الباب السادس
انفجار النجوم

يمكن لنا بكل بساطة مشاهدة المقذوفات الانفجارية التى تندفع من أسطح النجوم على أوسع نطاق، عندما تنفجر النجوم العملاقة أو النجوم العملاقة الفائقة والتى يطلق عليها النجوم الجديدة... وليس فى " النجم الجديد" من شئ جديد إلا إنه نجم يتفجر... لا بل أن النجوم الجديدة ليست فى واقع الأمر إلا نجومًا ممعنة فى القدم تحاول أن تتخلص من وضع لا قبل لها بالصبر عليه من القدم ولكنها فى محاولتها التخلص من هذا الوضع تتخذ لها أسلوبًا عنيفًا.

لا تدوم النجوم إلى الأبد، ففى النهاية لابد أن ينفذ وقودها وتتغير موازين القوى بداخلها وقد يحدث هذا بعنف أحيانًا.

ويعرف الفلكيون حاليًا ما يحدث لنجم ما عندما تنتهى حياته فبعض النجوم يخبو ببساطة بينما تنفجر بعضها الأخر مكونًا كرة هائلة من النار.

كلما كان النجم ضخمًا كانت نهايته أشد عنفًا ولكن معظم النجوم تنهى أخر أيامها بنفس طريق شمسنا ذاتها.

من المعروف أن الشمس "النجوم" ـ لأن شمسنا ما هى إلا نجم من نجوم مجرتنا التى نطلق عليها أسم " درب التبانة" أو " سكة التبانة" أو "الطريق اللبني" ـ تتكون أساسًا من الأيدروجين وهو أخف العناصر المعروفة على الإطلاق فى الكون.. وأن مركز الشمس بالغ الحرارة حيث تصل درجة حرارته إلى نحو ١٥

مليون درجة وعندما تأخذ درجات المادة فى التسابق مع بعضها بسرعات عالية قد تصل إلى ١٠٠٠ كيلومتر فى الثانية ـ التصادمات التى تتم بهذه السرعات ممكنة تمامًا، ومن العنف بحيث أن الجسيمات قد تلتصق ببعضها البعض فيما يسمى بالاندماج النووى ولما كانت كل الجسيمات الضالعة فى هذه التصادمات شائعة الوجود فى الكون، ومن ثم شائعة على الأرض، فقد قام العلماء بقياس كتلها فوجدوا أن ناتج كتلة الجسيمات المتجمدة أقل من مجموع كتلها إذا كانت منفردة وأن الكتلة التى اختفت عندما اندمجت الجسيمات معًا قد تحولت إلى طاقة.

وكلما تحول القلب بالتدرج من هيدروجين إلى العنصر الأثقل وهو الهليوم، فإن الضغط الداخلى يزداد وترتفع درجة الحرارة مما يجعل النجم يسطع بلمعان أشد وفى النهاية لا يتبقى هيدروجين فى قلب النجم وتتوقف بذلك عمليات الاندماج النووى.

وإلى هنا فإن قوى الجاذبية المتجهة إلى الداخل محاولة تقليص حجم النجم تواجه بقوى مساوية ومعاندة تتجه على الخارج بسبب الحرارة الشديدة الناجمة عن النشاط النووى بالقلب. ومع أن الاندماج يتوقف تداخل قلب النجم فإنه يستمر فى قشرة تحيط به من الخارج، وهكذا يتساقط المزيد من الهليوم إلى القلب إلى أن يصبح غير قادر على الاحتفاظ بوزنه فيأخذ فى التداعى وهذه العملية نفسها تولد حرارة تجعل الطبقات الخارجية تتمدد، وتبلغ درجة تمدد السطح حدًا يجعله يبدأ فى البرودة، حتى يصير لونه أحمر باهتًا فيطلق على النجم ـ حينئذ ـ العملاق الأحمر، وعندما يحدث هذا للشمس فإنها تأخذ فى الكبر والتضخم حتى تبتلع كواكب عطارد والزهرة والأرض وعندئذ سيتبخر كل ما على الأرض من حياة، والطبقات الخارجية للنجم المحتضر تتمدد فى النهاية فى الفضاء مخلفة وراؤها نجمًا صغيرًا باردًا يطلق عليه ـ القزم الأبيض وهذا الأخير تزداد برودته بالتدريج حتى يختفى عن الأنظار، يعتقد الفلكيون أن مصيرًا مختلفًا ينتظر النجوم التى تزيد أوزانها على ١٢ ضعف وزن الشمس، حيث يتداعى قلب هذه " الأوزان الثقيلة" فجأة بحيث ينخفض حجمها عن حجم الأرض ـ مثلا ـ إلى ما يتراوح بين ١٠، ١٠٠ كيلوا مترا

فى القطر فى أقل من ثانية واحدة، وتكون صدمة هذا الانهيار المباغت من العنف بحيث تتطاير طبعات النجم الخارجية فى انفجار عملاق يسمى "سوبر نوفا وأكثر النجوم" اكسوبر السوبر نوفا لامعة ويمكن رؤيتها بالعين المجردة، بوضوح ويقدر الفلكيون أنها لابد أن تكون ساطعة عشرة ملايين مرة أكثر من الشمس وإن كانت لا تستمر بهذه الدرجة طويلًا.

فعندما تنفجر القشرة الخارجية للنجوم نحو الفضاء، فإنها تتمدد، ثم تبرد، ثم تفقد بريقها وتتلاشى تمامًا بعد عدة اشهر.

