الفصل الخامس

عند حدود ما هو معروف

لماذا الكون هكذا؟

ما الذي حدث في الكون قرب الحالة السينغولياية مباشرة، عندما كانت درجة الحرارة أعلى بكثير من 1013 درجة على مقياس كيلفن؟

لقد تعرفنا من قبل إلى المنهج العام الذي يستخدمونه عندما يحاولون تفسير الذي حدث قبيل بدء التمدد الكوسمولوجي مباشرة. فيعثرون من أجل ذلك على «آثار» تلك العمليات التي جرت زمنئذٍ ونحن نوّهنا سابقاً إلى إن «الأثر» الأكثر وضوحاً للعمليات التي جرت في الثواني الأولى التي أعقبت بدء التمدد، هو التركيب الكيميائي للمادة القبل النجمية: وجود 30٪ من الهليوم الذي ظهر في تلك الحقب النائية. أما الآن فيجب أن نحاول العثور، قدر الإمكان، على «آثار» بالدرجة نفسها من الوضوح، لعمليات أكثر «قدماً».

فقد تبين أن الخاصيات الأساسية للكون، هي نفسها هذه «الآثار» المطلوبة. وها نحن نبدأ بتعدادها، ثمّ نرى بعد ذلك ما هي العمليات التي أنتجتها، وكيف يحاول العلم المعاصر أن يشرح نشوء خاصيات الكون المبهمة هذه. وسوف نرى أن هذا التفسير يثير العجب حقاً.

إن أول هذه الخاصيات، هي وجود كمية مهولة من فوتونات الإشعاع الذخر، بالمقارنة مع عدد الجسيمات الثقيلة. ويجدر أن نتذكر أن النسبة بين العددين، هي مليار إلى واحد. فلماذا هذا الفرق العملاق؟

واللغز الآخر، هو لماذا الكون متجانس جداً في النطاقات الكبرى؟ يتحدد التجانس كما هو معروف برصد الإشعاع الذخر الوارد إلينا من مختلف الاتجاهات بقوة

واحدة (لا تتعلق بالاتجاه). وهذا يعني أنه لحظة تحولت البلازما في الماضي إلى غاز محايد، ولذلك غدت شفافة، ولحظة خرجت الفوتونات الذخر التي نرصدها اليوم، كانت للنقاط المنتشرة في الفراغ الكوني درجة حرارة واحدة. وبالنسبة لذلك العصر، كانت كل نقطة من هذه النقاط تقوم خارج أفق الرؤية المرسوم حول النقطة الأخرى. ولذلك لم تكن النقاط مرتبط بعضها ببعض سببياً، ولم تستطع أن تتبادل الإشارات خلال زمن تمدد الكون. فكيف إذن والحال هكذا حصل أن تكون لها درجة حرارة واحدة، إذا لم يكن بمقدور واحدتها أن تعرف أيّ درجة حرارة لدى النقطة الأخرى؟ وقد دعيت هذه المسألة «بمسألة دائرة الأفق».

واللغز الثالث، هو لماذا درجة كثافة المادة في الكون قريبة اليوم، بعد 10-20 مليار سنة على بدء تمدد الكون، من المقدار الحرج، والخصائص الهندسية للفراغ تشبه خصائص الفراغ المستوي؟ فإذا كان ثمّة في لحظة ما تباين بين درجة كثافة المادة والمقدار الحرج، فإن هذا التباين يجب أن يزيد مع الوقت. وفي واقع الأمر أن تساوي الكثافة مع المقدار الحرج، يعني توازناً دقيقاً بين سرعة التمدد وقوى الجاذبية. وإذا ما اختلّ هذا التوازن أيّ اختلال لصالح الجاذبية مثلاً، فإن كبح عملية التمدد سوف يزيد من قوة الخلل أكثر فأكثر مع مرور الوقت. ولذلك، إذا كانت كثافة المادة تختلف اليوم عن المقدار الحرج بأكثر من عدّة أضعاف، ففي الماضي كان يجب أن تكون الجاذبية والسرعة متوازنتين بدقة متناهية. ويمكن أن نحسب أنه بعد مرور ثانية واحدة على بدء تمدد الكون كان يمكن أن يختل التوازن بنسبة لا تتجاوز جزءاً من عشرة آلاف مليار جزء! فمن أين هذا التوازن الدقيق؟

وأخيراً ثمّة لغز آخر: لماذا، على الرغم من تجانس الكون تجانساً مذهلاً في النطاقات الكبرى، كانت هناك في الماضي انحرافات عن التجانس في النطاقات الصغرى، تقلبات صغيرة بدئية وضعت فيما بعد بداية لنشوء المجرات ومنظوماتها؟ إنها مسألة ظهور التقلبات البدئية وليس أيّ تقلبات أخرى، إنما تلك التي أدّت في زمن قريب من زمننا، إلى نشوء عوالم متفرّقة.

وقد أعطت النجاحات التي حققتها فيزياء الجسيمات الأولية، مفتاح حلّ هذه الألغاز. وها نحن سوف نتتبّع هذا المفتاح وهو يفتح الأقفال التي تحرس الأسرار المكنونة.

فهنـاك أربعـة أنـواع مـن التفـاعلات الفيزيائيـة المعروفـة: التفـاعلات القويـة (أو النوويـة)، والتفـاعلات الكهرومغناطيـسية، والتفـاعلات الـضعيفة (الـتي تـشترط علـى سبيل المثال، تحلل النشاط الإشعاعي) والتفاعلات التجاذبيـة. ووفـق التـصورات المعاصـرة أن أنواع التفـاعلات هـذه لا تتجلـى مختلفـة إلا إذا كانـت الطاقـة ضـعيفة نـسبياً، أمـا إذا كانـت الطاقـة قويـة، فإنهـا تتحـد في تفاعـل واحـد. فـإذا كانـت الطاقـة 10^2 غيغـا فولـت كهربى (gEV)، وهـو مـا يوافـق حـرارة 10^{15} درجـة علـى مقيـاس كـيلفن، فـإن التفـاعلات الكهرومغناطيـسية والتفـاعلات الـضعيفة تتحـد. وإذا كانـت الطاقـة حـوالي 10^{14} gev أو الحرارة 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، فيحدث ما يدعى «بالاتحـاد العظيم»، إذ تتحـد التفـاعلات القويـة، والـضعيفة، والكهرومغناطيـسية. وأخـيراً، إذا كانـت الطاقـة حـوالي 10^{19} gev أو الحـرارة 10^{32} درجـة علـى مقيـاس كـيلفن، فعندئـذٍ تنـضم إليهـا علـى الأرجح التفاعلات التجاذبية («الاتحاد السوبر»).

ولكن فلنترك جانباً الآن إمكانية الاتحاد الأخير للقوى كلّها والجاذبية، ونلتفت لمناقشة النتائج التي تفضي إليها نظرية «الاتحاد العظيم» بالنسبة لعلم الكونيات.

