



النجوم المزدوجة

د. محمد فراس الصفدي

مقدمة ومبادئ عامة

النجم المزدوج أو النجم الثنائي (binary star) هو نجم يتألف من نجمين منفصلين يدوران حول مركز الكتلة المشترك لهما. بالإضافة إلى ذلك فإن هناك الكثير من النجوم التي تنتمي إلى المنظومات النجمية المتعددة (multiple star system)، وهي منظومات تدور فيها ثلاثة نجوم أو أكثر حول بعضها البعض. ويقدر بأن ثلث النجوم الموجودة في مجرة درب التبانة هي نجوم مزدوجة أو متعددة، في حين أن ثلثي النجوم فيها هي نجوم مفردة وحيدة. وتحتوي قاعدة بيانات المرصد البحري للولايات المتحدة على أكثر من 100,000 زوج من النجوم المزدوجة.

وتتراوح فترة دوران النجمين حول بعضهما البعض من أقل من ساعة واحدة وحتى بضعة أيام (كما في نجم بيتا الفيتارة)، وقد تصل إلى مئات السنوات أو حتى إلى آلاف السنوات (كما في نجم ألفا قنطوروس). ويمكن أن يكون النجمان اللذان يدوران حول بعضهما البعض متشابهين أو مختلفين. ويمكن أن يكونا من نفس النوع أو من أنواع مختلفة. على سبيل المثال يمكن أن تشاهد منظومة مزدوجة مؤلفة من نجمين مشابهين للشمس في التسلسل الرئيسي، أو أن تكون مؤلفة من نجم مشابه للشمس مع قزم أبيض، أو من عملاق أحمر فائق مع قزم أبيض، أو نجم مشابه للشمس مع ثقب أسود، وهكذا.

وفي بعض هذه النجوم يقتصر التفاعل بينها على الجاذبية، حيث تدور حول مركز الكتلة المشترك دون أي تفاعل في مادة النجمين. ولكن في حالات أخرى يكون هناك تبادل فعال في المادة بين النجمين بحيث يمتص أحد النجمين المادة من النجم الآخر، الأمر الذي يؤثر على تطور حياة النجم ونهايتها.

تعتبر النجوم المزدوجة هامة للغاية في علوم الفيزياء الفلكية نظراً لأن حساب مدارها يسمح بتحديد كتلة النجمين الموجودين في المنظومة بشكل مباشر، والذي يسمح أيضاً بتحديد المتغيرات النجمية الأخرى بدقة كبيرة، مثل القطر والكثافة، بشكل غير مباشر.

سأحدث في هذا البحث عن كل ما يتعلق بالنجوم المزدوجة بشكل مبسط قدر الإمكان. ولكن قبل أن أبدأ بالحديث عن النجوم المزدوجة أنه على القارئ أن يكون ملماً على الأقل ببعض المعلومات الأساسية حول خصائص النجوم وحول تشكلها وتطورها ونهاية حياتها حتى يتمكن من فهم جميع جوانب هذا البحث. ويمكن للقارئ أن يجد في الموقع الإلكتروني للجمعية مقالين حول هذه المواضيع في صفحة الموسوعة الفلكية: الأولى بعنوان «مقدمة حول خصائص النجوم» والثانية بعنوان «حياة النجوم من ولادتها وحتى موتها». وأنصح كل قارئ بالاطلاع على محتويات هاتين المقالتين قبل الخوض في موضوع النجوم المزدوجة.

لمحة تاريخية

لقد كان الفلكي الإنكليزي «جون ميشيل» أول من اقترح احتمال وجود رابط فيزيائي بين النجوم المزدوجة، حيث ذكر في عام 1767 أن هناك احتمالاً ضئيلاً أن يكون تقارب هذه النجوم من بعضها البعض في السماء مجرد صدفة، ولذلك لا بد أن يكون هناك ما يجمعها مع بعضها البعض.

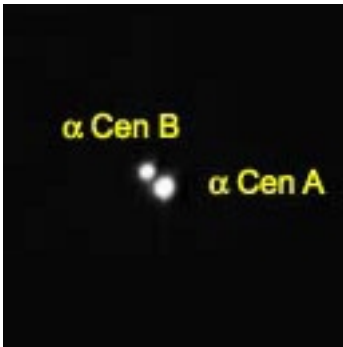
وقد استعمل مصطلح النجم المزدوج لأول مرة من قبل الفلكي الإنكليزي «وليام هرشل»، والذي بدأ برصد هذه النجوم في عام 1779 ثم نشر تصنيفاً يحتوي على حوالي 700 نجم مزدوج في عام 1802. وقد وصف هذه النجوم بقوله: «حين يتوضع نجمان بجانب بعضهما البعض فهما يؤلفان منظومة مستقلة ويبقيان مرتبطين مع بعضهما البعض بقوة الجاذبية الخاصة بهما»، وبذلك فقد كان أول من قدم وصفاً فيزيائياً لطبيعة هذه النجوم.

وقد تم حساب أول مدار لنجم مزدوج في عام 1827، وذلك من قبل الفلكي الفرنسي «فيليكس سافاري» الذي قام بحساب مدار النجم المزدوج «كاي» في كوكبة الدب الأكبر. ومنذ ذلك الوقت تم حساب مدارات العديد من النجوم المزدوجة وتصنيفها.

تسمية النجوم المزدوجة

تستخدم طرق عدة لوصف النجوم المزدوجة وتصنيفها في الأطالس الفلكية. والطريقة الأولى هي إضافة الحرف A أو B لاسم النجم الأساسي المشتق من الكوكبة التي ينتمي إليها، والتي تستخدم عادة حين يكون النجم المزدوج غير بصري (لا يمكن رؤية نجميه حتى بواسطة التلسكوب). فعلى سبيل المثال يعتبر النجم ألفا قنطوروس من النجوم المزدوجة، وهو يدعى α Centauri AB حيث يتألف من نجمين مزدوجين: الأكثر سطوعاً هو α Centauri A والأقل سطوعاً هو α Centauri B (الشكل 1). وإذا كانت هناك نجوم أخرى في المنظومة فيمكن إضافة أحرف إضافية مثل C أو D.

أما في النجوم المزدوجة البصرية فعادة ما تستخدم الأرقام بجانب الأحرف اللاتينية لاسم النجم لوصف عنصر النجم المزدوج. فعلى سبيل المثال يعتبر نجم دلتا القيثارة (δ -Lyrae) من النجوم المزدوجة التي يمكن مشاهدتها بسهولة بالعين المجردة. وهذا النجم يتألف من عملاق أحمر ساطع اللون يدعى دلتا-1 القيثارة (δ^1 -Lyrae)، والثاني أبيض اللون أقل سطوعاً يدعى دلتا-2 القيثارة (δ^2 -Lyrae). وهنا تمت تسمية النجمين في المنظومة المزدوجة بإضافة الأرقام إلى الحرف اللاتيني.



الشكل (1). ألفا قنطوروس (α Centauri) هو أحد النجوم المزدوجة البصرية الهامة في مجرتنا. رغم أن النجم يظهر واحداً بالعين المجردة، إلا أن الرصد بواسطة تلسكوب صغير يظهر أنه مؤلفاً من نجمين A و B يفصل بينهما حوالي 23 وحدة فلكية، أي أكبر بقليل من المسافة بين الشمس وأورانوس. ويتم النجمان دورة واحدة حول بعضهما البعض خلال حوالي 80 عاماً.

تصنيف النجوم المزدوجة

التصنيف حسب طريقة الرصد

تصنف النجوم المزدوجة إلى أربعة أنواع حسب إمكانية رصدها: الثنائي البصري، الثنائي الكسوفي، الثنائي الطيفي، والثنائي القياسي. ويمكن للنجم المزدوج أن يندرج تحت نوعين من هذه الأنواع في الوقت نفسه، كأن يكون ثنائياً كسوفياً وطيفياً في الوقت نفسه. وسنتحدث في الفقرات التالية بالتفصيل عن أنواع هذه النجوم المزدوجة. ولكن قبل ذلك لا بد من الحديث عن الثنائي الكاذب.

الثنائي الكاذب

يعرف النجم الثنائي الكاذب (false binary) بأنه النجم الذي يبدو مزدوجاً في حين أنه في الواقع ليس نجماً مزدوجاً. وفي هذه الحالة يكون النجمان بعيدان للغاية عن بعضهما البعض، ويكون أحدهما أقرب إلى الأرض بمسافة كبيرة من النجم الآخر ولكنهما يقعان في نفس الجهة أو الزاوية من السماء. وبذلك يبدو النجمان بالصدفة قريبين من بعضهما البعض وكأنهما نجم مزدوج، في حين أنه لا علاقة لأي منهما بالآخر وهما لا يدوران حول بعضهما البعض.