أما قلب النجم المتداعى،فإنه يكون كثيفًا لدرجة لا تصدق، ولدرجة أن العناصر والمركبات الكيميائية لا يمكن أن توجد كما نعرفها. والنجم المحتضر يكون غالبًا جسيمات تسمى نيوترونات ولذا فهو يسمى نجمًا نيترونيا.

وحيث أن كمية هائلة من المادة تنضغط فى حيز ضئيل جدًا فإن قوى الجاذبية عند سطح النجم تكون هائلة جدًا وقد تصل إلى ١٠٠ ألف مليون مرة مثل قوة الجاذبية على سطح الأرض.

والانهيار الذى يؤدى إلى تكون النجم النيترونى يكون فجائيًا إلى الحد الذى يدور فيه النجم حول نفسه بسرعة كبيرة ـ أى نحو ألف مرة مثل قوة الجاذبية ألف مرة فى الثانية ـ أما الجسيمات التى تطايرت من سطح النجم يتم اصطيادها بسرعة مرة أخرى بالمجال المغناطيسى الجبار الذى يحيط بالنجم، وتطلق تلك الجسيمات موجات لاسلكية يضغط عليها المجال المغناطيسى فتنقسم إلى حزمتين من الأشعة، وعند دوران النجم حول نفسه فإن هذه الحزم من الأشعة تمسح السماء مثلما تفصل الأضواء المنبعثة من الفنارات فى الموانئ، ولذا يستطيع الفلكيون رصدها وهم على الأرض، ويدل معدل وميض النجم سطوعًا وانطفاء ويتأثر الموجات اللاسلكية على مدى السرعة التى يدور بها الجسم حول نفسه.

وبعض من هذا النجوم تنفجر فى مواعيد منتظمة أو حتى شبه منتظمة فتنفجر كل بضعة أسابيع وهناك طائفة أخرى منها أعنف واعتب ينتابها التفجر كل بضع

سنوات أما " النجوم الجديدة " اللامعة ـ فإن انفجارها لا يحدث إلا نادرًا فقد يمضى بين التفجر والتفجر بعضه آلاف وأحيانًا بضعة ملايين من الأعوام. لاحظ أن كلمة جديدة لا تعنى نجمًا جديدًا يقدر ما تعنى حالة الحدة التى طرأت على النجم نتيجة الانفجارات التى جعلته لامعا. يرى بالعين المجردة بعد أن كان خافتًا لا يرى بها.

أما أعنف تلك الانفجارات وأشدها هولًا فهى انفجارات النجوم " فوق الجديدة " تلك النجوم التى تحدث للنجم إلا مرة واحدة خلال حياتها المقدرة لها. فهى أقوى انفجارات يمكن أن يشهدها البشر. وعلى كل حال فكل هذه النجوم المتفجرة تقذف ببعض أجزائها فى الفضاء وتختلف شدة القذف باختلاف قوة الانفجار.

ويمكن للراصدين تتبع حركات المادة التى يقذفها سطح النجم الجديد تتبعًا تفصيليًا بدراسة أشعتها المميزة، ففى الساعات الأولى للانفجار لا يعانى النجم سوى انتفاخ يأخذ فى التزايد فى سرعة كبيرة وقد يبلغ معدل الانتفاخ ٤٠٠٠ كيلوا مترا فى الثانية الواحد، وتزداد ضخامة النجم شيئًا فشيئًا بينما يزداد تألقه وتبدو بشرة النجم فى حالة تمدد مستمر وأكنها بالون ينتفخ وفجأة يبلغ تألق النجم الذروة القصوى وتلوح البشرة كأنها فى حالة تمزق وانفجار ويندفع من باطن النجم دفعات متلاحقة من المواد المتوهجة.

تندفع كرات الغاز المتوهجة فى كل جانب والسطح يتذبذب فى عنف والأمواج تتدفق إلى السطح متدافقه متلاحقة والذرات تتناثر منطلقة فى كل أنحاء وليست هذه الصورة سرحه من سرحات الخيال وتدل الشواهد على أن المواد المقذوفة تكون فى مبدأ الأمر ذات كثافة عالية نوعا ما وبعد أن يتمزق السطح، يشاهد ضوء ذرات متوهجة تحيد بجسم النجم مكونة طبقة كريه ملونة ضخمة حوله، يمكن أن نطلق عليها أسم " الغلاف النجمى " ولكن تغيرًا مفاجئًا لا يلبث أن يحدث فالغلاف النجمى يواصل تمدده فى سرعة خيالية وتتضاءل الذرات وتقل الكثافة ويظهر ما

يسمى بـ " الخطوط الطيفية الجراء " وأول ما يظهر منها تلك الخطوط التى تتلاءم مع الكثافة العالية للإلكترونات وما يلبث الغلاف أن يتوهج وكأنه هالة وبازدياد رقة الغازات تتوهج الكتلة المتمددة كالسديم.

وأخيرًا يتوقف تناثر الذرات، وتتضاءل الغازات متسربة إلى الفضاء ويهمد تألق الإشعاعات ويهبط وميض النجم الجديد مرتد إلى درجته الأولى.

إن منظر النجوم الجديدة رائع خلاب أخاذ ولكن معظمها ينطبق عليه المثل القائل " زوبعة فى فنجان " وحال من يشاهدها كحال من يسمع جعجعة ولا يرى طحنا وذلك أن الجزء من النجم الذى يتناثر نتيجة للانفجار ليس إلى شطرًا ضئيلًا من كتلة النجم وتمر الكارثة ـ أيا كان سببها ـ فلا تخلف فى النجم أى أثرا مذكورًا، ولا تعد الكارثة فاجعة حقًا إلا فى حالة النجوم فرق الجديدة ـ سوبر نوفا ـ فإن الجزء الأكبر من النجم يتحطم ويتناثر فى الفضاء ولا يتخلف من النجم إلا شظية ضئيلة ـ هى عبارة عن نجم صغير ـ هو كل ما بقى من العملاق الذى تحطم إربا إربا فى الفضاء.

