التفرّد المجرد ...كارثة فيزيائية !

على الرغم من أن فكرة وجود ثقب أسود هائل فى مركز مجرتنا «الطريق اللبنى» Milky Way، قد يفسر بعض الظواهر الكونية كالإشعاعات تحت الحمراء Infrared التى تعطى الطاقة الحرارية للغاز والغبار الكونيين وأيضًا الإشعاع التجاذبى Gravi-tational Radiation الذى اكتشفه «وبير» إلا أن هذه الظواهر يمكن ايجاد تفسير آخر لها وفق نظريات فيزيائية حديثة.

إن فكرة أن تتحول مجرة بأكملها إلى ثقب أسود، قد تبدو لأول وهلة غير معقولة، ولكنها فى واقع الأمر ممكنة الحدوث فلكيًا، إذ أن هناك كمية هائلة من المادة غير المرئية بين حشود المجرات، فلو كانت الجاذبية التى تشد مجموعة المجرات إلى بعضها غير كافية، لا نفرط عقدها. ومن رصد حشود عديدة من المجرات، اتضح أنها لا تنتظم فى مجموعة إلا إذا كانت تحتوى على مادة أكثر مما يمكن رؤيته فعلاً.

والمادة غير المرئية بين المجرات، قد تكون على شكل غاز أو

غبار كونى أو مجرات خافتة الضوء، ولكن ثمة احتمال أيضاً بأن تكون هذه المادة الخفيّة مكونة من عدد من الثقوب السوداء Black Holes وقد يكون فى الكون مادة غير مرئية، أكثر من المادة التى يمكن رؤيتها ومن ثم لا يمكن لعلماء الفلك أن يحددوا بدقة متوسط كثافة المادة فى الكون بشكل عام، كما لا يستطيعون رصد الظواهر الكونية المثيرة بدقة.

لقد اعتبرت الثقوب السوداء هى المسئولة عن أى مصدر طاقة غامض فى الكون كالكوازرات Quasars – أشباه النجوم – التى تتحرك بعيدة عنا بسرعات هائلة تصل إلى جزء كبير من سرعة الضوء (٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة) كما أنها أمّع بكثير وأشد طاقة مما يمكن تصوره لجسم صغير وبعيد مثلها، وهذا يدل على منبع طاقة أقوى من أى شئ يمكن أن يتخيله علماء الفلك، واتضح مؤخراً أن مولّدات الطاقة داخل الكوازرات هى ثقوب سوداء جبارة.

دعنا نفترض أن ثمة ثقباً أسود هائلاً يدور فى مركز أحد الكوازرات ويبعث حتى ٥٠ ٪ من طاقة المواد التى تسقط فى داخلها، وهذه الطاقة يمكن تغذيتها بابتلاع كتلة شمسية واحدة كل عام، وهذه «الوجبة» قليلة جداً لتفسير الطاقة المروعة للكوازرات حتي نتفهم الثقب الأسود على حقيقته ودوره فى توليد الطاقة للكوازرات، علينا أن نناقش أغرب مكوناته وهو التفرد Singularity خاصة عندما يكون مجرداً Naked .

من المعروف أن أفق الحدث Event Horizon هو حافة

الثقب الأسود وأن القوة التجاذبية للمواد المنهارة، هى التى أدت إلى إنشاء الثقب الأسود، ويعتمد حجم هذا الثقب الأسود على «كمية» المادة داخل أفق الحدث، وليس على «الحجم» الذي تشغله تلك المواد ! وهنا اعترف أنه من الصعب على العقل البشرى أن يتقبل هذه الحقيقة. ولكى نستمر فى مناقشة هذا الأمر، علينا أن نسأل أنفسنا : إذا استمرت عملية تدفق المادة النجمية إلى داخل الثقب الأسود بتأثير جاذبيته المروعة – ألن يأتى الوقت الذى يمتلئ فيه الثقب حتى يزيد على نصف القطر التجاذبى (حد شفارز شايلد) Schwarzschild Radius الذى يتعلق بضغط الجرم الفضائى دون أن نخفض من كتلته، وكلما زاد الضغط فإن أشعته ستجد صعوبة أكثر فى الانطلاق منه وذلك وفقاً للمعادلة :

نصف قطر شفارزشايلد = ٢ ج ك / س ض ٢

حيث ج = ثابت الجاذبية (الذى يحدد مدى شدة الجاذبية)

