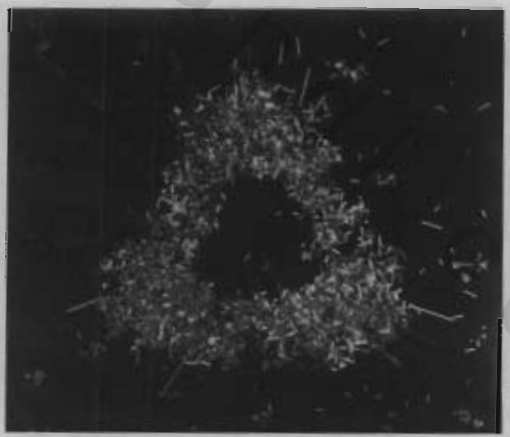
جاذبية المليمتر.. وجدار الأوتار الفائقة

لماذا تبدو الجاذبية بهذا الضعف بين مكوّنات الذرة ؟ وما هو سر شدة القوى الملونة Color Forces التى تربط الكواركات معًا ؟ ولماذا يوجد – فى النموذج المعيارى لفيزياء الجسيمات دون الذرية – طاقات متباينة إلى حد كبير، وهى التى تميز القوى الأساسية التى من المفروض أن تكون متحدة ؟ وما الذى يحدد هذه الطاقات المنفصلة ؟



إن الإجابات عن هذه الأسئلة البالغة الأهمية – والتى ستكون فى بؤرة الأبحاث العلمية المستقبلية – ربما تكمن فى وجود أبعاد إضافية Extra Dimensions ملتفة على شكل أنشوطات Loops كونية دقيقة. وبمعنى آخر، فإن كوننا ربما يكون – فى أجزاء منه لم يتم رصدها حتى الآن – لا يتجاوز عرضه ملليمتراً واحداً ! وفى هذا الفصل سوف نتعرض للأنشوطات الكونية التى تمثل أبعاداً إضافية لا تتجاوز من جانب إلى آخر... ملليمتراً واحداً وربما أقل!

البُعْدُ المفقود ...والنظرية النسبية

ترجع فكرة الأبعاد الإضافية إلى عام ١٩١٩، عندما كانت النظرية العامة لألبرت أينشتاين مازالت فى بداياتها، وكانت فى ذلك الوقت تعد النظرية المعيارية للجاذبية. فى هذا العام أرسل عالم رياضيات ألمانى – يدعى «ثيودور كالوسا» Theodor Ka-lusa بحثًا علميًا إلى أينشتاين، يتضمن فكرة إضافة بُعْدٍ خامس إلى النظرية النسبية العامة. وأشار كالوسا فى بحثه، إلى أنه يمكن

دمج إنجازات «ماكسويل» Maxwell فى مجال الكهرمغنطيسية، فى الإطار النظرى للنسبية العامة. وكانت هذه الفكرة خطوة أولى جريئة لصياغة «نظرية المجال الموحد» Unified field Theory وقد أبدى أينشتاين تشجيعًا لكالوسا، ومن ثم تمكن هذا الأخير من نشر بحثه العلمى فى عام ١٩٢١ .

ومع هذا فقد ناقش أينشتاين البُعْدْ الخامس الذى أضافه كالوسا، لأنه على الرغم من المعادلات الرياضية «الأنيقة» التى توضحه، لم يكن هناك دليل على وجود ،هذا البُعْدْ الإضافى. وأدرك أينشتاين بأننا لو كنا نعيش فى خمسة أبعاد – وليس أربعة – لكنا قد شعرنا بهذا الأمر . وتم حل مشكلة هذا البُعْدْ «المفقود» جزئيًا فى عام ١٩٢٦ ، عندما أشار عالم فيزيائى دانماركى – يدعى «أوسكار كلاين» Oscar Klien إلى أن البعد الخامس الإضافى – الذى اقترحه كالوسا – ربما يكون «مختبئًا» ، إذا أخذنا فى الاعتبار أنه «مدمج» حيث يكون ملتفًا حول نفسه، فى داخل أنشوطة كونية دقيقة الحجم.

