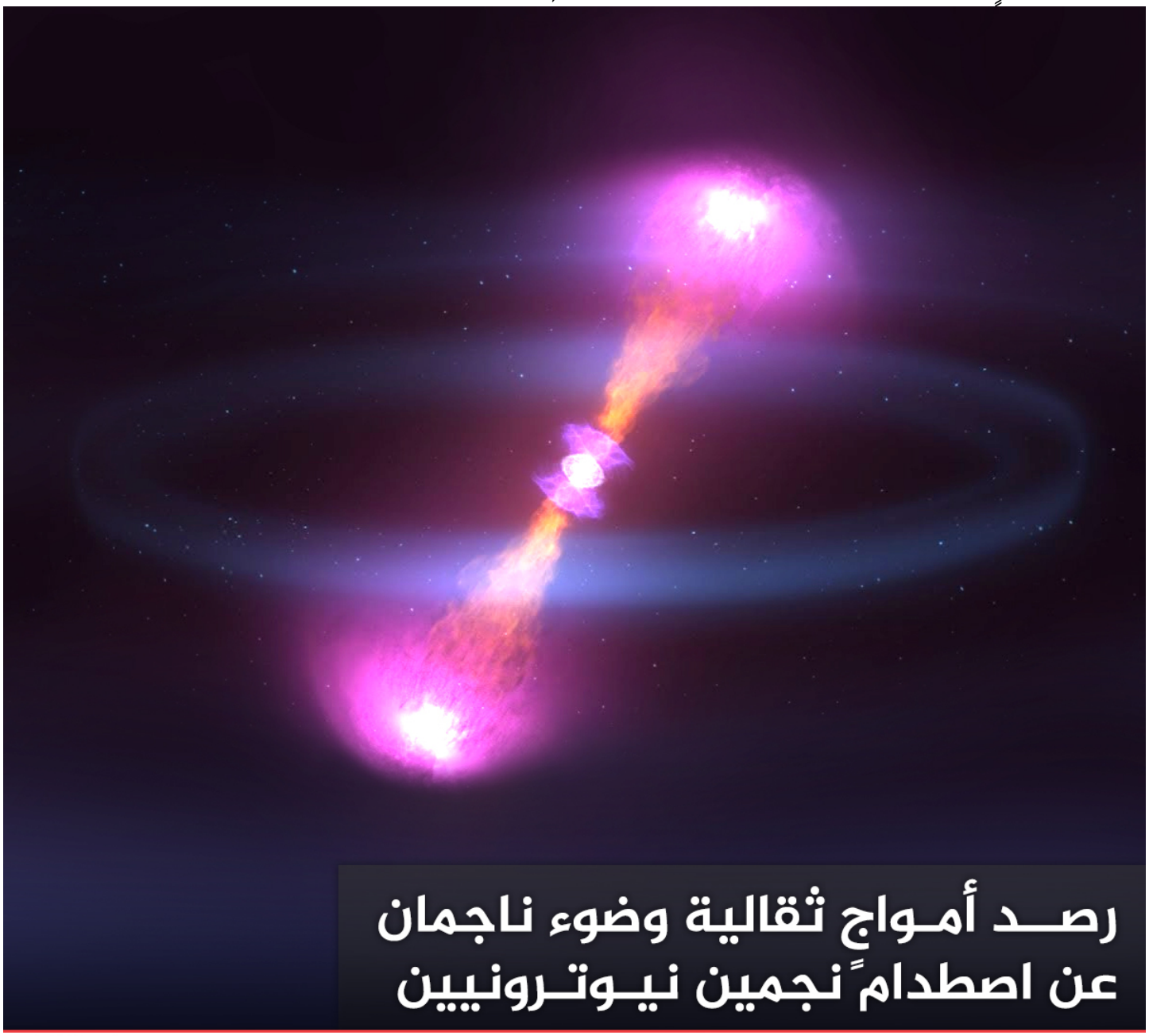
رصد أمواجٍ ثقالية وضوء ناجمان عن اصطدام نجمين نيوترونيين



لأول مرة على الإطلاق، اكتشف علماءٌ من وكالة ناسا ضوءاً مرتبطاً بحدث نجمت عنه أمواج ثقالية، ويعود الفضل في ذلك إلى اندماج نجميين نيوترونيين في مجرة NGC 4993 التي تبعد 130 مليون سنة ضوئية عن الأرض في كوكبة هيدرا Hydra.

