الـفـيـزيـاء والـلانـهـايـة

د. جون –بيير لوميني, د. مارك لاشييز –ري
ترجمة :د. أبو بكر خالد سعد الله

تـقـديـم: لقد حيّرت مسألة اللانهاية الإحساس البشري أكثر من أية مسألة أخرى؛ وليست هناك فكرة أنعشت العقل البشري وخصّبته أكثر من فكرة **ديفد هلبرت David Hilbert**: كل ما يمكن أن نتعرّف عليه بطريقة مباشرة لا بد أن يكون منتهيا. ورغم ذلك ففكرة اللانهاية تبرز كلما اشتغل فكرنا. وحسب إمانويل ليفيناس Emmanuel Lévinas فإن "اللانهاية يشير إلى خاصية تتمتع بها بعض الكميات تبدو من خلالها للفكر بأنها قادرة على التوسع إلى ما وراء كل نهاية ممكنة". لكن هل بالإمكان الالتقاء باللانهاية في الطبيعة، وفي الفيزياء التي تريد تمثيله؟ هل يعتبر اللانهاية في الكون ككائن حاضر في كل الأشياء، كبعد فعلي ومتعدد للواقع؟ أو هل هو، على العكس من ذلك، تخيّل ضروري للفكر دون أن يتمكن أي واقع فيزيائي من تجسيده؟ كانت هذه المفارقة حاضرة برمتها حتى في مؤلف "الفيزياء" لأرسطو.

لقد ظلت مسألة اللانهاية خلال أمد طويل ذات طابع فلسفي. لكن الحديث الجاد عن اللانهاية يتطلب الرجوع إلى التاريخ وإلى التطورات الحديثة للعلم. ما هي "إشكالية اللانهاية "في الفيزياء؟ تخضع جميع المقادير (الحركة، الفضاء، الزمن، الخ.) لمقياس المحدودية (فهي محدودة أو غير محدودة). غير أن الفيزياء تعتبر أن الكيانات التي تعطَى فعليًا والسياقات التي تقبل التنفيذ عمليًا هي الكيانات والسياقات المنتهية. وهذا لا يمنعها من اعتبار مفاهيم يتدخل فيها

اللانهاية إن كان في ذلك "تيسيرا"، إلا أنها لا تمنح لتلك المفاهيم وجودا حقيقيا : فاللانهاية يكون كامنا وليس فاعلا. وهكذا يتضح أن رجال العلم قد أبدوا خلال الحقبات التاريخية المتوالية مقاومة شديدة لفكرة اللانهاية الفاعل، دون مراعاة لعقلانية المواقف .وكان أول من اقترح إعطاء اللانهاية مكانة تعادل مكانة "المنتهي" هو الرياضياتي برنارد بولزانو .Bernard Bolzano وفي أواخر القرن التاسع عشر كانت أعمال جورج كانتور Georg Cantor حول اللانهاية الرياضياتي، التي تعتبر اليوم منطلق الرياضيات الحديثة، قد رُفِضت بقوة من قبَل العلميين. وكان كانتور يقاوم التيار منفردا حتى اختل عقله. وكان لا بد من انتظار بداية القرن العشرين ليتخذ اللانهاية –جزئيا – مكانة لائقة في الفيزياء. ومنذ ذلك الوقت صار المنتهي واللامنتهي مترافقين ضمن نفس السياق.

إن مسألة اللانهاية موضوع لا ينضب (وكيف يكون الأمر عكس ذلك!)، وهناك مؤلفون كثيرون، من جميع الاختصاصات، قد عبروا عن آرائهم في هذا الشأن. سوف لن نشير في هذا المقام سوى للأعمال التي نراها أكثر تمثيلا لتيار فكري أو لحقبة زمنية معينة.

والملاحظ أن التقدم في إدراك الظواهر الطبيعية غالبا ما تواكبه إزالة اللانهايات. لكن الفيزياء الحديثة، مثل النظرية الكمومية[2]،وكذا نماذج الثقوب السوداء، تبرز لانهايات جديدة .

العالم واللانهاية :"في بداية العالم كان هناك حساء كوني لامحدود، ومتراص لا حركة فيه. وكان السماء يحتوي على عدد غير منته من الحبّات. فهو مكون من نفس المواد التي تتكون منها الأرض، ولم يكن تتحكم فيه الآلهة." كانت هذه العبارات، التي كتبت منذ 2500 سنة قد جعلت من صاحبها أنَكْسَغور الكلازومينسي Anaxagore de Clazomènes(428–500

قبل الميلاد) أول عالم في التاريخ يتهم بالكفر والإتيان بالبدع. لكنه كان محظوظا أكثر من العلماء الذين أتوا بعده : لأنه حظي بحماية أصدقاء أقوياء فبرئت ساحته وتمكن من الفرار بعيدا عن عداوة أثينا.

وهكذا كان مفهوم اللانهاية قد خلق مبكّرا جوا من الانفعالات والمجادلات. وكما هو الشأن بالنسبة لأمهات الأفكار الفلسفية فإن اللانهاية نبع من الفكر الإغريقي. كانت المدارس الأولى لعلماء وفلاسفة اليونان القديم تعرف باسم مدارس "ما قبل سقراط" على الرغم من أنها امتدت زمنيا إلى أكثر من قرنين واختلفت فيما بينها اختلافا كبيرا. وقد حاولت تلك المدارس، التي سبقت سقراط، فيلسوف أثينا الكبير، الوصول إلى تفسير عقلاني للكون (العالم) بالابتعاد بقدر المستطاع عن الأساطير :ما هي مصادر المادة وتحويلاتها وعناصرها الأخيرة؟ ما هو شكل الكون، وما هي القوانين التي تحكمه؟ وهنا نصادف نفس الانشغالات التي تطرحها في الوقت الراهن فيزياء الجسيمات [3] وعلم الكون.[4]

كان نموذج الرؤية للعالم قبل سقراط قد قدمه أنَكْسِيمَندر الميلتي Anaximandre de Milet منذ القرن السادس قبل الميلاد. وهكذا اقترح لفظ "الأبيرون apeiron "كعنصر أولي لكل شيء. وكان المعنى الدقيق لهذا اللفظ موضع نقاش دائم، فهو يعني في آن واحد اللانهاية (اللامحدود والخالد) وغير المحدد (غير المعيّن). والملاحظ أن عالَم أنكسيمندر عالم مغلق: بمعنى أن النطاق الذي تصل إليه أبحاثنا وتقصياتنا، أي مسرح الظواهر، نطاق منته. ومع ذلك فهذا العالم منغمس في وسط غير منته، هو وسط ما يمكن اعتباره اليوم بمثابة الفضاء. وهكذا، وحسب أنكسيمندر، فالعالم منته مع أنه سابح في وسط غير منته .وقد ظلت هذه الفكرة قائمة خلال عدة قرون .وكان الأمر كذلك لدى

طالس Thales، المنتسب هو الآخر إلى ميلت :Milet الوسط هو الماء، والعالم فقاعة هواء شبه كروية تسبح في كنف تلك الكتلة السائلة غير المنتهية.

أما الذّرية ([5]) التي أسسها لوسيب Leucippe وديموقريط Democrite خلال القرن الخامس فتقترح رؤية أخرى للانهاية العالم تختلف تماما عن الرأي السابق. ولهذا المذهب الذي كان من أبرز ممثليه إبيكور(270−341) Epicure قبل الميلاد (ولوكريس) Lucrèce القرن الأول قبل الميلاد،(اعتقاد أساسي يتمثل في وجود جزء من المادة لا يتجزأ ولا يقبل التقطيع) لفظ "الذرة "باليونانية يعني "لا يقبل التجزئة")، وهو العنصر الأول في الكون. أما العنصر الأساسي الآخر فهو الخلاء (الفراغ)، الشبيه بالمسرح غير المحدود الذي تتحرك فيه الذرات . والذرات أجزاء لا تتكسر ولا تتغير، وحاضرة حضورا أزليا، ولا تختلف إلا بأحجامها وأشكالها .وأما عددها فهو غير منته، وهي تتجمع هنا وهناك فتشكل أجساما كونية في كنف الخلاء غير المنتهي.