والواقع أن الذى تشاهده فى حالة النجم الجديد هو منظر نجم فى حالة تفجر، أما فى حالة السديم الكوكبى فالمعتقد أن غلاف المتوهج ليس إلى الأثر المتخلف عن هذا الانفجار.

ليس المتجدد نجمًا جديدًا بل هو نجم يكون مظلمًا تقريبًا وفجأة يضئ بعض المتجددات بلغت تألقًا شديدًا فى ضيائها، ومن أمثلتها متجدد " فرساوس " الذى شوهد فى عام ١٩٠١م، ومتجدد " النسر " الذى شوهد فى عام ١٩١٨م قد تعديا عند حدهما الأقصى، القدر الأول، بعد أن يبلغ التجدد ذروته من التألق، يخفت من جديد ويعود إلى ضيائه الأساسى السابق الضعيف وقد يستغرق ذلك عدة سنوات يعتقد أنه عندما يحدث التوازن لدى متجدد لا تتأثر به سوى طبقات الثوران النجم الخارجية بينما عندما ينفجر عملاق أعظم يغطى النجم كليًا أكثر المتجددات ـ ولعل جميعها ـ ثنائيات مطيافيه.

وأحد المتجددات الأكثر إثارة للاهتمام فى الأزمنة الحديثة هو الذى أكتشف عام ١٩٦٧م والمسمى " هـ. ر. الدلفين " لم يتعد ضياؤه القدر ٣.٦ لكنه كان بطئ الذبول وظل يرى بالعين المجردة لمدة سنة كاملة، وفى عام ١٩٧٥م انحدر إلى مادون القدر (١١) لكن من الأرجح أنه لن يستطيع التدنى أكثر من ذلك وهو أيضًا يعتبر من ضمن المتجددات القليلة التى كان يعرف قبل ثورانها أنها من القدر (١٢) بما أنه يبعد عنا مسافة ٣٠ ألف سنة ضوئية فما تشاهده فيه الآن ما هو سوى نتائج انفجار حدث فيه قبل ٣٠ ألف سنة.

وكل المواد التى تقذفها النجوم فوق الجديد وقيل أنها تفقد علاماتها الملونة بالتدريج كل هذا الطفح لا يمكن أن يكون المواد غير المتماسكة التى تشاهدها متجمعة كثيفة فى طريق النجوم والحقيقة الخطيرة التى كشف عنها العلم أن المادة " الناضجة " التى تدخل فى تركيب النجوم لا تختلف فى شئ من حيث الخواص والتركيب عن المادة الخام التى لم تسبق أن دخلت فى تركيبها.

أما النجوم الجديدة فأطيافها تختلف عن أطياف كل الأجسام التى أمكن رصدها حتى الآن، لذلك كان من الصعب أن تحدد المواد التى تدخل فى تركيبها غير أنه فى وسعنا أن نحدد المواد التى تدخل فى هذا التراكيب ويلوح أن بها كمية ضئيلة من الأيدروجين وهو المادة الرئيسية التى تتكون منها معظم النجوم وكل سدم النجوم.

من غير المحتمل أن تموت النجوم دون أن تحتج على مصيرها المحتوم بطريق مثيرة ونستطيع أن نرى كيف يحدث ذلك ببحث الكيفية التى تستهلك بها البقية الباقية من أيدروجينها فمن الواضح أن الغلاف المولد للطاقة لا يمكن أن يمتد لغاية السطح نفسه إذا أن درجة الحرارة اللازمة لتوليد الطاقة تتجاوز ١٠ ملايين درجة، ولا يمكن أن تكون درجة حرارة سطح نجم من النجوم بهذه الدرجة العالية وإلا كان طوفان الطاقة المنطلقة إلى الفضاء كبيرًا إلى درجة مستحيلة ومع ذلك يبدو أن النجوم تستهلك أيدروجينها لغاية السطح نفسه.

ومن الطرق التى يستهلك بها الأيدروجين الخارجى أن ينقل إلى مناطق الباطن

المولدة للطاقة بواسطة تيارات داخلية وهذا يعنى أنه بدلاً من أن يضاف كل الهليوم الناتج فى المنطقة المولدة للطاقة إلى النواة فإنه يستبدل جزئيًا ببعض أيدروجين السطح، وفى حين أنه هذه العملية تحدث فعلًا إلى حد ما، إلا أن ثمة أسبابا قوية تدعونا إلى الاعتقاد بأن هذه العملية ليست كل القصة وأن أخر كمية من أيدروجين النجم تستنفذ بطريقة مختلفة.

أن المادة تنحل فى جميع أرجاء النجم ما عدًا طبقات الغلاف المضئ المباشر إذا ما انحل الغشاء الخارجى للأيدروجين أو انحل جانب كبير منه، فلابد أن تنشأ حالة انفجارية أى تحدث فرقعة النواة حقيقة أن هناك انفجارات عنيفة قد تحدث بهذه الكيفية، بيد أنه يوجد اختلاف كبير بين هذا الحالة وفرقة النواة فإن الانفجار يحدث الآن فى الجزء الخارجى للنجم حيث ينبغى أن يكون رصده ميسورًا.