وسوف نبدأ بالمسالة الأولى من المسائل التى عدّدناها هنـا. فربمـا استغرب القـارئ بعض الشيء لماذا تعد هذه المسألة لغزاً. فما الغرابة إذا كان لكلّ مليار فوتون ذخر جسيم ثقيل واحد؟

سوف تبدو الغرابة واضحة إذا ما توجهنا إلى الماضي، إلى الحرارة 10^{13} درجة على مقيـاس كـيلفن، عنـدما كانـت تولـد وتفنـى في كـلّ لحظـة كميـة مهولـة مـن أزواج الجسيمات والجسيمات المضادة وكان بينها الكترونيات، ونيترونات ونيترونات مضادة. وفي غضون ذلك كان عدد الجسيمات المولودة على هذا الشكل من كل نوع، يساوي تقريبـاً عـدد الفوتونـات الـذخر. «فالمرجـل الـذي يغلـي»، كـان يحتـوي علـى عـدد متماثـل تقريباً، من جسيمات الأنواع كلّها وأضادها.

ولكن لو كان عدد الجسيمات والجسيمات المضادة الثقيلة (يدعونها باريونـات) متماثلاً بدقة لكلّ نوع، لاندثرت كلّها في أثناء تمدد الكون، وتحولت إلى فوتونات ونيترونات ذخر، ولما بقي في الكون سوى الإشعاع الذخر والنيترينو! ولما بقيت المادة التي تشكلت منها فيما بعد النجوم والكواكب ونحن بنو البشر.

ولكن لسبب ما لم يكن عدد الجسيمات والجسيمات المضادة متماثلاً بدقّة، بيد أنه لم يكن متبايناً تبايناً كبيراً أيضاً. فلكل مليار زوج من الجسيمات المضادة، جسيم ثقيل «زائد» فقط! ومع هبوط درجات الحرارة كان هذا المليار يفنى، بينما يبقى هذا الجسيم «الزائد». ومن مثل هذه الجسيمات التي تبقى ظهر العالم المحيط بنا كله: عالم النجوم والكواكب، والغاز.

وها نحن مرّة أخرى أمام حالة غريبة: مليار زوج وجسيم زائدّ واحد. فمن أين أتى هذا الجسيم، ولماذا جسيم واحد لكلّ مليار؟

هنا تكمن المسألة. فقد كان يعتقد حتى وقت قريب، أنه إذا لم يكن الجسيم «الزائد» موجوداً منذ البداية، فلن يكون بمقدوره أن يظهر في أية ردود أفعال لاحقة. وبما أن الشحنة الباريونية ثابتة وهي التسمية التي أطلقوها على فرق عدد الجسيمات والجسيمات المضادة الثقيلة، تبقى ثابتة لا تتغير. ولكن نظرية «الاتحاد العظيم» أظهرت أن الأمر ليس هكذا، فثمة تفاعلات تخرق قانون حفظ الشحنة الباريونية غير أن جسيمات خارقة الثقل تشارك فيها. وتدعى هذه الأخيرة بالجسيمات المعيارية الخارقة الثقل. ولا يمكن أن يولد مثل هذه الجسيمات إلاّ في ظل وجود طاقة كبيرة جدّاً، ولذلك فإن التفاعلات التي تترافق بتغير العدد الباريوني، لا يمكن أن تجري بنجاح هي الأخرى، إلاّ في ظل وجود طاقة عالية جدّاً. ولتسهيل عرض هذه المسألة وإظهار الفكرة الرئيسة، سوف نتحدث عن واحدة من هذه الجسيمات الخارقة الثقل: *X- بوزون*. فكتلة هذا الجسيم تساوي بوحدات الطاقة، طاقة «الاتحاد العظيم»: 10^{14} gev (أثقل من البروتون بـ 10^{14} مرّة)، أي أن *X- بوزون* يمكن أن يولد بنشاط في ظل وجود طاقة عالية تعادل حرارة 10^{27} درجة على مقياس كيلفن. وكانت مثل هذه الحرارة موجودة في الطبيعة في الثانية 10^{-34} بعد بدء تمدد الكون. ففي هذا الوقت كانت التفاعلات المترافقة بتغيّر العدد الباريوني قوية جدّاً، كالتفاعلات الأخرى.

وتمثلت الحال المهمة الأخرى في غياب التماثل بين الجسيمات والجسيمات المضادة. وهذا يعني أن وتائر التفاعلات مع الجسيمات وتلك التي مع الجسيمات المضادة، مختلفة بعض الشيء.

إذن، لقد بات بمقدورنا الآن أن نفسر ظهور جسيم «زائد» واحد أثناء تمدد الكون الحار، لكلّ مليار زوج من الجسيمات - الجسيمات المضادة.

ففي حرارة تزيد على 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، عرف الكون خليطاً عالي الحرارة من كلّ الجسيمات الأساسية وكمية مماثلة تماماً من جسيماتها المضادة، الموجودة في توازن حراري دينامي. ولم يكن هناك أي فائض من الجسيمات «الزائدة». ولو لم يكن هناك اختلاف بين خاصيات الجسيمات والجسيمات المضادة، ولو لم تكن ثمة تفاعلات ترافقت بعدم الحفاظ على العدد الباريوني، لفنيت في أثناء تمدد الكون وهبوط درجات الحرارة، كلّ أزواج الجسيمات الثقيلة وجسيماتها المضادة «فعددها نفسه!)، ولما بقي في الكون حتى أيامنا هذه، لانترونات ولابروتونات: كان كل شيء سيتحول إلى جسيمات خفيفة، ولما كانت موجودة في كوننا الراهن مادته المعتادة.

ولكن ما يحدث في واقع الأمر، هو الآتي: عندما تنخفض الحرارة إلى مادون 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، تصبح وتائر كلّ العمليات التي تجري مع X- بوزون وجسيمه المضاد X- المضاد، أكثر بطئاً من وتائر تمدد الكون. فلا يتسنى الوقت لهذه الجسيمات أن تفنى أو تتحلل، ويغدو احتشادها «متجمداً». وفيما بعد فقط، بعد أن يمضي زمن كاف سوف تتحلل. وهذه العملية، هي العملية المفتاحية الآن بالنسبة لما سيحصل بعد ذلك.