وعندما إنضم البعد الإضافى لكالوسا – كإمتداد للنظرية النسبية العامة – إلى فكرة كلاين بإندماج هذا البعد، تكونت نظرية «كالوسا – كلاين» Kalusa - Klein ، أو نظرية «ك – ك». وبعد عدة عقود من مناقشة هذه النظرية، أصبحت من أهم نظريات الفيزياء النظرية للجسيمات دون الذرية.

الأنشوطة الكونية... والجسيمات

إن الجسيم دون الذرى الذى له كمية تحرّك Momentum موجهة على طول البعد الإضافى لكالوسا، سوف يسير حول أنشوطة كلاين، وسرعان ما يعود إلى النقطة الذى بدأ منها.

ولابد أن الجسيم دون الذرى المشحون ينطلق - مرة بعد أخرى - حول أنشوطة «ك - ك» حتى لو كان فى حالة «سكون» Rest فى الفضاء العادى. وإذا تحرك - على سبيل المثال - فى اتجاه عقارب الساعة حول الأنشوطة، ففى هذه الحالة تكون شحنته الكهربائية موجبة، أما إذا كانت حركته عكس عقارب الساعة، تكون شحنته سالبة.

إن سر قوة نظرية «ك - ك» يكمن فى أنها تكشف عن علاقات بين قوانين فيزيائية تبدو وكأن لا علاقة بينها.

لقد أصبحت نظرية «ك - ك» إحد المقومات الأساسية فى نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory وفى هذه النظرية مجموعة من المعادلات الرياضية الأنيقة، التى تجمع ما بين ميكانيكا الكم Quantum Mechanics والجاذبية.

وترفض نظرية الأوتار الفائقة، الفكرة التقليدية بأن الجسيمات دون الذرية الأساسية (الإلكترونات والبروتونات... الخ) عبارة عن نقاط ذات حجم بالغ الدقة «مطمورة» فى فضاء ذى ثلاثة أبعاد بالإضافة إلى بُعْد رابع هو الزمن. وبدلاً من ذلك فإن هذه النظرية تقول بأن الجسيمات دون الذرية الرئيسية عبارة عن أشكال خيطية كالأوتار «مطمورة» أيضًا ولكن فى عشرة أبعاد أو أكثر.

وهذه الأبعاد الإضافية – وفق نظرية «ك–ك» مدمجة فى أنشوطات كونية بالغة الضآلة، وهى مسئولة عن القوى الأساسية : القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية والجاذبية!. وفى العقد الأخير من القرن العشرين، حظيت نظرية الأوتار باهتمام معظم علماء الفيزياء النظرية، ومن ثم حققت تقدماً ملحوظاً.

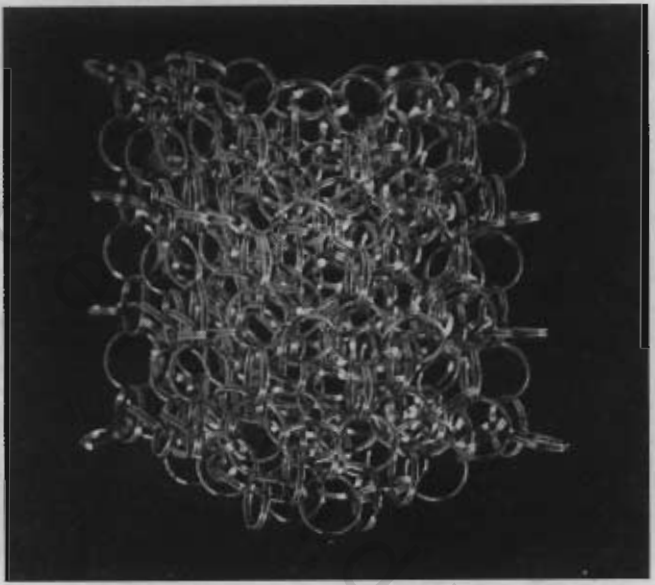
الأغشية...والمعادلات الرياضية الأنيقة

وقد تبين وجود تكوينات من الأوتار الفائقة تشبه «الجدران» المتعددة الأبعاد (يطلق عليها «أغشية» Branes) . ومع هذا فإن

نظرية الأوتار مازالت تعانى من مشكلة جوهرية تتمثل فى عدم إمكانية خضوعها للتجربة العملية – التى هى أساس البحث العلمى – بل تعتمد على المعادلات الرياضية «الأنيقة» مما يعد عقبة فى سبيل تطوير هذه النظرية.

