# ما قبل الانفجار الأعظم والجاذبية الكمية الحلقية

تري ما الذي حدث قبل لحظة الأنفجار الأعظم Big bang لطالما فكر علماء الكونيات فى أن كوننا هذا تقوّض من قبل فى عملية انسحاق أعظم Big Crunch ، ثم لم يلبث أن وثب مرتداً من جديد، إلى الكون الذى نعرفه.

وفى الوقت الحاضر ثمة نظرية تحاول التوفيق بين مجموعة نظريات متنافرة لعل أهمها نظرية النسبية العامة ونظرية الكم، والحقيقة أن علم الفيزياء نجح فى وضع أول نموذج معقول فيزيائياً لكيفية حدوث ذلك.

## تقوض... الزمكان

نظرية النسبية العامة تفسر الجاذبية باعتبار أنها تنشأ من تشوهات Distortions فى نسيج الزمكان Space Time لكن الفيزيائيين أيضًا بذلوا جهوداً كبيرة لتفسير الجاذبية من منطلق

ميكانيكا الكم Quantum Mechanics ومع ذلك فإنها لا تزال القوة الوحيدة التى تفتقر إلى وصف «كمىّ» واضح.

وثمة نظرية تسمى «الجاذبية الكميّة الحلقية» Loop Quantum Gravity تحاول «تكمية» Quantization الجاذبية، بافتراض أن الزمكان ليس متصلاً كما يبدو لنا، وإنما هو مكوّن من حلقات «منمنمة» مترابطة ببعضها البعض، لا يزيد قطر كل منها على $١٠^{-٣٥}$ متراً تشكّل نسيجاً لينًا يشبه إلى حد كبير قماش قميص ناعم، حتى لو كان منسوجًا من خيوط منفصلة، ويحدث انحناء زمكان الجاذبية الكمية الحلقية نفس تأثيرات الجاذبية تماماً كما هو موضح فى نظرية النسبية العامة.

وتمكّن بعض الباحثين من تطبيق معادلات الجاذبية الكمية الحلقية على الكون ككل.. وبدأوا من الكون المتمدد Expand-ing universe الذى نعيش فيه وطبقوا معادلاتهم بالرجوع بالزمن إلى الوراء، لمعرفة ما يمكن أن يحدث لو انعكس تمدد الكون.

وعندما يتقلص الفضاء فإن المادة والطاقة «ينحشران» فى بعضهم أكثر فأكثر، وعند نقطة معينة نجد أن وصف الجاذبية الكمية الحلقية للعمليات الكونية، يطابق الوصف الذى يطرحه علم الكونيات التقليدية. غير أنه فى علم الكونيات التقليدى، يمكنك عكس الأنفجار الأعظم حتى الوقت الحاضر، ولكن يصبح الكون كثيفًا بشكل مروّع، بحيث تتوقف تمامًا قوانين الفيزياء الكلاسيكية عن العمل. وعند هذه المرحلة وطبقًا لنظرية الجاذبية الكميّة الحلقية، فإن الكثافة الهائلة تقوّض نسيج الزمكان.

وقد أثبت أحد الباحثين أنه عند تقوض الزمكان، فإن الحلقات «المنمنمة» تقاوم المزيد من الانكماش، وتعمل تأثيرات جاذبية الكم على إحداث تنافر يوقف عملية التقوّض. والجديد

المدهش هو فى كيفية تفسير ما يحدث بعد ذلك، إذ سرعان ما تعيد الحلقات تنظيم نفسها فى نسيج ناعم سلس، ويرتد الكون Bounce عائداً إلى ما نطلق عليه «الانفجار الأعظم».

