



رياضيات كوكب الأرض



مدينة الملك عبدالعزيز  
للعلوم والتقنية KACST

سلسلة مقالات رياضيات كوكب الأرض

# رياضيات الثقوب السوداء

تأليف: ألان باشلو Alain Bachelot

ترجمة: د. محسن سعد الله

مراجعة: د. أبوبكر سعد الله

تنسيق: خالد العتيبي

## مقال قصير حرره

ألان باشلو Alain Bachelot (معهد الرياضيات، جامعة بوردو Bordeaux الفرنسية).

### للاستزادة

- John Archibald Wheeler, A Journey into Gravity and Spacetime, Freeman, 1999.
- Jean-Pierre Luminet, Les trous noirs, Le Seuil, Point Sciences, 1992.

### حقوق نشر الصور والرسوم التوضيحية

- Wikipédia Commons/Alain r.

حُرر محتوى هذا المقال وفق الترخيص رقم 3.0 FR CC BY-NC-ND. المُصرَّح من قِبَل مؤسسة كرياتييف كومونز Creative Commons. حقوق النشر محفوظة.

نُشر أصل المقال في عام: ٢٠١٣ - نُشرت ترجمة المقال في عام: ٢٠١٥

الحياة والمجتمع

الفضاء والطاقة

الغلاف الجوي والطقس

الهندسة والاقتصاد

٠١

## قوانين نيوتن والثقوب السوداء

تتيح لنا قوانين نيوتن Newton حساب السرعة الدنيا التي علينا أن نقذف بها جسماً ما من على سطح كوكب ذي كتلة ك ونصف قطر «ر»، لكي ينطلق إلى ما لانهاية. تُقدَّر سرعة القذف هذه بـ (ج.ك/ر) <sup>1/2</sup> حيث يمثل «ج» ثابت الجاذبية. في نهاية القرن الثامن عشر، استنتج لابلاس Laplace وميتشل Michell، كل على حدة، أنه إذا تجاوزت هذه السرعة سرعة الضوء «ث» (التي يرمز لها عادة بـ c)، فلن يفلت عندها أي شيء من هذا الجسم. ومن ثمَّ وُلِدَ مفهوم الثقب الأسود، والذي... سرعان ما انقطع ذكره: تُقدَّر كثافة الثقب الأسود المتجانس بالقيمة  $2 \times 10^{27} \text{ ك.ج.م}^{-3}$ ، وهذا يتطلب أن يكون للثقب الأسود نصف قطر هائل يناهز مليار كيلومتر عندما يكون هذا الثقب مكوناً من مادة عادية (نُذكر أن نصف قطر الشمس يساوي ١,٢ مليون كيلومتر تقريباً).

## النظرية النسبية والثقوب السوداء

وعندما ظهرت النظرية النسبية العامة سلطت الضوء على هذا المكان المظلم! فنظرية أينشتاين تبين كيف يؤثر انتشار المادة والطاقة في الفضاء على جريان الزمن. وعليه، فإن أشعة الضوء لا تتبع مساراً مستقيماً وإنما تنحرف من جرّاء الكتل المحيطة بها. في سنة ١٩١٦، تمكّن كارل شفارتزشيلد Karl Schwarzschild من استخراج حل خاص لمعادلات أينشتاين: يصف هذا الحل ثقباً أسوداً كروياً كتلته «ك». توضح المعادلة أن نصف قطر هذا الثقب لا بد أن يساوي ج.ك/ث. في سنة ١٩٣٦، تصوّر روبرت أوبنهايمر Robert Oppenheimer آلية تشكّل الثقوب السوداء تعتمد على انهيار نجم نيوتروني Neutron Star (وهو نجم ذو كتلة تضاهي كتلة الشمس، ولكن كثافته تفوق كثافة الشمس بـ ١٠<sup>١٤</sup> مرة!).

