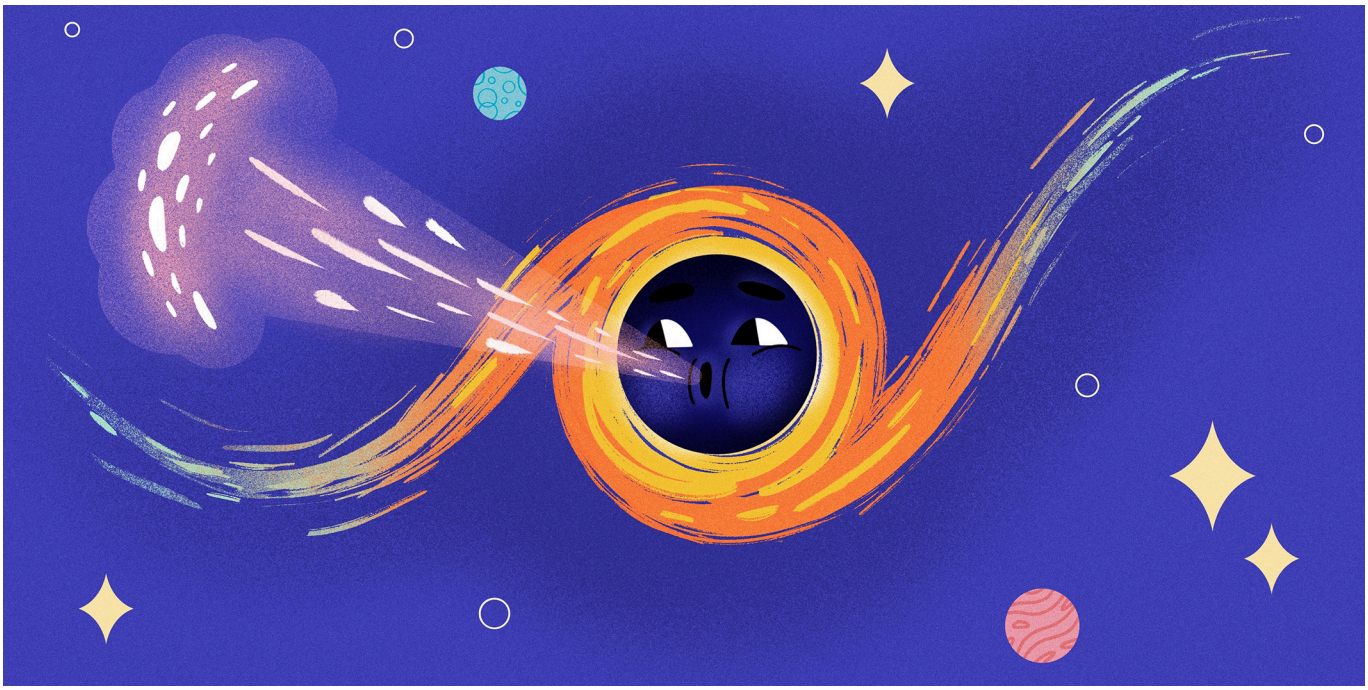
علم الفلك والفيزياء
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 نوفمبر 2024
doi: 10.3389/frym.2023.1032977-ar



كيف تتشكل المجرات من الثقوب السوداء فائقة الكتلة؟

*Letizia Diamante و *Ying-He Celeste Lü
جامعة كامبريدج، كامبريدج، المملكة المتحدة