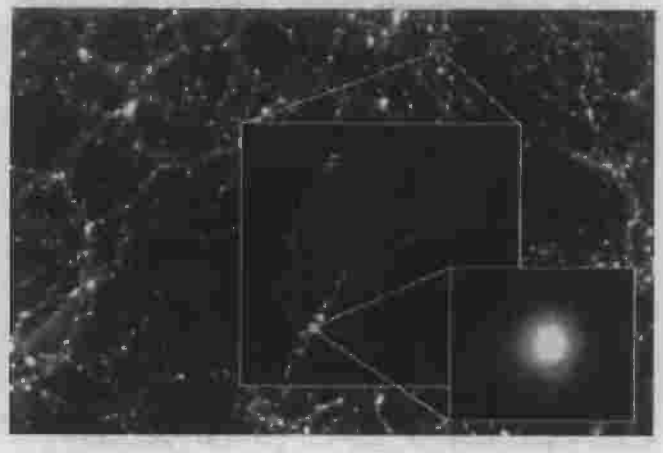
وكون ما بعد الأنفجار هذا، يشبه إلى حد مذهل الكون الذى تطرحه نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory التى تحاول أيضاً التوفيق بين الجاذبية وفيزياء الكم.

**فما هى نظرية الأوتار الفائقة ؟**

طبقًا لنظرية الأوتار الفائقة، فإن كوننا عبارة عن «غشاء» Brance ثلاثى الأبعاد داخل فضاء ذو أبعاد أكثر، وعلى الرغم من أن كون الجاذبية الكميّة الحلقية ليست له أبعاد إضافية، وأن نظرية «الغشاء» لا تستطيع التعامل مع عالم الأنفجار الأعظم، فإن اتفاقهما بشأن كون ما بعد الأنفجار الأعظم مطمئن للغاية.

وتصف نظرية الأنفجار الأعظم، كيف بدأ الكون كنقطة واحدة منذ نحو ١٣,٨ بليون عام مضت، وكيف أنه مازال يتمدد حتى الوقت الحاضر، لكنها لا تفسر بدقة ما الذى حدث بعد ذلك فى كل جزء من الثانية.

ويعتقد علماء الكونيات أنه لابد من وجود آثار من الدلائل فى كوننا الحالى، يمكن استخدامها فى النظر إلى الخلف قبل نقطة الأنفجار الأعظم. وطبعًا للأبحاث العلمية، فقد كان ثمة كون متقلص Contracting ذو هندسة زمكانية مماثلة لتلك التى بكوننا المتمدد، إذن فالكون قد تقوّض ثم وثب مرتداً فى شكل أنفجار أعظم.



## الارتداد... الكمّي

وفقًا لنظرية النسبية العام لأينشتاين فإن الأنفجار الأعظم يمثل البداية، أى الحادثة العظيمة التى ولد فيها ليس فقط المادة وإنما أيضًا الزمان والمكان (الزمكان) Space Time وبينما نجد أن النظريات الكلاسيكية لا تشير من قريب أو بعيد إلى وجود كون قبل تلك اللحظة، فإن فريقًا للبحث العلمى استخدم حسابات الجاذبية الكميّة الحلقية، للعثور على خيوط تقودنا إلى زمن مبكر سحيق قبل الأنفجار الأعظم.

يبدو أن نظرية النسبية العامة يمكن استخدامها لوصف الكون رجوعًا إلى نقطة ما، تصل عندها كثافة المادة إلى الحد الذى تتوقف عنده عمل المعادلات تمامًا. وقبل تلك النقطة فإننا نحتاج إلى تطبيق أدوات كميّة لم تكن متاحة على الإطلاق لأينشتاين.

وقد تمكّن ثلاثة من الباحثين من وضع نموذج يتتبع الأنفجار الأعظم حتى ما قبله، حينما كان هناك كون متقلص،

يبدى خواص فيزيائية مماثلة لخواص كوننا الحالى وأظهر هذا الفريق العلمى أنه قبل لحظة الأنفجار الأعظم، كان هناك كون متقلّص ذو هندسة زمكانية، تشبه إلى حد كبير هندسة كوننا المتمدد.

وبينما كانت قوى الجاذبية تجذب هذا الكون للتقلص إلى الداخل فإنه وصل إلى نقطة تسببت عندها الخواص الكميّة للزمكان، فى جعل الجاذبية «تنافرية» Repulsive بدلاً من كونها «تجاذبية» Attractive .

