، نحتاج إلى طاقة من الشمس. الشمس، التي تشع ضوءها الدافئ في برد الفضاء بين النجوم، تخلق الفوضى، ولكن ليس بالمعنى السائد البدائي عن الناس. هذا الاضطراب أكبر من الترتيب الضروري لظهور الحياة والوعي، بحيث تكون النتيجة الصافية زيادة في الاضطراب. هناك اتجاه ثالث للزمن وهو بالنسبة لنا غير محسوس وغير مدرك نظراً لتوسع الكون. فقد حان الوقت لتغيير الرؤية الكونية. يتحدد هذا الاتجاه الزمني من خلال حقيقة أن الكون ينتقل من الأصغر إلى الأكبر، وأن المجرات تتحرك بعيداً أكثر فأكثر عن بعضها البعض. العلاقة بين الأزمنة الكونية والنفسية والديناميكية الحرارية ليست مفهومة جيداً. وهنا تثار الأسئلة الأخرى. لا نعرف بعد ما

إذا كان توسع الكون سيكون أبدياً. افترض أن هناك ما يكفي من المواد داخل الكون المرئي لعكس حركة التوسع. وتبعد المجرات، بدلاً من الابتعاد والتوسع إلى ما لا نهاية، وتلك المواد غير المكتشفة بعد هي التي ستقوم بعملية تقريب المجرات من بعضها البعض. هل سيعكس الزمن الكوني اتجاهه؟ وتتحول كومة الأحجار غير المشكلة والمنظمة، هكذا لوحدها، مع مرور الزمن، إلى كاتدرائية مهيبية؟ ماذا عن الزمن النفسي؟ هل ستكون لأدمغتنا ذكريات المستقبل بدلاً من الماضي؟ وإذا تم عكس كل عمليات الدماغ، ألن يؤمن سكان الكون المتعدد بأنفسهم بكون متسع؟ تبقى هذه الأسئلة في الوقت الحاضر دون إجابة. لقد تطرقنا حتى الآن إلى ثلاث حالات للزمن: أحادي الاتجاه والذي يكون اتجاهه هو نفسه، الزمن النفسي الذي يحكم دماغنا، الوقت الديناميكي الحراري الذي يحكم العالم الماكروسكوبي والزمن الكوني الذي يحكم الكون ... سأصف الآن الزمن المادي، الذي يحكم عالم الجسيمات التي تشكل المادة. فعلى نطاق مجهري أو ما دون ذري، لم يعد هذا الزمن المادي أحادي الاتجاه. يتقارب بروتونان، ويتصادمان، ثم يغادران. اعكس فيلم الأحداث وسيكون لديك نفس التسلسل بالضبط. القوانين الفيزيائية لم تعد تحمل داخلها سهم الزمن على المستوى دون الذري، تصبح الأوضاع قابلة للعكس تماماً. يجب أن أذكر استثناءً بسيطاً فيما يتعلق بتفكك جسيم يسمى كاون kaon والذي لا رجعة فيه في أقل من 1٪ من الحالات والذي يحدد سهمًا "صغيراً" من الزمن. لكن هذا الاستثناء ليس مهمًا جدًا لأن الـ kaon هو الوحيد من بين آلاف الجسيمات التي لديها مثل هذه اللارجعة أو اللاعودة. من جهة أخرى، فهي ليست موجودة في التركيبة المألوفة من الجسيمات الأولية التي تكوننا والتي تُصنع منها المجرات والكون المرئي، ولا تظهر إلا في التصادمات العنيفة داخل مسرعات الجسيمات.

هل يفقد الزمن المادي خاصية الانعكاس، أي اللارجعة أو اللاعودة في المستوى أو النطاق مادون الذري في اللامتناهي في الصغر وفي ميكانيك الكموم، وهل يستسلم على نطاق أو مستوى الجسيمات الأولية؟ الجواب نعم أو ربما ولكن لا أحد يعرف حتى الآن لماذا. يتم وصف سلوك الجسيمات الأولية التي تتكون منها المادة جيدًا بواسطة ميكانيكا الكموم أو الكوانتوم. لكنها، في جميع الاحتمالات، مجرد تمثيل جزئي للواقع. علاوة على ذلك، هناك مشاكل مفاهيمية في ميكانيكا الكموم لم يتم توضيحها بالكامل. نحن لا نعرف لماذا لا تطيع الجسيمات عدم رجوع الزمن، تمامًا كما لا نعرف لماذا يتبع دماغ الإنسان مرور الزمن الذي لا يرحم، من الماضي إلى المستقبل. هذا فيما يتعلق بالزمن. وهناك المكان الذي هو ليس بمعزل عن الزمن، أي الزمكان الأينشتايني.

تغير مفهومنا للمكان أيضًا منذ بداية هذا القرن العشرين. وكان أينشتاين مرة أخرى هو الذي أدخل هذه الثورة. يختلف مفهوم المكان الأينشتايني بعمق عن مكان نيوتن. كان الفضاء النيوتوني ثابتًا وغير متحرك. كان مجرد مشهد مسرح سلبي تدور فيه الدراما الكونية مع ممثليها من الكواكب والنجوم والمجرات. يمنح أينشتاين الفضاء دورًا فاعلاً. تتخلى المساحة عن طابعها السلبي وتصبح ديناميكية. يمكن أن يمتد، ينقلص، يتشوه، ينبعج، أو يتلاءم ويتواءم وفقًا للجاذبية أي إنه زمكان ديناميكي. فهناك تفاعل بين المادة والفضاء. في مجال الجاذبية الشديدة كما هو الحال في الثقب الأسود، حيث يتم طي الفضاء على نفسه بحيث لا يمكن للضوء أن يخرج. لماذا يدور القمر حول الأرض؟ يقول نيوتن إنه بفضل قوة الجاذبية التي تمارسها الأرض على القمر. بينما يقوم أينشتاين بعملية مسح واضحة لمفهوم القوة. ووفقًا له، ينحني مجال جاذبية الأرض في الفضاء حوله ويرغم القمر على أن يتبع مداره الإهليلجي حول الأرض لأنه أقصر مسار في هذا الفضاء المنحني.

يمكن أن يمتد الفضاء أو يتقلص وفقاً للسرعة التي تتحرك بها مكوناته. على سبيل المثال، ولتوضيح الصورة، إذا لاحظت وجود سفينة واقفة على الأرض، ومركبة فضائية تنتقل بسرعة 89% من سرعة الضوء، ستظهر لك المركبة الفضائية كأنها تقلصت لنصف حجمها عندما يكون الفضاء مشوهًا، فإن الزمن خارج المركبة ليس كما هو في داخلها. فهو أيضا يطول أو يقصر، في هارمونية مع تشوهات الفضاء. الزمن والمكان في الواقع تشكلان زوجين محكمين تكون حركتهما مكملتان دائمًا. متى يتقلص الفضاء ويمتد الزمن، ويمر على نحو أبطأ: الشخص الذي يتواجد على متن المركبة الفضائية التي تخترق الفضاء بنسبة 89% من سرعة الضوء سيمر عليه عامين هي فترة الرحلة بينما يمر الزمن على نحو أبطأ بكثير على شخص يعيش على سطح الأرض قد تصل إلى عقدين من الزمن. ويكون قد مر عليه نحو 20 عاماً. تتحول مساحة الانكماش إلى زمن يطيل ويمر ببطء أكثر. يتم التحويل بين المكان والزمان بسرعة الضوء، والثانية تعادل 300000 كم من الفضاء. لم يعد الزمان والمكان قابلين للفصل كما هو الحال في عالم نيوتن، ولكنهما مرتبطان بشكل لا ينفصم في كينونة تسمى الزمكان. نحن نعيش الآن في كون ذي أربعة أبعاد: ثلاثة أبعاد مكانية وبعد زمني واحد. إن زمننا الشخصي البشري ليس هو زمن النجوم والمجرات ولا زمن الجسيمات الأولية. من يدرس ويستوعب نظرية النسبية الخاصة والعامية لأينشتاين عن المكان (والزمان) سيتغير إدراكه لطبيعة الزمان والمكان، كما وصفتها النسبية، فنحن بعيدين عن الكون الأرسطي التطبيقي، فقط، نحن لا نشعر بمرونة الزمان والمكان في حياتنا اليومية، لأنه لا توجد حقول جاذبية كبيرة على الأرض (جاذبية الأرض أقل 28 مرة من جاذبية الأرض الشمس) فما بالك لو قارناها بجاذبية ثقب أسود مثلاً، ونحن نتحرك بسرعات أقل بكثير من سرعة الضوء. حتى لو أخذت طائرة الكونكورد، الأسرع من الصوت، فإنك تسافر بسرعة تقرب قليلاً من جزء من المليون من سرعة الضوء. مع مجال الجاذبية وسرعات الأرض، تكون تشوهات الزمان والمكان صغيرة وغير محسوسة. تختلف الجاذبية التي تمارسها الأرض علينا باختلاف معكوس مربع المسافة الذي يفصلنا عن مركز الأرض. الجاذبية الأقل تعني أن الزمن يصبح أقصر ويزداد سرعة. من حيث المبدأ، إن الشخص الذي يعيش في الطابق العلوي حياته أقصر من زميله في الطابق الأرضي. لكن الفارق الزمني المتراكم على مدى حياة الإنسان بأكمله ضئيل وغير مدرك، على الأكثر جزء من المليار من الثانية. بالكاد يقدر واحدة من ضربات القلب! لنأخذ مثلاً آخر. الزمن يتباطأ بالنسبة لشخص يتحرك، مقارنة بالزمن لشخص ثابت. لذلك أولئك الذين يمارسون رياضة الركض يمر الزمن عليهم بطريقة أبطأ أي يبطل من تقدم العمر عندهم مقارنة بالآخرين. الثانية عند الشخص الذي يعمل بسرعة 1 م في الثانية تعادل 1.00000000000000000005 ثانية من الشخص الثابت. يصل الرقم الأول غير الصفر إلى العلامة العشرية الثامنة عشرة. هذا الاختلاف غير محسوس حتى بالنسبة للساعات الذرية الأكثر تعقيداً لذلك لا نشعر بمرونة الزمان والمكان في الحياة اليومية لأن التشوهات صغيرة جداً. ولكن عندما يتعلق الأمر بمسافة 75000 سنة ضوئية يمكن أن ندرك ماهية الزمان والمكان. هذه هي مشكلة العمق الكوني. يصبح الفلكي مساحاً للكون. لتأسيس جغرافية الكون، كان عليه نشر كنوز من الإبداع من أجل تطوير تقنيات لقياس المسافات المتنوعة للغاية. لنبدأ بالمسافات بين الكواكب. هذه معروفة بدقة كبيرة من خلال مسح الرادار. مع التلسكوب الراديوي الكبير Arecibo (يقطر 300 نانومتر)، في بورتوريكو، نرسل موجات راديو تنعكس على أسطح الكواكب. يتم الحصول على المسافة بضرب سرعة الضوء بمقدار نصف وقت ذهاب وإياب الموجة الراديوية. تتيح هذه التقنية أيضاً عمل خرائط تفصيلية للكواكب وأقمارها. في الواقع، إذا انعكست الموجة الراديوية على جبل عالٍ على الكوكب، فسوف تعود بشكل أسرع، في حين ستطول مدة رحلتها ذهاباً وإياباً إذا انعكست الموجة من وادي. بهذه الطريقة تمكنت

