# الباب السابع
# الثقوب السوداء والبيضاء

إن تقديرات مقدار المادة السوداء فى الكون تختلف من فلكى لآخر ومن المحتمل أن تزيد كتلة المادة السوداء عن اكتل المضيئة بعشرات المرات وقد تصل إلى مائة مرة ومن الغرابة فالنجوم التى نرأها الآن وكنا تعتقد منذ زمن أنها المكونة لمعظم الكون بدت أنها لا تشكل سو قدرا صغيرا من مجموعة.

والآن يعتقد كل الفلكيون والكونيون تمامًا فى أن المادة التى نرأها أقل بكثير مما هو موجود بالفعل لأنه ليست كل الأجرام فى الكون تشع ضوءا فالأجسام السوداء مثل النجوم المعتمه والكواكب والثقوب السوداء لا تسترعى انتباهنا إلى حد كبير.

إن كتلة المجرة ليست غلا جزءًا من الموضوع وأنه يوجد الكثير من المادة المعتمه أو غير المرئية فى الأطراف البعيدة من القرص يعجل النجوم فى تلك المنطقة، بل ومن المحتمل أيضا أن توجد مقادير لا بأس بها من المادة السوداء وراء الحافة المرئية وخارج مستوى القرص المضئ ذاته مغلفه درب التبانة فى هالة خفيفة كيفة تمتد بعيدا داخل فضاء ما بين المجرات هذا وقد تم رصد حالات مشابهه لذلك فى مجرات أخرى غذ توضح القياسات أن المناطق المرئية من المجرات تعد فى المتوسط أكبر عشر مرات فى الضخامة قد ما يفترضه بريقها ويتوقع أن ترتفع هذه النسبة على خمسة آلاف مرة فى المناطق البعيدة.

المادة السوداء هى نمط مادى له سمات غريبة لا تتوفر فى أى نمط مادى آخر فى الكون.

إن التنبؤ بالمادة السوداء قديم نسبيًا لكن عندما وجه العلماء الأجهزة الفلكية من مراصدهم نحو السماء لم يجدوا إلا العناصر الكيميائية المعروفة والشائعة على الأرض... حتى النجوم فى أقاصى الكون تبدو مصنوعة من الأيدروجين والهليوم والأكسجين والكربون وسراها، توفر لنا هذه الحقيقة ثقة أكيدة بأن مركباتنا الصاروخية المرتحلة إلى آية بقعة كونية لن تجد فى انتظارها إلى العناصر الكيميائية المألوفة، هذا من جانب، أما من الجانب الآخر فتلك هى حقيقة محبطة، ذلك أن الفضاء الكونى لن يحمل لنا أى مفاجآت.

المادة السوداء هذه شأنها شأن الأنماط الأخرى من المادة، تمتلك كتلة، لكنها غير مرئية ومن هنا كانت تسميتها، فضلاً عن ذلك إن المادة السوداء عديمة الطعن والرائحة وتعجز أكثر الأجهزة دقة عن تحسس وجودها، فإذا قدر لك أن تقبض على كمية منها فى راحة يدل فستشعر إذ ذاك ثقلها، وعدًا ذلك يبقى هذا النمط من المادة غير مرئى كما يستحيل تحسسه، والواقع أن وزن هذه المادة هو الطريقة الوحيدة لاكتشافها، فهى لا تتبادل التأثير مع أى نمط مادى آخر.

إذا كانت هناك كمية كافية من المادة فى الكون فسيكون بمقدور الجاذبية للمجرات كبح التوسع وحيت إيقافه وعكسه، بما يؤدى إلى تقليص الكون وانهياره، ومهما يكن من أمر لازال التعارض قائما حول كفاية المادة الكونية لإحداث التأثير المذكور وعمومًا فالمعلومات المتوفرة متناقضة، لكن الحسابات الأخرى المستندة إلى ظاهرة النزياح نحو الأحمر وسطوع النجوم تشير إلى احتمال انهيار الكون، تدعى هيه ذ المشكلة مسألة " الكتلة المفقودة ".

إذا كانت نظير المادة السوداء بدورها صحيحة فقد يكون الكون بكليته مليئًا بها " وبالفعل، أن المادة السوداء قد تكون متجاوزة بكميتها المادة العادية.

فى قلب كوكبة القوس أو الرامى يختبئ بداخلها " غول " ينتظر متخفيًا كالعنكبوت وسط نسيجه وينتظر أن يقترب منه نجم أو سحابة غازية ليتلقفه فى لولب زمكانى ـ زمانى مكانى ـ جهنمى لا خروج منه بعد ذلك أبدًا هذا الغول هو ما يسميه العلماء ثقب أسود فائق الكتلة.

الثقب الأسود مجرد جثة نجم من النجوم التى يوجد منها على الأرجح ملايين فى مجرد درب التبانة التى تقع فيها مجموعتنا الشمسية، وهناك أيضا ثقوبًا سوداء فائقة الثقل كتلته أكبر من كتلة الشمس بمليونى مرة، بينما يساوى مداه أو على نحو أدق " أفقه " نحو ثلاثة ملايين كيلومترًا أى أكبر من قطر الشمس بمرتين وليس ذلك هو أسوا ما يكون.

قد يوجد فى قلب مجرة أخرى ثقوب سوداء يمكن أن تصل على مليار كتلة شمسية حسب تأكيد عالمة الفيزياء الفلكية " سوزى كولن زاهن " من مرصد باريس.

الثقب الأسود هو جسم لا يفترض أن يبعث شيئًا إلى خارجه، أو أن شيئًا لا يمكن أن يفلت من قبضته حتى الضوء أو الإشعاعات الأخرى.

درجة حرارة الثقب الأسود أعلى من درجة الصفر المطلق ( ٢٧٣,٢° ) حقيقة أن هذا الشئ لا يصدق عقل ولا يؤيده منطق، فإذا كانت الثقوب السوداء تبعث بالإشعاعات فلابد أنها أجسام حارة إذن فهى ليست ثقوبًا سوداء حقيقة، فالثقوب السوداء الحقيقية تمتص الضوء والإشعاعات ولا تطلقها بالإضافة على ذلك إذا كانت الثقوب السوداء تطلق إشعاعات فهذا يعنى أن هناك طاقة تتحرر من تلك الثقوب ـ الطاقة هى صورة من صور المادة ـ إذن فهى تفقد جزء من مادتها (كتلتها) لأن كتلة الجسم هى كل ما يحتويه ذلك الجسم من مادة، وإذا حدث فهذا يعنى أن الثقوب السوداء تتبخر فى الفضاء وهذا محال !! وهذا يتنافى مع نظرى أعلنها " ستيقن هوكنج " بخصوص عدم تبخر أو نقصان أجسام الثقوب السوداء.

الثقب الأسود الذى له كتلة تناظر كتلة الشمس تقترب درجة حرارته كثير من الصفر المطلق، أما الثقب الأسود الذى تبلغ كتلته مثلًا نحو ١٠ $^{٢٥}$ جرام فإن درجة حرارته تصل إلى عشرة درجات مطلقة، والثقب الأسود الأصغر فى حجم الإلكترون وكتلته نحو ألف مليون طن فإن درجة حرارته تصل إلى ١٠ $^{١١}$ درجة مطلقة، أى أنه كلما قلت كتلة الثقب الأسود ارتفعت درجة حرارته وهذا يعنى أنه

عندما يفقد الثقب الأسود جزء من كتلته تزداد درجة حرارته ويزداد أيضًا معدل انطلاق الإشعاعات منه وفى النهاية يفقد كتلته، وعلى هذا الأساس.

يقدر العلماء أن هناك كميات خيالية من الإشعاعات سوف تنطلق من الثقوب السوداء فى اللحظات الأخير من حياتها ولا يعرف ماذا يحدث عندما تصبح كتلة الثقب الأسود صغيرة للغاية.

يقول " استيقن هوكنج " أن الثقب الأسود الصغير سوف يختفى كلية فى صورة انفجار مروع ينطلق منه قدر هائل للغاية من الإشعاعات تشبه انفجار مليين من القنابل الهيدروجينية.

والجدول التالى يبين العلاقة بين الكتلة والعمر الثانية

| الكتلة بالكيلوجرام | العمر بالثانية |
|---|---|
| ١٠٠ | جزء من مليون مليون جزء من الثانية ($١٠^{-١٢}$) |
| $١٠^{٧}$ | ٣ |
| $١٠^{١٢}$ | مليون سنة. |

يعتقد الفلكيون أن الثقوب السوداء موجودة فى جميع أرجاء الكون وتقع هذه الأجسام الخلابة فى مراكز العديد من المجرات حيث تتزاوج مع نجوم عادية أخرى لتشكل منظومات ثنائية وقد تسير الثقوب منفردة فى الفضاء بين النجوم - البينجمي[١]

والثقب الأسود المعروف علميًا حيث تجمع كتلة لا متناهية فى الكبر فى حجم لا متناه فى الصغر، جمع يكاد يشابه نقطة من الناحية الرياضاتية.

والثقوب السوداء أنها حقا سوداء فهى لا تصدر أية إشعاعات كهرومغناطيسية ( كالضوء مثلا )، على الأقل ليس على المستوى الذى يمكن استشعاره.

الثقوب السوداء تبدو كأنها معابر بين أكوان متباينة تكون فيها قوى الجاذبية هائلة وتسحق حتى الموت كل ما يقع فى مجال الثقب الأسود ذلك أن قوى الجاذبية سوف

(١) تحتوى هذه الأجسام وهى الأكثر تراصًا فى الكون على المادة فى أغرب حالاتها.

تكون غير منتهية فى شدتها عند منتصف هذا " المعبر "ـ يدعى هذا " المعبر " عادة بمعبر اينشتاين ـ روزين ) مما يجعل الاتصال بين الأكوان المتوازية مستحيلًا فالذرات والنوى تندثر عند المركز بفعل الجاذبية.

إن ما يسميه الفلكيون ثقوبًا سوداء أو يمكن القول من باب الحيطة ـ ثقوبًا سوداء مرشحه ـ هى تلك الأجسام المدمجة التى تتجاوز كتلة كل منها ثلاث كتل شمسية ـ تستطيع تحديد القيمة الصغرى لكتلة نجم ثنائى وذلك بقياس سرعة النجم واستخدام قوانين كبلر للحركة المدارية.

الثقب الأسود الدوار عوضا عن أن يتجمع فى نقطة ينهار كقالب ويتحول إلى قرص بالغ الدقة واستنادا إلى مبدأ بقاء كمية الحركة الزاوية نتوقع أن تكون معظم الثقوب السوداء فى دوران حول ذاتها بسرعات كبيرة ويعنى ذلك أن الدالة المترية التى وضعها " كير " كما تعرف فى الرياضيات، هى النموذج الأنسب لتوصيف الثقوب السوداء.

