انقسام سوبرنوفا لأربع صور بفعل العدسات الكونية

حول الصورة: تُظهر هذه الصورة ضوء السوبرنوفا وهو ينقسم إلى أربع صور بواسطة مجرة اهليجية (بيضاوية) الشكل موجودة في المقدمة داخل عنقود مجرّي هائل. يتصرف كلٌ من المجرة والعنقود المجرّي وكأنهما يشكلان "عدسة كونية"، فيقومان بحرف وتضخيم ضوء السوبرنوفا الموجودة خلفهما، ويدعى هذا التأثير بـ "الأثر العدسي الثقالي". التُقطت الصور الأربع في 11 نوفمبر/تشرين الثاني من عام 2014.

ماونا كيا–هاواي: رصد علماء الفلك ولأول مرة أربع صور لانفجار نجمي بعيد، وهذه الصور مرتبة على شكل صليب جرّاء وجود عدسة ثقالية قوية. وبالإضافة إلى كونه مشهداً فريداً من نوعه، سيؤمن لنا هذا الاكتشاف نظرةً أعمق تساعدنا على فهم توزع المادة المظلمة. وأُعلنت النتائج في مناسبة خاصة لمجلة **Science**، بمناسبة الذكرى المئوية لنظرية النسبية العامة لألبرت أينشتاين (**Albert**

Einstein).

أمضى فريقان أسبوعاً كاملاً في تحليل ضوء هذا الجسم، مؤكدين أنها بصمة السوبرنوفا؛ لذلك توجهوا إلى مرصد كيك (W. M. –Keck) الموجود في ماونا كيا بهاواي، لجمع قياسات حساسة تتضمن تحديد المسافة التي تفصلها عن المجرة المضيفة للسوبرنوفا، والتي تبعُد عن الأرض بـ 9.3 مليار سنة ضوئية.

لتوضيح هذا الظهور الرباعي الفريد من نوعه، خَلُصَ العلماء لحدوث انحناء ثقالي وتضخُّم للضوء المنبعث من السوبرنوفا (**supernova**)، حيث يَنتُج ذلك عن عنقود مجرّي (**galaxy cluster**) وأحد مجراته الإهليجية الهائلة الواقعة أمام السوبرنوفا، ويُدعى هذا الأثر "بمفعول العدسة الثقالية (**gravitational lensing**)". وكان اينشتاين أول من تنبأ بهذا الأثر، المشابه لتأثير عدسة زجاجية تحني، وتُضخّم وتُشوّه الضوء المنبعث من صورة الجسم الواقع خلفها.

تُشكِّل الصور المُضاعفة، والمنتظمة حول المجرة الإهليجية فائقة الكتلة، صليبَ اينشتاين (**Einstein Cross**)؛ وهو اسمٌ أُطلق في الأساس على الكوازارات التي تعرضت لمفعول العدسة الثقالية مرات متعددة (**multiple-lensed quasar**) لتَظهر بالتالي على شكل صليب. كما اكتشف علماء الفلك العديد من المجرات والكوازارات المصوّرة، لكنهم لم يَشهدوا أبداً تحلُّل انفجار نجمي إلى عدّة صور.

يقول باتريك كيلي (**Patrick Kelly**) من جامعة بيركيلي بولاية كاليفورنيا: "عندما اكتشفنا الصور الأربع المحيطة بالمجرة، أدخلني هذا الأمر حقيقةً في حيرة لبعض الوقت، لقد كان مفاجئاً بالفعل". كيلي هو كاتب رئيسي للورقة العلمية وعضو في تعاونية غريزم لمسح التضخيم العدسي من الفضاء **GLASS (Grism Lens Amplified Survey from Space)**، حيث تعمل هذه المجموعة حالياً مع فريق **FrontierSN** لتحليل السوبرنوفا.