وقد تأسس مفهوم تعدد العوالم في ظل لانهاية أصحاب مذهب الذرّية. وفي هذا السياق كتب إبيكور في "رسالة إلى هيرودوت "Hérodote النص التالي : "هناك عوالم غير منتهية تشبه عالمنا وتختلف عنه، في آن واحد. ذلك أن عدد الذرات غير منته [...] ومن ثمّ فهي تُدفَع بعيدا في الفضاء. وسبب ذلك أن غايتها –بحكم طبيعتها – هي إنشاء أو تصميم عوالم، وعليه فهي لا تستنفد كلية في عالم واحد أو في عدد محدود من العوالم، ولا في عوالم متشابهة، ولا في عوالم تختلف عن العوالم السابقة. ونتيجة لهذا الوضع فليس هناك أي حاجز يمنع وجود عدد غير منته من العوالم ".وهكذا يتنبأ هذا المذهب بوجود كمّ كبير من العوالم، وسط فضاء غير منته، يعادل عددها عدد الحالات الممكنة التي توفرها الذرات. وتنْشِئ هذه الذرات الكائنات والعوالم، فهي فاعلة السببية. ولما

كان عددها غير منته فالأمر كذلك بالنسبة لعدد الحالات الممكنة التي توفرها، وكذا بالنسبة لتعدد العوالم وتنوع هذه العوالم.

وإذا كانت فرضية الذرات واسعة وخصبة فإن كسمولوجيا أصحاب مذهب الذرّية لا تزال علما هزيلا .وفي هذا السياق، يقال أن ديمقريط ذاته كان يجهل عدد الكواكب المرئية في السماء ! وقد اقترح خلال القرن الرابع إفلاطون Platon وأودوكس الكنيدي Eudoxe de Cnide وأرسطو Aristote نظاما أكثر انسجاما يفسر العالم، لأنه يعتمد جزئيا على المشاهدات التي سرعان ما عوضت الكسمولوجيا الذرية. وقد أدى صدى هذا النظام إلى إدانة كل المبادئ العامة للنظرة الذرية، ولم يسترجع هذا المذهب بعض مصداقيته إلا بعد مرور وقت طويل .

الفعل أو القدرة: يعتبِر إفلاطون (428؟-347؟ قبل الميلاد) في مؤلفه "طيماوس "العالم والسماء منتهيين. ويرى أنهما محصوران، في آخر المطاف، في كرة تحيط بالعالم لا يوجد خارجها شيء. ولمن يبحث عن التناغم وعن أقصى التناظر فإن الكرة تمثل فعلا الشكل الأكمل: مظهرها لا يتغير مهما كانت الزاوية التي ننظر من خلالها للكرة. ولذا فمن "الطبيعي "أن تندرج الكرة ضمن تصميم الكون مبرزة الكمال والثبات الإلهيين.

وكان أرسطو(384-322) Aristote قبل الميلاد هو من طرح قضية اللانهاية بمصطلحات حديثة .فقد ميّز بين اللانهاية "الفاعل" (قيْد الفعل) واللانهاية "الكامن" (ممتلك القدرة). واللانهاية "الفاعل" هو ذلك الذي يمكن إنجازه في الطبيعة؛ أما اللانهاية "الكامن" فهو مجرد نسيج خيال ضروري للفكر إذا ما

تعلق الأمر بحل مسائل معينة، غير أنه لا يوجد واقع فيزيائي يعبر عنه هذا المفهوم.

وقد رفض أرسطو في مؤلفه "الفيزياء" وجود اللانهاية الفاعل، إذ يعتبر أن اللانهاية هو ما لا يمكن الإحاطة به، وعليه فهو لا يوجد إلا في الشكل الكامن. وبوجه خاص، فإن الفضاء منته ولا وجود لشيء خارج الكرة السماوية . ومع ذلك يعترف أرسطو بضرورة وجود اللانهاية في الرياضيات: يمكن أن نضطر إلى اللجوء إليه في البراهين. وهكذا نلاحظ أن هناك ثلاث طرق تجعل مقدارا كيفيا غير منته (اللانهاية الكامن).

يمكن أن يكون مقدار غير منته من خلال التركيب .والمثال النموذجي على ذلك هو الأعداد التي يولّد جمعها أو ضربها أعدادا أكبر بدون حدود. وقد استغلت هذه الفكرة، بعد مرور ألفيْ سنة، لتكون منطلق إنشاء اللانهايات الأصلية Cardinaux ([6])، أي منطلق نظرية اللانهايات الرياضياتية.

كما يمكن أن يكون مقدار غير منته من خلال التجزئة. مثال ذلك المادة إذ نستطيع تجزئتها إلى ما لانهاية عندما نفترض أنها متصلة فيما بينها ولا تحتوي على عناصر قابلة للتقطيع، وهذا خلافا للرؤية الذرّية. ومن هنا ولدت نظرية اللامتناهيات([7])التي لولاها ما كانت الفيزياء الحديثة لترى النور. وأخيرا يمكن أن يكون مقدار غير منته من خلال التركيب والتجزئة في آن واحد. ذلك هو حال الزمن، أي حركة الكرات السماوية التي لا تعرف نهاية ولا بداية.

وهكذا نرى أن كسمولوجيا أرسطو تجيب عن مسائل اللامتناهي الكبر واللامتناهي الصغر. أما اللامتناهي الكبر فينبغي إقصاؤه لأن العالم منته ولا

يمكن أن يوجد شيء خارج هذا العالم. وذلك خلافا للامتناهي الصغر الذي نقبله، غير أن التجزئة اللامنتهية للمادة تجزئة كامنة وليست فاعلة.

وقد واجه أرسطو بعض المنتقدين بخصوص تصوراته المتعلقة باللانهاية، مثل أرخميدس. وحاول هذا الرياضياتي الشهير، الذي توفي دفاعا عن مدينته سيراقوسه حين حاصرها الرومان، اعتبار اللانهاية الهندسي "الفاعل "بدل "الكامن". فهو يرى تجسيدا له في "عدد حبات الرمل المبثوثة على وجه البسيطة ."وطوّر أرخميدس في مؤلفه "أرِناريوس Arenarius" طرقا رياضياتية جديدة تسمح بالتعبير عن أكبر عدد ممكن باستخدام الرموز المتوفرة لديه، فبلغ هذا العدد . وقد "برهن " على أنه أكبر من عدد " حصى الرمل الضرورية لملء كرة النجوم الثابتة" (التي تتطلب "فقط "حسب دعواه الحسابية).

وعلى الرغم من ذلك كانت كسمولوجيا وفيزياء أرسطو تتداول حتى بداية القرن السابع عشر، وبلغتَا ذروتهما على يدي الفلكي الأسكندراني كلوديوس بطليموس Claudius Ptolemy نحو عام 150 بعد الميلاد. وحتى تتفق المشاهدات مع كرات أرسطو فقد عوض بطليموس هذا النظام (باستثناء الكرة الأخيرة المتعلقة بالثوابت) بمجموعة دوائر إضافية: يتعلق الأمر بتركيب حركات هذه الدوائر – المسماة "دويرات فوقية épicycles[8] " و"متساويات الحركة " – équants[9]وهو التركيب الذي يعبّر عما يجري من حركات معقدة (مباشرة أو غير مباشرة) للكواكب. لكن هذا اللجوء إلى الهندسة يمرّ برفض فيزياء السماء، الذي طالب به أرسطو : القوانين الفيزيائية القائمة في الأرض لا تقوم في السماء؛ ذلك أن السماوات مقدسة وتخضع لمبادئ ثابتة في حين يخضع العالم الواقع تحت القمر للقوانين الصارمة التي تسيّر التوالد (التكاثر) والتلف .

تخوم العالم: لقد وجدت فكرة انتهاء العالم (الأرض والكواكب والنجوم) التي يتشبث بها أصحاب مذهب أنكسيمندر المليتي صدى لها في مدارس فلسفية إغريقية أخرى، مثل تلك المنسوبة إلى هيراقليط Héraclite وإمبدوقليس Empedocle و"الرواقيين" (أو "الزينونيين"). وقد تصور الرواقيون وجود دورية كونية للعوالم المتدافعة تتوالى الواحد بعد الآخر بدون انقطاع مرورا بمراحل إنفجارات متفاوتة القوة. إن الفضول يدعونا إلى ربط ذلك بنماذج "الانفجار الأعظم ([10]) "التي يقترحها علم الكون الحديث. غير أن هناك فارقا أساسيا بين هذا وذاك: فالإغريق كانوا يميّزون بين "العالم" الفيزيائي و"المكان" الذي يعني بلغة عصرنا "الفضاء الهندسي". فهم يعتبرون العالم (الكروي مثلا) جزءا من الفضاء الذي يضمه ويحويه، وهذا الفضاء الأخير فضاء "خارج الكون"، غير منته، وبدون مميزات فيزيائية. وعلى العكس من ذلك فإن النماذج الكونية لا تفرق اليوم بين الكون والفضاء (أو بالأحرى، بينه وبين كيان أشمل، هو "الفضاء– الزمن– المادة "الذي سنتحدث عنه لاحقا). وفي هذا السياق فقد قطع الأرسطوطاتيون – الذين لا يميزون بين العالم والفضاء المنتهيين – والذرّيون – الذين لا يميزون بين العالم والفضاء غير المنتهيين – شوطا حاسما في تطور علم الكون.