وكالة ناسا من دراسة الجبال والأودية والوديان على القمر والمريخ بدقة عالية. لكن مسح الرادار هذا لا يتجاوز حدود نظامنا الشمسي. بلوتو، الكوكب البعيد، يبعد عنا 5.2 فقط ساعة ضوئية من الأرض، وهي ليست مسافة بعيدة. بالمقارنة مع مسافات مجرة درب التبانة، فإن نظامنا الشمسي هو مجرد ميكروب مقارنة بمدى المحيط الهادئ. لكن كيف يمكننا أن نتعمق في أعماق الكون؟

لقياس المسافة إلى أقرب النجوم، في غضون 100 سنة ضوئية، يستخدم الفلكيون ما يسمى بطريقة المنظور الكوني، والتي تستخدم الحركة السنوية للأرض حول الشمس. نلاحظ النجم في وقتين مختلفين، يفصل بينهما ستة أشهر، على سبيل المثال في يناير ويوليو، عندما قامت الأرض بنصف دورتها حول الشمس. نلاحظ أن النجم القريب يتحرك بالنسبة للنجوم البعيدة. لا ترجع هذه الحركة إلى حركة فعلية للنجم القريب، ولكن إلى حقيقة أن موقع المراقب تغير أثناء سفر وحركة الأرض. بمعرفة المسافة التي تفصل بين مواقع الأرض في يناير ويوليو (حوالي ضعف المسافة بين الأرض والشمس) والزوايا التي تحرك النجم القريب تحتها، يمكننا استنتاج المسافة بين النجم والأرض عن طريق حساب المثلثات البسيط. في الواقع، بعد مرور 100 عام ضوئي، تكون الإزاحة الواضحة للنجم بسبب حركة الأرض صغيرة جدًا لدرجة أنها لم تعد ملموسة. يجب أن يلجأ الفلكي بعد ذلك إلى طرق أخرى لاستعادة المنظور الكوني.

المنارات الكونية، تتجلى من خلال نوع من النجوم يسمى السيفيد. لدى السيفيدات خاصية استثنائية: فهي تختلف في السطوع بشكل دوري. فهي تلمتع بكل سطوعها. لبضعة أيام، ثم يخفت ضوءها؛ لبضعة أيام أخرى، ومن ثم تعود مشرقة كما كانت من قبل. يعتقد علماء الفلك أن هذا الاختلاف في السطوع ناجم عن تقلص دوري وتوسع في سطح النجم. لا يتم هذا الاختلاف بشكل عشوائي، ولكنه يتبع نمطاً دقيقاً جداً: يرتبط الزمن بين وحدتي سطوع قصوى أو اثنتين من السطوع المتتالي (تسمى الفترة)، بالسطوع الداخلي للسيفيد. فكلما كان أكثر إشراقاً، كلما طالمت مدتها. تفتح هذه الخاصية باب السماوات لعلماء الفلك: يكفي تحديد فترة السيفوية لاستخلاص تألقها الجوهري. هذا، مجتمعة مع اللمعان الظاهر، ليعطي ذلك المسافة الفاصلة بدقة.

السيفيدات هي نجوم ساطعة إلى حد ما يمكن رؤيتها إلى أقاصي المجرة، وحتى أبعد من ذلك. باستخدام هذه المنارات الكونية، يمكن للفلكي من تحديد أن مجرتنا درب التبانة على شكل قرص رفيع جداً، بقطر 90.000 سنة ضوئية ويحتوي على 200 مليار شمس أو أكثر قليلاً. هذا القرص، الذي نرى حافته في ليالي الصيف الجميلة، يعطينا المشهد الرائع للقوس الأبيض الجميل الذي يعبر السماء. ولكن أين نحن من هذا الفضاء الشاسع والمرعب؟

يستمر شبح كوبرنيكوس في صنع نفسه: فهو لا يكتفي بإزاحة الإنسان والأرض من مكانهما المركزي في الكون، بل سيجعلنا نكتشف أيضاً أن الشمس ليست في مركز درب التبانة. هارلو شابلي، عالم فلك أمريكي، درس في العشرينيات التوزيع المكاني للمجموعات الكروية، مجموعات كروية من 100000 نجم مرتبط بالجاذبية، اكتشف أن هذه العناقيد مرتبة حول درب التبانة في حجم وشكل كروي، ولكن مركز كل هذه المجموعة ليس في موقع الشمس، ولكن في موقع يبعد 30000 سنة ضوئية. تصبح الشمس نجمًا بسيطاً في الضواحي، يقع عند ثلثي نصف قطر القرص المجري، نحو الحافة. ما يجعل دورته حول مركز المجرة تتم كل 250 مليون سنة، وكانت شمسنا ومنذ ولادتها قد أتمت 18 دورة حول مجرة درب التبانة التي تنتمي إليها. المسألة باتت أكثر تعقيداً عندما اكتشف العلماء أن هناك

مليارات المليارات من المجرات الأخرى لكن كيف اكتشفنا وجود مجرات أخرى؟ منذ نهاية القرن التاسع عشر ولغاية بداية القرن العشرين، لم نكن نعرف ما إذا كانت مجرتنا هي الوحيدة في الكون، أو إذا كانت هناك مجرات أخرى. بالرغم من أن التلسكوبات الكبيرة التي تم إنشاؤها حديثاً كشفت وجود العديد من بقع السدم في السماء، والتي لم تكن نجومًا، ظلت طبيعتها غامضة. إيمانويل كانط، الفيلسوف الألماني، اعتقد بالفعل، في عام 1775، أن مجرة درب التبانة لا تشغل الكون بأكمله وأنه يجب أن تكون هناك أنظمة أخرى في الكون، -جزر كونية أخرى، أبعد بكثير من مجرتنا. لكن هذه كانت تكهنات فلسفية محضة: لم تُثبت علمياً آنذاك. كان إدوين هابل هو الذي وجد مفتاح المشكلة. باستخدام النجوم السيفيد في مجرة أندروميديا، إذ تمكن من تحديد أن هذه الأخيرة تبعد 2 مليون سنة ضوئية عن مجرتنا، أي تتجاوز حدود درب التبانة. ندرك أن ضوء أندروميديا الذي يأتي جنباً إلى جنب في مقاربتنا بدأ رحلته في بداية البشرية، عندما ظهر الإنسان الأول على الأرض. لقد أثبت الحدس الكانطي اللامع لـ الأكوان – الجزر أنه كان صحيحاً. منذ ذلك الحين، استمر العالم خارج المجرة في النمو. اليوم، تضع مجرة درب التبانة بين 200 مليار مجرة في الكون المرئي أو ربما أكثر، يمتد نصف قطرها إلى 15 مليار سنة ضوئية. لقد تقلص الإنسان في الفضاء. نحن أصغر من مجرد جسيم مادي مادون ذري في الكون. وبالمثل، تقلص موقع البشر وأهميتهم إلى حد كبير بمرور الوقت. وهذا ليس مفاجئاً لأن الفضاء يسير جنباً إلى جنب مع الزمن، حيث يرتبطان معاً بسرعة الضوء. لإثبات عدم أهمية التاريخ البشري في تاريخ الكون، لنفحص تقويمًا كونيًا يعزى إلى كارل ساغان، حيث يتم ضغط 15 مليار سنة من الكون في عام واحد. سيحدث الانفجار الكبير في 1 يناير. سيحدث تشكيل درب التبانة في 1 أبريل-نيسان. لن يتشكل النظام الشمسي حتى 9 سبتمبر-أيلول. ستظهر أول خلية حياة على الأرض في 25 سبتمبر. أقدم الأحافير (تلك الخاصة بالبكتيريا ريس والطحالب الزرقاء) من 9 أكتوبر. سيتم اختراع الجنس عن طريق الكائنات الحية الدقيقة في 1 نوفمبر كل ارتقاء للإنسان سيحدث في الشهر الأخير من العام. دخلت أول سمكة المشهد في 19 ديسمبر. ستصل الزواحف الأولى في 21 ديسمبر. ستظهر الأشجار الأولى في 23 ديسمبر، أول الديناصورات في 24 ديسمبر، أول الثدييات في 26 ديسمبر والطيور الأولى في 27 ديسمبر.

سيشهد 28 ديسمبر إبادة واختفاء الديناصورات، ربما بعد تأثير اصطدام كويكب أثار سحابة كبيرة من الغبار، مما يحجب ضوء الشمس. ثم يغطي البرد الأرض ويقتل النباتات والحيوانات العاشبة. لن يظهر الإنسان المتحضر حتى الدقيقة الأخيرة من اليوم الأخير من السنة. سيتم إنتاج لوحات كهوف ليسكو Lascaux في الساعة 11.59 مساءً 31 ديسمبر. الحضارات الراقدينية كالسومرية والبابلية والآشورية والحضارة المصرية ظهرت على الأرض وعلم الفلك سوف يرى ضوء النهار فقط في آخر 10 ثوانٍ من العام الساعة 11:59:59 مساءً أن بوذا والمسيح سيظهرا فقط خلال الثواني الخمس الأخيرة (تاريخ ميلادهما هو 31 ديسمبر في

11.59.55 مساءً و11.59.56 مساءً، النهضة ستحدث في أوروبا وولادة العلم خلال الثانية الأخيرة من العام وغزو الفضاء، والبحث عن حياة أخرى على كواكب أخرى، ولأن الذكاء سيف ذو حدين، فإن قدرة الإنسان على التدمير الذاتي لن تحدث إلا في آخر جزء من الثانية من السنة. لذلك ترى أن الإنسان تقلص إلى حد كبير في الوقت المناسب. تسارع صعود التعقيد تدريجياً نحو النهاية، ويمثل الإنسان المتحضر جزءاً بسيطاً من مدة التطور الكوني.