غالبًا ما ننظر إلى الثقوب السوداء كأجسام غامضة تبتلع كل شيء يمر بجانبها، بدءًا من الغبار وحتى النجوم الكاملة. في الحقيقة، "تلتهم" الثقوب السوداء الأشياء بعشوائية أثناء دورانها بسرعة فائقة، ولكنها لا تأكل "دمها ولحمها" (مثل الغاز والغبار بين النجوم) في قضمة واحدة. فجزء من هذه الأشياء يدور حول الثقب الأسود الدوار مثل لعبة دوامة الخيل أو الكاروسيل، ثم يُلقى في النهاية للخارج في شكل تدفقات براقة وقوية من الجزيئات تُسمى "النفثات". ويمكن لمراكز الجاذبية في الثقوب السوداء فائقة الكتلة إطلاق نفثات تنبعث بعيدًا للغاية وتؤثر على ميلاد النجوم الجديدة. سنشرح في هذا المقال بعض الأمور التي نعرفها حول الثقوب السوداء، ومنها كيفية اكتشاف علماء الفلك لنفثات الثقوب السوداء باستخدام التلسكوبات القوية. وسنشير أيضًا إلى بعض الأشياء التي لم نستطع فهمها بعد حول الثقوب السوداء ونفثاتها.

المراجعون الصغار

CLARA
العمر: 10

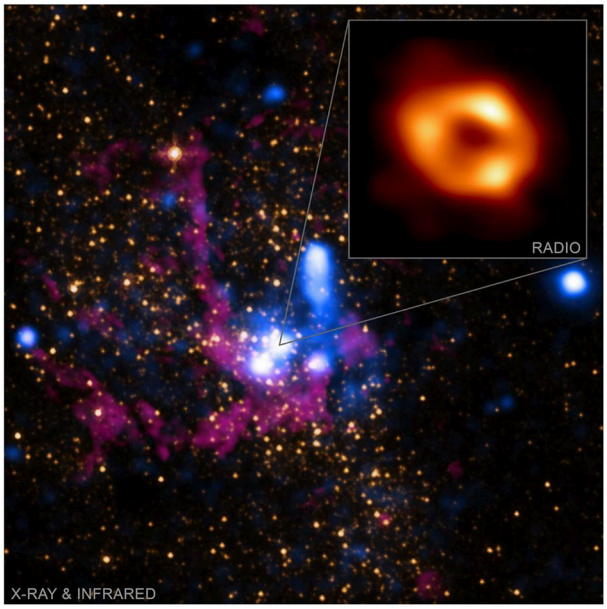
CONRAD
العمر: 12

الحياة السرية للثقوب السوداء فائقة الكتلة

إذا كنت من محبي علم الفلك، فقد سمعت على الأرجح عن الثقوب السوداء، أو وحوش الكون. من الأفضل أن تبقى بعيدًا للغاية عنها لأنها تلتهم كل ما يقترب منها في قضمة واحدة، أليس كذلك؟

تشتهر الثقوب السوداء بأنها أجسام في غاية الشراهة. وفي الحقيقة، لا يعتبر علماء الفلك الثقوب السوداء وحوش الشر، بل الأبطال المجهولين في المجرات، أبطال يلتهمون الأشياء بعشوائية. يحيط الكثير من الغموض الثقوب السوداء، ولكن من الحقائق المسلّمة حولها أنه لولاها لما كان الكون الذي نعيش فيه كما هو الآن.

لاحظ الثقوب السوداء فائقة الكتلة في مراكز المجرات (الشكل 1). كما يشير اسمها، فهي ضخمة للغاية لدرجة أن كتلتها يمكن أن تنمو وتصبح أكبر بمليارات المرات من كتلة الشمس. وهناك الكثير من الأسئلة الشيقة والمحيرة حول أبطال المجرات الغرباء هؤلاء. على سبيل المثال، كيف نشأت هذه الأجسام القوية في المقام الأول؟



شكل 1

في الوقت الحالي، يعتقد العلماء أن الثقوب السوداء فائقة الكتلة تكونت في بداية الكون عندما اندمجت العديد من الثقوب السوداء الأصغر حجمًا. وكلما زاد حجم الثقوب السوداء، زاد نهمها. ومع ذلك، لا تتضح بدرجة كاملة حتى الآن الأدوار التي تقوم بها الثقوب السوداء فائقة الكتلة في تكوين المجرات وبنيتها غير أن وجودها عادةً في مركز المجرة (بدلاً من الحافة) ليس من قبيل الصدفة، وكذلك حقيقة أنه كلما زادت كتلة الثقب الأسود، زادت سرعة النجوم التي تدور حوله. على مدى العقود القليلة الماضية،

الثقب الأسود (BLACK HOLE)

منطقة في الفضاء تكون الجاذبية فيها قوية للغاية لدرجة أن الضوء لا يستطيع الهروب منها. يتميز الثقب الأسود فائق الكتلة بأن كتلته أكبر 100,000 مرة من كتلة الشمس.