وقد واجه أنصار فكرة انتهاء العالم صعوبة أساسية: يبدو من اللازم تصور وجود مركز وحدود للعالم. وهذه الحدود يمكن أن تكون جدارا، أما الكون فهو منحصر داخل قوقع مادي كروي ربما يشكل كرة النجوم الثابتة. وهناك من ينظر للحدود على أنها حافة متدرّجة، تنتقل تدريجيا من ملكوت الفيزياء إلى ملكوت السماء أو الروح (موطن الآلهة). بينما يدعم أصحاب مذهب أنكسيمندر الميلتي والرواقيون فرضية وجود منحدر: العالم المنتهي ذو حدود غير مادية، يحتويه خلاء (فراغ) شاسع غير منته .

وكان أرشوطاس التارنتي Archytas de Tarente، وهو من فيثاغورسيي القرن الخامس، أول من قدم محيّرة تهدف إلى البرهان على تناقض فكرة وجود حافة مادية للكون. وقد لقيت فكرته صدى كبيرا في النقاشات التي دارت حول الفضاء " :إذا كنت موجودا في طرف سماء النجوم الثابتة فهل يمكنني مد يدي أو مد عصا؟ إنه من غير المعقول أن نقول باستحالة ذلك؛ وإن استطعت فهل ما نجده وراء ذلك، جسما أم فضاء. وعليه بإمكاننا الذهاب أبعد من هذا الحد، وهكذا دواليك. وإذا وجد في كل الحالات فضاء يمكن أن نمد نحوه العصا فهذا يتطلب، بالضرورة، توسعا بدون حدود." يؤدي بنا هذا الوضع إلى اعتبار بأن ما وراء العالم، مادةً أو فضاءً، جزءٌ من العالم. ومن ثمّ لا يمكن من الناحية المنطقية أن يكون العالم محدودا دون أن تواجهنا محيّرة .

وبناء على ذلك ينبغي إقصاء صورة عالم متواجد في وسط خارجي ليس جزءا منه. وقد أعيد العمل بهذا الاستدلال من قبل مناصر النظرية الذرية الروماني لوكريس Lucrece باعتبار صورة رمي الرماح .غير أنه كان علينا انتظار ظهور الهندسات غير الأقليدية* خلال القرن التاسع عشر لحل هذا الخلاف. تمكّن هذه الهندسات من تصور فضاءات ذات خواص مختلفة عن تلك التي نتعلمها في المدرسة: مجموع زوايا مثلث لا يساوي في جميع الأحوال 180 درجة. كما أنه لا يمرّ دائما مستقيم وحيد من نقطة معطاة يوازي مستقيما معلوما ... وعلى الرغم من أن هذه الخواص بدت "فظيعة" في بداية الأمر فقد اعترف الرياضياتيون بكونها مؤسَّسَة بشكل سليم؛ واعتبرها الفيزيائيون بدورهم بأنها ربما توفّر تمثيلات أفضل للفضاء الحقيقي. وفي هذا الإطار الجديد يمكن أن نتصور بأن الفضاء قد يكون منتهيا بدون أن يمتلك حافة، ومن ثمّ نعتبر الكون منتهيا وعديم الحدود، وهذا بدون مواجهة مفارقات.

إن هذا التصور ليس جد طبيعي، والغموض لا زال يكتنفه إلى اليوم. فعندما يحاضر أحدهم ويصف مثلا توسع الكون فغالبا ما يطرح عليه السؤال التالي: في أي شيء كيان ينتفخ حجم الكون؟ والملاحظ أن هذه الصياغة الخاطئة تزداد حدة عند إجراء مقارنة سيئة تتمثل في تشبيه توسع الكون بسطح كرة نقوم بالنفخ فيها .والجواب هو أن الكون لا يتوسع في أي كيان إذ أنه لا وجود لفضاء غيره !

معارضة أرسطو: بعد ظهور الديانات اليهودية والمسيحية والإسلامية كان لا بد من تنقيح وتعديل لانهاية أرسطو (الذي ليس هو لانهاية الله) للتعبير عن اللانهاية الإلهي.

كان الأسكندراني جون فيلوبون Jean Philopon قد أوضح، في حوالي عام 500، الصعوبات التي تثيرها الصلة بين أطروحتي أرسطو المتعلقتين باللانهاية .فمن جهة، نجد أرسطو لا يعترف باللانهاية الفاعل. ومن جهة أخرى، ليست هناك بداية ولا نهاية للزمن والحركة. وقد اقترح جون فيلوبون، ذو التوجه المسيحي، التخلي عن الفرضية الثانية، وعكف من أجل ذلك على الإتيان ببرهان نشأة العالم.

وفي أرض الإسلام كان الكندي (حوالي 800–870م) من الفلاسفة القلائل الذين ثاروا ضد خلود الكون، وهي معارضة تأتي عادة من رجال الدين وليس من الفلاسفة. كما أن هناك الفيلسوف الشهير ابن سينا (980–1037) الذي ناقش مطولا أعمال أرسطو في مؤلفه "كتاب الشفاء "مدمجا فيها عناصر من الفلسفة الإفلاطونية الجديدة. فهو يدافع عن انتهاء المقادير الهندسية مثل الخط المستقيم، غير أن برهانه على ذلك لا ينطبق على الزمن ولا على الحركة .

وميّز ابن سيناء جيدا – كما فعل أستاذه الكندي – بين المقادير الفضائية والزمنية . لكنه يوافق على وجود لانهاية فاعل، وهو لانهاية عدد الأرواح الإنسانية. وحتى يفنّد كلام القائلين بانتقال الروح من فرد إلى آخر يختتم بالقول إن الأرواح البشرية، المنفصلة عن الأجساد، تشكّل تكاثرا لانهائيا فاعلا (أي بمفهوم اللانهاية الفاعل) !

والملاحظ أن أرسطو لم يواجه معارضة حتى الآن إلا حول نقاط معينة من تصوراته للانهاية. ثم جاء رجل دين من المجموعات اليهودية في أرَغون Aragon، وهو هاسداي كرِسكاس Hasdai Crescas (1340–1412؟) وناقض حجج أفلاطون برمتها. كان كرِسكاس صاحب كتاب ديني فلسفي سماه "مصباح الله "دافع فيه دفاعا قويا عن أطروحات عدم انتهاء الكون وعن تعدد العوالم الممكنة وعن وجود خلاء فضائي، أي عن فكرة المقادير والأعداد غير المنتهية فعليا.

وقد جرت العادة خلال القرون الوسطى على التأكيد بأن الكردينال نيكولاس دي كويس (1401–1464) قال بعدم انتهاء الكون في مؤلفه (De la docte ignorance حول التباهي بالجهل). وكان الكردينال قد تأثر بنص لوكريس (De la nature حول الطبيعة) الذي عثر عليه عام 1417 في دير للرهبان. والملاحظ أن حججه الرئيسية ذات طابع ماورائي : الكون غير منته لأنه من خلق الله الذي لا يمكن أن تكون أعماله محدودة. يجب على الكون أن يعمّر بالكائنات، وعلى الأرض أن تتحرك.

غير أن الطريق إلى اللانهاية ظل محفوفا بالحواجز. وقد حافظ الكاهن البولندي نيكولاس كوبرنيكوس – (1473–1543) Nicolas Copernic الذي ذاع

صيته بفضل قوله إن الأرض ليست مركز الكون – على فكرة العالم المنتهي المحتوي داخل كرة النجوم الثابتة. ولم يضف سوى أن هذا العالم شاسع ولا يمكن قياسه تاركا الكرة في ملعب الفلاسفة. ومع ذلك فقد مهّد الطريق لفكرة الكون غير المنتهي بـ"توسيع" عالم القرون الوسطى : كان نموذجه يزيد ألفيْ مرة عن عالم بطليموس، وهذه خطوة صغيرة في اتجاه اللانهاية، لكننا لم نبلغ بعد اللانهاية .