إذا كان لدينا ثقب أسود دوار من صنف " كير " وأرسلنا صواريخ مباشرة خلال الثقب أى على مسار عمودى على الثقب ـ فى هذه الحالة لا تكون قوى الجاذبية غير منتهية ـ والواقع أنها ستخرج من الجهة الأخرى للكون، يعتبر " المعبر " وفق ما تقدم ممرًا بعديًا إلى الجانب الآخر من الفضاء، إن هذا الفرض ليس كافيًا بحد ذاته علينا أن نلحظ بعض التصحيحات المسماه بالتصحيحات الكمومية إلا أن نظرية الوتر الفائق[1]ـ جعلت من هذه المسألة مسألة وقت وحسب مما لا شك فيه

---

(١) إن نظرية الوتر الفائق " المجال الموحد "

المغناطيسية + الكهرباء ← الكهرومغناطيسية

الكهرومغناطيسية + القوى الضعيفة ← الكهرومغناطيسية الضعيفة

الكهرومغناطيسية الضعيفة + القوس الشديدة ← نظرية التوحيد الكبري

نظرية التوحيد الكبرى + الجاذبية ← الوتر الفائق

إن جوهر الإثارة فى نظرية الأوتار الفائقة يكمن فيه أننا قد تكون على عتبة الإجابة عن التساؤلات الآتية: ماذا يقع وراء أبعد نجم؟ كيف أتى الكون على الوجود؟ ما الذى حدث قبل بدء الزمان؟

إن نظرية الوتر الفائق قد تسعفنا بمتابعة التراكم الهائل للعملية التاريخية التى أسهمت فيها عقول عبارة عن أجيال متتالية وقد تساعدنا هذه النظرية فى إسدال الستار على المحاولات التى بدأنها " اينشتاين " فى الثلاثينات من القرن العشرين لتوحيد الجاذبية والقوى الأخرى.

أن أحداُ ما سيشرع بإجراء الحسابات القورية لمعبر كمومى من معابر (اينشتاين ـ روزين) وسيكشف فيما إذا كانت المعابر ستغلق بفعل الأوتار الكمومية أم لا؟

الثقب الأسود الذى تفوق سرعته الدورانية قيمة عظمى معينة فإن سطحه يتقلص ثم يختفى تمامًا أى أن الثقب الأسود الذى يلف قرب سرعته العظمى يستطيع تحويل ٤٢٪ من الكتلة الساقطة عليه على طاقة فى حين أن ثقبًا ساكنًا يستطيع تحويل ٦٪ فقط وبالمقارنة فإن فعالية التحويل فى الاندماج النووى الحرارى فى النجوم العادية هى مجرد ٠.٧٪ وفى انشطار اليورانيوم تبلغ نسبة التحويل ٠.١٪ فحسب.

## الثقوب السوداء الميكروسكوبية

إن الثقوب السوداء الميكروسكوبية ـ من الممكن أن تكون الظروف القصوى التى سادت بعد فترة قصيرة من الانفجار العظيم قد شجعت على تكوين ثقوب سوداء ميكروسكوبية ـ مثل هذه الثقوب سيكون لها كتل مماثلة لكتلة كوكب صغير ويحتمل أن تمثل قدرا كبيرا من الكتلة غير المرئية المنتشرة خلال الكون ومن المحتمل أيضا أن تنفجر وسط وابل من الجسيمات المشحونة كهربيًا ويحدث الانفجار بعد زمن محدود يعتمد على حجم الثقب فكلما كان الثقب صغيرا كان الانفجار أسرع، وثقب فى كتلة كويكب سينفجر بعد عشرة ملايين سنة، أى حاليًا تقريبًا، وقد قدر أنه لا يحدث أكثر من انفجار واحد كل ثلاثة ملايين سنة لكل سنة ضوئية مكعبة من الفضاء وهذا يعنى أنه لا يوجد أكثر من جزء ضئيل من كتلة الكون فى صورة ثقوب سوداء ميكروسكوبية.

## الثقب الأسود لماذا هو أسود؟

إذا هبط غاز محفوف بالأخطار فى ثقب اسود فإن نتائجه تعتمد على ما إذا كان الغاز الهابط " سميكا" أو " رقيقًا " فإذا كان الغاز سميكًا تتصادم الجسيمات بكثرة مطلقة فوتونات مما يؤدى إلى تحويل حركة الهبوط إلى حركة عشوائية " تعرف بالحرارة " وإشعاع وعندما تخترق الجسيمات الأفق الحدثى للثقب تكون هذه

الجسيمات قد فقدت كل طاقتها وتفقد الفوتونات الخارجة بعض الطاقة بسبب تأثرها مع المادة أما إذا كان الغاز رقيقا فتكون التصادمات نادرة الحدوث والفوتونات نادرًا ما تتأثر مع المادة وعندما تسقط الجسيمات عبر الأفق الحدثى فإنها تأخذ طاقتها الحركية معها وفى هذه الحالة تكون قدرة الثقب ـ كنقطة على ابتلاع الطاقة سهلة المشاهدة.

## ما هو الفرق بين الثقوب السوداء والأجسام التى تشابهه؟

إذا أردت أن تلاحظ الثقوب السوداء آكلة الطاقة ومبتلعتها وهى حقا كذلك فليس هناك مكان أفضل من النظر إلى المصادر السينية العابرة والمصدر النموذجى من هذا النوع هو جسم سماوى يزداد سطوعا خلال أسبوع مقدرا مليون ضعف فى منطقة الطيف السينى ومائة ضعف فى منطقة الضوء المرئى ويظل المصدر ساطعًا هكذا مدة سنة تقريبًا ثم يتلاشى تدريجيًا ويختفى عقدًا أو ربما قرنا من الزمن قبل العودة إلى الظهور مرة أخرى أما المصادر السينية المتغيرة الأخرى مثل المصادر السينية التفجيرية والنابضات النجومية السينية فإنها لا تؤدى إلى مثل هذا الارتفاع الشديد والنادر والطويل الأمد فى السطوع.

يقدر الفلكيون أن عدة آلاف من المصادر السينية العابرة والكامنة قابعة فى أنحاء مختلفة من مجرتنا، ولكنها غير مكتشفة حتى الآن وقد رصد أكثر من عشرين جسما من هذه الأجسام وهو فى حالة تفجر وكل واحد منها هو جسم متراص ـ ثقب أسود أو نجم نيترونى ـ فى وقت ابتلاع غاز من نجم رفيق سيئ الحظ.

يعرف الفلكيون حقًا أن الجسم المتراص فى العديد من المنظومات الثائية ليس ثقبا أسود ويعتقدون أيضًا أن النابضات الراديوية الموجودة فى الثنائيات مثلها مثل النوابض المنفردة ليست سوى نجوم نيترونية ممغنطة تدور بسرعة كبيرة، أما الثقوب السوداء الفلكية فلا يمكن أن يكون لها فعل مغناطيسى وإنما هى عبارة عن أجسام مسطحة ولا يستطيع توليد النبضات المنتظمة التى تطلقها النبضات النجمية كذلك لا يمكن أن يختلط الأمر بالنسبة إلى النباضات السينية المنفردة فهى لا يمكن أن

تكون ثقوبًا سوداء، حيث أن إشعاعا نبضيًا منتظما ومستقرًا يستبعد وجود الثقب وحتى التفجيرات السينية غير المنتظمة تدل على وجود نجم نيترونى،فهو يوفر سطحًا يمكن أن تتراكم عليه المادة تدريجيا وتنفجر من حين لآخر.

تتميز الثقوب السوداء بخاصيتين يمكن استخدامهما للتأكد من وجودها فى المنظومات الثائية.

وجود كتلة كبيرة غير محدودة وعدم وجود سطح صلد حول الجسم فكتلة الثقب محددة بطريقة تكوينية وخصوصاً بكتلة النجم الذى تطور الثقب منه، وأيضا بكمية المادة التى ابتلعها الثقب وعموما توجد حدود عظمى أو قصوى لا يتعداه مثله مثل النجوم النيترونية حيث ها حدود عظمى فى الكتلة لا يمكن تجاوزها.

يعرف الفلكيون فى الوقت الحاضر سبع ثنائيات سينية عابرة يحقق فيها الجسم المتراص بالتأكيد شرط الكتلة المطلوب للثقب الأسود ومع وضع بضع الافتراضات الإضافية تمكن هؤلاء الفلكيون من تقدير الكتل الحقيقية لهذه الثقوب فوجدوها تتراوح ما بين ٤ ، ١٢ كتلة شمسية.

إن النجوم النيترونية العابرة الخاملة ينبغى أن تكون أكثر سطوعًا من الثقوب السوداء فى حالة تساوى معدل التنامى فيها ومع أنه لا يمكن قياس معدل التنامى هذا مباشرة، إلا أنه يمكن استخدام الدور المدارى بديلا لذلك إذا أنه إذا تساوى الدور المدارى لجسمين فإنهما يلتهمان المادة بنفس المعدل تقريبا ومع أخذ كل هذه الأمور فى الاعتبار، يتوقع الباحثون أن تكون منظومات الثقوب السوداء أكثر عتامة من منظومات النجوم النيترونية التى لها الدور المدارى نفسه ولما كنا لا نعرف إلا أدوار عدد قليل من المنظومات فإن الفرق المتوقع لم يحدد بدقة حتى الآن ومع ذلك فإن الثقوب السوداء المؤكدة فى أكثر عتامة من النجوم النيترونية لجميع الأدوار المدارية المعروفة.

ولقد تم اكتشاف فعلى لثقب أسود عابر معروف GRO j1655 – 40 ومنذئذ استطاع الفلكيون مشاهدة تغيرات فى السرعة المدارية لنجمة الرفيق ( وهو ما أدى

إلى الحصول على قياسات دقيقة لكتلة الجسم التراص ) كما شاهدوا دلائل على أن الثقب الأسود يلف بسرعة وان هناك اهتزازات قريبة من الثقب ودفقات من المادة وتنبثق بسرعة تقترب من سرعة الضوء، وهذا ما هو غير موجود بالنسبة للأجسام الشبيهة بالثقوب السوداء مثل الأقزام البيضاء والنجوم النيترونية هذا بخلاف الأجسام السماوية المرئية والتى نعرفها على صفحة السماء.