ويمكن أن يتحلل X- بوزون وجسيمه المضاد، X- المضاد مع حدوث اختلال في الشحنة الباريونية، وفي غضون ذلك لا يتحلل X- الجسيم و x- الجسيم المضاد على قدم المساواة. وقد أظهرت الحسابات أنه يظهر نتيجة لذلك فائض صغير من الجسيمات، بالنسبة للجسيمات المضادة ولكن هذه الحسابات ليست دقيقة بعد الدقة كلّها، إلا أنها تُظهر أن عدد الجسيمات الفائضة التي تظهر ربما يكون قريباً من عدد جسيم واحد لكلّ مليار زوج من الجسيمات - الجسيمات المضادة. وفي أثناء تمدد الكون تفنى الجسيمات والجسيمات المضادة، وتتحوّل في آخر المطاف إلى فوتونات تشكل مع الفوتونات الموجودة هناك، الإشعاع الذخر (نذكّر بأنه يبقى في الكون النيترينو أيضاً)، أما الفائض من الباريونات فإنه يبقى، وهو بالذات الذي يعدّ المادة المعتادة للكون

الراهن. ومن الواضح أن عدد الفوتونات بالمقارنة مع الجسيمات «الزائدة» سوف يكون أكبر بما يقارب المليار مرّة.

وهكذا تحل المعضلة الأولى.

فلنمص إذن نحو الثلاث الأخريات. فحسب نظرية «الاتحاد العظيم» أنه كان في الكون عندما كانت الحرارة 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، حقل (يدعونه بالحقل السكالياري)، له خاصيات الخلاء التي كنّا قد تحدثنا عنها في الفقرة التي عنوانها «جاذبية الفراغ». لقد كان لهذا الحقل على وجه الخصوص «ضغط سلبي» هائل: قوّة شدّ تساوي كثافة طاقة الحقل نفسه. وقد دعي الحقل «بالخلاء الكاذب». وهو يختلف عن الخلاء الحقيقي إضافة إلى أشياء أخرى، بكون كثافة «الخلاء الكاذب» ذات الصلة، كبيرة إلى درجة خرافية: حوالي 10^{74}غ/ سم^3. ونحن نعرف أن كثافة الخلاء يوافقها الثابت الكوسمولوجي في معادلات الجاذبية لدى أنشتاين. ولكن هذا الثابت (يمكن أن يدعى كذلك «بالثابت الكاذب»). كان في هذه الحقبة مهول أيضاً.

ففي بداية التمدد، قبل 10^{-34} ثانية، كانت الحرارة في الكون أعلى من 10^{27} درجة على مقياس كيلفن. وكانت كثافة «الخلاء الكاذب» 10^{74}غ/ سم^3، ولكن كثافة الجسيمات والجسيمات المضادة الواقعية للمادة المعتادة، كانت أعلى. ولذلك لم تظهر عندئذٍ الخاصيات الجاذبة «للخلاء الكاذب» بأي مظهر كان، وسارت عملية تمدد الكون وفق القوانين المعتادة. وفي مسار التمدد تناقصت كثافة المادة المعتادة، وعند 10^{-34} ثانية بعد بدء عملية التمدد، تعادلت مع كثافة «الخلاء الكاذب». ونحن كنا قد رأينا في فقرة «جاذبية الفراغ»، مدى غرابة تجلي جاذبيات الخلاء. فجاذبيته تثير النبذ بدلاً من الجذب. وهذا ما حصل في «حقبة 10^{-34}» ثانية. لقد أرغمت قوة طرد الخلاء العالم على التمدد متسارعاً. وأما كثافة «الخلاء الكاذب» فهي ثابتة لا تتناقص مع الزمن، ولذلك فإن تسارع التمدد ثابت بدوره، فسرعة التمدد (سرعة ابتعاد عنصرين عشوائين من عناصر الوسط، واحدهما عن الآخر) تتزايد دون انقطاع (بدلاً من خبوها مع مرور الزمن، كما هو حاصل بالنسبة للخلاء الذي تنعدم جاذبيته بتأثير قوة جذب المادة المعتادة)، وتمتد الأبعاد كلها في الكون بسرعة كبيرة، حتى تغدو مهولة إلى حدّ خرافي. وقد دعيت مرحلة التمدد المتسارع هذه، بالكون

«المتضخم». في زمن 10^{-34} ثانية، بعد 10^{-32} ثانية على بدء التمدد، تضاعفت الأبعاد كلها في الكون بمقدار 10^{50} مرة!

ولكن حالة الكون «المتضخم» كانت غير مستقرّة. فحرارة المادة المعتادة وكثافتها تتناقصان من غير توقف في ظل مثل هذا التمدد. وصار الكون إلى حالة من البرودة الزائدة. وباتت كثافة المادة المعتادة ضئيلة لا وزن لها بالمقارنة مع كثافة «الخلاء الكاذب». في الوقت نفسه صار ممكناً اجتياز مرحلة من «الخلاء الكاذب» ذى الكثافة الهائلة، إلى حالة تتحوّل في كلّ كثافة كتلة (وكثافة الطاقة الموازية لها) في «الخلاء الكاذب»، إلى كثافة الخلاء الحقيقي التي تساوي الصفر، أو أنها هزيلة جداً. وهذا معناه أن كمية مهولة من جسيمات المادة المعتادة وجسيماتها المضادة التي تمتلك طاقة كبيرة، تظهر من الطاقة التي كانت كامنة من قبل في «الخلاء الكاذب». فيتسخن الكون من جديد إلى حرارة تصل حوالي 10^{27} درجة على مقياس كيلفن.

ونحن لن نقترب من تفاصيل هذا التحوّل هنا. نشير فقط إلى أن حمو الكون ربما يكون قد حدث عند 10^{-32} ثانية بعد بدء التمدد. وخلال وقت قصير: من 10^{-34} ثانية إلى 10^{-32} ثانية، كان الكون قد «تضخم» بسرعة فائقة بسبب قوة طرد جاذبية «الخلاء الكاذب» وهكذا، إذا كانت هذه المسافات إلى الكون قد زادت من غير مرحلة الكون «المتضخم» بمقدار 10 مرات فقط، فإن العالم تمدد مع وجود مثل هذه المرحلة التي استمرت من 10^{-34} ثانية إلى 10^{-32} ثانية، خلال ذلك الوقت نفسه بمقدار 10^{50} مرّة! ثم يبدأ التمدد بعد ذلك وفق قوانين نظرية الكون الحار التي تعرفنا إليها سابقاً.

أما عمليات تركيب - *Synthesis* الهليوم وسواها من العمليات الأخرى التي كنا وصفناها، فإنها لم تحدث إلا بعد مرور زمن طويل على مرحلة الكون «المتضخم» (قارن: ثانية واحدة - 300 ثانية لتركيب الهليوم، و 10^{-34}-10^{-32} ثانية لمرحلة الكون «المتضخم»!)