برونو Bruno أو نشوة اللانهاية: يعتبر جوردانو برونو Giordano Bruno (1548–1600)، في آخر المطاف، صاحب الكسمولوجيا غير المنتهية . " ها قد ظهر الإنسان الذي اخترق الأجواء، وعبر السماء، وتخلل النجوم، وتجاوز حدود العالم، وأسقط الأسوار الخيالية للكُرات –من أول منزلة إلى الثامنة، إلى التاسعة، إلى العاشرة، أو يزيد – وهي الكرات التي أوجدتها حسابات رياضياتية غير مجدية أو فلسفة عمياء ومبتذلة [...]. إنه الإنسان الذي استخدم مفاتيح مهارته ليفتح بأبحاثه أبواب الحقيقة التي لم نكن قادرين على اختراقها . فقد جرّد الطبيعة التي غلّفتها الأقنعة .إنه منح أعينا لحيوان الخلد، ورَدَّ البصر للعميان. [...] نحن نعلم ذلك : هناك سماء واحد، ومنطقة سماوية شاسعة حيث تحافظ البؤر الضوئية الجميلة على المسافات التي تفصلها لتضمن دوام الحياة وإعادة ظهورها".

بهذه العبارة مجّد برونو ذو الحماس الفياض الرجل الهادئ كوبرنيكوس.

لقد قدم برونو حججا معتمدا على أسس فيزيائية، وليست دينية محضة، ونشر مذهبه في كامل أرجاء أوروبا حتى حرِق حيًا من أجلها عام 1600 ! كانت كتاباته تتميز بجرأة وأصالة منقطعتي النظير. وظل فكره، الذي خانه القوم

وشوّهوه، بعيدا عن إدراك معاصريه، سيما من قبل غاليليو .Galelio وكان قد أعاد فلاسفة عصر الأنوار خلال القرن الثامن عشر اكتشاف برونو من جديد وبرزت صورته الأسطورية في منتصف القرن التاسع عشر حين عارض العلم "الإيجابي"* الكنيسة بقوة. ورغم ذلك فبرونو هو، قبل كل شيء، فيلسوف استوحى فكره الكسمولوجي من مذهب الذرّية للوكريس ومن الاستدلالات الكوسمولوجية لنيكولاس دي كويس ومن أطروحة كوبرنيكوس .وقد أخذ برونو من هذا الأخير فكرة المركزية الشمسية héliocentrisme[11] وترتيب النظام الشمسي. لكنه رفض فكرة "الانتهاء "الكوسمولوجي لهذا النظام واحتوائه في الكرة الثامنة (كرة النجوم الثابتة). وقد سبق جوهانس كبلر Johannes Kepler وإسحاق نيوتن في رفض التقيّد الأعمى بجمال الشكل الكروي والحركة الدائرية المنتظمة.

وتجدر الإشارة إلى أن التوجه الفكري لبرونو في ما يتعلق باللانهاية ينطلق من ملاحظة كون ما نشاهده يعتبر دائما أمرا نسبيا : فالأفق ليس سوى حافة ظاهرية تتحرك مع المشاهد.

وكان برونو قد قدم حججا جد حديثة ترفض الرأي السائد المتمثل في اعتبار كل النجوم تبعد بنفس المسافة عن الأرض كما لو كانت "مسمّرة ومثبتة على كرة نهائية". وقد أطلق برونو العنان لشاعريته فكتب: "ومن ثمّ فأنا أحرّك جناحي نحو الأجواء، لا أخشى مواجهة أي حاجز، سواء كان من بلّور أم من زجاج، أشق السماوات وانتصب في اللانهاية. وعندما أرتفع فوق هذا العالم متجهًا إلى عوالم أخرى وأنفذ إلى ما وراءها عبر الحقل السماوي فإني أترك ورائي ما يشاهده آخرون عن بعد ".[من مقدمة De l'infini, de l'Univers et des mondes (حول اللانهاية والكون والعوالم)] .

ومن ثمّ فلا وجود لنهايات أو حدود أو حافات أو أسوار تعرقل وتوقف الزخم اللانهائي للأشياء. ومن ذلك يأتي التكاثر اللانهائي للعوالم. غير أن التفكير في تعداد العوالم يطرح بعض الانشغالات عند الفكر الديني المسيحي: إذا ما وجدت عدة عوالم آهلة بالسكان فكم مرة تم التجسّد؟ مرة واحدة؟ في هذه الحالة ستكون الأرض في موقع استثنائي : إنه امتياز معتبر إذا ما راعينا المظهر الإيجابي لإعادة التجسد الإلهي، أو على العكس من ذلك، سخط رهيب لأن الأرض تكون المكان الوحيد الذي وقعت فيه الخطيئة الأولى .أما إذا تم التجسّد عدة مرات فستكون عملية تافهة بسبب تكرارها، ولن تكون عندئذ معجزة لأن المعجزة تحدث، حسب تعريفها، مرة واحدة .

وهكذا نلاحظ في نهاية المطاف أن الفكرة الكسمولوجية الهدامة لا تكمن في تأكيد مركزية الشمس بل في تأكيد التكاثر غير المنتهي للعوالم .تلك هي الفكرة التي أدت إلى حرق برونو أمام الملأ في ساحة من ساحات روما .

علـم الفلك الـجديد: والواقع أن نيكولا دي كويس وجوردانو برونو لم يكن لهما، خلال عصرهما، أي صدى علمي رغم قوة اعتقادهما. ذلك أنهما لم يكشفا عن أية مشاهدات تدعم تصوراتهما المناهضة للعقيدة المسيحية .وكان علينا انتظار عام 1572 – حين شوهد النجم (فوق) الجديد "سوبرنوفا " Supernova[12]من قبل تيخو براهي – (1546–1601) Tycho Brahe ليتوفر أول عنصر مشاهدة حيّر العقول، ومهّد سقوط كسمولوجيا أرسطو. والسبب هو أن هذا النجم قد ظهر في كرة النجوم الثابتة، أي في عالم خارج عالم القمر الذي كان لا يزال يعتبر ثابتا لا يتحوّل .

كان الأنكليزي توماس ديجس Thomas Digges قد أبدى عام 1576 رأيا يميل إلى الاعتقاد بأن النجوم الثابتة ليست معلقة في سطح كرة بل إنها منتشرة لانهائيا نحو الأعلى. ولقي كتابه الفلكي صدى أكثر مما لقيت كتابات برونو الفلسفية.

ومع ذلك لم يقترح ديجس تصورا فيزيائيا للانهاية .فهو يعتبر أن السماء والنجوم تمثل دائما موطن الآلهة. ومن هذا المنظور فهي لا تنتمي إلى عالمنا انتماءً كليا. أما جوهانس كبلر (1571–1630) فيعتبر مفهوم عدم انتهاء الكون ماورائيا محضا لأنه لم يستند إلى تجربة، ولذا فهو خال من أي مغزى علمي : " الواقع أن الفكر لا يمكنه إدراك جسم غير منته.

ذلك أن تصورات العقل في موضوع اللانهاية تُحيل إلى معنى كلمة "اللانهاية" أو إلى شيء يتجاوز أي قياس عددي نستطيع إدراكه، مرئي كان أو قابل للملامسة؛ بمعنى شيء ليس لانهائيا "فعليا" (أي بمفهوم اللانهاية الفاعل) إذ أنه لا يمكن إدراك قياس غير منته".

لقد وقّر منظار غليليو غليلي (1564–1642) Galileo Galillei في مطلع القرن السابع عشر الحجج الأولى المتصلة بالمشاهدات المباشرة ضد ثبات عالم ما فوق القمر. لكن غليليو تبنى، مثل كبلر، موقف الفيزيائي الحذر: "إنه من غير المؤكد (وأعتقد أن الأمر سيظل هكذا بالنسبة لكل العلم الإنساني) أن العالم منته أو، على عكس ذلك، غير منته".

ومهما يكن من أمر فالطريق انفتح بصفة نهائية أمام علوم جديدة للكون، مبنية على أساس فضاء غير منته. وقد اعتبر روني ديكارت René Descartes (1596–1650) أن وحدة وتنظيم الكون في مضمونه وقوانينه لا يعتريه أدنى

شك. إن إدراك المنتهي يعترف باللانهاية، لكن هذا الأخير مخصص للخالق وحده.