دوّنَ أليكس فيليبينكو (**Alex Filippenko**): "اكتُشفت هذه الأجسام قصيرة الأمد نظراً للتفحّص الدقيق جداً لبيانات تلسكوب هابل الفضائي من قِبل بات كيلي (Pat Kelly)، والذي لاحظ نموذجاً غريباً"، وفيليبينكو دكتور في علم الفلك من جامعة بيركيلي بولاية كاليفورنيا وعضو مشارك في الفريق، ويضيف أيضاً: "يأتي الحظ لأولئك المستعدين له".

يقول توماسو ترو (**Tommaso Treu**)، وهو باحث رئيسي في مشروع **GLASS** ودكتور في الفيزياء وعلم الفلك في جامعة لوس أنجلوس بولاية كاليفورنيا: "قُمْتُ باستخدام المطياف أو راسم الطيف (**Spectrograph**) المسمّى **LRIS**، والموجود ضمن كيك **Keck** لقياس الطيف في موقع السوبرنوفا ولحساب المسافة عن المجرة المضيفة لذلك السوبرنوفا"، ويضيف ترو: "وأبعد من ذلك، فقد استُخدم الطيف لتحديد المدّة الزمنية الحقيقية للحدث؛ ونتيجةً لتوسّع الكون، تَبدو لنا الأحداث البعيدة ممتدّةً في الزمن. على سبيل المثال، تبدو لنا مباراة كرة سلة في المجرة المضيفة للسوبرنوفا تمتد لحوالي 120 دقيقة، بينما تمتد المباراة هنا على الأرض لحوالي 48 دقيقة. وأخيراً، فإن عدم الكشف عن الانبعاثات الخاصة بالسوبرنوفا يسمح للفريق بالحُكم على بعض الملوثات المحتملة ويوفّر أدلّة حول أمور عدّة، كنوع السوبرنوفا مثلاً".

ستساعد المُشاهدة المميّزة هذه علماءَ الفلك على تحسين تقديراتهم لكتلة وتوزّع المادة المظلمة في العنقود والمجرة صاحبي الأثر العدسي، حيث لا يمكن رؤية المادة المظلمة بشكل مباشر، ولكن يُعتقَد بأنها تُشكِّل معظم كتلة الكون.

عندما ستتلاشى الصور الأربعة، سيملك علماء الفلك فرصةً نادرةً لمشاهدة إعادة تشكّل السوبرنوفا. يرجع ذلك إلى كون النموذج الحالي للصور الأربعة هو العنصر الوحيد من العرض العدسي (**Lensing Display**)؛ حيث من المتوقّع أنّ السوبرنوفا ظهرت في صورة وحيدة في مكانٍ ما من الحقل العنقودي للمجرات قبل حوالي 20 سنة مضت، ومن المتوقّع أيضاً ظهوره مرّة أخرى ضمن الفترة الزمنية

الممتدة ما بين سنة إلى خمس سنوات قادمة.