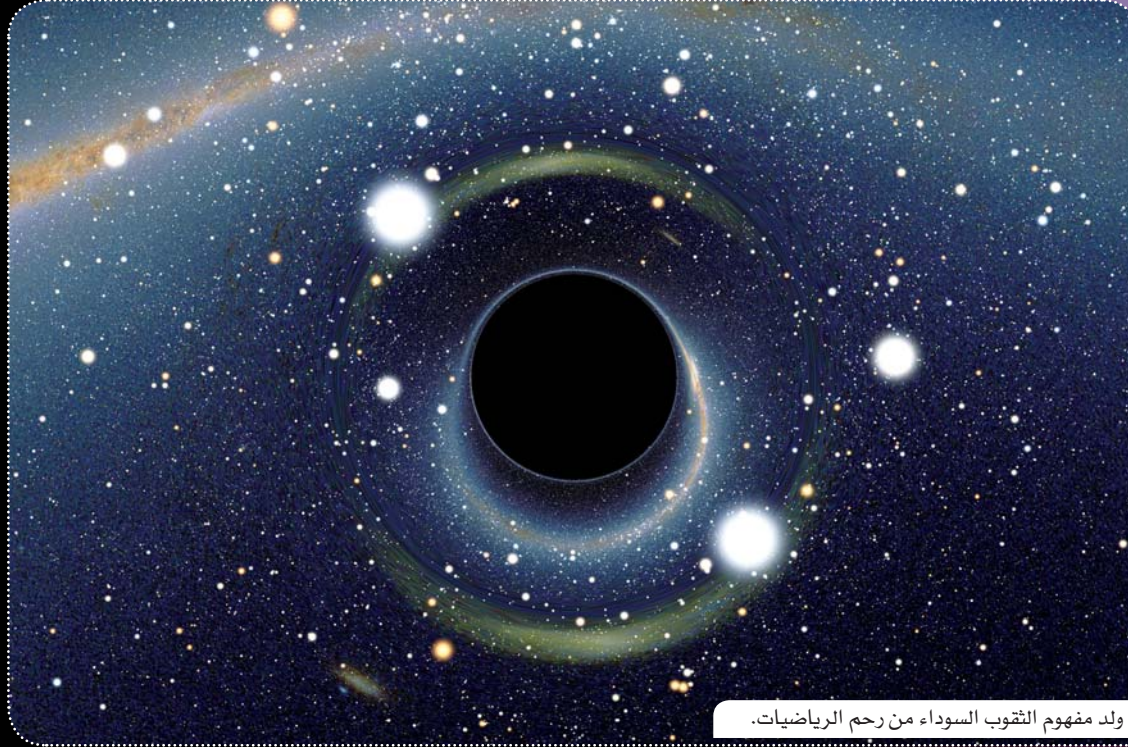
## انتشار الثقوب السوداء في الكون

لم تمض سوى خمسين سنة تقريباً حتى قدّم روي كير Roy Kerr حلاً آخر يصف ثقباً أسوداً دواراً. وبالرغم من تعقيدات هذا الحل إلا أنه يعتمد فقط على متغيرين اثنين: كتلة الثقب الأسود «ك» وكمية حركته الزاوية «ح» angular momentum (انظر [https://en.wikipedia.org/wiki/Angular\\_momentum](https://en.wikipedia.org/wiki/Angular_momentum)). لقد بات من المؤكد اليوم بأن الثقوب السوداء التي وصفها روي كير يعجّ بها الكون. واتضح ذلك من خلال النتائج الرياضية التي توصل إليها بنروز Penrose وهوكينغ Hawking في سنوات سبعينيات القرن الماضي من خلال براهين غير مباشرة (على سبيل المثال، عبر المراقبة البصرية لأقول النجوم سنتي ٢٠١٠ و ٢٠١٢، حيث يعتقد بأن النجم ابتلع من قبّل ثقب أسود). وبالإضافة إلى حالات الثقوب السوداء المذكورة آنفاً التي تشكلت بفعل انهيار جاذبية نجوم كثيفة، فإن ثقوباً سوداء فائقة الكتلة تقع في قلب النواة المركزية للمجرات. نشير إلى أن هناك نقاشات حادة حول ما إذا كانت توجد ثقوب سوداء بحجم جسيم أولي.

## اكتشاف الثقوب السوداء

يبرز، في كل الأحوال، السؤال عن كيفية الكشف عن هذه الثقوب: كيف يمكننا مشاهدة ثقب أسود؟ تتركز الإجابة على جانبين: فعلماء الرياضيات يدرسون حلول شفارتزشيلد وكير، وبهذا يمكنهم توقُّع ظواهر مميزة تشير إلى وجود ثقب أسود، في حين يسعى علماء

الفيزياء الفلكية بعد ذلك إلى رصده. وهكذا، فقد تولّدت عن وصف ورصد الثقوب السوداء تطورات مدهشة في حقل الرياضيات... لا تقل إثارة عن هذه الأجسام الغامضة التي تستوطن الكون... والتي سنعرف عنها المزيد قريباً.



ولد مفهوم الثقوب السوداء من رحم الرياضيات.