ولعل الفلكيون اكتشفوا طريقة للتفرقة بين الثقوب السوداء والأجسام المشابهة لها وهذه الطريقة تعتمد على اختلاف واضح بين النجوم النيترونية والثقوب السوداء، فالنجوم النيترونية لها سطوح قاسية يمكن أن تتراكم عليها المادة المنجذبة نحو الجسم أما المادة التى تسقط على الثقوب السوداء فتبتلع وتختفى إلى الأبد ويؤدى هذا الاختلاف إلى تغيير دقيق فى الأشعة المنبعثة من المنطقتين المحيطتين بهذين الجسمين مما يتيح للفلكيون أن يبرهنوا على أن اثقب الأسود ـ الجسم الأكثر غرابة فى الكون ـ هو حقيقة واقعة.

إن الجاذبية الشديدة داخل الثقوب السوداء هى التى تجعل منها محركات فعالة وتتعرض فى طريقها للتصادم بأجسام أخرى وتتحطم مما يؤدى إلى تسخين المواد قرب الثقب ولما كانت هذه الأجسام تتحرك بسرعة عالية تقارب سرعة الضوء فإن الطاقة الملازمة للكتلة الساكنة تساوى حاصل ضرب الكتلة فى مربع سرعة الضوء وحتى يعود الجسم إلى موقعة الأول بعيدا عن الثقب سيحتاج الجسم إلى أن يتنازل عن جزء كبير من كتلته محولًا إياه إلى طاقة صرفة وهكذا فإن الثقوب السوداء تستطيع تحويل الكتلة الساكنة إلى طاقة حرارية.

إن ما نستطيع فعله الآن هو نقل الأجسام التى لا تسمح لها كتلتها الكبيرة بأن تكون نجمًا نيترونياً من مجموعة الأجسام المرشحة كثقوب سوداء إلى مجموعة الثقوب السوداء المؤكدة، فالجسم ذو أفق الحدث هو الوحيد الذى يستنتجه الفلكيون فى هذه المنظومات ومن المتوقع أن تتقدم الأرصاد القادمة من المراصد المدارية إضافات إلى القائمة والثقوب السوداء يمكن أن تظل سوداء لكنها لن تستطيع التخفى به الآن، إذ إننا نتعلم الآن كيف نكشف النقاب عنها.

## كيف يمكن استنتاج وجود ثقب أسود؟

لكى يستطيع الباحثون استنتاج وجود هذه الثقوب وجب عليهم الاعتماد على نوعين من الحج غير المباشرة.

١ - تتحرك النجوم فى المناطق القريبة من مراكز المجرات بسرعة عالية لدرجة تجعلها تطير بعيدًا فى الفضاء لولا وجود كتلة مركزية هائلة – ما يعادل بليون كتلة شمسية – تجذبها بفعل الجاذبية نحو الداخل ولا بد للجسم الذى يحتوى على هذه الكتلة الهائلة أن يكون ذا كثافة علاية حقًا ولا يعرف العلماء النظريين جسما بهذه الخاصية سوى الثقب الأسود.

٢ - يقوم العديد من مراكز المجرات والمنظومات النجمية الثنائية بإطلاق كميات من الإشعاعات والمادة بمعدلات هائلة لذا لابد أن تحتوى هذه الأجسام على آلية فعالة وغير مألوفة لإنتاج الطاقة والاداه الأكثر فاعلية فى ذلك هى الثقب الأسود نفسه من الناحية النظرية على الأقل.

هذه الحجج تبرهن فقط على وجود أجسام شبيهه بالثقوب السوداء ولا تؤكد وجود الثقوب السوداء نفسها اعتمادًا على أن من خصائصها الفريدة إذ أن إثبات وجود الثقب هنا لا يأتى إلا من غياب البديل بل أن الغموض يكتنف التحقق فى حالة المنظومات النجمية الثنائية. حيث يعلم الفلكيون وجود جسم شبيه بالثقب الأسود له بعض خواص الثقب الأسود وهو النجم النيترونى كما وضحنا سابقًا.

وفى مقدور الأقمار الصناعية الفضائية إمعان النظر بالفضاء الخارجى وأن تتبين الثقوب السوداء التى هى بقايا نجوم هائلة الكتلة واجهت الانهيار بسبب الجاذبية.

ويمكن تمثيل الثقب الأسود بانخفاض أشبه بالبوق فى المتصل المكانى الزمانى. وهذه الصورة ليست صحيحة بشكل مطلق مما اضطر "اينشتاين" لافتراض وجود إنخفاضين أشبه بالبوق متحدين مع بعضهما بغية إبقاء نموذج الثقب الأسود متسق ذاتيًا أشبه الثقوب السوداء.

النجوم المتجهة للشيخوخة قد تقضى ملايين السنين فى انقباض وانبساط منتظمين أو ينزع عنها سحب الغاز وقد يشتعل الهليوم الموجود قلب النجم مكونا الكربون والنيتروجين والأكسجين ونتيجة لذلك يوفر طاقة تمكن النجم من البقاء لفترة أطول. وحين ينفث غلافه الخارجى فى الفضاء يتنهى إلى التمدد إلى قلبه المتكون من الأكسجين – الكربون.

وبعد هذه الفترة من النشاط المعقد فإن النجوم ذات الكتل الصغيرة والمتوسطة لابد لها من الاستسلام للجاذبية فتقلص ويكون التقلص بشكل قاسى ويستمر إلى أن ينضغط النجم إلى حجم كوكب صغير ويصبح جسما يسميه الفلكيون بالقزم الأبيض ولما كانت الأقزام البيضاء صغيرة جدًا فهى تعتبر شديدة العتامه. على الرغم من حقيقة أن درجة حرارة أسطحها تكون أكبر كثيرًا من درجة حرارة سطح الشمس ولا يمكن رؤية أى من هذه الأقزام البيضاء إلا بالاستعانة بتلسكوب كانت هذه النجوم المسماه بالأقزام البيضاء هى الشبيه الأول للثقوب أما الشبيه الثانى فهو النجوم النيترونية.

## النجوم النيترونية:

يمثل هذا الجسم حاله متطرفة من حالات المادة – مرصوصة بفعل الجاذبية إلى كثافات هائلة. حتى إنها تشبه نواة ذرية ولكن بحجم مدينة كاملة. وتمثل هذه الحالة نهاية الحياة للعديد من النجوم ذات الكتل العالية. إن نصف قطر نجم نيترونى ذى كتلة تساوى كتلة الشمس هو نحو ٣٠كيلو مترا وهذا يعادل أفق الحدث[1] الذى يعين تخوم ثقب أسود ذى ١٠كتل شمسية ولكن الخصائص المرصودة مثل درجة حرارة المادة التى تسقط نحو الجسم لا تستطيع التمييز بين الجسمين الثقب السود والنجم النيترونى.

---

(١) أفق الحدث هو سطح يحيط الثقب ولا يسمح بهروب أى شئ منه حتى لو بلغت سرعة هذا الشئ سرعة الضوء وتنجذب الأجسام نحو الأفق بسرعة عالية مناسبة. وأفق الحدث هو ببساطة سطح اللاعودة وأى شئ يسقط عبره يختفى من كوننا إلى الأبد.

إذا افترضنا أن عمر الكون عشرة آلاف مليون سنة. فإذا صحت هذه التقديرات فإن الثقوب السوداء التى تكونت مع تكون الكون وكانت كتلة الواحد منها فى ذلك الوقت ١٠ [١٢] جرام سوف تنفجر فى زماننا هذا وتكون الطاقة المتولدة من كل واحد منها مساوية للطاقة التى تتولد عند انفجار عشرة ملايين قنبلة ذرية حجم الواحدة منها نحو مليون طن من مادة ت.ن.ت TNT.

اهتم العلماء بدراسة الثقوب السوداء اهتمامًا كبير جدًا على أمل أن يجدوا فى ثناياه وفى نسيج الفضاء والزمان من حوله دروبًا أو أنفاقًا لا يحتاج المسافر فيها دابة تسير بسرعة أكبر من سرعة الضوء لكى تصل إلى الكون الآخر أو إلى النجوم والمجرات البعيدة فى كوننا هذا وكانت المفاجأة قد بينت الحسابات إمكانية عبور الأنفاق الزمان – الفضاء المتصلة بهذه الثقوب السوداء الدوارة بسرعات أقل من سرعة الضوء.

والثقب الأسود هو منطقة جاذبة أو شافطة للمادة وحسب تعريف الثقب الأسود فإنه جسم لا يفترض أن يبعث شيئًا إلى خارجه أو أن شيئًا لا يمكن أن يفلت من قبضته حتى الضوء ذاته أو حتى الإشعاعات الأخرى.

الثقوب السوداء معتمة جدًا والوسيلة الوحيدة للاستدلال عليها لا يمكن أن تكون إلا غير مباشرة انطلاقًا من دلائل تكشف عن وجودها. كما سوف يبين لنا فى هذا الباب.

أحجام الثقوب السوداء تتفاوت تفاوتًا بينًا فى أحجامها فمنها ما هو فى حجم الذرة ومنها العملاق الذى يبلغ حجمه ملايين المرات قدر حجم الشمس وبعض الثقوب السوداء الألوية فى رأى بعض علماء الفلك تكون نوى لبعض المجرات.

فى حالة ثقب أسود ذى كتلة كثيفة، تصل إلى آلاف مثل كتلة الشمس فإن قوة المد لهذه الثقوب عند سطحه الخارجى تكون صغيرة حتى أنه يمكن للأشخاص أن يخترقوا هذا السطح بدون متاعب تذكر.

لكن ما هو السبيل للخروج من الثقب الأسود؟ فى حقيقة الأمر لا يمكن الخروج من الثقب الأسود فمثلًا إذا حاول أحد الخروج من الثقب الأسود أو أفق اللاعودة يبتعد عنه بسرعة عالية جدًا هى سرعة الضوء وحيث أن هذا الشخص لا يمكنه أن يجرى بسرعة أعلى من سرعة الضوء فإنه يكون من المستحيل عليه أن يصل إلى سطح الثقب الأسود. أى لا يمكنه الخروج منه ومن ثم سيظل حبيس هذا الثقب أى يظل فى داخله إلى الأبد. أى أن الشخص الذى يجد نفسه فى داخل الكرة السوداء أو الثقب الأسود يصبح مشدودًا بقوة كبيرة جدًا إلى مركز الثقب الأسود.

فى حالة وقوع جسم مادى فى أفق الحدث أو اللاعودة لثقب أسود وانقسام هذا الجسم إلى قطعتين، وقعت إحداهما فى أسر الثقب الأسود وأفلتت الأخرى فإنها سوف تفلت وهى تحمل قدرًا كبيرًا من الطاقة التى أخذتها من الثقب الأسود وذلك بالمقارنة مع القطعة الأولى التى وقعت فى أسر الثقب الأسود.