ويمكن التعبير عن نتائج العمليات الرياضية الدقيقة لطريقتين فإذا كانت المولدة تتحول كلها إلى حركة، فإن المادة المنفجرة ـ إذا لم تكن واقعة تحت تأثير قوة جاذبية النجم الكابحة ـ تندفع إلى الخارج بسرعة يبلغ متوسطها نحو ١٠٠٠ كم فى الثانية ومن جهة أخرى إذا تحولت الطاقة كلها إلى حرارة وكانت كمية الأيدروجين التى يتناولها الانفجار تبلغ ١٠٪ فقط من كتلة الشمس فإن النجم يستمر فى الإضاءة عدة أسابيع بمعدل يزيد عن معدل إضاءة الشمس بنحو ١٠٠ ألف مرة وهذا يوحى بأن هذه الحالة لها علاقة بالنجوم المتفجرة التى يطلق عليها اسم المتفجرات العادية، والمتفجر العادى هو نجم يشاهد لمعانه يزداد فجأة عن لمعان الشمس من نحو ٣٠ مرة إلى نحو ١٠٠ ألف مرة، والمتفجر العادى النموذجى يستمر بهذا اللمعان أسبوعا وقد عرفنا أن النجوم تعيش على الأيدروجين فهل هناك دليل على هذا أقوى مما نلاحظه من أن النجوم فوق الجديدة هى فى نفس الوقت النجوم التى تفتقر إلى الأيدروجين؟ ويلاحظ أن هذه النجوم هى الوحيدة بين النجوم التى تعانى انقلابات جوهرية شاملة يمكن ملاحظتها بأعيننا فمن حقنا إذا أن نعتبر هذا النوع من النجوم نجومًا " مفلسة " وقد صفت حسابها.

إن المنطقة التى نعيش فيها من المجرة يسودها ضباب خفيف من الذرات المتألقة وهى متباعدة بوضعها عن بعض على حالة انتشار كبير، لذلك لا يبدو سدمًا متميزة متألقة، ولكن يمكن تصوير ضوئها بأجهزة أعدت خصيصًا لهذا الغرض.

وذرات هذا الضباب متناثرة متباعدة بعضها عن بعض إلى درجة يصعب تصورها حتى لا يحوى السنتيمتر المكعب غير ذرة واحدة فكثافة هذا الغاز لا تزيد على جزء من ألف جزء من كثافة سديم الجبار.

وبرغم تباعد ذرات الغاز فإن الفراغ النجمى موزع على حج يبلغ من الضخامة إلى حد أن متوسط كثافته لا يختلف كثيرًا عن متوسط كثافة النجوم الموجود فى نفس المنطقة فى جزء المجرة الذى نعيش فيه وهو طريق المرور الرئيسى فى مجموعتنا النجمية من المواد غير النجمية قدر ما يوجد من المواد النجمية ومن المحتمل أن تكون النجوم قد قذفت جزءًا من مادة الفراغ النجمى ولكن الجزء الأكبر من مادة الفراغ النجمى يعتبر من المواد الأولية التى لم يسبق لها فى الماضى أن دخلت فى تركيب نجم من النجوم.

النجوم المتغيرة الانفجارية

يربو عددها المعروف عن ٢٧٢١ نجمًا هو تلك النجوم التى تتميز بقذفها لأجزاء من مادة جسمها إلى الفراغ خلال مراحل عمرها وتتراوح أنواع النجوم الانفجارية ما بين المستعرات Nova وما فوق المستعرات Supernova وفيها تحدث انفجارات هائلة ترفع لمعان النجم عدة أقدار نجمية ومنها أيضًا المتغيرات السديمية وهو نجوم شابة فى المراحل المبكرة من تكوينها النجمى.

وتحمل أسماء النجوم المتغيرة الانفجارية بعض الرموز التى تدل على خصائصها الفيزيائية ويمكن حصرها فى المجموعات التالية

١- نجوم قزميه جديدة ساخنة يزداد لمعانها سريعًا خلال عدة أيام من ٧ ـ ١٦ قدرًا نجميًا، ثم ينخفض ببطء شديد يستغرق عدة سنوات أو حتى عشرات السنين حتى يعود اللمعان إلى نهايته الصغرى، التى يظهر عندها بعض التقلبات وعند

النهاية العظمى للمعان يكون الطيف امتصاصيا، بالإضافة إلى خطوط انبعاث الهيدروجين والهليوم والعناصر الأخرى.

٢- Na نجوم جديدة متميزة بزيادة سريعة فى اللمعان لتصل إلى قيمة معينة ثم ينخفض اللمعان إلى ٣ أقدار نجمية فى مدى ١٠٠ يوم.

٣- Nb نجوم جديدة نموذجية مع زيادة بطيئة فى اللمعان حيث أنها تتغير فى حدود ٣ أقدر نموذجية.

٤- Nc نجوم جديدة ذات نمو بطئ متميزة فى اللمعان، حيث تصل أقصى لمعان خلال عام ثم يتناقص ببطء شديد.

٥- Nd نجوم متجددة جديدة وتختلف عما قبلها فى أنها يمكن أن تبعث ومضه أو أكثر أثناء دورتها.

٦- Ne متغير شبه مستعر وتشكل أنواعا مختلفة.

٧- Sn7k نجوم فوق مستعرة يزداد لمعانها لأكثر من ٢٠ قدرًا نجميًا ثم يقل ببطء.

