أحدث نظرية عن الكون

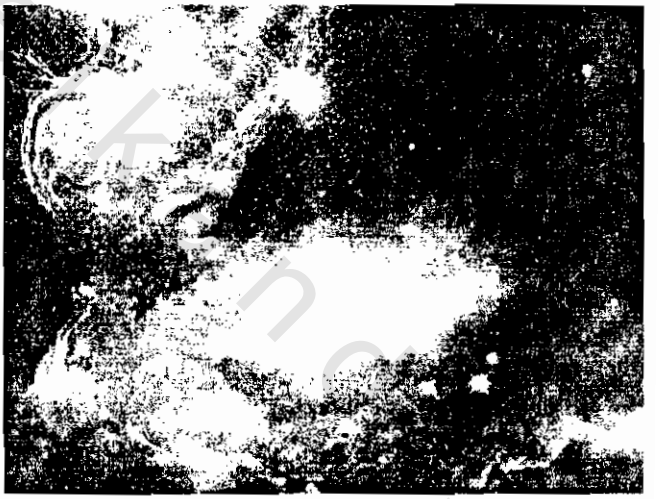
اصطدام أغشية.. وليس انفجاراً أعظم!

يعد «سيناريو» الإنفجار الأعظم Big Bang، وما صاحبه من «تضخم» Inflation، النظرية القياسية التى تسود الأوساط العلمية فى الوقت الحاضر، باعتبارها تطرح أفضل تفسير لأصل الكون وتطوره.

وتصف هذه النظرية كيف نشأ الكون من نقطة «تفرد» Singularity واحدة ثم أخذ يتمدد بعد ذلك بسرعة تقترب من سرعة الضوء، ثم لم تلبث أن تباطأت إلى معدل معقول للتباعد بين المجرات، نلاحظه الآن فى الأرصاد الأرضية والفضائية.

بيد أنه طرحت حديثًا نظرية بديلة لنظرية الإنفجار الأعظم والكون المتضخم، التى شابها بعض القصور.. ويطلق على النظرية الجديدة «الكون المتجدد» Ekpyrotic،

وتصف المرحلة المبكرة من حياة الكون، حيث لم يكن هناك أى انفجار أعظم! وإنما إصطدام جبار بين «غشائين» Branes كونيين لهما أبعاد متعددة.



وتعتمد نقطة البداية فى تلك النظريات الكونية الجديدة، على تطور علمى حديث فى مجال نظرية الأوتار الفائقة Superstring Theory ، حيث يقول أنصار هذه النظرية أن الجاذبية محصورة بداخل «غشاء» على شكل طبقة رقيقة لها أبعاد إضافية قد يصل مجموعها إلى أحد عشر بعدًا، ولكننا لا نرى كل هذه الأبعاد لأنها ملتفة حول بعضها البعض مثل الحبل المجدول. وهذه الأغشية الكونية الرقيقة مطمورة فى فضاء متعدد الأبعاد.

وتستمد نظرية الكون المتجدد إسمها، من الفكرة الفلسفية الرواقية Stoic للإغريق، بأن الكون تعرض دوريًا للتدمير ثم أعيد خلقه من النار.

ويعتمد جوهر نظرية الكون المتجدد، على أن كوننا نشأ من التصادم المروّع بين إثنتين من تلك الطبقات الرقيقة أى الأغشية. وبعبارة أخرى فإن كوننا الذى بدا باردًا وبدون أى ملامح مميزة لفترة غير محدودة من الزمن، صدمه غشاء كونى،

وحدث ما يشبه إصطداما مروّعًا ببعضهما البعض لعمل «صفعة» عظمى Big Clap .

وأعقب هذا الإصطدام أو «الصفعة» بين الغشاءين الكونيين، توليد الطاقة والمادة والتكوين الذى نجده حاليًا فى كوننا. وفى هذا «السيناريو» فإن الكون لم يبدأ بنقطة تفرد ذات درجة حرارة لا نهائية، وإنما بحجم محدود ودرجة حرارة محدودة، كما كان كوننا فى البداية ساكنًا لكنه بعد الإصطدام أخذ فى التمدد.

ولكى نتفهم جيدًا نتائج وتداعيات هذه الأفكار الجديدة، سوف نبدأ بمراجعة ما يعتبر حاليًا «النموذج القياسى» Standard Model للكون وفقا لسيناريو الانفجار الأعظم وتضخم الكون. يصف هذا النموذج الانفجار الأعظم باعتباره نشأ من «نقطة لا نهائية الطاقة»، وقد انطلقت من الفضاء كنقطة لا نهائية الحرارة والكثافة والطاقة.

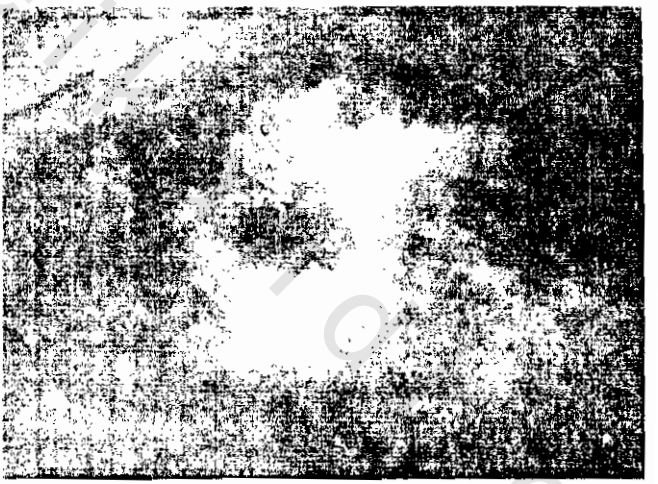
وتكون حينئذ وسط Medium فائق الكثافة والسخونة

والطاقة، وتعاظمت فيه قوى الجاذبية لدرجة أنها «قوّست» الفضاء على نفسه! وعندما كبر حجم الكون، بدأ يبرد. وصنفت تفاعلاته الرئيسية نفسها، إلى قوى قوية Strong وضعيفة Weak وكهرمغنطيسية Electromagnetic وتجاذبية Gravitational.

ولم يلبث «الحساء» الناتج من المادة والنيوترونات Neutrinos والإشعاعات أن برد وإنفصلت مكوناته، وأخذ كل من تلك المكونات يشق طريقًا منفصلاً له. والمكون الإشعاعى – على سبيل المثال – نرصده فى الوقت الحاضر، على شكل خلفية كونية دقيقة Cosmic Microwave Back ground.

أما المادة فقد تجمدت إلى كتل من الغبار، أصبحت فيما بعد مجرات. وتكونت النجوم وإنفجرت بشكل جبار «سوبرنوفا» ونشأت أخرى بحيث تعيد باستمرار تدوير Recycling المادة إلى عناصر أثقل، وتكونت كواكب حول

بعض هذه النجوم ثم خلقنا نحن البشر وقمنا بمحاولة تفسير كل تلك الأحداث التى وقعت قبلنا وأجهدنا أنفسنا لمحاولة الربط بينها، وكانت نتيجة ذلك ما نطلق عليه «الإنفجار الأعظم».



إلا أن هذا المضمون البسيط لنموذج الانفجار الأعظم، يتضمن عددًا من المشاكل ونقاط الضعف، وهى بالتحديد موضوعات «التجانس» Homogeneity و«الإستواء» Flatness و«عدم التجانس» Inhomogeneity و«الأقطاب الأحادية» Monopoles .

فعلى سبيل المثال، لو إفترضنا أن مراقبًا نظر إلى السماء عقب الإنفجار الأعظم مباشرة، فإنه كان سيرى أفق الكون المرئى (وهى المسافة التى عندها يتزحزح بها الضوء – وفقًا لتأثير دوبلر – إلى الطاقة الصفرية Zero Energy وهو منسوب الطاقة لمجموعة من الجسيمات عند درجة حرارة الصفر المطلق) يبعد عنه فقط بمسافة $١٠^{-٣٤}$ متر!

وبعد الإنفجار الأعظم مباشرة، أصبحت كل منطقة «فارغة» فى هذا الحجم مفصولة فجأة عن المناطق الكثيرة الأخرى المماثلة لها. ومع هذا فإن أفق الكون المرئى حاليًا يضم

$١٠^{٩٠}$ (واحد وأمامه تسعين صفرًا) من تلك المناطق المفصولة، التى بدأ الآن بعضها فى التلامس العرضى Causal مع بقية كوننا.

ولا يوجد أى سبب معين لضرورة تشابه تلك المناطق البالغ عددها $١٠^{٩٠}$ مع بعضها البعض. بيد أننا نعرف من قياسات الخلفية الكونية الدقيقة، أن هذه المناطق تختلف عن بعضها البعض فقط بجزء واحد – على الأكثر – من مائة ألف جزء!