أكدت الحسابات الرياضية إمكانية حدوث تلك العمليات وبالإضافة إلى ذلك فإن بعض تلك الجسيمات التى تبزغ وتتحرر من أفق اللاعودة قد تبعث منها إشعاعات بمجرد خروجها من السطح الخارجى للثقب الأسود ولذلك فهو يبدو وكأنه يطلق إشعاعات وجسيمات إلى الفضاء الذى حوله والجسم الكونى الذى يطلق إشعاعات هو جسم حار بالضرورة.

إن كتلة الثقب الأسود هى التى تحدد كل صفاته وأن الثقوب السوداء أجسام بدون غطاء أو شعر وأيضًا فإن كل الثقوب السوداء المتماثلة فى كتلتها متماثلة أيضًا فى صفاتها وكذلك سرعات دورانها حول نفسها أى دورانها حول محاورها.

بينت الحسابات الرياضية والفلكية أن مساحة سطح الثقب الأسود التى تعرف بأفق اللاعودة أو أفق الحدث لا يمكن أن تنقص أبدًا بل أنها تزيد ولا تنقص.

لو أن ثقبين أسودين قد اندمجا فإن مساحة سطح الجسم الناتج عنهما سوف تكون أكبر من مجموع مساحتى سطحى الثقبين الأسودين وهذا معناه أن سطح الثقب الأسود يشبه ظاهرة التغير الفجائى أو ظاهرة التعادل أو التغير الحرارى.

الثقب الأسود شئ غير عادى وغير مألوف فى معظم صفاته إلا أنه لا يختلف فى بعض الأمور عن النجوم العادية.

تتكون الثقوب السوداء بانهيار النجوم التى يجب ألا تقل كتلة كل منها عن ثمانية أمثال الشمس قبل الانهيار. على أن تكون الكتلة النهائية لكل نجم بعد الانهيار أكبر من ٣،٢مرة من كتلة الشمس.

وتتوافر هذا الشروط فى العديد من النجوم فى كل المجرات مما يعنى بالضرورة أن يكون هناك عدد كبير من الثقوب السوداء فى الكون. ولهذه الثقوب السوداء تأثيرًا على قيم الثوابت الأساسية فى الكون مثل كتلة الإلكترون وشحنته وثابت الجاذبية.

للثقوب السوداء بناء فريد خاص بها. فالثقب الأسود عبارة عن فضاء فارغ يحيط بنقطة مركزية تتركز فيها كل مادة أو كتلة الثقب الأسود وهى نقطة غريبة شاذة ولذا تعرف بالمفردة هذه النقطة ذات كثافة غير محدودة أو لا نهائية القيمة وذات أبعاد صفرية – ولهذا سميت بالنقطة الشاذة – ولا تنطبق عليها قوانين النظرية النسبية العامة.

الثقوب السوداء المعروفة حتى الآن والناتجة عن انهيار النجوم هى ثقوب ليست عالية الكثافة بالدرجة التى تكون قوة جذبها ضعيفة ويمكن التغاضى عنها أو إهمالها فى حالة السفر فى الزمان عبر أنفاق تلك الثقوب السوداء.

ومن غرائب هذا الثقب الأسود أنه يمكن اختراقه بدون أن تفقأه أو تثقبه وسطح الثقب الأسود يسمى "بأفق الحدث" أو "أفق اللاعودة" لأنه يعتبر حدًا فاصلًا بين عالمنا وعالم أخر مجهول لا ندرى عنه شيئًا والأكثر غرابة أن أى جسم يخترق أو يعبر ذلك السطح فإنه يقع أثيرًا فى جاذبية الثقب الأسود. ولا يمكنه أبدًا أن يعود إلى عالمنا هذه مرة أخرى.

الثقوب السوداء هى بقايا نجوم هائلة الكتلة واجهت الانهيار بسبب الجاذبية. هذا ويمكن تمثيل الثقب الأسود كانخفاض بـ"اليوق" المتصل الزمانى المكانى.

الثقوب السوداء تمثل بالعات مخيفة، لا مرئية تلتهم النجوم ويختلط فى جوفها اللولبى – الزمان والمكان.

يمتلك الثقب الأسود زوبعة هائلة تبتلع كل شئ وبذلك يمكن – للثقب الأسود فائق الكتلة أن يجذب النجوم والغازات من على مسافة مئات ملايين الكيلو مترات.

يمثل الثقب الأسود أو النجم النيترونى هدفًا أصغر حتى من النجم العادى لكنه يمكنه أن يوفر قوى مدية جبارة بمقدورها تشويه شكل نجم عابر ويبدد هذا التشوة طاقة كما يمكن أن يجعل الجسمين يغيران مداريهما. إن حدوث التصادم بينهما يصبح عند ذلك مسألة وقت فقط لأن المواجهات القريبة المتتالية بينهما تواصل سلبهما طاقة مدارية.

من أهم صفات الثقوب السوداء أنها تقوس الفضاء من حولها بل وتلويه ليًا حتى يخيل لراصد إذا قدر له أن يلج فى هذا الفضاء الملوى أنه فى داخل نفق أو مغارة طويلة ولهذا النفق مدخل ومخرج أى أنه معبر غير مغلق.

## اكتشاف نوع جديد من الثقوب السوداء:

اكتشف العلماء نوعًا جديدًا من الثقوب السوداء ويعتقدون أن هذه الثقوب الغامضة تتواجد فى أحجام عدة فى الكون وذلك باستخدام تلسكوب فضائى متطور بين للعلماء عن وجود ثقوب سوداء بحجم متوسط وهى نوع من الأشياء التى لم يرها أحد من قبل وأكد العلماء وجود ثقوب سوداء متوسطة الحجم فى مجموعة من النجوم المتناثرة M15 تبعد عن الأرض مسافة ٣٢ ألف سنة ضوئية – السنة الضوئية ١٥٠مليون كيلومترا – وأن حجم ذلك الثقب يبلغ أربعة آلاف ضعف حجم الشمس مما يجعله أصغر ثقب أسود حتى الآن.

وعثر العلماء منذ وقت قريب على ثقب أسود فى منطقة تدعى G1 يبلغ حجمه ٢٠ألف مرة ضعف حجم الشمس وقد يساعد هذا الاكتشاف على حل سؤال بات يحير العلماء منذ زمن وهو أيهما ظهر إلى الوجود أولا الثقوب السوداء أم المجرات.

تبدو الثقوب السوداء كأنها "معابر" بين أكوان متباينة وبالطبع ستكون قوة الجاذبية هائلة وستسحق حتى الموت كل من يقع فى مطب الثقب الأسود. بدت حقيقة هذه النقاط الفريدة كممرات إلى أكوان موازية أخرى مجرد فضول رياضى بالنسبة لأينشتاين ذلك أن قوة الجاذبية سوف تكون غير منتهية فى شدتها عند منتصف هذا المعبر وأحيانًا يسمى بمعبر "إينشتاين – روزين" مما يجعل الاتصال بين الأكوان المتوازية مستحيلا – حيث أن الذرات والقوى تندثر عند المركز بعفل الجاذبية.

بخلاف هذا فالباحثون الآن يعرفون أربعة أنواع من الثقوب السوداء فى الكون وهي:

- الثقوب غير الدوارة وهى ما تسمى بثقوب "شفارتر شيلد" وهى ثقوب يجب أن تكون بسيطة حسب النظرية النسبية العامة وأن تكون كاملة الاستدارة وقد تكونت هذه الثقوب بكبس المادة أو بعبارة أخرى أن تلك الثقوب غير دوارة بسبب هروب أو تسرب المجال التجاذبى الناتج عن الكتلة عبر "أفق الحدث" أو السطح الخارجى للثقب الأسود.
- الثقوب الدوارة أو ثقوب "كير" نسبة لمكتشفها العالم النيوزلندى "روى كير" وهذه الثقوب تنشأ نتيجة انكماش نجوم دوارة وانهيارها. وهى نجوم تدور حول نفسها مثل المغزل بسرعات عالية وكثير من النجوم تدور أيضًا حول نفسها وهذا الثقوب أكثر تعقيدا من الثقوب غير الدوارة وعموما فإن كتلة الثقب الأسود الدوار هى العامل الفعال فى تحديد شكل الثقب الأسود وصفاته.
- وبينت حسابات "روى كير" أن الثقوب السوداء الدوارة تختلف عن الثقوب السوداء غير الدوارة حيث أنه وجد للثقوب الدوارة دروب دوارة هذه الدروب تدور وتلف حول نفسها كما تدور النجوم والكواكب. وللثقب الأسود الدوار سطح خارجى أو "أفق الحدث" كما هو الحال فى الثقوب السوداء الأخرى. ويوجد لكل ثقب أسود من تلك الثقوب الدوارة حدان أو أفقان للحدث ومنطقة غريبة تقع مباشرة خارج هذين الأفقين تسمى بمنطقة أو بمجال الجهد.

- الثقوب السوداء المشحونة أو ثقوب رايسنر – نورد شتروم- وقد توصل علماء الفلك إلى حل رياضى يقضى بوجود ثقوب سوداء تحمل شحنات كهربائية وهذا النوع من الثقوب ليس له أهمية من الناحية العملية حيث أنه لا يمكن استخدامه فى السفر فى الفضاء الكونى. وعموما تعرف الثقوب السوداء المشحونة كهربائيا بثقوب "كير نيومان" السوداء وعليه فإنه يمكن القول بأن الكتلة والدوران والشحنة الكهربائية هى الخواص المميزة والمحددة لأنواع الثقوب المحتملة فى الكون.

- الثقوب السوداء الدوارة المشحونة أو ثقوب "كير – نيومان" وعموما وهناك نوع من الثقوب السوداء قد يكون موجودا فى منطقة يجرى فيها الزمان بطريقة معكوسة. فإذا وجد يكون عكس الأنواع السابقة من الثقوب السوداء ويكون شكلاً له فوهة "مدخلاً" واحدة لنفق "الزمان – الفضاء" المرتبط بالثقب الأسود وحيث أن منطقة الثقب الأسود تتميز بأنها جاذبة أو شافطة للمادة فإذا تصورنا نفقا من تلك الأنفاق وأن المادة تسحب إلى داخله سحبا. ونفترض أن تلك المادة قد تجاوزت النقطة الشاذة فى داخل هذا النفق بسلام أى لم تسحق ولم تتعرض لأذى فإنه على الأقل من الناحية النظرية سوف تخرج هذه المادة من الفوهة الأخرى وقد لفظها النفق وكأنه نافورة تقذف المادة قذفا.