المجرة (GALAXY)

تجمع هائل من الغاز والغبار والنجوم والكواكب والأجسام الفضائية يرتبط بفعل قوة الجاذبية. وينتمي كوكب الأرض والشمس إلى مجرة درب التبانة.

شكل 1

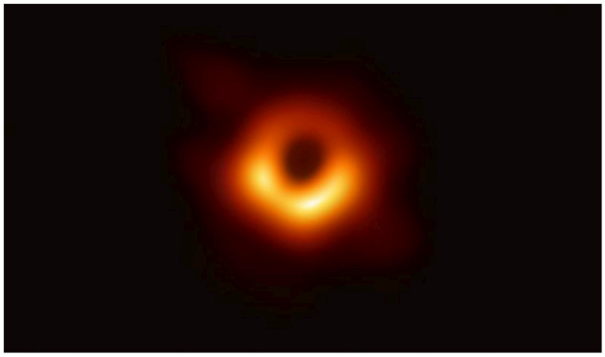
صورة منطقة الرامي أ*، وهو الثقب الأسود فائق الكتلة الموجود في وسط مجرتنا درب التبانة. كل النقاط أو السحب الحمراء والزرقاء والصفراء عبارة عن نجوم أو سحب من الغاز. تم الكشف عن الصورة في مايو 2022 [حقوق الصورة: X-ray by NASA/CXC/SAO؛ Infrared by NASA/HST/STScI. حقوق الصورة المصغرة: Radio (EHT Collaboration) https://www.flickr.com/photos/nasamar shall/52070907639/].

جمع علماء الفلك مقدارًا معتدلاً من المعرفة يمكنه توضيح بعض ألغاز سلوك الالتهام العشوائي لدى الثقوب السوداء [1].

متى تتقيأ الثقوب السوداء طعامها؟

غالبًا ما تُظهر صور الثقوب السوداء فائقة الكتلة حلقة ضوء حمراء على شكل "كعكة دونات" (الشكل 2) [2]. فمما تتكون كعكة الدونات هذه؟

لشرح ذلك، علينا النظر إلى ما تلتهمه الثقوب السوداء. تتميز الأجسام الضخمة بقوة جاذبية هائلة، ما يعني أنها تجذب الأجسام الأخرى الأقل كتلة، وهذا بالضبط ما يسبب رجوعك إلى الأرض عند القفز. لهذا السبب، تجذب الثقوب السوداء فائقة الكتلة الغازات والنجوم والثقوب السوداء الأصغر حجمًا وتلتهمها جميعًا.



شكل 2

ولكن الثقوب السوداء لا تلتهم كل ما يحيطها، فجزيئات وسحب الغاز التي لا تقترب كفايةً من الثقب الأسود لا يتم التهامها بل تدور حول الثقب الأسود فائق الكتلة بسبب قوة جاذبيته، تمامًا كما تدور الأرض حول الشمس لأن كتلة الشمس أكبر من الأرض. نتيجة لذلك، لا تسقط جزيئات الغاز هذه في الثقب الأسود مباشرةً بل تدور حوله كما لو أنها على دوامة خيل، ويستمد الثقب الأسود غذاءه من هذه الجزيئات. غير أن الأمر أكثر عشوائية بعض الشيء من دوامة الخيل العادية، فجزيئات الغاز تصطدم ببعضها أثناء الدوران حول الثقب الأسود [3]. تخيّل الأمر كإدخال سيارة اصطدامية إلى دوامة خيل.