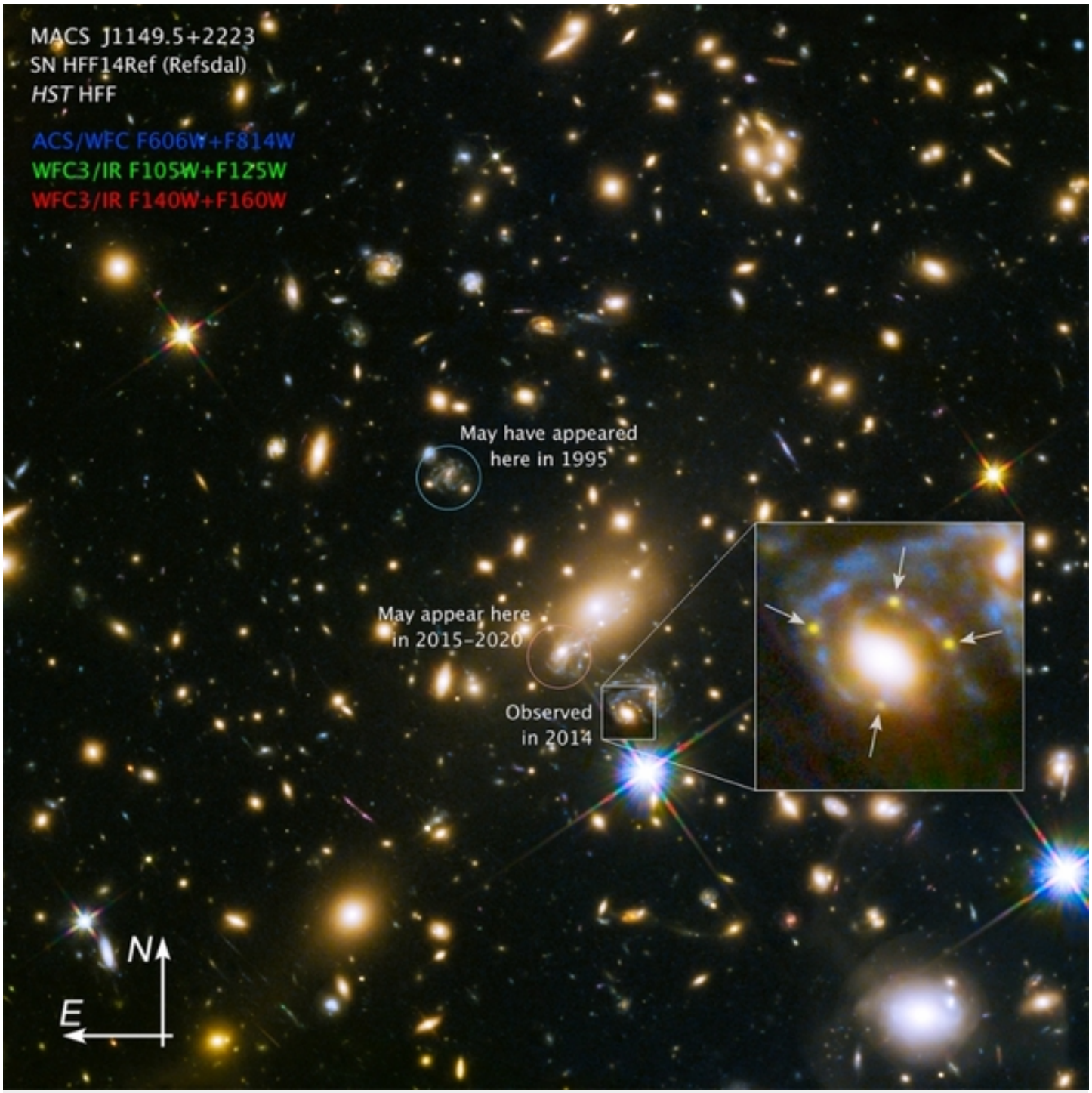
إن تنبؤ الظهور المستقبلي مستنِد إلى نماذج حاسوبية للعنقود المجرّي، والتي تصف المسارات المتنوعة التي يسلكها الضوء المُنقسِم ليعبُر من خلال متاهة من المادة المظلمة الملتفّة داخل التجمّع المجري، وتأخذ كل صورة مساراً مختلفاً عبر العنقود لتصل بأوقات متفاوتة، ويعود ذلك إلى الاختلافات في أطوال المسارات التي يسلكها الضوء لبلوغ الأرض. على سبيل المثال، فإن الصور الأربع للسوبرنوفا التي التُقطت بواسطة تلسكوب هابل الفضائي، ظهرت للتلسكوب بتفاوت زمني عن بعضها البعض يتراوح بين بضعة أيام إلى بضعة أسابيع.

تتشابه المسارات المتنوعة لضوء السوبرنوفا مع مجموعة قطارات تغادر المحطة بنفس التوقيت والسرعة ونحو نفس الوجهة. ولكن كل قطار يسلك طريقاً مختلفاً ومن ثم، فله طول مختلف. لنعتبر أن بعض القطارات تسافر فوق الهضاب، وأخرى تسافر عبر الوديان ومنها ما تلتف حول الجبال؛ وبالتالي فإن القطارات تسافر على سكك مختلفة الطول وعبر طوبولوجيا مختلفة، ولذلك فإنها لن تصل إلى وجهتها في نفس الوقت.