وكما كتب ألكسندر كويري Alexandre Koyré فإن هذا التصور الجديد للكون قد أحدث انقلابا في الفكر الفلسفي والعلمي أبعده كثيرا عن الحماس الذي كان في بداية الأمر لدى كويس وبرونو : "إن تدمير النظام الكوني وفقدان الأرض لمركزيتها في هذا النظام، حتى لو ظلت الأرض وحيدة، جعل الإنسان يضيع، في الأخير، موقعه الوحيد والمتميّز في مسرحية الخلق التي كان يؤدي فيها، حتى ذلك الوقت، دور الممثل المركزي والمشهد. وفي نهاية هذا التطور نجد العالَم الصامتَ والرهيبَ لـ"لفاجر" الملحد باسكال (Pascal الصمت الأبدي لهذه الفضاءات غير المنتهية يخيفني)، إنه عالَم مجرد من معاني الفلسفة العلمية الحديثة. وفي آخر المطاف نجد العدَمية والخيبة ".(عن كتاب Du monde clos à l'univers infini) من العالَم المغلق إلى الكون غير المنتهي (للأكسندر كويري).

إلا أن العالم يتّجه بقوة نحو انتصار اللانهاية :لقد شرح إسحاق نيوتن (1642–1727) الميكانيكا السماوي باستخدام لفظ الجاذبية الكونية*، أي التثاقل*، الذي صار يعتبر مسؤولا عن هيكلة نظام الكون. ولما كانت قوة التثاقل ذات بعد غير منته فقد انغمس علم الكون في إطار فضاء غير منته، ثم إن تأثير الإرث الإغريقي جعله يعتبر الزمن غير منته.

وهكذا بدأ قرن الأنوار تحت شعار اللانهاية. وكان إمانويل كانط Emmanuel Kant معجبا بنيوتن فاهتم باللانهاية. وقد عبّر في مؤلفه "التاريخ الطبيعي والنظرية العامة للسماء" عن قناعته بأن العالم غير منته لأن الله غير

منته، ولأن العالم مرتبط بالله. وبعد فترة عالج في كتابه "نقد العقل الطاهر " مسألة اللانهاية بطريقة جدلية رابطًا إياها بمسألة الكون ومبينًا بأن النقاش حول وجود (أو عدم وجود) اللانهاية نقاش أفكار "تدّعي اكتساب معارف تمتد إلى ما وراء نطاق كافة التجارب الممكنة."

ظلام الليل واللانهاية: كان أحد الأطباء خلال القرن الثامن عشر في مدينة بريم Brême يقضي لياليه أرقًا أمام منظار منتصب فوق سطح داره يرصد السماء .وبتلك الطريقة اكتشف ويلهلم أولبرس Wilhelm Olbers كُوَيْكِب [13] بالاس Pallas وبعض المذنبات. وقد طرح هذا الفلكي الهاوي ذات يوم سؤالا محرجا :إذا كان الفضاء غير منته ومَلِيء بالكواكب بشكل منتظم فإن ذلك يؤدي بالضرورة إلى مشاهدة أحد النجوم في أي اتجاه ننظر فيه إلى السماء .وبعبارة أخرى فكبد السماء سيصبح مشكلا من النجوم دون سواها، ومن ثمّ فشدة لمعانه سيعادل لمعان تلك النجوم. ويمكن من خلال عمليات حسابية بسيطة إثبات بأن السماء ستبدو في ذلك الكون مضيئة بدرجة لا تقل عن شدة إضاءة سطح الشمس. وفي هذه الحالة، من أين تأتي ظلمة الليل؟

كان آخرون قبل أولبرس، مثل كبلر وجون فيلب لويز دي شيزو Jean–Philippe Loys de Chéseaux، قد طرحوا سؤالا مماثلا بشكل أكثر احتشاما . وفي القرن التاسع عشر بلغت الأمور درجة من النضج جعلت "محيّرة ظلمة الليل "محلّ شروحات ونماذج جنونية. وفي مطلع القرن العشرين سمح بروز علم

الكون الحديث بإدراك أن هذه المحيّرة كانت في واقع الأمر ثرية بالمعاني بخصوص موضوع انتهاء المكان و/أو الزمان للكون .

وتقول أبسط الشروحات أن الكون منته فضائيا. وإذا ما سبقنا الأحداث قليلا فسنجد هذا الشرح مقبولا اليوم دون أية مفارقة في سياق الهندسة الحديثة. والحل يأتي من كون عدد النجوم محدودا في حالة انتهاء الفضاء، ومن ثمّ لا نستطيع تأكيد بأننا سنشاهد نجما في أي اتجاه ننظر من خلاله إلى السماء (يكفي، في الواقع، افتراض انتهاء عدد النجوم دون افتراض انتهاء الفضاء). وإذا كان هذا الشرح هو الشرح الممكن الوحيد نستطيع اعتبار أن ظلمة الليل تثبت الانتهاء المكاني للكون، أو على الأقل انتهاء عدد النجوم.

غير أن هناك على الأقل ثلاثة تفسيرات ممكنة أخرى.

تفطن لأول هذه التفسيرات الكاتب إيدغارألان بو Edgar Alan Poe في نص محذِّر بعنوان Euréka(عرفتها). ويستند التفسير إلى انتهاء الزمن بل الفضاء. فنحن نعلم أن الضوء ينتشر بسرعة منتهية. غير أن النجوم لم تكن دائما موجودة في كون منته زمنيًا :بما أننا لا نستطيع استقبال ضوء تلك النجوم إلا إذا كان لها متسع من الوقت لبلوغنا، أي إذا كانت النجوم الصادرة منها قريبة بكفاية، فإن لمعان السماء لا يكون منظّما .يترتب عن ذلك أن النجوم (وليس الكون) لم تكن موجودة إلا منذ مدة محدودة. ذلك هو بالتحديد ما تنص عليه نماذج الانفجار الأعظم: الكون لم يكن موجودا – على الأقل بصفة تسمح بوجود نجوم – إلا منذ بعض ملايير السنين.

توفر نماذج الانفجار الأعظم جوابا ثانيا محتملا لمحيّرة أولبرس: يمكن اعتبار السماء مضيئا خلال الليل !إنه لا يلمع بضوء عادي، مرئي، لكنه يقع

في نطاق إشعاع كهرومغنطيسي آخر، هو الموجات المجهرية. ويوافق هذا اللمعان المنتظم للسماء ما يسمى بـ "عمق كوني شعشع" (تعتبر مشاهدة هذا اللمعان واحدة من أهم الحجج المؤيدة للانفجار الأعظم) .ويعتقد الفيزيائيون الفلكيون بأن هذا الإشعاع صدر منذ حوالي 15 مليار سنة، وأنه كان عند صدوره شبيها بإشعاع نجم. ولماذا لم يبق على تلك الحال؟ إن الجواب على هذا السؤال هو الذي يزودنا بالتفسير الثالث الممكن لمحيرة أولبرس: السبب هو توسع الكون، الذي اكتشف في مطلع القرن العشرين. ذلك أن طاقة الإشعاع الكهرومغنطيسي في الكون المتزايد الاتساع، تخفّ تدريجيا (وهذا يؤدي عمليا إلى "زحزحة نحو الأحمر*") : طاقة الإشعاع (المرتبطة بالتردد) تتضاءل خلال التطور الكوني. هذا هو السبب الذي يجعل إشعاع العمق الكوني لا يظهر اليوم إلا بشكل قليل الطاقة على الرغم من أنه تم بثّه في شكل طاقة – ضوء مرئي وأشعة تحت الحمراء. وذلك أيضا حال ضوء النجوم والمجرات* البعيدة: إشعاعات أبعد المجرات ضعيفة الطاقة إلى حد أصبحنا لا نستطيع مشاهدتها؛ والوضع صار كما لو كانت محدودة العدد .

وهكذا تبيّن لنا ظلمة وبرودة الليل بأن الكون (المتوسّع ... وقد يكون عمره منتهيا) يختلف، في كل الأحوال، عن الوضع الذي كان فيه قبل بعض ملايير السنين. ومن ثمّ ندرك أن الكون يتطور بشكل أو بآخر .

الزمكان (الزمضاء) الجديد: كانت الثورة التي عرفها علم الكون في مطلع القرن العشرين ثمرة الربط بين التقدم النظري الذي وفرته نظرية النسبية العامة [14]لألبرت آينشتاين والتقدم المنجز في مجال المشاهدة.