الثنائي البصري

يعرف الثنائي البصري (visual binary) بأنه النجم المزدوج الذي تكون المسافة بين نجميه من الكبر بحيث يمكن رؤيته بشكل مباشر، سواءً بالعين المجردة أو بالمنظار ذي العينين أو بالتلسكوبات الأكبر حجماً. وهذا النوع هو الوحيد الذي يمكن رؤية نجميه بشكل مباشر، أما بقية الأنواع الأخرى من النجوم المزدوجة فهي لا تشاهد بالعين ولا بأي وسيلة بصرية أخرى، وإنما يتم الاستدلال عليها بطرق مختلفة، رغم أن تطور وسائل الرصد الفلكي البصري الحديثة قد أتاح رؤية الكثير من النجوم المزدوجة الطيفية والكسوفية التي لم تكن رؤيتها ممكنة من قبل مثل نجم الشعرى اليمانية (انظر الشكل 7). وتعتبر هذه النجوم المزدوجة قليلة العدد، حيث تم رصد أقل من 1000 ثنائي بصري.

وتعتبر هذه المنظومات قريبة نسبياً من الأرض، ولذلك فإن من الممكن مشاهدتها بالعين، مثل نجم منقار الدجاجة الشهير (الشكل 2). وتصل المسافة بين النجمين عادة في هذه الحالات إلى بضعة مئات الوحدات الفلكية. وبالتالي فإن سرعة حركتهما حول بعضهما البعض تكون بطيئة نسبياً، حيث يحتاج إتمام الدورة الواحدة إلى عقود وحتى قرون من الزمن، وذلك على عكس الأنواع الأخرى من النجوم المزدوجة، والتي تتميز بفترة دوران قصيرة نسبياً. ولذلك فإن تحديد مدار النجم المزدوج ودراسة تفاصيله يحتاج إلى رصد النجم على المدى الطويل. ونظراً للمسافة البعيدة بين النجمين فعادة لا يحدث أي تفاعل بينهما بالنسبة لتبادل المادة.



الشكل (2). يعتبر نجم منقار الدجاجة (ويدعى بالإنكليزية Albireo أو Minkar) أحد أشهر النجوم المزدوجة البصرية. يمكن رؤية هذا النجم المزدوج بواسطة منظار ذي عينين أو تلسكوب صغير، حيث يظهر مؤلفاً من نجمين: نجم من القدر الثالث لونه أصفر ذهبي، ونجم من القدر الخامس لونه أزرق مخضر. وفي الواقع فإن هذا النجم ليس نجماً مزدوجاً، وإنما نجم ثلاثي، وذلك لأن النجم الأسطع البرتقالي مؤلف في الواقع من نجمين قريبين للغاية من بعضهما البعض.

وتعتبر القدرة الفاصلة للتلسكوب عاملاً هاماً في رؤية عنصري هذا النجم المزدوج البصري، فالنجم المزدوج قد يبدو مؤلفاً من نجمين عند النظر إليه بواسطة تلسكوب كبير، ولكنه قد يبدو نجماً واحداً لدى النظر إليه بواسطة تلسكوب صغير. وكلما استخدمت تلسكوبات أكبر حجماً كلما أمكنت رؤية أعداد أكبر من النجوم المزدوجة.

بالإضافة إلى ذلك فإن سطوع النجم يلعب دوراً في إمكانية رؤيته بواسطة التلسكوب. حين يكون النجم أكثر سطوعاً فقد يكون من الصعب كشفه، خاصة إذا كان أحد النجمين أكثر سطوعاً بكثير من النجم الآخر، وذلك لأن الوهج الشديد الصادر عنه يعيق رؤية رفيقه. أما إذا كان النجم أقل سطوعاً ولم يكن هناك فرق كبير بين سطوع النجمين فسيكون من الأسهل رؤية عنصري هذا النجم. ويدعى النجم الأكثر سطوعاً بالنجم الأولي، في حين أن النجم الأقل سطوعاً يدعى بالنجم المرافق أو الثانوي. وتقاس المسافة الفاصلة بين النجمين حسب وجهة نظر الراصد من الأرض بالزاوية القوسية، وهي تعرف بأنها قياس الزاوية التي يرسمها الخط الواصل بين النجمين على كرة القبة السماوية. وبذلك كلما كانت الزاوية القوسية الفاصلة بين النجمين أكبر كلما كان من الأسهل رؤيتهما، وكلما كانت الزاوية أقل كلما كان من الأصعب التمييز بينهما.

أقل زاوية قوسية يمكن رؤيتها (ثانية قوسية)	أقل قدر ظاهري يمكن رصده	قطر التلسكوب (إنش)
2.5	10.5	2
1.8	11.4	3
1.3	12.0	4
1.0	12.5	5
0.8	12.9	6
0.7	13.2	7
0.6	13.5	8
0.5	14.0	10
0.4	14.4	12
0.3	14.9	15

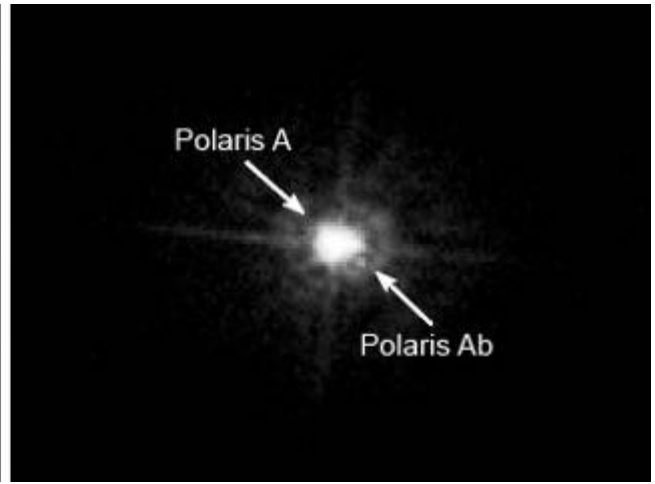
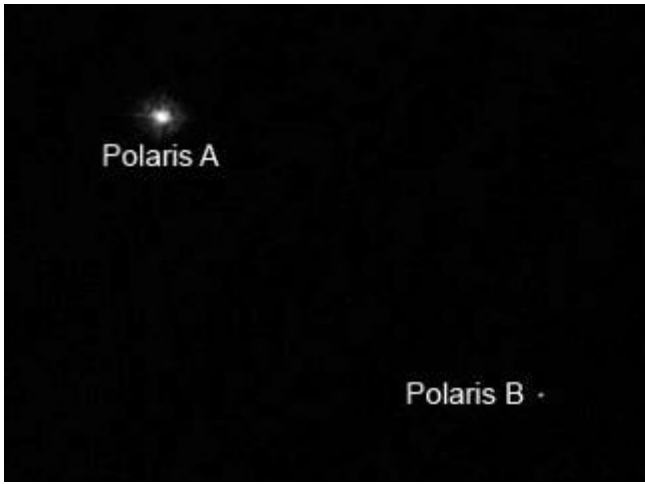
وتحتوي الأطالس الفلكية والبرامج الفلكية الحاسوبية على قواعد بيانات حول المسافة الفاصلة بين النجمين لجميع النجوم المزدوجة البصرية. وبالتالي إذا كان لدينا تلسكوب بقطر معين فيمكن معرفة فيما إذا كان هذا التلسكوب قادراً على فصل النجم إلى عنصريه حسب قطر هذا التلسكوب، ويظهر ذلك في الجدول المجاور. وإن أقل زاوية قوسية يمكن رؤيتها تمثل القيم المشاهدة في حال كان النجمان متماثلاً السطوع ومن القدر السادس، أما إذا كان أحدهما أكثر سطوعاً بكثير من الآخر فإن رؤية عنصري النجم ستكون أكثر صعوبة.

ويجب كذلك معرفة القدر الظاهري لعنصري النجم، فإذا كان أحد النجمين خافتاً وكان التلسكوب صغيراً فلن تكون رؤيته ممكنة حتى لو كانت تفصله مسافة كبيرة عن النجم الساطع.

فعلى سبيل المثال فإن نجم القطب هو نجم مزدوج يتألف من النجم الساطع Polaris A وقدره الظاهري 2 والنجم الخافت Polaris B وقدره الظاهري 8.9، ويفصل بين النجمين حوالي 18.3 درجة قوسية (يمكن الحصول على هذه المعلومات من أي برنامج حاسوبي فلكي). إذا كان قطر التلسكوب الذي لدينا يبلغ 2 إنشاً (حوالي 5 سم) فهو سيتيح رؤية الأجرام التي يصل قدرها الظاهري حتى 10.5، وبالتالي فمن الممكن رؤية هذين النجمين بواسطته. كما أن أقل زاوية قوسية يمكن رؤيتها بواسطة هذا التلسكوب تبلغ 2.5، وهي أقل من الزاوية الفاصلة بين النجمين في هذه الحالة (18.3). وهذا يعني أنه قد يكون من الممكن فصل نجم القطب بواسطة تلسكوب كهذا. ولكن نظراً لأن النجم A أسطع بكثير من النجم B (الأول من القدر الثاني والآخر من القدر التاسع) فمن المحتمل كثيراً أن سطوع النجم A سيعيق رؤية النجم الخافت، ولذلك فقد نحتاج إلى تلسكوب أكبر، ربما بقطر 3 إنش، لفصل نجم القطب بشكل واضح (الشكل 2).