**الثقوب السوداء الأولية أو الأصلية أو البدائية.**

وهى الثقوب التى تكونت مع تكون الكون وليست من خلال انهيار النجوم وتقلصها أى تكونت مع تكون الزمان والفضاء ويقصد العلماء بذلك أنها تكونت مع الانفجار العظيم حيث تمددت مكونات هذا الانفجار بطريقة غير متجانسة إلى الخارج فكبست المادة فى مناطق وتفرغت مناطق أخرى وثالثة تركزت فيها المادة بين هذا وذاك. وتكونت بذلك ثقوب سوداء فى مناطق كبست فيها المادة كبسًا شديدًا غير مألوف وهذه هى الثقوب السوداء التى تكونت نتيجة انكماش النجوم وانهيارها.

إن كمية الحركة الزاوية لنجم ما تكون ثابتة قبل وبعد الانهيار "قانون بقاء المادة" وهذا يعنى بالضرورة أن تزداد سرعة دوران النجم حول نفسه كلما نقص حجمه بالانهيار على نفسه فإذا ما انهار هذا النجم تماما وتخلف عنه ثقب أسود أخذ هذا الثقب الأسود يدور حول نفسه بسرعة عالية جدا. ولم تسفر هذه النتائج عن سفر رواد الفضاء بين هذه الأنفاق أو الدروب وتبين لهم صعوبة تحقيق تلك الآمال.

## الثقوب البيضاء:

هل توجد حقا ثقوب بيضاء فى الكون؟.. حقًا فإنه من المرجح فعلا أن تكون الثقوب البيضاء مرتبطة بالثقوب السوداء الأولية أى التى تكونت من الانفجار العظيم مع بداية تكون الكون. ولكى نفسر ذلك فالثقوب السوداء هى ثقوب صغيرة جدًا، لأنها تكونت خلال زمن ضئيل يصعب تصوره فهو جزء واحد من مائة مليون من الأجزاء من الثانية بعد وقوع الانفجار العظيم وبالطبع كان الكون ذاته فى تلك اللحظة صغيرا جدًا.

ومن الدراسات النظرية وحل المعادلات اتضح للعلماء أن الثقوب البيضاء والسوداء كلاهما يطلق الإشعاعات والجسيمات المادية بمعدل سريع جدًا ومن الصعوبة أن يميز الشخص بين هذين النوعين من الثقوب أو أن تفرق بينهما لأنه لو تكونت الثقوب البيضاء فى بداية تكون الكون مع الانفجار العظيم فإنه سرعان ما تتكون حولها الثقوب السوداء.

## الثقوب السوداء الأقزام:

وهى ثقوب غاية فى الضآلة والقزمية ولا تكاد ترى حتى بأكبر المناظير فبعضها لا يزيد حجمه عن حجم بعض الجسيمات الذرية أى الجسيمات الموجودة فى داخل الذرة. وهناك من يتصور من علماء الفلك أن بعض تلك الثقوب السوداء الأولية قد ارتطمت بالكواكب ومنها الأرض فى الزمان الماضى البعيد وربما اصطادت الشمس بعض من تلك الثقوب السوداء القزمية واستقرت تلك الثقوب فى حدف الشمس وعلى كل حال فالمعادلات الرياضية هى وحدها التى تشير إلى وجود تلك الثقوب

السوداء الدقيقة ولا توجد أرصاد مباشرة أو حتى غير مباشرة على وجود مثل تلك الثقوب السوداء.

## الثقوب السوداء الأولية والعملاقة:

إن الثقوب السوداء فى الكون لا تتكون فقط بسبب انهيار النجوم ولكنها أيضًا ربما تكونت أثناء الانفجار العظيم الذى تكون من خلاله الكون. فإذا كان ذلك الانفجار غير متجانس فإن جيوبا من المادة تنضغط لتكون ثقوبا سوداء أولية. وتتفاوت أحجام هذه الثقوب وأوزانها تفاوتا كبيرا فهناك ثقوب سوداء فى حجم الذرة وهى الأولية وأخرى عملاقة تقع فى نوى المجرات وهى الناتجة عن انهيار النجوم.

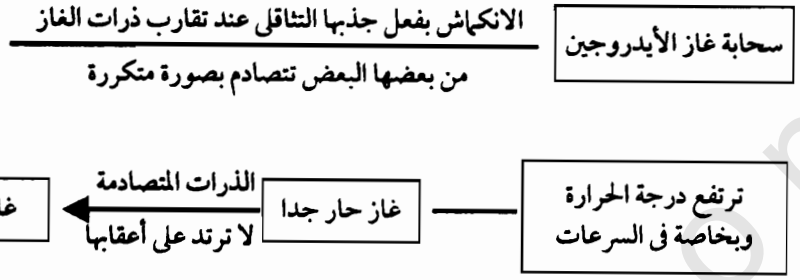
## تكون الثقوب السوداء:

لكى نتفهم الكيفية التى تتكون بها الثقوب السوداء علينا أن ندرس أولاً دورة حياة النجوم وبخاصة مرحلة تكون الأقزام البيضاء. وهى نجوم حجمها لا يزيد عن حجم الأرض وهى شديدة اللمعان ناصعة البياض شديدة الحرارة وثقلها النوعى أعلى من الثقل النوعى لأى من النجوم المعروفة وكثافتها ٥٠ألف مثل كثافة الماء وكثافة نجوم الأقزام البيضاء أكبر من كثافة النجوم العادية بآلاف المرات وذراتها قد تعرت من الكثير من إلكتروناتها فلم يكن بها إلا نواة لصق نواة. أو بمعنى أخر أنها حطام نويات وإلكترونات كبست فى هذا الحيز كبسًا.

أما بالنسبة لثقل النجوم الأقزام فهى ذات ثقل عال بدرجة غير مألوفة حتى أن ملء ملعقة صغيرة من مادتها يزن طنا أو يزيد وأشهر نجم من نجوم الأقزام البيضاء هو النجم "الجرو" الذى له حركة غريبة حيث أنه وجد يتأرجح فى مداره وهو قوة جاذبة للشعرى حتى يجعلها تترنح فى فلكها وتتمايل فى مشيها.

ويقول العلماء أنه يجب أن يحيد طيف الأقزام البيضاء حيودًا شديد اتجاه الضوء الأحمر كما تتنبأ بذلك النظرية النسبية العامة لأينشتاين أن الانحراف فى أشعة الطيف تجاه اللون الأحمر يزداد بزيادة كثافة المصدر الذى ينبعث منه الطيف. وهذا ما تؤكده

لنا النظرية النسبية ويمكن معرفة كيفية تحول ما بداخل النجوم "غاز الأيدروجين" إلى هليوم من هذه المعادلة.




والغاز المتحرر من هذا التفاعل يشبه انفجار القنبلة الهيدروجينية وهو الذى يجعل النجم متألقا، كما أن الحرارة الناتجة تزيد من تمدد الغاز وضغطه إلى أن يصبح بالحجم الذى يكفى لموازنة الجذب التثاقلى ومن ثم يصبح النجم فى حالة اتزان. وتستمر الحرارة الناتجة من التفاعلات النووية بموازنة التجاذب التثاقلى وأخيرًا ينفذ الهيدروجين وسائر الوقود النووى وعندما يستنفذ النجم وقوده النووى يأخذ فى البرودة وتتغلب قوى الجذب التثاقلى على قوى التمدد إلى الخارج فيتقلص حجم النجم وبخلاف تعرض النجم لضغط الغاز فى داخل أجسام النجوم فإنها تتعرض لنوع أخرى من الضغط وبخاصة عندما تنكمش ويسمى هذا الضغط بالضغط المنحل. وعموما فإنه إذا تقلصت كتلة النجم إلى أقل من ١٠٤ من كتلة الشمس فإن النجم يتحول إلى قزم أبيض أو إلى نجم نيترونى. أما النجوم التى تزيد كتلة الواحدة منها عن ٣٠٢ مثل كتلة الشمس فسوف تستمر فى الانهيار إلى الأبد ولن يقف انهيارها عند حد معين، ثم يقترب نصف قطر النجم المنهار فى النهاية إلى نصف القطر التجاذبى.

وعموما لم نستطع إلى الآن من رصد نجم ينهار ويتكون عنه ثقب أسود وذلك لأن هذه العملية تتم بسرعة خاطفة لا تستغرق سوى جزء ضئيل من الثانية هذا بخلاف الغيوم والسحب الكثيفة غير العادية التى يولدها انفجار النجوم وتملأ الكون من حوله حى لا نستطيع تصوير هذه الأحداث.

إذا افترضنا أن هناك نجم عملاق بدأ فى الانهيار ففى البداية نلاحظ ازدياد سرعة النجم بمعدل طردى مع زيادة تقلص النجم وانهياره ويتغير لون النجم مع تقلص حجمه ويمر بسرعة خاطفة بمجموعة ألوان تشبه ألوان قوس قزح. ثم يحمر لونه وعندئذ تبطئ عملية الانهيار من سيرها رويدًا رويدًا حتى تتوقف وفى تلك اللحظة سيرى الراصد كرة سوداء يحيط بها حشد من النجوم المضيئة والكرة السوداء هذه هى الثقب الأسود – يصل قطر الكرة السوداء إلى عدد قليل من الكيلومترات – ويطلق العلماء على نصف قطر هذه الكرة السوداء "نصف القطر التجاذبي" كما أن هناك بعض العلماء يطلقون على الكرة السوداء "أفق الأحداث".

وفى بداية الستينات اكتشف الفلكيون الكوازارات "أشباه النجوم" وهى من أغرب الأجرام الكونية العملاقة فهى تطلق موجات إشعاعية عاتية. وتبدو تلك الأجرام وكأنها قابعة فى أعماق الكون البعيد، كما أنها تطلق كمية هائلة من الطاقة والتى لا يمكن أن تكون بسبب انفجارات نووية عادة فى النجوم. وأخيرًا اهتدى العلماء إلى الكوازارات "أشباه النجوم" ما هى إلا نجوم عملاقة تشكل مرحلة من مراحل انهيار النجوم وتكوين الثقوب السوداء.

## ما هو الدليل على وجود الثقوب السوداء:

أول دليل كما يعتقد العلماء على وجود مثل هذه الثقوب هو الدوارة الجنوبية للأشياء التى يتلقفها الثقب إذا ابتعلت الزوبعة نجوما وغازات لابد وأن نراها وهى تدور على نحو متسارع فى الفضاء كلما انجذبت نحوها.

فى عام ١٩٩٦م قام العلماء الألمان بتقدير وزن الثقب الأسود الواقع فى قلب مجرة درب التبانة وكانت كتلته تساوى ٢،٥ مليون كتلة الشمس ولقد تبين للعلماء أنه كلما كان الجزء الأوسط من المجرة أشد ضوءا كلما كان ثقبها الأسود أكبر حجمًا.