بعد وقت قصير من الساعة 8:41 صباحاً بتوقيت شرق الولايات المتحدة يوم 17 آب/أغسطس، التقط تليسكوب فيرمي الفضائي التابع لناسا نبضةً ضوئية ذات طاقةٍ عاليةٍ ناجمةٍ عن انفجار قوي، وأُبلغ علماء الفلك في جميع أنحاء العالم على الفور على أنه انفجار قصير لأشعة غاما. وقد اكتشف العلماء في مرصد لايغو **LIGO** موجات ثقالية اطلق عليها اسم **GW170817** ناجمة عن اصطدام زوجٍ من النجوم وقد رافق ذلك انفجار من أشعة غاما، مما شجع الفلكيين على البحث عن آثار الانفجار. بعد ذلك بزمن قصير، كُشف عن الانفجار كجزء من عملية تحليل متتال يقوم بها قمر إنتغرال **INTEGRAL** التابع لوكالة الفضاء الأوروبية **ESA**.

التقط تلسكوب سويفت للأمواج فوق البنفسجية والمرئية صوراً للكيلونوفا الناتجة عن اندماج النجمين النيوترونيين في المجرة NGC 4993 بتاريخ 18 آب/أغسطس، ثم بعد مرور 15 ساعة رُصِدت الأمواج الثقالية واندفاعات أشعة غاما. حقوق الصورة: NASA/Swift

وسرعان ما رصدت تلسكوبات سويفت **Swift** وهابل **Hubble** وشاندرا **Chandra** وسبيتزر **Spitzer** التابعة لوكالة ناسا، جنباً إلى جنبٍ مع عشرات المراصد الأرضية، بما في ذلك ماسح بان ـ ستارس **Pan-STARRS** الممول من وكالة ناسا، التوهج المتلاشي والمتوسع للانفجار.

ويقول بول هيرتز **Paul Hertz**، مدير قسم الفيزياء الفلكية التابع لوكالة ناسا في مقر الوكالة في واشنطن: "هذا علم مثير للغاية. فقد رصدنا ولأول مرةٍ ضوءاً وموجاتٍ ثقالية ناجمةٍ عن الحدث نفسه، فقد كشف ضوء مصدر الموجات الثقالية عن تفاصيل تتعلق بالحدث لم يكن من الممكن تحديدها من الموجات الثقالية وحدها. إنّ التأثير المتعدد للدراسة مع العديد من عمليات الرصد لهو أمرٌ رائعٌ حقاً".

النجوم النيوترونية هي النوى المضغوطة، المتبقية من النجوم فائقة الكتلة التي انفجرت سابقاً على شكل مستعر أعظم سوبرنوفا (**supernova**) منذ زمن طويل. وعلى الأرجح أن يكون للنجمين المندمجين كتلةٍ أكبر بـ 10% إلى 60% من شمسنا، لكن قطرهما ليس أكبر من ولاية واشنطن العاصمة. وقد دار الزوجان حول بعضهما البعض مئات المرات في الثانية، لينجم عن ذلك موجاتٍ ثقاليةٍ بنفس التردد. ومع اقترابها من بعضهما أكثر فأكثر ومع زيادة سرعة دوارهما، اندمجا في نهاية المطاف، مما أنتج انفجار أشعة غاما وأدى لظهور توهجاتٍ نادرة تعرف باسم كيلونوفا **kilonova**.

ويقول ديفيد ريتز **David Reitze**، المدير التنفيذي لمختبر لايغو في كالتيك في باسادينا، كاليفورنيا" :هذا هو ما كنا ننتظره جميعاً. إن عمليات الاندماج النجمية النيوترونية تنتج تنوعاً ضوئياً كبيراً لأن هذه الأجسام تشكل عاصفةً من الحطام الساخن عندما تصطدم. في حين أن اندماج الثقوب السوداء ـ وهو النمط من الأحداث التي رصدها سابقاً كل من لايغو ونظيره الأوروبي فيرغو ـ من غير المرجح استهلاكها للمادة من حولها قبل اصطدامها بزمن طويل، لذا فلا نتوقع أن يكون هذا العرض الضوئي هو نفسه.

يقول إريك بيرنز **Eric Burns**، عضوٌ في فريق مراقبة انفجارات أشعة غاما بتلسكوب فيرمي في مركز غودارد لرحلات الفضاء في غرينبلت، ماريلاند: "إن التفسير المفضل لانفجارات أشعة غاما القصيرة هو أنها تنتج عن اندفاعات من الحطام المتحرك بسرعةٍ قريبةٍ من سرعة الضوء، وهذا الحطام ناتج عن اندماج النجوم النيوترونية أو النجوم النيوترونية والثقوب السوداء. تخبرنا بيانات مرصد لايغو أنّ الحدث هو عبارةٌ عن اندماج أجسام مضغوطة، وتخبرنا بيانات فيرمي أنّ ذلك أنتج انفجارات أشعة جاما قصيرة، وبجمع ذلك، نحن نعلم أنّ ما رصدناه هو اندماج لنجمين نيوترونيين، وهو يؤكد العلاقة بين بيانات المرصدين".