تطور علم الفلك بشكل جيد منذ ذلك الحين. لم تكن هذه الإسقاطات المجسمة في السماء علمية للغاية. اكتشفنا ألمع النجوم في الأبراج. لقد ربطناهم عقلياً بخطوط مستقيمة وحددنا الأشكال الهندسية التي تم الحصول عليها مع الأشكال المألوفة من الحياة اليومية. لم تكن هذه التشكيلات المخصصة للأبراج عالمية، ولكنها اختلفت وفقاً للمجتمعات والثقافات. لم تكن الأبراج الصينية مماثلة لتلك التي لدى الإغريق. الفلكي الحديث لم يعد يتوق وينقاد لرغباته ونبضات في السماء. بفضل الضوء الذي يحمل معلومات تم جمعها في تلسكوباته، قام بتفكيك رسالة السماء بطريقة علمية. بفضل قوانين الفيزياء والملاحظات الفلكية، يعرف أن النجوم التي تتكون منها الأبراج تتحرك وأن أحفادنا في غضون بضعة مئات الملايين من السنين لن يروا نفس الأنماط. الظواهر غير العادية التي نكتشفها في الكون، النجوم الزائفة، النجوم النابضة، الثقوب السوداء، سوف نفهمها كحقائق جديدة، ولكن بالتأكيد ليست إسقاطات لأوهام ورغبات وعينا البشري. العالم موجود بشكل مستقل عن دماغ الإنسان الذي يكتشفه. الكون ليس نتاج نشاط الدماغ البشري. غالباً ما تكون أبسط الأحداث هي الأكثر إفادة. تم صياغة مشكلة ظلام السماء بالرغم من مليارات النجوم في عام 1823 من قبل الألماني هاينريش أولبرز Olbers وغالباً ما يُعرف باسم "بار دوكس دولر"، على الرغم من أن آخرين، مثل كيبلر، كانوا مهتمين بذلك قبله. كان لدى أولبرز المنطق التالي: وفقاً لنبوتن، كان الكون لا نهائياً، يسكنه عدد لا نهائي من النجوم. هذا يعني أنه، أينما تحولت النظرة، يجب أن تلتقي دائماً بنجم ذو سطوع يضاهي نجم الشمس. يبدو الأمر كما لو كنت في وسط غابة كثيفة للغاية. أينما نظرت، سيتم إيقاف بصرك من خلال جذع شجرة. يجب أن يكون الليل مشرقاً مثل النهار. ومع ذلك فهو أسود معتم ومظلم. كانت هناك محاولات عديدة لتفسير هذه الفقرة، وقد ثبت أنها غير صحيحة. كان علينا أن ننتظر حتى ظهور نظرية الانفجار العظيم في القرن العشرين لحل المشكلة. في الواقع، الانفجار العظيم يحدد للكون المرئي بداية مفترضة، لأنه لم يكن موجوداً دائماً قبل الانفجار العظيم. تم إنشاؤه قبل 13.8 مليار سنة فقط. لأن انتشار الضوء ليس لحظياً ويستغرق وقتاً للوصول إلينا، يمكننا فقط رؤية النجوم والمجرات التي تكون على مسافة تساوي أو تقل عن 14 مليار سنة ضوئية. فالضوء القادم من الأجرام السماوية الواقعة خارج هذا الأفق لم يكن لديها الوقت حتى الآن للوصول إلينا. لأن رؤيتنا لا تمتد إلى ما لا نهاية، لا يمكن أن يكون هناك عدد لا نهائي من النجوم. بالإضافة إلى ذلك، نحن نعلم اليوم أن النجوم لا تتألق إلى الأبد. فهي تولد وتسطع وتتفاعل طاقوياً وتموت عندما ينفد الوقود. وذلك يقلل عددها مع مرور الزمن إلا إذا افترضنا استمرار عمليات ولادة نجوم أخرى على الدوام. ومع ذلك يمكن أن تكون السماء مظلمة لأنه لا يوجد عدد لا نهائي من النجوم. كانت هذه مشكلة حيرت إدغار آلان بو بشكل كبير. لقد كتب بعض الصفحات اللطيفة للغاية حول هذا الموضوع.

فكر إدغار آلان بو بجديّة شديدة في مشكلة الليل المظلم والسماء المظلمة التي تنبأ بها: لقد كتب عنها بطريقة شعرية للغاية: بدلاً من النجوم التي أوقفت المنظر أينما تحولت، تحدث عن الجدران الذهبية للكون الذي أغلق العين. حتى أنه اقترح في عام 1848 (بعد خمس وعشرين سنة فقط من بيان المفارقة من قبل Olbers) حلاً يشبه بشكل مدهش الحل الحديث للمشكلة. في مقال بعنوان "يورিকা"، قصيدة نثرية، أطلق العنان لتأملاته الكونية، وتحدث عن كون في حالة التمدد والانكماش الإيقاعي والليل المظلم لأن الفضاء شاسع جداً لدرجة أن الضوء من الجدران الذهبية لم يكن لديه الوقت للوصول إلينا. لم يكن إدغار آلان بو مجرد خبير في فن التخيل وكتابة القصص المثيرة، وبهذه الطريقة اخترع القصة البوليسية. كان لديه أيضاً حدس مدهل حول الكون، والذي تم تأكيده بعد ذلك بقرن من خلال اكتشاف توسع الكون ونظرية الانفجار العظيم التي تلت ذلك. تتحدد علاقة الإنسان بالكون من خلال المبدأ

الأنثروبيanthropie وهنا يجب أن نوضح أولاً أن مصطلح الإنسان يأتي من الكلمة اليونانية anthropos التي تعني الإنسان. المبدأ الأنثروبي anthropie الإنسي، كما أسماها عالم الفيزياء الفلكية الأسترالي براندون كارتر، يتحدث عن الرابط الذي يوحد الإنسان بالكون. إنه يحتج على رؤية الموت للمفكرين مثل عالم الأحياء الفرنسي جاك مونود، الذين لا يوجد لديهم هذا التوجه والاعتقاد. ظهر الإنسان بالصدفة في كون لا يبالي به. وهذه هي النسخة الضعيفة من مبدأ الأنثروبي لكنها واضحة: خصائص الكون أن تكون متوافقة مع وجودنا. يجب أن تمتلك كل ذرة ونجم ومجرة وقوانين فيزيائية تحكمها، تمامًا، وهي الخصائص المطلوبة لتوليد كائن قادر على الوعي والذكاء. إذا كان الكون أكثر سخونة أو برودة، أكبر أو أصغر، إذا كان توسعه أسرع أو أبطأ، فلن نكون موجودين للحديث عنه. نحن نعلم أننا موجودون وأن خواص الكون يجب أن تنظم من أجل تفضيل وجودنا. إن المبدأ الأنثروبي البشري الضعيف واضح لدرجة أنه مقبول من جميع العلماء. لكن الأمر الأكثر إثارة للجدل هو النسخة القوية من هذا المبدأ. يفترض المبدأ الأنثروبي القوي وجود نية في الطبيعة؛ يقول إن الكون يميل نحو الإنسان. في حين أن المبدأ الضعيف يرضى بالقول إن وجودنا يعتمد على كون صالح للسكن ليس إلا، فإن المبدأ القوي يقول إن الكون يجب أن يكون بالضرورة صالحًا لظهور الحياة وهو موجود ومصمم لهذه الغاية بالذات. لقد عبر الفيزيائي الأنجلو أمريكي فريمان دايسون بإيجاز عن المبدأ الأنثروبي القوي: " في مكان ما، عرف الكون أن الإنسان قادم " أود هنا توسيع مبدأ الأنثروبولوجيا. وأتحدث عن الإنسان، ولكن ربما يكون من الأدق التحدث عن الوعي أو الذكاء القادر على فهم جمال الكون وتناغمه. حتى إشعار آخر، يمثل الإنسان (مع بعض الأنواع الحيوانية القريبة منه) الشكل الوحيد للوعي والذكاء الذي نعرفه، ولكنه ذكاء إضافي. الحضارات البشرية الأرضية قد تكون موجودة أيضاً على كوكب آخر يدور، حول نجم آخر مثل شمسنا. أنا مندهش دائماً عندما أعتقد ذلك فهناك 100 مليار خلية عصبية في دماغي قادرة على تحقيق درجة كافية من التنظيم المعقد ومعدة لاكتشاف القوانين الفيزيائية والرياضية التي تحكم الكون. كيف تم ترتيب هذا النظام العصبي حتى تتمكن من إدراك الكون الذي أنتجنا؟ لأننا مجرد غبار نجمي، مصنوع من عناصر كيميائية متموضعة في بوتقات نجمية، تطرد في الوسط النجمي بواسطة المستعرات الكبرى السوبرنوفا supernovas. اجتمعت هذه العناصر معاً لتشكل كواكب وملاذات الحياة. لا يوجد سبب، بدهاءة، يمكننا من اكتشاف قوانين تبدو جيدة لتبني الخطوط المتعرجة للطبيعة. وهذه القوانين التي نضعها في زاوية صغيرة من العالم، على حبة الرمل الصغيرة في الكون، يمكن أن تفسر الظواهر التي تحدث على بعد مليارات السنين الضوئية. يمكنني أن أفسر الخواص الفيزيائية للأجرام السماوية حتى الآن لأن ضوءها انطلق حتى قبل أن تصنع الذرات في جسدي. هذا هو الذهول الذي أراد أينشتاين أن يعبر عنه بقوله "أن ما هو غير مفهوم هو أن الكون مفهوم" ، أو حتى الفيزيائي الهنغاري الأمريكي يوجين وينر عندما تحدث عن "الفعالية المذهلة للرياضيات" في وصف العالم. باختصار، يمكننا تلخيص المبدأ الأنثروبي القوي بالقول إنه هدية من الوعي للسماح لنا بالتفكير في كيفية خلق العالم. نعم. أعتقد أن للكون معنى فقط إذا كان هناك مراقب يصبح مدرغاً له. لا يوجد سبب لوجود كون خالي وعتيم. ما هو الأساس العلمي للمبدأ الأنثروبي؟ يرتكز مبدأ الأنثروبي على ملاحظة أن الكون يبدو منظماً بدقة استثنائية حتى يظهر الوعي فيه. كيف نعرف؟ بالطبع، لا يمكنك إعادة الانفجار الكبير في المختبر للتحقق من هذا الإعداد، لأن ظروف الكون عند ولادته كانت شديدة للغاية. لقد كانت ساخنة وكثيفة لدرجة أنه لإعادة إنتاج الطاقة في اللحظة الأولى، سنحتاج إلى معجل للجسيمات بحجم الكون المرئي برمته، فمن المستحيل تحقيق ذلك. ولكن، من ناحية أخرى، يمكن للفيزيائيين الفلكيين وعلماء الكونيات الكوزمولوجيين أن يلعبوا دور الإله الإبداعي باستخدام أجهزة الكمبيوتر الخاصة بهم

