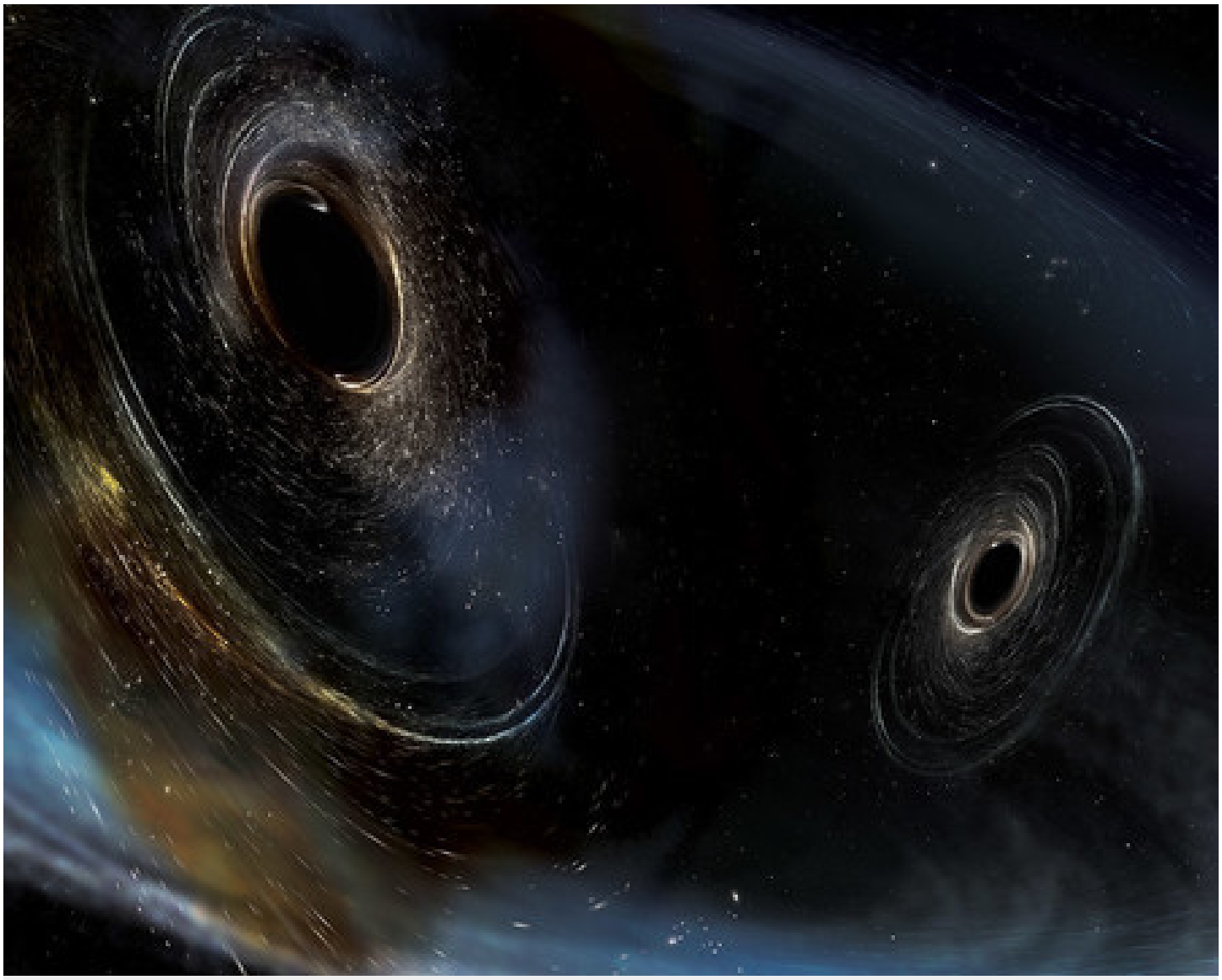
لايغو يرصد الأمواج الثقالية للمرة الثالثة

تؤكد النتائج وجود كثافة جديدة من الثقوب السوداء.

قام مرصد مقياس تداخل الأمواج الثقالية لايغو **The Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory** او اختصاراً **(LIGO)** بثالث رصد للأمواج الثقالية في نسيج الزمكان، مما يدل على أن نافذة جديدة قد فُتحت في مجال علم الفلك. كما في الرصدين الأول والثاني، فقد تولّدت الأمواج عندما اصطدم ثقبان أسودان ببعضهما ليشكلا ثقباً أسود واحداً أكبر.

تبلغ كتلة الثقب الأسود المكتشف حديثاً 49 ضعف كتلة شمسنا، ويملأ ثقب أسود جديد هذه الفجوة بين كتلتي الثقبين الأسودين المتّحدين الذين اكتشفهما لايغو سابقاً، وبكتل شمسية تبلغ 62 (في الاكتشاف الأول) و21 (في الاكتشاف الثاني).