الثنائي الطيفي

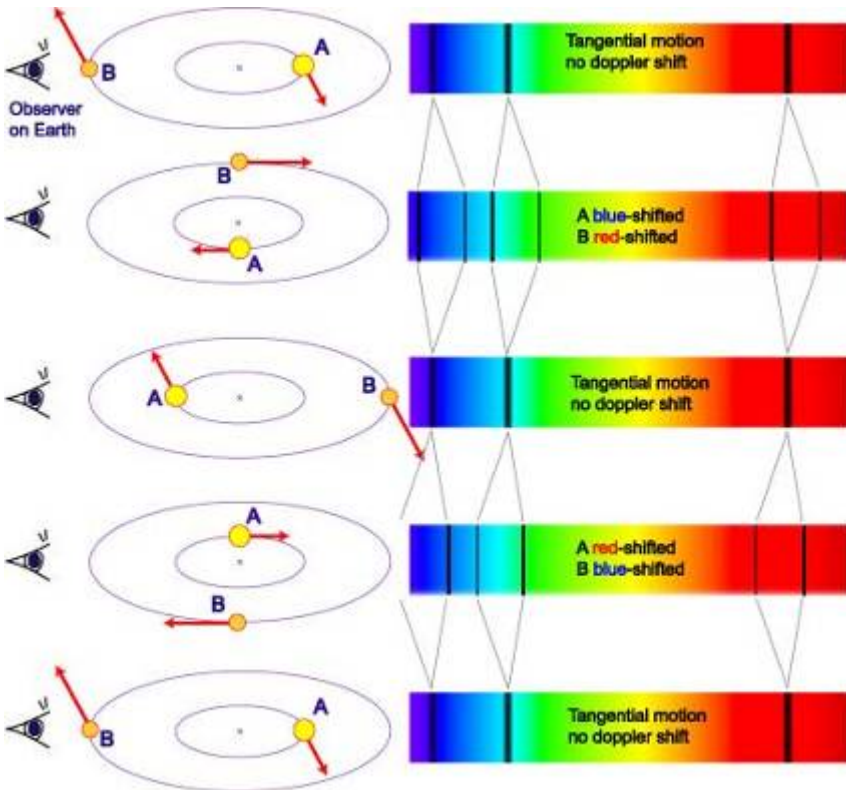
الثنائي الطيفي (spectroscopic binary) هو نجم مزدوج يتم الاستدلال عليه من خلال انحراف الضوء الصادر عن نجميه حسب تأثير دوبلر. وعلى سبيل التذكير فإن تأثير دوبلر يشاهد من خلال تحليل الضوء القادم من النجم بواسطة المقياس الطيفي، فإذا كان طيف هذا الضوء منحرفاً باتجاه الأحمر فهذا يعني أن النجم يبتعد عن الراصد، أما إذا كان الطيف منحرفاً باتجاه الأزرق فهذا يعني أن النجم يقترب من الراصد.



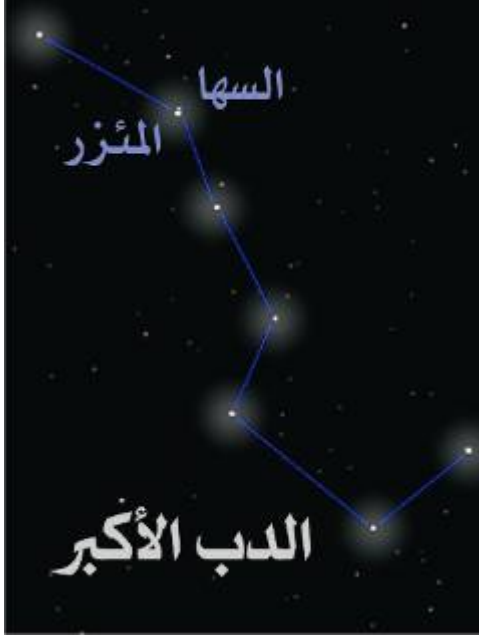
الشكل (3). يمكن بواسطة تلسكوب صغير نسبياً رؤية العنصرين الرئيسيين في نجم القطب، وهما Polaris A الأكثر سطوعاً و Polaris B الخافت نسبياً. ولكن المفاجأة هي أن هذا النجم هو نجم ثلاثي، ذلك أن النجم الأكثر سطوعاً (Polaris A) يمتلك رفيقاً قريباً جداً منه ولا يمكن رؤيته إلا بواسطة التلسكوبات الكبيرة للغاية، ويدعى هذا الرفيق Polaris Ab والذي تم تصويره لأول مرة في عام 2006.

وفي حالة الثنائي الطيفي فإن المسافة بين النجمين تكون قريبة جداً بحيث لا يمكن رؤيتهما حتى بالتلسكوبات الصغيرة، وبسبب صغر المسافة بينهما فإن سرعة دورانهما حول بعضهما البعض تكون كبيرة. ولذلك فإن كل نجم يقترب من الراصد ثم يبتعد عنه خلال دورانه حول رفيقه. وبذلك تظهر تبدلات دورية في طيف هذا النجم تظهر انزياح الطيف نحو الأزرق ثم نحو الأحمر ثم نحو الأزرق مجدداً وهكذا (الشكل 4).

ومن الجدير بالذكر أنه إذا كان النجم المزدوج بصرياً فمن النادر أن يكون أيضاً ثنائياً طيفياً، وذلك لأن النجم المزدوج البصري - كما تحدثنا في فقرة سابقة - يتميز بأن نجميه يكونان بعيدين للغاية عن بعضهما البعض، وبالتالي فإن سرعة حركتهما حول بعضهما البعض تكون بطيئة نسبياً، حيث يحتاج إتمام الدورة الواحدة إلى عقود وحتى قرون من الزمن. وبذلك لا تشاهد انزياحات واضحة نحو الأحمر أو نحو الأزرق عند رصد الطيف الخاص بهما.



الشكل (4). لا يمكن رؤية الثنائي الطيفي بالعين المجردة وإنما تكشف من خلال تحليل طيف الضوء الصادر عنها وتبدله مع دوران النجمين حول بعضهما البعض. في الصورة الأولى (من الأعلى) نلاحظ أن الراصد ينظر إلى النجمين من الجهة اليسرى من خلال المنظار الطيفي. في الصورة الثاني يتجه النجم A نحو الراصد وبالتالي فإن خطوط الطيف الخاصة به تنحرف باتجاه الأزرق (نحو الأيسر على مخطط الطيف)، أما النجم B فهو يتجه بعكس الراصد وبالتالي فإن خطوط الطيف الخاصة به تتجه نحو الأحمر (باتجاه الأيمن على مخطط الطيف). في الصورة الثالثة لا تتبدل المسافة بين الراصد وبين النجمين نظراً لأنهما يتحركان عرضياً في المدار وبالتالي فإن خطوط الطيف تعود إلى ما كانت عليه. أما في الصورة الرابعة فإن النجم A يتحرك باتجاه الراصد مما يؤدي إلى انحراف خطوط الطيف بشكل معاكس لما هو عليه في الصورة الثانية. إن هذا الانقسام المتبادل في خطوط الطيف خلال تحليل الضوء الصادر عن النجم نموذجي للثنائي الطيفي.



الشكل (5). كوكبة الدب الأكبر ويظهر فيها نجما المئزر والسها قريبين للغاية من بعضهما البعض. لا تقتصر منظومة المئزر-السها على هذين النجمين وإنما تتألف إجمالاً من ستة نجوم.

يشكل نجم المئزر (Mizar) في كوكبة الدب الأكبر أول الثنائيات الطيفية المكتشفة (الشكل 5). وفي الواقع فإن نجم المئزر هو في الأساس نجم مزدوج بصري متباعد يتألف من نجمين مرئيين بالعين المجردة، الأكثر سطوعاً هو المئزر نفسه، والأقل سطوعاً يدعى السها (Alcor). ولكن في عام 1889 اكتشف الفلكيون أن نجم المئزر نفسه مؤلف من نجمين A و B يشكلان ثنائياً طيفياً. والمفاجأة هي أن الفلكيين قد تبينوا لاحقاً بأن Mizar B هو ثنائي طيفي أيضاً، وأن السها هو أيضاً ثنائي طيفي، وبالتالي فإن نجم المئزر يشكل في الواقع نجماً سداسياً، حيث يتألف المئزر من أربعة نجوم والسها من نجمين.