وسرعان ما تحسم مرحلة الكون «المتضخم» المسألة الثانية من المسائل التي عددنا في بداية هذه الفقرة: مسألة *دائرة الأفق*. لنأخذ النقاط التي كانت في البداية قبل مرحلة «التضخم»، متوضعة بعضها على مقربة من بعض داخل الدائرة المشتركة لأفق الرؤية في تلك اللحظة. فتبادل الإشارات بينها كان ممكناً، ومعادلة الحرارة

وسواها من العمليات الأخرى كانت ممكنة كذلك. ثم بدأ التمدد الجامح، فألفت النقاط نفسها منتشرة على مسافات هائلة تفصل بينها. وهي تتوضع في زمننا الآن على مسافات تفوق كثيراً المسافة إلى دائرة الأفق، إذا ما تجاهلنا مرحلة «تضخم» الكون. وكذلك باتت هذه النقاط بعد «التضخم» عاجزة فعلاً عن تبادل الإشارات، أما قبل «التضخم»، فقد كان الأمر ممكناً.

ويحسم تحوّل كثافة «الخلاء الكاذب» إلى كثافة المادة المعتادة في نهاية مرحلة «تضخم» الكون، يحسم المسألة الثالثة. «فالجاذبية المضادة» التي يتصف بها «الخلاء الكاذب» ترغم المادة المعتادة التي تنشأ منه على أن تتمدد بسرعة «متوازنة» توازناً دقيقاً. ويمكن القول، إن كثافة الخلاء توافق بدقة، الكثافة الحرجة لذلك العصر، وبعد التحوّل المرحلي من الطبيعي أن تساوي كثافة المادة مساواة دقيقة جداً الكثافة الحرجة.

ونتحول الآن إلى المسألة الرابعة: مسألة ظهور التقلبات الطفيفة البدئية في الكثافة، وهي التقلبات التي كان يجب أن توجد في الوسط مباشرة بعد نهاية مرحلة الكون «المتضخم». فقد كان يجب أن تظهر مثل هذه التغايرات نتيجة للعمليات التي نناقشها، بسبب الطبيعة الكوانتية للمادة. وفي واقع الأمر أنه يمكن مقارنة انحلال «الخلاء الكاذب» في المادة المعتادة، بعملية الانحلال الكوانتي للمادة المشعة. فدائماً ما تظهر في مثل هذه العمليات، تغايرات بسيطة. فلدى الانحلال الإشعاعي للمادة مثلاً، يتحلل بعض من أقسامها قبل بعضها الآخر. وعلى هذا النحو سارت عملية الانحلال الكوانتي «للخلاء الكاذب»، ففي بعض الأماكن حدثت قبل، وفي بعضها الآخر بعد، وقد أدى هذا إلى أنّ التحول إلى التمدد جرى تحت تأثير جاذبية المادة الحارة المتشكلة في أماكن مختلفة، وفي أوقات مختلفة بعض الشيء، وهو ما أدّى إلى ظهور تغايرات بسيطة في الكثافة. وليس هذا كله سوى التقلبات الصوتية الأولى التي أفضت فيما بعد، بعد عملية ارتقاء طويلة، إلى نشوء المجرات.

وعلى هذا النحو فإن نظرية الكون «المتضخم» تشرح السمات الأساسية للعالم الذي يحيط بنا. وهي تقدّم إضافة إلى هذا، جملة من التكهنات المهمة الأخرى.

فنحن أشرنا إلى أن اختفاء الخلاء «الكاذب» يشبه التحوّل المرحلي. وظاهرة التحوّل المرحلي، ظاهرة معروفة لنا في عملية تصليب السائل على سبيل المثال: تحويله إلى بلور. فأثناء تحويل السائل إلى بلور يمكن أن تظهر في أماكن مختلفة بلورات محاورها في التكعيبة البلورية مختلفة. فتظهر نتيجة لذلك مناطق مختلفة في السائل المتصلب: *دومينات*[1] متماس واحدها مع الآخر.

وحسب أحدث معطيات تحليل العمليات التي جرت في الكون المبكر، أنه في أثناء التحول المرحلي، ظهرت في الكون «المتضخم» دومينات متماسة ذات خاصيات شتى. ويظهر على حدود الدومينات مختلف ضروب الجسيمات والتشكلات الغريبة. فقد يظهر هناك مثلاً، ما يدعى بوحيدات القطب المغناطيسية. وهي جسيمات تحمل شحنة مغنطيسية معزولة، مثلها مثل الإلكترونات أو البروتونات التي تحمل شحنة كهربية معزولة. وينبغي أن يكون الاحتكار المغنطيسي وحدة عالية الثقل: أثقل بـ 10^{16}-10^{17} مرّة من البروتون! ولا يمكن لمثل هذه الجسيمات أن تنشأ في الكون المعاصر، فليس ثمة طاقة تكفي لتشكلها. ولا تزال وحيدات القطب المغنطيسية غير مكتشفة تجريبياً. ولكنها ينبغي أن تكون موجودة بكميات كبيرة على حدود الدومينات في الكون «المتضخم». وها نحن نتحول إلى تتبع ما يحصل للدومينات التي ظهرت في أثناء تواصل ارتقاء الكون.

فالدومينات تولد في «حقبة 10^{-34} ثانية» بعد بدء التمدد. ويكون قياس كل دومين حوالي 10^{-24} سم. ثم يزيد قياسه في حقبة «تضخم» الكون بمقدار 10^{50} مرّة، أي يصل إلى 10^{26} سم (نذكر بأن هذا الرقم يساوي عشرة ملايين سنة ضوئية!)

وعند 10^{-32} ثانية تنتهي مرحلة الكون «المتضخم». وبعد ذلك يتمدد الكون وفق قوانين معتادة أكثر، إذ تعيقه الجاذبية المعتادة وحتى زمننا هذا تزيد أبعاده بما يقارب 10^{25} مرّة. وهذا يعني أن قياس الدومين سوف يكون حوالي 10^{51} سم. ويشكل هذا الرقم رقماً مهولاً: حوالي 10^{32} سنة ضوئية. ونذكّر في هذا السياق بأن قياس المنطقة المرصودة في الكون بيّن أنها لا تشكل «سوى» حوالي 10^{10} سنة ضوئية وليس بمقدور

1- دومين: حقل، مجال. — م.

أي إشارة تندفع في الكون بعد مرحلة «التضخم»، أن تقطع أكثر من 10^{10} سنة ضوئية. إنه أفق الرؤية الذي تحدثنا عنه.

وعليه، إذا كانت الدمينات بصفتها نتيجة للتحولات المرحلية، موجودة في ماضي الكون البعيد، فإنها سوف تكون هائلة الأبعاد. ونحن نعيش في واحد من مثل هذه الدومينات، في مكان ما في داخله. وربما تكون الجدران التي تفصل «دومينا» عن الدومينات الأخرى، تقوم بعيدا عنّا على مسافة حوالي 10^{33} سنة ضوئية! وفي داخل الدومين تتوزّع المادة في النطاقات الكبيرة (وفق مقاييسنا)، توزعاً متجانساً. وثمة على الجدران كثرة من وحيدات القطب و «الغرائب» الأخرى. أمّا وراء الجدران فهناك عالم آخر.