وعن طريق تعديل نظرية الكم، باستخدام المعادلات الكونية لأينشتاين، وجد العلماء بدلاً من أنفجار أعظم تقليدى، ارتداد كمى. ودهش العلماء كثيراً من هذا الاكتشاف الذى يدل على وجود كون آخر، قبل الأنفجار الأعظم لدرجة أنهم أعادوا المحاكاة Simulation بالكمبيوتر، باستخدام قيم مختلفة للمتغيرات الفيزيائية طوال شهور عديدة، غير أنهم كانوا يجدون فى كل مرة نفس سيناريو الكون المتقلص والارتداد الكمّى.

## انحناء.. الزمكان

وعلى الرغم من أن الفكرة العامة عن وجود كون آخر قبل الأنفجار الأعظم، طُرحت بالفعل من قبل، إلا أن هذا هو أول وصف رياضي يقرر بشكل نظاميّ وجود الكون الآخر، بل ويستنبط له خصائص لهندسته الزمكانية Space - time Geometry .

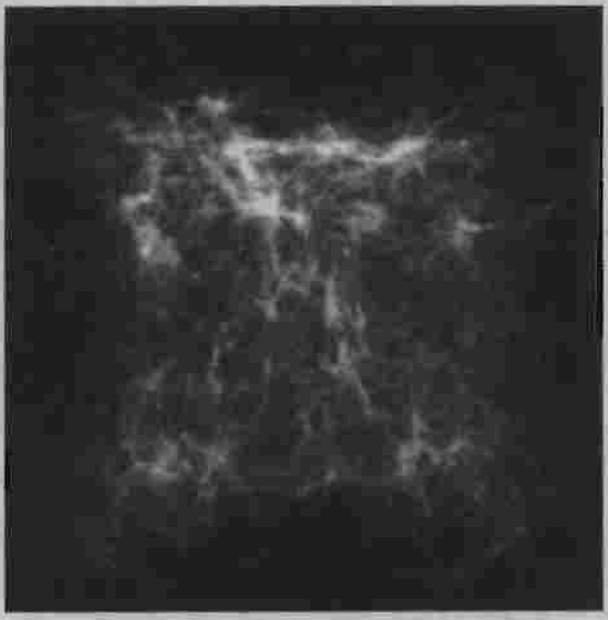
وقد استخدم فريق البحث العلمى الجاذبية الكميّة الحلقية، وهى حل مطروح بارز لمشكلة التوحيد نظرية النسبية العامة ونظرية الكم. وفى نظرية الجاذبية الكميّة الحلقية، تتسم هندسة الزمكان ذاتها بتركيب «ذرى» منفصل، ويصبح المتصل Continuum الزمكانى المألوف لنا، مجرد تقدير تقريبى للحقيقة فهندسة الفضاء منسوجة بدقة من خيوط كمية ذات بعد واحد. وبالقرب من لحظة الأنفجار الأعظم، تمزق النسيج الكونى بعنف وأصبحت الطبيعة الكميّة لهندسة الكون بالغة الأهمية، إذ جعلت الجاذبية تنافرية بشدة، مما تسبب فى حدوث وثبة الارتداد المروّعة للكون.

وفى البداية افترض الباحثون نموذجًا منتظمًا لكوننا، مما أعطاهم الثقة فى الأفكار الأساسية للجاذبية الكميّة الحلقية، وسوف يستمرون فى تعديل هذا النموذج بحيث يصف الكون – كما نعرفه – بشكل أفضل وأكثر دقة، وكذلك حتى نفهم بوضوح خصائص الجاذبية الكميّة. وتخبرنا النظرية النسبية العامة أن الزمان والمكان منحنيان، وأن هذا الانحناء يسبب ما نراه كجاذبية. كما توضح لنا ميكانيكا الكم – ضمن أشياء أخرى – أن شيئًا ما قد يحدث بطريقة غير محددة، وأن تلك اللايقينات Uncertainties تصبح شديدة الأهمية، عندما نحاول أن نقيس بدقة أجساماً بالغة الضآلة.

لكن ترى ما هو شكل الزمكان على مستوى فائق الصغر ؟ لا أحد يعرف بالضبط لكن يبدو أنه من شبه المؤكد أن أي نظرية تصف طبيعة الزمكان على مستوى فائق الصغر، لابد أن تتضمن بعض الجوانب الهامة لميكانيكا الكم.