تعتبر نجوم فوق المستعرات نمطًا قياسيًا للنجوم الانفجارية فهى إما نجم ثقيل ساخن ينفجر أو قزم أبيض فى نظام ثنائى يحترق وتدل خطوط الانبعاثات فى أطيافها أن المادة تنطلق منها فى انفجارات قوية، يتساوى ضوء المستعرة فى قمته مع السطوع الكلى للمجرة كلها.. ويمكن أن يرى انفجارها بالعين المجردة... ومثالها الذى حدث لفوق المستعرة ١٩٨٧م وكذلك التى انفجرت فى ٢٣ فبراير ١٩٨٧م.

فى الصباح الباكر من يوم ٢٣ يناير ١٩٩٩م رؤى وميضا باهتًا من الضوء واردا من كوكبه الإكليل ومع أنه كان يرى بصعوبة بالغة من خلال التلسكوبات الصغيرة ـ نظارات ميدان ـ فقد تبين أنه أسطح الانفجارات التى شاهدها الناس حتى الآن، ولو أن هذا الانفجار حدث على مسافة بضعة آلاف من السنين الضوئية فقط ـ السنة الضوئية ١٠ مليون مليون كيلومتر ـ لكان سطوعه مماثلًا لسطوع الشمس فى الهاجرة، وتعرض الأرض لجرعات من الإشعاع تكفى تقريبًا للقضاء على كل ما حى عليها.

كان الوميض دفعة أخرى من دفعات أشعة جاما الشهيرة وقد حدث أول رؤية لدفعة من أشعة جاما فى ٢ يوليو ١٩٦٧م وعلى كل حال قبل عام ١٩٩٧م كان كل ما نعرفه من دفعات أشعة جاما يستند إلى الأرصاد التى زودتنا بها تجربة الدفعة والمصدر العابرة التى كانت تنفذ على متن مرصد كومثون لأشعة جاما وأمكن للعلماء تقسيم الدفعات إلى فئتين دفعات قصيرة الأجل تدوم أقل من ثانيتين وأخرى طويلة الأجل تدون مدة أطول وهذه الأخيرة هى الأكثر حدوثًا وتختلف الفئتان طيفيًا ففى الدفعات القصير الأجل تكون طاقة أشعة جاما أعلى نسبيًا منها فى الدفعات الطويلة الأجل، وقد ثبت الدفعة التى حدثت فى يوم ٢٣ يناير ١٩٩٩م أشعة جاما لمدة دقيقة ونصف الدقيقة.

ولسوء الحظ فإن أشعة جاما وحدها لم تزودنا بما يكفى من المعلومات لحسم هذه المسألة تمامًا ولابد للباحثين من كشف إشعاع من دفعات بأطوال موجية أخرى فالضوء المرئى مثلًا يمكن من كشف المجرات التى تحدث فيها الدفقات الأمر الذى يمكن من قياس المسافات التى تفصلنا عنها.

لقد حدث تقدم مفاجئ فى هذا المجال عام ١٩٩٦م فقد حدد العلماء مواقع دفقات أشعة جاما بدقة وبكشف الإشفاق " التوهجات اللاحقة " لأشعتها السينية " ويظهر الشفق عندما تختفى إشارة شعاع جاما ويستمر وجود الشفق أيامًا قد تمتد إلى شهور، وهو يضعف من الزمن ويتحول من أشعة سينية على أشعة أقل فاعلية تضم ضوءًا مرئيًا وموجات راديويه. وأصبح بعد ذلك فى مقدور التلسكوبات الضوئية والراديوية تعيين تلك المجرات التى تحدث فيها دفعات أشعة جاما وجميعها تبعد عنا بملايين السنيين الضوئية وقد بدأ الباحثون يربطون دفعات أشعة جاما بأكثر الأجسام التى عرفوها تطرفًا وهى الثقوب السوداء.

يمكن لدفقه من أشعة جاما أن تبدأ إما باندماج نجمين نيوترونين وهى جثث نجمية ذات كثافة فائقة وإما بانهيار نجم ضخم وكل من هذه الحدثين يولد ثقبًا أسود محاطًا يقرص من المادة ويقوم النظام المكون من الثقب والقرص بدوره بضخ

دفقه من المادة نحو الخارج بسرعة قريبة من سرعة الضوء، وعندئذ تطلق موجات الصدم داخل هذه المادة إشعاعًا.

يتضمن كثير من الظاهرات السماوية مجموعة مكونة من ثقب وقرص ذات كتلة هائلة تسمح بإطلاق قدر هائل من الطاقة. وتفتقر كتلة القرص إلى نجم رفيق يعيد تزويدها بالمادة.

للثقب الأسود والقرص مستودعان كبيران للطاقة هى الطاقة الدورانية للثقب والطاقة التثاقلية للقرص لكن كيفية تحول هذين المستودعين إلى أشعة جاما مسألة ما زالت غير مفهومة تمامًا، من الممكن أن ينشأ تدريجيًا مجال مغناطيسى شدته أكبر بنحو ١٠ ^{١٥} مرة من شدة المجال المغناطيسى للأرض وذلك خلال تكون القرص عندئذ يسخن مجال القرص ليبلغ درجات حرارة عالية تجعله يطلق كرة نارية مكونة بين أشعة جاما وبلازما وتنقسم الكرة النارية إلى نفثتين ضيقتين تجريان على طول محور الدوران.

أن دفقات أشعة جاما توجد عادة حيث يتوقع للمستعرات المفرطة أن تحدث ـ أى فى مناطق تكون النجوم الجديدة داخل المجرات هذا وينفجر النجم الضخم بعد ولادته بوقت قصير بعد بضعة ملايين من السنين ـ ومن ثم فإن مكان احتضاره يكون قريبًا جدًا من مكان ولادته وبالمقابل فإن اندماج النجوم المتضامة يستغرق وقتًا أطول بكثير ـ يقدر بملايين السنين ـ وفى نفس الوقت تقوم تلك الأجسام بالانسياق عبر المجرة بكاملها ولو كانت الأجسام المتضامة هى المتهمة لما كانت دفقات أشعة جاما تحدث على نحو تفصيلى فى مناطق التكون النجمى.