لقد قلبت النسبية العامة حتى مفاهيم الزمن والفضاء. فلم يعد الكون بنية فضاء (أقليدي[15]) ثابتة تحدث فيها ظواهر تحركها قوى، بل صار زمضاءً "قابلا للتشوّه"، وهو ما يسميه الرياضياتيون "منوّعة" رباعية الأبعاد 3(أبعاد للفضاء وبعد واحد للزمن) يشوّهها وجود المادة. أما التثاقل فيصبح تجليا لانحناء الزمضاء. ومن ثمّ فالتثاقل هو الذي يحدد المسارات الممكنة للجسيمات المادية وللأشعة الضوئية المجبرة على مسايرة انعراجات الهندسة المنحنية .

تصف المعادلات الأساسية للنسبية – وهي معادلات آينشتاين – الطريقة التي يحدد بها المحتوى الماديُ للكون الشكلَ الهندسي للزمضاء .وهكذا فالنظرية تسمح بوصف الكون في مجمله وفق نماذج كونية محتملة. وبطبيعة الحال فمن بين الحلول التي توفّرها النظرية هناك البعض منها (فقط) يصف الكون وصفا سليما دون الوقوع في تناقضات مع المشاهدات الفلكية.

وعلى سبيل المثال، نجد آينشتاين قد أنشأ عام 1917 النموذج الأول للكون المبني على النظرية النسبية، الذي يعتبر أول علم كون نسبي .وأهم عنصر جديد في ذلك هو اقتراح مقاربة جديدة تماما لمسألة الفضاء المنتهي أو غير المنتهي. فالهندسة غير الأقليدية، التي تعتبر أساس النسبية العامة، سمحت بتصوّر فضاء – وتمثيله تمثيلا دقيقا – يكون في آن واحد منتهيا (أي ذا حجم ومحيطات منتهية بوضوح وقابلة للقياس) وبدون حدود. وهكذا سمحت النسبية، لأول مرة في تاريخ الأفكار، باعتبار كون منته لا يبرز أية مفارقة. ثم كان لا بد من التخلي عن هذا النموذج الدقيق – المسمى نموذج آينشتاين – لأنه يصف كونا ساكنا في حين أن المشاهدات أظهرت بسرعة بأن الكون في حالة توسّع.

ورغم ذلك فالنموذج أتى بجديد : من الممكن أن نتصور فضاء منتهيا وبدون حدود. كما يحتمل اعتبار كون غير منته. وهكذا نلاحظ أن النسبية قد أعادت إلى طاولة النقاش محيّرة المنتهي واللامنتهي موفّرة، في ذات الوقت للباحثين في علم الكون، فضاءات جليّة الانتهاء أو جلية اللانتهاء .

فضاء في توسّع: كانت المستجدات التقنية، سيما تنصيب المنظار الفلكي البالغ قطره 2.50 مترا على جبل ولسن Wilson بالولايات المتحدة، وراء التقدم الذي حققه مجال الرصد في مطلع القرن العشرين، وهذا إلى جانب منجزات الثورة المفاهيمية المنبثقة عن ظهور نظرية النسبية .وكان الفلكي الأمريكي إدوين هوبل Edwin Hubble محظوظا عندما استخدم لأول مرة هذا المسبار الكوني [16] لاستكشاف الكون. وأثبت هوبل عام 1924 أن سديم "المرأة المسلسلة "(أندروميدا Andromeda) يقع بعيدا عن مجرّتنا .وسرعان ما بيّن، هو ومعاونوه، بأن الحال ذاته نصادفه في كل سديم حلزوني : [17]إنها مجرات كثيرة تشبه مجرتنا، والعالم مكوَّن من كل هذه المجرات. وكأنها "الجزر الكونية" التي تصوَّر وجودها كانط ! وهكذا يبدو الكون المادي، أي العالم الفيزيائي، متسعا جدا متجاوزا كثيرا حدود مجرّتنا: هناك مسافات بملايين – ولم نعد نقول آلاف – السنوات الضوئية.

وإلى جانب هذا المظهر الفضائي نجد اكتشافا رصديا متعلقا بالتطور الزمني للكون. فقد أعلن هوبل عام 1929 بأن المجرات الأخرى تبتعد باستمرار عن مجرّتنا بسُرَع متناسبة مع المسافات التي تفصلنا عنها. وظلت هذه النتيجة الرصدية غير مفهومة حتى سلّمت الأسرة العلمية – خلال الثلاثينيات من القرن العشرين – بفكرة اقترحها الفيزيائي البلجيكي جورج لوماتر Georges Lemaître عام 1927 (وعبّر عنها بشكل مستقل الرياضياتي الروسي ألكسندر فريدمن

Friedmann Alexandre مفادها) أن: الفضاء برمّته يتمدّد بمرّ الزمن؛ فهو في توسّع، وهذا التوسّع يجرّ معه مجموعة المجرات. ويتعلق الأمر هنا بخطوة جبارة في موضوع تصوّر الكون. ذلك أن السماء كانت تعتبر منذ العهود الغابرة غير خاضعة لأي تحرك أو تطوّر. والحقيقية أننا سلّمنا منذ عصر النهضة بحدوث ظواهر جديدة في السماء غير أنه لم يخطر ببالنا أن الكون برمته يمكن أن يتطور. وكان آينشتاين نفسه قد وقع في قبضة هذا التسليم عند إنشاء نموذجه الساكن.

وقد ظلت أسطورة الكون الساكن، أو المستقر، جاثمة إلى اليوم في بعض العقول التي لم تستطع التخلص من هذا التأثير الفكري. ولعل ذلك هو سبب رفضها لنماذج الانفجار الأعظم .

وعلى كل حال فالكون لم يعد، ولن يكون، في ضمير الإنسان، إطارا ثابتا وخالدا تسَجَّل فيه الأحداث الكونية. ومن الآن فصاعدا صار من الجائز الاعتقاد بأن الكون يتحوَّل ويتطوَّر (بل يزداد الأمر صعوبة في عدم تقبّل ذلك) . وقد أدرك الفيزيائيون، بعد جورج لوماتر، مدى انعكاس ذلك على عمق تغيّر النظرة لخصوصيات الفضاء والزمن.

فهل هو منته أو غير منته؟ إن مسألة انتهاء وعدم انتهاء الفضاء – وربما الزمن أيضا، إلى درجة معينة – مطروحة طرحا جيدا في سياق نماذج فريدمن–لوماتر (المشار إليها بنماذج " FL ف.ل.")**.** تفترض هذه النماذج أن عدم انتظام توزيع المادة أمر مهمل وهو ما يجعل الكون يتمتع بنفس الخواص في كل مكان. نقول في هذه الحالة إن الكون "متجانس ومتساوي الخواص". وتتميز هذه الخواص بأمرين لا ثالث لهما : انحناء الكون (وهو ثابت في الفضاء

غير أنه ينبغي تحديد إشارته) وطبولوجيته .[18]ويهتم الفيزيائيون الفلكيون وعلماء الفلك في غالب الأحيان بصيغ مختصرة لهذه النماذج: هم يهملون الجانب "الطبولوجي" (يفترضون هذه الطبولوجيا أبسط ما يمكن) ويركزون اهتمامهم على الانحناء وحده. سنرى لاحقا أن هذا الاختصار جوهري عندما يتعلق الأمر بمسألة اللانهاية الفضائي.

وفي ما يتعلق بالانحناء ليس هناك سوى ثلاث مجموعات من الفضاءات تعتبر مقبولة في نماذج ف.ل .هي: 1(الفضاء الأقليدي (أي الفضاء المعدوم الانحناء، وهو الذي نلمّ جيدا بخواصه)، (2 الفضاء الكروي [19])(الموجب الانحناء)، (3 فضاء لوبتشفسكي) Lobatchevski[20] المسمى أيضا الفضاء الزائدي، السلبي الانحناء). والملاحظ أن الفضاء الكروي منته في جميع الأحوال، وذلك هو أحد الأسباب التي جعلت آينشتاين يختاره. أما فضاءات المجموعتين الأخريين فإن طابع الانتهاء أو عدمه يتعلق بالطبولوجيا، مع العلم أن تلك الفضاءات غير منتهية حتى في أبسط الحالات. ومن ثمّ فإن إهمال التعقيدات الطبولوجية يجعل معضلة الانتهاء/اللانتهاء تنحصر في معرفة انحناء الفضاء.