الثنائي الكسوفي

الثنائي الكسوفي (eclipsing binary) هو نجم مزدوج يتألف من نجمين قريبين للغاية من بعضهما البعض بحيث لا يمكن مشاهدتهما حتى بواسطة التلسكوبات الكبيرة، ولكن هذين النجمين خلال دورانها يعبران أمام بعضهما البعض نسبة للراصد من الأرض مما يؤدي إلى تبدل شدة الضوء الإجمالي الصادر عنه بشكل دوري.

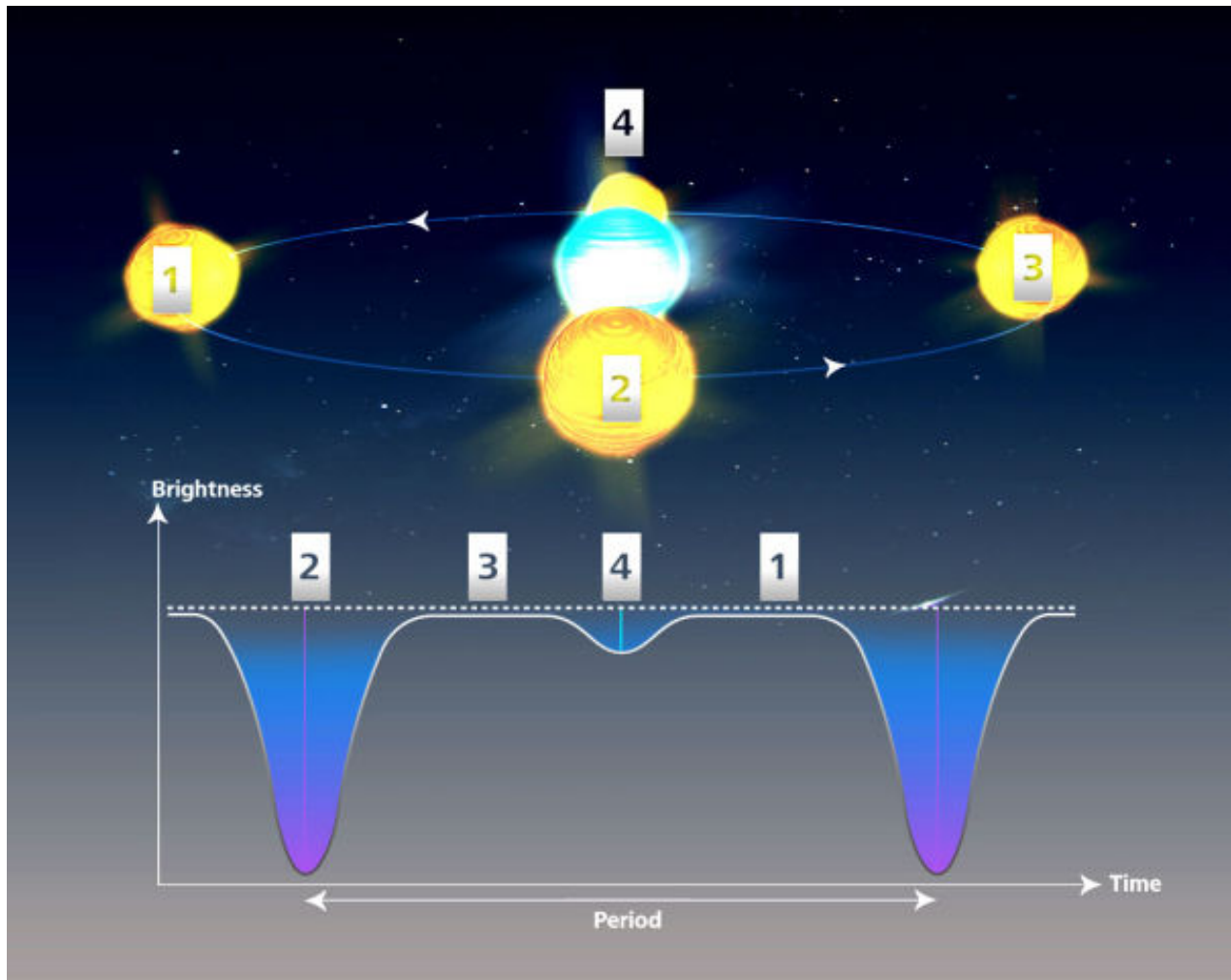
ويمكن تحديد دورة هذه النجوم بسهولة وذلك من خلال دراسة المنحني الذي يمثل تبدلات السطوع الإجمالي للنجم (الشكل 6). وهذه النجوم تصنف أيضاً تحت النجوم المتغيرة وذلك بسبب تبدل سطوعها بشكل دوري (أما النوع الآخر من النجوم المتغيرة فهي نجوم مفردة يتغير سطوعها بسبب طبيعتها الفيزيائية مثل النجوم النابضة).

وتندرج الثنائيات الكسوفية أيضاً تحت مجموعة النجوم المتغيرة، وذلك لأن ضوءها يتغير بشكل دوري، ليس بسبب تبدل سطوعها أو بسبب تقلصها وتمددتها الدوري كما في النجوم المتغيرة الاعتيادية، وإنما بسبب عبور نجمها بشكل دوري أمام بعضهما البعض مما يؤدي إلى تبدل سطوع النجم.

ويشكل نجم الغول (Algol) في كوكبة برشاوس أول الثنائيات الكسوفية المكتشفة. يتألف هذا النجم من نجمين قريبين للغاية من بعضهما البعض بحيث لا يمكن رؤيتهما حتى بالتلسكوبات. ولكن لدى دراسة سطوع هذا النجم فقد تبين بأنه يتغير بشكل دوري ووفق نموذج معين يشير إلى أنه مؤلف في الواقع من نجمين.

حتى نحدد بأن النجم الذي يتغير سطوعه هو ثنائي كسوفي فيجب قياس القدر الظاهري لهذا النجم بشكل مستمر ورسم مخطط بياني يظهر تبدل القدر الظاهري مع الزمن. ويبدى هذا المخطط شكلاً نموذجياً حيث يتناقص سطوع النجم بشكل دوري كلما أدى أحد النجمين إلى كسوف النجم الآخر. وإذا كان أحد النجمين أقل سطوعاً من الآخر فهو سيؤدي إلى إعتام أكبر في السطوع الإجمالي حين يعبر النجم العاتم في الأمام.

ويكون النجمان في حالة الثنائي الكسوفي قريبين للغاية من بعضهما البعض، وهما يتمان عادة دورة كاملة حول بعضهما البعض خلال فترة قصيرة تبلغ بضعة ساعات وحتى بضعة أيام. وعادة ما يكون هناك تبادل للمادة بينهما ويؤدي كل منهما إلى تشوه الآخر مما يؤدي إلى ظاهرة تعرف باسم «تناقض نجم الغول»، والتي سنتحدث عنها في فقرة لاحقة.

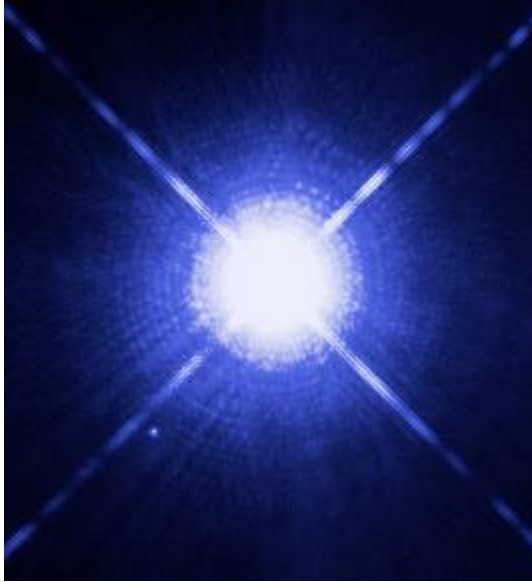


الشكل (6). يتبدل سطوع الثنائي الكسوفي حين يدور النجمان حول بعضهما البعض بحيث يصحان على خط واحد تقريباً للراصد الأرضي. لنفترض أن لدينا نجمين يدوران حول بعضهما البعض وأحدهما (النجم الأزرق) أكثر سطوعاً من الآخر (النجم البرتقالي). في الوضع 1 يصل الضوء من النجمين معاً إلى الأرض وبالتالي فإن السطوع يكون أعظماً. حين يدور النجمان حول بعضهما البعض ويصلان إلى الوضع 2 فإن النجم الأقل سطوعاً يؤدي إلى كسوف النجم الأكثر سطوعاً، مما يؤدي إلى تناقص السطوع الإجمالي للنجم بشكل كبير. في الوضع 3 تتكرر نفس الحالة المشاهدة في الوضع الأول. أما في الوضع 4 فإن النجم الأقل سطوعاً يختبئ خلف النجم الأكثر سطوعاً مما يؤدي إلى تناقص السطوع الإجمالي للنجمين معاً بشكل خفيف هذه المرة كما تظهر النقطة الموافقة على المخطط البياني.