س ض = سرعة الضوء فى الثانية (٣٠٠ ألف كيلو متر)

هذا السؤال السابق يبدو منطقيًا للغاية، ولكن متى كان المنطق هو الأساس السائد فى الثقوب السوداء ؟

أن أفق الحدث هو حدود الثقب الأسود،، ولا يمكن لأى شئ أن يخرج عن هذا الحد حتى ولا الضوء، أما خارج أفق الحدث فيمكن لبعض الضوء أن يتحرك إلى أعلى أو إلى داخل الثقب الأسود، إلا إذا كنت مقتنعًا بالنظرية الحديثة التى قال بها «هوكنج» منذ عدة شهور عن الإشعاعات التى يمكن أن تصدر عن الثقوب السوداء.

وكلما كان مصدر الضوء بعيداً عن أفق الحدث، زادت فرصة فوتوناته Photons (وحدات الضوء) فى عدم الانجذاب إلى عمق الثقب الأسود. أما عند أفق الحدث فإن أنبعاث الضوء سيتوقف فهو لن يتحرك إلى أعلى بعيداً إلى الفضاء، أو يهبط إلى مركز الثقب الأسود.

عندما يتوقف الزمن

ولو تصورنا الموقف السابق بالنسبة لجسم مادى (سفينة فضاء على سبيل المثال)، فإن الأمر سيكون غريباً وبعيداً عن كل تصور، ذلك أن سفينة الفضاء لن تبلغ سرعتها سرعة الضوء،

ومن ثم فإن احتمال عدم التهامها بواسطة الثقب الأسود، هو قطعاً أقل كثيراً من الاحتمال الذى يواجهه الضوء، مهما كانت المسافة من أفق الحدث، ولنتصور أيضًا اختلاف وجهتى نظر شخصين، أحدهما يراقب الثقب الأسود من مسافة بعيدة جداً وآخر يسقط فى داخله مندفعًا نحو المركز، وهذا الأخير لن يلاحظ شيئًا غريباً يحدث له، وهو يهبط مجتازاً أفق الحدث (مع الافتراض المستحيل بأنه سيظل حيًا واعيًا لما يجرى) ولو قام هذا الشخص بقياس سرعة الضوء عند أفق الحدث لوجده كالمعتاد، على الرغم من أن الشخص الذى يرصد الثقب الأسود من بعيد، سيرى الضوء ثابتاً واقفاً غير متحرك.

أما بالنسبة للشخص الذى يهبط فى عمق الثقب الأسود، فإن سيصل إلى المركز فى وقت محدود – وهو عادة وقت قصير جداً – يعتمد على حجم الثقب الأسود. وفى واقع الأمر فإن الشخص الساقط داخل الثقب الأسود سيتم فناؤه عن طريق قوى الجاذبية المروّعة، قبل أن يصل إلى المركز. ولكن هذا لا يغير من المبدأ العام الذى قررناه سابقاً، وهو أن أية جسيمات تسقط داخل

الثقب الأسود ستصل إلى مركزه فى وقت يبدو أنه محدود Finite وبالرغم من ذلك، فإن الشخص الذى يرصد الثقب الأسود من بعيد، سيرى الأمر مختلفاً.

فحيث أن نظرية النسبية العامة لأينشتاين، تقرر بأن الزمن يتباطأ بالنسبة لمادة تتحرك بسرعة كبيرة، وأيضًا بالنسبة لشئ يتعرض لجاذبية شديدة، وهكذا فمن وجهة نظر المراقب الخارجى، فإن الشخص الذى يتجه إلى الثقب الأسود، وكلما اقترب من أفق حدثه تباطأ الزمن، حتى يصل الشخص إلى أفق الحدث نفسه، وهنا يتوقف الزمن تمامًا هنا سيرى الراصد الخارجى الشخص الهابط إلى الثقب الأسود، وهو يقترب أكثر فأكثر من أفق الحدث، ولكنه لن يجتازه مطلقًا، وذلك لأن زمن الشخص الهابط قد توقف من وجهة نظر الراصد الخارجى !

أما من وجهة نظر الشخص الهابط فسيقول بأنه سيصل إلى مركز الثقب الأسود فى وقت محدود، أما بالنسبة للمراقب الخارجى فسيدعى أنه يلزم وقت لا نهائى لاجتياز أفق الحدث وهنا نتساءل : أيهما على حق ؟ الواقع أن كليهما على حق

أخذين فى الاعتبار أنه حسب نظرية النسبية العامة لأينشتاين ليس هناك شئ مطلق فيما يتعلق بالزمن أو الفضاء، إذن فكلا من الشخصين على حق حسب ما يرى.