بشكل مماثل، لن تصل صور السوبرنوفا للأرض بنفس الوقت، لأن جزءاً من الضوء سيتأخر بسبب عبوره حول الانحناءات المُتشكّلة بفعل قوة الجاذبية التي تنتج عن المادة المظلمة الكثيفة في العنقود المجرّي المتداخل.

يقول ستيف رودني (**Steve Rodney**) من جامعة جونز هوبكينز وهو قائد فريق **FrontierSN**: "يقدّم لنا نموذجنا عن المادة المظلمة تنبؤاً حول زمن ظهور الصورة التالية، لأنه يُخبرنا بطول مسار كل من القطارات، والذي يرتبط بالزمن. لقد فوّتنا واحداً كنا نعتقد بأنه قد ظهر قبل 20 سنة مضت، واكتشفنا هذه الصور الأربع بعد أن ظَهَرت. إنّ التنبؤ بهذه الصورة المستقبلية هو من أكثر الأمور إثارةً كوننا قد نستطيع التقاطه، ونحن نأمل بأن نعود إلى هذا المجال مع تلسكوب هابل، وسنبقى متابعين حتى ظهور الصورة المقبلة المتوقعة".

إن قياس الفواصل الزمنية بين الصور يُلمِّح إلى التضريس الفضائي المنحني (**warped-space**) الذي غطّاه ضوء السوبرنوفا، الأمر الذي سيساعد علماء الفلك في الضبط الدقيق للنماذج الحاسوبية التي توضح كتلة العنقود الهائلة.



تمَّ التنبؤ بصورة جديدة للانفجار النجمي بعد حوالي خمس سنوات. العلامات الدائرية الحمراء هي المواقع المحتملة لتلك الصورة. ربما أغفل علماء الفلك الظهور المبكر للسوبرنوفا في عام 1995، والتي أُشير إليها بالدائرة الزرقاء. حقوق الصورة: ناسا وآخرون.

يقول كيلي: "سنقيس الفواصل الزمنية وسنعود للنماذج. لنقُلْ أن توقعك يشير إلى أن المسار سيكون بهذا الطول والهضبة ستكون بهذا الارتفاع"، ويضيف لاحقاً: "ستكون برامج نمذجة العدسات مثل إدي زيترن (**Adi Zitrin**)ـمن معهد كاليفورنيا للتكنولوجياـ لفريقنا، قادرةً على تقريب محاكاتهم إلى الدقة المطلوبة لخلق منظر طبيعي للمادة المظلمة، والتي يمليها علينا الزمن الذي استغرقه الضوء في السفر إلينا".

وخلال عمل بحث روتيني لبيانات فريق GLASS، لاحظ كيلي الصور الأربع للانفجار النجمي في 11 نوفمبر/تشرين ثاني لعام 2014

ضمن العنقود المجرّي MACS j1149.6+2223 الواقع على بُعد 5 مليارات سنة ضوئية. كان كل من فريقي **GLASS** و**FrontierSN** في خضم البحث عن هكذا انفجارات عالية الضخامة منذ 2013، ليُشكّل هذا الاكتشاف أمراً في غاية الإثارة لهم.

تظهر السوبرنوفا بسطوع أكبر بـ 20 مرّة من سطوعها الطبيعي، وذلك بسبب التأثيرات المشتركة لعدستين متداخلتين. ويَنْتُج الأثر العدسي المهيمن بفعل العنقود المجرّي الهائل، حيث يُركّز هذا الأثر ضوء السوبرنوفا على طول ثلاثة مسارات مستقلة على الأقل. أما الأثر العدسي الثانوي فينتج عند اصطفاف أحد مسارات الضوء هذه مع مجرة إهليجية ضمن العنقود نفسه، ويُفسّر رودني ذلك فيقول: "حينها تحني المادة المظلمة في تلك المجرّة المفردة الضوء وتُعيد تركيزه على طول أربعة مسارات إضافية، ليتم تشكيل نموذج صليب أينشتاين النادر الذي نرصده حالياً".