الثنائي القياسي

الثنائي القياسي (astrometric binary) هو نجم مزدوج لا يمكن تحري إلا أحد نجميه، ويكون النجم الآخر عاتماً للغاية بحيث لا يمكن رؤيته ولا دراسة طيفه. وفي هذه الحالة يشاهد النجم المرئي وهو يترنح حول مركز الكتلة المشترك وكأن هناك رفيقاً له في مكان ما، ولكن دون إمكانية رؤية هذا الرفيق أو كشفه. وأكثر ما تتحقق هذه الحالة حين يكون النجم الآخر غير نموذجي، كأن يكون نجماً نيوترونياً صغيراً، أو حتى ثقباً أسود. وفي بعض الأحيان يكون النجم الآخر صغيراً وعاتماً بحيث لا يظهر أمام النجم الأولي الذي يكون كبيراً وساطعاً للغاية.

ويعتمد كشف مثل هذه النجوم وحساب مدارها على مراقبة حركة النجم بين النجوم المجاورة له لفترة طويلة، ثم يتم البحث عن التبدلات الدورية في مكان النجم. ومن الجدير بالذكر أن الطريقة نفسها تستخدم لكشف الكواكب حول النجوم الأخرى، والتي تكون عاتمة للغاية بحيث لا يمكن كشفها بالوسائل المباشرة. فإذا كان الكوكب كبيراً بما يكفي فسيؤدي إلى ترنح النجم خلال دورانه، ولكن هذا الترنح سيكون ضئيلاً للغاية ويحدث خلال فترة طويلة مقارنة بما هو الحال عليه في حالة النجوم المزدوجة.



الشكل (7). يعتبر نجم الشعرى اليمانية (Sirius) أحد الأمثلة الهامة على النجوم المزدوجة التي تحتوي على قزم أبيض. والنجم الساطع (Sirius A) هو أسطع نجوم السماء على الإطلاق حيث يبلغ قدره الظاهري -1.46. وقد اكتشف رفيقه (Sirius B) في عام 1862 حيث أظهر العلماء لاحقاً أن هذا النجم الرفيق هو قزم أبيض يبلغ قطره 12,000 كيلومتراً وتعادل كتلته 98% من كتلة الشمس. ويظهر هذا القزم الأبيض كنقطة دقيقة إلى الأسفل والأيسر من النجم الرئيسي.

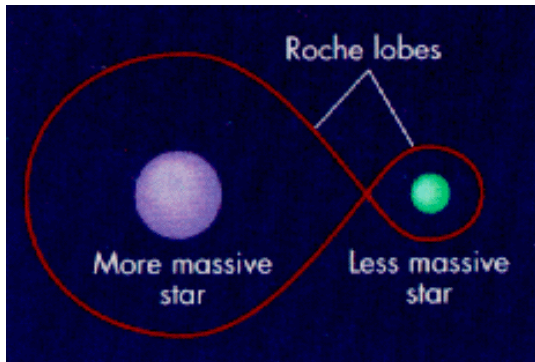
يعتبر عدد الثنائيات القياسية المكتشفة حتى الآن قليلاً، وذلك لأن كشف مثل هذه الثنائيات يحتاج إلى رصد النجم لفترة طويلة مع قياس حركته بشكل دقيق للغاية بهدف تحديد أي اضطراب ضئيل في حركته.

ويعتبر نجم الشعرى اليمانية (Sirius)، وهو أسطع نجوم السماء على الإطلاق، أحد الأمثلة على النجوم المزدوجة التي اكتشفت بهذه الطريقة (الشكل 7). في عام 1844 اكتشف الفلكي «فريدريخ بيسيل» وجود اهتزاز في حركة النجم الطبيعية، حيث عزی هذا الاهتزاز لوجود رفيق غير مرئي للنجم الساطع. ولم يشاهد هذا النجم الصغير بواسطة التلسكوب إلا في عام 1862. واليوم يعرف الفلكيون بأن هذا الرفيق هو قزم أبيض دقيق للغاية، والذي ربما لم يكن بالإمكان كشفه بالوسائل البصرية أو الطيفية أو الكسوفية نظراً لصغر حجمه الشديد.

التصنيف حسب التفاعل النجمي

هناك تصنيف آخر للنجوم المزدوجة، وذلك حسب شكل المنظومة المزدوجة والتفاعل بين النجمين، وذلك من خلال تحديد المسافة بينهما. وحسب هذا التصنيف فإن النجوم المزدوجة تقسم إلى ثلاثة أنواع: الثنائي المنفصل، الثنائي شبه المنفصل، والثنائي المتلامس (والتي تظهر جميعها في الشكل 9).

وقبل أن نتحدث عن هذه الأنواع فلا بد من الحديث عن ما يدعى بمجال «روش» (Roche lobe) (الشكل 8). لنفترض بأن لدينا نجماً مزدوجاً مؤلفاً من النجمين A و B. إن المادة الموجودة في النجم A ستكون خاضعة لقوة الجاذبية الخاصة بالنجم A والنجم B معاً. وحتى يتمكن النجم A من الاحتفاظ بمادته فيجب أن تكون قوة جاذبية النجم A المطبقة على هذه المادة أكبر من قوة جاذبية النجم B، وإلا فإن النجم B سيقوم بسحب هذه المادة باتجاهه. ويعني ذلك أن للنجم A مجال «روش» معين بحيث أنه إذا كانت مادة النجم متوضعة بشكل كامل ضمن هذا المجال فإن جاذبية النجم A ستكون هي الأكبر وستبقى مادة النجم A تحت قبضته. أما إذا كان قطر النجم أكبر من مجال «روش» الخاص به فهذا يعني أن هناك جزءاً من مادة النجم متوضعة خارج مجال «روش»، وبالتالي فإن جاذبية النجم B على هذه المادة المتوضعة خارج المجال تكون أكبر من جاذبية النجم A، وبالتالي فإن هذه المادة ستندفق من النجم A إلى النجم B إلى أن يتمكن النجم B من شطف كامل مادة النجم A المتوضعة خارج مجال «روش».



الشكل (8). مجال «روش». إن هذا المجال يعكس من الناحية العملية المنطقة التي تخضع لسيطرة كل نجم بشكل كامل. يلاحظ أن هذا المجال يتناسب مع كتلة النجم، فكلما كانت كتلة النجم أكبر كلما كان المجال أوسع. حين يصبح النجم أكبر من مجال «روش» الخاص به فإن مادة النجم المتوضعة خارج المجال ستعرض لجذب النجم الآخر.

الثنائي المنفصل

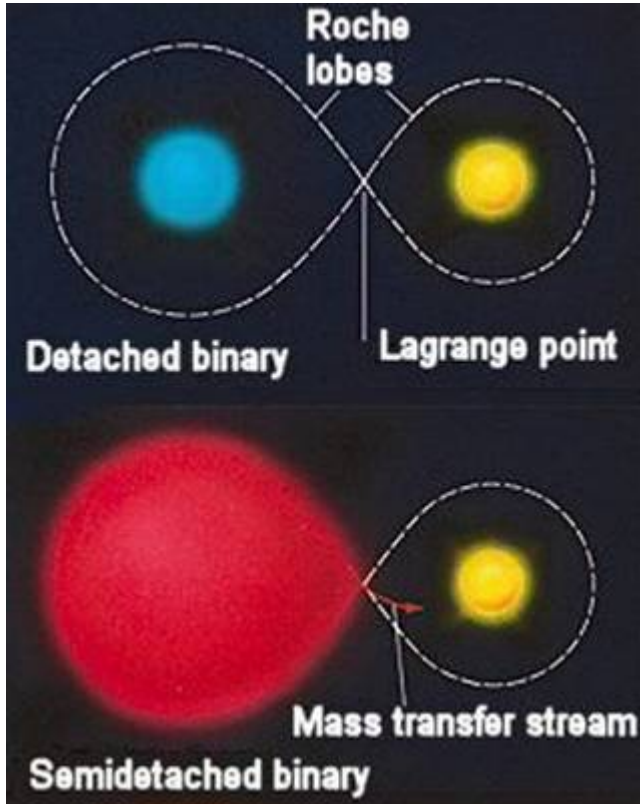
يعرف الثنائي المنفصل (detached binary) بأنه نجم مزدوج الذي يتوضع كل واحد من نجميه ضمن مجال «روش» الخاص به دون أن تتجاوز مادة النجم هذا المجال. وفي هذه الحالة يكون كل نجم مسيطراً بشكل كامل على مادته ولا يحدث أي تدفق للمادة من أحد النجمين إلى النجم الآخر. ويتطور كل نجم في هذه الحالة وفق مساره الطبيعي. وتتنمي معظم النجوم المزدوجة إلى هذه المجموعة، وجميع الثنائيات البصرية هي ثنائيات منفصلة نظراً للمسافات الشاسعة التي تفصل بينها.