غير أن النسبية العامة تشير إلى الطريقة التي يتم بها حساب هذا الانحناء. وتتعلق قيمته بالمحتوى المادي للكون، سيما بالكثافة المتوسطة للمادة التي يحتويها، وكذا بثابت جمْعِيٍّ يدعى الثابت الكوني. وفي أغلب الأحيان نلجأ إلى اختصار ثان يتمثل في افتراض انعدام هذا الثابت. وفي هذه الحالة نجد أن طابع الانتهاء/اللانتهاء لا يتعلق إلا بالكثافة المتوسطة للمادة: يتبيّن أن انحناء الفضاء موجب إن كانت تلك الكثافة أكبر من قيمة معينة، "قيمة حرجة"، تساوي ، والانحناء سالب إن كانت الكثافة أصغر من تلك القيمة . وبالتالي فالفضاء

سيكون منتهيا – منطويا، بمفهوم معين، على ذاته نتيجة تأثير تثاقله – أو غير منته.

تشير مختلف المشاهدات الفلكية إلى كثافة متوسطة تقل بعشر مرات عن القيمة الحرجة. ومن ثم فالظاهر أن الكون غير منته. والجدير بالذكر أن القيمة المرصودة ليست سوى نهاية دنيا (بلغة الرياضيات). ومن العبث أن نعتقد بأننا نشاهد كل كمية المادة المتواجدة في الكون؛ بل قد يكون من الأرجح – وهناك عدة أسباب تدعونا إلى هذا الترجيح (دون وجود سبب قاطع) – تواجد كميات كبيرة من المادة المختفية من شأنها أن تجعل الكثافة الحقيقية تبلغ القيمة الحرجة. وفي هذه الحالة سيكون الكون مغلقا ومنتهيا.

وهكذا فمسألة اللانهاية الفضائي ما فتئت تنير تاريخ علم الكون، بشكل متميّز، منذ أزيد من ألفي سنة. وكان الفلاسفة الإغريق قد قطعوا شوطا حاسما في نمْذَجة الكون عندما انتقلوا من "لانهاية" ما قبل سقراط إلى "المنتهي"، وعندما تطابق لديهم العالَم الفيزيائي بالفضاء الهندسي. وجرت الأمور خلال القرن السابع عشر في الاتجاه المعاكس: لقد رسّخ نيوتن فكرة الانتقال من العالم المغلق إلى الكون اللامنتهي الذي طابق الكون بالفضاء الأقليدي اللامنتهي. أما المرحلة الأساسية الثالثة فبدأت عندما وفّرت نظرية النسبية العامة سياقا جديدا لإدراك الكون باعتبار زمكان تحدب وانحنى بفعل المادة. وقد لجأت هذه النظرية إلى الهندسات غير الإقليدية، وهو ما جعل الاحتمالين (الفضاء المنتهي أو غير المنتهي) حاضرين منذ ذلك الحين ضمن نفس النمْذَجة. سنرى في القسم الثاني كيف سمحت تطورات نظرية النسبية بتناول مسألة الحدود الفضائية والزمنية للكون من خلال زوايا جديدة تماما، وكيف أعادت تلك التطورات النقاشات حول اللانهاية إلى السطح .

إعادة التفكير في اللانهاية: يبدو أن الفيزيائي لا يستطيع النظر للانهاية برصانة. فالواقع يظهَر منتهيا، لكن سادت، بعد أرسطو، الفكرة التي تعتبر اللانهاية أداة مقبولة في سياق التصورات، لا أكثر. وبالتالي فقد ابتعد الفيزيائيون عن اللانهاية سواء برفضه رفضا كاملا أم بإخفائه وراء "أفق". إن ظهور اللانهاية في نظرية فيزيائية يعدّ نهاية صلاحيتها، فهو كالمرض الذي ينبغي علاجه بمجرد الإصابة به. وعلى سبيل المثال، كان الفيزيائي الكبير هنري بوانكريه Henri Poincaré قد حكَم على أعمال جورج كانتور Georg Cantor التي أعطت معنى للانهاية الرياضياتي بأنها "مرض" . هل من الممكن أن نصف كل نظام فيزيائي وصفا مجردا من اللانهاية باعتباره نظاما محدودا، ولا يحتوي سوى على عدد منته من الجسيمات وعلى كمية منتهية من المعلومات؟ هنا يكمن فرق جوهري بين النظرية والواقع، بين خريطة إقليم والإقليم ذاته. لا الصفر ولا اللانهاية يوافقان كائنًا فيزيائيا نستطيع قياسه .إنه لا يمكن أن يتفق اللانهاية مع التجربة لأنه لا وجود لقياس يعطي نتيجة لانهائية) باستثناء بعض العدّادات المزودة بهذه الكتابة الرمزية تسهيلا للاستعمال، مثل آلة التلمتر [21] الخاصة بآلات التصوير.

ورغم ذلك نتساءل : هل تعتبر القيم العددية اللامنتهية غير قابلة للقياس إلى هذا الحد؟ وماذا نقول عن الأعداد الصماء؟ إنها ليست أكثر تقبلا للقياس من باقي الأعداد. ورغم ذلك يتضح من تصورنا للطبيعة أن مثل تلك الأعداد موجودة في كل مكان !ومن ثمّ تبدو هذه الحجة غير مؤسسة، وليس من اللائق أن نرفض اللانهاية بدون التفكير مليًا حتى لو كان وضعه يطرح أحيانا بعض المشاكل.

لقد رأينا بأن استخدام اللانهاية يمكن أن يكون ثريًا، بل ضروريا من وجهة نظر الطريقة المتبعة، كما يحدث مثلا خلال عملية "الانتقال إلى النهاية"، الكثيرة الاستعمال في الفيزياء. والملاحظ أن محاولات الفيزيائيين في التخلص من اللانهايات هي ذاتها محاولات خصبة. وإذا كان ميلاد نظرية النسبية قد تطلّب عدة قرون، بعد أن أثبت أولاوس رومر Olaüs Römer انتهاء سرعة الضوء، فنحن ندرك أن بزوغ الفيزياء الكمومية قد أتى بسرعة فائقة، بعد إزالة احتمال قسمة المادة بصفة لانهائية.

لكن هذه المسيرة الدائرية تبدو بدون نهاية .ذلك أن محاولات الإزالة تعتبر في آن واحد نجاحا – لأنها تولِّد نظريات علمية جديدة – وفشلا لكونها تتسبب في بروز لانهايات جديدة : تفردات في نظرية النسبية، وتباعدات (لانهايات) في الفيزياء الكمومية. وهي كلها، على السواء، تبدو غير مقبولة، ويكاد يجمع الفيزيائيون على الرغبة في إزالتها بدون استثناء. فما هي أفضل طريقة للقيام بذلك؟ لا ندري !غير أننا نستطيع المراهنة على ظهور لانهايات جديدة. وبالتالي فلعله ينبغي أن ننصح الفيزيائي بأن يتظاهر بإرادة التخلص من اللانهايات دون الوقوع في الفخ .

اللانـهايات المقَنّعة: إذا كانت اللانهايات تخيف الفيزيائيين فذلك يرجع أحيانا إلى أسباب واضحة متعلقة بالمشاهدة، كما هو الحال في موضوع الثقب الأسود. غير أن تلك الأسباب غالبا ما تكون ما ورائية غير معلنة. وعلى سبيل المثال، فليس هناك ما يبرر، قَبليًا، استبعاد اللانهايات المتعلقة بالزمن والفضاء. ولعل هناك عبرة في ملاحظة أن بعض الفرضيات الماورائية، التي يتخذها الفيزيائيون وكأنها من وضعهم الخاص، تخدم في الواقع الاتجاه المعاكس لاستبعاد اللانهايات .

لنأخذ على سبيل المثال انحناء الفضاء. هناك حكم مسبق مرتبط بعلم الكون، يميل إلى اعتبار انحناء الفضاء في الكون منعدما، أي أقليدي :إنه الاحتمال " الأقرب للطبيعية أو الأكثر "جمالا". ورغم ذلك فهذا الفضاء ليس سوى فضاء نصف قطره غير منته : الميول إلى وجود كوْن منعدم الانحناء يعني ترجيح وجود قيمة غير منتهية بدون انحناء !نلاحظ في هذا السياق أننا نميل دائما إلى السهولة والرجوع لنصف قطر انحناء غير منته :لوضع خريطة سطح الأرض نستخدم مستويات نتحصّل عليها بجعل نصف قطر انحناء كوكبنا يؤول – تخيليا – نحو اللانهاية .