ومعادلاتهم لبناء نماذج الكون عن طريق المحاكاة، والتي أسميها أكوان اللعب. لفهم كيفية تطوير هذه الأكوان الافتراضية، يجب أن نعرف أن كوننا يتحدد بأربع قوى أساسية وجوهرية وخمسة عشر رقمًا تسمى الثوابت الفيزيائية. تحكم القوى الأربع (قوة الجاذبية، والقوة الكهرومغناطيسية، والقوى النووية القوية أو الشديدة والقوة النووية الضعيفة) أي تفاعل بين جسيمين في الكون. تحدد الثوابت الفيزيائية، من بين أشياء أخرى، حجم وكتلة الأشياء في الحياة. هذه هي الأرقام التي تحدد وزنك، حجمك، وزن الأرض أو كتلة النجوم. كان من الممكن أن تختار الطبيعة بالفعل أن تجعلنا بحجم النمل ووزن الريشة بدلاً من أن يبلغ ارتفاعنا في المتوسط 1.60 م ووزننا 65 كغم. هذه الأرقام، على سبيل المثال، سرعة الضوء، كتلة البروتون أو الإلكترون، ثابت بلانك الذي يحدد حجم الذرات، أو ثابت الجاذبية الذي يحدد شدة قوة الجاذبية. تم تحديد قيمة هذه الأرقام بدقة كبيرة في مختبراتنا، ولكن ليس لدينا نظرية لتفسير سبب امتلاكها تلك القيم بدلاً من أخرى. لا نعرف لماذا ينتشر الضوء بسرعة 300000 كم في الثانية، بدلاً من 3 م في الثانية. هذه الأرقام مقدمة لنا وعلينا أن نعيش معها وهي موجودة في الأساس قبل وجودنا ونحن اكتشفناها. يقوم علماء الفيزياء الفلكية ببناء سلسلة من أكوان المحاكاة الافتراضية مع قوانين وثوابت فيزيائية مختلفة في كل مرة. والسؤال النهائي هو بالطبع: هل ينشأ الوعي في نهاية 15 مليار سنة؟ أخيراً، الوعي كما نعرفه، الذي تكون ركانزه مادة عضوية، استناداً إلى الكيمياء الحيوية للكربون والمصنوعة من اللوالب المتشابكة للحامض النووي DNA. هذا النوع من الدراسة هو بالضرورة مجسم، وهذا هو النقد الموجه ضدهم بشكل عام، ولكن، حتى إشعار آخر، نحن الشكل الوحيد للحياة الذي نعرفه في الكون.

هل ما هو موجود في هذه الأكوان الافتراضية وهم أم يمكن أن يكون حقيقة؟ الجواب مدهش: الغالبية العظمى منها عقيم. إنها تخلو من الحياة والضمير والوعي. ولو قمنا بتغيير الثوابت المادية قليلاً لن تظهر الحياة. لنأخذ بعض الأمثلة. دعونا نزيد من كثافة القوة النووية القوية بنسبة قليلة. لن تظل البروتونات، في نوى الهيدروجين، قادرة على البقاء حرة. سوف تتحد مع البروتونات والنيوترونات الأخرى لتكوين نوى ثقيلة. بدون هيدروجين، لا يوجد ماء، لا حمض نووي ولا حياة. فلنخفض بعد ذلك كثافة القوة النووية القوية. لن يتمكن الهيدروجين من الاندماج في الهيليوم، ولن تكون التفاعلات النووية قادرة على البدء في قلوب النجوم. لن تكون هذه قادرة على توفير الطاقة والعناصر الثقيلة الضرورية للحياة. بما أن القوة النووية القوية ترفض السماح لنفسها بالتغيير، فلنقم بضرب كثافة الجاذبية في 10. الكون سيكون أصغر، وسوف تتسارع حياة النجوم. لن يكون للنجوم سوى جزء واحد من المليون من كتلة الشمس، أي أن كتلة أقل بـ 10 ملايين مرة من كتلة شمسنا، تعني أن الكائنات الحية ستعيش فقط لمدة عام وتستهلك الشمس كل وقود الهيدروجين الخاص بها بسرعة كبيرة جداً ما يعني عدم توفر الزمن اللازم للسماح بالتطور الكوني لتسلك سلم هرم التعقيد الذي يؤدي إلى الحياة. حتى لو كان من الممكن تشكيل هياكل الحياة، فإنها لا يمكن أن تنمو لأنها ستتكسر بسبب الجاذبية. في وضع اليأس، دعونا نخفض شدة قوة الجاذبية. تصبح الجاذبية ضعيفة جداً لدرجة أن السحب بين النجوم لم تعد قادرة على الانهيار لتولد النجوم. بدون نجوم، لا معادن ثقيلة ولا حياة. يمكنك تغيير أي ثابت مادي آخر، والنتيجة هي نفسها دائماً: إن أكوان المحاكاة الافتراضية التي تختلف قوانينها وثوابتها الأساسية قليلاً عن قوانيننا هي دائماً عقيمة وخالية من أي مراقب. باختصار، تمت تسوية هذه الثوابت مسبقاً قبل وقوع الانفجار العظيم، كل هذا يستغرق وقتاً، على الأقل بضع مليارات من السنين. وهذا هو سبب كون الكون المرئي كبير جداً، يمتد نصف قطره لأكثر من 15 مليار سنة ضوئية. الكون كبير في الزمان والمكان لأنه كان بحاجة إلى هذه العظمة لتحضير ظهور الوعي. لا ينبغي أن يكون باسكال حريصاً أمام "الصمت الأبدي

لهذه المساحات اللانهائية" المساحات التي لا حصر لها هي التي جعلت الكون صالحًا للسكن وفق مبدأ الأنثروبي. فمركزية الكينونة. ليس في المكان أو الزمان، ولكن في تصميمات الكون وهندسته. هناك خياران ممكنان يتمثل الأول في القول بأنه لم يكن هناك تعديل وأن كل شيء حدث صدفة. في هذه الحالة يمكننا استحضار نظرية الأكوان الموازية للفيزيائي الأمريكي هيوغ إيفريت ، وكلها منفصلة عن بعضها البعض ولا يمكن الوصول إليها لرصدها. يتم تمكين هذه النظرية بواسطة ميكانيكا الكموم. في هذه الأكوان المتوازية، سيكون هناك كل مجموعات ممكنة من الثوابت والقوانين الفيزيائية. الغالبية العظمى من الأكوان ستكون عديمة الجدوى باستثناء كوننا، الوحيد ربما الذي فاز بالجائزة الكبرى على حد تعبير العالم بول ديفيز! وهكذا فإن علم الكونيات الحديث يعطي الأمل للإنسان. يخبرنا أننا في تعايش مثالي مع كون لم يعد غير مبال لنا وقد تم إنشاؤه بطريقة دقيقة للغاية للسماح لنا بأن نكون هناك. واليوم، لكي يظهر الإنسان، يجب على النجوم الضخمة أن تصنع العناصر الثقيلة الأساسية للحياة (مثل النيتروجين أو الأكسجين)، التي في نهاية وجودها، في عذابها المتفجر، تنتشر هذه العناصر في الوسط النجمي لتوليد الكواكب التي ستنشأ فوقها الحياة. يتألف أحد أشكال هذه الفكرة من الأكوان الموازية، بفضل الفيزيائي الأمريكي جون ويلر ، في القول بأن الكون يمر بسلسلة من التوسعات والانقباضات والانكماشات، وأنه يعيد قوانين مختلفة وثوابت فيزيائية مع كل توسع جديد. نحن، بالصدفة، في دورة توسع حيث يؤدي الجمع بين الثوابت الفيزيائية إلى ظهور الوعي. مرة أخرى، هذا السيناريو، في الوقت الحاضر، يصنف في عالم الخيال العلمي. لا نعرف ما إذا كان الكون سينهار أم لا. لقد تحدثنا بالفعل عن ذلك. وحتى إشعار آخر، فإن توسع الكون أبدي. الخيار الثاني هو رفض فكرة الصدفة. ونعتقد إن كوننا فريد من نوعه، وكان هناك تعديل دقيق للغاية، تم إجراؤه بواسطة مبدأ الخلق لإحضار ذكاء قادر على فهم هذا الكون. لنستخدم عنوان كتاب مونود الشهير، علينا أن نختر بين "الصدفة والضرورة"!

لا يمكن للعلم أن يقرر بين هذين الخيارين. هناك من يراهن على الاحتمال الثاني ، مثل العالم الفيزيائي الفرنسي من أصل فيتنامي تران هيوان ثيوان ، البوذي المتدين، لأنه يجد أن من السهل جدًا افتراض ما لا نهاية من الأكوان التي يتعذر الوصول إليها للمراقبة والتحقق التجريبي. وهذا يسيء إلى بساطة واقتصاد القوانين الطبيعية. لماذا تخلق مليارات الأكوان التي تكون كلها عقيمة ولا تحصل إلا على كون واحد خصب؟ أيضا، القول بأننا هناك بالصدفة يعني أن الكون ليس له معنى وهذا يؤدي إلى اليأس. شاهد صرخة الضيق للعالم الحاصل على جائزة نوبل الأمريكية في الفيزياء ستيفن واينبرغ: "كلما زاد فهمنا للكون، كلما بدا لنا بلا معنى". فلماذا لا تراهن على المعنى والأمل بدلاً من ذلك؟ علماً أنه لا يمكن أبداً إثبات المبدأ الأنثروبي القوي علمياً. يعمل المبدأ الأنثروبي في الاتجاه المعاكس للنهج المعتاد للعلوم. يتوقع العلم أنه خلال 4.5 مليار سنة، تصبح الشمس عملاقاً أحمر، سوف تنتفخ لتغمر عطاردهم والزهرة، ثم تنهار لتصبح قزماً أبيض ما يعني نهاية كل أشكال الحياة على الأرض. إن المبدأ الأنثروبي هو بيان خلفي: نحن هناك. ماذا يمكننا أن نقول عن الظروف الأولية للكون؟ في حد ذاته، لا يمكن للمبدأ الأنثروبولوجي أن يحمل حقائق عظيمة. حتى أن بعض العلماء يتهمه بأن يكون له تأثير ضار. وإثارة فكرة النهاية، لمشروع الكون، فإن المرء يخاطر بفقدان اكتشافات عظيمة. في الواقع، إذا رضينا، لأي ظاهرة غير مفسرة في الطبيعة، أن نرد: "يجب أن تكون الأمور على هذا النحو حتى يصبح الوجود البشري ممكناً!«، لن يتقدم العلم. لا، أعتقد أن المبدأ الأنثروبولوجي يمكن أن يوجه حدسنا إلى توجيهنا إلى الطريق الصحيح الذي سيقودنا إلى كشف أسرار الطبيعة، ولكن لا يمكن بأي حال من الأحوال أن يحل محل النهج العلمي الكلاسيكي. لم يجلب لنا التفكير الأنثروبي حصداً من الاكتشافات العلمية، ولكن

هناك حالة واحدة على الأقل في سجلات العلوم حيث جعل هذا النوع من التفكير من الممكن اتخاذ خطوة كبيرة إلى الأمام.