الثنائي شبه المنفصل

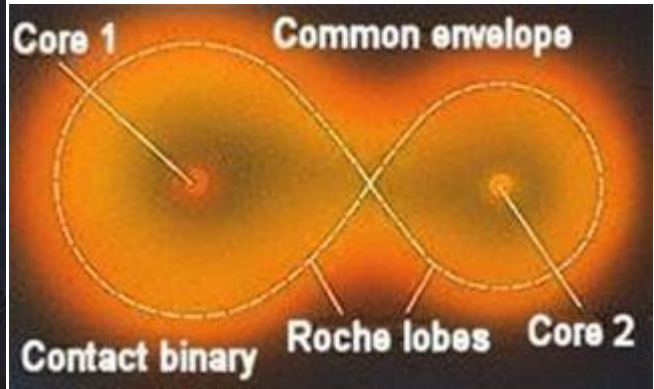
يعرف الثنائي شبه المنفصل (semidetached binary) بأنه نجم المزدوج الذي يكون أحد النجمين فيه أكبر من مجال «روش» الخاص به (وبالتالي فإن سطح هذا النجم يتجاوز مجال «روش»)، أما النجم الآخر فيكون ضمن مجال «روش» الخاص به. وفي هذه الحالة فإن مادة النجم الأول المتوضعة خارج المجال ستكون معرضة للجذب الثقالي من النجم الآخر، والذي يقوم بـ «شفط» المادة إليه. وفي هذه الحالة يسيطر انتقال المادة على هذه المنظومة، وتلتف المادة حول النجم الثاني مؤدية إلى تشكل قرص حوله. ويؤثر ذلك بالطبع على تطور النجم كما سنتحدث لاحقاً.

الثنائي المتلامس

يعرف الثنائي المتلامس (contact binary) بأنه نجم المزدوج الذي يتجاوز فيه النجمان مجال «روش» الخاص بهما. وطبعاً لا تعني هذه التسمية بالضرورة أن سطحي النجمين يلامسان بعضهما البعض، وإنما يعني أن المادة الغازية في كل من النجمين تكون خارج مجال «روش» الكافي للمحافظة على هذه المادة. والنتيجة في هذه الحالة هي أن الأجزاء العليا من الغلاف الجوي لكلي النجمين ستشكل غلافاً مشتركاً يحيط بالنجمين معاً. وقد يؤدي ذلك في النهاية إلى اندماج النجمين في نجم واحد.



الشكل (9). تصنيف النجوم المزدوجة حسب التفاعل النجمي. في النجوم المنفصلة يكون حجم النجمين أصغر من مجال «روش» (في الأيسر). في النجوم شبه المنفصلة يكون حجم أحد النجمين أصغر من مجال «روش» في حين أن النجم الآخر يتجاوز هذا المجال (في الأسفل والأيسر). أما في النجوم المتلامسة فإن حجم كلا النجمين يكون أكبر من مجال «روش» مما يؤدي إلى تدفق المادة بشكل سحابة غازية تلف النجمين معاً (في الأسفل والأيمن).



تطور النجوم المزدوجة

تشكل النجوم المزدوجة

لم تعد نظرية الأسر الثقالي (gravitational capture) حول سبب تشكل النجوم المزدوجة مقبولة حالياً. ونقول هذه النظرية بأن أحد النجمين في المنظومة المزدوجة يتمكن من أسر النجم الآخر أثناء عبوره بجواره بتأثير جاذبيته القوية مما يؤدي إلى دورانها حول بعض. ونظراً لأن احتمال حدوث مثل هذا التقارب الكبير بين النجوم منخفض للغاية، وأن تمكن النجم الأول من أسر النجم الثاني يحتاج إلى جاذبية جرم ثالث وسيط حتى يؤثر على مسار النجم الثاني، فإن العلماء يرجحون أنه من غير المحتمل على الإطلاق أن تكون هذه الآلية هي المسؤولة عن تشكل النجوم المزدوجة، خاصة وأن المجرة تحتوي على أعداد كبيرة من النجوم المزدوجة التي لا يمكن أن تكون قد تشكلت بطريق الصدفة بهذه الآلية.

ولذلك فإن النظرية الأكثر قبولاً حول تشكل النجوم المزدوجة في الوقت الراهن هي نظرية التشكل المشترك (common formation). وهذه النظرية هي الأكثر قبولاً حول تشكل النجوم المزدوجة، وهي تقول بأن النجمين قد تشكلا معاً في نفس المنطقة، وذلك إما من سحابة غازية واحدة كبيرة أو من سحابتين غازيتين منفصلتين (أو أكثر) تطورتا في نفس المنطقة. وتصرح النظرية بأن كل جزء من هذه السحابة الغازية قد أدى إلى تشكل نجم مستقل عوضاً عن أن تشكل نجماً واحداً. وما يؤكد هذه النظرية العثور على الكثير من النجوم المزدوجة في بداية عمرها وفي نفس المرحلة من التطور، مما يشير إلى أنها قد تشكلت معاً وفي نفس المكان.

النجوم المزدوجة المتفاعلة

حين يكون النجمان في المنظومة المزدوجة قريبين للغاية من بعضهما البعض (النمط المتلامس وشبه المتلامس) أو حين تحتوي المنظومة المزدوجة على نجم كثيف للغاية (مثل الأقزام البيضاء، النجوم النيوترونية، أو الثقوب السوداء) فإن المادة النجمية تتدفق من نجم لآخر مؤدية إلى تفاعل النجوم المزدوجة مع بعضها البعض. يؤدي ذلك إلى تحرير الطاقة التناقلية الكامنة في الغازات المتدفقة، مما يؤدي إلى تسخن الغاز بشكل كبير وإصدار الإشعاع وحدث عدد من الظواهر النجمية الأخرى. وتصنف هذه المنظومات المزدوجة المصدرة للطاقة إلى نوعين: منخفضة الكتلة في حالة النجوم العادية والأقزام البيضاء، وعالية الكتلة في حالة النجوم النيوترونية أو الثقوب السوداء.

انتقال المادة

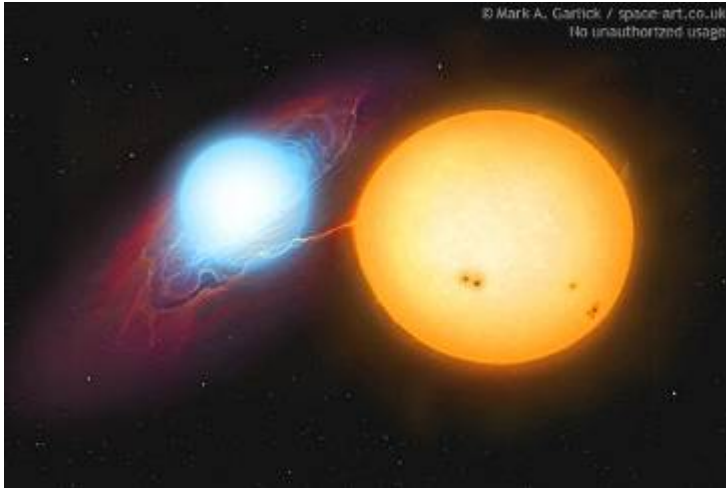
في معظم الأحيان يكون النجمان في النجم المزدوج من النمط المنفصل، أي أن كل منهما يتطور بشكل مستقل عن الآخر دون أي تفاعل بينهما. ويبدأ حدوث هذا التفاعل في حالتين:

- إذا ازداد حجم أحد النجمين في مرحلة معينة من تطوره بحيث يتجاوز مجال «روش»، وفي هذه الحالة تصبح الأجزاء الخارجية منه التي تجاوزت مجال «روش» معرضة لجاذبية النجم الآخر مما يؤدي إلى انتقال المادة من النجم الآخر إلى هذا النجم.
- إذا تحول أحد النجمين في المراحل الأخيرة من تطوره إلى نجم عالي الكثافة (قزم أبيض، نجم نيوتروني، ثقب أسود)، حيث يمتلك النجم عالي الكثافة جاذبية هائلة تتيح له شفط المادة من رفيقه، وخاصة حين يتجاوز مجال «روش».

وفي الحالتين تنتقل المادة من أحد النجمين إلى النجم الآخر، وهي إما أن ترتطم بسطحه مباشرة أو أن تشكل قرصاً متنامياً من المادة يدور حول النجم الآخر ويندمج في أجزائه الخارجية بشكل تدريجي. وفي بعض الأحيان لا يشاهد من النجم المزدوج إلا هذا القرص المتنامي.