ومثلما نفكر أحياناً في الإلكترون ككيان ضبابى يوجد فى كل مكان، وأنه جسيم موجود بالفعل. كذلك يجدر بنا أن

نتصور الزمكان على مستوى فائق الصغر، كحالة ضبابية تضم كل الطرق الممكنة التى يمكن أن تنحنى بها، مثل هذه النظرية تسمى «الجاذبية الكميّة» Quantum Gravity .



لكن ما معنى هذا ؟ فى دراسات الجاذبية الكميّة علينا أن ننظر إلى الكون كثنائى الأبعاد. وفى هذه الحالة فإن الميزة، ليست فقط سهولة تصور الكون وإنما أيضًا فى سهولة إجراء بعض حساباته، ومع ذلك فمازال بمقدورنا تعلم أشياء مفيدة.

دعنا نفترض الآن أننا نريد أن ننظر عن قرب شديد إلى بنية فائقة الصغر من كون ثنائى الأبعاد. من بعيد جداً قد يبدو لنا هذا الكون مسطحاً، ويحتمل وجود بعض «الفجوات» هنا وهناك حيثما توجد كتل كبيرة، حيث تحنى هذه الكتل الزمكان. الآن افترض أنه بوسعنا الاقتراب الشديد من السطح والنظر إليه بإمعان. عند هذا المستوى لابد أن تكون تأثيرات ميكانيكا الكم بالغة الأهمية.

لم يعد هذا السطح محدد المعالم ومستويًا، وإنما أصبح خشنًا وملطخًا وضبابيًا، وصار عبارة عن تراكب Superposition (تطابق الأشكال الهندسية مع بعضها البعض) لكل الأسطح الممكنة فوق بعضها البعض. وكل الطرق التى يتخيلها المرء لتشويه سطح ما، موجودة فى هذه اللطخات الضبابية، والواقع أن هناك عدداً لا نهائياً منها، بعضها عبارة عن «غابات بريّة» من التموجات والنتوءات التى تبرز من نسيج الكون وتلتوى بعيداً عما يمكن أن نسميه سطحًا مستوياً، وربما يكون بعضها عبارة عن حلقات من السطح مسحوبة إلى الخارج، والقليل جداً منها مسطح ولا تعد أى واحدة منها بمفردها الزمكان، وإنما كل تلك الأسطح مجتمعة هى الزمكان. لكن لماذا لا نعرف سوى القليل جداً عن الجاذبية الكميّة ؟ يرجع ذلك إلى الحجم فائق الصغر لتلك التموجات الذى يبلغ نحو $١٠^{-٣٥}$ متراً. إن هذا حجم فائق الصغر لا يمكن تصوره ، ويسمى «مسافة بلانك» Planck Length فما هى درجة هذا التصغير إذن !

دعنا نتصور أن لدينا عصا خيالية طولها متر واحد، وعلى

تلك العصا علامات ليس للسنتيمترات والملليمترات فقط، وإنما علامات مكتوبة بخط صغير جداً بحيث لا تُرى بالعين المجردة، وهى التى تحدد مسافة بلانك ومسافتى بلانك وثلاث مسافات بلانك وهكذا.

الآن تصور أننا تمكنا من مط هذه العصا كلها بشكل تناسبى بكل ما عليها من علامات، إلى أن تصل إلى طول مجرتنا «الطريق اللبنى» والذى يبلغ نحو مائة ألف سنة ضوئية، وحتى بعد كل ذلك المط فإن العلامات التى تفصل مسافات بلانك عن بعضها البعض، لا تزال تبعد كل واحدة عن الأخرى بمسافة تبلغ حوالى ١٠٠/١ من قطر ذرة الهيدروجين.

وبالطبع فإن هذه المسافة لا تزال فائقة الصغر، بحيث يتعذر رؤيتها إلا بمجهر خاص، والحقيقة أنه لم يقم أحد بإجراء تجربة من أى نوع لاختبار طبيعة الفضاء، على مثل هذا المستوى فائق الصغر. إذن كيف يمكننا دراسة مثل هذا الكون «المنمنم» ؟ إحدى الإجابات على هذا السؤال هى استخدام عمليات المحاكاة بالكمبيوتر، ولكن هذا موضوع آخر.