وتمثل هذه «السلاسة» الرائعة للكون، غموضًا جوهريًا. ويتساءل علماء الفلك: ترى ما هو السبب فى هذا التشابه الفائق بين الـ$١٠^{٩٠}$ جزء مستقل من كوننا الحالى؟ وهذه هى مشكلة «التجانس»!

أما مشكلة «الاستواء» فإن الذى يثيرها هو ذلك «الغياب» العجيب لأى تقوس أو إنحناء Curvature ، سواء موجب أو سالب للكون الحالى. وهناك توازن دقيق – تقريبًا

– بين تمدد الطاقة وقوة التجاذب فى الكون فالجاذبية والتمدد غير متوازنين بنسبة ١٪ فقط.

وتتعلق مشكلة «عدم التجانس» بأصول البنية الكونية الملاحظة فى الخلفية الكونية الدقيقة – التى يقال بأنها باقية منذ حدوث الإنفجار الأعظم من نحو ١٣,٧ ألف مليون (أى بليون) سنة – وكذلك فى التركيب الواسع النطاق لكوننا.

أما مشكلة «الأقطاب الأحادية» – أى الأقطاب المغناطيسية ذات القطب الواحد – فإنها تتعلق بالغياب الملحوظ لهذه الأقطاب فى كوننا، فى الوقت الذى كان يجب أن يتم إنتاجها بأعداد كبيرة فى بداية الإنفجار الأعظم.

والحل المقبول فى الوقت الحاضر لتلك المشاكل هو «سيناريو التضخم»، الذى يفترض أنه فى المراحل المبكرة جدًا من الإنفجار الأعظم – ولأسباب لم نتمكن من فهمها حتى الآن – تمدد الكون بمعدل متزايد، وأخذ نصف قطرة يتمدد بأسرع من سرعة الضوء!

وتكمن المشكلة الحقيقية فى «سيناريو التضخم»، فى أنه بينما يعالج عيوب نظرية الإنفجار الأعظم، إلا أنه يبدو «مبتدعًا» ويثير عددًا من الأسئلة الخاصة به، لم يتم حلها حتى الوقت الحاضر.

كما أن نظرية تضخم الكون، قد أقحمت فى نظرية الإنفجار الأعظم، بدون أى تفسير لها، أو تحديد «الآلية الفيزيائية»، التى يمكن من خلالها حل المشاكل الخاصة بها. كما أن هذه النظرية لا تفسر أصل القوة المروّعة التى انتجت التمدد الأولى للكون، ولا السبب فى أنه عمل لبعض الوقت ثم لم يلبث أن توقف!

وبالإضافة إلى ذلك فإن نموذج الانفجار الأعظم والكون المتضخم، يضطرنا لمحاولة فهم قوانين الفيزياء عند زمن «بلانك» Planck الذى يبلغ 10^{-43} ثانية! (ماكس بلانك هو مؤسس نظرية الكم التى تقول بأن الطاقة

الإشعاعية تنبعث فى كمات طاقة) بالقرب من نقطة التفرد التى بدأ منها حدوث الانفجار الأعظم، حيث الطاقة لا نهائية، لدرجة أنه لا توجد لدينا نظريات أو تجارب ممكنة عمليا حتى نتأكد من حدوثها.

إن سيناريو الكون المتجدد يعد بديلاً مثيرًا للكون المتضخم، إذ أنه يصف كوننا باعتباره «غشاء مرئيًا» وهو سطح «فائق» Hyper نعيش ونمارس حياتنا فيه. كما يفترض سيناريو الكون المتجدد، وجود «غشاء خفى» Hidden Brane مجاور لنا، أى كون فى غشاء جبار آخر مواز لكوننا، ويبعد عنه بمسافة ثابتة عبر بعدين إضافيين أو أكثر ولعله فى البداية ولفترة طويلة جدًا، ظل الغشاء المرئى، باردًا وساكنًا وفارغًا. ولكن حدث فى لحظة معينة، أن الغشاء الخفى «إنسلخ» من غشاء ذى حجم جبار – يبحر عبر الفاصل الفراغى بأبعاده الإضافية – وإصطدم بعنف بغشائنا المرئى. ونظرًا لوجود تموجات Ripples فى الغشاء الأصلى، فإن الإصطدام يحدث فى أزمان مختلفة قليلاً فى مناطق متباينة من غشائنا المرئى.

وتوجد قوى تجاذب وقوى أخرى تؤثر على الغشاءين قبل وبعد الإصطدام، ويؤدى هذا إلى تقلص المقياس الطولى

فى غشائنا المرئى قبل الإصطدام، ثم تمدده بعد ذلك وببساطة، فإن هذا التقلص والإصطدام والتمدد. هو الذى أوجد الكون المتمدد الذى نلاحظه فى الوقت الحاضر.

الغشاءان المصطدمان كانا فى البداية مستويين Flat بمعنى عدم وجود أى إنحناءات بهما. وظل الكون محتفظًا بذلك الإستواء عقب الإصطدام وأحدثت تموجات الغشاء الجبار، ذلك التوازن بين التجانس والتكوين الواسع النطاق للكون، الذى تلاحظه فى الأرصاد الأرضية والفضائية الحالية.

والكون المتجدد – حتى فى لحظة «الصفعة» العظمى – لم يكن ساخنًا جدًا أو مغلقًا للغاية إلى الحد الذى يجعل نقطة التفرد تنتج الأقطاب الأحادية التى تنبأت بها نظرة الإنفجار الأعظم.

ولذلك فإن سيناريو الكون المتجدد، يعالج كل مشاكل نظرية الإنفجار الأعظم، بدون أن يقحم موضوع «التضخم»

فى سياقه. كذلك تتميز نظرية الكون المتجدد، بأنها لا تشتمل على ظواهر فيزيائية عند مستوى «بلانك» أو أى قوى خفية تظهر ثم تختفى فجأة.

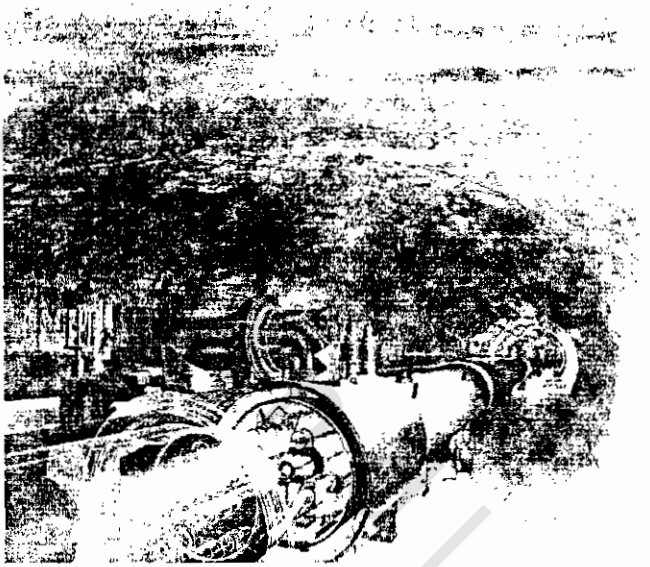
وتصبح نظرية الكون المتجدد مماثلة لنظرية الإنفجار الأعظم عند درجات الحرارة الهائلة، بحيث يتساوى فى كلا النموذجين التطور اللاحق للكون وخاصة فيما يتعلق بتباين وإنفصال القوى الأربع (القوية والضعيفة والكهرمغنطيسية والجاذبية) وتخليق العناصر الخفية وتوليد الإشعاع الخلفى الكونى الدقيق.

إن الاختبار الجوهرى لصحة أى نظرية، يكمن فى إمكان إجراء التجارب العملية على التنبؤات التى تطرحها.. وفى حالتنا هنا، قد نتساءل: هل هناك إختبارات يمكن إجراؤها بحيث تفرق ما بين الكون المتضخم والكون المتجدد؟

الإجابة التى لدينا هى «ربما» إن الفروق الأساسية بين النظريتين تكمن فى طريقة توليدهما لموجات الجاذبية Gravity Waves.