القصة تستحق الرواية، لأنها جميلة. في الخمسينيات من القرن الماضي، كانت نظرية الانفجار الأعظم لا تزال في مهدها. لقد علمنا بالفعل أنه لا يمكن إنتاج الهيدروجين والهيليوم إلا في الانفجار الكبير، وأن جميع العناصر الأخرى تدين بوجودها للكيمياء النووية للنجوم. لكن كان هناك لغز كبير: كيف صنعت النجوم الكربون من الهيليوم، الكربون الذي هو أساس الحياة؟

لصنع نواة كربونية، يجب لحام ثلاث نوى هيليوم معًا. اللحام الثاني سهل. يتم تسخين الغاز الموجود في قلب النجم إلى عشرات الملايين من الدرجات، وهي درجة حرارة تؤدي إلى تصادمات شديدة بين نوى الهيليوم. خلال هذه التصادمات، يمكن الجمع بين نواتين بفضل القوة النووية القوية التي تعمل كغراء. لكن احتمال لقاء ثلاثة في نفس الوقت منخفض للغاية. ربما يصنع النجم بعد ذلك نوى الكربون على مرحلتين: الجمع بين نواتين من الهيليوم لتكوين نواة البريليوم، ثم دمج نواة البريليوم مع نواة الهيليوم لإنشاء نواة الكربون. ولكن لأجل ذلك، فإن مستويات الطاقة لهذه العناصر الثلاثة يجب أن تكون متوافقة. قام عالم الفيزياء الفلكية البريطاني فريد هويل (الشخص الذي اقترح نظرية الكون الثابت) بالحسابات ووجد أن مستوى طاقة الكربون الذي حصل عليه لا يتوافق مع أي من تلك المستويات المعروفة. ثم قام بعمل تجربة فكرية: نحن موجودون ومصنوعون من الكربون، لذا يجب أن يكون هذا المستوى من الطاقة موجودًا! كان قادرًا على إقناع ويليام فولر بالذهاب إلى مختبره، ووجد مستوى طاقة الكربون بالضبط حيث تنبأ هويل! لقد استرشد التفكير الأنثروبي بحدس هويل، لكنه لم يستطع التوقف عند هذا الحد. لكي يتم قبول النظرية، يجب اختبارها تجريبيًا. لقد تحدثنا أعلاه عن هذه الثوابت التي تم تنظيمها بدقة بحيث يمكن أن يظهر نوع معين من الذكاء أو الوعي داخل الكون. من المدهش أن نرى تفاعلهم مع بعضهم البعض. هناك تضامن بين القوانين الفيزيائية بنفس الطريقة التي يوجد بها تضامن بين الألواح الأولية. علم الكون الحديث أعاد الإنسان إلى الكون. إنه يشعر بالتضامن مع العالم لأنه يعرف أن الكون هو الذي خلقه. من فراغ مملوء بالطاقة، على مدى 14 مليار سنة تقريبًا، تسلق الكون خطوة بخطوة هرم التعقيد لينتج بدوره الكواركات والبروتونات والإلكترونات والذرات والجزيئات، النجوم والمجرات والكواكب والرجال. لقد ذهبت الرؤية اليائسة للقرن التاسع عشر لكائن غريب فقد في الكون منذ فترة طويلة.

إن ظهور الوعي هو بالنسبة للعديد من العلماء بمثابة استمرارية من نفس نوع الانفجار الكبير، وهذا يعني قطيعة جذرية مقارنة بما كان موجودًا من قبل (على الرغم من أن الجزء الأمامي من الانفجار الكبير هو فكرة غير محددة) أو حتى عندما ظهرت الحياة، عندما كان هناك نوع من حساء البريبايوتك مع تركيبات خفية من العناصر الكيميائية؟ هل هناك عنصر مختلف جذريًا عن لحظة ظهور الوعي؟ يشدد علماء البيولوجيا على صعوبة التحديد الدقيق للحظة التي نشأ فيها الوعي خلال التطور الدارويني. يبدو أن الذكاء بين أنواع الحيوانات مرتبط بنسبة كتلة الدماغ إلى كتلة الجسم. هذه النسبة أعلى بكثير بالنسبة للثدييات (التي ننحدر منها) والطيور منها للأسماك والزواحف. على سبيل المثال، يمكن أن يزن الديناصور 10000 كغم ولديه دماغ واحد فقط لا يتعدى الـ 50 غرامًا، بينما يمكن للدماغ البشري أن يزن 10 مرات أكثر، أي 500 غرام، في حين أن وزن جسده 70 كغم فقط. ليس هناك شك في أن الإنسان أذكى من الديناصور. لكن التمييز أقل وضوحًا عندما يتعلق الأمر بالحيوانات الرئيسية مثل الشمبانزي أو الدلافين الذين لديهم علاقة دماغ / جسم قريبة جدًا من العلاقة الموجودة لدى البشر. هل

لدى إنسان الغاب البدائي أو الدلفين ضمير؟ هل هناك حقا تقارب بين هذه الأنواع الحيوانية والبشر؟ لا شيء مؤكد. تظهر الدراسات ذلك حيث تتواصل قردة الشمبانزي والدلافين من خلال لغة خاصة لديها يمكننا تعليم لغة إشارة الشمبانزي، وتتواصل بها معها لكنها بدائية ومحدودة وبواسطتها تظهر هذه الحيوانات مشاعر إنسانية تمامًا مثل الحب أو الحزن أو الفرح أو الشفقة أو الألم. بالطبع، لا نراهم يبنون الكاتدرائيات، أو كتابة رواية الحرب والسلام أو لتأليف السيمفونيات، لكن القرد أو الشمبانزي لا يفهم ألا يملك جمال الكون بطريقته الخاصة؟ رأينا عصابات من الشمبانزي مصدومة أمام غروب الشمس. فالإنسان هو كائن واعٍ لنفسه وبيئته، قادر على فهم الكون من حوله، ويطرح أسئلة حول وجوده ومصيره. فرسومات كهف لاسكو، على سبيل المثال، دليل على إنسانية البشر، وممارسة الفن طريقة لتجاوز الوجود الحيواني البحت. كان لدى الرجل في كهوف لاسكو بالفعل قشرة جديدة متطورة مكنته من القيام بأنشطة لم تعد مخصصة حصريًا لبقائه على قيد الحياة أو لإرضاء غرائزه الأساسية، الغرائز التي حافظ عليها دماغه كما لدى الزواحف. ربما كان لديه بالفعل شعور بقوة خفية سامية وخالقة. إن هذا الشعور بوجود سمو هو، أحد أعمق خصائص الإنسان. هذا لا يعني تصديق قصة الخلق الدينية التوراتية المسيحية الإسلامية وخلق الإنسان على صورة الله وخلق هذا الأخير لأدم وحواء من ضلع آدم وارتكاب الخطئة بعصيان أوامر الله وأكل ثمرة شجرة معرفة الخير والشر كما تقول الأديان السماوية. دعونا نعود إلى وقت ظهور الحياة. تم إجراء تجارب لصدم مزيج من الأيونات والميثان مع الصدمات الكهربائية. وقمنا بإعادة إنتاج الأحماض الأمينية. لكنها لا تزال بعيدة عن الحمض النووي الأصلي المرتبط بالحياة. خاصة وإن الأمر يحتاج إلى طفرة وراثية وقفزة نوعية من حيث مظهر الحياة ونشأتها. كيف يمكن أن تنشأ الحياة والوعي من الجزيئات والذرات الجامدة؟ علم الأحياء الحديث لا يزال بعيدًا عن الإجابة على هذا السؤال.

من الناحية الفلسفية، هناك حالة انقطاع أو حلقة مفقودة. أعتقد أنه كان هناك نوع من قفزة كمومية في التطور الدارويني سمحت للعقل بالظهور. يمكنني أن أتخيل أن المادة النقية يمكن أن تولد الوعي، هذا يمكن للشبكات العصبية، التي تجاوزت عتبة معينة من التعقيد، أثناء التطور المستمر، أن تولد شرارة الحياة. علاوة على ذلك، فإن وجهة نظر التطور المتقطع هذه هي وجهة نظر علم الأحياء الحديث. الفكرة، العزيزة على داروين، أن التطور يسير بخطوات صغيرة، وبدرجات لا يمكن إدراكها، باستمرار، يبدو أنها موضع تساؤل منذ السبعينيات من قبل علماء الأحياء البارزين مثل ستيفين غولد ونييلز إردريج. وبالاعتماد على علم الحفريات، تظهر هذه أنه إذا كان التطور مستمرًا، فيجب أن نجد العديد من الأحافير التي تمثل جميع الأشكال الوسيطة بين مجموعات كبيرة من الكائنات الحية. دحض داروين هذه الحجة، بحجة أن السجلات الجيولوجية كانت غير مكتملة للغاية، وأن كل ركن من أركان الكوكب لم يتم حفرها أو التنقيب فيها، وأن جميع الأنواع القديمة لم يتم حفظها في شكل أحفوري. ولكن بحسب غولد وإردريج، إذا كان هناك الكثير من الروابط والحلقات المفقودة ذلك أنها قد تكون غير موجودة! التطور الدارويني يتقدم بسرعة فائقة!]" أحب أن أتخيل أن الحياة ظهرت مع إحدى هذه القفزات.

لذلك لضرورة للاعتقاد بأن الكيمياء يمكن أن تنزلق إلى علم الأحياء بشكل مستمر. بل قد يكون هناك حقا جدار بينهما. تعود الكلمة الأخيرة إلى أخصائي الأعصاب. والأمر متروك لهم ليثبتوا لنا علميا ما إذا كانت المادة يمكن أن تولد العقل، أو تتجاوز درجة معينة من التعقيد.

هذا يقودنا إلى أكثر المواضيع مضاربة وإثارة للسجال علم الكون الحديث: والمستقبل البعيد للكون المرئي. لا يوجد مفهوم رومانسي أكثر من اللانهاية، ولكن في العلم يمكن أن يؤدي المفهوم بسهولة إلى الارتباك. تخيل أن الكون لا نهائي في امتداده المكاني. دعونا نتخيل أيضًا أن نفس القوانين صالحة في كل مكان، ولكن تم اختيار الشروط الأولية بشكل عشوائي. إنها صورة الكون النهائي التي صاغها بولتزمان Boltzmann، أي الكون البولتزمان. كل شيء تقريبًا في هذا الكون اللامتناهي موجود في توازن ديناميكي حراري. أي شيء مثير للاهتمام يحدث هناك نتيجة التقلبات fluctuations. ولكن أي شيء يمكن أن يحدث في التذبذب سيحدث في مكان ما، وإذا كان هناك عدد لا نهائي من "مكان ما" متاح، فإن كل تذبذب، بغض النظر عن مدى احتمالية حدوثه، سيحدث عددًا لا نهائيًا من المرات. وهكذا، فإن كوننا الذي يمكن ملاحظته ورصده يمكن أن يكون فقط تقلبًا إحصائيًا كبيرًا. إذا كان الكون لا نهائيًا حقًا، فإن كوننا الذي يمكن ملاحظته، والذي يبلغ قطره 93 مليار سنة ضوئية، سيعيد نفسه لعدد لا نهائي من المرات من خلال اللانهاية للفضاء. لذلك، إذا كان الكون لانهايتي وبولتزمان، فنحن موجودون، تمامًا كما نحن، ونكرر الأفعال، تمامًا كما نتصرف، عدد لا نهائي من المرات. وهذا اليقين يتناقض مع مبدأ الفيلسوف لايبنيوز الذي يقول أنه لا يمكن أن يكون هناك مكانان متطابقان في الكون. ولكن أي تغيير ولو كان طفيفاً في القيم والثوابت قد يصل بنا إلى تكوين مختلف للكون. كل من هذه التكوينات الحالية هي طريقة ممكنة لتنظيم الذرات في جوارنا. لذلك يحدث كل واحد منا بعدد لا نهائي من المرات والنسخ في اللانهاية للفضاء.