ولكن كوكبنا المتجانس في نطاقاته المهولة، يعود غير متجانس من جديد، بعيداً وراء دائرة أفق الرؤية. والكون الذي تحدّثنا عنه ليس «سوى» دومينا فقط.

لقد طمحت كلّ منظومات العالم التي أنشئت في مختلف الحقب، إلى وصف العالم كله، الكون كله، لكنها لم تكن في واقع الأمر سوى نمط لنظم فلكية محددة. فنظام العالم الذي وضعه أرسطو وبطليموس عكس سمات الأرض بصفتها جرماً فلكياً: شكلها الكروي، وحركة القمر حول الأرض. أما ما تبقى من النظام، فقد تبين أنه كان خطأ، ثم جاء نظام كوبرنيكوس ليمثل نمطاً للنظام الشمسي، وبعده نظام غيرشل الذي كان نمطاً لمجرتنا. والآن قد لا تكون خاصيات عالم حشود المجرات سوى وصف لدومينا فقط.

حقاً إن خاصيات المادة المحيطة بنا لا متناهية، كما أن جبروت العقل الإنساني الذي يدرك هذه الخاصيات لا متناه أيضاً.

لقد نوقشت المسائل التي طرحت في هذه الفقرة كلّها، في لقاء كمبرج الذي أشرنا إليه سابقاً. وتحدونا اليقظة وحدها إلى التأكيد مرة أخرى على أن ما قيل هنا كله، ليس سوى الحد الأمامي الذي يحارب فيه العلم المعاصر. ويبقى هناك كثير مما يمكن أن يصحح، وكثير مما هو غير معروف.

فليس معروفاً على سبيل المثال، ما الذي كان في الحالة الأكثر قرباً إلى الحالة السينغولیارية. والشيء الوحيد المعروف، هو أنه في الأزمنة الأقل من 10^{-45} ثانية بعد

الحالة اللسينغولیارية، انقسم الوقت والفراغ إلى كوانتات. ولكن ما الذي حدث، وكيف حدث، ولماذا حدث، هذا كلّه يبقى مجرد تخمينات.

ولكن ما الذي كان قبل بدء التمدد؟ لا نعرف عن هذا أي شيء على وجه اليقين. بيد أنه يمكن سوق بعض التخمينات. لكن هذا ليس علماً بعد. فالطيران على أجنحة الخيال من غير توجيه صلب يقوده علم في كتاب، أمر ممكن دون ريب، إلا أن هذا يجب أن يكون في كتاب مغاير للكتاب الذي بين يدينا.

على جناحي الزمن

ثمة في الحياة العلمية لكلّ فيزيائي، خاصة الفيزيائي النظري، بره يهيّأ له فيها أنه لم تعد هناك مسائل تستحق الاهتمام في ميدان تخصصه. ويروى عن الفيزيائي النظري السوفيتي المعروف ل. لانداو، أنه شكا في شبابه من أن المسائل المطروحة قد حلّت، وأنه قلّما يمكن العثور على شيء ما ذي أهمية بين ما تبقى. ولكن عمله نفسه دحض ملاحظته هذه إذ إنه هو نفسه طرح كثيراً من المسائل الشديدة الأهمية ووجد لها حلولاً. إذن المسائل المحلولة تعقبها دوماً مسائل جديدة أكثر جاذبية وتقف بانتظار الحل.

وأتذكر فترة من حياتي هيّئ لي فيها أنني اشتغل على مسائل لا مستقبل لها فناقشت الأمر مرّة مع إحدى زميلاتي. وقادنا الحديث إلى مناقشة مستقبل بعض الأجرام السماوية. وهنا عرضت زميلتي مسألة مهمّة تتعلّق بحساب ابتراد النجوم النيترونية في الظروف الشاذة لمستقبل الكون البعيد جداً. وهذا العمل الذي قمنا به معاً، وحللنا أثناءه معاً أبحاث العلماء الآخرين بصدد مستقبل الكون البعيد، هو الذي سيكون موضوع حديثنا الآتي.

فنحن ندرس الماضي لكي نفهم الحاضر والمستقبل فهماً أفضل؛ فمستقبل البشرية المنظور والبعيد، وكذلك مستقبل العقل، يرتبطان ارتباطاً كبيراً بمستقبل الطبيعة، ومصير الأرض، والشمس، والمجرة، والكون.

وتختلف دراسة مستقبل الكون اختلافاً مبدئياً عن دراسة الماضي. فالماضي ترك لنا آثاراً إذ نكتشفها نتحقق من صحة تصوّراتنا. أمّا لوحة المستقبل، فهي مجرد تعميم لا يمكن التحقق من صحته بطريقة مباشرة. ومع ذلك فإن الأساس الذي تقوم عليه المعارف الفيزيائية والفيزيائية الفلكية، هو أساس متين إلى حدّ يجيز دراسة المستقبل البعيد للكون بما يكفي من اليقين والدقة.

ويتعلق هذا المستقبل قبل كل شيء بما إذا كان الكون سيتمدد إلى ما لا نهاية. ولذلك سوف نناقش أولاً مستقبل الكون المتجانس المتمدد إلى ما لا نهاية بكثافة لا تتعدى المقدار الحرج. فما هي العمليات التي سوف تحدث في هذا الكون المتمدد إلى ما لا نهاية؟

إن أولى هذه العمليات، وهي عملية لا تثير الشك لدى أحد، هي انطفاء النجوم. فالشمس سوف تنهي ارتقاءها النشط بعد عدة مليارات من السنين، ثمّ تتحول إلى قزم أبيض لا يتعدى حجمه حجم الأرض، يواصل ابتراده رويداً رويداً.

أما النجوم الأكثر جسامة من الشمس، فإن حياتها سوف تكون أقصر، وتبعاً لكتلة كلّ منها، ستتحول في نهاية المطاف إما إلى نجوم نيترونية لا يتعدى قطر واحدها عشرات الكيلومترات، وإما إلى ثقوب سوداء.

ولكن قد ينهى النجم حياته بانفجار مدمّر يفضي إلى اندثاره تماماً. فهكذا ينفجر على ما يبدو بعض النجوم التي تدعى بالنجوم الجديدة.

أما النجوم الأقل جسامة من الشمس، فإنها سوف تعيش أكثر، إلا أنها سوف تتحول عاجلاً أم رجلاً إلى أقزام باردة.

وتظهر في زمننا الآن نجوم من الوسط المحيط بالنجوم. بيد أنه سيأتي زمن تنفذ فيه احتياطات الطاقة النووية الضرورية والمادة اللازمة، فتتوقف عملية نشوء النجوم الجديدة، وتتحول النجوم القديمة إلى أجرام باردة أو ثقوب سوداء.