وعلى كل حال فقد قطع الفلكيون شوطًا طويلًا فى فهم دفقات أشعة جاما لكنهم مازالوا لا يعرفون بدقة سبب هذه الانفجارات ثم أنهم لا يعرفون سوى القليل من التنوع الواسع والفئات الفرعية لهذه الدفقات.

لقد بينت هذه الاكتشافات الحديثة كلها أن هذا الموضوع قد يمكننا من الإجابة عن بعض أهم الأسئلة الأساسية فى علم الفلك منها كيف تنهى النجوم حياتها؟ كيف وأين تتكون الثقوب السوداء؟ وما طبيعة النفثات المتدفقة من جسم منهار.

أن الدفقة التى حدثت فى ٨ مايو ١٩٩٧م قد وفرت لنا الأرصاد الراديويه التى أجريت لشفقها دليلًا أساسيًا كان التوهج يتغير بغير نظام إذا كانت شدته خلال الأسابيع الثلاثة الأولى ترتفع وتنخفض بمعامل قدرة اثنان تقريبًا ثم تستقر بعد ذلك وتبدأ بالتناقص، ومن المحتمل ألا يكون لتلك التغيرات الكبيرة علاقة بمصدرة الدفقة نفسه إذ أنها تتعلق بانتشار ضوء الشفق عبر الفضاء، فكما أن جو الأرض يجعل ضوء النجوم تتلألأ فإن البلازما بين النجمية تجعل شدة الموجات الراديويه تعلو وتهبط أيضًا ولكى تكون هذه الظاهرة مرئية يجب أن يكون المصدر صغيرًا وبعيدًا جدًا إلى درجة يبدو لنا فيها مجرد نقطة وهذا وإن الكواكب لا تتلألأ لأن قربها النجمى النسبى يجعلها تبدو لنا كأقراص وليس كنقاط.

ومن ثم إذا كانت الدفقة تتلألأ عند أطوال موجية راديويه، ثم تتوقف فلابد أن يكون مصدرها قد نما من مجرد نقطة إلى قرص يمكن تمييزه وعنى " إمكان التميز " فى هذه الحالة أن امتداد المصدر يقدر ببضعة أسابيع ضوئية ولبلوغ هذا الحجم فلابد أن يتمدد المصدر بسرعة عالية ـ قريبة من سرعة الضوء ـ ٣٠٠ ألف كيلومترا فى الثانية.

لقد كانت الدفقة التى حدثت فى ٢٣ سبتمبر ١٩٩٩م مفيدة جدًا فى تباين القدرة الهائلة للدفقات، فلو أن أطلقت تلك الدفقة طاقتها بالتساوى فى جميع الاتجاهات فسوف تكون لها ضيائيه ببضعة مضاعفات 10^{45} وات أى 10^{19} مرة من ضيائيه شمسنا ومع أن النمط الأخر المشهور من الجانحات الكونية، وهو انفجار المستعرات الأعظمية يحرر قدرا مماثلًا تقريبًا من الطاقة، إلا أن معظم تلك الطاقة يهرب على شكل نيوترينوهات ويكون تسرب الباقى أيضًا مما هو عليه الحال فى دفقه الأشعة جاما، وترتب على ذلك أن ضيائيه مستعر أعظمى فى أى لحظة معطاة ليست سوى جزء ضئيل من ضباب دفقه لأشعة جاما حتى الكوازارات التى لها سطوع متميز فإنها لا تطلق سوى 10^{40} وات تقريبًا.

الصلة بين دفقات أشعة جاما والمستعرات الأعظمية

كان أحد أكثر الاكتشافات إثارة للاهتمام هو الصلة بين دفقات أشعة جاما والمستعرات الأعظمية فعندما وجهت التلسكوبات إلى الدفقة التى حدثت فى ٨/ ٥

/ ١٩٩٧م عثرت أيضًا على مستعر أعظمى قد سبق له أن انفجر فى نفس الوقت تقريبًا الذى حدثت فيه تلك الدفقة وكان احتمال وقوع هذين الحدثين فى وقت واحد يساوى واحدًا فى عشرة آلاف.

وقد أدى اكتشاف الحديد فى أطياف الأشعة السينية لكثير من دفقات أشعة جاما إلى اقتراح وجود ارتباط بين دفقات أشعة جاما والمستعرات الأعظمية ومن المعروف أن ذرات الحديد تنتج وتلقى فى الفضاء بين النجمى نتيجة لانفجارات المستعرات الاعظمية وإذا جردت هذه الذرات من إلكتروناتها ثم أعيدت أليها ثانية فى وقت لاحق فإنها تصدر ضوء بأطوال موجية متميزة تسمى خطوط إصدار وفى وقت سابق أتبعت الاكتشافات الهامشية لهذه الخطوط التى أجارها عام ١٩٩٧م كل من الساتل " بيوس ساكس " وساتل الأشعة السينية اليابانى أكثر دقة وتجدر الإشارة إلى أن مرصد شاندرا للأشعة السينية التابع للوكالة الأمريكية " ناسا " اكتشف خطوط حديد فى الدفقة التى حدثت فى ٢٢ يناير ١٩٩٩ وهذا سمح بإجراء قياس مباشر للمسافة التى تفصلنا عن تلك الدفقة وهذه المسافة تتفق مع المسافة التى قدرة لبعد المجرة التى حدثت فيها الدفقة.