كلما اقتربت جزيئات الغاز إلى الثقب الأسود، فقدت مقدارًا أكبر من الطاقة على شكل حرارة وضوء. ويتسبب ذلك في تكوّن قرص براق هائل يحيط بالثقب الأسود ويبدو مثل كعكة الدونات، ويسميه علماء الفلك قرص التراكم. تُعد الثقوب السوداء فائقة الكتلة أضخم الأجسام في المجرات، ويمكن لأقراص التراكم حولها أن تكون أكثر سطوعًا بتريليونات المرات من الشمس. وفي الواقع، رأى علماء الفلك الإشعاع الصادر من "كعكات الدونات" هذه قبل 100 عام، أي قبل وقت طويل للغاية من تمكننا من التقاط صور للثقوب السوداء فائقة الكتلة نفسها.

قوة الجاذبية (GRAVITATIONAL FORCE)

قوة تجعل الأجسام تجذب بعضها، وهي ما تسبب استمرار دوران الكواكب حول الشمس ودوران القمر حول الأرض، كما أنها ما يجعل الأجسام تسقط داخل الثقوب السوداء.

شكل 2

هذه هي أول صورة يتم التقاطها لثقب أسود على الإطلاق. قرص التراكم الذي يشبه كعكة الدونات يحيط مجرة مسيبه *87، ويقع الثقب الأسود في مركز المجرة. تم نشر هذه الصورة عام 2019 (حقوق الصورة: Event Horizon Telescope collaboration et al.؛ https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/black-hole-image-makes-history).

قرص التراكم (ACCRETION DISK)

قرص مكوّن من الغاز والغبار الكوني يحيط بثقب أسود بفعل قوة الجاذبية، ومعنى التراكم النمو بالتراكم. في الصور، يبدو القرص كحلقة من الضوء الأحمر البراق على شكل كعكة دونات.

في هذه المرحلة، قد تقول لنفسك: "كل هذا رائع للغاية"، إلا أن الثقوب السوداء فائقة الكتلة وجزيئات الغاز والجاذبية ما هي إلا بعض شخصيات هذه الدراما الفوضوية. فهناك شخصية أخرى لم نتطرق إليها بعد، وهي المجالات المغناطيسية. تكون هذه المجالات ضعيفة في جزيئات الغاز بين النجوم التي تحمل شحنة سالبة أو موجبة. ولكن عندما ترتفع حرارة جزيئات الغاز للغاية في أقراص التراكم، يمكن أن تشكّل مجالات مغناطيسية قوية تؤثر على حركة جزيئات الغاز الجديدة التي تقترب من القرص أو الثقب الأسود.

عندما تقترب جزيئات الغاز هذه، تواجه ما يشبه لعبة شد الحبل بين جاذبية الثقب الأسود والمجال المغناطيسي لقرص التراكم، حيث يسحبها كل منهما في اتجاهين معاكسين، فالجاذبية تشدّ جزيئات الغاز ناحية الثقب الأسود، في حين يدفعها المجال المغناطيسي للخارج في مسار حلزوني. وإذا كانت القوة المغناطيسية أكبر من قوة الجاذبية، تندفع جزيئات الغاز *بعيدًا* عن الثقب الأسود في اتجاه عمودي على القرص وتبدأ في تشكيل بنيتها. تخيّل ذلك كخروج شمعة من "كعكة الدونات". وعند استخدام تلسكوب قوي، يبدو الأمر كما لو أن الثقب الأسود تقيأ طعامه. نسمي هذه التدفقات الخارجية النفثات لأنها يمكنها الانتقال بسرعة فائقة تقترب من سرعة الضوء في أغلب الأحيان. ويمكن أن تكون هذه النفثات قوية وساطعة للغاية. إذا كان الثقب الأسود كبيرًا حقًا، يمكن لنفثاته أن تنطلق بعيدًا عنه بمسافة تُقدّر بعدة آلاف إلى ملايين من السنين الضوئية، ولذلك تؤثر هذه النفثات كثيرًا على باقي المجرة [4]. ولكن لا تقلق، فلا خطر علينا على كوكب الأرض لأن أقرب ثقب أسود إلينا، وهو منطقة الرامي أ*، لا يملك نفثات قوية للغاية.