إنه سيناريو رهيب. يثير أسئلة أخلاقية، فلماذا يجب أن أهتم بعواقب الاختيارات التي أتخذها، إذا تم اتخاذ جميع الاختيارات الممكنة الأخرى بواسطة إصدارات أخرى مني في مناطق أخرى من الكون اللامتناهي؟ يمكنني اختيار رعاية طفلي في هذا العالم، ولكن ألا ينبغي أن أقلق بشأن مصير أطفالي في العوالم الأخرى الذين يعانون نتيجة لقرارات سيئة اتخذتها نفسي الأخرى؟ بالإضافة إلى هذه الأسئلة الأخلاقية، هناك أسئلة تتعلق بفائدة العلم. إذا كانت الحقيقة الحقيقية للعالم أن كل شيء من المحتمل أن يحدث، ثم يتم تقليل مجال التفسير بشكل كبير. يتطلب مبدأ لايبنيوز للسبب الكافي أن يكون هناك سبب منطقي وراء كل حالة يكون فيها الكون قد وجد بطريقة ما ولكن يمكن أن يكون كوناً آخر. ولكن إذا كان الكون ممكناً على أي حال، فلن يتبقى شيء لتفسيره. يمكن للعلم أن يمنحنا لمحة عن الظروف المحلية، ولكن في نهاية التمرين سنتعاطى مع كون عقيم، لأن القانون الحقيقي سيكون ببساطة أن كل ما يمكن أن يحدث سيحدث لعدد غير محدود من المرات الآن. إنه شكل من أشكال اختزال النموذج العبثي للنموذج النيوتوني الممتد إلى علم الكونيات - ومثال آخر على الخطأ الكوني. أسميها مأساة اللانهاية البولتزمانية. أحد أسباب هذه المأساة هو أن القوة التنبؤية للفيزياء تنخفض بشكل كبير، لأن الاحتمالات لا تعني ما تعتقد أنها تعني. لنفترض أنك تجري تجربة تتوقع ميكانيكا الكموم أن النتيجة أ محتملة بنسبة 99% والنتيجة ب 1%. لنفترض أنك كررت التجربة 1000 مرة. ثم يمكنك الانتظار حتى حوالي 990 من هذه المرات تكون النتيجة أ. ستكون واثقاً في الرهان على أ ، لأنه يمكنك بشكل معقول توقع حوالي 99 نتيجة أ لكل نتيجة ب. سيكون لديك فرصة جيدة لتأكيد توقع ميكانيكا الكموم. لكن في الكون اللامتناهي، هناك عدد لا نهائي من النسخ منك تدرك التجربة. في عدد لا نهائي من هذه النسخ، تلاحظ النتيجة أ. ولكن هناك أيضاً عدد لا حصر له من النسخ التي تلاحظ النتيجة ب. لذلك، فإن توقع ميكانيكا الكموم بأن إحدى النتيجتين هي 99 مرات أكثر تكراراً من الآخر لا يمكن التحقق منها في الكون اللانهايتي. وهذا ما يسمى مشكلة القياس في علم الأكوان الكمومي. بعد القراءة والاستماع إلى الأشخاص الرائعين الذين يعملون في هذا الموضوع، رأيي هو أنه غير قابل للدوبان. أفضل النظر إلى ميكانيكا الكموم كدليل على

أنا نعيش في كون محدود يحتوي على نسخة واحدة فقط مني. يمكننا تجنب آثار مأساة كون لانهائي من خلال إنكار أن الكون لانهائي في الفضاء. بينما، لا يمكننا أن نرى أبعد من مسافة معينة، يبدو من المعقول أن نفترض أن الكون محدود في امتداده المكاني - كما هو الحال في اقتراح أينشتاين "فالكون منتهي ولكن بلا حدود. هذا يعني أن الكون له طوبولوجيا سطح مغلق عالمي، مثل كرة أو كعكة على شكل حيدة. هذا الاقتراح لا يتعارض مع ملاحظتنا. الطوبولوجيا الصحيحة تعتمد على متوسط انحناء الفضاء. إذا كان الانحناء إيجابياً، مثل الكرة، فهناك احتمال واحد فقط، وهو التناظرية ثلاثية الأبعاد للطوبولوجيا ثنائية الأبعاد للكرة. إذا كان متوسط انحناء الفضاء مسطحاً، مثل الطائرة، فهناك أيضاً خيار واحد فقط للكون المحدود، وهو التناظرية ثلاثية الأبعاد للطوبولوجيا ثنائية الأبعاد للدونات. إذا كان الانحناء سلبياً، مثل السرج، فهناك عدد لا حصر له من الاحتمالات للطوبولوجيا. إنها مفاهيم معقدة وغامضة للغاية. اللانهاية للفضاء أو اللانهاية للزمن، فاللانهايات الموصوفة هنا هي عقدة العلماء، وكان تجميعها في كتالوج انتصاراً للرياضيات في أواخر القرن العشرين.

اقتراح أينشتاين هو فرضية يجب تأكيدها إذا كان الكون مغلقاً وصغيراً بما فيه الكفاية، فينبغي أن يكون الضوء قادراً على "الدوران الكامل". ويجب أن نرى بعض المجرات البعيدة في عدة صور. وقد تم البحث في ذلك، وحتى الآن، لم يتم الكشف عنه. ومع ذلك، هناك سبب قوي لتفضيل نظرية كونية على غرار الزمكان المكاني المغلق. إذا لم يكن الكون مغلقاً مكانياً، فيجب أن يكون لانهائياً في الامتداد المكاني. هذا يعني، بشكل غير بديهي، أن المساحة محددة بحدود. هذه الحدود بعيدة كل البعد عنا، ومع ذلك فهي حدود يمكن أن تعبرها المعلومات. وبالتالي، لا يمكن اعتبار الكون اللامتناهي كنظام قائم بذاته. يجب أن يُنظر إليه كجزء من نظام أكبر يشمل أي معلومات تدخل عبر الحدود.

إذا كانت الحدود على مسافة محدودة، فسوف تضحك على تصور أن هناك مساحة أكبر بالخارج. يمكن تفسير المعلومات حول الحدود من حيث ما يأتي من العالم خارج الحدود، لكن الحدود اللانهاية لا تسمح لنا بتخيل عالم أبعد. نحتاج فقط إلى تحديد المعلومات التي تدخل وتخرج، لكن الاختيار عشوائي تماماً. لا يمكن أن يكون هناك تفسير إضافي للمعلومات التي تدخل الكون من الحدود اللانهاية: يجب أن يتم الاختيار، والاختيار تعسفي. لذلك علينا أن نعترف بأنه لا يمكن تفسير أي شيء في أي نموذج للكون له حدود لانهاية. يتم انتهاك مبدأ الإغلاق التوضيحي ومعه مبدأ السبب الكافي.

هناك تفاصيل فنية دقيقة في هذه الحجة لن أذكرها هنا. لكن هذه الحجة حاسمة، على الرغم من أنها، على حد علمي، يتم تجاهلها من قبل علماء الكون الكوزمولوجيين الذين يتكهنون بأن الكون لا نهائي مكانياً. لا أرى أي طريقة للهروب من الاستنتاج بأن أي نموذج للكون يجب أن يكون مغلقاً مكانياً، بلا حدود لكن هذا ينطبق على الكون المرئي فقط. ونتيجة لذلك، لا يوجد شيء بعيد إلى ما لا نهاية، ولا توجد مساحات لا نهاية لها للتعامل معها. الآن دعونا نركز انتباهنا ليس على المسافة اللامتناهي ولكن على المستقبل اللامتناهي.

إن أدب علماء الكونيات مليء بالقلق بشأن المستقبل. إذا كان الكون حتى الآن أكثر لايبنيزي **Leibnizian** منه بولتزمني **Boltzmannian**، فهل يمكن أن يكون مؤقتاً فقط؟ ربما على المدى الطويل سوف نموت جميعاً ولكن أيضاً الكون المرئي سوف يموت.

إن تقييد الأكوان المحدودة من الناحية المكانية يعطينا من العديد من المآسي والمفارقات في كون بولتزمني لا نهائي. ومع ذلك، فإنه لا يعطينا جميعاً. يمكن للكون المكاني والمغلق أن يستمر لفترة