فالكون المتضخم يميل إلى توليد موجات جاذبية ذات طيف «أحمر» تقل شدته كلما قل طول الموجة، بينما يولد الكون المتجدد موجات جاذبية ذات طيف «أزرق» تزيد شدته كلما قل طول الموجة.. وعلى ذلك فإن دراسة الطيف الأساسى لموجات الجاذبية سوف تكون بمثابة إختبار جوهرى لمدى صحة النظريتين. وهذه دراسة مستقبلية تلقى إهتمامًا بالغًا فى الأوساط العلمية الفلكية منذ الآن.

obeikandl.com



افتتح فى شهر مايو ٢٠٠٨ أعظم جهاز صممه البشر، إنه مصادم الهادرون الجبار The Large Hadron Collider الذى شيد فى «المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية والمعروفة باسم CERN بالقرب من جنيف (سويسرا) ويعد هذا المصادم أكبر محول جسيمات فى التاريخ وقد شارك فى تشييده ألفان من علماء الفيزياء من ٣٤ دولة بالإضافة إلى أساتذة من مئات الجامعات والمختبرات. ويتوقع العلماء أن يتمكن مصادم الهادرون الجبار من محاكاة الظروف التى سادت الكون فى وقت الانفجار الأعظم أو بمعنى آخر إنه آلة الزمن التى سوف تعود بنا إلى بداية الزمن منذ نحو ١٣,٧ بليون عام.

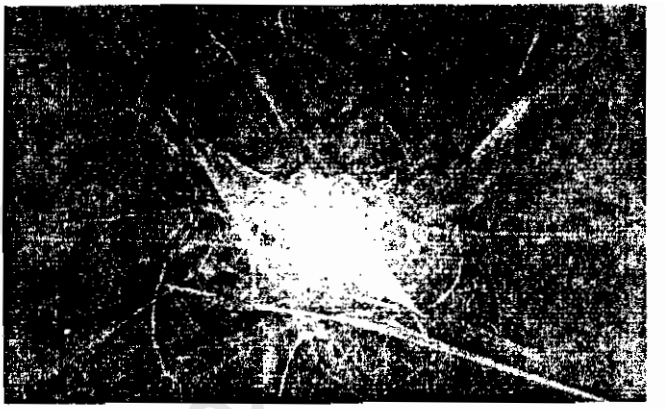
يشغل مصادم الهادرون الجبار نفقا دائريًا هائلاً ويبلغ محيط الدائرة نحو سبعة وعشرين كيلو مترًا، وبعمق يتراوح ما بين خمسين إلى مائة خمسة وسبعين مترًا، ويصل قطر النفق إلى نحو أربعة أمتار وهو من الأسمنت السميك ويقطع الحدود السويسرية – الفرنسية فى أربع مناطق على الرغم من أن

مصادم الهادرون الجبار معظمه فى فرنسا. والمقصود بكلمة «هادرون» تلك الجسيمات دون الذرية الثقيلة المكونة من كواركات مثل البروتونات. وقد شُيّد مصادم الهادرون الجبار تحت سطح الأرض ولكن هناك مبان عديدة ملحقة به توجد فوق الأرض وتحتوى على الضاغطات Compressors «آلات تضغط الهواء والغازات» ومعدات التهوية وإلكترونيات الرقابة والتحكم وغير ذلك ويحتوى نفق المصادم على أنبوبين هائلين تطوقان مغنطيسات فائقة التوصيل «أى تنعدم مقاومتها عند درجات الحرارة المنخفضة» يتم تبريدهما بواسطة الهليوم السائل.

ويطلق كل أنبوب حزمة من البروتونات وتنطلق حزمتا البروتونات فى اتجاهين متضادين حول النفق الدائرى، وتستخدم مغنطيسات إضافية لتوجيه حزمتى البروتونات. وتدور ملايين الملايين من البروتونات فى داخل المصادم الجبار بمعدل يبلغ نحو ١١,٠٠٠ مرة فى الثانية، وتصل سرعتها إلى

٩٩,٩٩٪ من سرعة الضوء كما تبلغ الاصطدامات نحو ٦٠٠ مليون فى الثانية الواحدة! ولأن هـذه التصادمات المروّعة تُحدث حرارة هائلة تزيد كثيرًا عن حرارة باطن الشمس، فهناك نظام تبريد حول نفق المصادم لتخفيض هذه الحرارة اللافحة بواسطة الهليوم السائل، لتصل إلى ما يقرب من الصفر المطلق.

ويبلغ عدد المغنطيسات الفائقة التوصيل فى المصادم أكثر من ألف وستمائة، ويصل وزن معظمها إلى أكثر من سبعة وعشرين طنًا وقبل حدوث التصادمات بين البروتونات يتم زيادة مستويات طاقاتها بواسطة معجلات أخرى كما يلحق بمصادم الهادرونات الجبار ستة كواشف Detectors «الكاشف: أداة للتعرف على التغير فى الضغط أو الإشارة الكهربائية أو النشاط الإشعاعى» وهى مشيدة أيضًا تحت سطح الأرض وتكون مهمتها الكشف عن وجود «بلازما الكوارك - جلون» Quark-Gluon Plasma، والتى سادت فى اللحظات الأولى من الانفجار الأعظم.



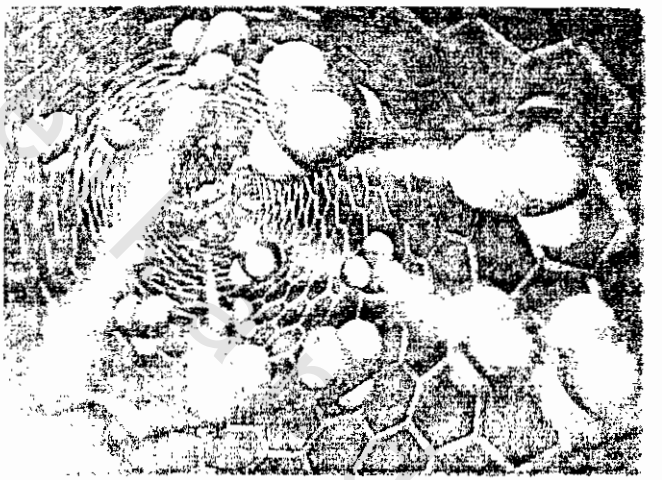
اللاجسيمات واللاجاذبية.. والنموذج المعيارى

● يعد فهم طبيعة المادة المظلمة Dark Matter الغامضة ذات أهمية بالغة لعلماء الكونيات. ومن المعروف أن المادة المظلمة تكوّن معظم الكون المرئى، وهى تؤثر على دوران المجرات وعناقيد المجرات بالإضافة إلى أنها تتضمن الإجابة

على مصير الكون. ويعتقد بعض العلماء بأن المادة المظلمة عبارة عن مادة لها كتلة ولكنها لا تتصرف كجسيمات، ومن ثم أطلق عليها «اللاجسيمات» Unparticles . وإذا كانت لهذه اللاجسيمات كتلة ولو بالغة الضآلة، فلابد أن يكون لها أيضًا «لا جاذبية» Ungravity، حيث يكون لها تأثير قوى وعلى مسافة قصيرة من المادة فى الكون المرئى. ولابد من وجود معجّل جسيمات ذو قوة جبارة حتى يمكن الكشف عن المادة المظلمة وما يرافقها من طاقة مظلمة وكذلك اللاجسيمات واللاجاذبية، وهذه هى إحدى المهام التى سوف يؤديها مصادم الهادرون الجبار.

● يقوم النموذج المعيارى Standard Model فى فيزياء الجسيمات بتوصيف ثلاث قوى أساسية فى الطبيعة: الضعيفة والقوية والكهرمغنطيسية، بالإضافة إلى توصيف الجسيمات الأولية التى تدخل فى تركيب المادة. وتؤكد كل التجارب على صدق تنبؤات نظرية النموذج المعيارى إلا أن العيب فى هذا

النموذج يكمن فى عدم قدرته على توصيف القوة الأساسية الرابعة وهى قوة الجاذبية.



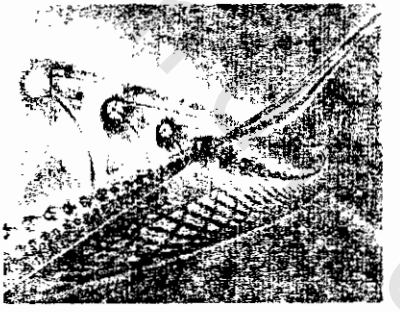
وتنصب كل جهود علماء الفيزياء على صياغة نظرية كاملة، توصف جميع القوى الأساسية الأربع بما فيها الجاذبية.

وتنقسم كل الجسيمات الأولية إلى:

- فرميونات Fermions.
- بوزونات Bosons «البوزونات هى حاملات للقوى والتى تعطى للجسيمات كتلتها».

وتتكون الفرميونات من:

- كواركات Quarks «أعلى – أسفل – فتنة – غريب – قمة – قاع».
- لبتونات Leptons «نيوترينو الإلكترون – الإلكترون – نيوترينو الميون – الميون – نيوترينو التاو – التاو».



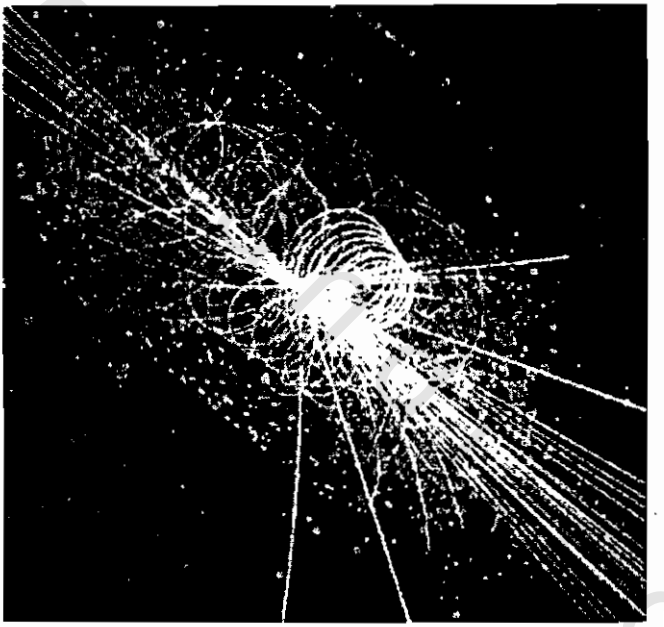
أما البوزونات فتتكون من:

● بوزونات القيامس Gauge Bosons «الجلونات – البوزونات Z, W - الفوتونات».

● بوزونات أخرى «بوزون هيجز - الجرافيتون» ويهمنا فى هذه «الغابة» الكثيفة من الجسيمات دون الذرية: بوزون هيجز Higgs Boson الذى يعد وسيطًا أو حاملاً لقوة Force . وقد افترضه لأول مرة الفيزيائى البريطانى «بيتر هيجز» «١٩٢٩-.....» وأضافه للنموذج المعيارى لفيزياء الجسيمات، وأوضح بأن «بوزون هيجز» حاملاً للقوة ويعطى الجسيمات كتلتها.

ويتوقع العلماء أن ينتج مصادم الهادرون الجبار «بوزون هيجز» المراوغ الذى لم يتمكنوا من قبل من العثور عليه «حيا أو ميتا»! إذ يمكن بدراسة بوزون هيجز أن يؤكد وجود «الحلقات المفقودة» فى النموذج المعيارى للفيزياء، كذلك يمكن لبوزون هيجز أن يفسر كيفية اكتساب الجسيمات الأخرى لخصائص مثل الكتلة، بعد الانفجار الأعظم مباشرة.

وإثبات وجود بوزون هيجز سوف يمثل خطوة مهمة فى التوصل إلى النظرية الكبرى الموحدة Grand Unified Theory ، التى تسعى إلى توحيد كل القوى الأربع الرئيسية، كذلك قد يساعد بوزون هيجز على «تفسير لغز ضعف الجاذبية مقارنة بالقوى الأخرى».



كما يتوقع العلماء أن ينتج مصادم الهادرون الجبار – بالإضافة إلى بوزون هيجز – جسيمات أخرى لم يشاهدها أحد من قبل مثل الثقوب السوداء الدقيقة Micro Black Holes «التى ربما تخرج عن السيطرة وتبدأ فى «التهام» كوكب الأرض!!» والمغنطيسات أحادية القطب Monopole Magners وغيرها من الجسيمات بالغة الغرابة.

وعمومًا فإن العلماء يتمنون أن يجيبهم مصادم الهادرون الجبار على الأسئلة الآتية:

- هل يمكن اكتشاف «بوزون هيجز»؟ وما هى طبيعته؟
- هل قياسات كتل الكواركات فى النموذج المعيارى صحيحة ودقيقة؟
- هل للجسيمات المعروفة لنا شركاء في التماثل الفائق Supersymmetric «تناظر فيزيائى يقوم بالمبادلة بين البوزونات والفرميونات. وقد ظهر التماثل الفائق لأول مرة فى نظرية الأوتار».

obeikandl.com

- لماذا توجد كتلة لبعض الجسيمات بينما ليس للجسيمات الأخرى أية كتلة؟

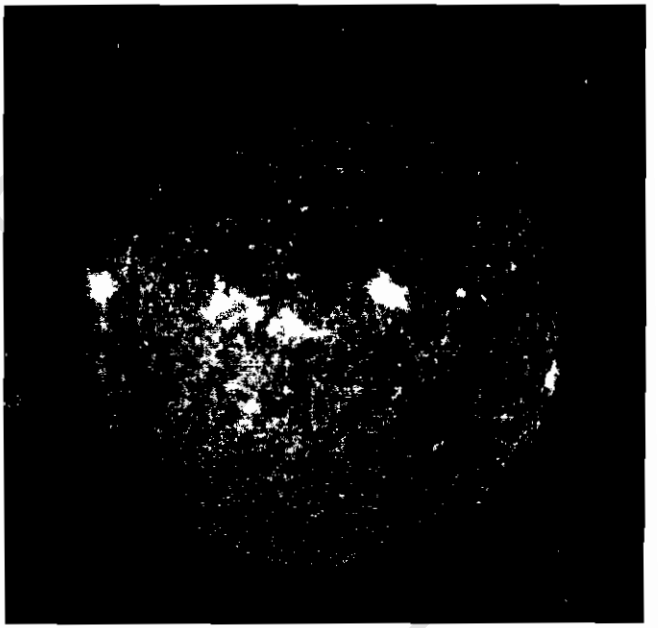
- هل هناك أبعاد إضافية مصاحبة للجرافيتونات Gravitons «جسيمات افتراضية تحمل قوة الجاذبية» كما تنبأت نظرية الأوتار String Theory وهل يمكن رؤية هذه الأبعاد الإضافية؟

- ما هى طبيعة المادة المظلمة والطاقة المظلمة التى تشغل معظم الكون؟

- لماذا تكون الجاذبية أضعف من القوى الثلاث الأساسية الأخرى؟

obeikandl.com

زيارة.. إلى نجم ثائر



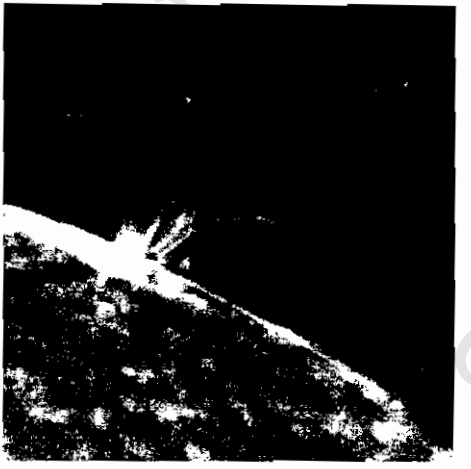
أصبحت الشمس فجأة «نجمة» تليفزيونية وإذاعية وصحفية، وكأنها لم تكن موجودة من قبل! إذ يسلط عليها العلماء الآن – فى كل وسائل الإعلام – «الضوء» باعتبارها مصدرًا لأشعة بالغة الخطورة، هى الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet التى أخذت تتسرب كلص خفى من ثقب الأوزون، لتهددنا بأمراض خطيرة مثل السرطان. فما هى الشمس تلك الصديقة.. العدوة؟

دوامات.. وتدفقات.. وأعاصير

الشمس هى العضو الرئيسى فى الأسرة الشمسية وتعد من النجوم متوسطة الحجم (قزم أصفر) ومن فصيلة نجوم التتابع الرئيسى Main Sequence ، أى النجوم التى مازالت فى مرحلة الشباب. والشمس بكواكبها وأقمارها وباقى أفراد أسرتها من الأجرام الفضائية الأخرى، مجرد جزء ضئيل للغاية من مجرتنا «الطريق اللبنى» Milky Way وتدور المجموعة الشمسية كلها حول مركز تلك المجرة، وتتم دورة كاملة فى

٢٥٠ مليون سنة تقريبًا، بسرعة تبلغ ٢٢٠ كيلو مترًا فى الثانية، وتسمى هذه الدورة بالسنة الكونية Cosmic Year . ويبلغ قطر الشمس حوالى مليون و٣٨٤ ألف كيلو متر وتزيد الجاذبية فوق سطحها ٢٨ مرة عن جاذبية سطح الأرض، كما يبلغ عمر الشمس نحو خمسة آلاف مليون عام، ولنقترب أكثر من الشمس. يبدو قرص الشمس للناظر إليه من الأرض محدودًا نتيجة للبعد، ولكن فى حقيقة الأمر أن حجم الشمس يزيد على حجم الأرض أكثر من مليون مرة. ومن أجل أن تبقى الشمس نجما مستقرا، يلزم لها الاحتفاظ بنوع من التوازن بين جاذبيتها والضغط الهائل الناتج عن درجة الحرارة المروّعة فى داخلها، فلولا وجود ما يعادل قوة الجاذبية التى تضم الغاز إلى بعضه، لما كان هناك ما يمنع الشمس من الانكماش إلى الداخل، وأيضًا لولا الجاذبية التى تمنع الغاز المتأجج داخل الشمس من التمدد، لانفجرت الشمس وتبعثرت فى الفضاء.

وواقع الأمر أن القوتين تعملان معًا، بحيث تحقق الشمس تعادلا دقيقا بين اندفاع الغاز الساخن فى الداخل والخارج، والانكماش إلى الداخل بفعل الجاذبية، وعند دراسة قرص الشمس وتصويره – خاصة وقت الكسوف – يمكن ملاحظة ألسنة شمسية ممتدة خارج قرصها المضيء، وتمتد هذه الألسنة المندلعة إلى آلاف الكيلومترات خارج القرص وهى تنبثق وتتشتت فى كل الاتجاهات، وبسرعات مذهلة تقترب من مليون كيلو متر فى الساعة الواحدة!



وتأخذ هذه الألسنة أشكالاً غريبة، كما أنها قد تنفصل عن الأجزاء السفلية من قرص الشمس. ولكن ليست كل هذه الاندلاعات متحركة بهذه السرعة الهائلة، إذ أن بعضها يظهر هادئًا كنتوء بارز من قرص الشمس فى غير حركة سريعة، ويكون متوسط ارتفاعه حوالى ٨٠ كيلو ألف كيلو متر.

وهنا يتبادر سؤال وهو: مم تتكون هذه الألسنة الجبارة؟

للإجابة عن هذا السؤال يستخدم العلماء جهاز المطياف الشمسى Spectro-Helio-Graph الذى يستخدم لدراسة الشمس ومكوناتها والتعرف على طبيعاتها الثائرة. ويقسم العلماء الشمس وغلافها الجوى إلى طبقات أو محيطات يمتد آخرها إلى ملايين الكيلومترات فى الفضاء وعندما ننظر إلى قرص الشمس أثناء الشروق أو عند الغروب، يظهر لنا سطحه الأملس الخالى من التجعدات والنتوءات، وكأنه ينعم بالهدوء والتجانس، ولكن هذا ليس فى الواقع إلا خداع نظر، فالشمس أقرب ما تكون إلى محيط هائل ثائر متلاطم

الأمواج.. ومسرح لأشد أنواع الدوّامات والتدفقات والأعاصير والعواصف المغنطيسية وزوابع الحمم والتفجرات، كلها تجتاح الشمس فى جميع أجزائها والشمس لا تنفرد – دون غيرها من النجوم – بهذه الظواهر العنيفة، بل إن الحال فى كثير من النجوم الأخرى أعنف حركة وأشد ثورة.

يرجع السبب فى وجود الغلاف المضئ المحيط بقرص الشمس إلى وجود غاز الهيدروجين الذى يكوّن الطبقة المكونة لجو الشمس، ويعرف هذا الغلاف باسم «الكروموسفير» Chromosphere أى (الطبقة الملونة)، وقد اكتسبت هذه التسمية من تلك الصبغة الوردية التى تستمدها من الهيدروجين، والتى تبدو واضحة فى حالة الكسوف الكلى للشمس، عندما يحجب القمر قرص الشمس، فتبدو طبقة الكروموسفير كحزام أحمر يحيط بظل القمر، ويظهر فى صورة تاج أو إكليل مضيء فى بهاء لامع ويقدر عمق هذا الإكليل أو تاج الشمس Corona حوالى ٤٨٠ ألف كيلو متر. وأبعاده ليست منتظمة، وقد تمتد منه انبثاقات طويلة تسمى الألسنة الشمسية، تبرز من وراء الطبقة الغازية خارج «حافة» الشمس.

إن إكليل الشمس جزء من الأجواء العليا للشمس وهو مكوّن من إلكترونات طليقة تبلغ سرعتها حوالى ١١ مليون

كيلو متر فى الساعة. وإكليل الشمس لا يرى فى الحالات العادية، لأن ضوء الشمس يحجبه ولكن يمكن مشاهدته بوضوح أثناء الكسوف الكلى للشمس.

ويفسر بعض علماء الفلك وجود هذا الإكليل – الشبيه بالقناع – بأن ذرات العناصر المختلفة تمتص جزءًا من ضوء الشمس وتمسك به مؤقتًا، ثم تطلقه مرة أخرى. وكل ذرة عندما تقوم بهذا، ترسل ضوءًا بشكل لون مميز، وعلى ذلك فإن طاقة الشمس بهذه الطريقة يتم امتصاصها ثم إطلاقها ثانية، وعليها «طابع» الذرة التى امتصتها ويمكن بواسطة المطياف تحليل ضوء الإكليل إلى ألوان متباينة.

وترتفع درجة حرارة الإكليل والكروموسفير بسبب تلك الانفجارات التى تحدث فى الطبقات الداخلية مثل طبقة الفوتوسفير Photosphere أو الطبقة الضوئية، وهى الجزء الخارجى المشع للضوء، ويبلغ عمقه نحو ٤٠٠ كيلو متر ومن هذه الطبقة ينتج القسم الأكبر من الضوء والحرارة اللذين نستقبلهما على الأرض.

أن الفوتوسفير جحيم رهيب، ترتفع إليه من الداخل غيوم عملاقة محملة بالحرارة اللافحة، كما أنه ذو سطح ملئ بالملايين من الخلايا أو المراكز البراقة. وكل منها يبدو كانفجار قنبلة عملاقة، ممتدة على بقعة قطرها حوالى ٨٠٠ كيلو متر، وهذه الينابيع الشمسية هى التى ترفع من درجة حرارة الكروموسفير والإكليل الشمسى. إن الكروموسفير هو عبارة إذن عن نطاق تسوده حركات عمودية شديدة، فخلاله لا تنتقل طاقة الشمس فقط، وإنما أيضًا البروتونات والجسيمات التى تصبح جزءًا من الرياح الشمسية التى تنطلق من الشمس.

والكروموسفير أيضًا هو المكان الذى يولد فيه «التأجج الشمسى» Solar Flare، وهى المنطقة المحلية التى ترتفع درجة حرارتها. وكثيرًا ما يكون ذلك فجأة إلى درجة غير عادية وقد تغطى مساحة كبيرة من سطح الشمس كله، والتعليل المرجح لهذا الارتفاع المفاجئ فى الحرارة، هو إن ثمة اضطرابًا مغنطيسيًا ينتج جسيمات سريعة الحركة تصطدم بمادة الشمس العادية.

وعند حدوث التأجج الشمسى كثيرًا ما تقذف الشمس جسيمات سريعة الحركة فى اتجاهات متزايدة الاتساع، ومن السهل تمييز ما يصل من هذه الجسيمات المنطلقة ناحية الأرض، والتأججات الكبيرة فقط هى التى تتولد عنها عواصف من البروتونات، وسحب من الجسيمات المشحونة تتداخل مع الاتصالات اللاسلكية على الأرض، كما تشكل خطورة على رواد الفضاء وسكان كوكب الأرض. وتختزن التوهجات الشمسية كميات مروعة من الطاقة، الأمر الذى يبدو واضحًا فى ذلك الطوفان الهائل من الجسيمات المشحونة التى تقذف بها فى الفضاء... وإلى كوكب الأرض.

إن الشمس مازالت لغزًا كونيًا، والأمر يحتاج إلى المزيد من الأرصاد الفلكية – خاصة بواسطة التلسكوبات الفضائية – للتعرف على أسرارها الغامضة.

الثقب الأسود.. آلة زمن!

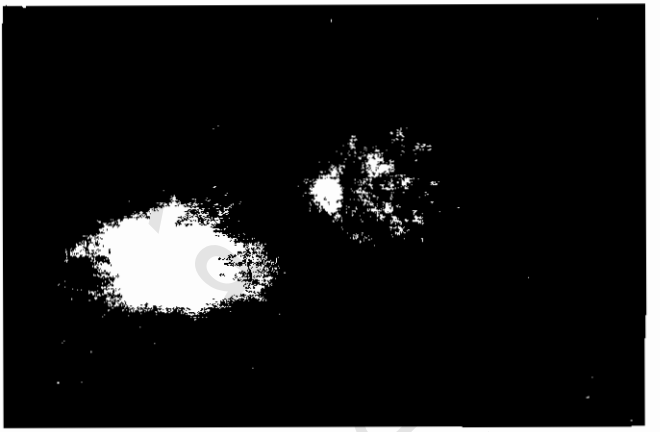
يمكن النظر إلى الثقب الأسود كأغرب الأجسام السماوية المعلقة فى الفضاء، إنه كمصيدة كونية تلتهم كل ما يصادفها فى طريقها، ولا يكون للمواد المسحوقة الخفية أى أمل فى الهروب، حتى الضوء بسرعته المروّعة (٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية) لا يستطيع أن ينفذ من براثن شباك الثقب الأسود!

إن كل ما يهبط إلى الثقب الأسود، يترك عالمنا إلى الأبد – على الأقل بنفس الشكل الذى هبط به – فى داخل مصيدة فضائية ساكنة حالكة الظلام، حيث يتوقف الزمن. كل هذا يحدث، لأن المواد والغازات التى كانت النجوم قد ولدتها فى الفضاء، قد انهارت وانضغطت وتكدست وأحاطت نفسها بمجالات رهيبة من موجات الجاذبية، تؤثر بها على كل ما حولها، مع الأخذ فى الاعتبار «إشعاع هوكنج» Hawking Radiation كمرحلة لاحقة.

وبالنسبة لعالم فلكى يعكف على رصد الفضاء، لا يبدو المصير المحتوم للمواد ملحوظًا، فإن كويكبا غافلاً فى الفضاء «يقتنصه» أحد الثقوب السوداء، لن يشاهد وهو يدخله بل سيبدو مجمدًا على سطح الثقب الأسود (أى أفق الحدث Event Horizon)، من وجهة نظر مراقب خارجى. والسبب فى ذلك يرجع إلى قوة الجذب الهائلة، التى تمسك بتلابيب الضوء فلا تسمح إلا بقدر ضئيل، يقل كثيرًا عما تسمح بإطلاقه القوانين الفيزيائية المعروفة. ولهذا يظل المراقب الخارجى يشاهد الكويكب «مجمدًا» على أفق الحدث بينما هو فى الحقيقة، فقد أبتلع داخل الثقب الأسود فى جزء من الثانية!

وإذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة Stationary ، عندما تكون بعيدة عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم أى شىء يدنو منها، حقًا إنها رفات نجوم مكدسة منهارة، ولكنها أصبحت –

حتى بعد الموت – مصيدة فضائية لرفات نجوم أخرى، تصدر أشعة إكس عند التهامها، كما تترك قرصًا كثيفًا من بقايا موادها.. تحيط بأفق الحدث.



إن احتمال تعرض الشمس أو حتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال ضئيل للغاية. ذلك أن فرصة تعرضنا لمثل هذا المصير – بالوقوف مباشرة فى طريق ثقب أسود فى الكون – هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا.

مع هذا، يرى بعض علماء الفلك أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء قد تحدث، وعندها لابد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل، مثل الزلازل المدمرة والانفجارات المروعة وتصدع كوكب الأرض، وهذه هى التى تنذرنا بقرب هذا الخطر الكونى الداهم. وقد تكون حولنا فى مجرتنا «الطريق اللبنى» ثقوب سوداء أكثر مما ندرك. إن البشرية لم تحفل بهذا الخطر الرهيب من قبل، ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث عام ١٩٠٨ فى «تانجوسكا» بسيبريا (روسيا)، حيث يرى بعض علماء الفلك أنه فى ذلك التاريخ،

اخترق ثقب أسود دقيق جدًا الكرة الأرضية، محدثًا انفجارًا مروعًا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى، أم لعله فى باطن الأرض يلتهم المواد فى صمت، ولعل بعض الظواهر الطبيعية العنيفة التى تنتاب كوكبنا من حين لآخر، سببها هذا الثقب الأسود الدقيق، الذى يقضم مركز كوكبنا!

لغز انحناء الفضاء

مع وجود الثقوب السوداء فى الكون، يكون مستقبل السفر فى الفضاء خارج المجموعة الشمسية، محفوفًا بالخطر. ويجب أن ندرك أن هناك مصائد منصوبة لنا فى الفضاء البعيد فى انتظار التهام أى شىء مادى يقترب من حدودها، أى أفق الحدث. ولكن الموقف ليس بهذا السوء، فإ الثقب الأسود يترك بصماته مجمدة فى «منحنى الفضاء» Curvature of Space، خارج أفق الحدث أى الحدود مع العالم الخارجى. وبوسع هذا الثقب الأسود بجاذبيته الجبارة التى تفوق كل تصور، أن يلوى الفراغ الكونى – فى الواقع هو ليس فراغًا بل

يمتلئ بالجسيمات التقديرية Virtual Particles التى تظهر وتختفى فى جزء ضئيل جدًا من الثانية – ويثنيه من حوله، وكأنها «الفراغ» المحيط به يتكوّر وينحنى على نفسه. ونحن لا نستطيع أن نتخيل «فراغًا» ملويًا أو فضاء منحنيًا ولكن النظرية النسبية العامة لأينشتين تنبأت به وثبت صحته فى بعض الظواهر الكونية، ولكى نستوعب فكرة فضاء منحن، علينا أن نتصور شعاعًا من ضوء وقد غيّر مساره المستقيم المألوف، حسب قوانين الفيزياء الأرضية، وانحنى والتوى حول شيء ما. وهذا الانحناء فى الفضاء يمكن التعرف عليه، بالطريقة التى تتأثر بها مدارات سفن الفضاء أو النجوم والكواكب والأقمار والكويكبات، مثلما يتأثر مسار حجر يلقى به فى الهواء وتسقطه جاذبية الأرض. ولو أن كوكب الأرض «أزيل» عقب إلقاء الحجر مباشرة، لإنطلق فى خط مستقيم بدلاً من أن ينحنى بفعل جذبه إلى مركز الأرض.

ويظهر الفضاء غير المضطرب حول الأرض، مقوسًا – كما هو حول الثقب الأسود – وإن لم يكن بنفس شدة

الانحناء، ولو فرض أننا كنا نتابع مسار سفينة فضاء فى عمق الكون، ولاحظنا أن مسارها قد انحرف فجأة، فإذا لم يكن هناك أى نجم أو سحابة أو مادة بقربها، يمكن أن تسبب هذا الانحراف عن طريقها، وكانت وحدات دفع سفينة الفضاء تعمل كما يجب، فإن السبب الوحيد، الذى يمكن أن نفكر فيه لهذا السلوك الغريب، هو أن هذه السفينة تتحرك قرب المصيدة الفضائية الرهيبة.. الثقب الأسود.

الدوران المروّع

إن تاريخ نشوء الثقب الأسود من نجم ضخم منهار، إنما هو عبارة عن تقلص داخلى مروّع مع تكوين أفق الحدث، فعندما يستهلك النجم وقوده النووى فى باطنه، ينهار على نفسه بسرعة هائلة تبلغ جزءًا من الثانية، وعندئذ يسقط داخل أفق الحدث الخاص به، وقبل التقلص الداخلى قد يكون النجم دائرًا حول نفسه. وفى مثل هذه الحالة يكون من المتوقع أن يسرع هذا الدوران، كلما زاد الانهيار، وهذا يحدث تمامًا

عندما يدور شخص ينزلق على الجليد حول نفسه ببطء بذراعين ممدودتين، ثم يدور أسرع عندما يضم ذراعيه إلى جانب جسمه.

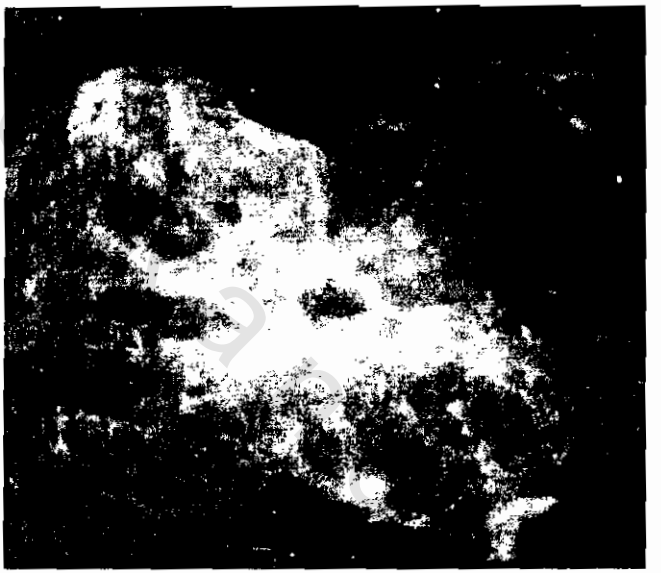
ودوران Rotation الثقب الأسود يسبب فقدًا لنسبة كبيرة من مادة النجم المنهار فى الفضاء، وحتى لو فرضنا أن

هناك أية «نتوءات» فى النجم، فيبدو أنها لن تترك أثرًا وراءها عندما يتألف أفق الحدث، وتختفى مادة النجم وراءه.. داخل المجهول.

إن إنحناء الفضاء الذى يبدو كبصمة تحقيق الشخصية أو كجزىء الدنا DNA للثقب الأسود، هو الذى يعطى له شكلاً. فالثقب الأسود ليس له كيان محدد، ولكن من المحتمل أن نشاهد فى انحناء الفضاء «المتجمد» خارج أفق الحدث، هيكلاً معينًا، يظهر بهذا «التشوه» Distortion فى الفضاء. أما كل السمات المميزة للنجم، والتى تفرقه عن أى نجم آخر، كمجموع عدد النيوترونات والبروتونات والإلكترونات أو التركيب الكيميائى، فكل هذه الصفات تفقد معناها بالنسبة لمشاهد خارجى، ولا يمكنه أن يتعرف على طبيعة الجسم الذى أنهار أصلاً.

واختفاء المادة داخل الثقب الأسود، أمر غريب حقًا ويناقض القوانين الفيزيائية المألوفة والمعروفة فوق الأرض

وأحد هذه القوانين بالذات جدير بالذكر هنا، وهو يتعلق باختفاء البروتونات والنيوترونات، وما تحتويه من كواركات وجلونات، داخل الثقب الأسود. فالبروتونات والنيوترونات والكواركات والجلونات، تكوّن نواة الذرة. ونحن هنا فوق كوكب الأرض واثقين، بأن نوى ذراتنا تحفظ نفسها جيدًا ضد التحلل. ولكن إذا دخلت هذه الذرات ثقبًا أسود، أصبحت تمتلك طبيعة نووية خاصة (بالنسبة لمشاهد خارج أفق الحدث)، فلا تصبح مادة على الإطلاق إذ تختفى الشحنات، وتنهار التراكيب الذرية وتتلاشى الفراغات وتتلاحم الجسيمات دون الذرية. وعندئذ علينا أن نستعد لمواجهة فروق كثيرة وجوهرية، بين عالمنا المألوف وذلك المكان الرهيب حيث يقف الزمن جامدًا، ويتعانق الوجود والعدم!



اتضح لنا أنه إذا انهار النجم داخل الثقب الأسود يصبح متجمدًا – من وجهة نظر الراصد الخارجى – وذلك قبل أن يصل إلى أفق الحدث، والمنطقة التى يبدو أن النجم يحوم فيها إلى الأبد أطلق عليها اسم «الإرجوسفير» Ergosphere أى «منطقة الطاقة»، وهو المكان الذى يقف فيه الزمن ساكنًا، وهنا تبدو أول لمحة لآلة الزمن Time Machine والتى تنقل الإنسان إلى الماضى أو المستقبل، كما تنبأ بها هـ.ج. ويلز كاتب الخيال العلمى المعروف، فى أوائل هذا القرن. والحياة على حافة الإرجوسفير – الذى يطلق عليها «حد الثبات» Stationary Limit – ليس فيها شىء من الأخطار المتعلقة بحافة أفق الحدث، ولكن مع هذا لها كل الصفات الخاصة بالسيطرة على الزمن. وإذا كان النجم المنهار إلى مصيره المحتوم، هائل الحجم، فإن البعد بين أجزاء الإرجوسفير وأفق الحدث، قد يصبح كبيرًا جدًا ومن ثم يكون خطر السقوط إلى أفق الحدث أقل ما يمكن.

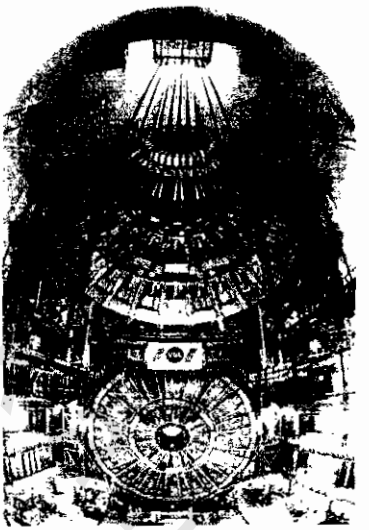
إن الإرجوسفير لثقب أسود يدور بسرعة كبيرة، هو

المكان الذى يمكنك – كرائد فضاء – البقاء فيه، إذا أردت أن تسافر إلى المستقبل أى إن هذا المكان هو «آلة الزمن»، التى تخيلها أدباء الخيال العلمى فى قصصهم.

ومن الطبيعى أنه كلما طالت المدة المطلوب السفر إليها فى المستقبل، دعت الضرورة إلى وجوب الاقتراب من داخل الإرجوسفير، وهكذا ستزداد صعوبة – أو استحالة – العودة إلى العالم الخارجى، ذى الجاذبية المنخفضة بالنسبة لتيارات الجاذبية المروّعة للثقوب السوداء.

فى المرة القادمة عندما تضع قطعة من السكر فى فنجان القهوة أو كوب الشاى، دقق النظر إليها، فبداخل هذه القطعة الصغيرة، أسرار الكون! وإذا استطعت أن تنظر إليها بمجهر ذرى، فقد ترى أن كل بلورة فيها تتكون من أجسام منتظمة تشبه الحلقات، هىء الجزيئات Molecules . ويكشف المزيد من التكبير عن ذرات الكربون والأوكسجين والهيدروجين. وهذه الذرات بالإضافة إلى بضع ذرات أخرى هى قوام الحياة كلها.

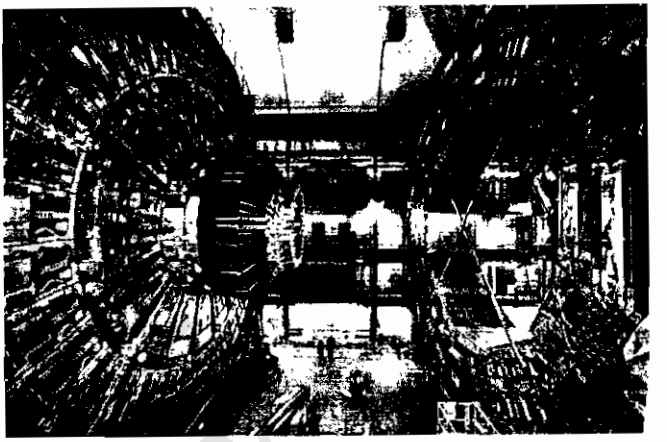
وبالتكبير الأعظم قدرًا سوف تلاحظ أن هذه الذرات لها هيكل، وتحيط سحابة مرتعشة من الإلكترونات الضئيلة بنواة Nucleus دقيقة كثيفة.



وتتكون النواة من نوعين من الجسيمات هما البروتونات والنيوترونات. ولاتزال الأنوية تنتج فى أفران هائلة، نسميها «النجوم»، كما أن أجسامنا أيضًا مكونة من ذرات. ويعتقد أن الإلكترونات جسيمات «أولية»، أى ليست مكونة من أجزاء

أصغر منها، أما البروتونات والنيوترونات فإنها تتكون من جسيمات أصغر منها هى «الكواركات» Quarks وهنا نصل إلى مقياس لا يمكن تخيله فى حدود ١٠-١٥ من السنتيمتر. ويعتقد العلماء أن الجسيمات الأولية خلقت فى اللحظات الأولى بعد الانفجار الأعظم الذى حدث منذ نحو ١٣,٧ بليون سنة.

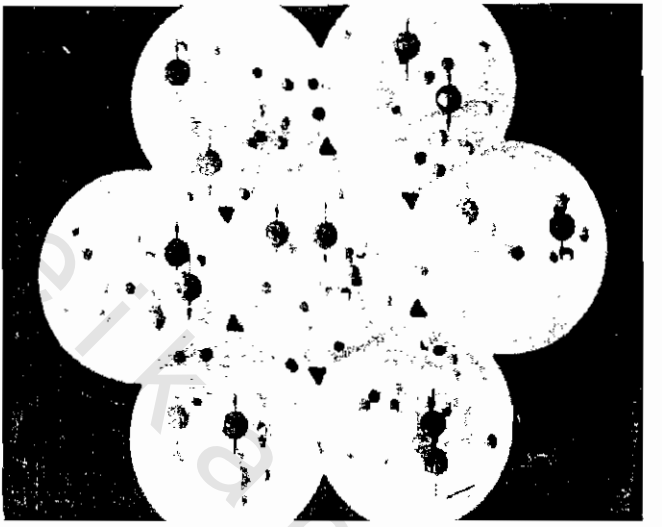
وفى CERN «مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبى» تمكّن العلماء من بناء جهاز جبار أطلق عليه «مصادم الهادرون الضخم» Large Hadron Collider (LHC) ، الذى سوف يعيد – من جديد – التوهج الحرارى لفجر الخليقة. كما يأملون أن يعلمهم هذا المصادم، كيف جاءت المادة وماهيتها، توطئة لصياغة نظرية موحدة، توضح كيف تتفاعل الكواركات والإلكترونات والجسيمات الأخرى. ويحاول العلماء تحقيق هذا بمساعدة القوى الجوهرية فى الطبيعة وهى: الجاذبية والكهرمغنطيسية والقوة الشديدة والقوة الضعيفة، التى تؤثر فى مكونات الذرة.



الرقصة الكونية.. المثيرة

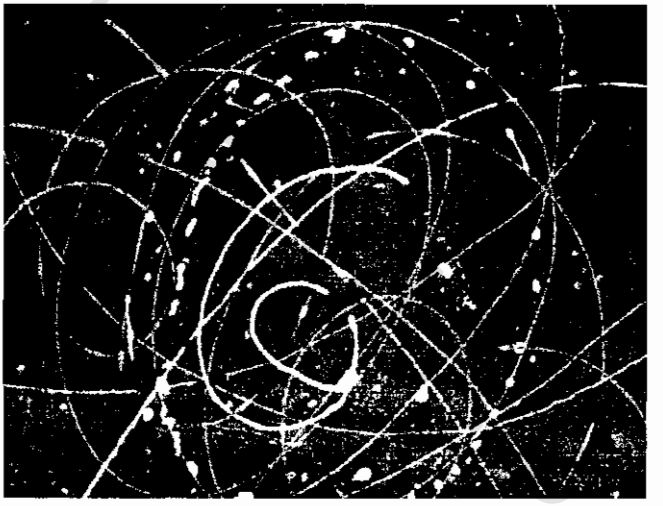
وقد تم تطوير المعجّلات Accelerators التى تحطم الجسيمات بطاقات عالية، وتطلق سيلا من الجسيمات «الغريبة» التى تكشف عن رقصتها الكونية المثيرة، كمسارات دوامية فى أجهزة الكشف.. وكانت النتيجة أنه بنهاية الخمسينيات من القرن العشرين اكتشف عشرات من

الجسيمات الجديدة ذات أسماء محيرة مثل «الكاون» Kaon واللامبدا Lambada والميون Muon. ويعتقد العلماء النظريون أنهم يفهمون العلاقات التى تربط بين جميع الجسيمات التى اكتشفت حتى الوقت الحاضر. باستخدام وصف رياضى يسمى «النموذج القياسى» Standard Model للجسيمات والقوى. وهناك نوعان من جسيمات المادة هما: الكواركات واللبتونات Leptons. الكواركات لها ست «نكهات» هى: «أعلى» و«أسفل» و«غريب» و«فتنة» و«قاع» و«قمة»، ولا ترى منفردة أبدًا. ويتكون البروتون من ٢ كوارك أسفل وكوارك أعلى. وكل التكوينات المشتركة من الكواركات تسمى «هادرونات» Hadrons، وهى كلمة مأخوذة من اللغة اليونانية ومعناها «ثقيل». وللكوارك شحنة كهربية مقدارها ±١/ ٣ أو ±٢/ ٣. ولذلك فإنه عند امتزاج اثنين منهما يكون حاصلهما +١ أو -١ أو صفر. ويفسر ذلك السبب فى أن البروتونات شحنة كهربية مقدارها واحد، وليس للنيوترونات شحنة كهربية على الإطلاق (أى متعادلة كهربيا).



والكواركات «غريب» و«فتنة» و«قاع»، أثقل وزنا من الكواركات أعلى وأسفل. وتوجد طائرة فى المجالات عالية الطاقة بالمعجّلات، وفى الأشعة الكونية وما بها من أحداث. ويعتقد أنها وجدت أيضًا فى أولى لحظات خلق الكون. أما الكوارك «قمة» فإنه أثقل الكواركات كلها.

واللبتونات «وهى كلمة مأخوذة من اليونانية ومعناها «خفيف» وتشمل «الإلكترون» و«الميون» - الأقل شيوعا - و«التاو» Tau. و«الميون» و«التاو» صورتان غير مستقرتين أثقل من الإلكترون. ولكل اللبتونات شحنة كهربية مقدارها +١ أو -١ ويوجد لكل من هذه اللبتونات الثلاثة، شريك من «النيوترينوات».



و«النيوترينوات» كيانات غريبة، فهى لا تكاد أن تكون موجودة أصلا، فليس لها شحنة كهربية، وتكاد تكون ذات كتلة ضئيلة أو بلا كتلة على الإطلاق، بيد أن دورها فى الكون بالغ الأهمية.

تنقسم جميع اللبتونات والكواركات الاثنى عشر إلى ثلاثة «أجيال» يتكون كل منها من زوج من الكواركات وزوج من اللبتونات. وهذه الأجيال بالترتيب المتزايد لكتلتها هى:

- الكواركان أعلى وأسفل.
- الإلكترون ونيوترينو الإلكترون.
- الكواركان غريب وفتنة.
- الميون ونيوترينو الميون.
- الكواركان قمة وقاع.
- التاو ونيوترينو التاو.

وقد حدد العلماء أربع قوى أساسية للطبيعة، هى التى تفسر السبب فى أن هذه الكتل البانية للمادة، تتماسك معًا:

obeikandl.com

● القوة الكهرمغنطيسية. هى «الأسمنت» لهذه الجسيمات والمسئولة عن سلوكها الكيميائى. و«تحس» بها جميع الجسيمات المشحونة، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة. والشحنات المتماثلة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب. وفى النظرية المجربة والموثوق بها، لكيفية عمل القوة الكهرمغنطيسية – التى تسمى «الكهرديناميكا الكمية» Quantum Electrodynamics (QED) ، يتم إنشاء «مجال» من خلال الجسيمات المشحونة التى تتبادل «الفوتونات» Photons .

والقوة الشديدة. هى القوة المركزية التى تربط الكواركات ببعضها البعض. ولا يحس بهذه القوة النووية الشديدة، سوى الكواركات. ولها نطاق قصير جدًا. وتعمل هذه القوة، كقطعة مرنة مشدودة تزداد قوة مع المسافة، مما يفسر السبب فى عدم وجود كواركات منعزلة أبدًا. وتأتى القوة الشديدة فى ثلاثة «ألوان»، حمراء وخضراء وزرقاء

«وهذه الألوان الثلاثة ليست حقيقية ولكنها تعبيرات ابتكرها العلماء». واللون هو النظير القوى للشحنة يربط الكهربية، ويحمله جسيم يسمى «جلون» Gluon . والجلونات حاملات القوة الشديدة بين الكواركات. وتتجاذب مختلف الجلونات اللونية لبعضها البعض. ويعتقد بعض العلماء أنها تتجمع معا لتكوين «كريات لاصقة»، مع أنه لم يتم رؤيتها حتى الوقت الحاضر.

● القوة الضعيفة. هذه القوة النووية الأضعف كثيرًا من القوة الشديدة، تسمح للكواركات بتبادل «نكهاتها» (وعلى سبيل المثال، تتحول كواركات أعلى إلى كواركات أسفل». وتفسر القوة الضعيفة نوعًا من النشاط الإشعاعى، يتحول فيه نيوترون إلى بروتون مع إطلاق إلكترون ونيوترينو. وتحمل القوة الضعيفة ثلاثة جسيمات مختلفة: Z «المتعادل» و+W و-W . وتختلف هذه الجسيمات عن جسيمات القوى الأخرى فى أن لها كتلة.

● الجاذبية. يظن العلماء النظريون أنه حتى الجاذبية، تنقلها جسيمات يطلق عليها «جرافيتونات» Gravitons . ولكن فى التطبيق العلمى تفسر الجاذبية بنظرية النسبية العامة، وليس بنظرية الكم Quantum Theory المستخدمة فى فيزياء الجسيمات. وسوف يكشف مصادم الهادرون الضخم والمعجلات الأخرى المستقبلية، المزيد من العوالم التى لا تصدق.. فى أعماق المادة.