منح علماء الفلك اسماً مستعاراً لهذه السوبرنوفا حيث سموها رفسدال (**Refsdal**)، وذلك تيمُّناً باسم عالم الفلك النرويجي سجور رفسدال (**Sjur Refsdal**)، وهو أول من اقترح، في عام 1964، استخدام الصور المتأخرة بالزمن للسوبرنوفا المعرّضة للأثر العدسي بهدف دراسة التوسّع الكوني، حيث يقول ترو: "أمضى علماء الفلك وقتاً طويلاً في البحث عن هذا الاكتشاف"، ويضيف: "إن الانتظار الطويل قد ولّى".

يعمل برنامج المجالات الحدودية (**Frontier Fields**) الممتد على ثلاث سنوات والمتضمّن هابل مع 6 عناقيد مجرّية هائلة، لاستشعار ليس فقط ما هو داخل العناقيد وإنما ما وراء هذه العناقيد أيضاً بواسطة الأثر العدسي الثقالي. إن المسح الذي يقوم به فريق **GLASS** باستخدام القدرات الطيفية (**spectroscopic**) لتلسكوب هابل، يهدف إلى دراسة المجرات عن بُعد بواسطة التلسكوبات الكونية المكوّنة من عشرة عناقيد مجرّية هائلة الحجم، من بينها الستة المُكتشفة في برنامج المجالات الحدودية.

يُشغّل مرصد كيك التلسكوبات العشرة الأكثر إنتاجاً علمياً وأضخمها على الأرض. ويحتوي على تلسكوبين بصريين يعملان بالأشعة تحت الحمراء ولهما قطر يبلغ 10 أمتار. يتواجد هذان التلسكوبان بالقرب من قمة ماونا كيا في جزيرة هاواي، ويتميّزان بتركيبة من الأجهزة المتقدمة بما في ذلك لاقطات الصور ورواسم طيفية لأجسام متعددة ورواسم طيفية عالية الدقة ورواسم طيفية ذات الحقول التكاملية وأنظمة البصريات الليزرية المتكيّفة والتابعة للنجوم ذات الريادة العالمية.

المقياس الطيفي التصويري ضعيف الدقة **LRIS (The Low Resolution Imaging Spectrometer)** هو جهاز متعدد الاستعمالات بحيث أنه يمكن من التصوير بأطوال موجية متنوّعة بالإضافة إلى الدراسة بالمجهر الطيفي (**spectroscopy**)، وكان قد أُعدّ للعمل في 1993 وشُغّل في تلسكوب كاسيجرين (**Cassegrain**) التابع لمرصد كيك (**Keck I**)، ومنذ وضعه في الخدمة فقد عُدّلَ بترقيتين أساسيتين لتحسين قدراته: الأولى هي إضافة ذراع ثانية زرقاء متقدّمة لالتقاط أطوال موجيّة ضوئيّة أقصر، والثانية هي تركيب كواشف ذات حساسية أعلى للأطوال الموجية الحمراء الأطول.

تعمل كل ذراع بأمثل طريقة داخل نطاق الأطوال الموجيّة التي تغطيه. ويسمح مجال الأطوال الموجية الواسع هذا، حين دمجه مع الحساسية العالية للجهاز، بدراسة كل شيء عن المذنّبات (التي تمتلك خواص ممتعة في مجال الأشعة الفوق البنفسجية من الطيف)، ودراسة الضوء الأزرق المنبعث من التشكّل النجمي، وأيضاً الضوء الأحمر المنبعث من الأجسام البعيدة للغاية.