طويلة، وإذا لم ينفبض أو ينكمش أبدًا، فسيتمدد إلى الأبد. هناك بعد ذلك كمية لا حصر لها من الوقت المتاح للسماح له بالوصول إلى التوازن الحراري. إذا حدث ذلك، وأيًا كان الوقت الذي يستغرقه، فسيكون هناك قدر لا نهائي من الزمن، بالإضافة إلى مساحة متزايدة باستمرار، للسماح للتقلبات بإنشاء هياكل غير محتملة. لذلك، يمكننا أن نجادل هنا أيضًا أن كل ما يمكن أن يحدث سيحدث بالفعل بعدد لا نهائي من المرات. هذا يؤدي مرة أخرى إلى الفقرة من دماغ بولتزمان. إذا كانت مبادئ العقل الكافي وهوية ما لا يمكن تمييزه راضية، فيمكن للكون أن يجد طرقاً لتجنب النهاية في مثل هذه الحالة المتناقضة. تحدد هذه المبادئ خيارات المصير المحتمل للكون. هناك مؤلفات علمية صغيرة تحاول للذهاب إلى الاعتراف بالمستقبل البعيد للكون. هذا العمل تخميني بالكامل، لأن التفكير في المستقبل البعيد يتطلب أن تضع افتراضات كبيرة. أحدها هو أن قوانين الطبيعة يجب ألا تتغير أبدًا، وإلا فإن قدرتنا على التنبؤات سوف تتعطل. ولا يجب أن توجد ظاهرة غير مكتشفة يمكن أن تغير مسار تاريخ الكون. قد تكون هناك، على سبيل المثال، بعض القوة الضعيفة لدرجة أنها ما زالت تنتظر الكشف عنها، ولكن مع ذلك تبدأ في لعب دور عبر مسافات شاسعة وعلى مدى فترات أطول بكثير من العمر الحالي. ولكن هذا يمنع أي تنبؤ من المعرفة الحالية. ولا يجب أن تكون هناك مفاجآت أخرى، مثل جدران الفقاعات الكونية التي تسرع فينا بسرعة الضوء ولكن في الوقت الحالي يخفيها أفقنا. بافتراض أن القوانين والظواهر الراسخة هي كل ما هو ممكن، يمكننا أن نستنتج بكل ثقة ما يلي: سيأتي زمن تتوقف فيه المجرات عن صنع النجوم. المجرات هي أنظمة ترانس عملاقة التي تشكل الهيدروجين وتحوله إلى نجوم. إنها ليست فعالة للغاية. المجرة الحلزونية النموذجية تصنع نجمًا واحدًا سنويًا. بعد ما يقرب من 14 مليار سنة، لا يزال معظم الكون المرئي يتكون من هيدروجين وهيليوم بدائيين. على الرغم من كل شيء، هناك الكثير من الهيدروجين منتهي الفعالية، بحيث لا يمكن للكون في أفضل الأحوال أن يحسب عددًا محدودًا من النجوم. حتى لو تم تحويل كل الهيدروجين إلى نجوم، في يوم ما، سيكون هناك تصنيع النجم الأخير. وهذا هو الحد الأعلى فقط. والأرجح أن عمليات خارج التوازن التي تدفع تكوين النجوم ستندف من البخار قبل وقت طويل من تحول كل الهيدروجين إلى نجوم. عند ذلك ستولد النجوم الأخيرة. فالنجوم لها مدة حياة محدودة. يعيش الأكثر ضخامة لبضعة ملايين السنين ويموت بشكل كبير في شكل مستعرات عظمى. يعيش الجزء الكبير من النجوم المليارات من السنين وينتهي فجأة كأقزام بيضاء. سيكون هناك وقت يتوقف فيه النجم الأخير عن التآلق. ثم ماذا؟ بمجرد موت النجوم الأخيرة، يمتلئ الكون بالمادة والمادة المظلمة أو السوداء والإشعاع والطاقة المظلمة أو المعتمة. إن ما سيحدث للكون المرئي على المدى الطويل سيعتمد بشكل أساسي على المكون الذي نعرفه على الأقل: الطاقة السوداء أو المظلمة. الطاقة المظلمة هي الطاقة المرتبطة بالفضاء الخالي. وقد لوحظ أنها تمثل حوالي 73٪ من كتلة الطاقة في الكون. طبيعتها مجهولة وماهيتها لا تزال غير معروفة، ولكن قد لوحظت آثارها على حركة المجرات البعيدة. على وجه الخصوص، يتم استخدام الطاقة المظلمة لشرح تسارع التوسع الكوني، الذي تم اكتشافه مؤخرًا. بصرف النظر عن سبب التوسع الكوني، لا نعرف شيئًا عن ذلك. يمكن أن يكون ببساطة ثابتًا كونيًا، أو يمكن أن يكون شكلًا غريبًا من الطاقة بكثافة ثابتة. على الرغم من أن كثافة الطاقة المظلمة أو السوداء تبدو ثابتة إلى حد ما، إلا أننا لا نعرف ما إذا كان هذا هو الحال بالفعل أم أنه بسبب تغييرها أكثر ببطء مما رصدته الملاحظات حتى الآن. سيكون مستقبل الكون مختلفًا جدًا اعتمادًا على ما إذا كانت كثافة الطاقة المظلمة تظل ثابتة أم لا.

يعم الظلام مع نمو الكون. إذا كانت كثافة الطاقة السوداء أو المظلمة ثابتة، فإنها تتصرف تمامًا مثل ثابت أينشتاين الكوني. لا ينقص عندما يستمر الكون في التمدد. فيما كل شيء آخر - كل المادة وكل الإشعاع -

تخف عندما يتوسع الكون، وتتناقص كثافة الطاقة الإجمالية لهذه المصادر باستمرار. بعد بضع عشرات المليارات من السنين، سيكون كل شيء ضئيلاً باستثناء كثافة الطاقة المرتبطة بالثابت الكوني. ولأن هذه القضية بسيطة جداً، لدينا إلى حد ما فكرة جيدة عن ماذا سيحدث. إحدى نتائج التوسع الأسي هي أن مجموعات المجرات تنفصل بسرعة كبيرة بحيث لم تعد قادرة على رؤية بعضها البعض. لا تتحرك الفوتونات التي تغادر العنقود وتتنقل بسرعة الضوء بما يكفي للحاق بالمجموعات الأخرى. المراقبون في كل عنقود محاطون بأفق يخفي ما حولهم. كل كتلة هي نظام معزول. وبالتالي فإن كل أفق داخلي هو هيكلية، تحدد نظاماً فرعياً لبقية الكون. لذا فإن أساليب الفيزياء - تنطبق على كل عنقود - مما يعني أنه يمكننا استخدام طرق الديناميكا الحرارية - للتفكير في ذلك. عند هذه النقطة في تاريخنا، حدث تأثير جديد بتدخل ميكانيكا الكم ولعبها دوراً جوهرياً، مما يجبر الداخل كل أفق يملأ بغاز الفوتونات في توازن حراري - نوع من الضباب الناتج عن عمليات مماثلة لتلك التي تخلق إشعاع هوكينغ في الثقوب السوداء. يطلق عليه إشعاع الأفق. درجة حرارته منخفضة للغاية، وكثافته أيضاً، لكنها تظل ثابتة مع نمو الكون. وفي الوقت نفسه، يصبح كل شيء آخر، بما في ذلك المادة والأشعة الخلفية الأحفورية الميكروية للكون البدئي CMB أكثر فأكثر، وعندما يمر وقت كاف، فإن ما يملأ الخط الصلب هو إشعاع الأفق. ما يعني وصول الكون إلى حالة التوازن.

ستستمر حالة التوازن هذه إلى الأبد. لا توجد طريقة لتجنب نهاية مثل كون بولتزمانى الأبدى. ستكون هناك تقلبات وتكرارات، وأحياناً واحد أو آخر من التكوينات سينتج الكون بالضبط - بما في ذلك مفارقة دماغ بولتزمان التي وصفتها عند الحديث عن التوسع الكوني، لذلك إذا كان هناك ما يكفي من المادة، فإن الكون المرئي سينهار إلى تفرد نهائي، أي سيتحول إلى فريدة كالتى أنتجت الانفجار العظيم. أو ربما ستوقف التأثيرات الكمومية الانهيار وتحدث "ارتدادة" للكون، وتحويل الانكماش إلى توسع يؤدي إلى كون جديد وهكذا وعلى نحو تعاقبي. ولكن لا يبدو أن هناك ما يكفي من المواد لعكس مسار التوسع، ناهيك عن موازنة اتجاه الطاقة المظلمة لتسريعها.

ولتجنب موت مستقبلي لا نهائي، لا ينبغي أن يكون الثابت الكوني ثابتاً حقاً. في حين أن لدينا مجموعة من الأدلة تخبرنا أن الطاقة المظلمة - والتي لجميع الأغراض والمقاصد هي الثابت الكوني - لا تتغير على نطاق العصر الحالي للكون المرئي، ومع فإننا لا نعرف شيئاً بشأنها على نحو يقيني. فيما يتعلق بصورته الرمزية، فإن مبدأ هوية اللامتناهي يفترض أيضاً أن هذا السيناريو خاطئ. السؤال هو: كيف يمكننا تجنب ذلك؟ لتجنب حدوث الكون الميت إلى الأبد، سيكون من الضروري قراءة الكون ليكون لديه كثافة كافية من وعاء المادة تفجر توسعها، وتجبرها على الانهيار. المسألة تسحب الجاذبية المادة، وهذا يبطل من نفاذها، وقد يكون هذا التغيير بسبب قانون أعمق، يعمل ببطء شديد بحيث لا يمكن ملاحظة آثاره إلا على نطاقات زمنية كبيرة جداً. أو يمكن أن يكون التغيير ببساطة تأثير الاتجاه العام لقوانين التطور. في الواقع، يشير مبدأ غياب الإجراءات المتبادلة إلى أن الثابت الكوسمولوجي أو الكوني يجب أن يتأثر بالكون الذي يعمل عليه بشكل حاسم. يمكن أن يصبح الثابت الكوني صفراً. إذا تم ذلك، سوف يتباطأ التوسع ولكن من المرجح ألا ينعكس. يمكن أن يكون الكون أبدياً ولكنه ثابت. هذا على الأقل يتجاوز مفارقة دماغ بولتزمان. في النهاية، الكون المرئي بدون ثابت كوني يتوسع إما إلى الأبد أو سينهار، اعتماداً على الظروف الأولية. إذا كانت الطاقة في التوسع كافية لموازنة الجاذبية المتبادلة لجميع الأشياء في الكون، فلن ينهار أبداً. لكن حتى لو كان الكون أبدياً، فهناك احتمال كبير للولادات الجديدة، حيث أن كل ثقب أسود، من خلال القضاء على تفرد أو فرادته، يمكن أن يؤدي إلى ولادة كون

طفل كما قال ستيفن هوكينغ، هناك أدلة نظرية جيدة على أن هذا يحدث. إذا كان الأمر كذلك، فإن كوننا المرئي، الذي لا يزال بعيداً أن يكون ميثاً، قد ولد بالفعل مليار مليار بيبي - كون أو الأكوان الوليدة على الأقل. كل هذه الأكوان الجديدة سوف تلد ذرية جديدة. حقيقة أن كل كون يمكن أن يموت في وقت معين، بعد أن ولد الكثير من الآخرين، لا يبدو لها أي نتيجة. هناك أيضاً إمكانات ولادة جديدة تشمل الكون كله وليس مجرد ثقوب السوداء. هذه هي الفرضية التي تمت دراستها في فئة من النماذج تسمى النماذج الدورية. نوع من النموذج الدوري، الذي اخترعه بول شتاينهاردت من جامعة برينستون ونيل توروك من معهد ماسوشيست، يحقق ذلك بافتراض أن الثابت الكوني ينخفض إلى الصفر ثم يستمر في قيم سلبية للغاية. لأسباب يطول توضيحها هنا، يتسبب ذلك في انهيار دراماتيكي للكون بأكمله. لكنهم يجادلون بأن هذا الانهيار يعقبه انتعاش والمزيد من التوسع. يمكن أن يكون هذا الارتداد بسبب تأثيرات الجاذبية الكمومية، أو سيكون من الممكن الهروب من التفرد النهائي بفضل القيمة القصوى للطاقة المظلمة. القرائن النظرية تقول أن التفردات الكونية، والارتدادات المنطقية النهائية بسبب التأثيرات الكمومية التي تؤدي إلى إعادة توسع الكون، هي أقوى مما كانت عليه في حالة فراغات الثقوب السوداء، كما تقول نظرية الجاذبية الحلقة الكمومية، العديد من نماذج التأثيرات الكمومية بالقرب من الفترات تمت دراستها من قبل علم الكونيات، والنتيجة هي أن الارتداد ظاهرة كونية. لا يزال عليك أن تضع في اعتبارك أن هذه مجرد نماذج، وحتى الآن يقومون بافتراضات جذرية. الافتراض الرئيسي هو أن الكون متجانس مكانياً. ما نحن على يقين أكثر منه هو أن المناطق المنتظمة جداً للكون - مناطق بدون موجات ثقالية - جاذبية أو ثقوب سوداء - تنتعش لإحداث أكوان جديدة. وفي أسوأ الحالات، فإن المناطق غير المتجانسة للغاية لن تنتعش. إنها تنهار وتتحول إلى غرائب، حيث لا يزال الزمن ثابتاً. ومع ذلك، حتى هذه الحالة الأسوأ لها جانب جيد، لأنها توفر لنا مبدأ اختيار لتحديد مناطق الكون التي تتردد وتتكاثرت. إذا انتعشت أكثر المناطق تجانساً فقط، فإن الغرسات الأولى للكون الجديد، بعد فترة وجيزة من الارتداد، ستكون أيضاً متجانسة للغاية، من هذا يتبع التنبؤ: في اللحظات الأولى، بعد الارتداد مباشرة، يكون الكون متجانساً للغاية - لن تكون هناك ثقوب سوداء، ولا ثقوب بيضاء، ولا موجات ثقالية جاذبية، بالضبط كما نلاحظ في كوننا. ولكن لكي يصبح سيناريو الأكوان المتردة علمًا، يجب أن يكون هناك توقع واحد آخر على الأقل يمكن من خلاله اختبار الفرضية. هناك نوعان على الأقل، يتعلقان بطيف التقلبات في الإشعاع الخلفي الأحفوري المكروي CMB. يقدم السيناريو الدوري تفسيراً لهذه التقلبات، والتي لا تتطلب فترة وجيزة من التضخم الشديد الذي تم التذرع به في كثير من الأحيان لشرحها. طيف التقلبات التي تمكنا من ملاحظتها حتى الآن مستنسخة بشكل جيد، ولكن هناك اختلافان بين تنبؤات النماذج الدورية وتوقعات التضخم، ويمكن اختبار هذه التنبؤات في التجارب التي يمكن إجراؤها اليوم و في المستقبل القريب. وأقصد به اختبار الكشف عن موجات ثقالية أو موجات الجاذبية في الإشعاع المكروي الخلفي للكون البدئي CMB؛ يقول التضخم نعم، والنماذج الدورية تقول لا. تنتبأ النماذج الدورية أيضاً بأن نصف قطر CMB ليس عشوائياً تماماً - في اللغة التقنية، ينتبأون بغيابه للغوسية.