إن عصر الارتقاء النجومي للكون سوف ينتهي تقريباً بعد 10^{14} سنة. وهو أمد زمني مهول، إنه أكبر بعشرة آلاف مرّة من الزمن الذي انقضى منذ بدء تمدد الكون حتى يومنا هذا.

ونتحول الآن لنلقي نظرة على مصير المجرات.

فالمنظومات النجمية (= المجرات)، تتألف من مئات مليارات النجوم. ومن المتوقع أن تكون ثمة ثقوب سوداء فائقة الجسامة في مراكز المجرات، وهو ما تشهد به العمليات العاصفة التي يرصد الفيزيائيون الفلكيون حدوثها في نوى المجرات. وما له أهمية جوهرية بالنسبة لمستقبل المجرات، تلك الأحداث النادرة في أيامنا هذه، والتي تتمثل في أنه عندما يكتسب نجم ما سرعة كبيرة نتيجة لتفاعله التجاذبي مع النجوم الأخرى، فإنه يغادر المجرة ويتحول إلى نجم شارد بين المجرات. فالنجوم سوف تترك مجراتها شيئاً فشيئاً، الأمر الذي يؤدي إلى انكماش القسم المركزي من المجرات رويداً رويداً، فتتحول المجرة عندئذٍ إلى حشد نجمي متراصٍ تراصاً شديداً. وفي مثل هذه الحشود سوف تتصادم النجوم بعضها مع بعض متحولة إلى غاز سوف يتساقط الكم الرئيس منه في الثقب الأسود المركزي الفائق الجسامة، فيزيد من حجم كتلته. كما ستدمر قوى المدّ النجوم إذ تعبر على مقربة من هذا الثقب الأسود.

والطور الأخير لهذه العملية كلّها، هو الثقب الأسود الفائق الجسامة الذي يبتلع بقايا نجوم القسم المركزي من المجرة؛ وتشتت حوالي 90٪ من نجوم الأقسام الخارجية في الفراغ الكوني. وسوف تنتهي عملية دمار المجرات بعد حوالي 10^{19} سنة، وحينذاك تكون النجوم قد انطفأت منذ زمن بعيد وفقدت مشروعية تسميتها نجوماً.

وبالنسبة للعمليات التالية، يعد خور المادة النووية الذي تكهنت به الفيزياء المعاصرة، عاملاً مقرراً حاسماً. والمقصود هنا، هو أن البروتون، على الرغم من عمره المديد جداً، إلا أنه جسيم غير مستقر. فنظرية «الاتحاد العظيم» التي تتكهن بحدوث عمليات عاصفة في العصر الواقع بين 10^{34} ثانية و 10^{32} ثانية بعد بدء تمدد الكون، تتكهن أيضاً بضرورة انحلال البروتون (وكذلك النيترون في تركيب النوى المركبة، الذي كان عدّ في مثل هذه الشروط مستقراً). ويقدر متوسط عمره بحوالي 10^{32} سنة. أما الثمرة النهائية لانحلال البروتون، فهو البوزيترون وحده، وإشعاع على شكل فوتون، ونيترينو، وربما زوج أو عدة أزواج من الإلكترون- البوزيترون. ومع انحلال أن البروتون لم يرصد مباشرة بعد، إلاّ أن قلة من الفيزيائيين فقط ترتاب في حتمية هذه العملية.

إذن، بعد نحو من 10^{32} سنة تتحلل المادة النووية كاملة. فتختفي من الكون حتى النجوم المطفأة. ولكن انحلال المادة النووية يبدأ قبل ذلك بكثير، بتأدية دور مهمّ في

ارتقاء الكون. فالبوزيترونات التي تظهر لدى انحلال النوكلونات (= التسمية المشتركة للبروتونات والنيترونات)، تفنى مع الإلكترونات متحولة إلى فوتونات، وهي مع الفوتونات التي تظهر مباشرة أثناء انحلال النوكلون، تسخن المادة. والنيترينو وحده يترك النجم من غير عائق حاملاً معه 30٪ من إجمالي طاقة الانحلال.

وسوف تبقي عملية الانحلال حرارة النجوم والكواكب الميتة، على درجة منخفضة جداً، إلا أنها مع ذلك سوف تكون درجة مختلفة اختلافاً ملحوظاً عن الصفر المطلق. فالأقزام البيضاء التي تبترد حرارتها خلال 10^{17} سنة حتى 5 درجات على مقياس كيلفن، سوف تحافظ بعد ذلك على هذه الحرارة بسبب عزل الطاقة أثناء انحلال المادة في داخلها. أما النجوم النيترونية، فإنها تبترد خلال 10^{19} سنة إلى حرارة درجتها حوالي 100 درجة على مقياس كيلفن، وبعد ذلك سيحافظ انحلال المادة فيها على هذه الحرارة.

وبعد 10^{32} سنة تكون المادة النووية قد انحلت كاملة، وتتحول النجوم والكواكب إلى فوتونات ونيترينو.

أما الغاز الذي بقي بعد دمار المجرات وتشتت في الفراغ الكوني، فإن مصيره مختلف بعض الشيء (يمكن أن تشكل كتلته حوالي واحد بالمئة من الكتلة الكلية للمادة الكونية). فالمادة النووية لهذا الغاز تتحلل بالتأكيد بعد 10^{32} سنة. ولكن في هذه الحالة لن تفنى البوزيترونات التي تظهر أثناء الانحلال، لن تفنى مع الإلكترونات، لأن شدّة خلخلة الغاز تجعل إمكانية تلاقي هذه الجسيمات ضئيلة جداً، فتتشكل نتيجة لذلك بلازما الكترونية - بوزيترونية متخلخلة.

وحتى ذلك الوقت، أي بعد 10^{32} سنة تبقى أيضاً الثقوب السوداء التي تشكلت من النجوم الجسيمة بعد انطفائها، والثقوب السوداء الفائق الجسامة التي تشكلت في مراكز المجرات.

والآن، ما الذي سيحدث في الكون بعد انحلال المادة النووية؟

في تلك الحقبة النائية سوف تكون موجودة في الكون، الفوتونات والنيترينو، والبلازما الإلكترونية - البوزيترونية، والثقوب السوداء. وسيتركز القسم الرئيس من الكتلة في الفوتونات والنيترينو، لأن المادة المعتادة تتحول بعد انحلالها إلى نوعي المادة

هذين بالذات. فيبدأ عصر الإشعاع. ولكن يجب أن نتذكر أن هذا الإشعاع بارد برودة شديدة.