تناقض نجم الغول

لا بد أن نتطرق عند الحديث عن تبادل المادة في النجوم المزدوجة عن ظاهرة تعرف باسم تناقض نجم الغول (Algol paradox) (الشكل 10). من المعروف أن النجوم الثقيلة تتطور نحو نهاية حياتها بشكل أسرع من النجوم الخفيفة، وذلك لأنها تحترق بشكل أسرع. ولكن نجم الغول (وهو ثنائي طيفي كما تحدثنا سابقاً) يبدي حالة تناقض مع هذا الوضع. يتألف نجم الغول من نجمين أحدهما ثقيل أزرق اللون (A) لا يزال في مرحلة التسلسل الرئيسي والآخر أقل كتلة (B) وصل إلى مرحلة ما قبل العملاق الأحمر. ويعني ذلك أن النجم الأخف قد تطور بشكل أسرع، وهذا ما يخالف القاعدة المشاهدة في النجوم المفردة. وتفسر هذه الظاهرة ببساطة بانتقال المادة بين النجمين. حين يتطور النجم الثقيل A بشكل أسرع ويصل إلى مرحلة ما قبل العملاق الأحمر فإن الأجزاء الخارجية من مادته تتجاوز مجال «روش» وتعرض للجذب من قبل النجم الأخف B إلى أن يجذب معظم الكتلة الزائدة ويمنعه من التطور نحو عملاق أحمر. وهكذا يبقى النجم الثقيل A في مرحلة التسلسل الرئيسي ويدخل النجم الأخف B في المراحل النهائية من تطوره في وقت أبكر نتيجة «سرقة» المادة من النجم الثقيل.



الشكل (10). يظهر هذا الرسم التخيلي الذي صممه أحد الفنانين نجم الغول، وهو ثنائي كسوفي يتألف من نجمين قريبين للغاية من بعضهما البعض بحيث يحدث تبادل للمادة بينهما. يؤثر هذا التبادل على تطور كل من النجمين مما يؤدي إلى ظاهرة تعرف باسم تناقض نجم الغول.

الأقزام البيضاء في النجوم المزدوجة

القرم الأبيض (white dwarf) هو المرحلة النهائية من حياة النجوم متوسطة الحجم مثل الشمس. وهذا النجم مؤلف من مادة مضغوطة بشكل كثيف للغاية، حيث تنفصل الإلكترونات عن الذرات لتصبح المادة بشكل ذرات مجردة من الإلكترونات تدعى بحالة الانحلال الإلكتروني. وفي كثير من الأحيان يكون النجمان في المنظومة المزدوجة في مرحلة التسلسل الرئيسي، ولكن تنتهي حياة أحد النجمين قبل النجم الآخر مما يؤدي إلى تحوله إلى قرم أبيض. ومن أهم الأمثلة على هذا النوع من النجوم نذكر نجم الشعرى اليمانية، وهو ثنائي كسوفي يتألف من نجمين أحدهما قرم أبيض صغير للغاية. يتفاعل القرم الأبيض في النجم المزدوج مع النجم الآخر مما قد يؤدي إلى ظواهر فريدة مثل النجم الجديد والمستعر الأعظم Ia، والتي سنتحدث عنها في الفقرات التالية.

النجم الجديد

لنفترض أن هناك منظومة مزدوجة مؤلفة من نجمين: الأول وصل إلى نهاية حياته في مرحلة القزم الأبيض، والثاني بدأ في الدخول في المراحل الأخيرة من حياته في مرحلة العملاق الأحمر. بما أن المادة في الطبقات الخارجية من العملاق الأحمر ستتجاوز مجال «روش» فإن القزم الأبيض سيقوم بشفط المادة من الغلاف الغازي للعملاق الأحمر بشكل ثابت ومستمر. يتراكم الهيدروجين الذي يتم شفطه على سطح القزم الأبيض بفعل الجاذبية الهائلة، وهو يسخن لدرجات حرارة مرتفعة للغاية بتأثير ارتطام المادة المتواصل مع ارتفاع الضغط. ويؤدي ذلك في النهاية، وبعد حوالي 10,000 إلى 100,000 سنة من تراكم المادة، إلى حدوث اندماج الهيدروجين في الطبقات السطحية من القزم الأبيض. وحين تبدأ التفاعلات النووية تتحرر كميات هائلة من الطاقة بشكل مفاجئ أشبه بالانفجار لتنفث الطبقات السطحية من القزم الأبيض في الفضاء المحيط. وهكذا يزداد سطوع النجم بشكل مفاجئ وسريع، ويدعى ذلك بالنجم الجديد (nova). وهذه التسمية غير صحيحة، ذلك لأن النجم ليس نجماً جديداً في الواقع، وإنما هو نجم في نهاية حياته استطاع الحصول على بعض المادة من رفيقه حتى يشتعل من جديد لفترة مؤقتة. وحين تحترق المادة المتدفقة بشكل كامل فإن سطوع النجم يخبو تدريجياً خلال عدة أسابيع. وقد يعود مجدداً إلى شفط المزيد من المادة من رفيقه ليتوهج بعد عشرات آلاف السنين مرة أخرى بشكل نجم جديد.

المستعر الأعظمي من النوع Ia

إذا كان لدينا نفس الحالة السابقة، أي نجم مزدوج مؤلف من قزم أبيض مع عملاق أحمر، وازدادت كمية المادة التي حصل عليها القزم الأبيض من رفيقه بشكل كبير فإن كتلة القزم الأبيض الإجمالية قد تتجاوز حد «شاندراسيكار» مع انتقال المادة إليه من العملاق الأحمر. تؤدي هذه الزيادة إلى ارتفاع درجة الحرارة والضغط في نواة القزم الأبيض، والذي يؤدي إلى اندماج ريع للكربون وبعض المركبات الأخرى الموجودة في نواة القزم الأبيض واستهلاكها بشكل سريع إلى أن تتوقف التفاعلات النووية في النواة. وعندها ينهار النجم على نفسه مؤدياً إلى حدوث مستعر أعظمي (supernova) يؤدي إلى انفجار النجم بشكل كامل، وربما يدفع النجم الآخر بعيداً كنجم هارب بفعل الانفجار العنيف. ويدعى هذا النوع من المستعرات الأعظمية بالمستعرات Ia (وذلك تمييزاً لها عن المستعرات الأعظمية من النمط II التي تحدث بسبب انهيار النجوم الثقيلة على نفسها دون أن تكون بالضرورة في منظومة مزدوجة أو تحصل على المادة من رفيقها). ومن الجدير بالذكر أن المستعر الأعظمي الذي رصده الفلكي «تيخو براهي» في عام 1572 قد حدث بسبب قيام قزم أبيض بشفط المادة من رفيقه الكبير.

الثقوب السوداء في المنظومات المزدوجة

تشكل الثقوب السوداء الطرف الآخر في الكثير من النجوم المزدوجة. والمثال الأبرز على الثقوب السوداء في المنظومات المزدوجة هو نجم البجعة X-1 (الشكل 11). يتألف هذا النجم المزدوج من نجم اعتيادي يدور حول مركز الكتلة المشترك مع رفيق غير مرئي، وتبلغ كتلة هذا الأخير حوالي تسعة أضعاف كتلة الشمس حيث يعتقد بأنه يشكل ثقباً أسود. يقوم الثقب الأسود (والذي كان في ماضيه نجماً ثقيلًا قبل أن يصبح ثقباً أسود) بامتصاص المادة من رفيقه بشكل مستمر، ويؤدي ابتلاع المادة بشكل عنيف إلى إصدار الأشعة السينية ذات الطاقة العالية. ولذلك فإن نجم البجعة X-1 يشكل أحد أشيع النجوم المزدوجة المصدرة للأشعة السينية نظراً لأنه يحتوي على ثقب أسود. ويعتبر إصدار الأشعة السينية من المناطق المحيطة بنجم مرئي دليلاً على وجود ثقب أسود في منظومة ثنائية مع هذا النجم المرئي.



الشكل (11). يظهر هذا الرسم التخيلي الذي صممه أحد الفنانين نجم البجعة Cygnus X-1، والذي يشكل المثال الكلاسيكي على المنظومات المزدوجة التي تحتوي على ثقب أسود. وهو يتألف من عملاق أزرق يدور حول ثقب أسود غير مرئي. ويقوم هذا الأخير بامتصاص المادة بشكل متواصل من العملاق الأزرق مما يؤدي إلى إصدار كميات كبيرة من الأشعة السينية.