والدليل الأخر هو الضوء الذى يصدر عن المادة حين سقوطها نحو الثقب الأسود حيث يعمل الجريان الجهنمى للغازات والنجوم حول الثقب الأسود على تسخينها حتى تصل حرارتها إلى ملايين الدرجات وحينها تطلق أشعة إكس قوية يمكن أن ترصدها التلسكوبات الفضائية المتخصصة بالأطوال الموجية.

فى سبتمبر من عام ١٩٩٩م وباستخدام التليسكوب "تشاندرا" حدد العلماء فى المنطقة المركزية من مجرة درب التبانة منبعًا قويًا لأشعة إكس العلامة المحتملة على ثقب مجرتنا الأسود فائق الكتلة وفى ٢٦ أكتوبر ٢٠٠٠م أصبح هذا المنبع أكثر سطوعًا بـ٤٥ مرة قبل أن يعود إلى سطوعه المعتاد بعد ساعات لاحقة دون شك كان الثقب الأسود بصدد ابتلاع مذنب أو كويكب أو هبة غازات بين نجمية.

وهل هناك أدلة تشير إلى وجود الثقوب السوداء التى تكونت منذ عشرة إلى عشرين بليون سنة إذا كانت موجود حقًا.. يقر بعض علماء الفلك على أنه توجد أدلة مباشرة على وجود مثل هذه الثقوب وذلك بقولهم أن وجود المجرات ذاته هو دليل قاطع على وجود تلك الثقوب. فوجود المجرات يعنى أن الانفجار العظيم لم يكن متجانسًا فلو كان هناك انفجار متجانسًا لما تكونت تلك المجرات النشطة أو غير المستقرة ذلك أن بعض تلك المجرات يبدو وكأنها على شفًا انفجار مشروع مما يعنى أن مثل تلك المجرات تمتلك طاقة جبارة فى باطن كل مجرة من تلك المجرات.

جاءت دلائل أخرى أيضًا لتعزز هذه الملاحظات عاين التليسكوب الفضائى "هابل" حول مركز العديد من المجرات حركة زوبعية لكميات كبيرة من الغازات والأغبرة. أما التلسكوبات الراديوية فإنها تقدم صورًا رائعة لتيارات البلازما الآتية من المناطق المركزية للمجرات.

ووفقا لما سبق فإن هذه التيارات التى تقترب سرعتها من سرعة الضوء قد تكون صادرة عن ثقوب سوداء فائقة الكتلة تحرر جزءًا من طاقتها إلا أن بعض العلماء يروا أن الآلية الدقيقة لهذه الظاهرة لا تزال غامضة وإنها واحدة من المسائل النظرية التى تنتظر حلاً.

تستقبل التلسكوبات إشعاعات جاما من مراكز المجرات وهو ما يمكن أن يحمل معه بعض عناصر الإجابة عن الأسئلة المعلقة مثل ماذا يحدث فى الزوبعة.. ماذا يحصل بالضبط لنجوم عندما تصبح قريبة جدًا من ثقب أسود؟ ربما تتعرض هذه النجوم للتمزق بفعل قوى مد وجزر جاذبية الثقب الأسود. والسؤال الذى تبادر

إلى الذهن كيف تشكلت الثقوب السوداء فائقة الكتلة؟ هل تضخمت تدريجيا بابتلاعها المستمر للمزيد من المادة؟ أم أنها نتاج تقوض حشود نجمية؟ يقتنع العلماء بأن النموذجان مقبولان لا يمكن لكل الثقوب السوداء أن تتشكل بالتضخم المتدرج لأن الطريقة طويلة جدًا إلا أننا نعثر على عدد متنام من الثقوب السوداء فائقة الكتلة فى مجرات بعيدة جدًا وبالتالى قديمة جدًا وهو ما يدل على أنها قد وجدت منذ بداية المجرات ولكن هناك شئ مؤكد، تاريخ الثقوب السوداء فائقة الكتلة وثيق الارتباط بتاريخ المجرات وهنا كان الرهان فى أن نعرف المزيد حول هذه الأشياء الغامضة بالنسبة للعلم والمثيرة لخيال فى الوقت ذاته.

## جاذبية الثقوب السوداء:

توجد عقبات كثيرة تحول دون تحقيق السفر بين النجوم وخلال أنفاق الثقوب السوداء منها قوة الجذب الجبارة التى يتعرض لها من تسول له نفسه الاقتراب من تلك الثقوب السوداء وأنفاقها فى الزمان – الفضاء.

ولقوة الجذب هذه صفات غريبة فريدة. فهى تشد الجسم الذى يقع فى أسرها بدرجات متفاوتة بحيث تؤدى إلى تغيير شكله فى النهاية فإذا تمكن مثلاً رائد فضاء شجاع من الوصول إلى ثقب أسود ووقع فى نطاق قوة شد أو جاذبية فنجد أن قوة الشد هذه تكون أكبر ما يمكن على قدميه وساقيه القريبتين من الثقب الأسود وتقل شدة الجذب كلما اتجهنا إلى رأس هذا الرائد الفضائى الشجاع. وينتج عن ذلك استطالة ساقى جسم رجل الفضاء ونصفه الأسفل بدرجة أكبر من استطالة نصف جسمه العلوى ولك أن تتصور هيئة رجل الفضاء فى هذه الحالة. وقد استطال جسمه بدرجة تتناسب مع قوة شد الثقب الأسود للنصف الأسفل من جسمه بدرجة ومع ذلك فالعلماء يبشرون بإمكانية السفر حيث أنهم توصلوا إلى بعض المعلومات القيمة منها أن قوة الشد تكون ضعيفة فى داخل الثقوب السوداء الكثيفة وتزداد هذه القوة ضعفا مع زيادة كثافة الثقوب السوداء.

سوف يتعرض لمستويات عالية جدًا من الإشعاع تحيل جسمه إلى قطعة من

اللحم المطبوخ إذا استطعت تصميم أنفاق دودية كونية بحيث تكون قوى المط فيها ضعيفة جدًا وبها نشاط إشعاعى ضعيف لا يذكر.

إن السفر عبر الزمان الكونى هو أمر خارج نطاق البشر وقدرتهم وبسبب صعوبة المشاكل وخطورتها فقد أهمل العلماء فكرة السفر عبر الزمن الكونى خلال أنفاق الفضاء الحلزونية المرتبطة بالثقوب السوداء وذلك لاستحالة تنفيذها. ولكن كتاب الخيال العلمى يفترضون وجود أنفاق فضاء حلزونية غير مرتبطة بثقوب سوداء وأنه يمكن التغلب على العقبات التى كانت تقف حائلاً دون تنفيذ هذه الفكرة من خلال ثقوب الفضاء الحلزونية المرتبطة بالثقوب السوداء مثل عدم ثبات تلك الأنفاق. وتحطيمها لآية مركبة فضاء تمر فيها. ويقول كتاب الخيال العلمى أنه يمكن تبطين جدران الأنفاق هذه بمواد خاصة غير مألوفة وغير معروفة ايضًا وأطلقوا على تلك المادة العجيبة اسم "المادة الغريبة" وبهذا تتوقف تلك الجدران عن مهاجمة مركبات الفضاء التى تمر فيها ومن ثم لا تتعرض تلك المركبات للسحق والتدمير.

ويتوقف تحقيق كل ذلك فى واقع الأمر على المادة الغريبة التى تعد فى حد ذاتها معضلة يصعب حلها حتى الآن. وإذا أمكن اختراع تلك المادة سوف يكون أمرًا محتملا.

هناك دراسات تفصيلية تهدف إلى تحويل الثقوب الدودية إلى أنفاق فى الزمن أو سراديب زمانية وقد يتأتى ذلك بتحريك أحد طرفى النفق الكونى بسرعة عالية تقترب من سرعة الضوء. أو بتعريض ذلك الطرف لمجال تجاذبى قوى.

فإذا ما تحقق ذلك فى يوم ما فإن الشخص الذى يدخل إحدى فتحتى النفق الزمنى سوف يخرج من الفتحة الأخرى وقد وجد نفسه فى زمن أقدم. أى أن هذا الشخص قد سافر عبر الزمن الماضى.

فإذا دخل هذا الشخص أو غيره من الفتحة الأخرى، وسار فى اتجاه مضاد للاتجاه السابق، فإنه عندما يخرج من النفق سوف يجد نفسه فى المستقبل.

إذا كانت الثقوب السوداء حارة فهل يمكننا أن نستخدم أنفاق متصل الزمان – الفضاء المتصلة بتلك الثقوب السوداء الحارة كمعابر وطرق فى السفر فى الزمان الكونى وزيارة المجرات البعيدة أو الأكوان الأخرى.

ليست هناك مشاكل تؤرق البال فى حالة ثقوب السوداء الكبيرة ولكن المشكلة تكمن فى الثقوب السوداء الصغيرة. فهى ثقوب سوداء عالية الحرارة. وكأنما تقلصت أحجامها لتزيد درجات حرارتها أو أن درجات حرارتها قد زيدت خصما من أحجامها.

لو اقتربنا من أحد جوانب ثقب أسود دوار فسنسحق كما فى حالة محاولتنا عبور ثقب أسود عادى. أما إذا كان مسار حركتنا نحو القرص عموديا عليه فستكون قوى الجاذبية هائلة لكنها لن تكون غير منتهية إن عنق معبر "إينشتاين – روزين" قد يلتف فعلا ليبرز فى مكان ما من الكون هذا النموذج يطرح إمكانية معبر ذى أبعاد بين الأجزاء المتباينة من الكون.

كيف يبدوا هذا المعبر؟.. نفترض أننا اكتشفنا ثقبا أسودًا دوارًا من صنف "كير" إذا أرسلنا صاروخًا مباشرًا خلال الثقب أى على مسار عمودى على القرص فإن الصاروخ لن يخرج من الجهة الأخرى للثقب والواقع أنه سيخرج من الجهة الأخرى للكون، يعتبر المعبر وفق ما تقدم ممرًا بعيدًا إلى الجانب الآخر من الفضاء. وعلى كل حال فمما لاشك فيه أن أحدا ما سيشرع بإجراء الحسابات الضرورية لمعبر من معابر "إينشتاين – روزين" سيكتشف فيما إذا كانت المعابر ستفلق بفعل الآثار الكمومية أم لا.

ويعتقد عدد من الفيزيائيين أن التصحيحات الكمومية المرتكزة على الأوتار الفائقة ستغلق المعابر المذكورة وتجعل السفر إلى الجانب الأخر من الكون مستحيلاً. وإن لم تغلق تصحيحات الوتر الفائق المعبر البعدى،فسيبقى الاحتمال المثير. الذى يقضى بأن نرسل الصواريخ مباشرة إلى الثقوب السوداء الدوارة لتعبرها وتبرز فى الجانب الآخر من الكون، احتمالاً قائمًا!!