وقد أجريت أرصاد إضافية أكدت الصلة بين دفقات أشعة جاما والمستعرات الأعظمية فقد ظهرت سمة لامتصاص الحديد فى طيف الأشعة السينية لدفقه أشعة جاما GRB 990705 وفى القشرة الغازية المحيطة بدفقه أخرى GRB 011 2 11 وجد ساتل الأشعة السينية المتعددة المرايا ـ X- ray Multi – Mirrors satellite التابع لوكالة الفضاء الأوربية دليلًا على خطوط إصدار من الذرات المستثارة للسيليكون والكبريت والأراجون وعناصر أخرى تطلقها عادة المستعرات الأعظمية.

أن نبضات أشعة جاما العالية الطاقة والمنخفضة الطاقة تصل بفارق عدة ثوان، ولا يعرف أحد سبب عدم تواقت هذه النبضات بيد أنه أيا كان السبب فإن دفقات أشعة جاما الغريبة هذه تحدث بنفس المعدل الذى يحدث به نمط معين من

المستعرات الأعظمية يسمى Type Ib/c والذى يحدث عندما ينفجر قلب نجم ضخم ـ ينفجر أو ينهار نحو الداخل.

لقد رأى الفلكيون الصينيون الأوائل " السوبر نوفا " عام ١٠٠٦م، ١٠٥٤م، ١٥٧٢م، ١٦٠٤م وقد أطلقوا عليها اسم النجوم " الضيوف " لأنها كانت تصل وتظل فترة معينة ثم ترحل ثانية، على أنه هذه النجوم ليست بالظواهر النادرة للغاية، وكثيرًا منها قد رحل دون أن يرصده أحد أو أنه كان مختفيًا خلف سحب الغاز والأتربة، وقد قام الفلكيون المعاصرون بمسح السماء بحثًا عن بقايا " السوبر نوفا " وطبقًا لدراساتهم فإن نجمًا واحدًا للبحث من السوبر نوفا يحدث فى مجرة " درب التبانة " مرة كل ١٠٠عام.

نوفا هى كلمة جديد فى اللغة اللاتينية، وعندما رصدت النوفا لأول مرة كان يظن أنها نجومًا جديدة تظهر بطريقة ما ثم تخبو تدريجيًا، إننا نعرف أنه عند اكتشاف نوفا يمكن معرفة ما قبل النوفا ـ النجم الأكثر خفوتًا والذى انفجر وأنتج النوفا ، وبين طيف نوفا أن بعض المادة قد قذفت بعد وقت قصير من الانفجار وأن النوفا تكون محاطة بغاز ساخن مشع وأن الغازات المقذوفة تتمدد مبتعدة عن النجم بسرعات تمتد من مئات قليلة إلى أكثر من ٢٠٠٠من الكيلومترات كل ثانية فى بعض الأرصاد تكون النوفا قريبة منا بدرجة أن سحابة الغازات الممتدة يمكن تميزها بواسطة التليسكوبات البصرية والراديوية بعد انفجارها بقليل.

يمكن القول أن النجوم التى مرت بمرحلة النوفا أن معظمها أو كلها هى حقيقة نجوم مزدوجة وقد افترضت النظريات أن وجود النجم الرفيق يشير بطريق ما إلى حدوث انفجار النوفا ـ وأحد الاحتمالات من بين الكثير مؤداة أن فقد المادة يتم عن طريق سقوط أحد النجوم على الأخر فيوفر الطاقة التى تسبب أو تشعل الانفجار.

تنتج السوبر نوفا عن انفجار يزيد كثيرًا فى حدته عن حالة النوفا ويزداد بريق النوفا بمعامل قدرة ١٠ آلاف مرة عند انفجارها وقذفها لسحابة الغاز وعند عمة بريقها يجب أن تسبح واحدة من المع النجوم فى المجرة، أو فى المجرة التى تحدث بها الانفجار.

نسبة كبيرة من كتلة النجم تتمزق بالانفجار وتتناثر فى الفضاء مخلفة سحابة الغاز المتمدد وتعرف باسم بقايا السوبر نوفا وتتراوح سرعات التمدد من أقل من ١٠٠٠ كيلومترا فى الثانية إلى أكثر من ١٠ آلاف كيلومترا وقد وجدت نسبة كبيرة من السوبر نوفا تبعث بالأشعة السينية X وتدل الحسابات النظرية على أن انفجار السوبر نوفا يحدث عندما يتطور نجم له عدة أمثال كتلة الشمس إلى المدى الذى تنفذ فيه جميع نوى الذرات ـ فى المنطقة المركزية التى تكون الوقود النووى الذى يولد الطاقة، عندئذ لم يعد يوجد المصدر القوى للطاقة الإشعاعية داخل النجم لذلك فإن ضغط الإشعاع يصبح غير كاف لتدعيم الطبقات الخارجية فينفجر النجم وتسبب هذه الحادثة تحرر قدر هائل من الطاقة وتأخذ هذه الطاقة صورًا مختلفة تتضمن الأشعة المنبعثة من السوبر نوفا وطاقة حركة المادة الممتدة المتبقية والتى تنطلق كرشاش، ويتسبب عن ذلك إنضغاط هائل للنجم بحث يصل قطره إلى ١٠ أو ٢٠ كيلومترًا ويسمى الجسم الناتج الهائل الانضغاط بنجم النيترون... ومن المحتمل أن تصدر السوبر نوفا أيضًا كثيرًا من جسيمات الأشعة الكونية التى ترصدها الأرض والذى يكون بعضها مسئولًا عن التغيرات البيولوجى الفجائى.