النجم الهارب

حين يكون النجمان بعيدين للغاية عن بعضهما البعض فمن الممكن أن يفقدا الجذب الثقالي بينهما خلال فترة حياتهما نتيجة لاضطراب معين في الجوار، مما يؤدي إلى انفصال النجمين ثقافياً وتحول النجم المزدوج إلى نجمين مفردين. ومن الحالات الفريدة التي يمكن أن تحدث أن تتقارب منظومتان مزدوجتان من بعضهما البعض (أي أربعة نجوم إجمالاً)، ويؤدي ذلك إلى انطلاق واحد أو أكثر من هذه النجوم الأربعة بسرعة كبيرة خارج المنظومة مما يؤدي إلى ظاهرة تعرف باسم النجم الهارب (runaway star).

أهمية النجوم المزدوجة

تشكل النجوم المزدوجة الطريقة الأفضل التي يعتمد عليها الفلكيون في تحديد كتلة النجوم البعيدة. إن الجذب الثقالي بين النجمين يجعلهما يدوران حول مركز الكتلة المشترك. ومن خلال تحديد مدة دوران الثنائي البصري بالرصد المباشر أو الثنائي الكسوفي أو الطيفي بالرصد غير المباشر فيمكن تحديد كتلة النجمين بسهولة. وبعد تحديد كتلة النجم ودراسة طيفه وتحديد درجة حرارته يمكن كذلك تحديد قطره، ويؤمن ذلك معلومات هامة لتحديد كتلة النجوم الأخرى غير المزدوجة، وخاصة في المجرات البعيدة.

ونظراً لوجود نسبة كبيرة من النجوم في منظومات مزدوجة، فإن هذه المنظومات تساعد العلماء بشكل كبير على فهم آلية تشكل النجوم وتطورها. وتؤمن دراسة النجوم المزدوجة معلومات هامة للغاية حول آلية تشكل النجوم من السحب الغازية الغبارية بين النجمية والقوى التي تؤثر عليها، بالإضافة إلى معلومات قيمة حول الطرق المختلفة التي يمكن أن تنتهي بها حياة النجم والعوامل التي تؤثر على ذلك.

هل هناك كواكب حول النجوم المزدوجة؟؟

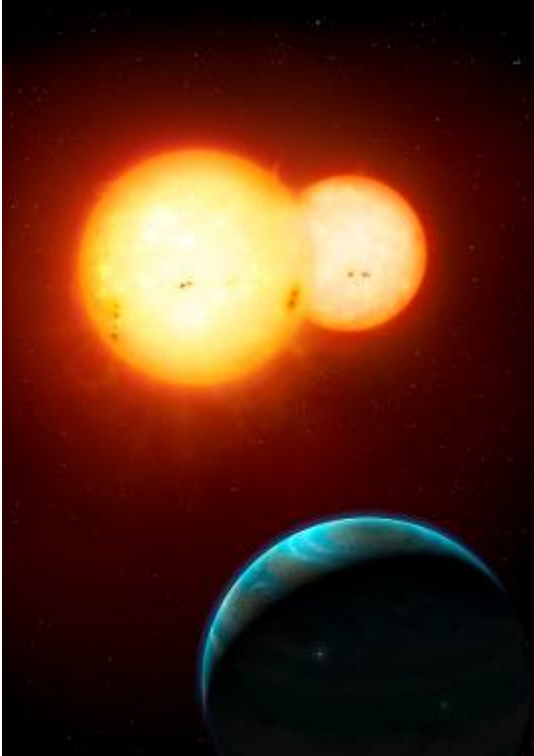
حتى وقت قريب كان وجود الكواكب حول النجوم المزدوجة أو المتعددة ضرباً من الخيال العلمي، وقد صور الكثير من الفنانين والمصممين صوراً وهمية لكواكب تدور حول نجوم مزدوجة يظهر فيها نجمان في سماء الكوكب، كما ظهرت هذه الكواكب

في أفلام الخيال العلمي (الشكل 12). ولم يتمكن العلماء من رصد مثل هذه الكواكب بشكل مؤكد إلا في بداية عام 2011 حيث تحول الخيال العلمي إلى حقيقة واقعة. بل إن المحاكاة الفيزيائية قد أظهرت بأن وجود نجم مزدوج قد يشجع على تشكل الكواكب من السحابة الغازية الأولية التي تشكل منها النجم، وذلك لأن نماذج الثقالة المعقدة ضمن هذه السحابة ستميل إلى تجميع مادة السحابة في تكتلات تتحول فيما بعد إلى كواكب. وقد وصل عدد الكواكب المكتشفة حول منظومات مزدوجة في نهاية عام 2011 إلى حوالي خمسين كوكباً. وبعض هذه الكواكب يدور في منظومة ثلاثية تحتوي على ثلاثة نجوم.

ومن الناحية النظرية فإن الكوكب إما أن يدور حول أحد النجمين في المنظومة المزدوجة أو أن يدور حول النجمين معاً. إن جميع الكواكب التي عثر عليها حول المنظومات المزدوجة هي من النوع الأول (أي أن الكوكب يدور حول أحد النجمين)، ولم يتم حتى الآن العثور على أي كوكب يدور حول النجمين معاً. ويعتقد الباحثون بأن تواجد مثل هذا الكوكب يحتاج إلى أن يكون النجمان قريبين للغاية من بعضهما البعض وأن يكون مدار الكوكب واسعاً. وهذه الشروط تجعل رصد مثل هذه الكواكب صعباً، مما قد يفسر تأخر الكشف عنها حتى الآن.

وتظهر الحسابات الفيزيائية بأن الكوكب لا يمكن أن يتواجد في أي مكان حول النجم المزدوج، وذلك لأنه إذا تواجد في مدارات معينة (أي على مسافات معينة من نجمه) فإن قوى الثقالة المطبقة عليه من قبل النجمين ستؤدي إلى طرده من مداره سريعاً بحيث إما أن ينتقل إلى مدار أخفض أو إلى مدار أعلى، وربما يطرد من الجملة المزدوجة بشكل كامل. وهناك مدارات أو مسافات أخرى عن النجم تشكل تحدياً لوجود الكواكب نظراً للتبدلات الهائلة في درجة حرارة الكوكب في النقاط المختلفة من هذا المدار.

أما السؤال الذي يطرح نفسه فهو: هل يمكن أن توجد كواكب شبيهة بكوكب الأرض حول النجوم المزدوجة؟ تشير التقديرات الحالية إلى أن من الممكن أن تشاهد كواكب صخرية شبيهة بكوكب الأرض وربما قابلة لوجود الحياة في حوالي 50-60% من جميع النجوم المزدوجة، وذلك حين يكون الكوكب في مدار مستقر حول النجم المزدوج وتكون درجات الحرارة على سطحه مناسبة.



الشكل (12). لقد أصبح العلماء متأكدين من وجود كواكب تدور حول نجوم مزدوجة، وبالتالي فإن صورة هذه العوالم التي قد نتخيلها لم تعد ضرباً من الخيال، بل إنها قد تكون موجودة فعلاً في مكان ما من هذا الكون.



النجوم المتعددة

بالإضافة إلى النجوم المزدوجة - وهي كثيرة - فإن هناك الكثير من المنظومات النجمية التي تحتوي أكثر من نجمين. وقد أشرنا إلى الكثير من النجوم المتعددة في الفقرات السابقة من هذه المقالة. ولكن من الجدير بالذكر أن هناك منظومات نجمية تحتوي على أكثر من ثلاثة نجوم، وقد وصل عدد النجوم المشاهدة في منظومة واحدة إلى ستة نجوم، حيث تحدثنا في فقرة سابقة عن نجم المنزر الذي يتكون إجمالاً من ستة نجوم. وكمثال آخر على ذلك نذكر نجم رأس التوأم المقدم (Castor) في كوكبة الجوزاء. في عام 1719 اكتشف الراصدون بواسطة التلسكوب أن هذا النجم هو نجم مزدوج بصري، وبعد ذلك تبين أن كل من النجمين هو ثنائي كسوفي أيضاً. ولاحقاً تبين العلماء وجود نجم آخر مزدوج يرافق نجم رأس التوأم. وبذلك فإن هذا النجم هو نجم سداسي.

مراجع البحث

1. John D. Fix. **Astronomy, Journey to the Cosmic Frontier**. Mc Graw Hill, 3rd edition, 2004.
2. Roger A. Freedman, William J. Kaufmann. **The Universe**. W.H. Freedman Publishers, 8th edition, 2007.
3. Sir Patrick Moore. **Philip's Atlas of the Universe**. Octopus Publishing Group, 2nd edition, 2005.
4. Dennis L. Mammana. **Binary Stars**. Microsoft ® Encarta DVD, 2008.
5. Sir Patrick Moore. **The Amateur Astronomer**. Springer, 12th edition, 2006.
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Binary_stars (accessed on February 2012).
7. <http://www.universetoday.com> (multiple pages & news release, 2011).
8. <http://www.space-art.co.uk> (multiple illustrations).
9. <http://www.hubblesite.org> (accessed on February 2012).