ماذا يحدث لو أن رائد فضاء حلق بسفينته فى مدار حول ثقب أسود من ثقوب كير؟ إذا حلق رائد فضاء بسفينته الفضائية فى مدار حول ثقب كير الأسود فإنه سوف يجد جذب الثقب الأسود للفضاء الذى تدور فيه السفينة وكلما اقتربت السفينة رويدا رويدا إلى منطقة الثقب فإنها سوف تنجذب فى اتجاه دوران الثقب وتدور فى اتجاه دورانه ثم بعد ذلك يشدها الثقب نحوه بقوة هائلة يصعب التغلب عليها وتدخل حينئذ فى حد السكون ومن ثم تدخل غلاف الطاقة وهنا تبدأ متاعب جمة لرائد الفضاء وسفينته ولا يمكن التغلب عليها لينعم بالسكون إلا إذا تحركت السفينة بسرعة أعلى من سرعة الضوء فى عكس اتجاه دوران الثقب الأسود وهذا محال. ولكننا إذا افترضنا أنه حدث ذلك وقد أفلت رائد الفضاء هذا بطريقة ما من أسر الثقب الأسود وأنه كان مزودا بكشاف ضوئى ووجه كشافه صوب الثقب الأسود فإنه سوف يرى هالة من الضوء تحيط بالثقب الأسود وهذه الظاهرة إذا حدثت بالنسبة لثقوب "شفاتز تشيلد" السوداء إذا وجه رائد الفضاء ضوء كشافه نحو ثقب شفاتز تشيلد سوف يرى صورة طريفه إذا ما دار هذا الثقب بسرعة حول نفسه حيث يجد أفق الحدث قد انقسم إلى سطحين أو أفقين يتحرك أحدهما إلى الداخل ويتحرك الآخر إلى الخارج بالنسبة إلى هالة الضوء هذه ومن الطريف فى هذه الرحلة أننا سوف نرى ونفاجا بأكثر من حالة لا نهائية للماضى والحاضر فى عالمنا هذا وفى العالم الآخر.. ولو أردنا أن نعبر من خلال أفق الحدث إلى الجانب الآخر من الكون لتحتم علينا أن ننطلق بسرعة أكبر من سرعة الضوء وهذا محال حسب النظرية النسبية.

لنفترض أن هناك سفينتى فضاء أ، ب انطلقتا من الأرض فى رحلات فى الفضاء – الزمان فما هو مصير هاتين الرحلتين نفترض أن السفينة أ سوف تعبر السطح الخارجى والداخلى لأفق الأحداث لثقب كير الأسود – ثقوب كير هى ثقوب سوداء دوارة بسبب نفاذ وقودها الداخلى وبقاء طاقة السحب الاطارى أو خاصية دوران النجم لتورث إلى الثقب الأسود الناتج عن انهيار النجم الدوار فالنجم المنهار يولد طاقة سحب إطارى وعندما ينهار النجم ويتخلف عنه – ثقب أسود –

هذه السفينة سوف تعبر النقطة الشاذة أو المفردة – النقطة الشاذة فى هذا النوع من الثقوب تكون على هيئة حلقة تقع فى مستوى خط استواء الثقب الأسود.

إذا ما اتخذت مسارًا مائلاً بالنسبة لخط استواء الثقب الأسود فإذا ما عبرت هذه النقطة – النقطة الشاذة – وجدت السفينة أ نفسها فى كون أخر لا توجد فيه قوة جاذبة، بل تسود فيه قوة تنافرية فهو إذن كون لا تتجاذب الأشياء فيه بعضها إلى بعض ولكن تفر من بعضها البعض – على النقيض من عالمنا هذا.

أما سفينة الفضاء ب فهى أكثر حظا من السفينة السابقة فهى تنتهى إلى كون أخر فيه قوة جاذبة كما هو الحال فى كوننا هذا.

هذا ولم يتفق العلماء على هوية الكون الآخر، فالكون الآخر قد يكون مكان بعيد فى كوننا بالنسبة إلى قاعدة الانطلاق ويكون بذلك أنه إذا تغلب الإنسان على بعض العقبات الفنية التى ذكرناها فيما سبق والتى تصادف رحلات الفضاء فإنه يمكن السفر من خلا ثقوب كير السوداء إلى مسافات بعيدة فى الكون وزيارة المجرات البعيدة.

اخترع العلماء جهاز يمسى Virgo كاشف للثقوب السوداء له ذراعان طول كل منهما ٣كيلومترات سوف يستخدم علماء "فيرجو" فى مشاهدة تقوض نجم ضخم إلى ثقب أسود أو تتبع اصطدام ثقبين أسودين فى الواقع حتى الآن لم يلحظ علماء الفيزياء الفلكية سوى دلائل غير مباشرة على وجود الثقوب السوداء فى الكون.

ومن الدراسات النظرية وحل المعادلات اتضح للعلماء أن الثقوب السوداء والبيضاء كلاهما يطلق الإشعاعات والجسيمات المادية بمعدل سريع جدًا ومن الصعوبة أن تميز بين هذين النوعين من الثقوب أو أن تفرق بينهما لأنه لو تكونت الثقوب البيضاء فى بداية تكون الكون مع الانفجار العظيم فإنه سرعان ما تتكون حولها الثقوب السوداء.

وهناك بعض العلماء الذين لا يفتقدون فى وجود ثقوب بيضاء وهذا يعنى بالضرورة أن لأنفاق منظومة الزمان – الفضاء مداخل وليست لها مخارج وهو الأمر الذى يحول دون استخدامها كمعابر أو ممرات للسفر فى متصل أو منظومة الزمان – الفضاء إلى النجوم البعيدة وللخروج من هذا المأزق يجب علينا أن نتجه إلى الأنفاق المرتبطة بالثقوب السوداء ذات الكثافة العالية جدًا، فلهذه الثقوب قوة جذب قليلة جدًا.. هل السرد السابق بين لنا بالفعل عن وجود ثقوب سوداء؟.. حقيقة أن كل ما ذكر على هذه الصفحات ما هو إلا استنتاجات من حلول المعادلات الرياضية لمعادلات النظرية النسبية العامة لأينشتاين.

على الرغم من أهمية تلك البراهين ووجاهتها إلا أنها لا تعد دليلا كافيا أو قاطعا على وجود الثقوب السوداء فى الكون هذا وقد قدم "أوبنهيمر" تفسيرًا لوجود هذه الثقوب فى عام ١٩٣٩م أيضًا من دراسته النظرية.. فيمن البديهى أنه كلما زادت كتلة النجم اشتدت قوة جاذبيته ولو أن الكتلة تجاوزت ٣.٢ مثل كتلة الشمس فإن قوة الجاذبية ستزداد لدرجة أن تشكل ضغطًا فائقًا لا تقوى على تحمله حتى النيترونات المتلاصقة. فتنقبض تلك النيترونات ويتقلص النجم النيترونى فتزداد كثافته وبالتالى تشتد قوة جاذبيته أكثر فأكثر وتستمر عملية الانقباض بسرعة متزايدة – لا يوجد سبيل لوقفها – هذا ما بدأ "أوبنهيمر" فى ذلك الحين وهذا ما يبدو أيضًا اليوم للعلماء وكل ما يقال فى هذا المجال أن الضغط يستمر فى التزايد إلى ما لا نهاية ويتوالى تقص النجم حتى يقترب من درجة الفناء ومن ثم ترتفع كثافته إلى مالا نهاية.. وكلما ازداد الجرم ثقلا تعاظمت قوة جاذبيته واقتضى التغلب على مجال جاذبية ذلك الجرم ولو أن نجمًا تعرض للتقلص فإن قوة الجاذبية على سطحه تشتد بشكل مطرد مع اقتراب السطح من المركز. حتى لو لم تتغير كتلته الإجمالية مع ملاحظة أنه لو ارتفعت الجاذبية على سطح الأرض لتصل إلى قيمة نظيرتها فى المشترى دون أن يمس الإنسان أى أذى فإن خبرتنا التكنولوجية لإطلاق صورايخ إلى الفضاء لا تكفى لذلك.

## ماذا يحدث لو أصبحت الشمس ثقبا أسود؟

إذا انهارت الشمس ليتخلف عنها ويحل محلها ثقب أسود – من المستحيل أن يحدث هذا نظرا لأن الشمس كبست بدرجة كثيفة لدرجة عالية – فإن الأرض وسائر كواكب المجموعة الشمسية سوف تظل تدور فى أفلاكها حول الثقب الأسود تماما كما كانت تدور فى أفلاكها حول الشمس وكأن شيئًا لم يكن. وإذا حدث ذلك فلن يشعر الإنسان بما حدث إلا بعد ١٢ساعة من وقوع الانهيار. فإذا حدث ذلك ليلا فلن يكون هناك صباح ولا تطلع الشمس كعادتها فالشمس قد اختفت وسوف يعيش سكان الأرض فى ليل سرمدى ويكون بذلك قد حل محل موقعها كرة سوداء صغيرة معلقة فى الفضاء. وقد حجبت النجوم المضيئة من خلفها وتحيط بها النجوم المضيئة من كل جانب وإذا اقترب الشخص من الكرة السوداء لمسافة معينة فإنها سوف تشده إليها بقوة كبيرة.

## ماذا يحدث للزمن بالنسبة لرائد فضاء يدور حول ثقب أسود؟

لنفرض الآن أن رائد فضاء أخذ يدور بسفينته الفضائية حول ثقب أسود فماذا يرى رائد الفضاء إذا ما أطلق معملا فضائيا مناسبا من سفينته ومثبتا بداخله ساعة دقيقة إلى هذا الثقب الأسود.. حقيقة أن رائد الفضاء سوف يرى المعمل الفضائى يسير بسرعة عالية جدًا تجاه الثقب الأسود ويتضاءل حجمه كلما ابتعد عن رائد الفضاء. ثم تقل سرعة جريان المعمل الفضائى وكذلك تبطئ عقارب الساعة المثبتة فى المعمل من دورانها – بالنسبة إلى سرعة دوران عقارب ساعة رائد الفضاء – حتى أنها لا تكاد أن تتوقف عن الدوران لكنها لا تتوقف تماما وهذا يعنى أن الزمان يسير ببطء شديد فى المنطقة التى يتواجد فيها المعمل الفضائى بالقرب مع سطح الثقب الأسود.