ومع تمدد الكون تهبط كثافة كتلة الإشعاع هبوطاً سريعاً، لأن كثافة عدد الجسيمات وطاقة كل كوانت (وهذا يعني كتلته أيضاً) تتقلصان أيضاً. وخلافاً للإشعاع يقلّ متوسط كثافة المادة المعتادة في صورة البلازما الإلكترونية - البوزيترونية والثقوب السوداء، بسبب نقص تركزها أثناء تمدد الكون. وهذا يعني أن كثافة هذين النوعين من أنواع المادة، تنقص ببطء أكثر من كثافة الإشعاع. ولذلك فإن كثافة المادة سوف تتحدد عند حلول 10^{33} سنة، بالكتلة المتضمنة في الثقوب السوداء بشكل رئيس. فهي ستكون أكبر بكثير مما في البلازما الإلكترونية - البوزيترونية. وإذا لم تكن كتلة سكون النيترينو صفراً، فإن قسطاً مهماً من الكتلة يبقى في النيترينو أيضاً. ثمّ يعقب عصر الإشعاع عصر الثقوب السوداء!

ولكن الثقوب السوداء ليست أبدية. ففي حقل الجاذبية قرب الثقب الأسود، يحدث توالد الجسيمات؛ ضف إلى هذا أن الثقوب السوداء التي تعادل كتلتها كتلة نجم وما فوق، تظهر لها كوانتات إشعاع. وتؤدي هذه العملية إلى تقلص كتلة الثقب الأسود، فيتحول بالتدرج إلى فوتونات، ونيترينو، وغرافيتونات. بيد أن هذه العملية شديدة البطء. فالثقب الأسود الذي تعادل كتلته 10 كتل شمسية مثلاً، يتبخر في 10^{69} سنة، أما الثقب الأسود الخارق الجسامة الذي كتلته أكبر بمليار مرة، فإنه يتبخر في 10^{96} سنة. ومع ذلك فإن الثقوب السوداء كلّها تتحول بالتدرج إلى إشعاع، ويعود هذا الأخير من جديد ليكون هو الغالب في الكون من حيث الكتلة، فيحلّ ثانية عصر الإشعاع. ولكن هذا الإشعاع أكثر برودة بما لا يقاس من إشعاع عصر انحلال المادة. ونتيجة لتمدد الكون تنقص كثافة الإشعاع بوتيرة أسرع من وتيرة نقص كثافة البلازما الإلكترونية - البوزيترونية، وبعد 10^{100} سنة، تصبح هذه البلازما بالذات، هي الغالبة، ولا يبقى في الكون عملياً شيء سواها.

للوهلة الأولى تبدو لوحة ارتقاء الكون في المستقبل النائي لوحة تشاؤمية جداً، بسبب الانحلال التدريجي، والانقراض، والتشتت.

فعندما يبلغ الكون 10^{100} من العمر، لا يبقى في العالم سوى الإلكترونات، والبوزيترونات الشاردة في الفراغ الكوني بكثافة ضئيلة ضآلة مخيفة: جسيم واحد لحجم يساوي 10^{185} حجماً من كلّ الكون المرئي اليوم. فهل يعني هذا أن العمليات كلّها سوف تفنى مستقبلاً، ولن تحدث حركة نشطة في أشكال المادة الفيزيائية، ولا تكون ثمة إمكانية لوجود أيّ نظم مركّبة، فما بالك بالعقل، بأي شكل كان؟

كلا، فمثل هذا الاستنتاج سوف يكون استنتاجاً خاطئاً. لا شك في أنه من وجهة نظرنا اليوم سوف تكون عمليات المستقبل كلّها بطيئة بطئاً شديداً، ولكن نطاقات الفراغ ستكون زمنئذٍ مختلفة. نذكّر أنه عند بدء تمدد الكون مباشرة، حينما كانت الحرارة حوالي 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، جرت عمليات ولادة المادة، وحدثت تفاعلات عاصفة، قدّر زمن استمرارها بـ 10^{-34} ثانية، أما نطاقات الفراغ الكوني فقد بلغت ما يقرب من 10^{-24} سم. ومن وجهة نظر مثل هذه النطاقات، والسرعة الخارقة للعمليات، فإن الأحداث الراهنة التي تجري في الكون، بما فيها حياتنا نحن، هي شيء ما فائق البطء، وممتد امتداداً مهولاً في الفراغ. وحسب الفيزيائي الأمريكي المعروف دايسون، أن الأشكال المعقدة لحركة المادة وحتى الحياة العاقلة سوف يكون وجودها ممكناً في أيّ مستقبل ناء، ولكن في أشكال غير معتادة، و «سوف ينبض نبض الحياة بوتيرة أبطأ فأبطأ، لكنه لن يتوقف أبداً».

وتموت النجوم في الكون...

ليل مهول.

ولا يبقى سوى الريح السوداء.

تؤرجح السماء كعصفور أبيض خفيف...

طار من كفّ طفل حينما أدرك ذاته،

وهذا العالم، والنجوم، والقرون...

الميلاد والموت، كل ما في هذا العالم.

نهاية الحياة. لا تناهي السماء.

أسراب طير لا عدّ لها،

تدور في الكون، –
ذرات الضوء في لجة لا قرار لها.
ليل مهول.
بينما الطفل يغفو،
تولد المجرات، ويولد البشر،
وتموت النجوم في آلام ممضة.
بينما الطفل نائم يسربله الضوء،
آخر شعاع النجم المحتضر.
فما الذي يبقى بعد الإنسان؟ –
طير كبير بعيني طفل،
ذرة ضوء في فراغ جليدي.

م كاتيس

لقد حلقت بنا ذاكرتنا الفضولية إلى المستقبل النائي جداً. وفي مثل هذا التحليق البعيد يمكن أن نصطدم دوماً بما لم نكن قد حسبنا حسابه. ونحن لم نتحدث حتى الآن إلا عن العمليات التي تنجم عن القوانين الفيزيائية الثابتة يقيناً، ولكن في المستقبل سوف تظهر شروط فيزيائية ليست متاحة لنا بالتجربة (حرارة خارقة الانخفاض، كثافة ضئيلة جداً، و...)، ويمكن تماماً أن تتجلى قوى، وتظهر عمليات غير معروفة لنا حتى الآن. ويمكن لهذه القوى والعمليات أن تبدّل الوضع تبديلاً جذرياً.

وها كم واحدة من مثل هذه العمليات المحتملة: انحلال الخلاء وتحوّله في الكون المتمدد إلى مادة حقيقية. ففي الماضي، في زمن 10^{-34} ثانية بعد بدء تمدد الكون، انحلّ «الخلاء الكاذب» منتجاً الجسيمات والجسيمات المضادة للطاقات الكبيرة. وقد عادلت هذه الطاقة الحرارة 10^{27} درجة على مقياس كيلفن، وشكلت كثافة المادة 10^{74}غ/ سم^3.