ولكن هذا الوضع على وشك أن يتغير. فمنذ بداية القرن الحادى والعشرين بدأ بعض علماء نظرية الأوتار، يتساءلون عن حجم الأنشوطات الكونية المتعددة الأبعاد، وذلك قبل أن تصل هذه النظرية إلى نقطة الصراع مع الأرصاد الفلكية لأعماق الكون، للتحقق من إنجازاتها. وكانت الإجابة مفاجأة لهم، إذ أن هذه الأنشوطات قد تكون ضئيلة جداً لا تتجاوز المليمتر الواحد. والمفروض أنها تشتمل على الأبعاد الإضافية التى هى الخصائص المميزة لقوة الجاذبية.

وتقدم الأنشوطات الكونية – التى يبلغ حجمها ملليمتراً واحداً وتتضمن الجاذبية – تفسيراً لمدى ضآلة قوة الجاذبية، مقارنة بالقوى الأخرى فى الكون.



والصورة التى تتضح من هذه الأفكار، أن كل فضاء فى كوننا ذو أربعة أبعاد، مقيدة إلى جدار من غشاء له بُعْدٌ إضافى بالغ الدقة، حيث تنحصر تفاعلات القوى القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية، بينما يُسمح لتفاعلات الجاذبية بأن «تتمدد» إلى خارج هذا الجدار فى شكل بُعْد إضافى، يرتد على الأنشوطة الكونية ذاتها، بمسافة تبلغ نحو ملليمتر واحد.

والجاذبية – بهذا المفهوم الحديث – تكون ضعيفة جداً، لأن معظم خطوط قوة الجاذبية تتشتت، فى هذه الأبعاد الأضافية، بينما القوى الثلاث الأخرى – المقيدة فى جدار الغشاء – لن تصاب بالضعف كما حدث للجاذبية.

كما اتضح لعلماء الأوتار، إن مدى طاقة التوحيد Unification للقوى الكهرضعيفة Electro-weak مع الجاذبية، تكون بنسبة أقل بكثير، مما يتنبأ به النموذج المعيارى، وسوف يتم التعرف على أسباب ذلك فى المستقبل القريب، عندما يتم الانتهاء من تشييد معجل الجسيمات الضخم «المصادم الكبير للهدرونات» فى مختبر CERN بجنيف فى سويسرا والهدرونات Hadrons هى مجموعة من الجسيمات الأولية شديدة التفاعل مع الجسيمات الأخرى وتشمل الميزونات والباريونات.

وربما تكون أكثر الأفكار إثارة للاهتمام – حتى الآن – هى أنه إذا كانت المسافة بين كتلتين فى حدود ملليمتر واحد. فإن قوة الجاذبية بينهما تكون أكبر. ويرجع هذا، إلى أن خطوط

المجال التجاذبي Cravitational Field تنتشر إلى الخارج في شكل أبعاد إضافية «مضغوطة» في أنشوطات المليمتر. فإذا كانت المسافة بين الكتلتين أقل من مليمتر، فإن خطوط المجال التجاذبي تظهر بشكل أكثر قوة ولا تتشتت.

ويؤكد علماء الأوتار، بأننا على أعتاب مرحلة جديدة في علم الفيزياء الكونية، لاكتشاف هذه الأبعاد الإضافية المدمجة في الأنشوطات الكونية بالغة الضآلة وأن «جدار» الأوتار الفائقة يمثل بوابة تؤدى إليها.

وربما تكون هناك «جدران» أخرى فى المادة المظلمة والمادة المضادة والأقطاب المغناطيسية المنفردة، وجسيمات أخرى مجهولة لا نتصور وجودها. كما قد توجد عوالم الظل Shadow Worlds من المواد العادية والغريبة وهى «موازية» لكوننا، ولكنها تقع على «جدار» آخر، وهى تنفصل عنا بمسافة ضئيلة جداً تقدر بجزء من المليمتر، ومع هذا فإنها ليست متصلة بنا على الأطلاق، إلا من خلال تأثيرات الجاذبية.

وسوف تمثل هذه الاكتشافات المذهلة، ثورة مستقبلية لعلم الفيزياء، خاصة فى مجال الأوتار الفائقة والجسيمات دون الذرية.