يُسجّل LRIS أيضاً أطياف أجسام قد يصل عددها إلى خمسين وبشكل متواقت (**simultaneously**)، وهو مفيد خصيصاً لدراسات العناقيد المجرّية في المناطق البعيدة للغاية والحقبات المُبكرة من عمر الكون. مرصد كيك هو منظمة غير ربحية خاصة 3 501 (c) وشريك علمي لمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا التابع لجامعة كاليفورنيا وناسا.

يوضح هذا الرسم المتحرك كيفية انحناء وتركيز ضوء السوبرنوفا بواسطة قوّة الجاذبية للعنقود المجري هائل الحجم الواقع أمام السوبرنوفا، مما يؤدي لتكوين صورة متعددة للانفجار النجمي.

لولا وجود هذا العنقود لَاكتشف علماء الفلك فقط ضوء سوبرنوفا الموجّه مباشرةً نحو الأرض، ولَرأوا صورة وحيدة للسوبرنوفا. لكن بهذه الحالة لدينا صورة متعددة رباعية للسوبرنوفا، حيث انحنت مسارات الضوء بواسطة قوة الجاذبية للعنقود وأُعيد توجيهها نحو مسارات جديدة معظمها موجّهة نحو الأرض.

لذلك يرى علماء الفلك صوراً متعددة للانفجار النجمي، وكل واحدة منها تتوافق مع تلك المسارات الضوئية المغيَّرة، فتقوم كل صورة بأخذ مسار مختلف عبر العنقود لتصل بتوقيت مختلفٍ، نتيجةَ الاختلافات في أطوال المسارات المُتّبعة من قِبل الضوء للوصول إلى الأرض.

- التاريخ: 2015-04-30
- التصنيف: الكون

#العناقيد المجرية #التعديس الثقالي #مفعول العدسة الثقالية

المصطلحات

- **المفعول العدسي التثاقلي (gravitational lensing)**: المفعول العدسي التثاقلي: يُشير إلى توزع مادة (مثل العناقيد المجرية) موجودة بين مصدر بعيد والراصد، وهذه المادة قادرة على حرف الضوء القادم من المصدر أثناء تحركه نحو الراصد. ويُترجم أحياناً بالتعديس الثقالي أيضاً.
- **التحليل الطيفي (Spectroscopy)**: التحليل الطيفي ببساطة هو علم قياس شدة الضوء عند الأطوال الموجية المختلفة. وتُسمى المخططات البيانية الممثلة لهذه القياسات بالأطياف (spectra)، وهي المفتاح الرئيسي لكشف تركيب الأغلفة الجوية للكواكب الخارجية. المصدر: ناسا
- **المستعرات الفائقة (السوبرنوفا)** (1 :(**supernova**. هي الموت الانفجاري لنجم فائق الكتلة، ويُنتج ذلك الحدث زيادة في اللمعان متبوعةً بتلاشي تدريجي. وعند وصول هذا النوع إلى ذروته، يستطيع أن يسطع على مجرة بأكملها. 2. قد تنتج السوبرنوفات عن انفجارات الأقزام البيضاء التي تُراكم مواد كافية وقادمة من نجم مرافق لتصل بذلك إلى حد تشاندراسيغار. يُعرف هذا النوع من السوبرنوفات بالنوع Ia. المصدر: ناسا
- **المجرة (galaxy)**: عبارة عن أحد مكونات كوننا. تتكون المجرة من الغاز وعدد كبير (في العادة، أكثر من مليون) من النجوم التي ترتبط مع بعضها البعض، بوساطة قوة الجاذبية. و عندما تبدأ الكلمة بحرف كبير، تُشير Galaxy إلى مجرتنا درب التبانة. المصدر: ناسا

المصادر

- مرصد كيك
- الورقة العلمية

المساهمون

- ترجمة
  - محمد مرعش
- مُراجعة
  - مازن قنجراوي
- تحرير
  - إيمان العماري
- تصميم
  - نادر النوري
- نشر
  - همام بيطار