وقد يكون في الخلاء المعاصر بعض من كثافة الطاقة. ولكنها إذا كانت موجودة، فإنها ضئيلة جداً وتعادل كثافة كتلة لا تتجاوز 10^{-28}غ/ سم^3، وربما أقل بكثير. ومن الصعب جداً الكشف عن مثل هذه الكثافة، حتى بمشاهدات الأرصاد الفلكية. وتفترض النظرية أنه من الممكن أن تتحول كثافة كتلة الخلاء في المستقبل

البعيد عبر قفزة، إلى جسيمات وجسيمات مضادة حقيقية واضعة بذلك بداية عمليات فيزيائية جديدة. وغني عن البيان أن المادة التي ستولد في أثناء ذلك، ستكون متخلخلة، إلا أنها مع ذلك أكثر كثافة من «مادتنا» المتبقية حتى ذلك الزمن مشتتة إثر تمدد الكون. وقد يكون مثل هذا «التحول المرحلي» للخلاء جوهرياً جداً بالنسبة لمصير الكون. فمن حيث المبدأ يمكن لهذا الانتقال أن يوقف تمدد الكون ويجعله انكماشاً. وعندئذٍ فإن «الخلاء الشديد الواقعية» الذى ينشأ من جديد، سوف تكون له خاصيات تجاذبية جاذبة وليست طاردة كما في حالة «الخلاء الكاذب». ومن الواضح أنه إذا ما حلّ انكماش الكون بدلاً من تمدده، فإن اللوحة التي رسمناها هنا لمستقبل الكون. سوف تتغير كلها تغيراً جذرياً.

وثمة ملاحظة أخرى. عندما رسمنا مستقبل الكون، افترضنا أن النيترينو بأنواعه كلها ليست له كتلة سكون، أي أنه عبارة عن شعاع. وافترضنا كذلك أن هذه الجسيمات مثلها مثل الفوتونات، ليس لها كتلة إلا لأنها تتحرك دوماً بسرعة الصوت، أما كتلة سكونها فهي تساوي الصفر. ولكن قد لا تكون كتلة سكون النيترينو مساوية الصفر، كما بيّنا في فقرة «الكون النيترينى».

وقد يكون تأثير هذه الواقعة على مصير الكون مستقبلاً، ذا طابع مزدوج. فإذا كانت كتلة سكون النيترينو ضئيلة: أقل بمئات آلاف المرات من كتلة الإلكترون مثلاً، فإن الجاذبية التي يصنعها هذا الجسيم على نطاق الكون، تكون ضعيفة جداً بدورها وليس لها اليوم أي تأثير على وتائر التمدد. ولكن كثافة كتلة النيترينو لن تتناقص في المستقبل النائي تناقصاً سريعاً كسرعة تناقص كثافة كتلة الفوتون، أو تناقص كتلة الجسيمات المعتادة؛ وسوف يبقى في البلازما الإلكترونية - البوزيترونية خليط ثابت ضئيل من النيترينو (والنيترينو المضاد)، الذي له كتلة سكون.

وإذا ما ظهر أن كتلة سكون النيترينو قريبة من الحدّ الأعلى الممكن المتوقع (تقريباً 0.00005 كتلة الإلكترون)، فإن الكتلة الكلية لهذه الجسيمات في الكون سوف تكون كبيرة جداً، وسوف يتجاوز متوسط كثافة المادة المقدار الحرج (10^{-29}غ/سم^3)، وفي المستقبل ستوقف جاذبية النيترينو تمدد الكون. وقد يقع هذا قبل زمن طويل من انحلال المادة النووية كلّها، بل حتى قبل أن تنطفئ النجوم كلّها. وعندها سيكون

الانكماش بانتظار الكون، فيحل الدمار بالأجرام السماوية، وتنشأ من جديد مادة خارقة الكثافة، شديدة الحرارة، وتحدث عمليات فيزيائية هائجة.

وهكذا نرى أن مستقبل الكون يبدو ساحراً، ممتعاً، متنوعاً في أي سيناريو من سيناريوهات ارتقائه.

والحقيقة أن الكون في المستقبل النائي، لن يشبه في أي من تنويعاته الكون الذي يحيط بنا الآن. فحالته ستكون عندئذٍ إما شديدة الخلخلة، شديدة البرودة، وإما شديدة الكثافة شديدة الحرارة.

فما العمل؟ علينا أن ندرك هذا بدقة. فالكون يتطور باستمرار من غير انقطاع. لقد كان ماضيه شديد التنوع ولا يشبه حاضره الآن. وسوف يكون مستقبله مختلفاً جداً عن كل ما نراه الآن. كما ينبغي أن ندرك بدقة أيضاً، إنه لن يكون في المستقبل أي شيء حتمياً حتمية قدرية بالنسبة للحياة العاقلة بالمعنى العريض لهذه الكلمة. فخلال زمن هزيل (بالمقارنة مع زمن ارتقاء الكون) نجح العقل البشري في أن يمتلك كثيراً من أسرار الطبيعة ويسخّر قوانينها لخدمة الإنسان.

وإذا ما كنا متعقلين بما يكفي لصون الحياة على الأرض في زمننا هذا، زمن الهزات الاجتماعية العاصفة (ونحن في الاتحاد السوفيتي نؤمن بهذا ونعمل لأجله)، فإنه من الصعب أن نتخيل أي جبروت علمي سوف نحقق بعد مئة عام، أو ألف عام، أو مليون عام، فما بالك بمليارات السنين. فالإنسان سوف يتعلم أن يضع قوانين ارتقاء الكون كلّها في خدمة مصالحه، وسوف يتعلم كيف يوجهها. وإنه لمن السذاجة أن نفترض أن الكون قد أعد للبشرية على امتداد الأزمنة كلها، شروط عيش هانئة دافئة ملؤها الغبطة. وكان أحد كبار علماء الطبيعيات التجريبيين قد قال: «علينا ألا ننتظر الإحسان من الطبيعة، بل ينبغي أن ننتزع الخير منها، وتلك هي مهمتنا». إنها من غير ريب كلمات فخر واعتداد جديرة بالإنسان. ومما لا شك فيه أن مسائل الحفاظ على الطبيعة وسواها من المسائل الأخرى، سوف يكون لها طابع مغاير تماماً في أثناء تحقيق هذه المهمات على نطاق الكون كله. ولكن الذي لا شك فيه هو أن المجتمع البشري المقبل سوف يجد الوسائل الكفيلة بحل هذه المسائل.

ومع اقترابنا من خاتمة روايتنا هذه، نريد أن نذكّر مرة أخرى بأن التغيرات الجدية في الكون (بالمقارنة مع حالته الراهنة)، يمكن في الأحوال كلها ألا تبدأ في المستقبل المنظور، لا في نطاق العيش وحسب، إنما على النطاق الفلكي أيضاً: بعد عشرات وربما آلاف مليارات السنين كحدّ أدنى وهذا أكبر بمرات كثيرة من عمر الكون الحالي الذي نراه، وعمره هذا لا يتجاوز 10-20 مليار سنة بعد بدء تمدد الكون.