من الغريب أن المعمل الفضائى هذا لا يمكنه الوصول إلى سطح الثقب الأسود ولكن خلال وقت قصير إذا ما افترضنا أن هناك رائد فضاء داخل المعمل الفضائى الذى أطلق من السفينة الأم فإنه سوف يجد نفسه وقد عبر بمعمله هذا حاجز أو

"أفق الحدث" ويدخل فى الثقب الأسود كما أنه لا يلاحظ أى تغيير فى سرعة دوران عقارب ساعته بل يراها تمضى كالمعتاد.

أما إذا كانت لديه وسيلة معينة لكى يرى عقارب ساعة زميله رائد فضاء فى السفينة الأم التى تدور حول الثقب الأسود فإنه يرأها وقد أخذت تدور بسرعة أكبر كلما اقترب هو من الثقب الأسود. مما يعنى أن الزمن يسير بطريقة مغايرة خارج الثقب الأسود وكذلك حوله عن الطريقة التى يمضى بها فى داخل الثقب الأسود. وعلى هذا الأساس فالزمن الذى يرأه راصد خارج الثقب الأسود يسمة بالزمن الإحداثى. ويسمى الزمن الذى يرأه رائد الفضاء فى المعمل الفضائى الذى هبط داخل الثقب الأسود باسم الزمن الحقيقى.

## اكتشاف الثقوب السوداء:

إذا كان هناك ثقب أسود عملاق وسط سحابة من غاز وغبار فإن الثقب الأسود سوف يشد تلك السحابة نحوه وسوف تدور السحابة فى دوامة عملاقة حول جسم الثقب الأسود. ويمكننا بذلك حينئذ اكتشاف الثقب الأسود إذا ما اكتشفنا دوامة الغبار والغاز التى تدور حوله.

وقام الفلكيون بمسح للسماء بحثا عن الثنائيات النجمية لعل واحدًا من تلك الثنائيات يكون فيه نجم غير مرئى وذو كثافة عالية تكفى لأن يكون ثقبا أسود.

وفى ديسمبر ١٩٧٠م سجلت أول مركبة فضائية كرست لرصد ودراسة الأشعة السينية الصادرة من الأجرام الكونية فى وقت قصير العديد من مصادر الأشعة السينية فى الكون، وبحلول ١٩٧٤م كانت قد تمت دراسة نحو ١٦٠مصدرًا من مصادر الأشعة السينية التى سجلتها السفينة "أوهورو" وكان العديد من تلك المصادر مرتبطا بالثنائيات النجمية ولقد اتضح لعلماء الفلك أنه إذا كان أحد الفريقين فى الزوج النجمى ثقبا أسود فإنه تحت ظروف معينة يؤثر فى صاحبه وقد يشد منه بعضا من مادته شدا وتدور تلك المادة حول الثقب الأسود مكونة قرصا يزداد حجمه باستمرار جذب الثقب الأسود لمادة الرفيق فى الزوج النجمى.

وباستمرار دوران ذلك القرص يصبح مثل الدوامة حول الثقب الأسود وكلما اقترب هذا القرص – الدوام من الثقب الأسود تولدت منه وفيه كمية كبيرة من الحرارة وأن الأجزاء الداخلية من القرص الدوار – الأقرب إلى الثقب الأسود تدور بسرعة أعلى من الأجزاء الخارجية أو الأبعد فى وضعها بالنسبة للثقب الأسود وينشأ عن اختلاف سرعة دوران الأجزاء الداخلية من القرص الدوار أو الدوامة تولد حرارة بسبب احتكاك مكونات القرص فيما بينها ويستمر تولد الحرارة كلما دارت الأجزاء الداخلية من القرص الدوار فى حلقة لولبية حتى تصل إلى قرب سطح الثقب الأسود وبسبب ارتفاع درجة حرارة مكونات القرص الدوار حول الثقب الأسود تتولد أشعة سينية وتنطلق بكميات كبيرة جدًا.

**رصد الثقوب السوداء:**

لو زادت الكتلة المركزية الناجمة عن انفجار "سوبر نوفا" عن ٣.٢ مثل كتلة الشمس فإنها ستتعرض لانقباض ساحق يؤول بها إلى ثقب أسود ولا يؤول على قزم أبيض ولا إلى نجم نيترونى. ويعتبر رصد الثقوب السوداء من الأمر شبه المستحيلة وذلك وجه اختلاف وعملى مهم يميزها عن النجوم النيترونية.

وإذا كانت الموجات الإشعاعية التى تنبعث من النجم النيترونى تتيح رصده بيسر. فما من شئ ذى بال ينبعث من الثقوب السوداء ولا أى نوع من الإشعاعات ومن ثم فإن التقنيات العادية المستخدمة مع الأجرام الأخرى فى رصد الثقوب السوداء المعزولة لا تصلح.

ولذلك فلا مجال لأن نرصد ثقبًا أسود معزولاً. إلا لو كان على درجة كافية من الثقل والقرب من الأرض أو كليهما معا تتيح له التأثير على مجال الجاذبية ومن الوارد نظريا أن يكون ثمة ملايين من الثقوب السوداء فى مثل كتلة النجوم العادية ومنتشرة فى المجرة دون أن ندرك أو نعى.

غير أن بعض الإشعاعات يمكن أن تنبعث من جوار الثقب الأسود إن لم يكن من الثقب ذاته. ولا يمكن فى الواقع أن يكون الثقب الأسود معزولا بشكل مطلق

فغالبا ما تكون هناك أجسام على مقربة منه حتى لو اقتصر الأمر على هبات الغبار والذرات الموجودة فيما بين النجوم والكواكب فى الفضاء والجزيئات التى تقترب من الثقب الأسود فإنها تتخذ مدارًا حوله فى إطار قرص متنام وشيئًا فشيئًا تعرج داخل الثقب الأسود وتطلق إشعاعات سينكروترونية على هيئة أشعة سينية.

غير أن الأشعة السينية المنبعثة من ثقب أسود لا يحيط به سوى المادة السابحة فى الفضاء تكون من الضعف بحيث يصعب رصدها إن لم يكن مستحيلاً. وبالتالى فهى لا توفر أى معلومة مفيدة. غير أن الأشعة السينية هذه سوف تنبعث باستمرار من مكان لا يمكن رؤية شئ فيه.

فى عام ١٩٧١م رصد القمر الصناعى "أوهورو" المجهز لاستقبال الأشعة السينية تغيرًا غير منتظم فى أحد المصادر القوية لتلك الأشعة ويبعث ذلك على الاعتقاد بأن المصدر المعنى ليس نجما نيترونيا ويرجح فى نفس الوقت احتمال أن يكون ثقبًا أسود.

وسرعان ما نركز الاهتمام على ذلك المصدر ورصدت موجات لاسلكية تنبعث منه وسجلت بدقة بالغة ويقع هذا المصدر على مقربة من نجم مرئى يرمز له فى السجلات H.D.226868 وهو نجم ساخن، ضخم الحجم وساطع، يعادل نحو ثلاثمائة مثل الشمس فى كتلته، وقد تبين بالفحص الدقيق أن ذلك انجم ثنائى يتحرك فى مدار تستغرق دورته ٥،٦ يوما ويستنتج من طبيعة المدار أن الطرف الأخر فى الثنائى تتراوح كتلته بين خمسة وثمانية أمثال الشمس لكن النجم القرين غير مرئى رغم أنه مصدر قوى للأشعة السينية، ومادام غير مرئى فلابد وأن يكون بالغ الضآلة ولما كانت كتلته كبيرة بدرجة تتجاوز القزم الأبيض أو النجم النيترونى يتجه التفكير إلى أن يكون ثقب أسود.

علاوة على ذلك تشير الدلائل إلى أن النجم H.D.226868 يتعرض للتمدد بما يبعث على الاعتقاد بأنه مقبل على مرحلة العملاق الأحمر وبالتالى يرجح أن بعض كتلته تنفصل منه وتعرج إلى قربته للثقب الأسود وربما كان القرص النامى حول ذلك الثقب هو مصدر الاشعة السينية.

على كل حال لو سلمنا بأن قرين النجم H.D.226868 ثقب أسود الأدلة مازالت غير مباشرة فلا شك أنه من رواسب انفجار سوبر نوفا سابق.

لم يستطع العلماء تفسير التدفقات الضيقة التى تنبعث من مصادر الطاقة المركزية لكثير من "أشباه النجوم" (الكوازارات) لذا أرجع السبب إلى الثقوب السوداء الفائقة الكتلة – ومن قبيل المفارقة فقد اقترح بعض الفلكيين منذ عهد قريب أن التصادمات النجمية قد تساعد على ضخ المادة فى تلك الثقوب السوداء.

ولقد تبين من الدراسات التى أجريت على بيانات القمر الصناعى "أوهورو" الذى أطلق لمسح السماء بحثا عن الأجسام التى تصدر أشعة سينية اكتشف نحو ١٠٠مصدر متألق فى درب التبانة وكان ١٠منها موجودة فى أكثف أنماط الحشود النجمية إلا وهى الحشود الكروية لكن هذه الحشود لا تشكل سوى ٠,٠٠١٪ من نجوم درب التبانة ولسبب ما تحوى هذه الحشود من منابع الأشعة السينية عددًا كبيرا لا يتناسب آليته مع عدد نجوم الحشود.

ولتفسير ذلك يجب علينا أن ننظر فيما يولد منابع الأشعة السينية هذه يظن أن كلا من هذه المنابع هو زوج من النجوم أحدها مات وانهار متحولاً إلى نجم نيترونى أو ثقب أسود ويقوم النجم النيترونى بالتهام رفيقه وبفعله هذا يسخن الغاز إلى درجات حرارة عالية جدًا ومن ثم يطلق أشعة سينية إن مثل هذه الاقترانات المروعة حدث نادر. والتطور المتزامن لنجمى حديثى الولادة فى نظام ثنائى لا ينجح فى توليد ثنائى مصدر لأشعة سينية ساطعة إلا مرة واحدة فقط فى كل بليون سنة.

لقد تبين للفلكيين أن هناك ازدحام للنجوم فى حشود كروية قد تكون هى العامل الحاسم حيث يوجد نحو مليون نجم مكدس فى حيز عرضه بضع عشرات من السنين الضوئية ولا يتسع مثل هذا الحجم بالقرب من الشمس إلا لنحو مائة نجم فقط وبذلك فإن النجوم تتحرك فى مدارات دائمة التغير. أما النجوم التى لها كتل أقل فإنها تميل إلى أن تقذف خارج الحشد وذلك نتيجة اكتسابها طاقة خلال مواجهاتها عن كثب نجوما وحيدة أو ثنائية ذات كتل أكبر وتسمى هذه العملية