قبل حادثة السوبر نوفا فإن التفاعلات النووية داخل النجوم يحتمل أن تنتج معظم العناصر إلى عنصر الحديد ـ وزنه الذرى ٥٦ ـ وفى خلال السوبر نوفا قد تبلغ درجة حرارته الداخلية $١٠^{٩}$ درجة مطلقة وتبدأ التفاعلات النووية التى تنتج العناصر الثقيلة، ويعتقد أن قذف جزء السوبر نوفا فى الفضاء يمثل مصدرًا للعناصر الثقيلة التى نجدها على الأرض وفى الشمس وفى أى مكان فى الكون.

ويعتقد بعض الفيزيائيين أن بعض النجوم الثقيلة يمكنها الانهيار تثاقليًا خلف نقطة النيوترون ـ تكون الكثافة فى مركز نجم النيوترون حوالى $١٠^{١٤}$ إلى $١٠^{١٥}$ جرام (سم^{٣}) ويكون تثاقل مثل هذه النجوم الكثيفة الافتراضية قويًا لدرجة أنه يمنع موجات الضوء من الهروب منها وقد أدت هذه العملية إلى مصطلح الثقوب السوداء.

وقد تحققت سلسلة التقدمات الكبيرة فى هذا المجال فى السنوات الأخيرة تتضمن اكتشاف أن دفقات أشعة جاما هى انفجارات هائلة تحدث عبر الكون، أن هذه الدفقات تزودنا بفرصة نادرة لدراسة نظم جديدة من علم الفيزياء، ولمعرفة ما كان عليه الكون فى أبكر مراحل التكون النجمى هذا وإن الأرصاد الأرضية والفضائية خلال السنوات القادمة لابد أن تسمح لنا لإماطة اللثام عن الطبيعة التفصيلية لأشهر هذه الوحوش الكونية سيكلف الفلكيون عن الحديث عن هذه الدفقات بوصفها أسرارًا مطلقة بيدا أن هذا لا يعنى أن اللغز قد حل حلًا كاملًا.

كيف تنهى النجوم حياتها

تمضى النجوم معظم حياتها فى التتابع الرئيسى من طورها غير المثير نسبيًا خلال ذلك تحول النجوم من وقت إلى أخر، الهيدروجين الموجود فى قلبها إلى هليوم عن طريق الاندماج النووى هذا وتمر شمسنا الآن بهذا الطور ووفقا للنظرية النجمية الأساسية فإن النجوم الأثقل من الشمس تتألق بسطوع أشد مما هى الحال فى شمسنا وتحرق وقودها بسرعة أكبر إن نجمًا أثقل من الشمس بعشرين مرة يمكنه البقاء على قيد الحياة مدة تعادل واحد فى الآلف من طول عمر الشمس.

وبينما ينضب الهيدروجين من قلب نجم يتقلص القلب ويسخن ويبدأ بدمج العناصر الثقيلة مثل الهليوم والأكسجين والكربون وهكذا فإن النجم يتحول إلى عملاق ثم يتحول إلى عملاق فائق إذا كان شديد الضخامة هذا وإذا كانت الكتلة الابتدائية للنجم تساوى على الأقل ثمانية أمثال كتلة الشمس فإن النجم يدمج على التعاقب عناصر أثقل فأثقل فى داخله إلى أن ينتج الحديد إن اندماج الحديد لا يحرر طاقة، وبالعكس فإنه يستنفذها لذا فإن النجم يجد نفسه فجأة دون أى وقود يستفيد منه.

النتيجة هى انهيار مفاجئ وكارثى ويظن بأن القلب يتحول إلى نجم نيترونى وهو جثة نجمية تكدس مادة أكثر بنحو ٤٠٪ على الأقل من المادة الموجودة فى الشمس فى كرة قطرها ١٠ كيلومترات فقط أما بقية النجم فتقذف بضعف فى الفضاء محدثه انفجارًا قويًا لمستعر أعظمى.

ثمة حدود لما يمكن عليه كتلة نجم نيوترونى ـ إذ أن كتلته لا يمكن أن تتجاوز ضعف أو ثلاثة أمثال كتلة الشمس فإذا كان أثقل من ذلك فإن النظرى تتنبأ بانهياره متحولاً إلى ثقب أسود لكنه يمكن أن تتجاوز هذه النهاية إذا سقط عليه قد كاف من المادة من الممكن أيضًا أن يتكون ثقب أسود مباشرة خلال الانهيار والنجوم التى تولد بكتل أكبر بنحو ٢٠مرة من كتلة الشمس، يمكن أن يكون مصيرها أن تصبح ثقوبًا سوداء إن ولادة هذه الثقوب توفر تفسيرًا طبيعيًا لدفقات أشعة جاما.

طور التسلسل الرئيسى ← طور العملاق الفائق ← انفجار ← ثقب أسود.

يتصادم النجوم النيترونية ← ثقب اسود حوله قرص هائل ← محرك مركزى أو انفجار نجم ضخم ← ثقب اسود حوله قرص هائل ← محرك مركزى ← دفقة أولية من لطخة بطيئة ولطخة سريعة بالتصادم ← موجة صدم داخلية ← أشعة جاما ← تتصادم النفثة مع الوسط المحيط موجة صدم خارجية ← شفق توهج لاحق أشعة سينية ضوء مرئى موجات راديويه.

obeikandl.com