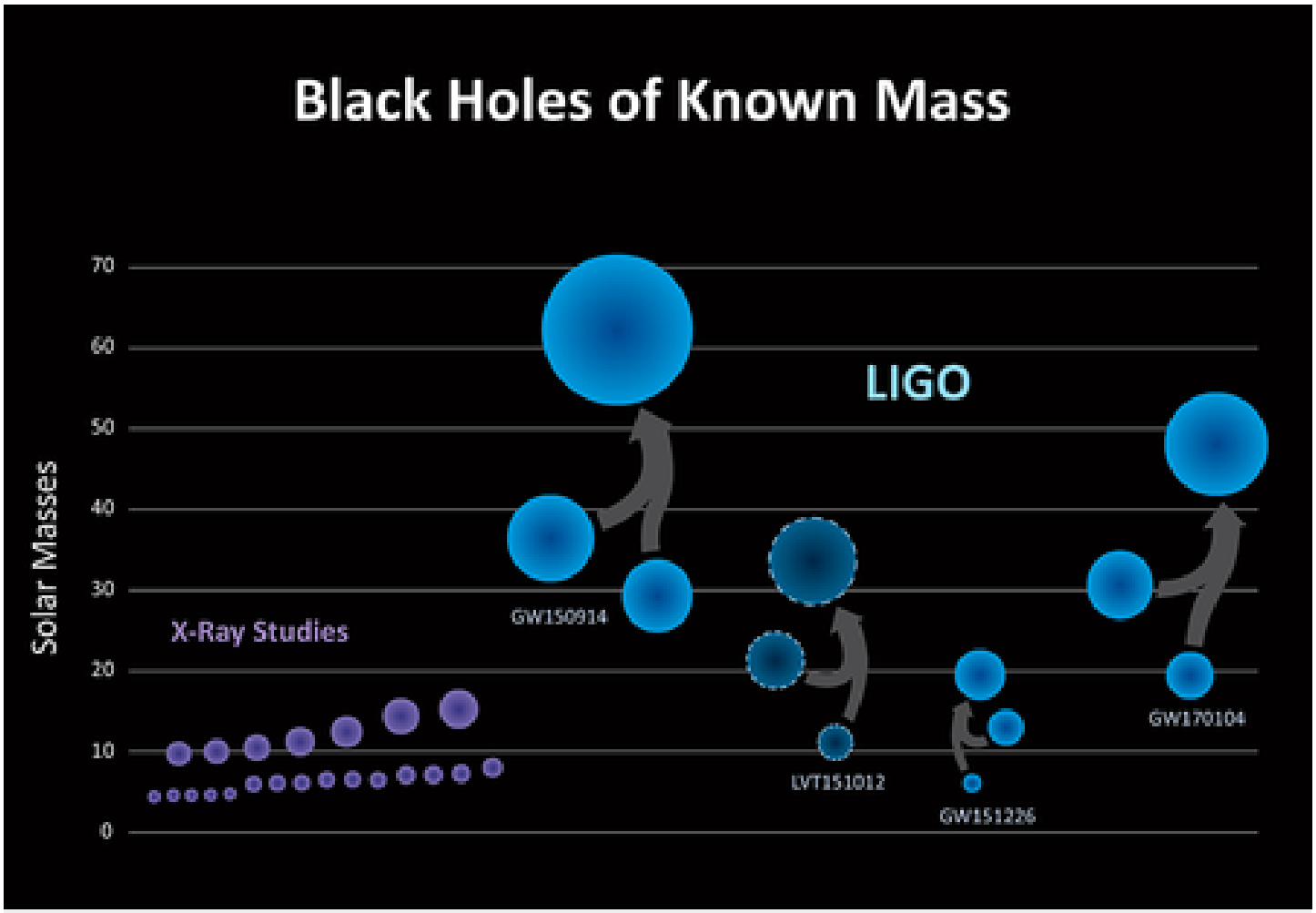
محاكاة فنية لاندماج ثقبين أسودين مثل اللذَين اكتشفهما مرصد لايغو. يدور الثقبان بطريقة غير متراصفة، مما يعني أن لديهما اتجاهات مختلفة بالنسبة للحركة المدارية الإجمالية للأزواج. وجد لايغو إشارات تدل بأن ثقباً أسود واحداً على الأقل ويدعى بـ GW170104 كان غير متراصف مع حركته المدارية قبل أن يندمج مع ندّه. حقوق الصورة: LIGO/Caltech/MIT/Sonoma State) Aurore (Simonnet

ويقول ديفيد شوماخر **David Shoemaker** من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا **MIT** والمتحدث الرسمي باسم جمعية علماء لايغو **LIGO Scientific Collaboration** او اختصاراً **LSC** (وهي هيئة تضم أكثر من 1000 عالِم دولي ممن يقومون بأبحاث لايغو معاً بالتعاون مع جمعية فيرغو **Virgo Collaboration** الأوروبية): "لدينا إثباتات أكثر على وجود الثقوب السوداء ذات الكتل النجمية التي تكون أكبر من 20 كتلة شمسية ـ هذه أجسام لم نكن نعلم بوجودها قبل أن يقوم لايغو برصدها.

من المثير للاهتمام كيف يمكن للبشر القيام بتجميع فرضيّات واختبارها بالنسبة لحدث غريب كهذا الذي وقع قبل مليارات السنين من الآن، وعلى بعد مليارات السنوات الضوئية منّا. لقد عمل كلّ من طاقمي جمعيتيّ علماء لايغو وفيرغو بشكل كامل ليحلوا هذا اللغز".

محاكاة رياضية لاندماج ثقبين أسودين تتوافق مع أرصاد لايغو. ما يشير إلى قوة الموجة الثقالية هو ارتفاع الحزم، وكذلك اللون، حيث يشير اللون الأزرق إلى الحقول الضعيفة واللون الأصفر إلى الحقول القوية. يتم إعادة تنظيم مطال الموجة الثقالية أثناء المحاكاة لإظهار الإشارة أثناء الحركة بأكملها، وتزداد أحجام الثقوب السوداء بمقدار الضعفين. تُظهر اللوحة السفلية في الفيديو شكل الموجة الثقالية.

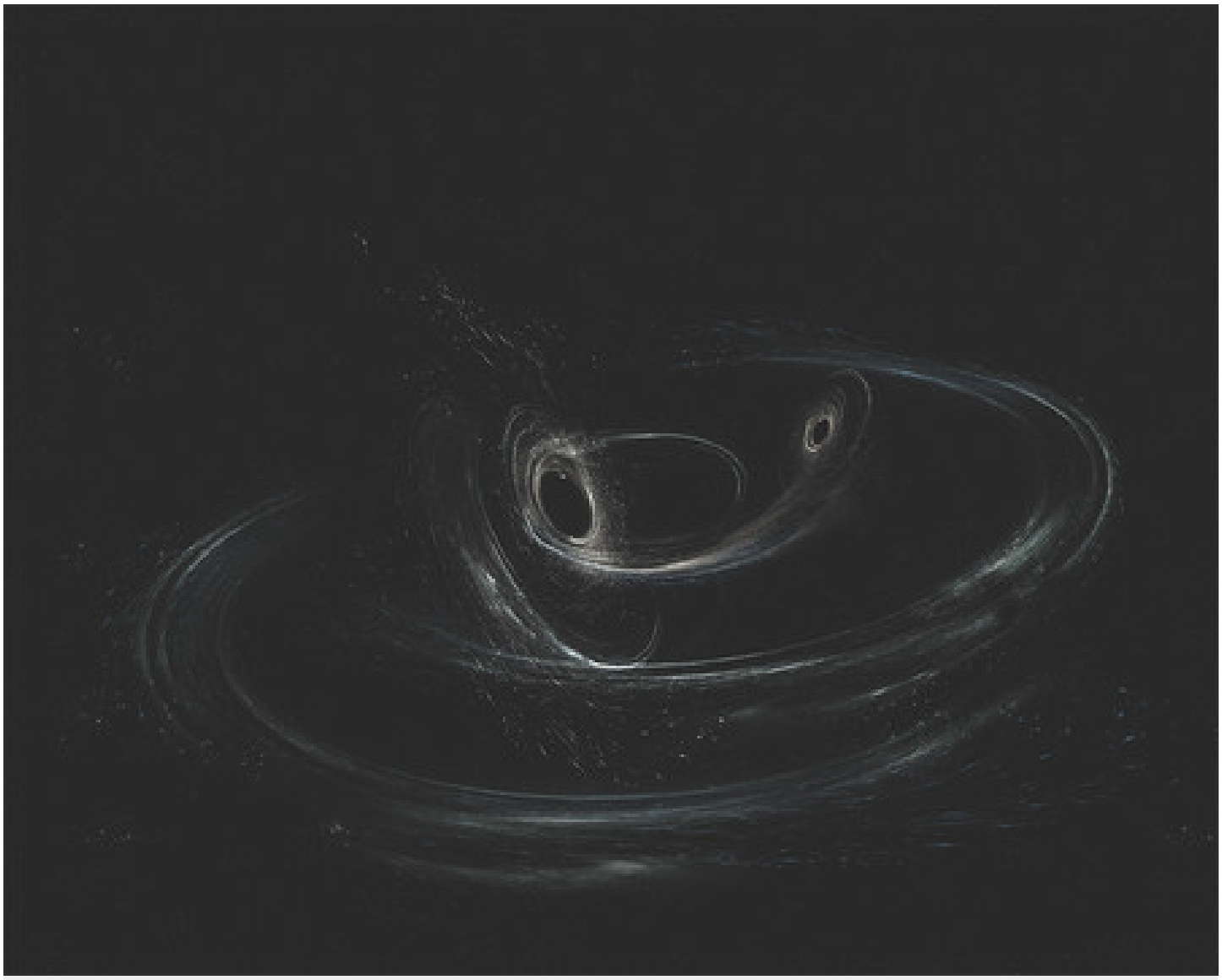
حدث هذا الكشف الجديد خلال جولة لايغو الحالية للرصد التي بدأت في 30 تشرين الثاني/نوفمبر 2016 وستبقى مستمرة خلال الصيف. تجدر الإشارة إلى كون ليغو اتحاداً دولياً يضم أعضاء من جميع أنحاء العالم. يتم الرصد فيه بواسطة المرصدين التوأمين الواقع أحدهما في هانفورد بواشنطن **Hanford Washington**، والثاني في ليفينغستون بولاية لويزيانا **Livingston Louisiana**، ويديره كل من معهد كالتيك وماساتشوستس للتكنولوجيا، كما تموله مؤسسة العلوم الوطنية الأميركية **National Science Foundation** او اختصاراً (**NSF**) .



اكتشف مرصد لايغو تجمعاً جديداً من الثقوب السوداء (اللون الأزرق) بكتلة أكبر مما رصد سابقاً في دراسات الأشعة السينية (اللون البنفسجي). الإثباتات الثلاث التي اكتشفها لايغو (GW150914، GW151226، GW170104) ورصد غير مؤكد آخر (LVT151012)، تشير إلى تجمع الثقوب السوداء الثنائية ذات الكتلة النجمية التي اندمجت في السابق ـ وهي أكبر من كتلة شمسنا بعشرين ضعفاً ـ أكبر مما علمنا في السابق. (Credit: LIGO/Caltech/Sonoma State (Aurore Simonnet

قام لايغو بأول رصد مباشر للأمواج الثقالية **gravitational waves** على الإطلاق في أيلول/سبتمبر 2015 خلال أول جولة رصد له منذ ترقيات كبيرة في برنامج يدعى بـ **Advanced LIGO**. وحصل الرصد الثاني في كانون الأول/ديسمبر 2015. أما الرصد الثالث والمسمّى بـ **GW170104** والحاصل في 4 كانون الثاني/يناير 2017، فقد تم تداوله في ورقة علمية للنشر في صحيفة **Physical Review Letters**.

قام كل من المرصدين التوأمين التابعين للايغو بتسجيل أمواج ثقالية ناتجة عن اندماج ذو طاقة هائلة لزوجين من الثقوب السوداء في كل من الحالات الثلاث السابقة. تُنتج هذه الاصطدامات طاقة أكبر من الطاقة المشعّة على شكل ضوء بواسطة جميع النجوم والمجرات في الكون في أي وقت، ويبدو الرصد الأخير بأنه الأبعد حتى الآن، حيث تبعد الثقوب السوداء حوالي 3 مليارات سنة ضوئية عنّا. أما الثقوب السوداء في الرصدين الأول والثاني، فقد كانت تبعد 1.3 و1.4 مليار سنة ضوئية على التوالي.



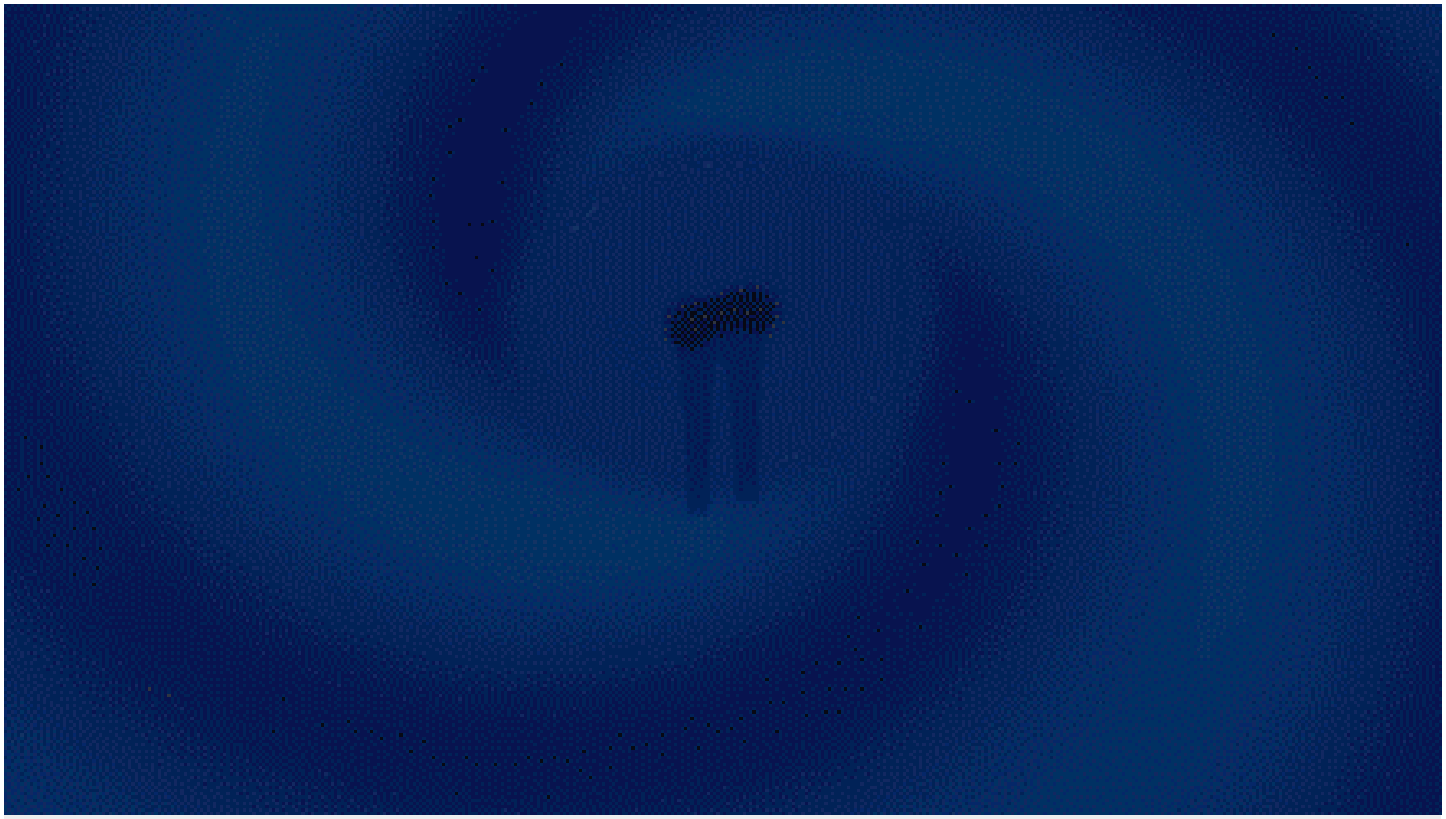
تصور فني يظهر اثنين من الثقوب السوداء المندمجة مماثلة لتلك التي اكتشفها لايغو. يظهر الثقبان الأسودان ـ سوف يدوران في نهاية المطاف معاً في ثقب أسود أكبر ـ أنهما يدوران في مستوي حول بعضها البعض. يدور الثقبان الأسودان بطريقة غير متراصفة، مما يعني أن لديهما اتجاهات مختلفة بالنسبة للحركة المدارية الشاملة للزوج. هناك إشارات من هذه الظاهرة التي وجدت من قبل لايغو في ثقب أسود واحد على الأقل من نظام GW170104. Credit: LIGO/Caltech/MIT/Sonoma State (Aurore Simonnet)

كما توفّر أحدث عملية مراقبة أدلّةً حول اتجاه دوران الثقوب السوداء. تدور أزواج الثقوب السوداء حول بعضها وفي الوقت نفسه حول محاورها الخاصة، مثل متزلجين يدور كل منهما حول نفسه خلال دورانه حول الآخر. في بعض الأحيان، تدور الثقوب السوداء في نفس الاتجاه المداري العام الذي يتحرك فيه الثنائي ـ ما يشير إليه علماء الفلك على أنه محاذاة دورانية ـ وأحياناً يدوران في الاتجاه المعاكس للحركة المدارية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضاً أن تتحرك الثقوب السوداء بعيداً عن المستوي المداري، ما يعني أنه يمكن للثقوب أن تدور في أي اتجاه!

لا يمكن لبيانات لايغو **LIGO** الجديدة أن تحدد ما إذا كانت الثقوب السوداء التي لوحظت مؤخراً مائلةً أم لا، إلّا أنها تشير ضمنياً إلى أن واحداً على الأقل من الثقوب السوداء قد يكون غير متراصف بالمقارنة مع الحركة المدارية الكلية، إلا أننا بحاجة إلى المزيد من ملاحظات

لايغو **LIGO** للوصول إلى نتيجة نهائية فيما يخص دوران الثقوب الثنائية السوداء، ولكن هذه البيانات المبكرة تقدّم أدلةً حول كيفية تشكل هذه الأزواج.

يقول بنغالور ساتيا براكاش **Bangalore Sathyaprakash** من ولاية بنسلفانيا وجامعة كارديف، وهو واحد من محرري الدراسة الجديدة التي ألفها تعاون **LSC** و **Virgo**: "هذه هي المرة الأولى التي يكون لدينا أدلة على أن الثقوب السوداء قد لا تكون متحانية، مما يعطينا مجرد تلميح صغير أن الثقوب السوداء الثنائية قد تتشكل في كتل نجمية كثيفة".



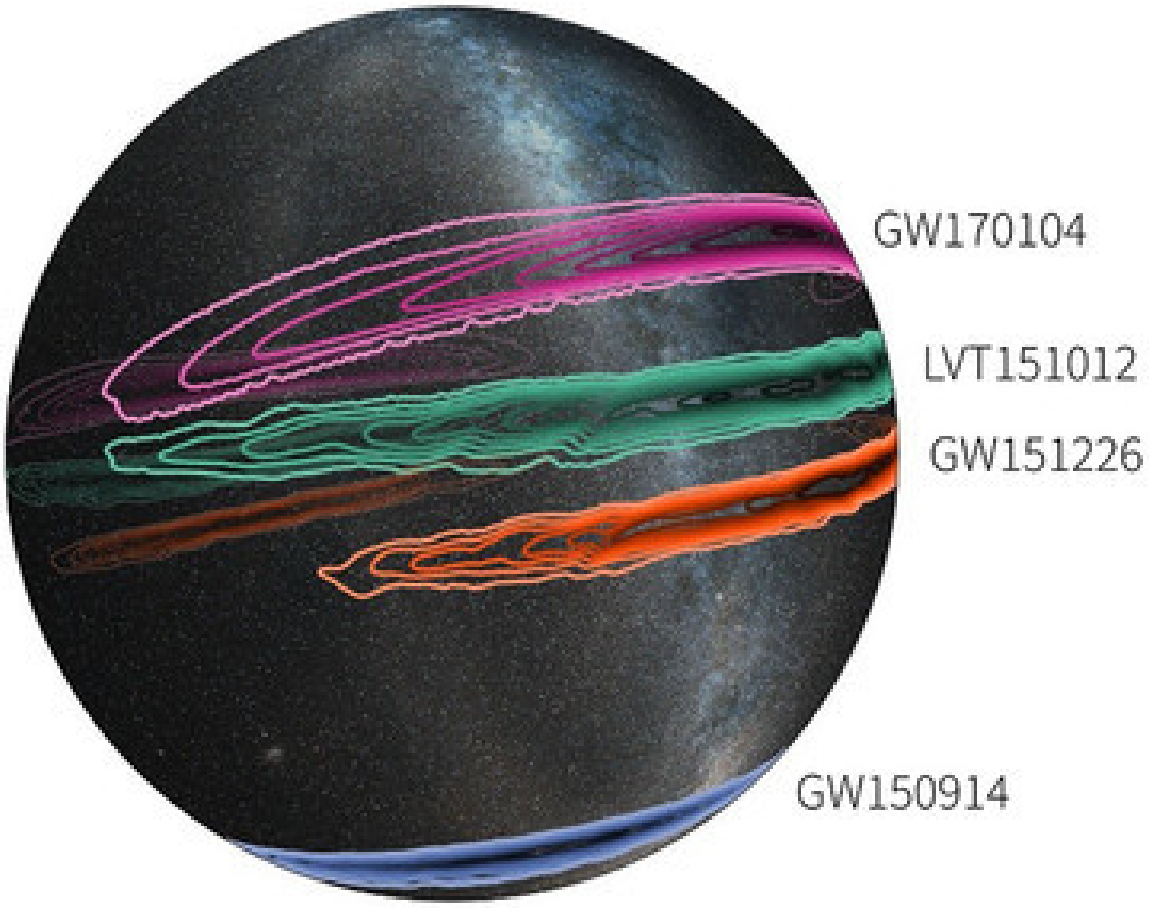
محاكاة رياضية للزمكان المشوه بالقرب من ثقبين أسودين مندمجين. وتتوافق هذه المحاكاة مع ملاحظة لايغو LIGO للحدث الذي يطلق عليه اسم GW170104. المجموعات الملوّنة هي قمم وقيعان الموجة الثقالية، وتزداد الألوان إشراقاً مع ازدياد مطال الموجة.
Credit: LIGO/Caltech/MIT/Sonoma State (Aurore Simonnet)

هناك نموذجان أوليان يشرحان كيف يمكن أن تتشكل أزواج من الثقوب السوداء الثنائية، حيث يقترح النموذج الأول أن الثقوب السوداء تولد معاً، فهي تتشكل عندما ينفجر كل نجم من النجوم الثنائية، بعد ذلك، ولأن النجوم الأصلية كانت تدور في تحاذ، فمن المرجح أن تظل الثقوب السوداء متحاذية.

في النموذج الآخر، تنشأ الثقوب السوداء في وقت لاحق في الحياة داخل عناقيد النجوم المزدحمة، ثم تجتمع الثقوب السوداء على شكل أزواج عندما تغوص وصولاً إلى مركز العنقود النجمي. في هذه الحالة، يمكن للثقوب السوداء أن تدور في أي اتجاه نسبي لحركتها المدارية. ولأن لايغو **LIGO** يرى بعض الأدلة على أن الثقوب السوداء **GW170104** غير متحاذية، فإن البيانات ترجح نظرية العنقود النجمي كثيف الكتلة على أنه النموذج الحاصل هنا.

تقول كيتا كوابي **Keita Kawabe** من كالتيك، وهي أيضاً محررة البحث، من مرصد لايغو هانفورد: "بدأنا في جمع إحصاءات حقيقية

عن أنظمة الثقب الأسود الثنائية، هذا أمر مثير للاهتمام لأن بعض نماذج تشكل الثقب الأسود الثنائي مفضّلة إلى حدٍ ما على غيرها الآن وفي المستقبل، وبذلك نتمكن من تضييق الاحتمالات".

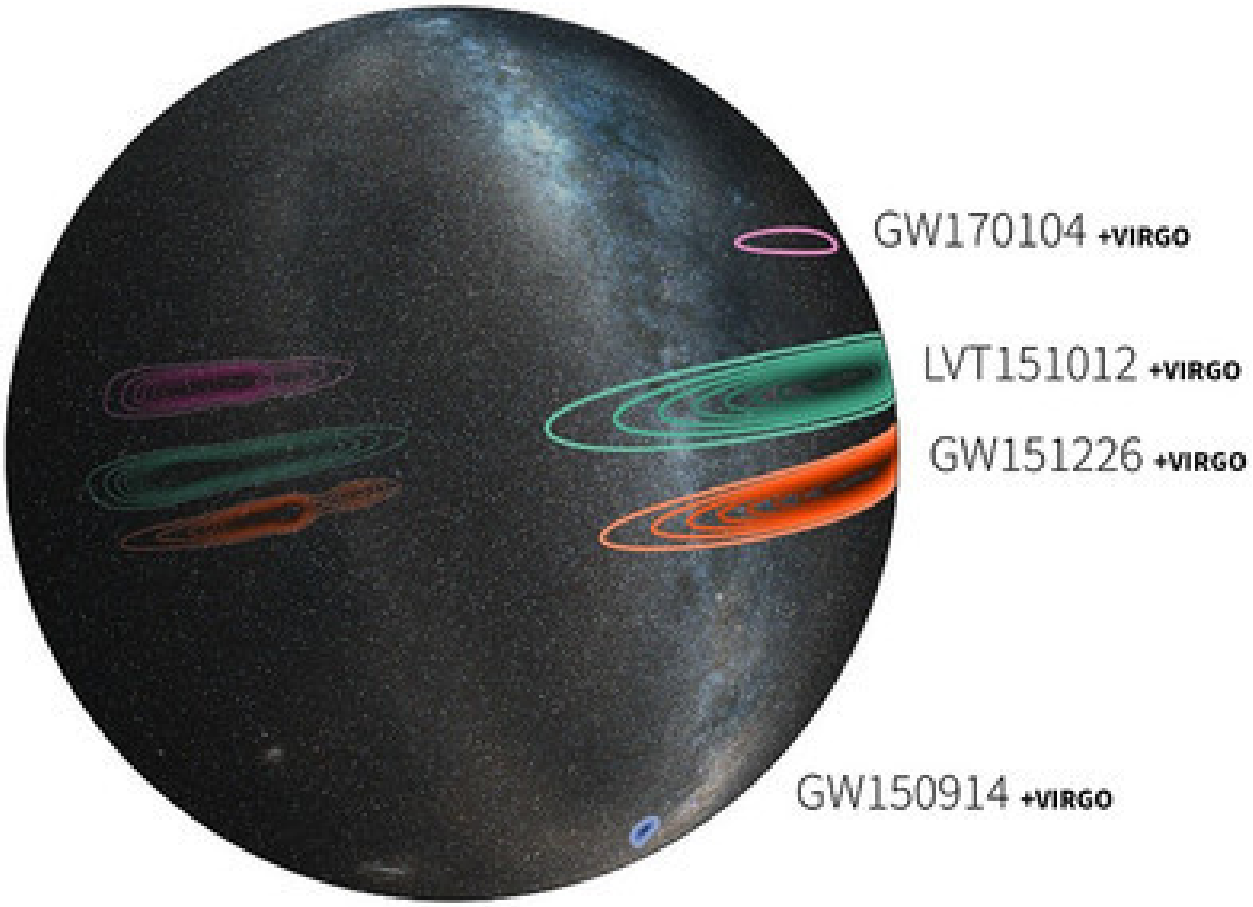


مسقط ثلاثي الأبعاد لمجرة درب التبانة على أرضية شفافة يظهر المواقع المحتملة لثلاثة أحداث اندماج ثقوب سوداء أكدها مرصد لايغو GW150914 (أزرق)، GW151226 (برتقالي)، وأحدث كشف GW170104 (أرجواني) و كشف رابع ممكن أقل أهمية (LVT151012، الأخضر). وتمثل الملامح الخارجية منطقة الثقة البالغة 90%، وتشير الملامح الأعمق إلى منطقة الثقة البالغة 10%
(Credit: LIGO/Caltech/MIT/Leo Singer (Milky Way image: Axel Mellinger

كما تختبر الدراسة مرة أخرى نظريات ألبرت أينشتاين. على سبيل المثال، بحث الباحثون عن تأثير يسمى التشتت **dispersion**، والذي يحدث عندما تنتقل أمواج الضوء في أوساط مادية مثل الزجاج بسرعات مختلفة اعتماداً على طولها الموجي، وهذه هي الطريقة التي يخلق فيها الموشور قوس قزح. نظرية النسبية العامة لأينشتاين تنفي حدوث التشتت من الأمواج الثقالية، لأنها تنتشر من مصدرها إلى الأرض. إلّا أنّ لايغو **LIGO** لم يجد أدلة على هذا التأثير.

تقول لورا كادوناتي **Laura Cadonati** من معهد جورجيا للتكنولوجيا **Georgia Tech** ونائب المتحدث باسم **LSC**: "يبدو أن أينشتاين كان على حق ـ حتى بالنسبة لهذا الحدث الجديد، الذي يقع على مسافة أبعد بمرتين من اكتشافنا الأول، لا يمكننا أن نرى انحرافاً من تنبؤات النسبية العامة، وهذه المسافة الكبيرة تساعدنا على الإدلاء بهذا البيان بمزيد من الثقة".

يقول جو فان دن براند **Jo van den Brand**، المتحدث باسم فيرغو **Virgo Collaboration**، وعالم الفيزياء في المعهد الوطني الهولندي للفيزياء الذرية (نيخيف) **Nikhef** وأستاذ في جامعة فرايج في أمستردام **Vrije Universiteit**: "لقد وصلت أدوات لايغو **LIGO** إلى درجة حساسية مثيرة للإعجاب، كما أننا نتوقع بحلول الصيف أن يقوم فيرجو **Virgo**، مقياس التداخل الأوروبي، بتوسيع شبكة أجهزة الكشف مما سيساعدنا في تحسين تحديد مكان الإشارات".



توضح هذه الخريطة كيف أن إضافة كاشف فيرغو، المقرر أن يعمل هذا الصيف، يمكن أن يحسن تحديد مصادر الأمواج الثقالية. تظهر الخريطة المواقع المقدرة لأحداث الاندماج الأربعة التي اكتشفها لايغو حتى الآن (بما في ذلك حدث واحد أقل أهمية)، بعد تضمين بيانات فيرغو الافتراضية. وتمثل الملامح الخارجية منطقة الثقة البالغة 90%، تشير الملامح الأعمق إلى منطقة الثقة البالغة 10%.
(Credit: LIGO/Caltech/MIT/Leo Singer (Milky Way image: Axel Mellinger

ويواصل فريق لايغو–فيرجو **LIGO–Virgo** البحث في أحدث بيانات لايغو عن علامات تموجات الزمكان من المناطق الكونية البعيدة. كما أنهم يعملون على تحسينات فنية لتشغيل النسخة الجديدة من لايغو **LIGO** والتي من المقرر أن تعمل في أواخر سنة 2018، ومن سيتم خلالها تحسين حساسية أجهزة الكشف.

يقول ديفيد ريتز **David Reitze** من كالتيك، المدير التنفيذي لمختبر لايغو: "مع الكشف المؤكد الثالث عن الأمواج الثقالية الناجمة عن اصطدام ثقبين أسودين، يقوم لايغو بنفسه بإنشاء مرصد قوي للكشف عن الجانب المظلم من الكون"، ويضيف: "في حين أن لايغو **LIGO**

مناسب تماماً لمراقبة هذه الأنواع من الأحداث، نحن نأمل أن نرى أنواع أخرى من الأحداث الفلكية قريباً، مثل الاصطدام العنيف لاثنين من النجوم النيوترونية **neutron stars**".

يتم تمويل لايغو **LIGO** عن طريق مؤسسة العلوم الوطنية **NSF**، ويديره معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا **MIT** وكالتيك **Caltech**، الذي صور ونفذ المشروع. وقد ترأست الالتزامات المالية كل من مؤسسة العلوم الوطنية **NSF** وألمانيا (جمعية ماكس بلانك) **Max Planck Society** والمملكة المتحدة (مجلس العلوم والتكنولوجيا والمرافق) **Science and Technology Facilities Council** وأستراليا (مجلس البحوث الأسترالي) **Australian Research Council** فحقق ذلك مساهمات هامة في المشروع.

يشارك أكثر من 1000 عالم من جميع أنحاء العالم في هذا الجهد من خلال التعاون العلمي لايغو **LIGO**، بما في ذلك **GEO Collaboration**. ويتشارك لايغو **LIGO** مع فيرغو **Virgo Collaboration**، مجموعة تضم 280 عالماً إضافياً من جميع أنحاء أوروبا بدعم من المركز الوطني للبحث العلمي **CNRS**، والمعهد الوطني للفيزياء النووية **INFN**، و **Nikhef**، إضافةً إلى مؤسسة فيرغو المضيفة والمرصد الأوروبي للجاذبية.
يتم إدراج شركاء إضافيين على لايغو.

- التاريخ: 2017-06-02
- التصنيف: فيزياء

#اينشتاين #تصادم الثقوب السوداء #الامواج الثقالية #مرصد لايغو #الثقوب السوداء الثنائية فائقة الكتلة

المصطلحات

- **الأمواج الثقالية (gravitational waves)**: عبارة عن تموجات في الزمكان، نشأت عن حركة الأجسام في الكون. أكثر المصادر التي تُنتج مثل هذه الأمواج، هي النجوم النترونية الدوارة، والثقوب السوداء الموجودة خلال عمليات الاندماج، والنجوم المنهارة. يُعتقد أيضاً بأن الأمواج الثقالية نتجت أيضاً عن الانفجار العظيم. المصدر: ناسا
- **مقياس التداخل (interferometer)**: عبارة عن أداة تقوم بقياس التداخل (Interferometry)
- **النجم النيوتروني (Neutron star)**: النجوم النيوترونية هي أحد النهايات المحتملة لنجم. وتنتج هذه النجوم عن نجوم فائقة الكتلة ـ تقع كتلتها في المجال بين 4 و8 ضعف كتلة شمسنا. فبعد أن يحترق كامل الوقود النووي على النجم، يُعاني هذا النجم من انفجار سوبرنوفا، ويقوم هذا الانفجار بقذف الطبقات الخارجية للنجم على شكل بقايا سوبرنوفا جميلة.

المصادر

- caltech.edu
- الصورة

المساهمون

- ترجمة
  - ريتا عيسى
  - محمد الشيخ حيدر
- مُراجعة
  - ريم المير أبو عجيب
- تحرير
  - روان زيدان
- تصميم
  - نادر النوري
  - رنيم ديب
- نشر
  - مي الشاهد