عجائب النفثات لا تنتهي، فقد وُجد أنها تنطلق في العادة من الثقوب السوداء في أزواج، ولكن بعض الثقوب السوداء تطلق نفثة واحدة فقط. وبعض الثقوب تطلق نفثات منحنية من الوسط، في حين تطلق ثقوب أخرى عدة نفثات في أوقات مختلفة كما لو أن الثقوب السوداء تأخذ استراحات من وقت لآخر [5]. وفي بعض الأحيان، تكون النفثات خافتة للغاية، بينما تكون قوية جدًا في أوقات أخرى. ما زال أمامنا الكثير لاكتشافه، إلا أن علماء الفلك يعملون بجد منذ زمن طويل على موضوع النفثات من خلال إجراء حسابات معقدة على أجهزة كمبيوتر عملاقة وبناء تلسكوبات راديوية يمكنها أن تساعدنا على النظر إلى مناطق أبعد وأعمق في السماء.

عندما تنتقل النفثات في الفضاء وتعبر سحبًا من الغاز، تبطؤ سرعتها حتمًا وتتفاعل مع ما يحيط بها. وكما تترك الطائرات خطوطًا بيضاء خلفها في السماء، تترك النفثات بنى عجيبة مثل الخيوط والفقاعات. والفرق أن آثار النفثات لا يسهل تتبعها بالعين المجردة، بل نحتاج إلى تلسكوبات راديوية وأخرى تعمل بالأشعة السينية لرؤيتها (الشكل 3). وباستخدام هذه التلسكوبات، يمكن لعلماء الفلك الآن التقاط صور للثقوب السوداء ونفثاتها، وهي صور ليست جميلة فحسب، بل تساعدهم كذلك على معرفة مصير المجرات وتاريخها. تذكّر أن الصور الرائعة في علم الفلك يمكن أن تساعدنا على فهم كيف يعمل الكون.

المجال المغناطيسي (MAGNETIC FIELD)
منطقة حول مادة مغناطيسية أو شحنة كهربائية متحركة تشعر فيها الأجسام المغناطيسية الأخرى بالتجاذب أو التنافر.

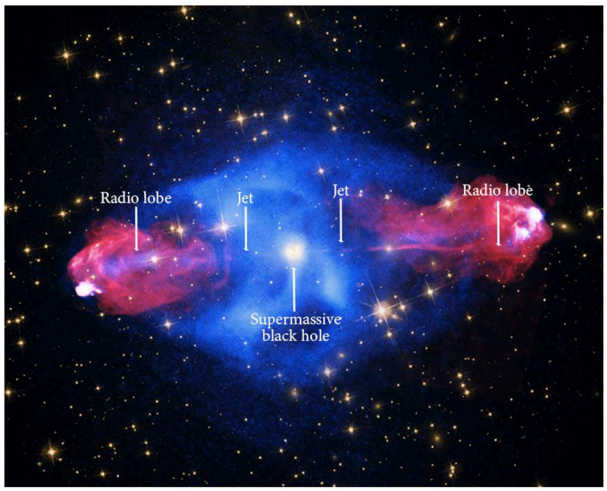
بين النجوم (INTERSTELLAR)
ما بين النجوم في مجرة.

النفثة (JET)
تدفقات جزيئات قوية وبراقة تنبعث من ثقب أسود بسرعة الضوء تقريبًا.

السنة الضوئية (LIGHT YEAR)
المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة وتبلغ 9.46 تريليون كيلومتر.

غموض النجوم المفقودة

تمامًا كمجرة درب التبانة، تضم العديد من المجرات مليارات النجوم، وما زالت مستمرة في توليد النجوم الجديدة. فعلى سبيل المثال، تولّد مجرة درب التبانة حوالي سبعة نجوم كل عام [6]. ووفقًا لعلماء الفلك، تتحول بعض أنواع الغازات بشكل طبيعي إلى أساس لتوليد النجوم عندما تصل إلى درجة حرارة منخفضة معينة. ولكن حسب هذه النظرية، من المفترض أن يكون عدد النجوم في العديد من المجرات أكبر مما نرى حاليًا. فما السبب؟ دفاع الثقوب السوداء فائقة الكتلة عن أراضيها، حيث تطلق نفثاتها القوية فائقة السخونة التي تقضي على سحب الغاز الباردة في طريقها. وبالتالي، لا يتبقى ما يكفي من الغاز لتوليد نجوم جديدة، ربما لأن الثقوب السوداء لا تحب النجوم الصغيرة.