النماذج الدورية هي أمثلة حيث يعتبر الزمن أساسياً - أي أن الزمن لم يبدأ مع الانفجار الكبير ولكنه كان موجوداً قبله - يؤدي إلى علم الكونيات الذي يكون أكثر تنبؤية. مثال آخر هو النظريات التي يفترض فيها أن سرعة الضوء كانت مختلفة - في الواقع، أكبر بكثير - في الكون البدئي الصغير جداً. تختار هذه النظريات، مع سرعة الضوء المتغيرة، فكرة الزمن المتميز بطريقة تنتهك مبادئ النسبية. لهذا السبب، فهي بالكاد تحظى بشعبية، لكنها تعد بشرح تقلبات CMB دون اللجوء إلى التضخم.

اقترح روجر بنروز سيناريو آخر للسماح للكون أن يولد كونًا جديدًا. يقال تقريبًا، إنه يقبل سيناريو كون بولترمان الأبدي بثابت كوني ثابت، ثم يتساءل عما سيحدث في نهاية فترة زمنية غير محدودة. (فقط بنروز يمكن أن يطرح مثل هذا السؤال). ويفترض أنه بعد مرحلة معينة، ستتفكك جميع الجسيمات الأولية ذات الكتلة، بما في ذلك البروتونات، والكواركات، والإلكترونات وفوتونات وغيرها، فقط ستبقى الجسيمات عديمة الكتلة. إذا كان الأمر كذلك، فلن يكون هناك شيء للكشف عن التدفق اللانهائي للأبدية، لأن الفوتونات، التي تسير بسرعة الضوء، ليس لديها خبرة بالزمن. بالنسبة للفوتون، لا يمكن تمييز الفرق بين الكون القديم جدًا عن الكون الوليد. سيكون الفرق الوحيد هو درجة الحرارة. المسلم به، فرق درجة الحرارة كبير، لكن هذا مقياس واحد فقط. يقول بنروز أن مقياسًا واحدًا لا يحسب. في غاز الفوتون الموصوف بطريقة علائقية، فقط المقارنات، أو العلاقات، بين الأشياء الموجودة في لحظة مهمة؛ حيث لا يمكن الكشف عن المقياس ككل. لذلك، لا يمكن تمييز الكون المسن المملوء بغاز الفوتونات الباردة والجزيئات الأخرى الخالية من الكتلة من الغاز الساخن المكون من نفس الجسيمات التي ملأت الكون المتلثم. وفقًا لمبدأ هوية ما لا يمكن تمييزه، فإن الكون القديم هو أيضًا منبع لولادة كون جديد. لا يحدث هذا السيناريو حسب بنروز إلا بعد زمن لا نهائي وبالتالي لا يحل مفارقة دماغ بولترمان. لكنه يتنبأ، مع ذلك، أنه ستكون هناك أحافير من الكون السابق في بقايا الانفجار العظيم، وبفضل ذلك يمكننا جمع بعض المعلومات عنه. بينما تمحى الكثير من المعلومات بسبب الكون الذي ينفق في التوازن الحراري، فإن ناقل المعلومات الذي لا يتم تشويشه أبدًا هو إشعاع الجاذبية. المعلومات التي تحملها موجات الجاذبية تنجو أيضًا من ارتدادات النماذج الدورية وتصل دون أن تصاب بأذى في الكون الجديد.

أقوى الإشارات التي تحملها موجات الجاذبية هي صور الاصطدام بين الثقوب السوداء الكبيرة التي تكمن في يوم ما في قلوب المجرات منذ فترة طويلة ثم تختفي. أنها تسبب الدوامات، التي انتشرت في دوائر كبيرة في السماء. تنتقل إلى الأبد وتعيش حالة الانتقال إلى الكون الجديد. لذلك، يتنبأ بنروز، يجب أن تكون هذه الدوائر الكبيرة مرئية في إشعاع خلفية الميكروية، الذي تم قفل هيكله في وقت مبكر في كوننا المرئي. هذه هي ظلال الأحداث بالإضافة إلى ذلك، يتوقع بنروز أنه يجب أن يكون هناك العديد من الدوائر المتحدة المركز. قد تأتي هذه من مجموعات من المجرات التي، بمرور الوقت، تصطم أكثر من زوج من الثقوب السوداء المجرية. وهذا يعتبر تنبؤ مذهل، يختلف تمامًا عن أنواع الأنماط التي تنبأت بها معظم سيناريوهات الأشعة الخلفية الأحفورية CMB. إذا تم تأكيد شيء واحد بشكل فريد في يوم من الأيام، فسيتم احتسابه كمؤشر لصالح السيناريو الذي أنتج هذا التنبؤ.

حتى كتابة هذه السطور، هناك جدل حول أن الدوائر المتحدة المركز التي تطرق إليها بنروز يمكن رؤيتها في الأشعة الأحفورية المكروية الخلفية للكون البدئي CMB. ومع ذلك، يتبين مرة أخرى أن السيناريوهات الكونية التي تطور الكون من انفجار كبير قبل إجراء تنبؤات يمكن التحقق منها أو تزويرها بالملاحظة. هذا على النقيض من السيناريوهات حيث يكون الكون واحدًا من مجموعة عوالم متزامنة - سيناريوهات لا، وربما لا يمكنها أبدًا، أن تصدر أدنى توقع صحيح. أن التفسير العقلاني للقوانين والظروف الأولية الخاصة التي تم الحصول عليها في عالمنا يتطلب أن يحدث الاختيار أكثر من مرة، والذي بدونه لا يمكننا تفسير أي شيء من الاختيار المحدد الذي تم - بينما إذا كانت نفس الشروط والقوانين الأولية موجودة عدة مرات، فقد يكون هناك أسباب لذلك. لقد فكرت في طريقتين يمكن من خلالهما تنظيم العديد من الانفجارات الكبيرة - بشكل متزامن أو متسلسل - وقد بينت أنه في الحالة الثانية

فقط يمكننا أن نأمل في تطوير علم الكونيات القادر على الإجابة على السؤال لماذا هذه القوانين في الكون؟ من خلال البقاء على رؤيتنا علمياً، بمعنى أننا سنتمكن من عمل تنبؤات قابلة للخطأ. ثم عدت إلى هذه المقارنة بين البديلين، ورأينا بالتفصيل أنه في حالة الأكوان المتسلسلة فقط يمكننا عمل تنبؤات حقيقية للتجارب الواقعية. وهكذا، نرى أن علم الكونيات يصبح أكثر علمية، وأفكارنا أكثر عرضة أو قابلية للاختبار، إذا عملنا في إطار يكون فيه الزمن حقيقياً وأساسياً، وحيث يكون تاريخ الكون عنصرًا ضروريًا لفهمنا. من حالتها الحالية. أولئك الذين يغمرهم الافتراضات الميتافيزيقية المسبقة بأن هدف العلم هو اكتشاف الحقائق الخالدة التي تمثلها الأشياء الرياضية الخالدة، قد يعتقدون أن القضاء على الزمن، وبالتالي جعل الكون مثل كائن رياضي، كما يعتقد ماكس ستيغمارك، هو الطريق إلى علم الكونيات العلمي. ولكن اتضح أن العكس هو الصحيح. كما فهم تشارلز ساندرز بيرس قبل أكثر من قرن، يجب أن تتطور القوانين لتصبح قابلة للشرح. مطلب داخلي وعميق للوعي البشري، فمفهوم اللانهائي ليس من اختصاص أي من علماء الرياضيات أو الفيزيائيين. فقد سبق أن واجه الفلاسفة واللاهوت والفن. لكن اللانهائيين يخيفون الفيزيائيين. قد يكون لأسباب تجريبية مبررة تمامًا، مثل الجسم الأسود أو عدم استقرار النموذج الكلاسيكي للذرة؛ لأسباب رياضية، لأن الطابع اللامتناهي يمنع أي حساب فعال؛ ولكن أيضًا لأسباب ميتافيزيقية معلنة أكثر أو أقل، مثل رفض اللانهائي للزمان والمكان.

هل ينبغي لنا بعد ذلك القضاء على الأنواع المختلفة من اللانهائية على غازين في محاولات لوصف الطبيعة؟ وكيف نفعل ذلك؟ الإجابات متنوعة، وأحيانًا متناقضة تشتهر بتصميم الجدول الدوري للعناصر، لم يعد من الممكن أن تكون مستمرة أو موجية فقط ولكنها حبيبية، مثل المادة والطاقة. اقترح مندليف أن الفضاء يتكون من جزيئات أصغر مليون مرة من ذرة الهيدروجين. يمكننا بعد ذلك تفسير مقياس بلانك هذا مثل "الأفق المجهرى" الذي يحجب الجاذبية اللانهائية للخصوصية. هذا بالطبع ليس مرضيا تمامًا، لأن هذا الأفق هو فقط نابع من جهلنا.

يتبع