يبدو في الاستدلال نوع من الخديعة، ومع ذلك نستطيع تجديده بخصوص الثابت الكوني. فهذا الثابت غالبا ما يفسر على أنه تفاعل طردي يعارض التثاقل الجاذب، على مستوى السلالم الكبيرة .إنه لا يؤدي أي دور في المسائل المحلية (مثل مسائل النظام الشمسي) لكنه يغيّر هندسة وديناميكا الكون. والملاحظ أن هذا الثابت يتمتع بمكانة فيزيائية يكتنفها الغموض، ولا نعرف الآن كيف نفسّر وضعيتها على الرغم من أن تبريرها الرياضياتي قائم من الناحية النظرية. ويتفادى البعض هذا المشكل بالإعلان عن أنه ثابت ينبغي أن يكون منعدما لعدة أسباب. ومرة أخرى فالفرضية التي غالبا ما تراها "أقرب للطبيعة" هي تلك التي تسلّم بوجود قيم لانهائية للمقادير الفيزيائية.

والواقع أن علم الكون ليس الوحيد الذي تتقنّع فيه اللانهايات. فالكل يعلم مثلا أن سرعة الضوء منتهية عدديا. ومع ذلك لا بد من طاقة غير منتهية لكي تمكّن متحركا من امتلاك تلك السرعة. وهكذا فالقيمة المنتهية تخفي قيمة فيزيائية غير منتهية تعبّر عن استحالة النفوذ إليها. وبالمثل فإن قيمة الصفر المطلق المنتهية لدرجات الحرارة تخفي درجة برودة لا نستطيع بلوغها. وللتأكد من ذلك

يكفي ملاحظة الجهود الفائقة التي تبذل في المخابر لتبريد عينة صغيرة من المادة إلى بضعة أجزاء من المليون للدرجة المطلقة !كما أن الفوتون الصادر من أفق ثقب أسود، على بعد مسافة منتهية، يقضي مدة غير منتهية للوصول إلينا. ونلاحظ أيضا أن الفوتون الذي صدر من تفرد الانفجار الأعظم – منذ مدة لا شك أنها منتهية – له طاقة لامتناهية الصغر. وفي كل هذه الحالات هناك ارتباط بين مقادير منتهية ومقادير غير منتهية لوصف نفس المظهر. والجدير بالذكر أنه لا غرابة في كل ذلك إذ أن الفيزياء قادرة بهذا الشكل على التعامل مع المقادير المنتهية وغير المنتهية دون ظهور مفارقات. والأمر المهم في هذه القضية هو أن نكون ملمين بالموضوع الذي نتناوله وألا نخطئ خلال تعاملنا معه: استخدام الكمية اللائقة، أي تلك التي نستطيع قياسها والتي يحمل طابعها المنتهي أو غير المنتهي معنى دقيقا جدا .

إن علم الكون حقل مثالي في موضوع اللانهاية – فهو بمثابة الإقامة الفاخرة للانهايات :هناك لامتناهيات الكبر في الفضاء، وفي الزمن الماضي، وفي الزمن القادم؛ وهناك اللانهايات الكبيرة أو الصغيرة المرتبطة بالتفرد الابتدائي. يرى ألكسندر كويري Alexandre Koyré أن علم الكون الحديث يبدأ بالتخلي عن العالم المغلق لفائدة كون غير منته فضائيا. يظهر ذلك محيّرا بالنسبة لأولئك الذين يعتبرون أن المسعى الأساسي الذي ينبغي أن يسلكه الفيزيائي يتمثل في إزالة اللانهايات من الفيزياء. غير أن النماذج الكونية المتوفرة لدينا تذهب إلى أبعد من ذلك : لهذه النماذج مكانة متميزة تسمح لها بمعالجة مسائل اللانهايات برصانة. وتتقبل هذه النماذج في حلولها "المنتهي" و"غير المنتهي "بدون مفارقات. يعتبر هذا الوضع فريدا في تاريخ الفيزياء، ومع ذلك هناك من يرفض هذا الاختيار : فبعضهم يتخوّف من اللانهاية، بينما يخشى الآخرون "المنتهي". وينبغي هنا الإشارة إلى أن الأساطير لا تزول بسرعة من

الأذهان. كما أنه من الصعب وضع الإصبع على الحجج الماورائية لأن أصحابها يقدمونها عبر واجهة علمية، مثلما حدث بالنسبة للتهجمات ضد نماذج الانفجار الأعظم؛ في حين أن علم الكون الحديث يسمح للجميع بمعالجة مسائل اللانهاية بكل رصانة .

خـاتـمـة: يعتبر اللانهاية كمطلب باطني وعميق لضمير الإنسانية، وهو ليس حكرا للرياضياتيين ولا للفيزيائيين . ذلك أن علم الدين والفن والجمال، إضافة إلى الفلسفة، تواجه بدورها اللانهاية . ولذلك فإن رفض اللانهاية من قبل الفيزيائيين لا يمكن اعتباره، في جميع الأحوال، ظاهرة ذات صبغة منطقية. ألا ينتج ذلك الرفض من تأثيرات ومواقف لاشعورية؟ أليس ينتج من كون "منهج حياتنا في هذا العالم" مرتبطا بدافع عامل الموت، كما يصف الفلاسفة أحيانا اللانهاية؟ أليس هناك عجز، على مستوى الفكر، في تناول اللانهاية بسبب التخوفات التي تنجم عن ذلك: لحسن الحظ فإن الحياة، البالغة القسوة في معيشتها، ستعرف نهاية !ذلك هو مغزى ملاحظة جاك لاكان Jacques Lacan " : نحن لا نستطيع العيش إلا لأن حياتنا ستعرف نهاية ".فنفسيتنا يمكن أن تتشكل وتتهيْكل بفضل هذا الانقطاع الذي يبرز منه انتهاؤنا. ومن ثمّ يأتي رفض عنيف للانهاية ووضعه في قالب "محظور" اعتراضًا على بعض الانجذاب نحو ماورائي افتراضي واعد إلى درجة كبيرة .

لقد اكتشفت الفيزياء المعاصرة آفاقا عبّرت عن استحالة بلوغ اللانهايات الكلية والمجهرية : يرجع الأفق الكوني للنسبية إلى استحالة إرسال إشارات أسرع من الضوء، أما الأفق الكمومي فهو يرجع لمبدأ الارتياب الذي يمنع الصفر كنتيجة لقياس فيزيائي. لكن ذلك لم يخلّص الفيزياء من اللانهاية؛ ولا مجال للاعتقاد أنه ينبغي أن تبلغ ذلك الهدف .وفي هذا السياق، قال نيوتن: "النجوم

لا تسقط لأنه لا وجود لنقطة مركزية يتم السقوط منها في كون غير منته." ومما لا شك فيه أن علم الكون، المرتبط تقدُّمه بفهم اللانهايات، يعتبر فرع الفيزياء الوحيد الذي نجد فيه إشكالية المنتهي/اللامنتهي مطروحة طرحا يسمح بتفادي المفارقات والتناقضات .ولعل هذا التفرد اللافت لعلم الكون – الذي نادرا ما يتم التنبيه إليه – هو إشارة تدلّ على أن نماذج الانفجار الأعظم تمثّل نموذجا مثاليا للسيرورة العلمية. والسبب في ذلك ربما يرجع إلى المدافعين عن تلك النماذج الذين اضطروا – لمواجهة الانتقادات التي غالبا ما كانت مضللة – إلى تحسين جانبها المعرفي وتقييدها بالمنهجية العلمية، محققين في ذلك نجاحا تجاوز مثلا نجاح الفيزياء الكمومية.

ومن ثمّ فلا شك أننا نستطيع تثمين حضور اللانهايات في الفيزياء، ولا يسعنا إلا أن نكون سعداء بذلك الحضور. فاللانهايات لا تمنع النظريات من أداء وظائفها، بل تكشف أيضا، عندما تشير إلى نقاطها الحساسة، عما تبقَّى علينا إنجازه في مجال تطوير تلك النظريات، وهي توضّح السبل التي ينبغي إتباعها لبلوغ ذلك الهدف. فكلما أزيل لانهاية ظهرت نظرية جديدة أكثر اكتمالا، تولِّد بدورها لانهاية جديدا. وعليه يمكن أن تتخذ الفيزياء الشعار التالي: " لقد مات اللانهاية، فليحيا اللانهاية "!