شكل 3

شكل 3

صورة خلابة لمجرة الدجاجة A مع انبعاثات الأشعة السينية (باللون الأزرق) وانبعاثات الموجات الراديوية (باللونين الوردي/الأحمر). تمتد النفثات إلى كل جانب من الثقب الأسود فائق الكتلة لمسافة 300,000 سنة ضوئية تقريبًا (أي ما يعادل حوالي 3 مليارات كيلومتر) وينتهي بها الحال في شكل فصين راديويين (مناطق وردية على شكل دمعة عين) تُطلق إشارات راديوية قوية. يتم رصد الأشعة السينية باستخدام أقمار صناعية تدور حول الأرض، بينما يتم رصد الموجات الراديوية بواسطة تلسكوبات راديوية على الأرض (تم اقتباس الشكل بعد تعديله من https://apod.nasa.gov/apod/ap150124.html).

على الرغم من ذلك، لا يمر الأمر دون عواقب. فبينما ينفد الغاز البارد بسبب نفثات الثقب الأسود، يقل الغاز الوارد إلى الثقب، ما يجعله يبدأ حمية غذائية. وكلما قلّ طعام الثقب الأسود، قلت قوة نفثاته. وفي النهاية، تضعف النفثات ولا تقوى على منع توليد النجوم الجديدة. يستمر ذلك كحلقة مفرغة، فعندما يتوفر ما يكفي من جزيئات الغاز حول الثقب الأسود، يتوقف عن حميته الغذائية ويبدأ في جذب الغاز مجددًا. وتدفع النفثات الغاز الذي لا يسقط في الثقب الأسود، مما يعطّل توليد النجوم الجديدة. وعندما يزيد مقدار الغاز المفقود، تبدأ الحلقة من جديد [7].

عند حساب معدل توليد النجوم في المجرات وقياس درجات حرارة الغازات في مراكز المجرات، يمكننا معرفة كيف تقضي النفثات القوية على الغازات ومدى كفاءتها في ذلك. ومع ذلك، لا نفهم بالكامل الكثير من تفاصيل هذه العملية لأنها لسنا متأكدين تمامًا بعد من آلية عمل الثقوب السوداء. على سبيل المثال، في حالات نادرة للغاية، شهد علماء الفلك أيضًا السيناريو المعاكس تمامًا لما شرحناه هنا، وهو أن الثقوب السوداء ساعدت (ولم تعيق) على توليد النجوم الجديدة [8].

الملخص

تلخيصًا لما سبق، تتمتع الثقوب السوداء فائقة الكتلة بحياة مثيرة للغاية وتؤدي دورًا في غاية الأهمية في توليد المجرات وتطورها. ويُعدّ كل من تشكّل أقراص التراكم والنفثات وتفاعلاتها مع سحب الغاز وميلاد النجوم أجزاءً من لغز كبير جذب اهتمام علماء الفلك لعدة عقود. هذه مجرد بداية لبحث الموضوع، وما زال علماء الفلك يبنون تلسكوبات جديدة لالتقاط المزيد من صور الثقوب السوداء والمجرات وفهمها بتفصيل أكبر.