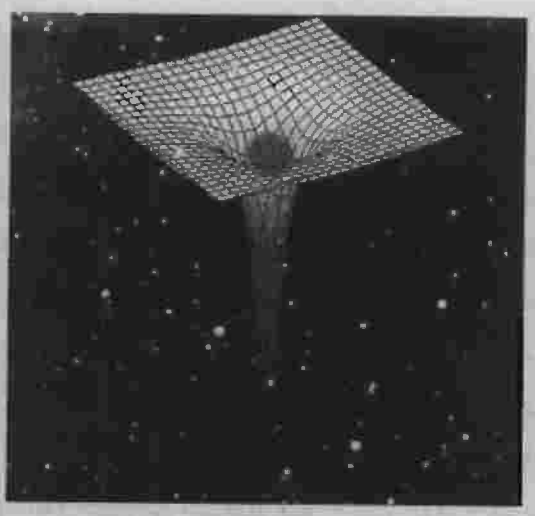
يتضح لنا الآن، أنه عند أفق الحدث – تلك الحدود غير المرئية للثقب الأسود – على الجسم أن يبلغ سرعة الضوء حتى يتمكن من الهروب من مصير الالتهام داخل الثقب الأسود وحيث أن الأجسام المادية – حسب النظرية النسبية – لن تصل إلى هذه السرعة الهائلة، فإن أفق الحدث يعتبر طريقًا بلا عودة، ونقطة إذا تعداها الجسم لن يعود مرة أخرى، بل سيسحق ويفنى داخل الثقب الأسود.

أما الحوادث التى تقع على سطح أفق الحدث للثقب الأسود فيمكن للراصد الخارجى أن يراها، أما تلك التى تحدث فى عمق الثقب الأسود، فلن يتمكن من رؤيتها، أى أن حدود رؤيته تتعلق بمستوى أفق الحدث.

التفرد ...الرهيب

ولن تتمكن أية إشارات – ماعدا إشعاع هوكنج Hawking's Radiation – من الخروج إلى الفضاء الخارجي، ومن ثم لن نتمكن مطلقًا من رؤية التقلص المروّع والمستمر للمادة في مركز الثقب الأسود. وبمعنى آخر فإن مركز الثقب الأسود يكون دائمًا مغطى بأفق الحدث، ومن ثم ستصبح الأحداث الرهيبة التي تجرى فيه مجهولة، لأنه لا يمكن رصدها. ويتكون أفق الحدث فوق مركز الثقب الأسود، وبخاصة تلك التي يكون أصلها نجومًا متماثلة متقلصة symmetrical collapsars ولكن من المشكوك فيه – حتى الآن – أن تقلص مواد مبعثرة أو غير متماثلة، قد يؤدى إلى تكوين أفق حدث للثقب الأسود.

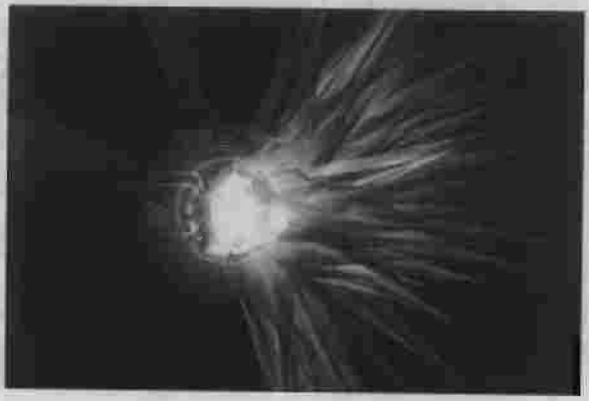
وبالتأكيد فإننا إذا تصورنا كتلة كبيرة تدور بسرعة هائلة لتكوّن ثقبًا أسود عاديًا، فإن مركزه سيتكون بشكل حلقي بدلاً من خط رفيع يمتد عبر الثقب الأسود. وفي مستوى هذه الحلقة، لن يكون هناك أفق حدث ومن ثم يمكن رؤية مركز الثقب الأسود.



ويقال دائمًا أن اكتشاف تفرد (مركز) مجرد – أى دون أفق حدث يخفيه عن العيون – سيكون كارثة لعلم الفيزياء، ذلك أن قوانينها لن تستطيع أن تفسر هذه الظاهرة المذهلة وإذا تكونت هذه التفردات المجردة، فإنها ولاشك ستمثل موضوع بحث علمى هام لعلماء الفلك، ولكن ماهو تفرد الثقب الأسود بصفة عامة ؟

فى البداية علينا أن نتساءل : ما الذى يوجد فى تفرد (مركز) الثقب الأسود ؟ إن كلمة «تفرد» تأتى من أن هذا المكان (مركز الثقب الأسود) يعد فريداً لا مثيل له فى الكون كله.

لو فرضنا أن هناك سفينة فضاء، قد أمكن لها – بواسطة تكنولوجيا مستقبلية ج متطورة لا نملكها فى الوقت الحاضر ولكننا نتلمسها فى قصص الخيال العلمى – اجتياز أفق الحدث إلى داخل الثقب الأسود، فإنها ستنجذب بعنف هائل إلى المركز، وبينما هى تقترب من مركز الثقب الأسود، تزداد قوى تيارات الجذب حتى أنها تسحق تماماً قبل أن تصل فعلاً إلى المركز.



ويمكن لسفينة فضاء أن تقاوم هذه الجاذبية المروّعة بأن تعمل على تشغيل صواريخ محركاتها الجبارة، فى محاولة للهروب من تأثير التيارات المدية الهائلة، ولكنها لن تستطيع أن تفعل شيئاً سوى أن تؤجل مصيرها المحتوم لفترة قصيرة جداً، قد تبلغ جزءاً من الثانية. وتقدم لنا النظرية النسبية العامة لأينشتاين فكرة عما يوجد فى مركز الثقب الأسود، تلك المنطقة التى تحوى من الظواهر المثيرة ما لا يصدقه عقل، ففى هذا المركز تتراكم كل مادة الثقب الأسود، حيث ينعدم الحجم ويصبح مساوياً للصفر، وتكون كثافته غير محدودة، وتيارات المد والجذر لا نهائية. وأفق الحدث ليس له أى تأثير واضح على الفضاء الخارجى، طالما أن أى شئ يدخله لن يخرج منه مطلقاً (أو ربما على هيئة إشعاع هوكنج ؟) وهذا ينطبق أيضاً على عمق الثقب الأسود، فهو معزول عن الكون بواسطة أفق الحدث. وكل ما يسقط فى الثقب الأسود يفقد هويته، أيًا كان نوع المادة المسحوقة فى ذلك المكان الغريب من الكون حيث لا تسود أية قوانين فيزيائية معروفة. ففى الثقب الأسود لا يمكن تمييز أية

مادة، وهى تتكون من جزيئات وذرات وجسيمات دون ذرية، تفصلها فراغات، ولكن فى تلك القبور السوداء، تختفى كل صفات المادة، وحتى لا تكون هناك موجات أو طاقات أو كواركات أو جلونات. لأن هذه الموجات أو الطاقات أو الجسيمات دون الذرية تنبعث من المادة. إذا أثيرت بعوامل ومجالات معينة، وعلى ذلك لا يوجد فى عمق الثقب الأسود سوى السكون والصمت القاتل.

وهكذا تجذب الثقوب السوداء أية سفينة فضاء، قد يوقعها سوء حظها بالقرب منها، فلذا زاد أقترابها من هذا اللغز الفضائى، فإنها لن ترتطم بسطح الثقب الأسود (أفق الحدث)، بل ستهوى داخله بسرعة هائلة بفعل مد وجذر الجاذبية اللانهائية، فى مركز الثقب الأسود، ولن تسحق المادة المكونة لسفينة الفضاء، والرواد داخلها، فحسب بل ستختفى من جزء من الثانية.

وسيحدث هنا أمر بالغ الغرابة، فالمادة التى سحقت وتفتتت موجودة بمادتها، أى أن المادة قد تضاءلت إلى حد مذهل، حتى

أنه لا يمكن رؤيتها حتى بأقوى المجاهر الإلكترونية التى تكبّر الأشياء مئات الألوف من المرات. وعلى الرغم من أن المادة التى أنهارت إلى عمق الثقب الأسود، قد أصبحت غير مرئية إلا أنها موجودة بكل ثقلها !