في غضون ساعات من الكشف الأولي لتلسكوب فيرمي، أعاد مرصدي لايغو وفيرغو (في المرصد الأوربي للجاذبية بالقرب من بيزا، إيطاليا)، تحديد موقع الحدث في السماء مع تحليل إضافي لبيانات الموجات الثقالية. ثم رصدت المراصد الأرضية بسرعة مصدراً جديداً للضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء ـ الكيلونوفا – في مجرة **NGC 4993**.

بالنسبة لتلسكوب فيرمي، فقد بدا ذلك كانفجارٍ نموذجي قصير لأشعة غاما، لكنه حدث على بعدٍ أقل من عُشر بعد أي مصدرٍ انفجارٍ آخر ذي مسافة معروفة، مما يجعلها من بين أخفت الانفجارات المعروفة. ولا يزال علماء الفلك يحاولون معرفة السبب وراء هذا الانفجار الغريب، وكيف يرتبط هذا الحدث بتدفقات أشعة غاما الأكثر لمعاناً التي شوهدت من على مسافات أكبر بكثير.

تابعت مهمات سويفت وهابل وسبيتزر التابعة لناسا تطور انفجارات الكيلونوفا لفهم تركيب هذه المواد ذات الحركة البطيئة بشكل أفضل، في حين بحث تلسكوب شاندرا عن الأشعة السينية المصاحبة لبقايا الاندفاعات فائقة السرعة.

عندما تحول نظر تلسكوب سويفت إلى المجرة بعد وقت قصير من الكشف عن انفجارات أشعة غاما من قبل تلسكوب فيرمي، رصد مصدراً مشعاً ومتلاشياً من الأشعة فوق البنفسجية.

يقول إس. برادلي سينكو **S. Bradley Cenko**، الباحث الرئيسي لتلسكوب سويفت في غودارد: "لم نكن نتوقع أن ينتج انفجار كيلونوفا انبعاثاً ساطعاً من الأشعة فوق البنفسجية. نحن نعتقد أن ذلك نتج عن قرص قصير الأمد من الحطام غذّى انفجار أشعة غاما".

مع مرور الوقت، تباطأت المواد التي لفظتها الاندفاعات (النفاثات **jets**) أثناء انتشارها وتمددت وانتشرت على مساحة أكبر، مما سخن المادة بين النجمية، منتجة ما يدعى بالانبعاث الشفقي **afterglow emission** الذي يتضمن الأشعة السينية . غير أن التلسكوب لم يرصد أي أشعةٍ سينية، وهي مفاجأة لحدث أنتج أشعة غاما ذات طاقةٍ أعلى.

وكشف مرصد شاندرا للأشعة السينية عن الأشعة السينية بوضوح بعد تسعة أيام من اكتشاف المصدر. ويعتقد العلماء أن التأخير كان نتيجة لزاوية رؤيتنا، كما استغرق الأمر وقتاً حتى تمددت الاندفاعات المتجهة إلى الأرض ضمن خط رؤيتنا.

رُصِد الكيلونوفا المرتبط بالحدث الكوني GW170817 بواسطة تلسكوب هابل الفضائي التابع لناسا ومرصد تشاندرا للأشعة السينية، حيث رصد هابل ضوءاً بصريا وأشعة تحت الحمراء من الحطام الحار المنتشر. حقوق الصورة: NASA/CXC/E. Troja

وتقول اليونورا تروجا **Eleonora Troja**، من مركز غودارد، والتي قادت أحد فرق شاندرا، واكتشفت انبعاث الأشعة السينية" :إن الكشف عن الأشعة السينية يدل على أن عمليات الاندماج النجمية النيوترونية يمكن أن تشكل اندفاعات قوية تتدفق بسرعة قريبة من الضوء. كان علينا الانتظار لمدة تسعة أيام للكشف عن ذلك لأننا كنا نشاهدها من الجانب، على عكس أي شيءٍ رأيناه من قبل".

في 22 آب/أغسطس، بدأ تلسكوب هابل الفضائي التابع لوكالة ناسا بتصوير انفجارات الكيلونوفا وطيفها القريب من الأشعة تحت الحمراء، والذي كشف عن الحركة والتركيب الكيميائي للحطام الآخذ بالاتساع.

ويقول أندرو ليفان **Andrew Levan** من جامعة واروبك في كوفنتري في إنجلترا، والذي قاد أحد الاقتراحات المتعلقة بعمليات رصد تلسكوب هابل الطيفية: "بدا الطيف تماماً كما تنبأ به علماء الفيزياء النظرية نتيجة اندماج نجمين نيوترونيين. وقد ربط ذلك هذا الجسم بمصدر الموجات الثقالية بشكلٍ مؤكد".

ويعتقد علماء الفلك أن الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء الناجمة عن الكيلونوفا نشأت في المقام الأول من خلال التسخين الناجم عن تحلل العناصر المشعة التي تشكلت في الحطام الغني بالنيوترونات. وقد يكون تصادم النجوم النيوترونية المصدر المهيمن في الكون للعديد من العناصر الأثقل، بما في ذلك البلاتين والذهب.

وبسبب مداره التابع للأرض حول الشمس، كان سبيتزر في موقعٍ فريدٍ لمراقبة الكيلونوفا بعد فترة طويلة من تحرك الشمس مقتربة من المجرة مانعةً التلسكوبات الأخرى من رؤيتها. وقد التقط سبيتزر في 30 أيلول/سبتمبر أكبر طولٍ موجي للأشعة تحت الحمراء الصادرة من الكيلونوفا، ما كشف النقاب عن كمية من العناصر الثقيلة المتشكلة.

بتاريخ 17 آب/أغسطس 2017، رصد مرصد لايغو أمواجاً ثقالية من اصطدام نجمين نيوترونيين، وخلال 12 ساعة، حددت المراصد مصدر الحدث ضمن المجرة NGC 4993 الظاهرة في صورة تلسكوب هابل هذه، كما حددوا موقع شعلة نجمية مرافقة دعوها الكيلونوفا. حقوق الصورة: NASA/ESA

يقول مانسي كاسليوال **Mansi Kasliwal**، أستاذ مساعد في كالتيك وباحث رئيسي في برنامج سبيتزر الرصدي: "كان سبيتزر هو آخر المنضمين إلى مجموعة تلسكوبات ناسا. ولكن، ستكون له الكلمة الأخيرة فيما يتعلق بكمية الذهب المتشكلة".

نشرت العديد من الأوراق العلمية التي تصف وتفسر عمليات الرصد في مجلات **Physical Review Letters**، **Nature**، **Science** و **The Astrophysical Journal**.

نذكر هنا أن الكشف عن الموجات الثقالية للمرة الأولى مباشرة كان في عام 2015 من قبل مرصد لايغو، وقد مُنح مهندسوه جائزة نوبل في الفيزياء لعام 2017 عن ذلك الاكتشاف.

يظهر هذا الفيديو ما تم رصده على مدى تسعة أيام بعد اندماج النجمين النيوترونيين المعروف باسم **GW170817**. حيث شمل ذلك نشوء موجات ثقالية، ونفاثاتٍ ذات سرعة قريبةٍ من سرعة الضوء والتي أنتجت بدورها أشعة غاما (اللون الأرجواني)، وتوسع الحطام من انفجار الكيلونوفا والذي أنتج انبعاثاتٍ من الأشعة فوق البنفسجية (اللون البنفسجي) ومن الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء (الأزرق والأبيض حتى الأحمر)، إضافة إلى انبعاثاتٍ من الأشعة السينية (اللون الأزرق) عندما توسعت النفاثات داخل حقل رؤيتنا.

حقوق الفيديو: **NASA's Goddard Space Flight Center/CI Lab**

- التاريخ: 2017-10-19
- التصنيف: فيزياء

#الأمواج الثقالية #GW170817 #الكيلونوفا

المصطلحات

- **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
- **كيلونوفا (kilonova)**: حدث فلكي يحدث عندما يندمج نجمان نيوترون أو نجم نيوتروني وثقب أسود في نظام ثنائي. وسمي كيلونوفا لأنه كمية الضوء والسطوع الناتجة عنه تفوق سطوع السوبرنوفا ب 1000 مرة لانه كلمة kilo تعني ألف
- **الإصدارية (Emission)**: هي كمية الضوء، أو بشكلٍ عام الإشعاع الكهرومغناطيسي، الناتجة عن ذرة ما أو جسم آخر. المصدر: ناسا
- **التدفقات (Jets)**: عبارة عن أشعة من الجسيمات، عادةً ما تكون ناتجة عن النوى المجرية النّشطة أو بولزار. وعلى النقيض من التدفق الناتج عن طائرة، حيث يتجه المجرى الغازي نحو اتجاه واحد، يتكون التدفق الفلكي من أزواج كل منها يتجه في اتجاه معاكس للآخر. المصدر: ناسا

المصادر

- NASA

المساهمون

- ترجمة
  - Azmi Salem
  - علي محمود ابراهيم
- مُراجعة
  - نجوى بيطار
- تحرير
  - سوار الشومري
- تصميم
  - Tareq Halaby
- نشر
  - روان زيدان