المراجع

1. Ferrarese, L., and Merritt, D. 2000. A fundamental relation between supermassive black holes and their host galaxies. *ApJ*. 539:L9–L12. doi: 10.1086/312838
2. The Event Horizon Telescope Collaboration, Akiyama, K., Alberdi, A., Alef, W., Asadaet, K., et al. 2019. First M87 event horizon telescope results. I. The shadow of the supermassive black hole. *Astrophys. J. Lett.* 875:L1. doi: 10.3847/2041-8213/ab0ec7
3. Shakura, N. I., and Sunyaev, R. A. 1973. Black holes in binary systems. Observational appearance. *Astron. Astrophys.* 24:337–55. doi: 10.1007/978-94-010-2585-0_13
4. Fabian, A. C. 2012. Observational Evidence of Active Galactic Nuclei Feedback 2012. *ARAA*. 50:455–89. doi: 10.1146/annurev-astro-081811-125521
5. Lister, M. L., and Homan, D. C. 2005. MOJAVE: monitoring of jets in active galactic nuclei with VLBA experiments. I. First-epoch 15 GHz linear polarisation images. *Astron. J.* 130:1389–417. doi: 10.1086/432969
6. Diehl, R., Halloin, H., Kretschmer, K., Lichti, G. G., Schönfelder, V., Strong A. W., et al. 2006. Radioactive 26Al from massive stars in the Galaxy. *Nature*. 439:45–7. doi: 10.1038/nature04364
7. Di Matteo, T., Colberg, J., Springel, V., Hernquist, L., and Sijacki, D. 2008. Direct cosmological simulations of the growth of black holes and galaxies. *APJ*. 676:33–53. doi: 10.1086/524921
8. Dasyra, K. M., Paraschos, G. F., Bisbas, T.G., Combes, F., and Fernández-Ontiveros J. A. 2022. Insights into the collapse and expansion of molecular clouds in outflows from observable pressure gradients. *Nat. Astron.* 6:1077–84. doi: 10.1038/s41550-022-01725-9

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 28 نوفمبر 2024

المحرر: Edward Gomez

مرشدو العلوم: Chris North و Kalee Tock

الاقتباس: Diamante L و Lü Y-HC (2024) كيف تتشكل المجرات من الثقوب السوداء فائقة الكتلة؟ Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2023.1032977-ar

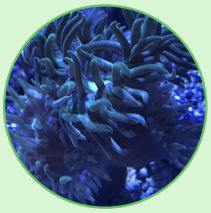
مُترجَم ومقتبس من: Lü Y-HC and Diamante L (2023) How Supermassive Black Holes Shape Galaxies. Front. Young Minds 11:1032977. doi: 10.3389/frym.2023.1032977

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

حقوق الطبع والنشر © 2023 Diamante و Lü © 2024. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

CLARA، العمر: 10
مرحبًا، اسمي Clara وأعيش في ويلز. أحب لعبة "ماين كرافت" و"روبلوكس". تعجبني القراءة أيضًا. والكتابان المفضلان لي هما سلسلة "دراجون ريالم" وسلسلة "بيرسي جاكسون". من هواياتي كذلك العزف على الكمان والبيانو ونوعين مختلفين من الريكوردر.



CONRAD، العمر: 12
أحب الشعاب المرجانية. وأعزف على التشيلو. علم الأعصاب رائع وكذلك كل العلوم والمنافسات الرياضية وتعلم اللغات الجديدة.

المؤلفون

YING-HE CELESTE LÜ
باحثة مشاركة بمرحلة ما بعد الدكتوراة في مجموعة الفيزياء الفلكية في مختبر كافنديش بجامعة كامبريدج. تدرس نفثات الثقوب السوداء فائقة الكتلة وتأثيرها على المجرات ومجموعات المجرات وكذلك استخدام التلسكوبات الراديوية لرصدها. تعمل حاليًا مع فريق من العلماء والمهندسين في محاولة لبناء أكبر مجموعة من التلسكوبات الراديوية في العالم حتى الآن وهي مصفوفة الكيلومتر المربع (Square Kilometre Array) لرصد المزيد من الثقوب السوداء. وفي وقت فراغها، تحب القراءة والتحدث مع الآخرين حول العلوم وحياة العلماء.
*yl790@cam.ac.uk

LETIZIA DIAMANTE
ناشرة علوم في قسم الهندسة بجامعة كامبريدج. وهي أيضًا مؤلفة كتب علمية للأطفال ومن أشد المعجبين بالمهرجانات والمتاحف العلمية. letizia.diamante@gmail.com*

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology