الشهاب العلمي

ECHIHEB EL-ILMI

العدد السابع
ماي 2024

ملف العدد

الثقوب السوداء
BLACK HOLES

حوار مع البروفيسور

جون بيير لومينيه Jean-Pierre Luminet

عالم الفلك المختص في الثقوب السوداء

حوار مع الدكتورة

فريال أوزيل Feryal Özel

الناطقة الرسمية لتلسكوب أفق الحدث - أول صورة لثقبنا الأسود المجري

حوار مع الدكتور

رامي يوسف مرجان Rami Yousif Morjan

كيف يخوض الاحتلال حربا على العلم في فلسطين؟

ECHIHEB EL-ILMI
Science Magazine
Sirius Astronomy Association
& CERIST - ALGERIA
http://mediation.cerist.dz/chiheb
ISSN: 2992-1678

مجلّة الشهاب العلمي
من إنتاج جمعية الشعرى لعلم الفلك و CERIST قسنطينة الجزائر

مجلّة علميّة تصدر عن جمعية الشعرى لعلم الفلك الجزائرية ووحدة البحث في الوساطة العلميّة (CERIST)، ومديريّة البحث العلميّ والتطوير التكنولوجيّ بالجزائر (DGRSDT)، تتناول المواضيع الفلكية بصفة خاصة والعلمية بصفة عامة، من إعداد ثلة من الباحثين وهواة الفلك المتقدمين من شتى المجالات.

تهدف مجلّة الشهاب العلمي إلى نشر الثقافة العلمية و تبسيطها للعامّة، ومحاولة تقريب الأفكار من المصادر الموثوقة عن طريق الحوارات التي تجريها مع العديد من العلماء والباحثين في أنحاء المعمورة.

اسم المجلة مُستوحى من مجلة الشهاب التي أسسها الشيخ عبد الحميد بن باديس رحمه الله؛ مؤسس جمعية العلماء المسلمين الجزائريين الذي قام بدور كبير في إعداد الشعب الجزائري للكفاح المظفر من أجل الاستقلال.

موقع المجلة على الإنترنت
http://mediation.cerist.dz/chiheb
chihebmagazine@gmail.com

موقع جمعية الشعرى
www.siriusalgeria.net

موقع مركز البحث
في الإعلام العلمي والتقني
www.cerist.dz

ISSN: 2992-1678

كلمة العدد

تُطلّ عليكم مجلة الشهاب العلمي في عددها السابع، لتغوص هذه المرة في عالم غامض لا يزال ينبض بالأسرار والتساؤلات، إنه عالم الثقوب السوداء. في هذا العدد سنتخطى حواجز الزمان والمكان لنستكشف أعماق الكون المظلمة، حيث تتلاشى القوانين المألوفة وتتحدى الحدود الفيزيائية، لنحاول معا فك غموض واحد من أكثر الظواهر الكونية تشويقا، من خلال حوارات ومقالات علمية مميزة تناقش كل ما هو متعلق بهذه «الوحوش الكونية».

لقد أجرى فريق المجلة مقابلة مهمة مع الدكتور جون بيار لومينيه، العالِم الذي تنبأ في وقت مبكر بالاكتشافات التي نعرفها اليوم عن الثقوب السوداء، كما استضيفت الفلكية البارزة فريال أوزيل التي تكشف في حوار مطوّل أسرار أحدث الصور الملتقطة للثقوب السوداء، إضافة إلى ما تضمّنته المجلة من مقالات علمية دسمة تسبر أغوار هذه الأجرام العجيبة.

ما يميّز هذا العدد أيضا، هو التنوع الكبير في المقالات العلمية والحوارات مع علماء وباحثين من مجالات مختلفة، حيث ألقوا الضوء على العديد من المواضيع الهامة والمثيرة، بدءا من الحوسبة والذكاء الاصطناعي وعلوم الفضاء، وصولا إلى علوم الأرض والفيزياء.

وقد أفردت المجلة حيزا مهما من هذا العدد للتأمل في تأثيرات العدوان الصهيوني على غزة والاحتلال، على العلم والتعليم في القطاع والأراضي الفلسطينية المحتلة، من خلال حوارات تُصوّر قتامة المشهد وقصص الصمود، وتبرز جهود علماء العالَم في دعم القضية الفلسطينية.

وفي باباراتزي العلوم، وكما عوّدتكم الشهاب العلمي، تطّلعون على أحدث المستجدات العلمية التي عاشها العالم في العام الأخير، مع تغطية خاصة لأهم الأحداث والأنشطة العلمية والفلكية التي شهدتها الجزائر وكذلك القارة الأفريقية والوطن العربي، قبل أن يأخذنا ركن «الشاطر الصغير» في رحلة شيقة مع شخصيات علمية ملهمة ومجموعة من الأركان الممتعة، حيث يلتقي العلم بالخيال، والمعرفة بالإبداع.

ياسمين بوالجدري- رئيسة التحرير

فهرس المواضيع

كلمة العدد

ملف العدد : الثقوب السوداء

03 الثقوب السوداء ملحمة الجاذبية من التنبؤ إلى الاكتشاف- عمر نمول و جمال ميموني
20 حللت سهلا، ضيف العدد: عالم الثقوب السوداء- جون بيير لومينيه
32 أول صورة لثقبنا الأسود المجري: حوار حصري مع فريال أوزيل
42 مفارقة الثقوب السوداء- هشام قرقوري
46 سوداء لكنها ألمع ما في الكون- عبد الرحمان الزغي

مقالات علمية و أنشطة متنوعة

48 هل ستضاهي أنظمة الذكاء الإصطناعي ذكاء الإنسان؟- رياض بغدادي
52 مستقبل التلسكوبات الفضائية- لينكس، محمد أكرم زرمان
55 أوبنهايمر والثقوب السوداء- عمر نمول
56 أحدث سقوط نيزكي بالجزائر - المنيعة 2023 - شابو مولاي شارف
68 الأقمار الصناعية والحطام الفضائي- أحمد مجدي عبد العزيز

ملف خاص: حرب على التعليم - غزة

59 بين معركة الصمود وآمال الإعمار، كيف يخوض الاحتلال حربا على التعليم في فلسطين- جمال ميموني وياسمين بوالجدري
66 صور غزة قبل وبعد- جمال ميموني

باباراتزي العلوم

70 آخر المستجدات العلمية

الشاطر الصغير

75 فيرا روبين: امرأة قادت الطريق إلى فهم الكون المظلم- بسملة شبري
76 سرينفاسا رمانوجان: رحلة في عالم الأرقام والعبقرية- رياض لطلوط
78 رحالة الفضاء تحت العدسة- الشيماء أمين خوجة
80 الكواكب الخارجية- أيوب عاشور

من كل سديم نجمة

81 كسوفات وخسوفات 2024 - أنفال مدور
82 الكسوف الكلي لـ 8 أفريل 2024 - شمس الدين مواتسي
83 الأخبار الفلكية العربية
84 الأخبار الفلكية الإفريقية
86 الأخبار الفلكية الجزائرية
87 فشار .. سينما العلم والخيال، R. Oppenheimer - عمر نمول
89 خير جليس: تأمل معي- نضال قسوم
91 الصور الفلكية: من تصوير أ. محمد شوكت عودة

ملف العدد

الثقوب السوداء

Black Holes

الثقوب السوداء

ملحمة الجاذبية من التنبؤ إلى الاكتشاف

د. عمر نمول

د. جمال ميموني

الثقوب السوداء هي ظواهر فلكية مذهلة، تمثل أجراما فلكية متراصة حيث تكون جاذبيتها شديدة للغاية، لدرجة أنه لا يمكن لأي شيء الإفلات منها، بما في ذلك الضوء. هذه الخصائص تجعل الثقوب السوداء غير مرئية وتشكل تحديًا لفهمها بالكامل باستخدام الأدوات الفلكية التقليدية. تتنبأ النسبية العامة (General Relativity) لـ ألبرت أينشتاين بأن لكل كتلة في الكون نصف قطر معين يُعرف بنصف قطر شوارزشيلد (Schwarzschild radius)، إذا تم ضغط هذه الكتلة لتصبح أصغر من نصف قطر شوارزشيلد الخاص بها، فإنها تتحول إلى ثقب أسود، مما يؤدي إلى تشويه الزمكان المحيط بها بشكل كبير ويُسمى الحد الذي لا يمكن عنده الهروب من الجاذبية الشديدة للثقب الأسود بأفق الحدث (Event horizon). بينما يمكن تعريف الثقب الأسود في منظور فيزياء النجوم (Stellar Physics) على أنه «نهاية» لنجم ضخم خضع لانهيار جذبي بعد نفاد وقوده النووي ليكثف المادة في حيز صغير جدًا. لقد شهد فهمنا للثقوب السوداء تقدمًا ملحوظًا في العقود الأخيرة، مدفوعًا بالاكتشافات التي كشفت عن طبيعتها، ظروف نشأتها، تأثيراتها، وكيفية رصدها. ومع هذا التقدم، لا تزال هناك العديد من الأسئلة دون إجابات حول طبيعة الثقوب السوداء وتأثيرها على الكون المحيط بها، من الغموض المحيط بما يحدث داخل أفق الحدث، إلى التحديات التي تواجه علماء الفلك في محاولة تحسين رصدها. تظل الثقوب السوداء موضوعًا رئيسيًا للبحث والاستكشاف في محاولة لفك شفراتها. سنتطرق في هذا المقال إلى الثقوب السوداء بنظرة تاريخية وعلمية، مستكشفين كيف تطور فهمنا لهذه الأجسام الفلكية الغامضة منذ الفكرة الأولى التي طرحها علماء القرن الثامن عشر إلى الاكتشافات الحديثة التي مكنتنا من رصدها. من خلال هذا المقال نهدف إلى تقديم رؤية شاملة تلقي الضوء على واحدة من أكثر الظواهر الفلكية إثارة للاهتمام في علم الفيزياء الفلكية.

الجذور التاريخية

بينما تعتبر فكرة الثقوب السوداء حديثة نسبياً في علم الفيزياء النظرية والفلك، فلها جذور تعود إلى القرن الثامن عشر مع الفيزيائي والجيولوجي البريطاني جون ميتشال (J. Michel) سنة 1783 والرياضي الفلكي الفرنسي بيير لابلاس (P. Laplace) عام 1796. كلا العالمان اقترحا بشكل مستقل فكرة وجود أجسام كونية ذات جاذبية هائلة لدرجة أنه حتى الضوء لا يمكنه الانفلات منها. رغم أنّ اقتراحات ميتشال ولابلاس كانت نظرية وتجاهلت لفترة طويلة، إلا أنها تشكل الأساس التاريخي لفكرة الثقوب. كانت هذه الأفكار متقدمة في زمانها بشكل كبير ولم يتم استكشافها بشكل جدي حتى القرن العشرين، عندما بدأت نظرية النسبية العامة لأينشتاين في

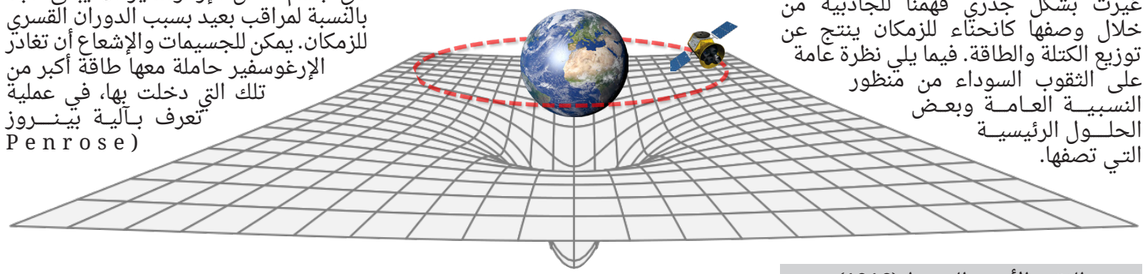
توفير الإطار النظري لفهم الجاذبية في سياقات شديدة مثل الثقوب السوداء.

تاريخ الثقوب السوداء من النسبية العامة

تنبع فكرة الثقوب السوداء كما هو مفهوم اليوم بشكل أساسي من نظرية النسبية العامة لأينشتاين (General Relativity) التي نُشرت في عام 1915. هذه النظرية غيّرت بشكل جذري فهمنا للجاذبية من خلال وصفها كانحناء للزمكان ينتج عن توزيع الكتلة والطاقة. فيما يلي نظرة عامة على الثقوب السوداء من منظور النسبية العامة وبعض الحلول الرئيسية التي تصفها.

الثقب الأسود البسيط (1916)

بعد عام واحد فقط من نشر أينشتاين لنظريته الثورية، اكتشف الفيزيائي الألماني شوارزشيلد (K. Schwarzschild) خلال فترة خدمته في الجيش الألماني في الحرب العالمية الأولى حلًا لمعادلات النسبية العامة يصف الزمكان حول كتلة نقطية غير دوّارة (لا تدور حول نفسها) وغير مشحونة. ما كشفه شوارزشيلد هو مفهوم أفق الحدث (Event horizon)، وهو عبارة عن سطح كروي يحيط بالكتلة يعرف نصف قطره بنصف قطر شوارزشيلد (Schwarzschild radius). داخل هذه المنطقة الكروية لا يمكن لأي شيء أن يخرج منها بمجرد دخوله، مما يجعل الثقوب السوداء «مظلمة» بالمعنى الحرفي. وإن كان هذا الحل يتعلق بكتلة مثالية متركزة في نقطة واحدة فإنه يمكن تطبيقه على الأجسام الفعلية مثل النجوم؛ إذا كان نصف قطر نجم مستقر أكبر من نصف قطر شوارزشيلد الخاص به، فإنه لا يشكل ثقبًا أسودًا لأن أفق الحدث يقع داخل النجم. لكن إذا انضغط النجم ليصل نصف قطره إلى أصغر من نصف قطر شوارزشيلد، تنهار كل المادة بداخله إلى ما لانهاية ويتحول الجرم إلى ثقب أسود حيث يستحيل على الضوء الصادر منه الهروب خارج أفق الحدث الخاص به.



ثقب أسود شوارزشيلد غير دوّار وغير مشحون

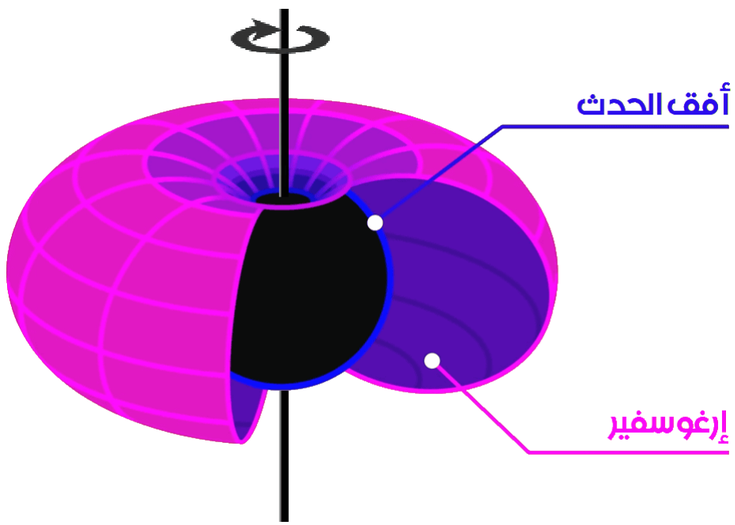
الثقب الأسود المشحون (1916، 1918)

وجد الألماني رايسنر (H. Reissner) والفلندي نوردستروم (G. Nordström) حلًا لمعادلات النسبية العامة يصف ثقبًا أسودًا مشحونًا كهربائيا ولكن غير دوّار، ويُعرف بالثقب الأسود المشحون. بينما تبقى في معظمها نظرية بحتة نظرًا لأن الأجسام المشحونة تميل لأن تصبح محايدة بسرعة في الكون، فإنها تقدم فهمًا معمقًا لكيفية تأثير الشحنات الكهربائية على الزمكان.

الثقب الأسود الدوّار (1963)

وجد النيوزيلندي كير (R. Kerr) حلًا لمعادلات النسبية العامة يصف ثقبًا أسودًا يدور حول نفسه وغير مشحون، ويُعرف بالثقب الأسود الدوّار. الخصائص الفريدة لثقب كير الأسود تشمل وجود إرغوسفير (Ergosphere)»، وهي منطقة حلقية على شكل كعكة دائرية تحيط بأفق حدث الثقب الأسود حيث يُجبر الزمكان داخلها على الدوران مع الثقب الأسود الدوّار. لا يمكن لأي جسم داخل الإرغوسفير أن يبقى ثابتًا بالنسبة لمراقب بعيد بسبب الدوران القسري للزمكان. يمكن للجسيمات والإشعاع أن تغادر الإرغوسفير حاملة معها طاقة أكبر من تلك التي دخلت بها، في عملية تعرف بآلية بينروز (Penrose process)، تؤدي إلى استخلاص الطاقة من الثقب الأسود الدوّار، لتبدأ بدخول جسيم إلى منطقة الإرغوسفير ثم ينقسم إلى جزأين: جزء يسقط في أفق الحدث، والجزء الآخر يكتسب طاقة من دوران الثقب الأسود ويغادر بطاقة أعلى، مما يؤدي إلى خسارة الثقب الأسود لجزء من طاقته الدورانية.

يُعتقد أنّ معظم الثقوب السوداء إن لم يكن كلها تدور حول نفسها. هذا الدوران ينشأ من العزم الزاوي للمادة (النجم) التي تشكل منها الثقب الأسود.



ثقب أسود كير Kerr دوّار وغير مشحون

الثقب الأسود المشحون والدوّار

هذا الحل يجمع بين خصائص حلول كير وريسنر-نوردستروم ليصف ثقبًا أسودًا دوّارًا ومشحونًا. يجسد الثقب الأسود كير-نيومان أكثر الأجسام الفلكية غموضًا في النظريات الفيزيائية، حيث يمتلك كل من العزم الزاوي والشحنة الكهربائية.

تاريخ الثقوب السوداء من فيزياء النجوم

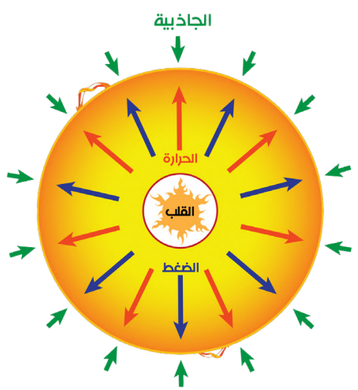
تنشأ الثقوب السوداء غالباً من انهيار النجوم الضخمة بعد استنفاد وقودها النووي. في هذه العملية يتوقف الضغط الناتج عن الاندماج النووي الذي يقاوم جاذبية النجم، مما يؤدي إلى انهيار النجم تحت وطأة جاذبيته الخاصة. إذا كانت كتلة النجم كافية، يمكن أن يصبح الانهيار شديداً لدرجة أنه يتجاوز حد شوارزشيلد حيث لا يمكن فيا لأي شيء أن يوقف هذا الانضغاط، مما يؤدي إلى تشكيل ثقب أسود.

استقرار النجم

داخل قلب نجم، تقوم التفاعلات النووية الاندماجية بتوفير طاقة عالية على شكل إشعاعي، تنبعث من قلب النجم نحو الخارج. تنتج هذه الطاقة ضغطًا يقاوم جاذبية النجم التي تحاول أن تضغطه للداخل، مما يحافظ على استقرار النجم طالما استمر الاندماج النووي.

لكن ماذا يحدث عندما ينفد الوقود النووي في قلب النجم ويتوقف الاندماج؟ هل ينهار النجم بالكامل ويتقلص إلى حد لا نهائي ليصبح ثقبًا أسود؟ أم هنالك عوامل تحول دون ذلك وتمنع الانضغاط الزائد حتى لا يصل نصف قطر النجم إلى نصف قطر شوارزشيلد؟

في الواقع هناك مانعان رئيسيان لانهيار النجم إلى ثقب أسود هما: ضغط انحلال الإلكترون (Electron degeneracy pressure) وضغط انحلال النترون (neutron degeneracy pressure)، ويتوقف كلاهما على كتلة النجم المنهار. سنبحث في كل من هذين العاملين والتأثيرات المترتبة عليهما.



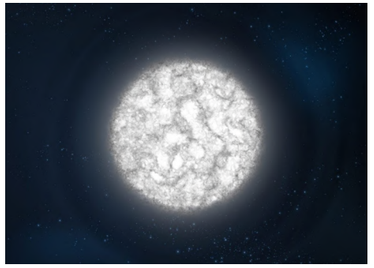
مبدأ باولي وضغط انحلال الإلكترونات

مبدأ باولي للإستبعاد (Pauli exclusion principle) الذي صاغه الفيزيائي النمساوي باولي (W. Pauli) في عام 1925، هو مبدأ أساسي في ميكانيكا الكم ينص على أنه لا يمكن لجسيمين فيرميونيين (الفيرميونات هي جسيمات ذات سبين ½ كالإلكترونات والبروتونات والنترونات)، أن يشغلا نفس الحالة الكوانتية داخل نظام كمومي واحد في الوقت نفسه. هذا المبدأ يلعب دورًا حاسمًا في فهم تركيب وتطور النجوم. وفي سياق النجوم ذات الكتلة المقاربة لكتلة الشمس والتي تتكون بشكل أساسي من بلازما الهيدروجين والهيليوم، يلعب مبدأ باولي دورًا مهمًا في تحديد مصيرها بعد استنفاد الوقود النووي. عندما ينفد هذا الوقود ويبدأ النجم في الانهيار يمنع المبدأ تكثف كل الإلكترونات في أدنى حالة طاقة ممكنة، مما يؤدي إلى ظهور ما يسمى بـ «ضغط الانحلال الإلكتروني». هذا الضغط يقاوم الانهيار الجذبي لقلب النجم فيؤدي إلى تحوله في نهاية المطاف إلى جسم كثيف مستقر يبرد تدريجيًا على مدار الزمن، يُعرف باسم القزم الأبيض (White dwarf). ولكن سنرى أنّ هذا السيناريو لا ينطبق على النجوم الثقيلة، حيث يمكن لها أن تتجاوز ضغط انحلال الإلكترون وتواصل الانهيار إلى مراحل أكثر كثافة.

حد شاندراسيخار لأكبر قزم أبيض ممكن

في عام 1931، قدّم الفيزيائي الهندي شاندراسخار (S. Chandrasekhar) نظرية مهمة تشرح كيف أن الجاذبية الشديدة في النجوم ذات الكتل الكبيرة يمكن أن تتغلب على ضغط الانحلال الإلكتروني، مما يؤدي إلى انهيار النجم. حدد شاندراسيخار حدًا للكتلة الذي يتغلب فيها النجم على ضغط الانحلال الإلكتروني ويعرف الآن باسم «حد شاندراسيخار»، والذي يقدر بحوالي 1.4 كتلة شمسية. يفصل هذا الحد بين النجوم التي يمكن أن تستقر كأقزام بيضاء وتلك التي ستواصل الانهيار تحت وطأة جاذبيتها إلى أشكال أكثر كثافة، مثل النجوم النترونية أو الثقوب السوداء.

السؤال الآن يتعلق بمصير الإلكترونات في النجوم التي تتجاوز حد تشاندراسيخار، هل ستتكثف جميعها في نفس الحالة الكوانتية وتخرق مبدأ باولي للإستبعاد أم هنالك آلية أخرى لانضغاطها بدون اختراق هذا المبدأ الأساسي في الميكانيكا الكوانتية؟



صورة تمثيلية لقزم أبيض.

اندماج الإلكترونات والبروتونات

لتجنب خرق مبدأ باولي للإستبعاد، اقترح عالما الفلك الألماني بادي (W. Baade) والسويسري زويكي (F. Zwicky) في سنة 1933 أنّ جميع الإلكترونات في لب النجم يمكن أن تندمج مع البروتونات لتشكيل نترونات وفقًا للمعادلة:

إلكترون + بروتون ← نترون + نيترينو

هذه العملية التي تعرف بالنترنة (Neutronization) تسهم في تفسير كيفية تغلب بعض النجوم التي تتجاوز حد شاندراسيخار على ضغط الانحلال الإلكتروني وانهيار المادة في قلبها إلى نواة نترونية مضغوطة بشكل رهيب.

ضغط انحلال النترونات والنجوم النترونية

كما ينطبق مبدأ باولي للاستبعاد على الإلكترونات، فإنه ينطبق أيضًا على النترونات وأي جسيمات فيرميونية أخرى. يوفر هذا المبدأ في سياق النجوم النترونية ضغطًا تنافريًا يُعرف بضغط انحلال النترونات. يساهم هذا الضغط في منع النوى النترونية من الانهيار أكثر تحت وطأة جاذبيتها الهائلة فيبقيها مستقرة. عندما تنهار الطبقات الخارجية لهذه النجوم فوق نواتها النترونية المتشكلة، سترتد في انفجار هائل يؤدي إلى إطلاق كميات هائلة من الطاقة والعناصر الثقيلة في الكون. هذه الانفجارات المذهلة تُعرف بالمستعرات العظمى (Supernovae) وتترك وراءها نجمًا نترونيًا مضغوطًا بشكل لا يصدق.

صورة تمثيلية لنجم نتروني

ولكن هل هنالك حد مثل حد شاندراسيخار يفصل بين النجوم التي تتحول إلى نجوم نترونية وتلك التي تستمر في الانهيار متخطية ضغط انحلال النتروناث؟

حدتولمان-أوبنهايمر-فولكوف والثقوب السوداء

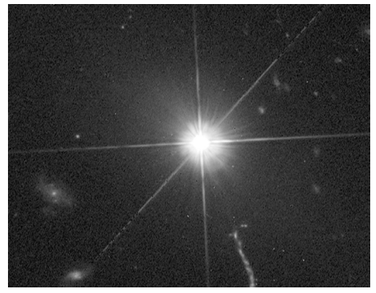
حد تولمان-أوبنهايمر-فولكوف (TOV) يماثل في وظيفته حد شاندراسيخار ويحدد الكتلة القصوى التي يمكن أن يمتلكها نجم نتروني قبل أن ينهار تحت وطأة جاذبيته إلى ثقب أسود. هذه الكتلة تقدر حسب آخر التقديرات بـ 2.16 كتلة شمسية ولكن هذه القيمة يمكن أن تتغير بناءً على الفهم الدقيق لحالة المادة تحت ظروف الكثافة الشديدة. إنّ تجاوز هذا الحد يعني أن الجاذبية ستتغلب على كل القوى المضادة فيؤدي ذلك إلى انهيار النجم وتحوّله لثقب أسود. تم تطوير النظرية بشكل مستقل في عام 1939 من خلال ورقتين بحثيتين: الأولى بقلم الفيزيائي الرياضي الأمريكي تولمان (R. Tolman)، والثانية بالتعاون بين الفيزيائي النووي أوبنهيمر (R. Oppenheimer) والروسي الكندي فولكوف (G. Volkoff). هذه النظرية تعتمد على حلول معادلات أينشتاين للنسبية العامة التي تصف كيفية تأثير المادة على الزمكان وانحنائه.

اكتشاف النجوم النترونية

استنادًا إلى خصائص النجوم النترونية كمصادر للإشعاع الراديوي الذي يتميز بنبضات منتظمة، تم اكتشاف هذه النجوم لأول مرة بشكل غير مباشر في عام 1967 من قبل عالمة الفيزياء النووية البريطانية بورنيل (J.Burnell) تحت إشراف الفلكي البريطاني هيويش (A.Hewish) وفريقهما، مؤكدين بذلك وجود النجوم النترونية كأجرام فلكية حقيقية.

اكتشاف الثقوب السوداء

سنسلط الضوء في الفصول الثلاثة المقبلة على اكتشاف الثقوب السوداء.



كوازار 3C 273 بواسطة تلسكوب هابل الفضائي

التلسكوب الراديوي لوفيل - إنجلترا

تلسكوب هايل البصري - USA

ما هي الكوازارات؟

الكوازارات (Quasars) أو شبه النجوم، هي أجرام فلكية بعيدة وشديدة اللمعان تقع في مراكز بعض المجرات. الأبحاث العلمية أظهرت أن الكوازار يتكون من منطقة غازية ساخنة تحيط بثقب أسود عملاق، حيث تصل درجة حرارتها إلى عدة مئات الآلاف من الدرجات المئوية وينبعث منها الضوء وأشعة أخرى مختلفة. سنتناول تاريخ اكتشاف الكوازارات والتطورات العلمية التي أدت إلى فهمنا الحالي لها كثقوب سوداء عملاقة.

اكتشاف أشعة راديوية غامضة

تم في أواخر الخمسينيات اكتشاف أشباه النجوم الأولى 48 3C و 273 3C كمصادر راديوية في المسوحات الراديوية للسماء باستخدام التلسكوبات الراديوية الصغيرة والتلسكوب الراديوي لوفيل من طرف عالم الفلك الراديوي البريطاني لوفيل (B. Lovell) وفريقه. ولصعوبة رصدها مرئيا آنذاك تمت الإشارة إليها على أنها مصادر راديوية بدون جسم مرئي لها. بحلول عام 1960 تم تسجيل مئات من هذه المصادر الراديوية ونشرها في فهرس كامبريدج الثالث.

أول كوازار يُكتشف مرئيا

قام الفلكيون لاحقا بمسح السماء بحثًا عن أجسامها المرئية فتحقق ذلك في عام 1963 عندما تم رصد أول كوازار 3C 273 مرئي من طرف الفلكي الأمريكي الهولندي شميدت (M. Schmidt) باستخدام التلسكوب هايل البصري (Hale) في مرصد بالومار (Palomar). شميدت اكتشف أنّ الضوء النابع من 3C 273 يُظهر انزياحًا نحو الأحمر بقدر كبير أوعزه إلى الانزياح نحو الأحمر الكوسمولوجي ممّا يدل على أنه يقع على بعد هائل منّا ويبتعد بسرعة كبيرة بفعل التوسع الكوني. بعد افتراض شميدت لبعد هذه المصادر الشاسع عنا، أدرك بعض الفلكيين أنّ النجوم العادية أو المجرات لا تستطيع إصدار هكذا إشعاعات راديوية قوية، فشدة الإشعاع الراديوي نابعة من 3C 273 بالنظر إلى بُعده الهائل ويتجاوز لمعانه بمئات المرات لمعان مجرة عادية مثل مجرتنا، مما يدل على أنّ مصدره ليس نجمًا أو مجرة عادية، بل شيء أكثر كثافة وطاقة، فسميت بأشباه النجوم (Quasi-stellar object) وبعدها اختصرت إلى الكوازارات.

التفسيرات العلمية للكوازار

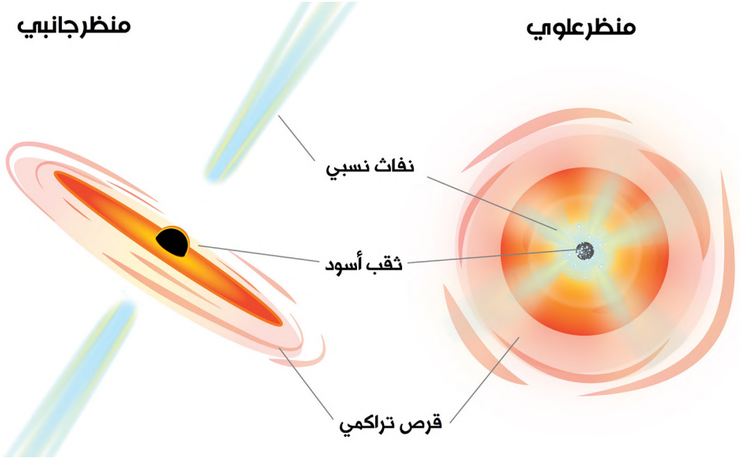
في عام 1964 كان الفيزيائي الفلكي الأسترالي الأمريكي سالبيتر (E. Salpeter) والكيميائي الفيزيائي الروسي زيلدوفيش (Y. Zeldovich) من بين العلماء الروّاد الذين ساهموا في فهم الآليات الفيزيائية وراء الكوازارات مقترحين أنها ناجمة عن ثقوب سوداء تجذب المادة النجمية بسرعات عالية تقترب من سرعة الضوء، وافترضا أنّ الطاقة الهائلة المشعة من الكوازارات مصدرها الأقراص التراكمية للمادة المحيطة بالثقوب السوداء والتي تسخن بشكل كبير قبل السقوط فيها. هذه الفكرة لم تُقبل على نطاق واسع في بادئ الأمر من قبل العديد من الفلكيين حيث كان الاعتقاد بوجود الثقوب السوداء محل شك. حتى تفسير شميدت للانزياح نحو الأحمر كدليل على بعد الكوازارات واجه التشكيك بين العلماء، حيث طُرحت العديد من التفسيرات البديلة له خلال الستينيات، مثل اقتراح أنّ الكوازارات قد تكون أجسامًا قريبة تُظهر انزياحًا نحو الأحمر بسبب الضوء الهارب من جاذبية هائلة يفعل انزياح الأحمر الثقالي وليس انزياح الأحمر الكوسمولوجي الناتج عن توسع الكون كما افترضه شميدت، وهذا يتطلب جسمًا مفرط الضخامة وهو ما يفسر أيضًا اللمعان العالي. كما تم طرح إلى جانب هذا فكرة أنّ الكوازارات قد تكون مكوّنة من مادة مضادة أو أنها نهاية لثقب أبيض في ثقب دودي أو تفاعل متسلسل للعديد من المستعرات الأعظم. هذه التفسيرات البديلة واجهت تحديات ومشاكل مع تطوّر الفهم الفلكي والفيزيائي للثقوب السوداء وتحسن قدرات التلسكوبات الفلكية، حيث ظهرت المزيد من الأدلة تدعم الاعتقاد بأنّ الكوازارات تحتوي على ثقوب سوداء، مما أدى إلى قبول واسع لهذا التفسير في المجتمع الفلكي.

الأشعة السينية تحسم الأمر

تسمح مراقبة انبعاثات الأشعة السينية (X-ray) للفلكيين بدراسة الظواهر الكونية التي تتضمن غازًا تبلغ درجات حرارته ملايين الدرجات، مما يجعلها مثالية لاستكشاف الكوازارات. ونظرًا لأنّ الغلاف الجوي للأرض يحجب انبعاثات الأشعة السينية، أدى هذا بالعلماء لرفع أجهزتهم فوق الغلاف الجوي حيث يمكن رصدها.

التأكد من أنّ الكوازارات ثقوب سوداء عملاقة

مع الستينات وبداية السبعينيات ومع تطوّر المراصد الفضائية للأشعة السينية، أثبتت العديد من الأدلة الرصدية انبعاث الأشعة السينية ذات الطاقة العالية من الكوازارات مما ساهم في التأكيد أنها مصادر طاقة عظيمة وأظهرت أيضا الدراسات أنّ الانزياحات الحمراء للكوازارات حقيقية وسببها التوسّع الكوني وهي في الواقع قوية وبعيدة كما اقترح شميدت وبعض الفلكيين الآخرين، وأنّ مصدر طاقتها



منظورين مختلفين لثقب أسود ذو قرص تراكمي ونفاثات.

هو مادة من قرص تراكمي يسقط على ثقب أسود كبير كما اقترحه سالبيتر وزيلدوفيش.

الكوازار : وليمة ثقب أسود عملاق

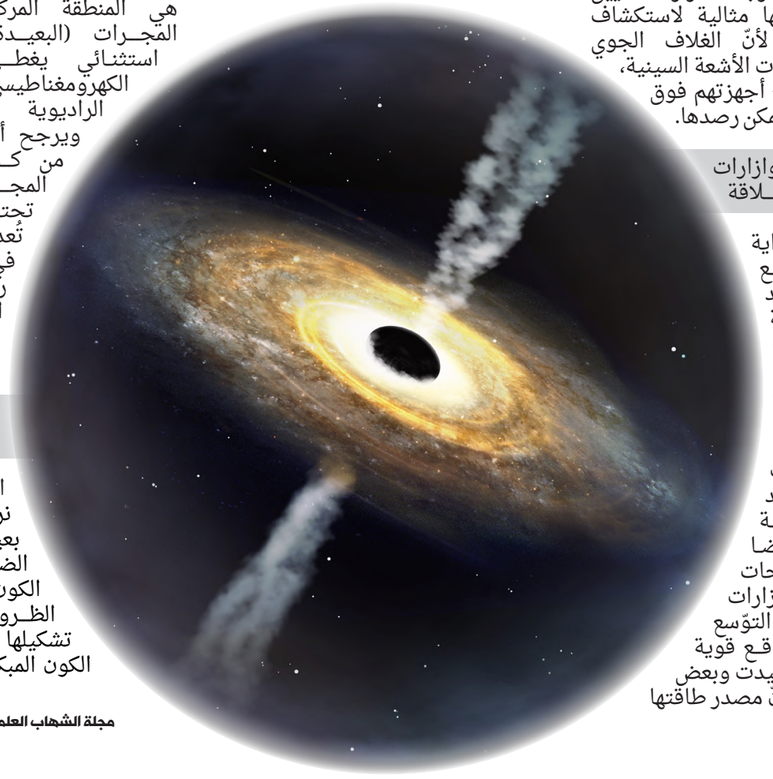
الكوازارات هي ثقوب سوداء فائقة الكتلة (SMBH) تقع في نوى المجرات النشطة (AGN) البعيدة، وهي مصادر هائلة للإشعاعات عبر مختلف الأطوال الموجية بما في ذلك الأشعة السينية. تستمد طاقتها الهائلة من الأقراص التراكمية حيث تعتبر المصدر الرئيسي لإشعاعها القوي. بالإضافة إلى الأقراص التراكمية، يمكن لهذه الثقوب السوداء أيضًا إطلاق نفاثين من المادة المتأينة والطاقة من قطبي محور دورانها. فما هي النوى المجرية النشطة ولماذا هي بعيدة عنا؟ وما هي هذه الأقراص التراكمية التي تحيط بالثقوب السوداء النشطة وكيف تنشأ نفاثات المادة منها؟

النوى المجرية النشطة AGN

هي المنطقة المركزية المتكدسة في المجرات (البعيدة) تتميز بلمعان استثنائي يغطي كامل الطيف الكهرومغناطيسي، من الموجات الراديوية إلى أشعة غاما، ويرجح أن هذا الإشعاع ينبع من كوازار يقع في قلب المجرة. المجرات التي تحتوي على كوازارات تُعد من ألمع الأجرام في الكون، مما يتيح رصد ودراسة الأجسام البعيدة جدًا عن الأرض، وكذلك فهم تطورها عبر الزمن.

لماذا الكوازارات بعيدة وليست قريبة؟

الكوازارات التي نراها عادةً هي بعيدة جدًا فنحن نرى الضوء الصادر عنها من الكون المبكر، حيث كانت الظروف التي تؤدي إلى تشكيلها أكثر انتشارًا في الكون المبكر. كانت المجرات في



رقصة كونية نادرة: محاكاة لاندماج مجري نشط يكشف ثنائي الكوازار المذهل على بُعد 10 مليارات سنة ضوئية من الأرض

تلك الأوقات أكثر نشاطًا وتحتوي على كميات كبيرة من الغاز التي يمكن أن تغذي الثقوب السوداء الضخمة في مراكزها، مما يؤدي إلى تشكيل الكوازارات. ومع تقدم عمر الكون وتوسعه، زاد تمدد الغاز الكوني مما أدى إلى تخفيف كثافته، وبالتالي قلّ تركيز الغاز المتاح لتشكل النجوم. هذا بدوره أدى إلى تقليل نشاط الثقوب السوداء الضخمة، وبالتالي قلّ ظهور الكوازارات الجديدة. ونلاحظ نتيجة لذلك أنّ الكوازارات في الكون الحديث أقل وجودًا حيث نادرًا ما نجدها في المجرات القريبة منا.

الأقراص التراكمية Accretion disk

هي المادة المحيطة بالثقب الأسود سواء كانت غازًا أو غبارًا، تنجذب نحو الثقب الأسود بفعل جاذبيته القوية. تتجمع المادة أثناء هذا الاندفاع في شكل قرص تراكمي حيث تدور حول الثقب الأسود بسرعات عالية جدا، وقد تقترب من سرعة الضوء كلما اقتربت من أفق الحدث. خلال هذا الدوران تتصادم الجسيمات ببعضها البعض مما يؤدي إلى ارتفاع الحرارة إلى ملايين الدرجات فتنشأ عدة ظواهر فيزيائية منها:

إشعاع القرص التراكمي

هذه الحرارة الشديدة تجعل القرص يشع بقوة خصوصًا في ميدان الأشعة السينية من الطيف الكهرومغناطيسي.

تأيّن مادة القرص التراكمي

غالبا ما تتأين المادة داخل القرص التراكمي بسبب الحرارة الشديدة. التأيّن يحدث عندما تكون الجسيمات محمومة لدرجة أنّ الإلكترونات تُطرد من الذرات أو الجزيئات، فتتحوّل إلى بلازما من الإلكترونات الحرّة والأيونات.

نشوء مجال مغناطيسي

تتحرك الإلكترونات الحرة في البلازما المحيطة بالثقب الأسود بسرعات عالية في القرص التراكمي مما يساهم في توليد مجال مغناطيسي قوي. تخلق هذه الحركة بيئة تشبه مغناطيسا ذا قطبين يتطابق مع محور دوران الثقب الأسود.

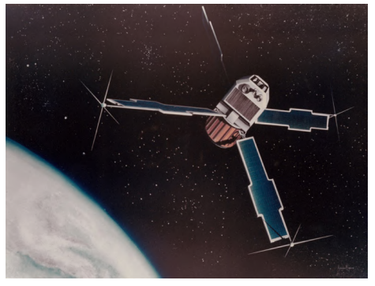
النفاثان النسبويان Relativistic jets

تعمل هذه المجالات المغناطيسية الناشئة من دوران البلازما في القرص التراكمي بدورها، كمحركات تسريع تقذف البلازما من القرص التراكمي نحو القطبين العلوي والسفلي. يسمح هذا بتركيز وتسريع الجسيمات على طول محور الدوران للثقب الأسود، مكونة نفاثين لهما طاقة عالية تنطلق بسرعات هائلة قريبة من سرعة الضوء وتمتد لمسافات كبيرة في الفضاء حيث قد تصل إلى ملايين السنوات الضوئية من مصدرها. ونظرا لهذه السرعات الكبيرة تعرف هذه النفاثات بـ «النفاثات النسبية» حيث تظهر فيها تأثيرات النسبية الخاصة بشكل فعال. بدورها تشع أيضًا هذه النفاثات بشكل مكثف في الأشعة السينية وأطوال موجية أخرى، وعندم تتفاعل مع المادة المحيطة في الفضاء (الوسط البينجمي) يمكن أن يحدث تسخين وتسريع لها فيؤدي إلى نشوء إشعاع إضافي.

أول ثقب أسود تم اكتشافه بطريقة غير مباشرة

اكتشاف أشعة سينية غامضة

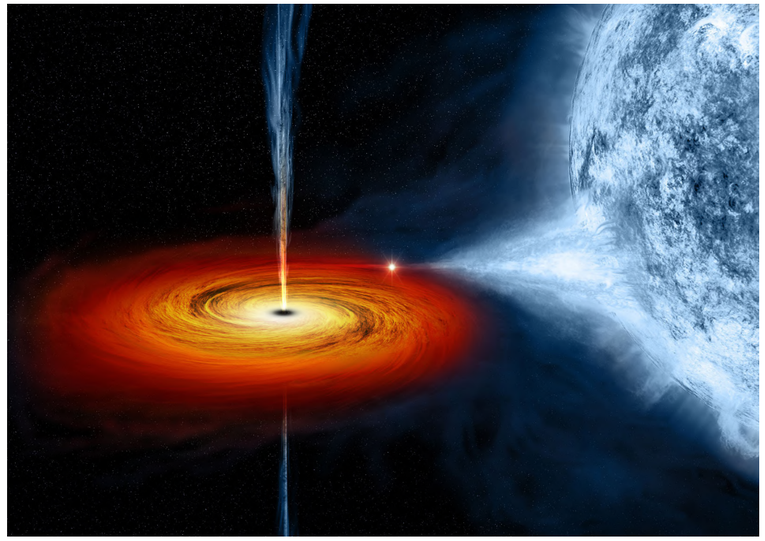
في سنة 1965 تم اكتشاف أول ثقب أسود بطريقة غير مباشرة والمعروف باسم Cygnus X-1 (باختصار Cyg X-1) والذي يقع في كوكبة الدجاجة (Cygnus) في مجرتنا، تم تحديده كمصدر قوي للأشعة السينية (بلا جسم مرئي له)، مما جعله موضوعًا لدراسة مكثفة. تم اكتشاف Cyg X-1 باستخدام عدادات جيجر لقياس انبعاث الأشعة السينية التي تم حملها عالياً بواسطة صاروخ كجزء من الجهود المستمرة لوضع خريطة لهذه المصادر. تم نتيجة لهذه المسوحات اكتشاف ثمانية مصادر جديدة للأشعة السينية الكونية بما في ذلك Cyg X-1 في كوكبة الدجاجة. في ذلك الوقت لم يكن مصدر الأشعة السينية لـ Cyg X-1 مرتبطًا بأي مصدر راديو أو بصري بارز في هذا الموقع. ونظرًا للحاجة إلى دراسات طويلة الأمد لمثل هذه المصادر، أطلقت ناسا القمر الصناعي أوهارو (Uhuru) في نهاية 1970 مما أدى إلى اكتشاف 300 مصدر جديد للأشعة السينية. أظهرت المراقبة المستمرة لـ Cyg X-1 بواسطة أوهارو تقلبات سريعة في شدة الأشعة السينية (ارتفاع وانخفاض) تحدث عدة مرات في الثانية. يعد هذا الاختلاف السريع أمرًا بالغ الأهمية لفهم حجم المنطقة التي يتم فيها توليد الأشعة السينية، حيث تشير إلى أنّ مصدر الأشعة لا يزيد قطره عن 10^5 كيلومتر تقريبًا (بحجم كوكب المشتري تقريبًا).



القمر الصناعي أوهارو مستكشف الأشعة السينية.

كيف عُرف حجم المصدر؟

العلاقة بين التغيرات السريعة في سطوع الجرم وحجمه ترتكز على مبدأ مفاده أنه: «إذا تغير سطوع جرم ما بسرعة كبيرة، فإن حجمه يجب أن يكون صغيرا نسبيًا، والعكس صحيح». هذا يعود إلى سرعة الضوء المحدودة والتي تبلغ تقريبا 3×10^5 كلم/ثا. لذلك فإن كان الجسم الفلكي كبيرًا وحدث له انخفاض في السطوع، فإننا سنلاحظ أن التغيرات في سطوعه تحدث بشكل تدريجي بسبب الفارق الزمني في وصول الضوء إلينا من أقرب نقطة وأبعد نقطة في هذا الجسم. وكمثال إذا افترضنا أنّ السطوع تغير خلال ثانية واحدة، فيمكن تقدير حجم هذا الجسم بما يقارب من ثانية ضوئية مما يعكس الوقت الذي يستغرقه الضوء لعبور هذا الجسم الكبير.



صورة تمثيلية للثقب الأسود Cygnus X-1 يلتهم رفيقه النجمي HDE 226868

تحديد موقع Cygnus X-1 بالأشعة الراديوية

في سنة 1971، اكتشف الفلكيان الهولنديان برايس (L. Braes) ومايلي (G. Miley) من مرصد لايدن (Leiden)، وبشكل مستقل الأمريكيان هيلمينج (R. Hjellming) ووايد (C. Wade) في المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي (NRAO)، انبعاثًا راديويًا من Cyg X-1. حددت قياساتهم الراديوية الدقيقة مصدره بالقرب من النجم HDE 226868، وهو عملاق أزرق كتلته من 20 إلى 30 كتلة شمسية ويبعد عنا بحوالي 6500 سنة ضوئية. قدرت المسافة بينهما بنحو 30 مليون كيلومتر (أي نحو 20 % من المسافة بين الأرض والشمس) مما أدى إلى استنتاج مفاده أنهما يشكلان نظامًا ثنائيًا ضيقا. كان العلماء يدركون أنّ النجم العملاق غير قادر بمفرده على إصدار الكميات المرصودة من الأشعة السينية، مما يعني أن رفيقه Cyg X-1 هو المصدر الفعلي لها، فعزز ذلك فرضية أن يكون الأخير ثقبا أسودا لديه القدرة على تسخين الغاز المتراكم من النجم العملاق إلى درجات حرارة عالية للغاية. شجع هذا الاكتشاف على إجراء المزيد من البحوث على هذا النظام الثنائي لتأكيد أنّ Cyg X-1 هو ثقب أسود وذلك من خلال دراسة تأثيراته على رفيقه النجمي.

التأكيد أنّ Cygnus X-1 ثقب أسود

في عام 1972، قدما الفلكيان الأسترالي ويبستر (L. Webster) والبريطاني موردين (P. Murdin) في مرصد غرينتش الملكي (Greenwich)، وبشكل مستقل الفلكي الأمريكي الكندي بولتون (T. Bolton) من مرصد ديفيد دونلاب (David Dunlap)، دليلًا قويًا على أن Cyg X-1 ثقب أسود. أستخدم العلماء تأثير دوبلر لخطوط الطيف الصادرة من النجم العملاق لتقدير الفترة المدارية له حول الرفيق غير المرئي Cyg X-1، حيث لاحظوا أنّ الانزياح الطيفي يتغير بشكل دوري من الأحمر (ابتعاد المصدر) إلى الأزرق (اقتراب المصدر)، مما يؤكد أنّ Cyg X-1 ورفيقه النجمي يشكلان مزدوجا يدوران حول بعضهما بالنسبة لمركز كتلتهما في دورة تستغرق نحو 6 أيام. وباستخدام هذه القياسات (الدور والمسافة بينهما) جنبًا إلى جنب مع قوانين كيبلر للميكانيكا المدارية، تمكن الفلكيون من حساب كتلة الرفيق غير المرئي Cyg X-1 وقدّروها آنذاك بنحو 7 كتل شمسية (21.2 كتلة شمسية حاليا). وبناءً على هذه الكتلة العالية لـ Cyg X-1 استنتج العلماء أنه ثقب أسود، حيث لا يمكن أن يتجاوز أكبر نجم نتروني محتمل كتلة ثلاثة أضعاف كتلة الشمس (حد TOV). من ناحية أخرى يُظهر Cyg X-1 مدى الانضغاط الشديد للمادة إذ تُحشر كتلة تعادل تقريبًا 21 مرة كتلة الشمس في حيز لا يزيد حجمه عن حجم المشتري. وبلغة النسبية العامة فإنّ نصف قطر شوارزشيلد الخاص بهذه الكتلة يكون أكبر من نصف قطر هذا الرفيق المخفي Cyg X-1 مما يثبت قطعا أنّه ثقب أسود.

Cygnus X-1 هو ميكرو-كوازار

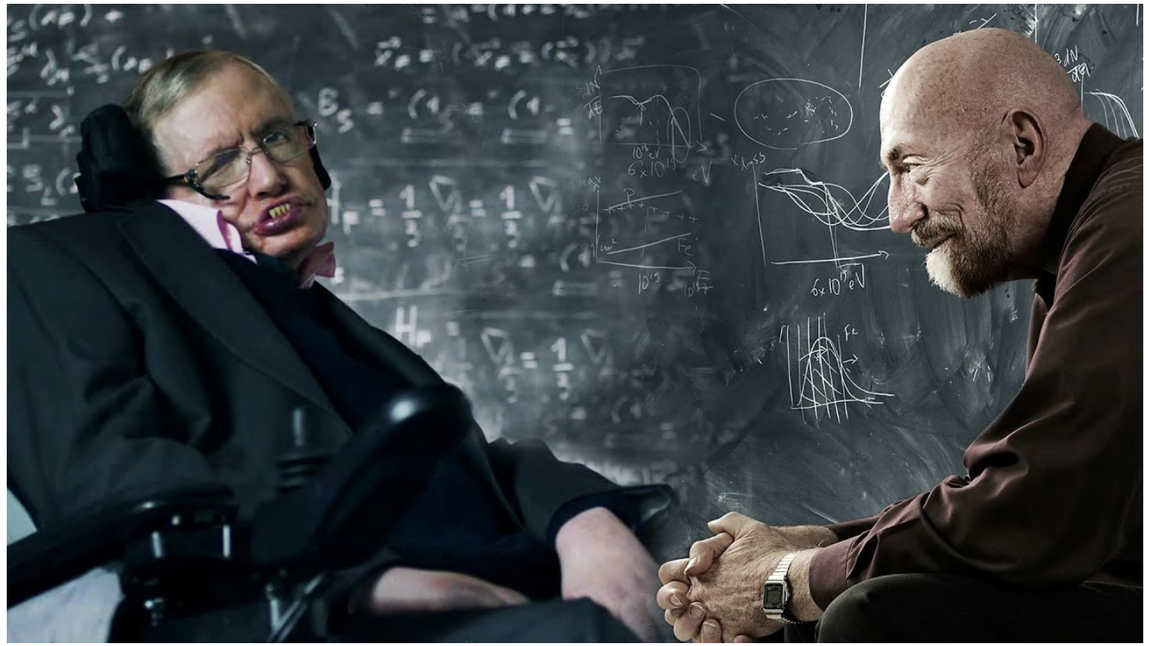
جاذبية الثقب الأسود Cyg X-1 تؤدي إلى تعرية الطبقات الخارجية للنجم العملاق المرافق، مما يؤدي إلى تشكل قرص تراكمي حوله. ترتفع درجة حرارة المادة النجمية في هذا القرص بفعل الاحتكاك والسرعة

مرصد لايدن - هولندا

المرصد الوطني لعلم الفلك الراديوي - أمريكا

مرصد غرينتش الملكي - إنجلترا

مرصد ديفيد دونلاب - كندا



العالمان البارعان في الثقوب السوداء: كيب ثورن وستيفن هوكينغ

الاكتشفات الحديثة

يُمثل تصوير الثقوب السوداء بشكل مباشر تحديًا كبيرًا في علم الفلك نظرًا لعدم إصدارها أي ضوء يمكن رصده وصغر حجمها النسبي، مما يجعل التقاط صور لها أمرًا صعبًا. عند محاولة تصوير ثقب أسود نتوقع رؤية حلقة مضيئة تمثل القرص التراكمي الذي يعد منطقة يتجمع فيها الغاز والغبار قبل السقوط في الثقب الأسود. كذلك نتوقع أن نرى وسط هذه الحلقة منطقة مظلمة تمثل أفق الحدث حيث لا يمكن لأي شيء، حتى الضوء، الإنفلات من جاذبيتها. لإجراء عمليات رصدها يعتمد العلماء على تقنيات حديثة لتصوير الثقوب السوداء ودراستها.

اكتشاف الثقب الأسود في مركز مجرتنا

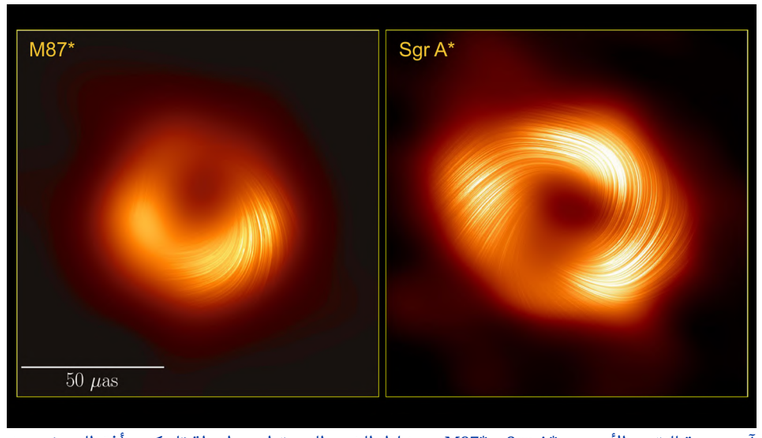
مركز مجرتنا درب التبانة مثل مراكز المجرات الأخرى يتميز بكثافة عالية من النجوم والغاز والغبار، مما يجعل من الصعب رؤية التفاصيل داخل قلبها باستخدام الضوء المرئي. لهذا السبب يستخدم الفلكيون ضوء الأشعة تحت الحمراء والراديوية لاختراق هذا الحطام بشكل أفضل ودراسة المنطقة بتفاصيل أكثر دقة. في أوائل التسعينيات، قاد الفلكيان الألماني جنزيل (R. Genzel) والأمريكية غيز (A. Ghez) مجموعتين بحثيتين لرصد مدارات النجوم في قلب مجرتنا باستخدام تقنيات التصوير بالأشعة تحت الحمراء، حيث أظهروا أن هذه النجوم تدور حول «فراغ مُظلِم» بسرعة هائلة تصل إلى 8 بالمئة من سرعة الضوء. لقد استنتجوا من خلال هذه الملاحظات وجود «جرم غير مرئي» فائق الكتلة، مضغوط بشكل لا يصدق، مظلم وغير متوهج مثل النجوم. هذا ما أدى بالفلكيين إلى الاستنتاج أنه ثقب أسود فائق الكتلة، والمعروف باسم (Sagittarius A** (Sgr A. كما تمكنوا من تقدير كتلته استنادًا إلى قوانين كيبلر للميكانيكا المدارية والتي تبلغ حوالي 4 ملايين مرة كتلة الشمس.

نظرًا لهذا العمل الرائد، تم منح جنزيل وغيز جائزة نوبل في الفيزياء لعام 2020 بالاشتراك مع الفيزيائي النظري البريطاني بنروز (R. Penrose).

هذا الاكتشاف لم يكن نتيجة التصوير المباشر للثقب الأسود، بل من خلال الاستدلال والتحليل الدقيق لحركة النجوم، مما سمح بتأكيد وجود الثقب الأسود بطريقة غير مباشرة وفتح الباب لفهم أفضل لديناميكيات مركز مجرتنا.

بين ستيفن هوكينغ وكيب ثورن

في عام 1975، أصبحت طبيعة Cyg X-1 محور رهان علمي ودي بين الفيزيائيين الإنجليزي ستيفن هوكينغ (S. Hawking) ونظيره الأمريكي كيب ثورن (K. Thorne). كان ثورن مقتنعًا بأن Cyg X-1 يمثل ثقبًا أسودًا، في حين راهن هوكينغ على العكس، على الرغم من أمله في خسارة الرهان لإثبات وجود الثقوب السوداء التي كرس لها جزءًا كبيرًا من حياته المهنية. تنازل هوكينغ عن رهانه في عام 1990 بعد أن دعمت بيانات المراقبة الإضافية وجود ثقب أسود في نظام Cyg X-1، واعترف بأن الأدلة التي تشير إلى أنه ثقب أسود كانت ساحقة.



آخر صورة للثقبين الأسودين Sgr A* و M87* من خلال الضوء المستقطب بواسطة تلسكوب أفق الحدث حيث تظهر تفاصيل المجال المغناطيسي المحيط بهما

أول صورة مباشرة لثقب أسود

في 10 أفريل 2019، كشف مشروع مقراب أفق الحدث (EHT) عن أول صورة مباشرة لثقب أسود يقع في مركز المجرة Messier 87 الواقعة في عنقود العذراء المجري على بعد حوالي 55 مليون سنة ضوئية من الأرض، ويرمز له الفلكيون بـ M87*. يعد M87* من الثقوب السوداء «النشطة وفائقة الكتلة»، إذ تُقدر كتلته بحوالي 6.5 مليار مرة كتلة الشمس. رغم قطر أفق حدثه الهائل والذي يقدر بحوالي 40 مليار كلم) أي ما يقارب ثلاثة أضعاف حجم مدار بلوتو، إلا أنه قطره الظاهري في السماء يبلغ حوالي 42 ميكروثانية قوسية، مما يترجم صعوبة تصويره بسبب بعده الشاسع عنا. تعرض الصورة، حلقة مضيئة ناتجة عن الغاز الساخن المشع الذي يدور حول الثقب الأسود بسرعة تقترب من سرعة الضوء قبل أن يسقط في أفق الحدث، وتحيط بمنطقة مظلمة تمثل ظل الثقب الأسود الناشئ بسبب انحناء الضوء من جراء جاذبيته العظيمة. هذا الاكتشاف يؤكد تنبؤات النظرية النسبية العامة لأينشتاين بخصوص الثقوب السوداء وأفق الحدث.

تصوير *Sgr A الواقع في قلب مجرتنا

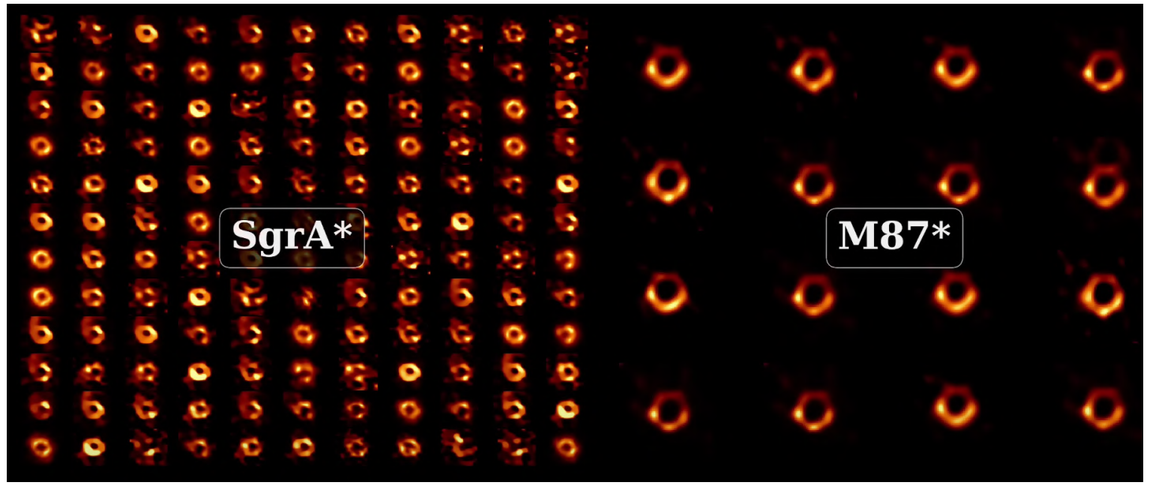
في 12 ماي 2022 وبواسطة نفس المشروع (EHT)، تم الإعلان عن أول صورة للثقب الأسود *Sgr A الواقع في مركز مجرتنا على بعد حوالي 26000 سنة ضوئية من الأرض. رغم أنّ حجمه الظاهري في السماء أكبر بقليل من *M87 إلا أنّ البيئة المحيطة به من غبار وغاز وضعف نشاطه مقارنة بـ *M87 يضيفان تحديات لعملية تصويره. على غرار *M87 تُظهر صورة *Sgr A منطقة مركزية مظلمة محاطة ببلازمة شديدة السخونة تدور حوله وتشبه الحلقة. حجم الظل متوافق مع الحجم الذي تنبأت به نظرية النسبية العامة لأينشتاين لثقب أسود بـ 4 ملايين كتلة شمسية.

التصوير المتعاقب لـ *M87 و *Sgr A

يتم التقاط سلسلة من الصور على فترات زمنية محددة لمراقبة ودراسة التغيرات التي قد تحدث في مظهر أو سلوك هذه الثقوب السوداء مع مرور الوقت. ونظرًا لأن *M87 أكبر بأكثر من 1000 مرة من *Sgr A، فإن الأجسام تستغرق وقتًا أطول بألف مرة لتدور حوله، مما يجعل مظهر *M87 أكثر ثباتًا عند مراقبته من الأرض على مر الزمن مقارنة بـ *Sgr A، الذي قد يتغير شكله خلال دقائق.

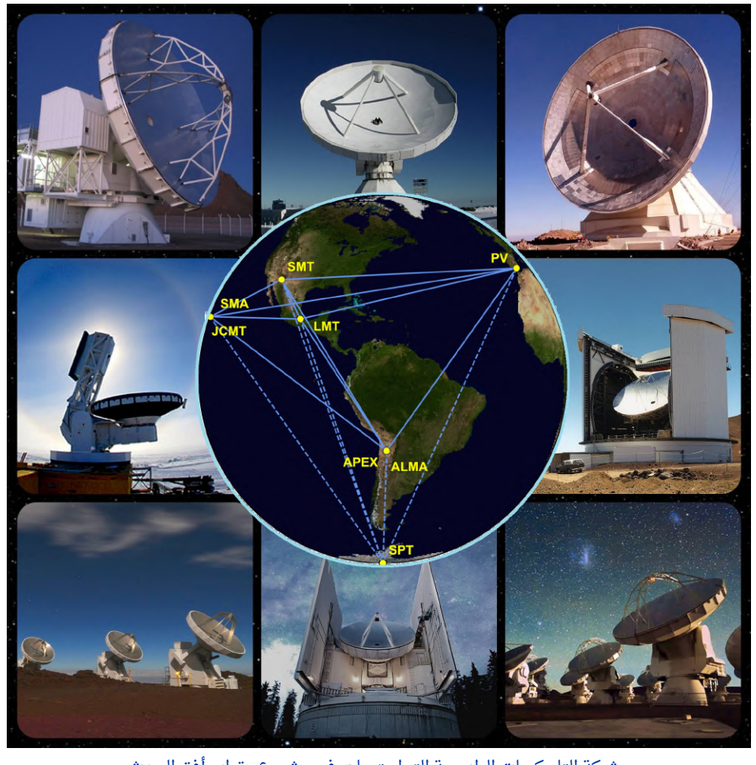
مقارب أفق الحدث (EHT)

بسبب الحجم الصغير نسبيًا للثقوب السوداء *M87 و *Sgr A وبُعدها الشاسع عن الأرض، يتطلب رصدها بدقة تلسكوبا بقطر يعادل قطر الأرض. ونظرًا لعدم إمكانية تحقيق ذلك، ابتكر العلماء تقنية القاعدة الأساسية التداخلية الطويلة جداً (VLBI) ضمن مشروع مقراب أفق الحدث، حيث يتم استخدام شبكة من التلسكوبات الراديوية الموزعة حول العالم للعمل كتلسكوب واحد عملاق. هذه الطريقة تسمح بتحقيق دقة مراقبة عالية جدًا.



By: C. M. Fromm (University Würzburg, Germany), L. Rezzolla (University Frankfurt, Germany)
تصوير الثقبين الأسودين *M87 و *Sgr A يظهر *M87 أكثر ثباتا

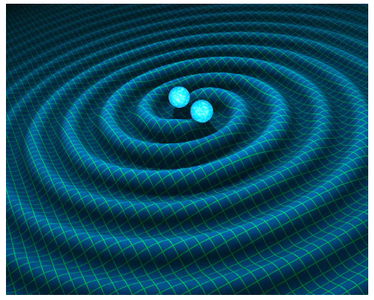
مشروع EHT استخدم هذه التقنية لإنتاج الصورة الأولى لثقب أسود مما يمكننا من رؤية الظل الذي يلقيه أفق الحدث للثقب الأسود ضد إشعاع الخلفية. هذا الإنجاز يعد خطوة كبيرة في مجال علم الفلك ويوفر دليلاً مرئيًا على وجود الثقوب السوداء.



شبكة التلسكوبات الراديوية التي استعملت في مشروع مقراب أفق الحدث

موجات الجاذبية كوسيلة رصد جديدة

موجات الجاذبية التي تنبأت بها نظرية النسبية العامة لأينشتاين، هي تموجات في نسيج الزمكان تنتج عن الأحداث العنيفة في الكون مثل اندماج الثقوب السوداء أو النجوم النيوترونية. تم رصدها لأول مرة بواسطة مرصد ليغو (LIGO) عام 2015. في عام 2017، انضم إليه مرصد VIRGO في إيطاليا مما ساهم في تحسين دقة القياسات. انضم لاحقًا المرصد الياباني KAGRA وشارك في الاكتشاف المشترك مع LIGO و VIRGO في عام 2021، مؤكدًا إحدى أكثر التنبؤات إثارة في نظرية النسبية العامة. كما يُخطط لتطوير مرصد جديد هو تلسكوب آينشتاين الأوروبي لرصد موجات الجاذبية. هذه الاكتشافات فتحت آفاقًا جديدة في علم الفلك وبالتحديد في علم الفلك الرصدي بموجات الجاذبية، متيحة دراسة الكون بما في ذلك الثقوب السوداء بطرق غير مسبوقة مقارنة بالأساليب الرصدية التقليدية.



أمواج تجاذبية ناتجة من اندماج نجمين نترونيين

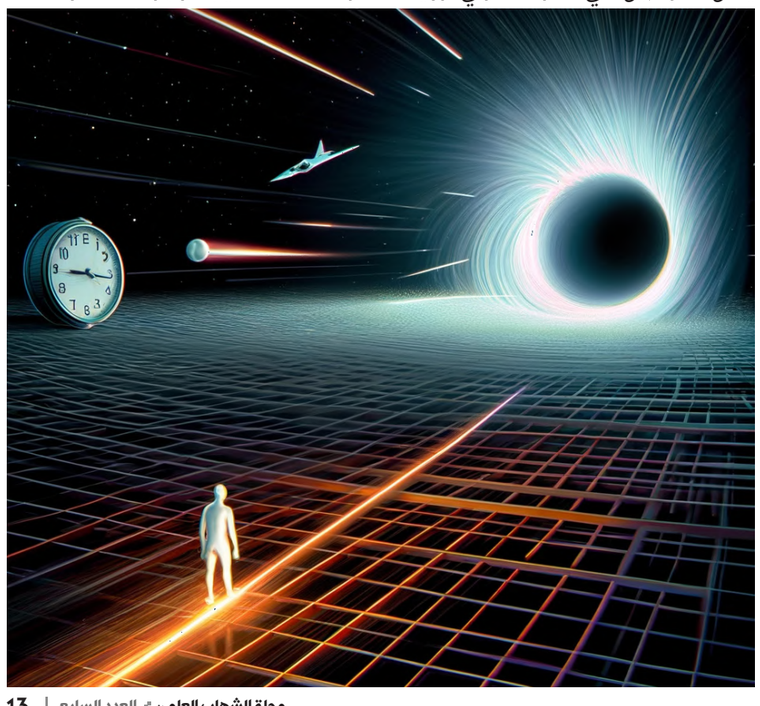
مرصد ليغو LIGO للالتقاط الأمواج التجاذبية - USA

أفق الحدث ونقطة اللاعودة

أفق الحدث هو مفهوم أساسي في فيزياء الثقوب السوداء، يشير إلى الحدود غير المرئية حول الثقب الأسود حيث تصبح قوة الجذب قوية جدًا لدرجة أن لا شيء، بما في ذلك الضوء، يمكنه الإنفلات منها. هذه الخاصية تعطي الثقوب السوداء اسمها، لأنها تجعل الثقب الأسود «أسودًا» بالفعل، غير قادر على إصدار أي ضوء يمكن للمراقبين في الكون المرئي رؤيته.

كيف تؤثر الثقوب السوداء على الزمكان؟

للثقوب السوداء تأثير رهيب على الزمكان المحيط بها، حيث ينحني بشكل كبير. هذا الانحناء يؤثر على مسار الضوء والجسيمات مما يجعلها تنحرف عن مساراتها المستقيمة. وعند أفق الحدث يكون الانحناء شديدًا لدرجة أن الضوء نفسه لا يمكنه الهروب. هذا التأثير يستند إلى مبادئ نظرية النسبية العامة لأينشتاين، التي تصف الجاذبية ليس كقوة تجذب بين الأجسام، بل كانحناء للزمكان نفسه نتيجة وجود الكتلة والطاقة.



فيزياء الثقوب السوداء

ثلاث خصائص محددة للثقوب السوداء

حسب مبرهنة «لا شعر» (No Hair Theorem) يمكن وصف الثقوب السوداء بالكامل من خلال ثلاث خصائص فقط: الكتلة، الشحنة، والعزم الزاوي لدورانه حول نفسه. الفكرة هي أنه مثلما يعطي الشعر الشخص مظهرًا فريدًا ومميزًا، فإن الثقوب السوداء «لا شعر لها» في النسبية العامة، أي لا تحتفظ بأية معلومات تميزها عن بعضها سوى هذه الخصائص الثلاث. فالكتلة تحدد قوة جاذبية الثقب الأسود وبالتالي تأثيره على المدارات المحيطة به، بينما الدوران يمكن أن يؤثر على شكل القرص التراكمي ويسمح بعمليات مثل استخلاص الطاقة من الثقب الأسود. وعلى الرغم من أنها قد لا تكون بارزة في معظم الثقوب السوداء الفعلية، تُقدم الشحنة فرصًا نظرية مثيرة للتفاعل مع الحقول الكهرمغنطيسية.

تمدد الزمن الثقالي

واحد من أكثر الآثار النسبية إثارة للاهتمام هو تمدد الوقت. وفقًا للنسبية العامة، يتباطأ الوقت كلما ازدادت قوة الجاذبية. هذا يعني أنه لو كان بإمكان شخص ما الاقتراب من أفق حدث دون السقوط فيه فسيلاحظ أنّ الوقت يمر بشكل أبطأ بالنسبة له مقارنةً بشخص يقف بعيدًا. لتوضيح الصورة سنتصور مسافرًا يقترب من ثقب أسود ومراقبًا خارجيًا يقف بعيدا عن الثقب الأسود، لنستعرض كيف يُدرك كل منهما مرور الزمن.

الزمن من منظور الراصد الخارجي

عندما يراقب شخص بعيدا عن الثقب الأسود مسافرًا يتجه نحو الثقب الأسود، سيلاحظ أنّ حركة المسافر تصبح بطيئة بشكل متزايد كلما اقترب من أفق الحدث. نتيجة لتأثير الجاذبية القوية سيبتباطأ الوقت بالنسبة للمسافر من وجهة نظر المراقب الخارجي. في نهاية المطاف سيبدو المسافر كأنه قد تجمّد عند أفق الحدث ولن يتمكن المراقب من رؤيته يتجاوز هذه النقطة بسبب التمدد الزمني الشديد. ويرجع ذلك إلى حقيقة أنّ الضوء الصادر من المسافر يستغرق وقتًا أطول بشكل متزايد للهروب من جاذبية الثقب الأسود والوصول إلى الراصد. بالإضافة إلى ذلك، سيُلاحظ الراصد الخارجي أنّ الضوء الصادر من المسافر الذي يقترب من الثقب الأسود يظهر انزياحًا نحو الأحمر، وكلما اقترب أكثر زاد هذا الانزياح حتى يصل طيفه إلى منطقة خارج نطاق الضوء المرئي، فلا يمكن رؤيته بعد ذلك.

في الواقع، نحن لا نشاهد عبور أي شيء داخل أفق الحدث للثقب الأسود؛ فكلّ المادة التي تبتلعها الثقوب السوداء، بما في ذلك النجم المنهار الذي يُشكّلها، تتراكم داخل أفق الحدث. لكننا لا نرى هذه المادة المتراكمة أو بالأحرى نراها سوداء بسبب انزياح الضوء الصادر منها نحو الأحمر بشكل كبير والذي يجعلها غير قابلة للرؤية بالعين المجردة أو حتى بوسائل المراقبة المتاحة.

بالرغم من أننا لا نرصد أي شيء يعبر أفق الحدث مباشرة، فكيف يمكننا تفسير توسع هذا الأفق بمرور الوقت نتيجة لاستمرار امتصاص المادة؟ أليس من المتوقع أن يظل القرص المظلم ثابتاً؟

هذه النقطة قد تبدو متضاربة مع عدم رؤيتنا لأي شيء يعبر أفق الحدث، ولكن في الواقع ليس هناك تناقض. نصف قطر شوارزشيلد الذي يحدد أفق الحدث لا يعتمد فقط على الكتلة المنهارة في التفرّد، بل يتأثر أيضًا بالكتلة المتراكمة على حافة الأفق. هذا التراكم يتسبب في زيادة نصف قطر شوارزشيلد، مما يؤدي إلى توسع القرص المظلم بالنسبة لنا. وبالتالي يمكن القول إنّ المادة تعبر حقا أفق الحدث من وجهة نظرنا ليس بسبب سقوطها المباشر كما قد بيّنا، بل بسبب توسع أفق الحدث نفسه نتيجة للتراكم المستمر للمادة.

الزمن من منظور المسافر إليه

لن يلاحظ المسافر المتجه نحو الثقب الأسود أي تغيير في تدفق الوقت حيث سيشعر أنّه يمضي بشكل طبيعي. عندما يقترب من أفق الحدث سيتجاوزه نحو الداخل دون أي نقطة متميزة تشير إلى عبور هذا الحد. دعونا نحلل ما قد يراه المسافر الافتراضي في نقاط مختلفة بالنسبة لأفق حدث الثقب الأسود:

بالقرب من أفق الحدث:

ماذا يرى خلفه (منظر خارجي): مع اقتراب المسافر من أفق الحدث، سيلاحظ أنّ الأحداث في الكون البعيد تبدو كأنها تسير بوتيرة أسرع نتيجة لظاهرة تمدد الزمن الثقالي. كما سيشهد تأثير الانزياح نحو الأزرق للضوء القادم إليه من الخارج مما يعكس تأثير جاذبية الثقب الأسود القوية.

ماذا يرى أمامه (باتجاه الثقب الأسود): قد يصبح المنظر في اتجاه الثقب الأسود مشوهًا بشكل متزايد نتيجة لظاهرة عدسة الجاذبية الشديدة (Gravitational Lensing) والتي تحدث بفعل تشوه الزمكان حول الثقب الأسود.

في أفق الحدث:

ماذا يرى خلفه (منظر خارجي): عند حافة أفق الحدث، من الممكن نظريا أن يرى المسافر أحداث الكون الخارجي بطريقة متسارعة للغاية، بحيث تبدو له فترات قصيرة من وقته كأنها تكشف عن مستقبل الكون بأكمله، نظرًا لأن ثانية واحدة بالنسبة له قد تعادل فترة طويلة للغاية من الزمن بالنسبة لراصد خارجي.

ماذا يرى أمامه (داخل الثقب الأسود): يبدأ التمييز بين الاتجاهات يفقد معناه لأن جميع المسارات تؤدي إلى الداخل نحو التفرّد.

داخل أفق الحدث:

خلفه أو أمامه: بمجرد الدخول في أفق الحدث، يتغير مفهوم «الخلف» بشكل أساسي. لم يعد بإمكان المسافر التفريق بين الأمام والخلف حيث جميع المسارات بما في ذلك خط رؤية المسافر تنحني نحو التفرّد بمركز الثقب الأسود. بحسب النسبية العامة، يمكن أن تتبادل خصائص البعد المكاني (القطري) مع البعد الزمني بطريقة ما داخل أفق الحدث، هذا التبادل يجعل السقوط نحو المتفردة مرادفًا للتحرك قدمًا في الزمن. نتيجة لذلك يستحيل الانفلات من الثقب الأسود، إذ يتطلب ذلك عمليًا العودة في الزمن.

نقطة التفرد

نقطة التفرد هي نقطة في مركز الثقب الأسود تتجه إليه كل المادة التي تعبر أفق الحدث حيث تصبح الكثافة وانحناء الزمكان لانهائيين. هنا بالتحديد تفشل الفيزياء في تفسير الوضع حيث تؤدي هذه المالانهاية الى حتمية وجود فيزياء جديدة لم نصل إليها بعد. قد يتطلب دمج النسبية العامة مع الميكانيكا الكوانتية لوصف هذه النقطة، حيث لا زالت الأبحاث جارية.

تأثير المد والجزر ومفعول السباغيتي

تشير قوة المد الجزرية بالقرب من الثقب الأسود إلى تدرجات الجاذبية الشديدة التي تحدث على مسافة قصيرة نسبيًا، ممّا يؤدي إلى تأثير شديد عرف باسم تأثير «السباغيتي» (Spaghettification).

تنشأ هذه القوة لأن أجزاء مختلفة من الجسم تتعرض لجاذبية مختلفة عند الاقتراب من الثقب الأسود. وإليك كيف تعمل:

الفرق في سحب الجاذبية:
عندما يقترب جسم ما من الثقب الأسود، فإن جانب الجسم الأقرب إلى الثقب الأسود يشعر بجاذبية أقوى من الجانب الأبعد. وذلك لأن قوة جاذبية الثقب الأسود تزداد بسرعة كلما اقتربت منه.

التمدد والضغط:
يعمل هذا الفارق في قوة الجاذبية على تمديد الجسم على طول الاتجاه نحو الثقب الأسود (الاتجاه القطري نحو المركز) وضغطه على طول الاتجاهات المتعامدة. يُشار إلى تأثير التمدد باسم «السباغيتي» لأنه يؤدي إلى تمديد الأشياء إلى أشكال طويلة ورقيقة مثل السباغيتي.

شدة قوة المد الجزرية:
تزداد شدتها بشكل كبير كلما اقتربنا من التفرّد. بالنسبة للثقوب السوداء الفائقة مثل الموجودة في مراكز المجرات، تكون قوة المد الجزرية فيها ضعيفة نسبيًا خارج أفق الحدث لكون آفاقها الخاصة بها أبعد بكثير من نقطة التفرد الخاصة بها. في المقابل وبالنسبة للثقوب السوداء النجمية الأصغر حجمًا فيكون أفقها أقرب بكثير إلى نقطة التفرد فتصبح قوة المد الجزرية مفرطة حتى قبل أن يعبر الجسم أفق الحدث.

انهيار الروابط الجزيئية:
يمكن لقوة المد الجزرية الشديدة (تأثير سباغيتي) بالقرب من الثقب الأسود أن تكسر الروابط الجزيئية لأي جسم أو مادة تسقط نحوه.

التأين الذري:
بعدما ينهار التركيب الجزيئي للمادة ومع اقتراب متزايد للتفرّد، فالذرات نفسها تبدأ في التأين. فتجرّد الإلكترونات من نواتها بسبب الظروف القاسية للحرارة والإشعاع في قرص التراكمي المحيط بالثقب الأسود.

تأثير قوة المد الجزرية للثقب الأسود على النجم تؤدي إلى سحق المادة النجمية والتهامها على شكل معكرونة

تأثير الثقوب السوداء على المادة المجاورة

عندما يقترب الجسم المتساقط أكثر من التفرّد يتعرض لجاذبية شديدة تؤثر عليه بمقاييس مختلفة:

التأثيرات دون الذرية:
على مسافات قريبة للغاية من التفرّد، يمكن أن تتغير القوى الأساسية المؤثرة على الجسيمات دون الذرية بشكل كبير مما يؤدي إلى تفككها إلى مكونات أكثر أساسية، فبنية المادة كما نعرفها قد تتغيّر جذريا بسبب الجاذبية الهائلة والطاقة العالية.

إشعاع هاوكينغ

هو مفهوم اقترحه الفيزيائي هوكينغ عام 1974، يصف كيف يمكن للثقوب السوداء أن تصدر إشعاعا وتفقد كتلة تدريجيا. هذا الإشعاع ناتج عن آليات الفيزياء الكوانتية

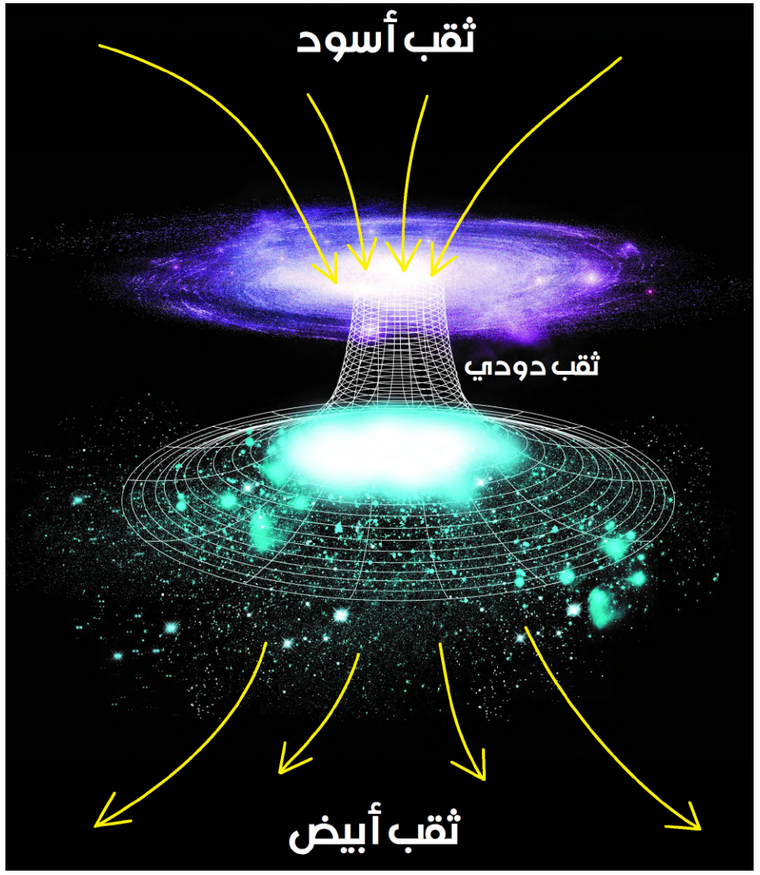
إشعاع هوكينغ له تأثيرات مهمة على فهمنا لفيزياء الثقوب السوداء والكون حيث يرتبط بالتوازن الحراري للثقوب السوداء، موفرًا طريقة يمكن من خلالها للثقوب السوداء أن تتبخر تدريجيًا وتختفي في نهاية المطاف، كما يشكل تحديًا لمبادئ حفظ المعلومات في الفيزياء حيث يثير تساؤلات حول مصير المعلومة التي تسقط في الثقب الأسود. إشعاع هوكينغ يُظهر التفاعل بين النسبية العامة وميكانيكا الكم ويشكل جزءًا أساسيًا من البحث الجاري في مجال الجاذبية الكوانتية ونظرية كل شيء (TOE).

الثقوب البيضاء White holes

جرم فلكي افتراضي تنبأت به النظرية النسبية العامة. هو بمثابة الانعكاس الزمني للثقب الأسود حيث بدلاً من التقاط كل ما يقترب منه، يقوم الثقب الأبيض بطرد المادة والضوء خارجًا فيمنع أي شيء من دخوله. ظهرت نظرية الثقوب البيضاء في حلول معادلات آينشتاين في سياق ما يُسمى بـ «الإمتداد الأقصى لحل شوارزشيلد» بدون شحنة ولا دوران، حيث تدّل هذه الحلول على وجود منطقة في الزمكان يمكن للمادة والطاقة الانفلات منها ولكن لا يمكنها الدخول إليها، وهي خاصية مميزة للثقب الأبيض. تشير النماذج النظرية إلى أنّ الثقوب البيضاء تحمل خصائص مشابهة للثقوب السوداء مثل الكتلة وقد تكون مشحونة ودوّارة. في حين تمت ملاحظة الثقوب السوداء وتأثيراتها، تظل الثقوب البيضاء مفهومًا نظريًا بدون أي دليل رصدي يدعم وجودها. دفع هذا العديد من العلماء إلى اعتبارها فضولًا رياضيًا وليست أجراما حقيقية، ومع ذلك لا تزال دراسة الثقوب البيضاء تمثل جانبًا مهمًا من الأبحاث النظرية في علم الكونيات والنسبية العامة.

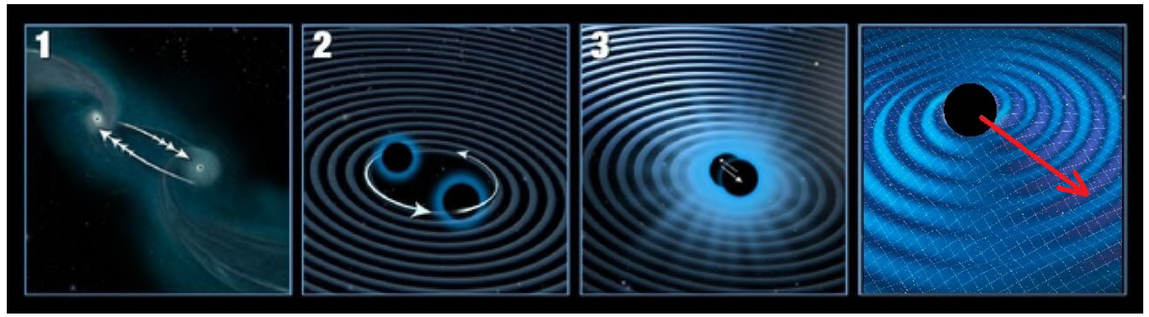
الثقوب الدودية Wormholes

أحد الجوانب المثيرة للاهتمام للثقوب البيضاء هو ارتباطها بمفهوم جسر أينشتاين-روزين (Einstein–Rosen bridges) أو الثقب الدودي، وهو الذي يربط بين مناطق



رسم بياني يربط بين ثقب أسود وثقب أبيض بنفق دودي

التي تحدث عند أفق الحدث للثقب الأسود. بحسب هوكينغ، عند أفق الحدث يظهر زوج من الجسيمات الافتراضية (جسيم ونظيره المضاد)، نتيجة التقلبات العشوائية (Random fluctuation) للطاقة في الفراغ وفقًا لميكانيكا الكم. في الظروف العادية يعاد دمج هذه الزوجيات سريعًا في الفراغ ملغية بعضها البعض دون أي تأثير ملحوظ، لكن عند أفق حدث الثقب الأسود يمكن أن يُسحب أحد الجسيمات داخله بينما يهرب الآخر إلى الفضاء الخارجي كإشعاع. الجسيم الذي يُسحب داخل الثقب الأسود يمتلك طاقة سلبية مما يعني أن كتلة الثقب الأسود تقل عند ابتلاع هذا الجسيم. على الجانب الآخر فإنّ الجسيم المنفلت الذي يمتلك طاقة إيجابية يُرصد كإشعاع. تؤدي هذه العملية إلى تقلص الثقب الأسود تدريجيًا فاقدًا كتلته عبر إشعاع هذه الجسيمات.



آلية اندماج ثقبين أسودين وإمكانية حصول الثقب الأسود الناتج على «ركلة» ثقالية

مختلفة من الزمكان. في الحالة النظرية المثالية للثقب الأسود الذي لا يدور حول نفسه ولا يملك شحنة كهربائية، يمكن أن يربط الجسر بين ثقب أسود وثقب أبيض داخل نفس الحل الرياضي. هذا يعني أنّ الجزء الداخلي من الثقب الأسود الذي تدخله الجسيمات من الخارج عبر التفرّد والجزء الداخلي من الثقب الأبيض الذي تخرج منه الجسيمات، متصلان بنفس الجسر الزمكاني. في الواقع يعتبر وجود مثل هذه الجسور في الطبيعة موضوعًا للنقاش والتكهن في فيزياء الثقوب السوداء والكونيات. على الرغم من أنّ الحلول الرياضية لمعادلات أينشتاين تسمح بوجودها، لا يوجد دليل رصدي على وجود الثقوب الدودية أو الثقوب البيضاء في الكون الحقيقي.

اندماج ثقبين أسودين

يُعد اندماج ثقبين أسودين حدثا هائلا في الفيزياء الفلكية، ويمثل واحدة من أكثر العمليات عنفًا في الكون. تحدث هذه الظاهرة عندما يقترب ثقبان أسودان بحيث لا يستطيعان الانفلات من جاذبية بعضهما البعض فيصطدمان في النهاية ويندمجان في ثقب أسود واحد أكبر.

كيف تحدث عملية الاندماج؟

تبدأ العملية عندما يدور ثقبان أسودان في نظام ثنائي حول بعضهما البعض، وبسبب هذا التسارع الاهتزازي الكبير تصدر منهما موجات الجاذبية، وهي تموجات في نسيج الزمكان، كما تنبأت به النسبية العامة، تنتقل بسرعة الضوء في الفضاء وتحمل الطاقة بعيدًا عن النظام الأصلي. فقدان الطاقة على هذا الشكل يؤدي إلى تحرّك الثقبين الأسودين بشكل حلزوني تجاه بعضها البعض، ومع اقترابهما تزداد سرعتهما المدارية وتصبح موجات الجاذبية المنبعثة أكثر شدة. عندما يندمجان أخيرًا، يتحول جزء من الكتلة الإجمالية للثقبين الأسودين إلى طاقة، التي تُطلق بدورها في الفضاء على شكل موجات تجاذبية، فيؤدي إلى تكوين ثقب أسود جديد أكبر حجمًا مع كتلة أقل بقليل من مجموع الكتلتين الأصليتين نظرًا لتحول جزء من الكتلة إلى طاقة موجات الجاذبية المنبعثة. هذه الموجات يمكن اكتشافها بواسطة المراصد الأرضية كما حدث في عام 2015 عند مرصد LIGO.

ارتداد الثقب الأسود الناتج من الاندماج

عندما يندمج ثقبان أسودان لهما كتل أو دوران غير متساوية، قد تنبعث موجات الجاذبية بقوة أكبر في اتجاه واحد (ليس في كل الاتجاهات). ونتيجة لذلك يحصل الثقب الأسود الناتج على «ركلة» تحركه بسرعة كبيرة تصل إلى سرعات قد تقترب من عُشر سرعة الضوء، وتعرف هذه الظاهرة باسم بـ «الركلة الثقالية (Gravitational kick)». تظهر الأبحاث أنّ هذا الارتداد قد يكون كبيرًا بما يكفي لإخراج الثقب الأسود من بيئته النجمية أو حتى المجرية.

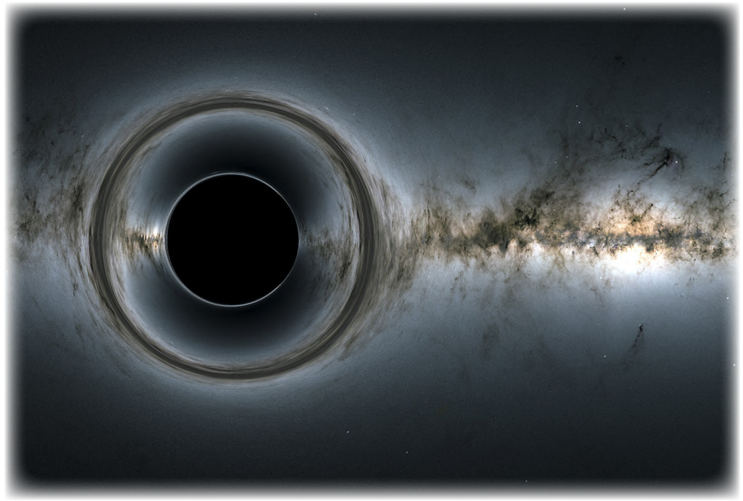
أصناف الثقوب السوداء

الثقوب السوداء النجمية
مقابل
الثقوب السوداء فائقة الكتلة

قد تأتي الثقوب السوداء في أحجام وكتل مختلفة في الكون، وبشكل أساسي يمكن تصنيفها إلى فئتين رئيسيتين: الثقوب السوداء النجمية والثقوب السوداء فائقة الكتلة. كل فئة لها خصائص وأهمية فريدة في سياق الفهم الأوسع للكون وديناميكياته.

	الثقب الأسود النجمي Stellar BH	الثقب الأسود فائق الكتلة Supermassive BH
النشوء	من انهيار نجم ثقيل مقارنة بالشمس عند نهاية دورة حياته بعد نفاد وقوده النووي	من اندماج ثقوب سوداء أصغر أو من تراكم المادة على مرّ الزمن
الكتلة	من 3 إلى 20 كتلة شمسية	من ملايين إلى مليارات المرات كتلة الشمس
الحجم	نصف قطر أفق حدثه حوالي 30 كيلومترًا فقط لثقب أسود تبلغ كتلته 10 كتلة شمسية	يمكن أن يكون أفق حدثه بضع ملايين كلم مثل الثقب الأسود الموجود في مجرتنا وقد يصل إلى ملايير كلم (حجم نظامنا الشمسي) كالثقب الأسود الواقع في قلب M87
الوفرة	شائع في الكون، يقدر عدده بالملايين إلى المليارات داخل مجرتنا وحدها، لأنها تمثل المرحلة النهائية من حياة النجوم الثقيلة	يُعتقد أنه موجود في مركز جميع المجرات الكبيرة
الموقع	يوجد في جميع أنحاء المجرات	عادة في مراكز المجرات، بما في ذلك درب التبانة
زمن التشكل	يتشكل في جميع الأوقات	يتشكل في وقت مبكر من تاريخ الكون
التأثيرات	تؤثر جاذبيته على الأجسام النجمية والسحب الغازية القريبة منه فقط	يلعب دوراً حاسماً في تكوين وتطور المجرات، ويؤثر على وتيرة تكوين النجوم وتوزيع الغاز والغبار داخل المجرة
النشاط	عندما يكون جزءًا من نظام ثنائي مع رفيق نجمي عملاق، سيكسب قرصا تراكميا فيشكل ميكرو-كوازار	غالبًا ما يكون محاطا بقرص تراكمي، فيشكل كوازار
الخمول	عند ندرة المادة النجمية والغاز المحيط بالثقب الأسود أو عند استنفادها	

بصريات الثقب الأسود



ثقب أسود مارق (هائم) داخل المجرة حيث يتشوّه ضوء ذراع المجرة المركزي من خلفه بسبب جاذبيته الهائلة

صورة تمثيلية لثقوب سوداء أولية تشكلت من خلال تراكم كمية هائلة من الغاز في الكون المبكر

ثقب أسود مارق Rogue Black Hole

الثقوب السوداء المارقة أو الهائمة هي تلك التي تم طردها من أنظمتها الأصلية وتتنقل بحرية في الفضاء. هذا الطرد غالبًا ما يكون نتيجة «الركلة الثقالية» التي تحدث إما عند اصطدام مجرتين أو من اندماج ثقبين أسودين. تُصنف هذه الثقوب إلى نوعين:

هائمة داخل المجرة:

تلك التي تلقت ركلة بسرعة تكفي للفرار من منطقتها النجمية لكن لا تزال ضمن حدود المجرة فتتجول كأجسام بين النجوم داخل مجرتها.

هائمة خارج المجرة:

تلك التي حصلت على سرعة كافية لتتجاوز جاذبية المجرة المضيفة، غالبًا بسبب اندماج ثقبين أسودين فائقي الكتلة مع فروق كبيرة في كتلتيهما ودورانهما، مما ينتج عنه ارتداد ثقالي قوي في اتجاه ما، فيمكنها الانفلات من جاذبية مجرتها الأصلية له وتصبح ثقوبا سوداء تتجول في الفضاء الشاسع بين المجرات.

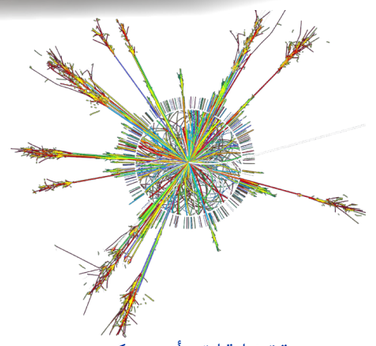
تشير التقديرات إلى أنه يمكن أن يكون هناك 12 ثقبًا أسودًا مارقًا في مجرة درب التبانة. وفي جانفي 2022 أبلغ فريق من علماء الفلك عن اكتشاف أول ثقب أسود نجمي هائم باستخدام تلسكوب هابل جنبًا إلى جنب مع مراصد أخرى والذي يقع على بعد 5000 سنة ضوئية من الأرض وتبلغ كتلته حوالي 7.1 مرة كتلة الشمس ويتحرك بسرعة 45 كلم/ثانية تقريبًا.

ثقب أسود أولي Primordial Black Hole

هو أحد فرضيات أنواع الثقوب السوداء التي لم تتكون بفعل انهيار ثقالي للنجوم الثقيلة، بل من وجود كتلة شديدة الكثافة إبان تمدد الكون المبكر. وفقاً لنموذج الانفجار العظيم كان الضغط والحرارة شديدان لأبعد الحدود في اللحظات الأولى للكون، حيث حدث بعض الاضطراب في كثافة المادة وتسبب في نشوء مناطق عالية الكثافة بما يكفي لتكوّن ثقب أسود. بالرغم من أنّ غالبية المناطق عالية الكثافة قد تتشتت سريعاً بالتوسع الكوني إلاّ أنّ الثقوب السوداء الأولية المنهارة على نفسها صمدت خلال هذا الظرف.

ثقب أسود ميكروي Micro Black Hole

الثقوب السوداء الميكروية هي كيانات نظرية يمكن أن تتشكل في ظل ظروف تهيمن فيها الجاذبية على نطاقات صغيرة، وربما يمكن ملاحظتها في البيئات عالية الطاقة مثل مسرعات الجسيمات. وترتبط الفكرة بالنظريات التي تشير إلى وجود أبعاد إضافية والتي من شأنها أن تسمح للجاذبية بأن تصبح قوية بما يكفي على المقاييس الأصغر لتشكل الثقوب السوداء. على سبيل المثال في CERN، تم اعتبار إمكانية اكتشاف الثقوب السوداء الميكروية كوسيلة للكشف عن أبعاد إضافية. إذا تم إنشاء ثقوب سوداء صغيرة في الاصطدامات الناتجة عن مصادم الهادرونات الكبير (LHC)، فسوف تتفكك بسرعة مما يوفر توقيعات فريدة في أجهزة الكشف بسبب اضمحلالها إلى النموذج القياسي أو الجسيمات فائقة التناظر.

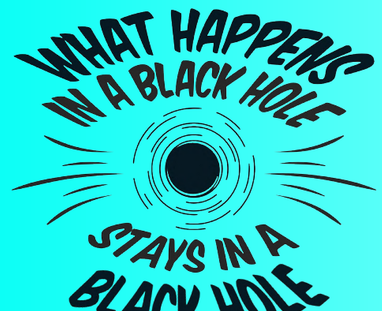


صورة تمثيلية لثقب أسود ميكروي

الوحوش الكونية المستترة

تمثل الثقوب السوداء نافذة فريدة على الكون إذ تطرح تحديات كبيرة وتقدم فرصاً استثنائية لفهم الأسئلة الأساسية حول المادة، الزمكان والجاذبية. تعد هذه الأجرام الفلكية الغامضة من أقوى الاختبارات لنظرية النسبية العامة حيث تسمح للفلكيين بفحص صحة هذه النظرية في ظروف الجاذبية الشديدة والتي لا توجد في أي مكان آخر في الكون. كما أن الثقوب السوداء تلعب دوراً حاسماً في تطوّر المجرات وتشكيل الكون المبكر ودراستها تقدم رؤى قيمة حول تطور كوننا. إضافة إلى ذلك، توفر الثقوب السوداء منصة لاختبار نظريات الجسيمات الأولية والفيزياء الكوانتية، مثل إشعاع هوكينج الذي يقدم إمكانية فهم أعمق للعلاقة بين الجاذبية وميكانيكا الكم.

على الرغم من التقدم الكبير الذي تم إحرازه في فهم الثقوب السوداء وتأثيرها على الكون، لا تزال هناك العديد من الأسئلة المفتوحة وتحديات تجريبية تواجهنا. ومع تطور التكنولوجيا والملاحظات الجديدة، نحن على أعتاب اكتشافات مستقبلية قد تغيّر فهمنا للكون. فهم التفرد داخل الثقوب السوداء، تطوير نظرية الجاذبية الكوانتية واستكشاف الثقوب السوداء بأدق التفاصيل، كلها مجالات تبشر بتوسيع آفاق معرفتنا. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لموجات الجاذبية أن تفتح أفقاً جديداً في الملاحظة الفلكية مما يتيح لنا فهماً أعمق للكون ومكوناته المظلمة مثل المادة المظلمة والطاقة المظلمة. الجهود المستمرة في البحث والتطوير التكنولوجي تبشر بإمكانية كشف المزيد من الأسرار في المستقبل القريب.



خفايا وحوش الزمكان

عالم الثقوب السوداء

د. جون بيير لومينيه

حاوره
د. جمال ميموني

جون بيير لومينيه هو عالم فرنسي بارز في مجال الفيزياء الفلكية، معروف بمساهماته المبتكرة في فهم الثقوب السوداء وعلم الكونيات. اكتسب شهرة لأول مرة من خلال عمليات المحاكاة الحاسوبية التي أجراها في السبعينيات، والتي قدمت واحدة من أقدم التمثيلات المرئية لمظهر الثقب الأسود، وتضمنت تأثيرات نسبية مثل انحناء الضوء.

يتوازى عمل لومينيه الأكاديمي مع جهوده في مجال التواصل العلمي، وقد نال لأجلها عدة جوائز مثل جائزني جورج لوميتر وكالينجا لليونسكو. تشمل منشوراته النصوص العلمية والروايات التاريخية والشعر، مما يعكس اهتماماته المتعددة التخصصات وقدرته على نقل العلم من خلال الأدب والفن، كما شارك في مشاريع تساهم في التعليم والتوعية العامة.

نشكرك في البداية على تلبية دعوتنا لإجراء الحوار. تاريخيًا، كنا نعتقد لفترة طويلة أن الثقب الأسود هو أبسط جسم يمكن تصوره في الكون من الناحية الرياضية، ثم سرعان ما تعقدت الأمور على مر السنين. انتقلنا إلى ثقب أسود ليس أسودًا تمامًا، واكتشفنا

Interview with:
Dr. Jean-Pierre LUMINET

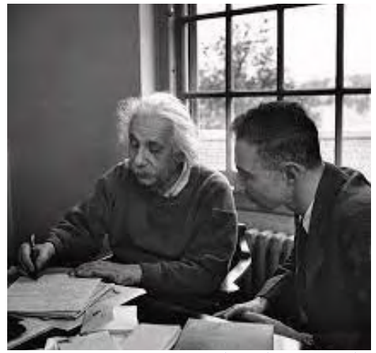
Jean-Pierre Luminet, born June 3, 1951, is a distinguished French astrophysicist, celebrated for his innovative contributions to the understanding of black holes and cosmology. He first gained prominence with his computer simulations in the 1970s, which provided one of the earliest visual representations of a black hole›s appearance, incorporating relativistic effects like the bending of light. Luminet›s academic work is paralleled by his efforts in science communication, earning him accolades such as the Georges Lemaître Prize and the UNESCO Kalinga Prize. His publications span scientific texts, historical novels, and poetry, showcasing his multidisciplinary interests and ability to convey science through literature and art. He engaged in collaborative projects to further bridging the gap between them and as a tool for education and public outreach. He did visit Algeria once a long time ago, and we shared with him our desire that he could come back and lecture around on some of his favorite themes.

ثقبًا أسودا يمكن أن يكون متناهي الصغر، أو عملاقا وحتى مجريًا. ما تعليقك على هذا الأمر؟ وكذلك، هل كان أينشتاين يؤمن بالثقوب السوداء؟

لا، على العكس تمامًا. كان ألبرت أينشتاين ومعظم العلماء في تلك الفترة منزعجين بشدة من فكرة وجود نقطة التفرد، أي اللانهايات الرياضية التي تظهر أثناء الانهيار التجاذبي. ليس نقطة التفرّد النهائية التي تتواجد في مركز الثقب الأسود، ولكن نقطة التفرّد التي تحدث عند أفق الحدث،

على سطح الثقب الأسود. بعبارة أخرى، في الانهيار التجاذبي، هناك لحظة حتمية حيث يصل حجم الجرم إلى نصف قطر شوارزشيلد (Schwarzschild)، وعندما لا نكون في نظام الإحداثيات الصحيح، تظهر اللانهايات.

لذلك فقد أزعج هذا بشدة تقريبا جميع العقول العظيمة من الفيزيائيين في ذلك الوقت، مثل آرثر إدينغتون (Arthur Eddington). وبالمناسبة، فإن أول حساب نسبي للانهيار التجاذبي لنجم، تحت نصف قطر شوارزشيلد، تم إجراؤه على يد روبرت أوبنهايمر (Robert Oppenheimer) وتلميذه هارتلاند سنايدر (Hartland Snyder). لقد قالوا إن هذا الكائن سينفصل عن العالم الخارجي. بعد ذلك، كما تعلم، خاصة إذا شاهدت فيلم أوبنهايمر، فقد انضم إلى مشروع مانهاتن، وبالتالي تخلى عن أعماله، ولم يعد إليها. لم تتم مواصلة هذا العمل الأساسي، إلى أن عادت فكرة الانهيار التجاذبي إلى الظهور في الستينيات



أوبنهايمر مع ألبرت أينشتاين

بفضل جون ويلر (John Wheeler). لكن أينشتاين نشر ورقة في عام 1939 أيضًا، في نفس العام تقريبًا الذي نشر فيه أوبنهايمر، محاولًا إظهار أن الانهيار التجاذبي كان مستحيلًا، وأن النجم لا يمكن أن يصل إلى نصف قطر شوارزشيلد، غير أنه إرتكب خطأً، فحتى العباقرة يمكن أن يخطئوا، فقد استعمل الضغط كدليل ولكنه لم يفهم أن الضغط ينتج أيضًا طاقة، والتي ستعزز على العكس من ذلك الانهيار التجاذبي. لذلك، لم يؤمن أينشتاين أبدًا بالانهيار التجاذبي تحت أفق الحدث، ولم يؤمن أبدًا بالثقب الأسود.

إذن، في نهاية المطاف، كان لوميتر هو من برهن على وجود نقطة التفرد على سطح الثقب الأسود!

بالضبط، جورج لوميتر (George Lemaître)، هو أول من وضع نظام إحداثيات آخر أكثر دقة، حيث تختفي هذه اللانهايات تمامًا عند أفق الحدث. لكن مرة أخرى، فقد أسأنا قراءة مقالته، ولم ننتبه لذلك إلى بعد 30 عامًا مع عالم فيزيائي أمريكي يُدعى ديفيد فينكلشتاين (David Finkelstein). ولذلك، وكما ذكرت في كتابي الأول حول الثقوب السوداء، أدى ذلك إلى عرقلة مصداقية الثقوب السوداء لعدة عقود. أنا لا أتحدث عن الفلكيين، ولكن حتى بين علماء الفيزياء النظرية. لذلك لم تتواصل الأبحاث حتى بعد الستينيات بفضل جون ويلر (John Wheeler)، ثم بعد ذلك بالطبع في مدرسة كامبريدج.

جورج لوميتر العالِم الذي ابتكر نظرية الانفجار العظيم

في الواقع، كانت هناك ثلاث مدارس، درست الثقوب السوداء من الجانب النظري، مدرسة كامبريدج والتي تركزت حول أبحاث روجر بنروز (Roger Pënrose)، ستيفن هوكينج (Stephen Hawking) وبراندن كارتر (Brandon Carter) وآخرين، كجورج إيليس (George Ellis). ثم لدينا مدرسة برينستون، والتي تمحورت حول أعمال جون ويلر، شارلز ميسنر (Charles Misner) وكيب ثورن (Kip Thorne)، وما إلى ذلك. غالبًا ما ننسى في الغرب المدرسة الروسية التي تعتبر أساسية تمامًا، خاصة أبحاث ياكوف زيلدوفيتش (Yakov Zeldovich) وعدد قليل من علماء آخرين. هناك أمر لا يذكر كثيرا، وقد كتبته في كتبي الحديثة، أن هوكينغ أثناء رحلة للمشاركة في مؤتمر بموسكو، التقى بزيلدوفيتش، الذي علّمه تقنيات حساب نظرية المجال الكمي، والتي لم يكن هوكينج متخصصًا فيها، واستخدمها لإثبات الجدل الذي كان قائمًا في ذلك الوقت حول الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء. كما تعلم، تنبأت الديناميكا الحرارية للثقوب السوداء بأنها يمكن أن يكون لها انتروبي مرتبطة بسطحها وهوائها ودرجة حرارة مرتبطة بجاذبية سطحها، إلى غير ذلك، لكن كبار الفيزيائيين في ذلك الوقت، مثل ستيفن هوكينغ وبراندون كارتر، وغيرهم، اعتقدوا أنه لا يوجد عمق فيزيائي حقيقي لهذه الظاهرة، وأنها مجرد صدفة بسيطة بدون أي دلالة.

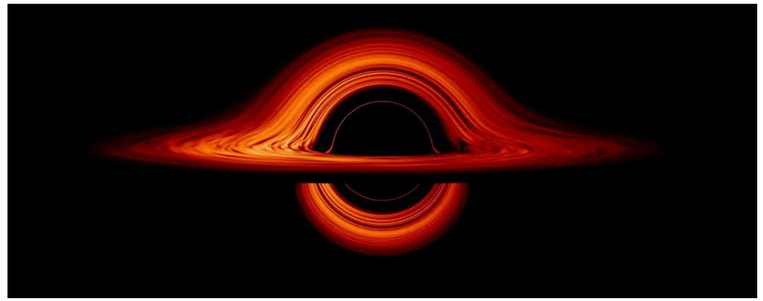
يعقوب بيكينشتاين: رائد مفهوم إنتروبيا الثقب الأسود

وقد كان هناك طالب يُدعى جاكوب بيكنشتاين (Jacob Bekenstein)، قال بأنها ليست صدفة، ويمكن أن يكون للثقب الأسود انتروبي مرتبطة بمساحته، وما إلى ذلك. كان هوكينج غاضبًا من هذا الأمر، لأنه احتفظ بالمفهوم الكلاسيكي للثقب الأسود، أين لا يمكن أن يكون لديه انتروبي، لأنه ستكون له درجة حرارة، وبالتالي إشعاع، وبعد عودته من موسكو، قام هوكينغ بحسابات تأثير الثقب الأسود، لكنه استعمل هذه المرة نظرية المجال الكمي، وهو ما لم يفعله من قبل. وهنا، فوجئ هوكينغ باكتشافه أن بيكنشتاين على حق. وبما أنه ذكي للغاية، فقد قلب الأمور رأسًا على عقب، لذلك نُسِبَ الفضل كله له.

ستيفن هوكينغ: بحث في أسرار الكون من كرسيه المتحرك

لعب بيكنشتاين دورًا أساسيًا، فهو المكتشف الفعلي للإشعاع كما قلتَ. الآن بالنسبة للمدرسة الروسية، أعتقد أنه كان هناك كل من يفجيني ليفشيتز (Evgeny Lifshitz) وإسحاق خالاتنيكوف (Isaak Khalatnikov)، اللذين ارتكبا بعض الأخطاء، حيث كانا يعتقدان أن توزيع

روجر بنروز: عبقري فك رموز الكون بأناقة الرياضيات



المادة بشكل عام، في إطار النسبية العامة، لن يؤدي بالضرورة إلى تفرد، ليس في سياق الثقب الأسود، ولكن من وجهة نظر كونية، مما أوصلنا إلى مبرهنة هوكينغ-بنروز (Penrose-Hawking theorem). لا شك أن السوفياتيين ساهموا بشكل كبير في هذا المجال.

صحيح، هناك شيء أود قوله عن التفرد. غالبًا ما نربط الثقب الأسود بالتفرد، الذي هو ليس تفردًا حقيقيا إذ يزول في نظام الإحداثيات المناسب، بينما يجب ربط الثقب الأسود بأفق الحدث. بمجرد تكوُّن أفق الحدث بشكل فعلي، ينتج لدينا جسم يتمتع بجميع خصائص الثقب الأسود. بغض النظر عن استقراء المسارات الجيوديسية، سواء كانت تتقارب لتصبح تفردا مركزيا أو لا، لا يبطل ذلك وجود منطقة اللا عودة محددة بأفق الحدث من منظور خارجي. وبالتالي، لدينا شيء يشبه الثقب الأسود، بغض النظر عن إمكانية وجود إشعاع أو تأثيرات كمية في حالة الثقوب السوداء الصغيرة (micro-black holes)، لذلك، فإن التعريف الحقيقي للثقب الأسود هو أفق الحدث.

أما بالنسبة للتفرد، فكما تعلم، في الوقت الحالي، هناك جدل حول نظرية بنروز. فقد نشر روي كير (Roy Kerr)، الذي يبلغ من العمر اليوم أكثر من 85 سنة، والذي اكتشف حل Kerr، ورقة بحثية مثيرة للاهتمام مؤخرًا، حيث أظهر أن تفكير بنروز غير مكتمل وقد أظهر أن هناك جيوديسية داخل الثقب الأسود لا تؤدي إلى التفرد.

على الرغم من ذلك، نال بنروز جائزة نوبل عن استحقاق، فهو في رأيي شخصية عظيمة في مجال الفيزياء. ولكن لم تكن أهم مساهماته هي التفرد، بل إثبات وجود «سطح فخ» (Trapped-Surface)، أو ما يسمى بسطح اللاعودة، والذي أدى إلى اكتشاف أفق الحدث. بمجرد عبور هذا السطح، يصبح الانهيار لا رجعة فيه.

بغض النظر عن وجود التفرد من عدمه، تلعب تأثيرات الكم دورًا هامًا هنا، فمع إدخال ظواهر الفيزياء الكمومية، يمكن القضاء على التفرد في المركز. لا تُلغي ميكانيكا الكم حقيقة تكوين ثقب أسود، ذلك لأن ميكانيكا الكم لا تُغيّر خصائص أفق الحدث، الذي يبقى كلاسيكيًا، على الأقل بالنسبة للثقب الأسود العادي. هذا موضوع مهم بالنسبة لي، لأنه غالبًا ما يتم الاعتراض على وجود الثقوب السوداء بسبب التفرد وهو سبب خاطئ، حيث تم ربط التفرد بشكل غير دقيق بسطح الثقب الأسود.

بعد إيجاد نظام الإحداثيات المناسب، تبقى هناك إمكانية وجود تفرد مركزي يمكن استقراؤه دون الأخذ بعين الاعتبار الظواهر الكمية. بالنسبة للفيزيائيين، لا يزال التفرد مفهومًا غريبًا، مما يشكل عقبة أمام تصديق وجود الثقوب السوداء. بينما يرى الفيزيائيون الفلكيون أن الثقب الأسود هو أفق الحدث.

في حالة التفرد المركزي للثقوب السوداء، هناك انعكاس للأبعاد، حيث يصبح الزمن مكانًا والمكان يصبح زمنًا. يشبه هذا إلى حد ما، ما حدث في بداية الكون، حيث نتحدث عن الرغوة الكمية (Quantum foam)، إذ لا نعرف بالضبط كيف نصل إلى اللحظة صفر، لأن الزمن والمكان ينعكسان في النهاية. هل هي نفس الظاهرة؟

لا، لأن انعكاس الأبعاد في الثقوب السوداء يوصف بالطريقة الكلاسيكية، دون الأخذبعين الاعتبار أي ظواهر كمية. لذلك، تختلف هذه الفكرة تمامًا عن الرغوة الكمية. إذن، ما هو المقصود بانعكاس الزمن والمكان؟ في الفضاء العادي، هناك متغير زمني هو المتغير الرئيسي، يتحرك دائمًا من الماضي إلى المستقبل ولا يمكنه الرجوع إلى الوراء. أما المتغيرات الثلاثة للمكان، فيمكنها التحرك في أي اتجاه، إلى الأمام أو الخلف، وغير ذلك. في حالة الانهيار الجاذبي، بعد عبور أفق الحدث، تتغير أدوار الأبعاد فصبح إحداثيات المكان، وهي الإحداثيات الشعاعية، بمثابة المتغير الرئيسي، تمامًا كما كان دور الزمن خارج الثقب الأسود. ويصبح المتغير الذي كان زمنيا في الخارج متغيراً فضائياً من النوع الفضائي العادي. إذن، ما الذي يحدث بعدها؟ يستمر الزمن في الوجود داخل الثقب الأسود، ولكن ببساطة يتم وصفه بإحداثيات كانت في الخارج إحداثيات مكانية. إنه مجرد تغيير في الإشارة في المعادلات الرياضية.

ليس من السهل شرح هذا الانعكاس للأبعاد لعامة الناس. هل هناك طريقة لتبسيط الأمر؟

نعم، بدون معادلات، الأمر ليس بسيطًا، لكنني أعتقد أن فكرة المتغير الرئيسي ليست معقدة للغاية، فبمجرد عبور الثقب الأسود، لا يمكن للمتغير الذي يُفترض أنه يمثل المكان، أي المتغير الشعاعي-وبالتالي المسافة التي تفصلنا عن المركز- أن يسير في الاتجاه المعاكس. يصبح المتغير رئيسيًا، أي أنه يؤدي بشكل لا مفر منه إلى النقطة المركزية (التفرد)، بحيث أنه يشبه الوقت، أين تمثل نقطة التفرد نهاية للزمن.

حسنًا، لنتحدث الآن عن الثقوب البيضاء (White holes). لفترة طويلة، لم تحظ الثقوب البيضاء بنفس المكانة التي حظيت بها الثقوب السوداء التي تم قبولها بسرعة نسبيًا، ثم تمت دراستها ورصدها، على عكس ما هو الحال بالنسبة للثقوب البيضاء على الرغم من أنها مثل الثقوب السوداء هي حلول لمعادلات النسبية العامة. لماذا؟ وكيف يمكن فهم الإنتقال من مكان إلى آخر بعيد للغاية عبر ثقب دودي؟

لنوضح أولا أن الثقب الأبيض والثقب الدودي ليسا تماما نفس الشيء، فالثقب الأبيض هو العكس الزمني للثقب الأسود. لذلك، سيكون منطقة في الزمكان تنبعث منها الطاقة والمادة والضوء. بينما الثقب الدودي هو الرابط بين الاثنين. من المؤكد أنك قد شاهدت المخططات المعتادة التي تُستخدم غالبًا، حيث يوجد جزء من الزمكان يمثل الثقب الأسود، وهناك جزء آخر على شكل ثقب أسود يمثل المخرج، والثقب الدودي هو الرابط بين الاثنين. وفعلا، على المستوى النظري، ينتج ذلك ببساطة جرّاء تناظر معادلات النسبية العامة. لذلك، من المدهش التفكير في إمكانية تجسيد ذلك في الطبيعة، لأنه، كما تم شرحه مرارًا وتكرارًا، إذا تمكنا من استخدام ثقب دودي والخروج من ثقب أبيض، فسيكون لدينا اختصار للمسافات للسفر عبر الفضاء والزمان. لذلك، هذا هو السبب الذي جعل هذا المفهوم رائعًا في البداية بالنسبة للفيزيائيين، ثم للخيال العلمي، للسفر في الفضاء بين النجوم.

لكن كما تعلم، للأسف، أقول للأسف، لأنني أود أن تكون هناك ثقوب دودية قابلة للاستخدام للسفر عبر الزمكان، لكن هذه الفرضية تواجه العديد من العقبات، بما في ذلك الثقب الدودي، حتى لو افترضنا أنه يتشكل .

أولاً، يجب أن نقول أنه لكي يكون هناك ثقب دودي وثقب أبيض، فهذا يعني أنه يجب أن يكون هناك ثقب أسود بدون تفرد مركزي نقطي، وهو ليس الحال مع الثقب الأسود العادي، الذي يُسمى ثقب شوارزشيلد، حيث يوجد، لأسباب التناظر، تفرد مركزي حقيقي ولا يوجد ثقب دودي. إنه مسدود تمامًا.

أما بالنسبة لثقب كير (Kerr)، والذي هو في حالة دوران، فهناك مسارات للزمكان يمكنها تجنب التفرد. هناك تفرد على شكل حلقة، وليس نقطة، وبالتالي، لم يعد هذا التفرد حتميًا. هناك مسارات سقوط حر، يمكن أن تتجنب الحلقة، إما بالمرور عبرها أو بالمرور فوقها ثم الخروج. وبالتالي، إذا خرجت، يكون لدينا ثقب أبيض، والاتصال والمرور هو ما يشكل الثقب الدودي. كل هذا هو مجرد مثالية رياضية (Speculations). بعد ذلك، بمجرد أن

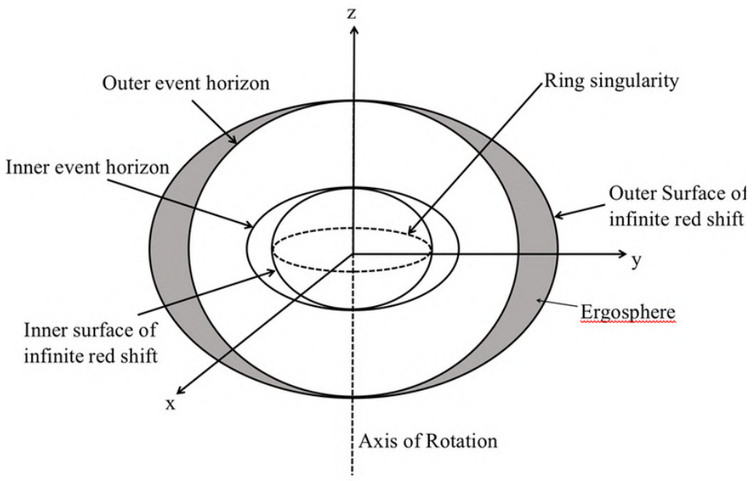
تضيف القليل من الفيزياء، ستدرك أن أدنى اضطراب، حتى لو كان مجرد جسيم يتدفق في الثقب الدودي، سيزعزعه. لأن الجسيم سيقترب من سرعة الضوء ويأخذ الطاقة والكتلة، وهذا سيجعل جاذبية النظام تضطرب ويتزعزع استقراره، مما يؤدي إلى سد الثقب الدودي.

حسنًا، إذا لم يكن هناك ثقب دودي، فلا يمكن أن يكون ثقب أبيض. ما هي إمكانية اكتشافه رصديا؟

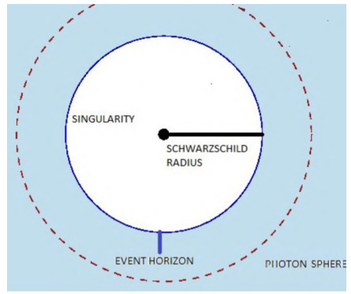
حالة رصد الثقوب البيضاء حاليا هي صفر.

نعم، ولكن منذ فترة طويلة، حتى الناس لا يؤمنون بها كثيرًا، ويعتبرونها تكهنية للغاية.

في الواقع، عندما تم طرح النظرية في الستينيات، بحثنا عن أشياء قد تشبه الثقوب البيضاء. وفي فترة ما، اقترح البعض أن الكوازارات، حيث تحدث ظواهر استثنائية، قد تكون ثقوبًا بيضاء وهو أمر مضحك، لأنه اليوم، نفسر الكوازارات، عكس ذلك تماما، على أنها ثقب أسود ضخم يجعل المادة التي تسقط فيه تُصدِر طاقة هائلة.



الثقب الأسود لKerr الثقب الأسود في حالة دوران



$$R_{Sch} = \frac{2GM}{c^2}$$

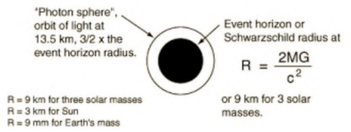
$R_{Sch} = Schwarzchild\ radius$

$G = Gravity\ Constant$

$M = mass\ of\ black\ hole$

$c = speed\ of\ light$

For 3 solar mass black hole



نصف قطر أفق ثقب شوارزشيلد الأسود، وهو ثقب أسود تكون شحنته الكهربائية وزخمه الزاوي صفرًا

ولهذا، لا يوجد شيء على الإطلاق في الكون يشبه الثقوب البيضاء.

لكن كان هناك أشخاص اعتقدوا في ذلك الوقت، في زمن نظرية الكون المستقر، أنه يمكن أن تكون هناك كثافة، حيث تنبثق المادة، خاصة في المدرسة السوفيتية، مع أمبارتسوميان (Ambartsumian). يمكن أن تكون المادة جيدة.

نعم، تمامًا. كانت هناك عقلية تسمح بوجود هذه الثقوب البيضاء، في هذه النوافير في وسط المجرات. فعلاً، كان كل شيء ممكنًا من الناحية الرصدية. بعد ذلك، علمنا، بالطبع، أنها كانت كوازارات نشأت من أقراص التراكم، وكل شيء.

هناك شيء مزعج أيضًا، بالنسبة لنا كمبسطي العلوم، هو أن هذه الأشياء التي تنبثق في وسط بيئة ما، تشبه إلى حد ما ما ننتقده في السحرة من خلق شيء من العدم. إذا كانت الثقوب البيضاء موجودة، ويمكننا فجأة أن نرى ظهور مادة، هكذا من لا شيء، ونحن الذين نحاول أن نكون عقلانيين

لا يعني ذلك بالضرورة أن الثقوب البيضاء

ظهرت من لا شيء، لأنه عادةً ما يكون الثقب الأبيض، والطاقة التي تخرج منه، هي الطاقة التي نجحت في عبور جزء من الطاقة التي ساعدت في تكوين الثقب الأسود في البداية والتي تمكنت من المرور عبر الثقب الدودي، لذلك لم تأت من لا شيء. حسنًا، لكنني أتفق معك على أن الفكرة تستحق دائمًا الاستكشاف، مثل أي فكرة. لكن حسنًا، هل سمعت عن نجوم بلانك؟

انتظر، هذا يذكرني بشيء، هل يمكنك تذكيري ؟

نعم، هذه ظاهرة مثيرة للاهتمام للغاية حول فكرة الثقب الأبيض، ولكن في سياق مختلف، سياق الجاذبية الكمية الحلقية، وهي إحدى نظريات كمّية الجاذبية، التي يدعمها كارلو روفيلي وسمولين، وغيرهم. كارلو روفيلي وطلابه وموظفوه طوروا مفهوم نجم بلانك في إطار الجاذبية الكمية الحلقية. ما هو نجم بلانك؟ في الواقع، في الجاذبية الكمية الحلقية، يوجد طول أدنى، نوع من ذرة الفضاء غير القابلة للاختزال، وهو من رتبة طول بلانك، كما يمكننا توقعه فعليًا، لكنه شيء غير قابل للاختزال. لذلك، لا يمكن أن يكون هناك تفرد.
بعبارة أخرى، في الأساسيات الجاذبية، سترتد المادة بطريقة ما على هذا الذرة لانهائية الصغر. لذلك، هناك ما يسمى بالارتداد، أو «bounce» باللغة الإنجليزية. الفكرة هي أنه، على أية حال، تم إجراء الحسابات فقط لثقب شوارزشيلد الأسود، وهو أبسط ثقب أسود، وفي انهيار المادة ذات التناظر الكروي، يتم عبور أفق الحدث، لذلك يتقارب كل شيء نحو المركز، ولكن بالضبط، لا يمكن أن يكون هناك تفرد. بالتالي، هناك ارتداد على مقياس طول بلانك.

إذن، لماذا لا يمكن أن يوجد هذا التفرد؟

لأن الزمكان مُكمّم في نظرية الجاذبية الكمية الحلقية. إذا أردنا كمّ الجاذبية، في نظرية الجاذبية، فهي المكان والزمان. لذلك، سنقوم بكمّ المكان والزمان. لذلك، هناك ذرات غير قابلة للاختزال من الفضاء، والكوانتا، وكوانتا الفضاء وكوانتا الزمن. لذلك، في الانهيار، سيكون هناك ارتداد على مستوى كوانتا الفضاء، من رتبة طول بلانك. سنسمي هذا نجم بلانك لأن الارتداد يحدث. سترتد المادة وتخرج من أفق الحدث دون انتهاك القوانين المعتادة.
كل هذا، ونحن في نظرية كمّ الجاذبية. لذلك ستكون هناك بالضرورة تنبؤات مختلفة عن النسبية العامة والجاذبية الكلاسيكية. يخرج هذا من ثقب أبيض، بالتحديد، باستثناء أن الثقب الأبيض موجود في نفس المكان. إنها ليست منطقة أخرى من الفضاء.
لا يوجد ثقب دودي قام باختصار لجعل المادة تخرج في أي مكان آخر في الكون. إنه في نفس المكان الذي نشأ فيه الثقب الأسود. لم يعد هناك هذا المفهوم عن عدم رجعة الانهيار الجاذبي وسيحدث ذلك في نفس المكان. ببساطة، التنبؤ هو أنه بسبب التحولات الزمنية الهائلة ومرونة الوقت القصوى، ونحو ذلك، فإن النافورة البيضاء والثقب الأبيض الناتج عن نجم بلانك، لهما مثل هذا التحول الزمني لدرجة أننا لا ندركه على نطاقنا. إنه عودة لفكرة الثقب الأبيض.

هذا مثير للاهتمام وأجد أنّه تأمليّ للغاية!

هنا، نحن حقًا في مجال النظرية، لذلك فهو تأملي للغاية. ستتحدث لاحقًا عن الفيزياء الفلكية، ولكن إذا سمحت لي بذكر جميع التطورات النظرية الحديثة خلال العشر سنوات الماضية، حول الثقوب السوداء، بما في ذلك الثقوب السوداء في نظرية الجاذبية الكمية. هل لا تزال الثقوب السوداء موجودة في نظرية الأوتار؟ إذا كانت موجودة في نظرية الجاذبية الكمية الحلقية، فإننا نستبدلها بنجوم بلانك. ثم كل الأسئلة حول الهولوغرامات (Hologram principle)، وتخمينات الكون الهولوغرافي الذي بدأ بثقوب سوداء في أبعاد إضافية وغير ذلك. كل هذا أشرحه بالتفصيل في كتابي رغوة الزمكان L›écume dē l›espace-temps الذي تم نشره عام 2020 وأقوم فيه بجولة في النموذجين القياسيين، نموذج فيزياء الجسيمات ونموذج علم الكونيات، عن ماذا يعمل وماذا لا يعمل.

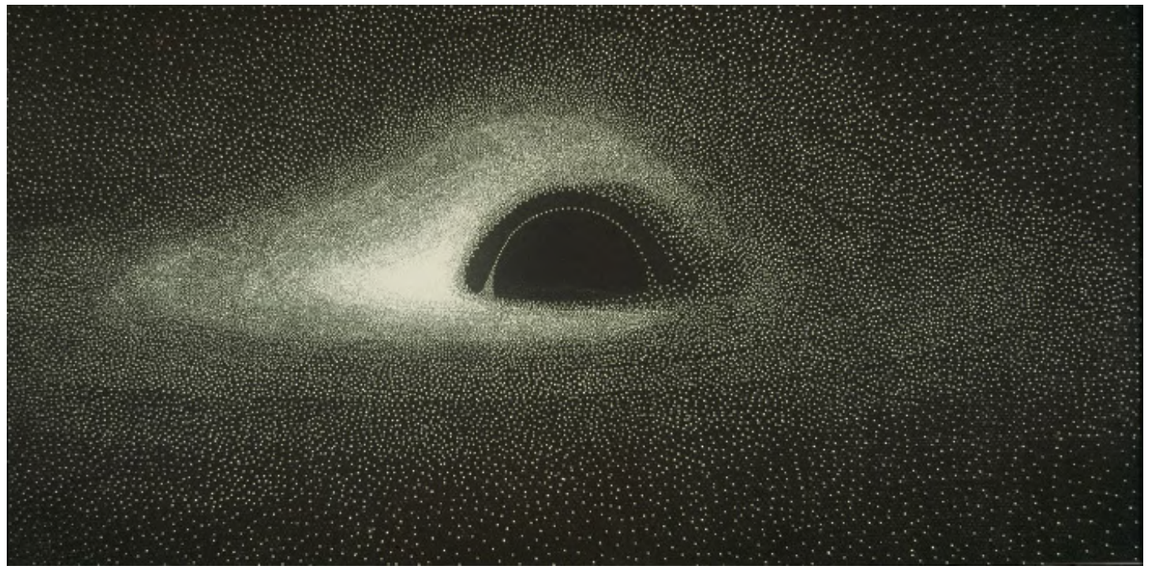
نبقى في الجانب النظري. هناك هذه الفكرة التي تقول إنه ربما عندما ندخل في الثقب الأسود، سيكون هناك جدار ناري (Firewall). كنا نعتقد أنه بمجرد دخولنا إلى الثقب الأسود، سنذهب مباشرة إلى الموت على التفرد المركزي. ما قصة هذا الجدار من البلازما فور عبور أفق الحدث حيث ستحترق أولاً، حيًا، قبل أن يتم سحقك وتحويلك إلى سباغيتي، مع كل ما يحمله هذا من خلافات؟

هناك الكثير من الجدل فعلا. شخصيًا، لا أؤمن على الإطلاق بجدار النار. طالما أننا لا نملك نظريات واقعية ومقنعة للجاذبية الكمية فهل نعتمد على نظرية الأوتار (String theory)، أو نظرية الجاذبية الكمية الحلقية (Loop quantum gravity)، أو غيرها من الإصدارات؟ في الواقع، هناك ما لا يقل عن سبعة إصدارات مثيرة للاهتمام في نظرية الجاذبية الكمية الحلقية. بشكل عام، نتحدث فقط عن نظرية الأوتار وقليلاً عن نظرية الجاذبية الكمية الحلقية ولا نتحدث عن الخمس الأخرى التي لا تقل أهمية، وربما يكون بعضها واعدًا أكثر. أتحدث عن هذا في كتابي «رغوة الزمكان»، إذ لا يظهر جدار النار إلاّ في نسخة مبسط للغاية من نظرية الأوتار. في اعتقادي، نظرية الأوتار باطلة منذ فترة طويلة، حتى لو رفض أتباعها الاعتراف بذلك لأنهم عملوا عليها طوال حياتهم وأدت إلى مئات بل آلاف المقالات وما إلى ذلك. النظرية أدت إلى تقدم في الرياضيات، وجعلت الناس يشتغلون، لكنها لم تنجح. لذلك، بالنسبة لي، جدار النار مرتبط بنظرية الأوتار التي لا تعمل. ما هو أكثر جدارة هو الاهتمام بمسألة «مفارقة المعلومات» (Information paradox).

نعم، ولقد تخلى هوكينج عن رهانه مع ثورن وخسر رهانه. هل تذكر لنا القصة؟

نعم، وقد ادعى هوكينغ بفترة وجيزة قبل وفاته أنه وجد حلاً للمعضلة لكنه في الحقيقة لم يجد الحل. أحد الأشياء المثيرة للاهتمام هو التشابك الكمي الذي أتطرق عنه في فصل صغير من كتابي، بالتحديد أين أتحدث عن مصيرٍ الكون. الفكرة ببساطة أن يكون لدينا زوج من الجسيمات المتشابكة، واحدة داخل الأفق والأخرى خارجه. وإذا حافظت الجسيمات على تشابكها، فنحن نملك المعلومة.
من خلال إجراء قياس على أحد الجسيمات، نحصل على معلومات عن الجسيم الموجود داخل الثقب الأسود. وهكذا نوعاً ما نتمكن من حلّ «مفارقة المعلومات». ما يفسر حفاظنا على كل المعلومات، لأنه من خلال نظام كمي حقيقي، وبسبب خاصية الواحدية Unitarity، لا يمكننا فقدان المعلومات.
كان هذا هو النزاع القائم بين النسبية العامة الكلاسيكية ونظرية المجالات الكوانتية. التصور الكلاسيكي، الذي دافع عنه هوكينج في البداية يقول بأنّه يوجد بالضرورة

كتاب « رغوة الزمكان» أصدر سنة 2020


أول محاكاة لثقب أسود كروي محاط بقرصه التراكمي الرفيع نشرت سنة 1979 من طرف ضيفنا لومينيه

فقدان للمعلومات. أما النظرية الكمية تقول عكس ذلك. لكن النظرية الكمية هي الأصحّ، فعلا لا يوجد فقدان للمعلومات.

هل ينطبق هذا التفسير الكمي حتى للحظة التي يتبخر فيها الثقب الأسود في نهاية حياته ؟

لا يعتبر التشابك الكمومي الحل الوحيد ولا الجواب الوحيد على مفارقة المعلومات، فهناك مقاربات أخرى للجاذبية الكمية أين تنعدم مفارقة معلوماتية. على سبيل المثال، في الجاذبية الكمية الحلقية، إذا تحوّل الثقب الأسود إلى نجم بلانك (Planck star)، فسيكون هناك ارتداد للمادة متساقطة على التفرد وسنستعيد جميع المعلومات دون اللجوء إلى التشابك. في الحقيقة هذه مواضيع معقدة للغاية ولم يتم حل أي منها بطريقة مقنعة تماماً لأنه كما ذكرنا سالفا، لا نملك بعد نظرية كاملة للجاذبية الكمية. لدينا طرق أخرى، بعضها أكثر إثارة للاهتمام.
أعتقد أن نظرية الأوتار قد تم استبعادها. شخصيات مثل ويتن أو ديفيد غروس الحائز على جائزة نوبل، وغيرهم من مؤسسي هذه النظرية، كانوا متميزين للغاية، ودرّبوا مئات الباحثين الذين أكملوا أطروحات رائعة، لكن فمن الصعب في نهاية حياتهم أن يقولوا إن النظرية لم تكن صائبة. في الحقيقة هذا هو مصير البحث عندما نلتزم بمسار ما، إذ علينا أن نطور الأدوات، وإذا تبيّن لنا في النهاية أننا سلكنا المسار الخاطئ، فعلى الأقل تم تطوير الأدوات ويمكن استخدامها في مسارات أخرى. ينبغي أن لم ننتقد نظرية الأوتار كثيراً لأنها تسمح لنا بتطوير أدوات رياضية بشكل كبير، مثل فكرة البعد الإضافي وغيرها من الأفكار الأصيلة الأخرى.
هناك الكثير من الطرق الأخرى للتعامل مع الجاذبية الكمومية، فنحن بالتأكيد لا نحتاج إلى إضافة بُعد آخر للفضاء. في نهاية المطاف هي مواضيع مثيرة ولكن لم تتم دراستها في الوقت الحالي بشكل كبير مقارنة بنظرية الأوتار. فهناك عدد قليل من الباحثين الذين يعملون عليها ولكنها في مرحلة التطوير الكامل. بالنسبة لي، مستقبل الجاذبية الكمومية يكمن في مقاربات أخرى بديلة ستجدها في كتابي، «رغوة الزمكان».

يبدو أن كتابك فيه مفتاح لأشياء كثيرة و وجب على كل واحد اقتناؤه! نمر الآن إلى موضوع آخر. اعتقدنا لفترة طويلة أن الثقوب السوداء غير موجودة ثم قبلنا تدريجيا فكرة حقيقتها. ولكن حتى لو كانت موجودة بالفعل، فمن الصعب جداً رصدها. فكيف تم اكتشافها لأول مرة؟ وهل كان ذلك بواسطة تلسكوب هابل كما يزعم البعض؟

أنا لا أتفق على الإطلاق مع فكرة أنه تم اكتشاف الثقوب السوداء بتلسكوب هابل! أعلم أن هذا يُقال دائماً في مواقع تبسيط العلوم الأمريكية، والتي دائماً ما تضع النتائج المذهلة في القمة. أكيد،كانت أولى النتائج بواسطة هابل حيث التقط عدة صور لمجرة، لا أتذكر رقمها بالضبط، أين نرى قرصاً متنامياً (accretion disk)، ليس بالمعنى الكامل للقرص، في الواقع هو نوع من الالتواء، وهو هيكل تراكمي، وكان هذا هو أول ثقب أسود تم اكتشافه، لكن كل هذه مجرد حجج تتعلق بالطاقة فقط، لأنه في القرص لابد من تواجد جسم مركزي ضخم يفترض أنه ثقب أسود، غير أن هذا لا يعتبر اكتشافاً إطلاقاً. كان يمكن القول من الطاقة المحررة من القرص أن الجسم المركزي مضغوط للغاية.
دقة تصوير كل من تلسكوب هابل الفضائي و تلسكوب ويب Webb، هي أقل بألفي مرة من قدرة تحليل «تلسكوب أفق الحدث» (EHT : Event Horizon Telescope) الوحيد القادر على التحليل وبالتالي تصوير ثقب أسود مجري. وبالتالي فإن الاكتشاف الفعلي للثقب الأسود لم يكن من خلال تلسكوب هابل، لقد كان في عام 2019 بواسطة EHT حيث تم تصوير الثقب الأسود المركزي لمجرة M87، والذي نرى حوله حلقة ضوء بالمقاس المتوافق تماماً مع الحسابات.
لدينا ثقب أسود معين ذو كتلة معينة معروفة، فنحسب نصف قطره الذي نسميه حلقة الفوتون أو حلقة الضوء، ونجد أنه متوافق تماماً مع تاج الضوء الذي نراه حول M87. ثم بعد عامين، تتكرر القصة مع الثقب الأسود لمجرتنا.
تزعجني قصة هابل قليلا، لأنها لا تزال رأس الحربة في صناعة تبسيط العلوم الأمريكية أين تقوم وكالة ناسا بتضخيم كل شيء. لا يمكننا نكران أن تلسكوب هابل الفضائي له إنجازات رصدية مدهشة، ولكن قبل ذلك بوقت طويل، كان هناك العديد من التلسكوبات الأخرى التي أظهرت تلك الهياكل.
هل يمكننا في يوم من الأيام تطبيق هذه الصورة على الثقب الأسود الذي كان يشتبه وجوده في مركز المجرة M87؟ نعم، لقد كنت أعلنت بالفعل عنه قبل 40 عاماً، لأنه في عام 1975، أي قبل 23 سنة من إجراء

هذه الحسابات، كنا قد قمنا بالفعل بعمليات رصدية، ولم يكن حينها تلسكوب هابل الفضائي موجودا، فقد لوحظ من خلال تلسكوبات أخرى تحركات النجوم القريبة جداً من مركز المجرة M87، وبعد تحليلها، تم الاستنتاج أن الطريقة الوحيدة لشرح ديناميك هذه العناقيد النجمية هي أنه يجب أن يكون هناك جسم ضخم جدا تبلغ كتلته 5 مليارات مرة كتلة الشمس. كان هذا قبل إطلاق تلسكوب هابل. ومرة أخرى وفي التسعينيات تم استخدام نفس التقنية بالنسبة لمركز مجرتنا. حينها بدأت العمليات الرصدية مع فريق جينتزل (Genzel) في تشيلي. لاحقاً انضمّ الأمريكيون من خلال فريق غيز (Andrea Ghez) لمراقبة مركز المجرة فاستنتج أيضاً بنفس الحجج أن هناك ثقباً أسوَدا تبلغ كتلته 4 ملايين مرة كتلة الشمس، لذا فكل العمليات الرصدية كانت على مستوى التلسكوب VLT بالنسبة للفريق الأوروبي وعلى مستوى التلسكوب Keck بالنسبة للفريق الأمريكي ولا علاقة لتلسكوب هابل الفضائي بالأمر. بالإضافة إلى ذلك، كانت جائزة نوبل في الفيزياء مشتركة بين بنروز (R.Penrose) من جهة، ومن جهة أخرى فريق جينزل وفريق غيز. تمت إضافة الفريق الثاني لتحقيق التوازن بين أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية لأسباب سياسية.

إذن بالنسبة لك، لا تكفي الآثار المترتبة عن ملاحظة الحركة الكيبلرية على مناطق خالية من مادة، للاعتقاد بأنها اكتشاف للثقوب السوداء، بالصورة التي تحصلنا عليها عام 2019 بفضل تلسكوب EHT وهي الدليل الرصدي الحقيقي للثقب الأسود؟

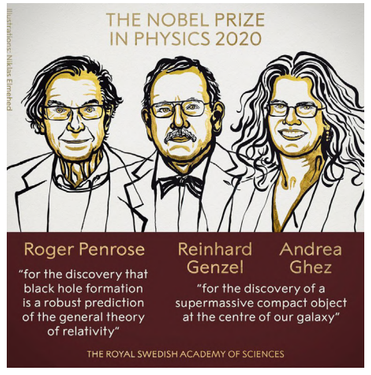
لا، بل هي حجج قوية جداً، لكنها ليست اكتشافات للثقوب السوداء بعد. علاوة على ذلك، عندما نقرأ البيان الصحفي لجائزة نوبل في الفيزياء، من جانب جينسل وجيز (المرأة التي تقاسمت مع الفائزين جائزة نوبل)، لم يتم ذكر مصطلح الثقوب السوداء، إلّا في جزء بنروز. إنها تنص ببساطة على وجود جسم متراص في مركز المجرة والمسؤول عن تحركات النجوم.
لقد كان هذا مستوحى إلى حد كبير من مقالتي الأولية، لأنني، في هذه الأثناء،كنت أعمل في موضوع الأكوان المكرمشة (Crumbled Universes) والكونيات. قبل ذلك، كان هناك عدد من الأجسام البديلة للثقب الأسود التي يمكن أن تفسر نفس الأشياء التي لوحظت بدقة محدودة.
لهذا أقول أن الصور التي التقطها تلسكوب هابل وغيره لم يتم إثباتها على الإطلاق. وإذا رصدنا حركة الدوران الكيبلري لقرص تراكمي، فقد كانت هناك أقراص تراكمية حول الكثير من مراكز المجرات والنوى المجرية النشطة وغيرها. فبواسطة التحليل

مرصد VLT الأوروبي المتكون من 4 تلسكوبات عملاقة.

الطيفي، استنتجنا سرعة الدوران الكيبلرية، باستخدام قوانين كبلر، وأن هناك جسماً مركزياً وقدرّنا كتلته.
لكن مرة أخرى، لم يكن هناك ما يضمن أنه كان بالفعل الثقب الأسود النسبوي الذي تنبأ به تلسكوب EHT. فكان من الممكن أن تكون أجسام أخرى. ومع ذلك، فإن بيانات تلسكوب EHT جيدة جداً وذات دقة عالية لدرجة أنه تم استبعاد ومحو كل الأجسام التي فرضتها الحسابات النظرية.
لا يوجد جسم آخر غير الثقب الأسود النسبوي الذي ينتج الحلقة الضوئية بنفس قياس نصف القطر الصحيح الذي يتطابق تماماً مع الجزء النظري. لذا من الواضح أن الدقة كانت عالية جداً ولكن ليست مثالية بعد. لهذا يمكننا ملاحظة أن التاج الذي نراه حول صور Messier 87 أو Sagittarius A سميك جداً، وهذا راجع كذلك لمعالجة الصور.
إذا كانت تلك الحلقة الفوتونية حقاً، فيجب أن تكون رفيعة جداً. لكن بالنظر إلى القطر المتوسط، فإنك تأخذ منتصف التاج، وهو يتوافق بدقة غير عادية مع الحساب النسبوي لحلقة الفوتونات المرتبطة بثقب أسود بهذه الكتلة. إذن، بالنسبة لميسييه 87، حلقة الفوتون تبلغ كتلتها 6 ملايير كتلة شمسية، وهذا هو بالضبط في المكان الذي رصدنا فيه. بالنسبة لثقب Sagittarius A حلقة الفوتون التي تبلغ كتلتها 4 ملايين كتلة شمسية، أيضا في المكان الذي يتم رصده بالضبط. فحاليا لا يوجد شيء آخر معقول ومقنع مثل الثقب الأسود، لكن من الجيد دوماً أن يحاول الفيزيائيون الآخرون إيجاد المزيد من البدائل والاقتراحات الجديدة.

لنعُد لموضوع منح جائزة نوبل لعام 2020 المرتبط باكتشاف الثقب الأسود في مركز مجرتنا والجدل المرتبط به. لا نتكلّم عن النصف الأول الذي منح لبنروز فهو يستحقه بالفعل نظرا لمساهمته النظرية المتميزة، بل نتكلم عن الجزء الثاني. لفترة طويلة، كان الاكتشاف منسوبا إلى أعمال العالم الألماني جينسيل وفريقه، فجاء إعلان لجنة نوبل للفائزين ونكتشف أندريا غيز من فريق ثان «شبحي» إلى حد ما، ثم الجدل الذي تبع لاحقا..

لم أتابع الجدل الذي قد يكون حدث بعد جائزة نوبل، لكن لا يفاجئني هذا الأمر لأن الفريق الأمريكي، بقيادة أندريا جيز الطموحة للغاية والتي قامت بتشكيل فريق للمنافسة مع الفريق الأوروبي الذي يستعمل المقراب الكبير جدا VLT، وهو أمر طبيعي تماما. لقد قاموا بعد فترة من الزمن بإجراء قياسات باستخدام تلسكوبات جزيرة هاواي، تلسكوب Keck والتلسكوب الفائق جيميني، وهكذا أصبحوا فريقين منافسين. كان من الأفضل لهم أن يتعاونوا بدلا من أن يكونوا متنافسين.
كانت قوة الولايات المتحدة موجودة دائما، ويجب أن تعلموا أنه في قرارات منح جوائز نوبل، هناك جماعات ضغط. حتى لو ادعت اللجنة السويدية أنها مستقلة، فإنها تأخذ الإيعاز من هذه المجموعة أو تلك. إذا أعطيَت الجائزة لجنتزل فقط، فكان



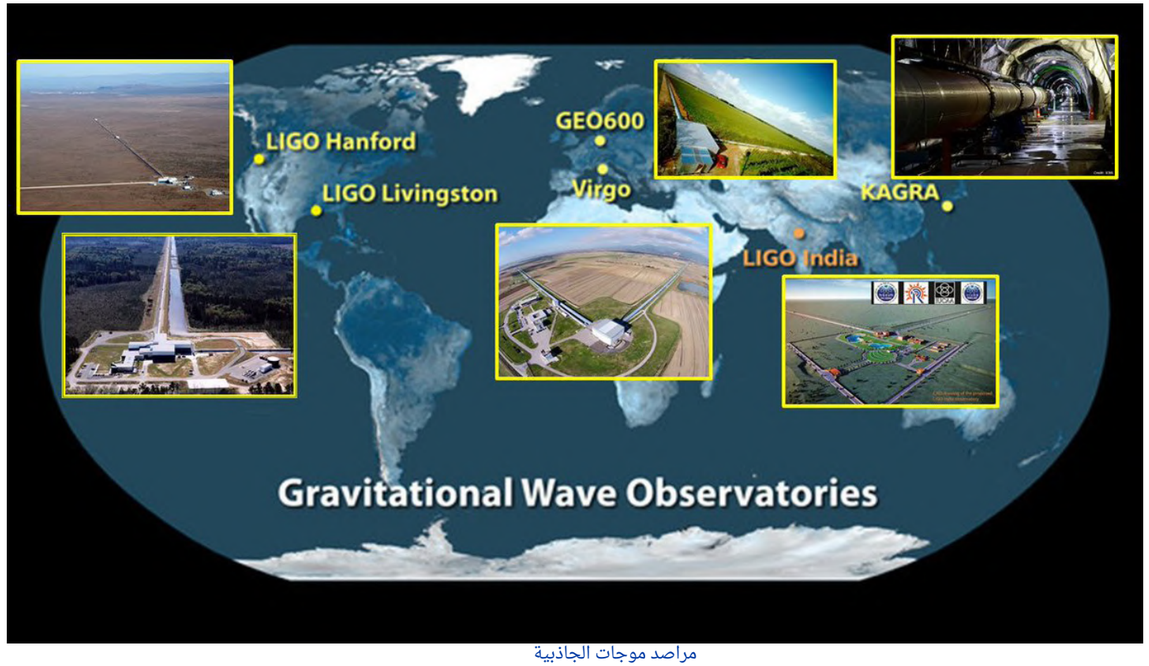
سيترتب عن ذلك الكثير من المتاعب من الجانب الأمريكي. كذلك ما ساعد كثيراً ، وأعتذر على قول ذلك، ولكن هذا هي الحقيقة، كون أندريا امرأة، وذلك بغية تحقيق التوازن في محاولة للتعويض عن بعض الظلم الذي تعرضت له النساء في الماضي وهذا ما ساعدها كثيراً في وضعها على نفس المستوى، لكن لا ريب في أن جينزل هو الذي بدأ كل هذا حقاً.

نعم، فلم ترغب لجنة نوبل تكرار القصة التي حدثت عند اكتشاف النجوم النابضة (Pulsars) حيث تم إقصاء جوسلين بيل (Jocelyn Bell) على الرغم من أنها هي التي قامت بالقياسات. طبعا لم يكن لديها فريق مثل الذي تملكه جيز، بالإفاضة إلى أن قبلت بالأمر قبل أن تغير موقفها لاحقا..

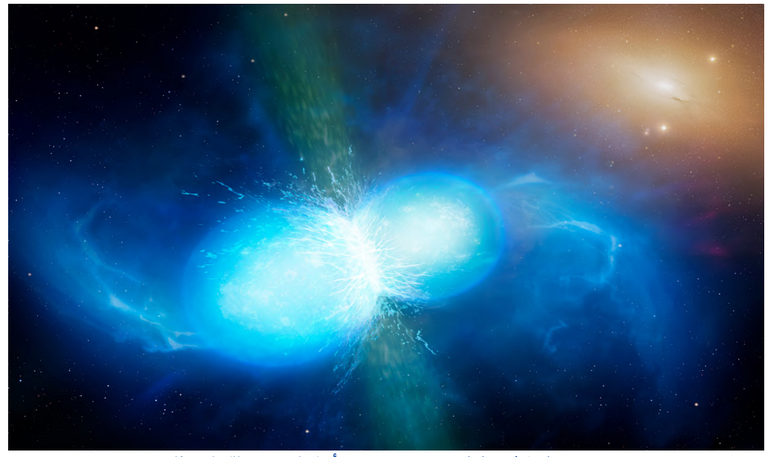
تماما. لأنه في الواقع، أخذت القياسات، لكن لم يكن لديها تفسير ولم يكن هناك نظرية وراء ذلك. ومع مرور السنين، ومع كثرة الأصوات التي تقول أنه كان ينبغي أن تفوز بجائزة نوبل، بدأت تقول إن هذا غير عادل. من الناحية أخرى كيف يشعر المجتمع العلمي عند منح طالبة جائزة نوبل في عمر 24 عاماً، لا أعلم.

حسنا، أخبرني قليلا عن التطورات الجديدة التي أحدثت ثورة في طرق مراقبة ودراسة الثقوب السوداء وعلى وجه الخصوص الأمواج التجاذبية GW؟

هي نافذة جديدة تفتح على الكون، أقصد علم فلك التجاذبي. فمن خلال موجات التجاذبية، سنكون قادرين أخيراً على دراسة الظواهر التي لا ينبعث منها ضوء، ولا نيوترينوات. في الوقت الحالي، أجهزة الكشف حساسة فقط للموجات التجاذبية المنبعثة من الاصطدامات بين الأجسام فائقة التراص أي أزواج من الثقوب السوداء النجمية والنجوم النيوترونية. هنا لا نتحدث بعد عن الثقوب السوداء فائقة الكتلة لأننا لسنا في مجالات الترددات الصحيحة.
عموما تنحصر الأتشات في الأجسام المضغوطة ذات الكتلة النجمية. لذلك، كان من المتوقع بجميع الحسابات، وبنفس الطريقة التي تنبأت بها قبل 40 عاما، كيف يجب أن يبدو الثقب الأسود المحاط بقرص التراكم، كان زملائي أيضاً يعملون جزئياً في المختبر الذي عملت فيه على موجات التجاذبية. لقد تنبأ أشخاص مثل تيبو دامور (Thibault Damour) وناتالي ديرويل (Nathalie Deruelle) وآخرين، بإشارة تجاذبية، وهو شكل إشارة التجاذبية التي تنبعث أثناء اندماج الثقوب السوداء، وبعد تحقيق الاستقرار.
هذا ما تمت ملاحظته عام 2015 عندما توصل الكاشف LIGO أخيراً إلى الدقة اللازمة لهذا الغرض. فهي بكل بساطة إشارة تجاذبية تشبه تماما تلك التي تم التنبؤ بها. ولهذا فسَّرته على أنه اندماج ثقبين أسودين. هذا الفرع الجديد يعتبر علم الفلك دقيقا جدا، على عكس علم الفلك الكهراطيسي. فنحن بإمكاننا تعيين كتل الأجسام المندمجة بدقة كبيرة للغاية، وقياس الخطأ فيها يقدر بجزء من المئة، حيث أن الفرق بين الكتلتين الأصليتين والكتلة النهائية هو بالضبط الطاقة التجاذبية الظاهرة في الرسم البياني التجاذبي. يمكن استنتاج المسافة، ولكن ليس الموقع حتى نقوم باستعمال تقنية التثليث الفضائي مما يتطلب عددا من كواشف في مواقع مختلفة على المعمورة. هذا ما حدث منذ أن أضفنا الكاشف الأوروبي Virgo بقرب من مدينة Pisa بإيطاليا، و بعدها KAGRA في اليابان وغيرها. لذلك أول عملية رصدية لـ GW كانت في عام 2000، وتم استخراج البيانات أخيرًا في عام 2015 فقد قدر مكان الحدث بـ 2.1 مليار سنة ضوئية. وكنا نظن أننا محظوظون جداً لكن في نهاية المطاف تأكدنا أن اندماجات الثقوب السوداء أكثر تكرارا مما كنا نتصوره. اليوم، بعد بضع سنوات، أصبح لدينا فهرس يضم أكثر من 100 حدث تجاذبي يضم إما تصادمات بين ثقبين أسودين، أو هجينة بين ثقب أسود ونجم نيوتروني، أو بين نجمين نيوترونيين ما يشكل ثقباً أسوداً. أحد الأحداث الأكثر إثارة للاهتمام في هذه القضية، كان عام 2017، حيث كان هناك اندماج النجمين النيوترونيين ولكنه أيضاً انبعاث إشارة كهراطيسية تمكّنا عبرها من التحقق من أنه في النموذج النظري بأكمله الذي نطلق عليه اسم انفجارات غاما القصيرة (Short GRB bursts)، كانت هناك نمذجة لانفجارات جاما القصيرة، أين يمكننا حساب الاضمحلال من المنحنى الضوئي وهذا بالضبط ما تم رصده لأنه بمجرد الإعلان عن إشارة تجاذبية، التقى القمر الصناعي فيرمي (Fermi) بانبعاث جاما قوي بعد ثوان قليلة من إشارة التجاذبية. تم بعدها نقل الأخبار



مراصد موجات الجاذبية



صورة فنية لاصطدام نجمين نترونيين أو كما يسمى بالكيلونوفا

إلى الشبكة العالمية للتلسكوبات في أطوال موجية مختلفة، فتم رصد الظاهرة وخاصة اضمحلال الضوء بالتفصيل شديد.

يمكن القول اليوم إن علم فلك الأمواج التجاذبية فرع دقيق للغاية لعلم الفلك. فقد تحصلنا على معلومات ذات دقة غير عادية حول الكتل والأجسام المتعلقة بالحدث، مما أدى الى إثارة أسئلة فيزيائية فلكية جديدة مثيرة جداً للاهتمام حول الثقوب السوداء. بشكل عام، العديد من الثقوب السوداء المشاركة في هذه الاصطدامات، أكبر كتلة من الثقوب السوداء الكهرومغناطيسية وهي تلك التي يتم اكتشافها بشكل غير مباشر في الأنظمة الثنائية. تحدثت عنها كثيراً في كتابي الأخير «الثقوب السوداء في 100 سؤال». عموماً نقدر الكتلة بما لا يزيد عن 15 مرة كتلة الشمس. إذن الثقوب السوداء النجمية المشاركة في الأنظمة الثنائية، لها كتل تتراوح بين خمس كتل شمسية وتصل إلى 20 كتلة شمسية كحد أقصى.

الأحداث التجاذبية حالياً، تخص أولا بعض الثقوب السوداء التي يصل بعضها إلى أكثر بكثير من 20 كتلة شمسية، إلى 60 كتلة شمسية. ثانياً، هناك الفجوة الغامضة حول كتلة الثقوب السوداء الصغيرة حيث لا يوجد شيء بين 2.5 مرة (من المفترض أن تمثل الحد الأدنى من كتلة الثقوب السوداء وأقل منها نجد النجم)، و5 مرات. مع ذلك، فقد سلطت أحداث التجاذبية الضوء على الثقوب السوداء التي تمتلك أيضاً كتلاً منخفضة جداً.

إذن، لدينا اليوم مجموعة كاملة من الثقوب السوداء النجمية بدءاً من 2.5 كتلة الشمس كحد أدنى، إلى حوالي 100 مرة كتلة الشمس. وهذا يثير أسئلة عن كيف يمكن أن يكون لدينا ثقوب سوداء تبلغ كتلتها 100 مرة كتلة الشمس في حين تقول نظريات تطور النجوم، أن أقصى كتلة لنجم هي 100 مرة كتلة الشمس فقط.

هناك العديد من الإجابات الواردة، وإحداها هي باندماج ثقوب سوداء نجمية ذات الكتلة المتواضعة.

لكن التفسير الأكثر إثارة للاهتمام بالنسبة لي، والأكثر منطقية، هو أن كل هذه الثقوب السوداء قديمة للغاية وتشكلت في وقت مبكر من تاريخ الكون. لذا فقد تشكلت من نجوم من الجمهرة الثالثة أو من الجمهرة الثانية بدون معادن. وكما نعلم، تكون هذه النجوم أكبر بكثير من النجوم اليوم.

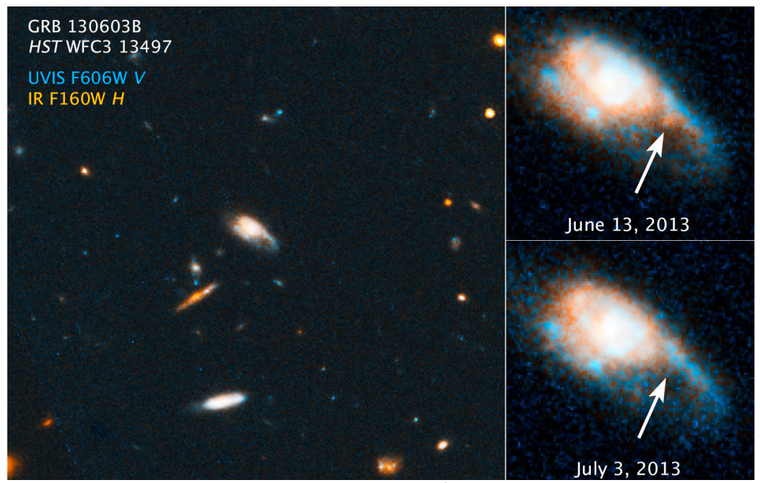
بالفعل، إن نماذج النجوم ذات المعادن المنخفضة جداً، في أسس الجاذبية، يمكن أن تنتج بقايا أكثر ضخامة بكثير من نجوم اليوم، من جمهرة النجوم الأولى. الثقوب السوداء التي نعتقد أننا نلاحظها بشكل غير مباشر في المصادر الثنائية تأتي من جمهرة النجوم الأولى. أما الثقوب السوداء التجاذبية المشاركة في هذه الأحداث، والتي لها كتل كبيرة، 60 من 70 مرة، ربما مصدرها جمهرة نجوم الثالثة. إنه أمر مثير للاهتمام حقا.

بالفعل، هناك أيضاً ما تم اكتشافه في نفس الوقت، فعند أخذ الأطياف من منطقة الاندماج (ظاهرة kilonova)، اكتشفنا عددا من العناصر الثقيلة التي تم إنتاجها.

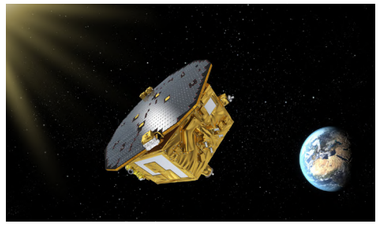
كنا نعلم أن هناك شذوذا في الوفرة التي تنبأت بها الانفجارات النجمية Supernova، والتي كان من المفترض أن تنتج كل العناصر الثقيلة، ومنها العناصر حول الذهب والبلاتين وبعض العناصر الأخرى ولكن ليس بالوفرة المرصودة. افترض البعض أن مصدر تلك العناصر هي ظواهر أخرى أكثر طاقوية من المستعر الأعظم. وفي حالة اصطدام النجوم النيوترونية، يمكن أن ترتفع درجات الحرارة إلى 1000 مليار درجة، أو أعلى بكثير. لكن كان علينا أن نمتلك أجهزة كمبيوتر عملاقة لإنتاج نماذج مقنعة.

تم إجراء هذه الحسابات بفضل الحواسيب العملاقة وقد أبرزت فعلا نماذج مقنعة في الفترة بين سنتي 2010 و 2015. الحقيقة أن الحسابات تؤكد أننا قادرين بالفعل على إنتاج ما ينقصنا من الذهب والبلاتين في هذه الاندماجات. فوفرة التحليل الطيفي لكيلونوفا تأكيد لصحة الحسابات.

هناك شيء يزعجني قليلا في القصة، عندما نقرأ في أدب تبسيط العلوم قبل 10 أعوام أو أكثر، كنا نردد دائمًا أننا شرحنا كل عناصر الجدول الدوري و وفراتها. كان هناك الهيدروجين والهيليوم، العنصران اللذان نشأ في الانفجار العظيم، ثم العناصر الخفيفة التي تم إنشاؤها بواسطة الإشعاع الكوني، ثم العناصر المنتجَة في النجوم. كل شيء كان واضحًا ولم نتحدث عن هذه الفجوة التي تتحدث عنها. والآن يُقال لنا إن مصدر هذه العناصر قد تم العثور عليه وليس ما كنا نعتقده!



انفجار أشعة غاما في مجرة بعيدة



واحد من التلسكوبات الثلاثة المشكلة لمرصد LISA الفضائي.

نعم، لم نكن نعرف ذلك بشكل دقيق. الآن نحن نعلم من خلال رصد النجوم الجديدة، ثم من خلال النمذجة، أن اصطدامات النجوم النيوترونية تساهم في وفرة الذهب والبلاتين، وغيرهما، لكننا لا نعرف ما يكفي لتحديد مقدار هذه المساهمة. قد يكون الأمر ببساطة أن السوبرنوفا لا تنتج ما يكفي.

نعم، قصة فهم أصل العناصر الكيميائية ووفرتها لها بعض العثرات وفهمنا يتحسن تدريجيًا حول هذا الموضوع.

أود أن أضيف بعض التطورات الرصدية الأخيرة المبهرة حول الثقوب السوداء، وهي اكتشاف ما يسمى بالثقوب السوداء فائقة الضخامة التي تتجاوز كتلتها 10 مليارات مرة كتلة الشمس. على الرغم من أن M87 ضخم جدًا، إلا أنه لا يزال غير فائق الضخامة.

إن الرقم القياسي الحالي هو ثقب أسود يُفترض وجوده في مركز كوازار يسمى Ton 618 وتشير القياسات إلى أن كتلته تصل إلى 60 مليار مرة كتلة الشمس. هنا يُطرح السؤال نفسه: كيف تتشكل هذه الثقوب السوداء الضخمة؟ لديك مجرات إهليلجية عملاقة. لنفترض أنه نشأ ثقب أسود في مركزها، وفي البداية نما بسرعة هائلة بفضل وفرة المادة الموجودة في محيطه. لكن المشكلة هي أننا نجد ثقوبًا سوداء فائقة الضخامة في المجرات القزمة والمجرات الصغيرة وليس لديها ما يكفي من المادة لتغذيته، لذلك يطرح ذلك سؤالًا عما إذا أخطأنا في القياسات؟ هذا ما أعاد إحياء الجدل حول تكوين الثقوب السوداء الضخمة والثقوب السوداء فائقة الضخامة. أحد التفسيرات هو أن هناك العديد من الاصطدامات بين المجرات. في الماضي ومن خلالها دمجت ثقوبها السوداء فائقة الضخامة مما يزيد في الكتلة.

في مرحلة ما، اعتقدنا أن هذا ما سيحدث مستقبلا لمجرة أندروميدا، التي لها نواتان والتي ظهر فيما بعد أنها عبارة عن ثقبين أسودين ضخمين.

نعم، نلاحظ اليوم في المجرات الأكثر غرابة وبُعدًا، العديد منها التي تندمج ومعها ثقوبها السوداء فائقة الضخامة، بعد فترة زمنية معينة تقدر ببضعة ملايين من السنين. بالمناسبة، إن مشروع كاشف الموجات الثقالية الفضائي LISA سيدخل في هذا النطاق من الترددات لمراقبة اندماج الثقوب السوداء فائقة الضخامة من خلال الموجات الثقالية. لكن هناك فرضية أخرى أجدها أكثر إثارة للاهتمام، وهي أنه قد يكون هناك جيل من الثقوب السوداء الضخمة البدائية. نعود هنا إلى أحد تنبؤات ستيفن هوكينج حول الثقوب السوداء البدائية، لكن ليس الثقوب السوداء ذات الكتلة الكمومية، بل الضخمة. قام بعض تلاميذ هوكينج بحسابات تُبين أن الثقوب السوداء البدائية، التي تشكلت بعد لحظات من الانفجار العظيم، يمكن أن تصل إلى مليون مرة كتلة الشمس. بعد بضع ثوان، لم تعد الظروف مواتية. لذلك، إذا افترضنا جيلًا أوليًا من البذور بكتلة مليون مرة كتلة الشمس بعد بضع ثوان فقط، يمكن أن تعمل هذه البذور كـ «نقاط انطلاق» لتكوين هياكل أكبر. هذا يجيب جزئيًا عن الأسئلة التي تطرحها الأرصادات الجديدة لـ Webb إذ رصد مجرات ذات انزياح كبير جدا نحو الأحمر، ويبدو أنها تشكلت في وقت أبكر مما كان يُعتقد سابقًا.

كيف تشكلت هذه المجرات وما هي العوامل التي ساهمت في ذلك؟ هل نحتاج إلى مكونات مادية أخرى مثل المادة المظلمة وهل يجب تعديل قوانين الجاذبية؟ يمكننا طرح هذه الأسئلة، لكن يكفي افتراض وجود جيل أول من الثقوب السوداء البدائية قبل تكوين المجرات لتسريع تكوينها بشكل كبير، مما يؤدي إلى تكوين مجرات بعد 200 مليون سنة فقط بعد الإنفجار العظيم، وليس 800 مليون سنة كما كان يُعتقد سابقًا. هناك أيضًا فرضية وجود سحب غازية ضخمة بدائية، وحسابات تُبين أنه يمكن أن تنهار هذه السحب لتكوين جيل أول من الثقوب السوداء، ليس بالضرورة بدائية، ولكن قبل تكوين المجرات، مما سيعزز تكوين الهياكل الكبيرة.

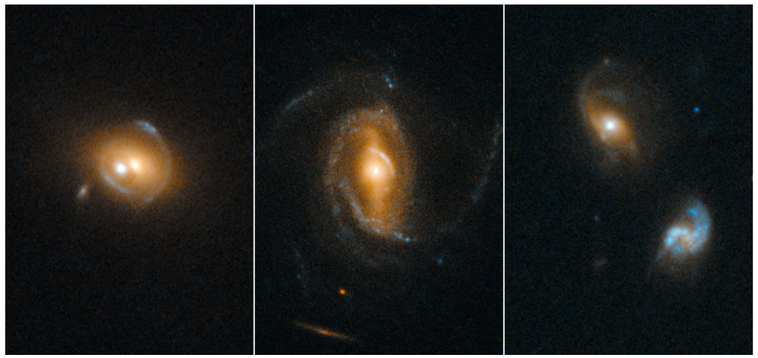
بالعودة إلى تلسكوب EHT، لقد تحدثنا عن ثقبين أسودين مجريين تم رصدهما وتصويرهما. هل يمكننا من خلال تحسين توزيع التلسكوبات الراديوية وسد بعض الثغرات، الوصول إلى المجرات الأبعد؟ وهل هناك أجسام أو أهداف أخرى ستُحوّل هذه التقنية إلى علم فلك جديد؟

هناك العديد من الجوانب في EHT القديم، والجزء المذهل هو بالطبع الصور التي تم نشرها، لكن هناك برامج أخرى لا تقتصر على تصوير أفق الحدث، مثل البرامج المخصصة لآليات انبعاث النفاثات. على سبيل المثال، سمحت أرصادات EHT التي ركزت على الكوازار الشهير 3C273 بدراسة نفاثات 3C273، ولكن ليس بدقة عالية بما يكفي للوصول إلى أفق الحدث للثقب الأسود المركزي. ومع ذلك، يمكننا دراسة ما يحدث حول أفق الحدث. لذلك، فإن EHT مفيد أيضًا لدراسة آليات النفاثات في العديد من الأجسام.

الآن، إذا عدنا إلى الصور، نجد ما يثير اهتمام الجمهور هو هاتان الصورتان اللتان تم إنتاجهما بواسطة EHT، تلك الشبكة من تلسكوبات الراديوية التي لها امتداد كوكب، حتى لو نمت مؤخرًا بدمج مقراب راديوي في جرينلاند (Greenland Telescope GLT) وآخر IRAM في جبال الألب، مما وسّع الشبكة قليلاً، لكن ليس بما يكفي لرؤية أفق الحدث لـ M87 و Sagittarius A بشكل أدق.

للوصول إلى مقياس دقة الثقوب السوداء الضخمة الأخرى في المجرات الأخرى، من الضروري توسيع الشبكة باستخدام تلسكوبات راديوية في الفضاء. أما الحل الأمثل فهو وضع مقراب راديوي على القمر. تخيل أنك على القمر وتستعمل تقنية التداخل! ستكون لدينا قاعدة طولية كافية لمراقبة عشرات أو حتى مئات الثقوب السوداء فائقة الضخامة تُمكننا من تصوير على مقياس أفق الحدث لكن هذا لن يحدث غدًا.

أنت «صاحب نظرية الكون المكرمش» وخبير في علم الطوبولوجيا، ولقد قدمت علم الطوبولوجيا كعنصر أساسي لفهم هندسة وشكل الفضاء. أين نحن الآن من



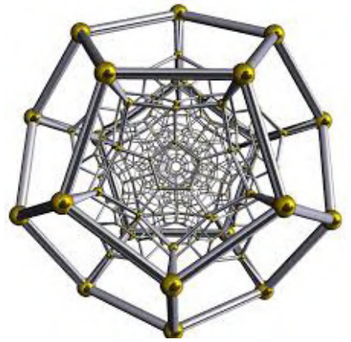
Quasars

كل هذا؟ يبدو أنه لم يتم تضمين هذه الإعتبارات بشكل كامل في معظم الكتب والنقاشات الكسمولوجية على الرغم من أنها قد تغير جذريا السيناريوهات حول مصير الكون، وأين وصلنا في الجانب البحثي للأكوان المكرمشة؟

هذا صحيح لا نتحدث عن ذلك كثيرًا في الكتب المبسطة على الأقل، باستثناء بعض منها. مع ذلك، عندما ننظر إلى الأدبيات المتخصصة، نرى اهتماما بالموضوع خاصة بعد نشر ورقتنا في مجلة Nature عام 2003، على الرغم من أننا كنا نعمل على هذا الموضوع منذ عشر سنوات قبل ذلك.

ما أعطى دفعة كبيرة للأمور هو اقتراحنا عام 2003 تفسير بيانات مسبار WMAP من خلال بنية فضائية ذات اثني عشر وجهًا. بدأ المئات من الباحثين العمل على هذا الموضوع. على سبيل المثال، بعد أن أجرى تلسكوب بلانك قياساته، كانت هناك سلسلة من 15 أو 16 مقا الموقعة من قبل باحثًينا، كل منها تركز على جانب معين وكان هناك مقال بالكامل للجانب الطوبولوجي، مما يعني أنه قد تم أخيرًا الاعتراف بأهميته.

أتذكر عندما بدأنا العمل في نفس الفريق



الفضاء الاثني عشري لبوانكاريه

في التسعينيات، اتصلنا بمسؤولي تلسكوب بلانك، وحاولنا شرح أهمية هذا الموضوع، لكن لم يتم الالتفات إليه في البداية. بعد ذلك، أدركوا أنه كان مهمًا.

السبب الثاني لعدم التحدث عنه كثيرًا اليوم، وأنا شخصيا توقفت عن العمل عليه، كانت تنبؤات النماذج الأكثر بساطة، بما في ذلك نموذجنا الذي اقترحناه عام 2003 وهو الفضاء الكروي ذي الاثني عشر وجهًا (Dodecahedron)، بوجود دوائر واقترانات في إشعاع الخلفية الكونية ولكن لم يتم العثور عليها، وكذلك الأمر بالنسبة للفضاءات ذات الشكل الحلقي والقطع الزائدية.

لقد نشرتُ عام 2016 مقالًا في Scholarpedia يلخص الموقف. إذن، النماذج الأكثر بساطة مستبعدة رصديا على مقياس أصغر من مقياس الأفق. هذا لا يستبعد نماذج بنصف قطر انحناء أكبر بكثير من نصف قطر الكون المرصود. لذلك لا نرى أي أثر لذلك.

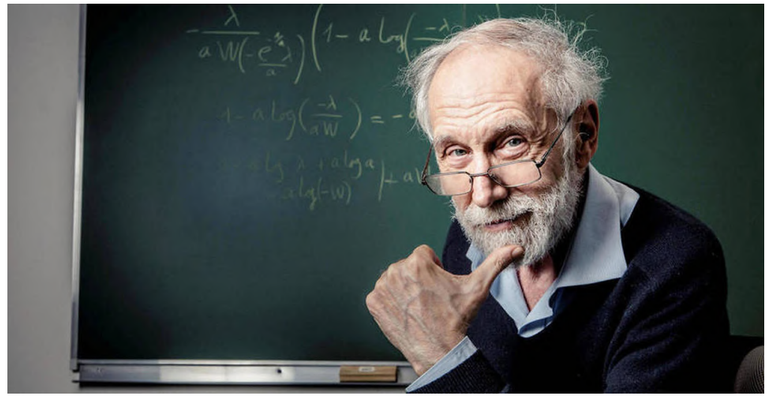
لا تزال هناك مشكلة اختبار الطوبولوجيا، وخاصة الطوبولوجيات متعددة الاتصال (multi-connexe) غير البسيطة على مقياس أفق الحدث، ولا يوجد حتى الآن أي دليل مقنع بتحقيقها. لا تزال هناك بعض الطوبولوجيات الغريبة المتوافقة مع الملاحظات، والتي تقيد بشكل متزايد الطوبولوجيا وانحناءها لتكون قريبة من الصفر، لكن لا يزال هناك العديد من الطوبولوجيات المتوافقة.

هناك عقبة أخرى عند الحديث عن هذا الموضوع. حتى إذا افترضنا وجود طوبولوجية غريبة للفضاء، فما هو السبب وكيف نشأت؟ لتفسير ذلك، نحتاج إلى نظرية الجاذبية الكمومية التي يمكنها شرح سبب وجود الفضاء وشكله المعين عند الخروج من العصر الكمومي. لا توجد نظرية جاذبية كمومية يمكنها تقديم تنبؤات طوبولوجية باستثناء نظرية واحدة هي نظرية الهندسة غير التبديلية، وهي بالنسبة لي النهج الجذاب أكثر.

تقصد نظرية ألان كون (Alan Connes). لم نعد نتحدث كثيرًا عن هذه الهندسات غير تبديلية!

بالتأكيد، أنا أتحدث عن نظرية «كون». لكن لماذا تقول أننا لم نعد نتحدث عنها.

في فيزياء الجسيمات، لم تعد رائجًة جدًا على خلاف ما كان عليه الأمر في ا لتسعينيا ت .



ألان كون: يقدم الهندسة غير التبادلية إلى النظرية الفيزيائية

في الواقع، هذا هو الفصل الأخير من كتابي أين أفصل فيها. بالنسبة لي، فهي واعدة أكثر، إذ تمثل أكبر تعميم ممكن للهندسة وهي تتضمن الهندسة غير الإقليدية كحالة خاصة. أنا خبير في الهندسة، لذلك لدي تحيز تجاهها أكثر من فيزياء الجسيمات. أعتقد أن أدوات الهندسة أساسية.

مثلما سمحت الهندسة غير الإقليدية بتشكيل نظرية النسبية العامة بشكل صحيح رياضيًا، أعتقد أنه يجب أن نذهب إلى أبعد من ذلك. لماذا لا نفكر في تعميم الهندسة غير الإقليدية؟ هذا هو الحال مع الهندسة غير التبديلية بعد أن بدأ «ألان كون»، الذي كان في البداية عالم رياضيات بحت، في التعاون مع علي شمس الدين وآخرين من فيزيائيي الجسيمات. لقد طوروا نموذجًا قياسيًا غير تبديلي مثيرًا للإعجاب، حيث يوجد جزء تبديلي وجزء غير تبادلي. يشرح الجزء التبادلي النسبية العامة مع تصحيحات إضافية مثيرة للاهتمام بإدخال الالتواء (Torsion). يمكن للنموذج شرح النموذج القياسي للجسيمات (Standard Model) مع تصحيحات، بما في ذلك نصائص معروفة النموذج القياسي مثل التنبؤ بكتلة نيوترينو صفرية بينما نعلم أنها ليست صفر. أجد هذا رائعًا للغاية.

بالعودة إلى علم الطوبولوجيا، في الوقت الذي كتبت فيه هذا الفصل، أعطيت تفضيلي للهندسة غير التبادلية. اكتشفت لاحقًا أن

كارلو روفيلي: جسر بين العوالم الكمية والكونية

زملاء قدّروا أن الهندسة التبادلية يمكنها أيضًا تقديم تنبؤات طوبولوجية، وأن إحدى الطوبولوجيات المفضلة هي الفضاء الاثني عشر وجهًا لـ Poincaré. قد تكون هذه هي نظرية الجاذبية الكمومية الوحيدة التي تبدأ في التنبؤ بشكل محتمل بشكل الفضاء.

المادة المظلمة والطاقة المظلمة، جزء من النموذج السائد في الكسمولوجيا منذ 20 أو 30 عامًا. لكن إذا نظرنا إلى وتيرة تطور علم الكونيات وتغير النسق المعرفي كل أو عقدين من الزمن (Paradigm shift)، فهل نحن مقبلون على تغيرات جذرية أخرى، أي أن علم الكونيات لم يستقر بعد؟

لا شيء أكثر خطورة من التنبؤ بتطور فهمنا للكون بعد 10 أو 20 عامًا من الآن، خاصة عندما يتعلق الأمر بالطاقة المظلمة والمادة المظلمة. هناك فعلا جدل حول المادة المظلمة، خاصة بالنظر إلى عدم العثور على جسيمات WIMPS الافتراضية التي مزمع إنتاجها خلال الانفجار الكبير . وقد اقترحت نماذج أخرى أشهرها نظرية MOND التي تستغني عن تلك المادة المظلمة وذلك بتعديل قانون نيوتن للجاذبية عند المسافات الكبيرة، والتي لا أحبها ولكن لأسباب أخرى. أميل إلى رأي بعض الباحثين، مثل كارلو روفيلي (Carlo Rovelli)، أن الطاقة المظلمة هي مجرد تأثير للثابت الكوني، والذي فسره لوماتر (Lemaitre) في 1936 ببراعة على أنه مظهر من مظاهر طاقة الفراغ الكمي. مع ذلك، فإن حساب طاقة الفراغ الكمي يطرح مشكلة عويصة حيث أن القيمة المحسوبة أعلى بعامل 10120 من القيمة المرصودة، مما يبين في اعتقادي أن فيزيائي الجسيمات لا يعرفون طريقة حسابها لا غير.

من ناحية أخرى، هناك بعض نظريات الجاذبية الكمومية التي لها ثابت كوني يتوافق مع القيمة المرصودة. وقد تظهر حلول أخرى في غضون 20 عامًا، لا تتطلب الطاقة المظلمة. لكن في الوقت الحالي، أعتقد أن البيانات المتعلقة بالمستعرات العظمى من النوع 1 قوية بما يكفي لتأكيد تسارع توسع الكون.

لكن المادة المظلمة أكثر إثارة للقلق، لأنها تتكون من جسيمات لم يتم العثور عليها في المختبر. هناك حلول بديلة، لكن من الصعب تخيل علم الكونيات بدون المادة المظلمة

يمكننا دائمًا تخيل حلول بديلة، لكن يجب أن تكون قوية مثل النماذج الحالية التي تعتمد على WIMPs.

مثل الجسيم النيوترالينو؟

لا أؤمن بالنيوترالينو لأنه يأتي من نظريات فائقة التناظر لم تعد مجدية. ربما النيوترينو العقيم (Sterile neutrino) قد يكون، في اعتقادي، أفضل مرشح حاليًا لشرح المادة المظلمة غير الباريونية وهو غير مرتبط بنظرية التناظر الفائق، مثل نموذج ماجورانا للنيوترينو. إذا كان النيوترينو العقيم موجودًا، فيمكنه نظريًا تفسير عدم التناظر بين المادة والمادة المضادة، وهي واحدة من أكبر الألغاز غير المحلولة في علم الكون حاليًا. يمكنه أيضًا تفسير الكتلة غير الصفرية للنيوترينو غير العقيم. باختصار، لديه جميع الخصائص المطلوبة.

من ناحية أخرى، هناك حاجة إلى مزيد من العمل لفهم دوره في تكوين الهياكل الكبرى في الكون. ولكن، لم يتم الكشف عن النيوترينو العقيم حتى الآن والذي بالضرورة هو من نوع WIMP. الفكرة هي اختبار هذه النماذج البديلة (النيوترينو العقيم، أكسيون، النيوترالينو وغيرها) من خلال نمذجة تكوين الهياكل الكبرى في علم الفلك، مما سيتطلب اختبارات دقيقة وملاحظات على نطاق واسع. سيمكّننا ذلك من التمييز بين هذه النماذج المختلفة والنموذج القياسي الحالي (Lambda CDM).

لكن يبدو أن فكرة النيوترينو العقيم فقدت زخمها، حيث أن جميع المراصد الكبرى للنيوترينو قد فندت هذه الفرضية. أعلم أن تجارب مثل LSND تركت بعض الشكوك حول إمكانية وجوده، لكن البحوث المنشورة في الأشهر الأخيرة أثبتت العكس. من جهة أخرى اشرح لنا كيف أن نيوترينو ذا كتلة شبه منعدمة أو متواضعة يستطيع أن يساعد في تشكيل الهياكل الكبرى في الكون.

في الحقيقة، النوترينو العقيم ليس جسيمًا ساخنًا، لذلك فهو ليس نسبويًا تمامًا (Relativistic). إنه شبه نسبوي فقط، أو دافئ. هذا هو السبب في أنه يمكنه المشاركة في تكوين الهياكل الكبرى، على عكس النوترينوات العادية.

د. جمال ميموني رفقة ضيف العدد خلال الكسوف الكلي للغابون 2013

ما هي كتبك التي توصي بها القراء لفهم الثقوب السوداء والفيزياء المرتبطة بها بشكل أفضل؟

على المستوى الشخصي، يمكنني أن أوصي بكتابي «رغوة الزمكان» و «الثقوب السوداء في 100 سؤال». يناقش الكتاب الأول الأسئلة النظرية الأساسية حول نموذجنا القياسي للكونيات، بينما يناقش الثاني أحدث التطورات في الفيزياء الفلكية والنظريات حول الثقوب السوداء.

ما هي مؤلفاتك الأخيرة؟

كتابي الأخير يتناول لوحات «فان جوخ» في بروفانس بعنوان Les nuits étoilées de Vincent van Gogh. حقق الكتاب نجاحًا كبيرًا لأنني أقوم بتحليل فني وبريدي وفلكي لخمس لوحات رسم فيها فان جوخ سماءً مرصعة بالنجوم أو إعادة بناء فلكية. حددت بالضبط التاريخ والمكان الذي وقف فيه، وكيف قام بدمج المناظر الطبيعية السماوية مع المناظر الطبيعية الأرضية، لذلك، أنا مطلوب كثيرًا في هذا المجال أيضًا. هناك معارض كبيرة، ولدي دائمًا العديد من الكتب قيد التقدم. حاليًا، لدي 3 كتب قيد الإنجاز، وأنا أنتقل من واحد إلى آخر. أنا الآن في الثانية والسبعين من عمري، وأقول لنفسي أن الحياة ليست فقط تأليف الكتب وإلقاء المحاضرات. لذلك يجب أن أجد التوازن.

حسنًا، شكرًا لك كثيرًا يا جان بيير. كان من دواعي سروري التحدث إليك مرة أخرى!

من دواعي سروري رؤيتك مرة أخرى. شكرًا لك على أسئلتك الرائعة. إلى اللقاء!

أول صورة لثقبنا الأسود المجري من تلسكوب أفق الحدث

حوار مع د. فريال أوزيل

حاورها: د. جمال ميموني
د. عبد الرحمان الزغبي

فريال أوزيل هي عالمة فيزياء فلكية متميزة كانت في طليعة من وسّعوا حدود فهمنا للثقوب السوداء. وقد ساهم عملها الرائد بشكل كبير في كشف الألغاز المحيطة بهذه الكيانات الكونية الغامضة. كان أحد أبرز إنجازاتها هو كونها جزءًا من فريق تلسكوب أفق الحدث الذي التقط أول صورة على الإطلاق لثقب أسود في مجرتنا M87*. لم يُقدم هذا الإنجاز الضخم تأكيدًا بصريًا لوجود الثقوب السوداء فحسب، بل فتح أيضًا آفاقًا جديدة لدراسة خصائصها وسلوكها. أجرت أوزيل العديد من الأبحاث حول المواضيع المتعلقة بالثقوب السوداء والنجوم النيوترونية وبقايا النجوم المدمجة، ما ساهم في تطوير فهمنا لهذه الأجسام الكونية ومهّد الطريق لاكتشافات ورؤى جديدة حول القوانين الأساسية للفيزياء التي تحكم الكون.

تخيّل أن تنظر إلى قلب ثقب أسود هائل، وتشاهد نسيج الزمكان ينحني لجاذبيته الهائلة. لم يعد هذا خيالًا علميًا، بل أصبح واقعًا بفضل تلسكوب «أفق الحدث» (EHT: Event Horizon Telescope).

Feryal Ozel is a distinguished astrophysicist who has been at the forefront of pushing the boundaries of our understanding of black holes. Her groundbreaking work has contributed significantly to unraveling the mysteries surrounding these enigmatic cosmic entities. One of her most notable achievements was being part of the Event Horizon Telescope team that captured the first-ever image of a black hole in the M87* galaxy. This monumental achievement not only provided a visual confirmation of the existence of black holes but also opened up new avenues for studying their properties and behavior. Beyond her involvement in the EHT project, Ozel›s research portfolio encompasses a wide range of topics related to black holes, neutron stars, and compact stellar remnants. Her work has not only advanced our understanding of these cosmic objects but has also paved the way for new discoveries and insights into the fundamental laws of physics governing the universe. She graciously accepted to go through this extensive interview despite her busy schedule.

لقد حقّقت هذه الشبكة العالمية من التلسكوبات المتزامنة لتعمل كمرصد واحد بحجم الأرض، إنجازاً استثنائيا تمثل في التقاط أول صورة على الإطلاق لثقب أسود في عام 2019.

لكن مهمة تلسكوب EHT تتجاوز مجرد التقاط صور تخطف الأنفاس، فهو يتعمق في الألغاز العميقة لهذه الأجسام الغامضة، ويستكشف تكوينها ونموها وتأثيرها على المجرات التي توجد فيها. ومن خلال دراسة الثقوب السوداء، نكتسب فهما أعمق للجاذبية، وهي إحدى القوى الأساسية في كوننا، ونكشف أسراراً عن طبيعة المكان والزمان.

تقود هذا الاستكشاف الرائد، الدكتورة فريال أوزيل، عالمة الفيزياء الفلكية الشهيرة في جامعة جورجيا التقنية وإحدى الشخصيات البارزة وراء مشروع EHT، حيث كان لجهودها الدؤوبة وأبحاثها الرائدة دور أساسي في تشكيل فهمنا للثقوب السوداء وقضايا كونية مرتبطة بها.

في هذه المقابلة الحصرية، نجلس مع الدكتورة أوزيل للتعمق في عالم التلسكوب الأوروبي للفضاء، لنستكشف الإنجازات الرائدة للتلسكوب ومهامه الحالية والحدود المستقبلية التي يهدف إلى فتحها. استعدوا للذهاب إلى أفق الحدث، أين يتم توسيع قوانين الفيزياء كما نعرفها إلى أقصى حدودها، وحيث ترسم الدكتورة أوزيل مع زملائها الرحالة العلميين مسارًا جديدًا عبر الكون.

نبدأ معكِ دكتورة ببعض الأسئلة التمهيدية قبل التعمق في موضوع الثقوب السوداء وتلسكوب أفق الحدث. من هي فزيَال أوزيل التي ظهرت للعالم لأول مرة في ماي 2022 مع ظهور أول صورة لثقب أسود لمجرتنا درب التبانة وهل كنتِ تحلمين بالنجوم عندما كنتِ طفلة صغيرة؟ هل دخلتِ مجال الفيزياء الفلكية بدافع الشغف أم أنك اكتشفتِ هذا المجال لاحقًا ونشأ اهتمامكِ بالثقوب السوداء عبر مسيرتك في دراسة الفيزياء؟

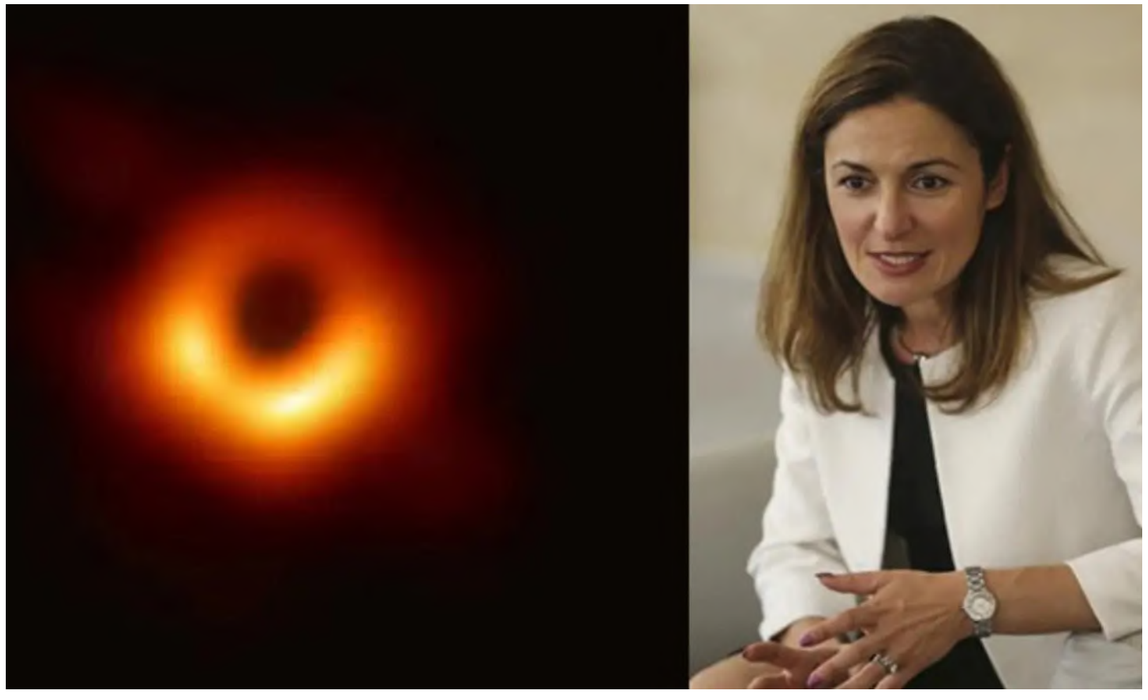
نشأتُ وترعرعتُ في إسطنبول بتركيا، وهناك أكملتُ دراستي الثانوية. كنت مهتمة جدًا بالفيزياء، ويمكنني القول إن علم الفلك كان نقطة انطلاقي. كنت جيدة في الرياضيات وأحب استكشاف العلاقات بين الأشياء، وكان لدي فضول تجاه عالم دون الذرات والقوى والكون بشكل عام، فكنت مفتونة بهذا المجال منذ صغر سني، وخلال مسيرتي الدراسية، وصلت إلى مفترق طرق بين فيزياء الجسيمات وغيرها من المجالات.

عندما بدأتُ دراسة الدكتوراه في عام 1996، كان مجال الفيزياء الفلكية يشهد ازدهارًا كبيرًا، وكان هناك تطور ملحوظ في مجال التلسكوبات الفضائية والبيانات التي كانت توفرها، في حين أن كانت فيزياء الجسيمات تشهد فتورا، أين كانت الفترة بين تجربتي مصادم إلكترون- بوزيترون الكبير LEP ومصادم الهدرونات الكبير LHC حيث توقفت الأولى ولم نتطلق الثانية. كانت هناك العديد من الأفكار، لذلك استنتجت أنه يمكنني دراسة الفيزياء الأساسية واكتشافاتها ولكن باستخدام اتساع الكون والبيانات المذهلة التي كانت تتدفق إلينا وهذا ما رسم مساري المهني.

نرى ذلك، لأنك التحقتِ بمعهد نيلز بور في وقت مبكر ثم انتقلتِ إلى جامعة كولومبيا لإكمال الدكتوراه، لذلك ربما كنت بالفعل تتأرجحين بين فيزياء الجسيمات والفيزياء الفلكية.

العكس هو الصحيح في الواقع. مباشرة بعد المدرسة الثانوية، أتيتُ إلى الولايات المتحدة الأمريكية للحصول على درجة البكالوريوس في جامعة كولومبيا، وقضيتُ صيفًا في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية «سيرن» وأعجبني ذلك حقًا، ثم قدمت لي مجموعة معهد نيلز بور منصبًا ومنحة دراسية لدراسة الدكتوراه والعمل بدوام جزئي مع «سيرن»، فوافقتُ على ذلك. كما حصلتُ على قبول للدراسة العليا في جامعة هارفارد بالولايات المتحدة الأمريكية، لكنني أجلتُ ذلك وذهبت إلى معهد نيلز بور في الدنمارك وبقيت هناك لمدة عام، ثم كان علي الاختيار بين العيش في أوروبا أو العودة إلى الولايات المتحدة، وفي النهاية قررتُ التحول إلى الفيزياء الفلكية والذهاب إلى هارفارد.

قرارٍ صائب، لقد لكانت هارفارد آنذاك مركزًا رائعًا للفيزياء الفلكية.



هذا صحيح، لقد كانت فترة رائعة، كانت لدي قدوة لأتعلم منها، وفرة من البيانات، والكثير من الحماس، لقد كان وقتًا ممتعًا للغاية بالنسبة لي كطالبة.

هل كان تركيز دراستكِ منصبًا أكثر على الملاحظة أم على العمل النظري؟

لقد ركزت على العمل النظري وما زلت أعتقد أن الجزء الأكبر من عملي نظري. لقد تحوّل من نظري للغاية إلى الرغبة في مقارنة النظريات بالبيانات، وحتى جمع أنواع البيانات التي ستكون ضرورية لاختبار النظريات التي كنت أعمل عليها. لذلك أقوم بالكثير من النماذج الحسابية النظرية للأنظمة التي نحاول فهمها، معظمها ثقوب سوداء ونجوم نيوترونية، لكنني أبقي جانبًا على دراسة البيانات.

بدأتِ بالعمل على النجوم النيوترونية، ثم انتقلتِ إلى الثقوب السوداء. هل كان انتقالًا أم أنكِ لا تزالين تفكرين في النجوم النيوترونية في الوقت الحاضر؟

بالمصادفة، كان بحثي الأول حول الثقوب السوداء يتعلق ببيئتها وتصورها. كتبته بعد وصولي إلى هارفارد ضمن فريق بحث حول الثقوب السوداء الموجود هناك. قمنا بعمل رائع يُعتبر الآن نظرة استشرافية للمستقبل حوّل ما يلزم لتصوير الثقوب السوداء، وبأي طول موج ضوئي يمكننا رؤية أفق الحدث. في ذلك الوقت، بدا مجال التداخل الراديوي بعيد المنال، لذلك كتبتُ ورقة ثانية حول ما إذا كان بإمكاننا القيام بذلك باستخدام تداخل الأشعة السينية، لأن هناك مفهومًا مثبتًا، نتيجة تجربة تسمى ماكسيم (MAXIM X-ray interferometry mission) والتي أثبتت إمكانية استعمال تداخل الأشعة السينية في الفضاء.

ثم كانت هناك اكتشافات مذهلة حول ماغنتار (Magnetar) النجم النيوتروني ذي المغناطيسية المفرطة. عملتُ على النجوم المغناطيسية وداخليات النجوم النيوترونية بينما كنت أطوّر تقنيات للثقوب السوداء وبيئاتها والتحوصل الإشعاعي وتتبع الأشعة، وغير ذلك. ثم عدتُ بالكامل مرة أخرى.

فقط للتوضيح، النجوم المغناطيسية هي نجوم نيوترونية ذات مجال مغناطيسي قوي جدًا.

نعم، أقوى بكثير من أي شيء يمكننا توليده على الأرض، حيث يمكن أن تصل المجالات المغناطيسية فيها إلى 10^{15} غاوس. لذا فهي أعلى بشكل ملحوظ، حتى بالنسبة لما نسميه مصادر مغناطيسية في الفيزياء الفلكية. تمتلك النجوم النيوترونية بالفعل مجالات مغناطيسية عالية جدا، وبدا أن فيزياء جديدة تظهر هناك. لذا أردتُ استكشاف ذلك.

الناس، وخاصة الشباب، مفتونون بالثقوب السوداء، إنها تثير خيالهم. مع ذلك، في النهاية، على الأقل في المفهوم الأساسي، فهي ليست شيئًا، إنها «قطعة من العدم». في وقت مبكر جدًا، حتى الناس لم يؤمنوا بوجود الثقوب السوداء، وأعتقد أنه حتى آينشتاين نفسه كان يشك في حقيقتها، رغم أنها كانت حلًا لمعادلاته. نعلم أن الثقب الأسود، من الناحية الرياضية، هو أبسط جسم يمكن تخيله إذ لديه فقط وسيط واحد لتعيينه كاملا في معظم الأحيان وهو كتلته، على الرغم من أن الأمر تغير كثيرا منذ ذلك الوقت، وتعقيد الفيزياء الثقوب السوداء يبلغ الآن نقطة لا تصدق. إذن، لماذا هذا الافتتان العام الذي يشمل الصغار والكبار؟

هناك تناقض مثير للاهتمام بين بساطة الثقوب السوداء، مثل وصفها الرياضي البسيط، وبين بيئتها الغنية والظواهر الغريبة التي تتميز بها، تاريخ دراسة هذه الظاهرة مليء بالتساؤلات حول وجودها الحقيقي، وما إذا كانت مجرد حل رياضي. أجد أنه من الرائع التفكير في جسم «يبتلع» كل شيء، إذ نستخدم في التعبير الشعبي أن الثقوب السوداء «تبتلع الضوء» بشكل عام لوصفها، رغم وجود أوصاف رياضية أكثر دقة، لكن هذا هو ما يفهمه الجمهور.

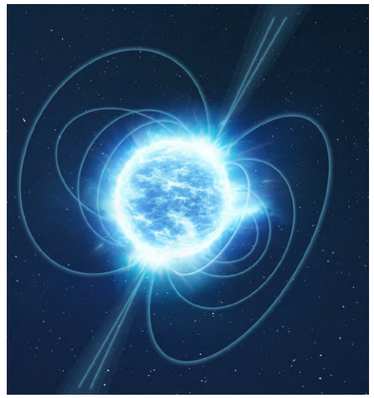
كيف يمكن أن يكون هناك جسم يبتلع كل شيء من حوله، بل حتى يحبس الضوء، ولا نستطيع رؤية أي شيء منه؟ جسم يمكنك أن تذهب إليه لكن لا يمكنك الانفلات منه، ويمكن أن تفقد المعلومات حول ما دخل داخله. لذلك أعتقد أن الثقوب السوداء بسيطة ولكنها غريبة جدًا. أشعر أن هذا هو جوهر الافتتان بها.

حتى من وجهة نظرنا نحن الفيزيائيين، نتحدث عن متفردة، إنها كثافة طاقة لا نهائية، متفردة الزمكان. ليس فقط الرياضيات ما تسمح بذلك، ولكن هذه الأشياء تتشكل في الطبيعة، في حين أن الكثير من المتفردات نقبلها رياضيا، غير أننا لا نقبل حدوثها في الطبيعة. هذه المتفردة المتجذرة في كيان الثقب الأسود تقول عنها إنها تحدث، فهناك مناطق من الفضاء تصبح منفصلة سببيًا عن بعضها البعض.

بالطبع، هناك أيضًا هذه الفكرة التي تقول إنه داخل المتفردة، يمكنك الانتقال إلى كون آخر بفضل ثقب أبيض عبر نفق دودي (Wormhole)، وما إلى ذلك. لذا فهذا جانب آخر أيضًا للافتتان. لكن هل يتعين علينا نحن علماء الفلك، أن نصدق أفكار هوكينغ وكل الأشياء المتعلقة بالخيال العلمي؟ يبدو أن الناس لا يفرقون بينها ويضعون الثقوب السوداء، الثقوب البيضاء، والأنفاق الدودية في نفس المستوى. إلى أي مدى علينا أن نؤمن بالثقوب البيضاء؟

هذا سؤال وجيه. هناك بعض الأشياء التي تقع مباشرة في مجال الخيال العلمي. في الواقع، لدى هؤلاء حلول زمنية مماثلة لسبب مشابه، لكن لا يمكننا القيام بالسفر عبر الزمن لأن ذلك يؤدي إلى تناقضات نظرية. هناك حلول، كما ذكرت، تجمع تحت عنوان «الثقوب السوداء» ونقول عنها أننا لا نعتقد أنها موجودة. لكن إشعاع هوكينغ؟

لا، عفواً، لم نتحدث عن إشعاع هوكينغ، بل عن كلام هوكينغ وتخميناته البعيدة، عدا ذلك نعتقد أن إشعاع هوكينغ فيزياء جيدة أو فيزياء حرارية جيدة.



رسم إفتراضي لنجم نتروني مع خطوط المجال المغناطيسي

إذن يمكن أن تحدث أمور على أفق الحدث عندما تحاول الجمع بين النسبية العامة وفيزياء الكم. هذه فيزياء جيدة. نعم، ما عدا ذلك فأنت محق تمامًا. يجمع بعض الأشخاص هذه الأشياء معًا، لكنها ليست على نفس المستوى على الإطلاق. بالنسبة للثقوب السوداء، يمكننا فهمها فيزيائيا ورصديا، وأي شيء يتجاوز ذلك قد يعاني إما من عدم وجود دليل رصدي، أو حتى من عدم التناسق الرياضي الذاتي.

هناك جانب رائع من الثقوب السوداء قد ترغبين في التعليق عليه، وهو أنه على الرغم من كونها أحلك أجسام ممكنة، إلا أنها أيضًا الأجرام الأكثر سطوعًا بالمعنى الفيزيائي. لذا فهذا نوع من الغرابة يجعل الجمهور العام لا يعلم في الغالب أن الثقوب السوداء من منظور فيزيائي فلكي هي ألمع الأجرام في الكون.

نعم، أوافقك. لتقريب المعنى يمكننا التفكير فيها كأنها شلال قوي جدًا يصب في بحيرة وبمجرد سقوطه في البحيرة، يصبح جزءًا منها. لا يوجد المزيد من الطاقة التي نحس بها منها، ولكن قوة الماء أثناء نزولها، هو الجزء القوي.

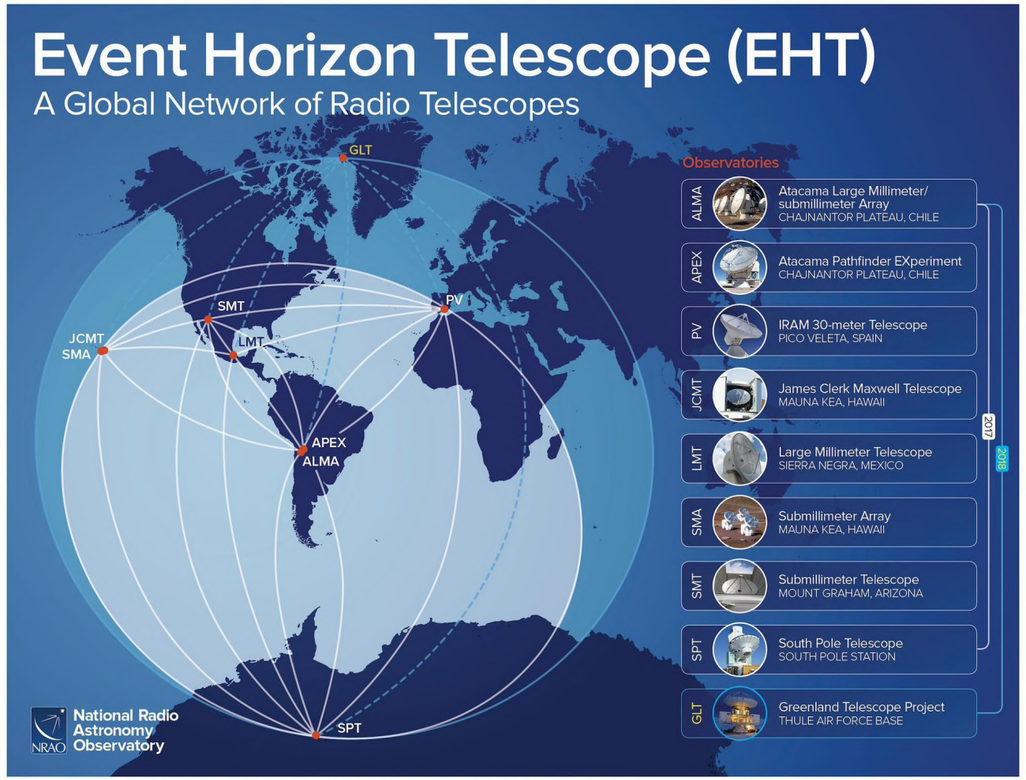
إذن، سيكون القياس هنا هو المادة بكل أنواعها، نجوما، غازًا أو غبارًا أو أي شيء يقع في الثقب الأسود. لا تلمع عندما تندمج مع الثقب الأسود، فيصبح كل شيء هادئًا ولا شيء يعود للخارج. أما أثناء سقوطها نحو الثقب الأسود، تصل هذه المادة إلى درجات حرارة عالية جدًا، وهذا يعني أنها تشع قدرًا هائلاً من الضوء. إنها الطريقة الأكثر فاعلية لاستخراج الطاقة من جسم، ورميها في ثقب أسود، وستضيئ في طريقها.

هذا هو المبدأ الذي نستخدمه وهو أن المادة المتساقطة تشع بوفرة فيمكننا رؤية ذلك الجزء عندما نحاول استنتاج البصمة التي يطبعها الثقب الأسود على ذلك الضوء من الجزء الذي يمكننا رؤيته.

لنتعمق الآن في الموضوع الرئيسي، وهو النجاح الباهر لتلسكوب أفق الحدث الذي أنت من الفريق المؤسس له عام 2016، ولقد كان لك شرف أن تقدّمي للعالم في ماي 2022 أول صورة التقطها التلسكوب مباشرة للثقب الأسود المركزي. قبل ذلك كنا نعلم أن الثقوب السوداء موجودة، فقد أثبتت «ناسا» ذلك منذ 20 عامًا، لكن ذلك كان بطريقة غير مباشرة إذ رأينا النجوم التي تدور حول منطقة فارغة ثم طبقنا استخدام قانون كبلر الثالث لاستنتاج كتلة الجرم المتستر في هذه المنطقة فلا يمكن أن تكون إلا ثقبًا أسود. هل تعتقدين أنه كان من السابق لأوانه إدعاء «ناسا» باكتشافها الثقوب السوداء؟

في الحقيقة، أرى الاكتشافات العلمية كعملية تراكمية، فنبني على المعرفة المجتمعة دراسات التي سبقتنا. اكتُشفت الثقوب السوداء في الستينيات لأسباب مشابهة لما تحدثنا عنه، وهي هذه الأجرام شديدة السطوع على مسافات بعيدة عنا، أي عند انزياحات عالية نحو الأحمر.

نحن نعرف طرقًا محددة فقط لتوليد الطاقة في الكون بأكمله، وقد قادنا هذا إلى استنتاج وجود الثقوب السوداء في الستينيات عن طريق سقوط كمية من غاز أو مادة متمزقة من نجوم في ثقب أسود. فالكوازارات كانت الأماكن التي تم فيها الاكتشاف، وكان هذا الاكتشاف أول طبقة وفرت الدعم الرصدي. بعد ذلك أجريَت دراسات أخرى، سواء من الفضاء أو من الأرض، والدراسة التي ذكرتها هي عمل دام 20 عامًا لفريق أوروبي وفريق أمريكي لتتبع حركة النجوم حول الثقب الأسود في مركز مجرتنا، تمامًا مثل دراسات النظام الشمسي المبكرة التي حددت كتلة الشمس والنموذج المركزي الشمسي وغير



مجموعة التلسكوبات الراديوية المشكلة لتلسكوب أفق الحدث EHT

ذلك.
من خلال ذلك، تم تحديد خصائص هذا الجسم غير المرئي بدقة، وهي طبقة جميلة ثانية حول ما عرفناه عن الثقوب السوداء. والآن، الطبقة التي قدّمناها بإمكانيات جديدة هي دليل إضافي قوي وفّر لنا معطيات جديدة حول خصائص هذا الجرم المركزي المظلم. لم نرَ أي انحراف حتى الآن مع تنبؤات النظرية النسبية العامة. إذن، لا أعتقد مطلقًا أن إعلان ناسا في الستينيات أو نتائج الدراسات لحركة النجوم حول ثقبنا الأحمر كانت سابقة لأوانها.

ربما يمكنك التحدث قليلًا عن سبب قدرة تلسكوب أفق الحدث الآن على التقاط تلك الصورة، بينما لم نتمكن من فعل ذلك من قبل. كيف صنع تلسكوب أفق الحدث الفرق؟

في بداية دراساتي العليا بدأنا نفكر في تصوير الثقوب السوداء وطول الموجة التي يمكننا القيام بذلك عندها. والطريقة الخاصة التي يضيء بها الغاز حول الثقب الأسود في مركز مجرتنا هي نجم القوس A*، وهي مشابهة جدًا للطريقة التي يضيء بها الغاز حول ثقب أسود ربما بكتلة تُمثّل سبعة أضعاف كتلة الشمس، ما يوحي بأننا نحتاج إلى الانتقال إلى طول موجي ميليمتري تقريبًا.

لرؤية أي شيء أطول من ذلك، سترى طارة (Torus) معتمة، أي قرصا تراكميا، وعند تغيير الطول الموجي هذا، ترى أعمق فأعمق في القلب، أي ما يغذي ذلك الشيء. لذلك كنا بحاجة إلى الانتقال إلى ميليمتر، ما يعني أن الدقة التي نحتاجها لرؤية حجم صغير عند ذلك الطول الموجي تتطلب استخدام مقاييس تداخل طويلة جدًا لحلها، مما يستلزم استعمال تلسكوبات غير متصلة فيزيائيًا، ولكنها تراقب مصدرًا في نفس اللحظة، ثم نسجل البيانات ونجمعها على أجهزة الكمبيوتر.
إذن، حدثت عدة تطورات للسماح بذلك، وهي توقيت أفضل لوقت وصول الموجات الضوئية الفردية إلى التلسكوبات،وحواسيب أقوى بكثير، وهو ما نسميه مرحلة الارتباط (Correlation Stage). الشيء الآخر الذي حدث هو أن نماذجنا النظرية للبيئة المحيطة بها شهدت تطورًا سريعًا جدًا في العقد الماضي. لذا، منذ تلك الأفكار الأولى في عام 2002، واصلنا جميعًا العمل على ذلك في مسارات متعددة. والسبب في أننا شكلنا التعاون في عام 2016 هو أننا شعرنا أننا أصبحنا في تلك المرحلة مستعدين لتصميم تجربة في عملية رصدية مشتركة. ثم في عام 2017، حصلنا على أول بيانات شاملة من هذا الشبكة، لذا أعتقد أن كل هذه الأشياء تلعب دورًا مهمًا.

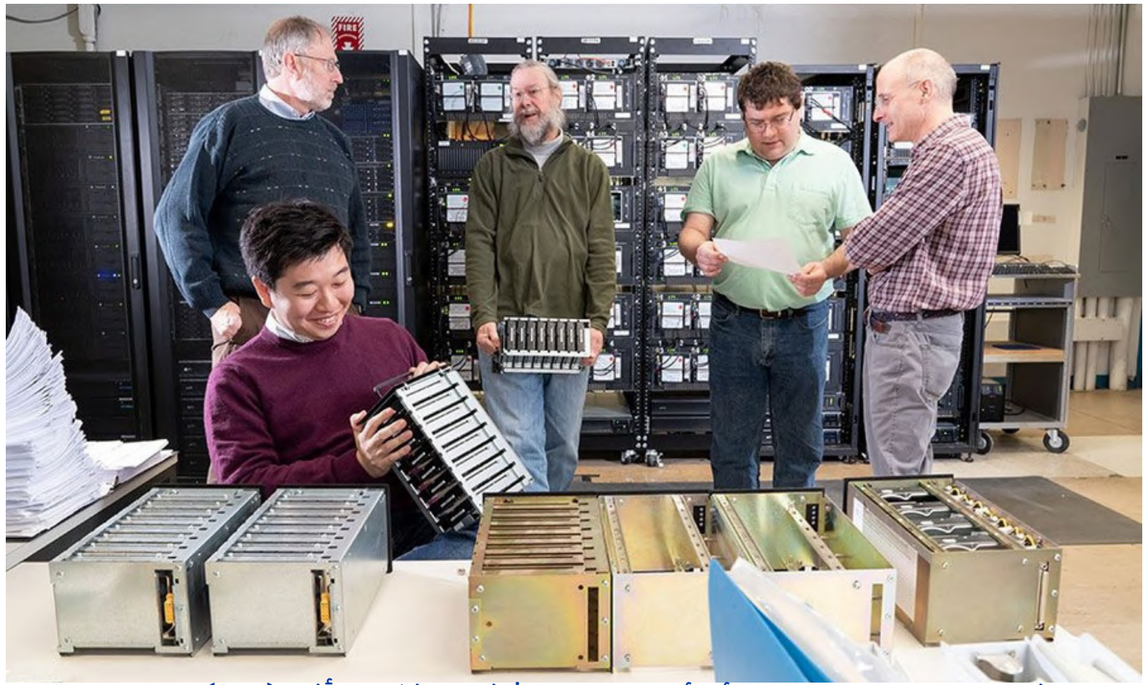
لتبسيط هذه المفاهيم، نوضح أنه من أجل الحصول على سجل بياني، نقوم بقياس التداخل، أي الجمع بين بيانات من تلسكوبات متعددة، باستخدام ما قلته من الارتباط وهذا هو الجزء الصعب، حيث نحاول استخدام كل تلك التلسكوبات معًا لصنع أفضل صورة ممكنة. هل تريدين إضافة شيء حول هذا الأمر؟

لدينا عدد محدود من التلسكوبات في قارات مختلفة قادرة على الرصد عند طول موجي قدره 1 ميليمتر، ولن تكون صورتنا مطلقًا صورة تداخلية كاملة. لذلك تدخل هنا أيضًا كل هذه الأدوات النظرية والكمبيوترية الإضافية. قد تُطرح أسئلة من قبيل كيف نتأكد من السمات الرئيسية لهذه الصورة؟ وكيف يمكننا جمع كل هذه المعلومات في صورة واحدة؟ نحن متأكدون علميًا من حقيقتها، وقد استغرق كل ذلك بضع سنوات صراحةً.

نعم، في الواقع صورة تلسكوب أفق الحدث مليئة بـ»ثقوب»، كما قد يقال، بل معظمها ثقوب أي مناطق فارغة من المعطيات، ولكن كنتم قادرين على إعادة بناء الصور ولو بشكل جزئي. هذا إنجاز علمي عظيم! وأعتقد أن لدي سؤالًا للشباب الذين قد يتساءلون لماذا تم تصوير ثقبنا الأسود بعد تصوير الثقب الأسود لمجرة M87، في حين أن لكليهما نفس القطر الزاوي تقريبًا من الأرض؟ إذن، ما هي التعقيدات وراء هذا الترتيب؟

هذا ليس توقعًا ساذجًا. كنا نتوقع بنسبة 100 بالمئة تصوير ثقبنا الأسود أولاً ثم M87.
هناك عدة أسباب جعلت تصوير القوس A* أكثر صعوبة، وأحد هذه الأسباب هو أننا موجودون داخل قرص مجرة حلزونية، لذلك نحن نرى مركز مجرتنا الخاصة من خلال هذا القرص المليء بالغبار وهذا المنظر يحجبه ذراعان حلزونيان يقعان بيننا وبين مركز المجرة.
عند طول موجي قدره 1 ميليمتر، يكون التأثير الأكبر هو التشتت الناتج عن الإلكترونات الحرة الموجودة في وسط بين نجمي على طول خط بصرنا. هذا التشتت يُدخل تشويهًا على الصورة، سواء بالانكسار أو الانحراف. لذلك، فإن هذا أصعب بكثير من النظر إلى M87 من خارج قرص مجرتنا، حيث يكون المنظر أقل إعاقة.
التحدي الثاني هو أن الثقب الأسود في مجرتنا أصغر بكثير في الكتلة من الثقب الأسود لمجرة M87، بمقدار 1500 مرة تقريبًا. مع ذلك، فإن لهما نفس الحجم الزاوي

تلسكوب القطب الجنوبي



من اليسار: كولين لونسديل، مدير Haystack ونائب رئيس مجلس إدارة شركاء EHT؛ كازونوري أكياما (جالستًا)، منسق مجموعة عمل التصوير EHT؛ جيف كرو، القائد المشارك لاتحاد Event Horizon Telescope Consortium- EHTC، يحمل مسجل بيانات تم تطويره بواسطة فنسنت فيش، الرئيس المشارك لـ EHTC؛ ومايكل تيتوس، ضمن طاقم الارتباط الفني.

تصوير الثقب الأسود لمجرة M87، في حين أن لكليهما نفس القطر الزاوي تقريبًا من الأرض؟ إذن، ما هي التعقيدات وراء هذا الترتيب؟

هذا ليس توقعًا ساذجًا. كنا نتوقع بنسبة 100 بالمئة تصوير ثقبنا الأسود أولاً ثم M87.
هناك عدة أسباب جعلت تصوير القوس A* أكثر صعوبة، وأحد هذه الأسباب هو أننا موجودون داخل قرص مجرة حلزونية، لذلك نحن نرى مركز مجرتنا الخاصة من خلال هذا القرص المليء بالغبار وهذا المنظر يحجبه ذراعان حلزونيان يقعان بيننا وبين مركز المجرة.
عند طول موجي قدره 1 ميليمتر، يكون التأثير الأكبر هو التشتت الناتج عن الإلكترونات الحرة الموجودة في وسط بين نجمي على طول خط بصرنا. هذا التشتت يُدخل تشويهًا على الصورة، سواء بالانكسار أو الانحراف. لذلك، فإن هذا أصعب بكثير من النظر إلى M87 من خارج قرص مجرتنا، حيث يكون المنظر أقل إعاقة.
التحدي الثاني هو أن الثقب الأسود في مجرتنا أصغر بكثير في الكتلة من الثقب الأسود لمجرة M87، بمقدار 1500 مرة تقريبًا لأن ثقبنا الأسود أقرب بـ 2000 مرة. إذن، إنه أكبر قليلاً في الحجم الزاوي، لكن بسبب صغر كتلته التي تبلغ فقط 4 ملايين كتلة شمسية، فإن المادة المحيطة به تتحرك بشكل أسرع. ما نسميه الزمن الديناميكي، يزداد كلما زادت كتلة الجسم، ويبلغ الزمن الديناميكي حول M87 أسبوعًا تقريبًا، بينما بالنسبة لثقبنا الأسود فهو أقصر بكثير.
عند التصوير التداخلي، تقلق بشأن عدم تعاون هدفك، مثل المريض الذي يظل يتحرك أثناء إجراء الفحص الأشعة السينية، مما يؤدي إلى تشويه الصورة. كنا مستعدين لأمر كهذا لأن نماذجنا توقعت أن الغاز المحيط سيتحرك بسرعة، لذلك، قمنا بتطوير تقنيات للتعامل مع ذلك.
لقد اتضح أن الغاز كان أكثر هدوءًا بكثير مما أظهرته نماذج الكمبيوتر لدينا. لا يزال يتحرك بالطبع، كما تفرض قوانين الفيزياء، ولكن أثناء تحركه، لا يقوم بهذا الجنون المتفجر طوال الوقت، بل يفعل ذلك من حين لآخر، غير أنه في معظم الأوقات، يكون هادئًا تمامًا. لذلك، أرجأنا تصوير القوس A* حتى نتمكن من التعامل مع هذا الاحتمال، لكن انتهى الأمر إلى عدم حدوث مشكلة كبيرة.

عندما ننظر إلى تلك الصورة، تبدو وكأنها دائرة سوداء اللون في المنتصف، ماذا نرى بالضبط هنا؟ هل يمكن توضيحه للقراء؟

الطريقة التي يتجه بها الغاز نحو الثقب الأسود متساقطا نحو المركز، تتم من خلال ما يشبه حلقةً سميكة وهي طارة هندسيا وليست كروية. سُمك الحلقة يرجع إلى الحرارة الشديدة للمادة المكونة لها، وتدور هذه الحلقة ببطء كما لو أن كل طرف من الغاز يشق طريقه تدريجيا نحو المركز.
لكن عندما ننظر مباشرة إلى المنتصف، يوجد القليل من الغاز، خاصة عند ذلك الطول الموجي المحدد الذي يقع على طول خط بصرنا، لهذا يبدو المركز أسودًا بالكامل تقريبًا. غير أنه عندما ننظر قليلاً إلى الجانب، فإن نظرية آينشتاين تتوقع أن الضوء الذي يصل إلينا يدور بالفعل حول تلك الحلقة مرات عديدة جدًا قبل أن يصل إلينا منها. لذا، عندما تنظر إلى الضوء الذي يصل إلينا من مركز الصورة إلى الخارج، فإن جاذبية الثقب الأسود تكون انطلاقا من مسافة معينة من المركز، ويتضخم الضوء. إنه مثل النظر من خلال عدسة حيث يتم تركيز كل الضوء نحوك عند تلك المسافات. لهذا السبب تكون تلك الحواف ساطعة حقًا، ثم

كلما تقدمت للخارج، يقل السطوع. لذا في الخلاصة، لا نرى شيئًا تقريبًا في المركز لأننا ننظر إلى الجزء الأسود. ثم نرى الضوء المتضخم حقًا، تليه رؤية الضوء العادي، ثم لا شيء.

ممتاز. إذن، هل يمكننا القول إن تلك الدائرة التي نراها هي نوع من الفوتونات، الضوء الذي يدور حول الثقب الأسود عدة مرات، ثم يتفلت بعضه من جاذبية الثقب الأسود ويصل إلى تلسكوباتنا بالضبط كما تنبأت النسبية العامة؟

هذا صحيح تمامًا. وإذا نظرت إلى الداخل قليلاً، فهذا هو الضوء الذي لا يستطيع الانفلات. إذن، فقط تلك المادة القليلة الموجودة بيننا وبين الثقب الأسود هي التي يمكن أن تظل ساطعة، لهذا السبب هو ليس أسودًا تمامًا في المركز، فهناك القليل من التلوث، لكن التباين بين ذلك وبين المكان الذي يدور فيه الضوء قبل أن يصل إلينا، ضخم بحوالي عشر مرات. يمكننا القول إنه هذا هو تأثير الجاذبية.

كيف نُميز بين دائرة الضوء حول الثقب الأسود من الاندفاع العشوائي للمادة وبين الغاز الذي يحدث حوله؟

يحدث الوميض والاشتعال العشوائي بالفعل وهو يساهم ببساطة في ذلك الضوء. لهذا السبب ننظر عبر نطاقات زمنية مختلفة، ونبحث في الأساس عن الضوء المتوسط الناتج عن المادة المحيطة بالثقب الأسود. وفوق ذلك، إذا وقع حدث طاقوي، فقد يبدو أكثر سطوعًا لفترة قصيرة، ثم يعود إلى ما هو عليه. لذا تأخذ نماذجنا في الاعتبار كل هذه العمليات الطاقوية المختلفة التي تساهم في إضاءة الغاز المحيط بالثقب الأسود.

إذن نحن محظوظون لأن ثقبنا الأسود وجزأه الاستوائي ليسا على خط البصر، وإلا لما كنا قد رأينا الجزء الداخلي منه، أليس كذلك؟

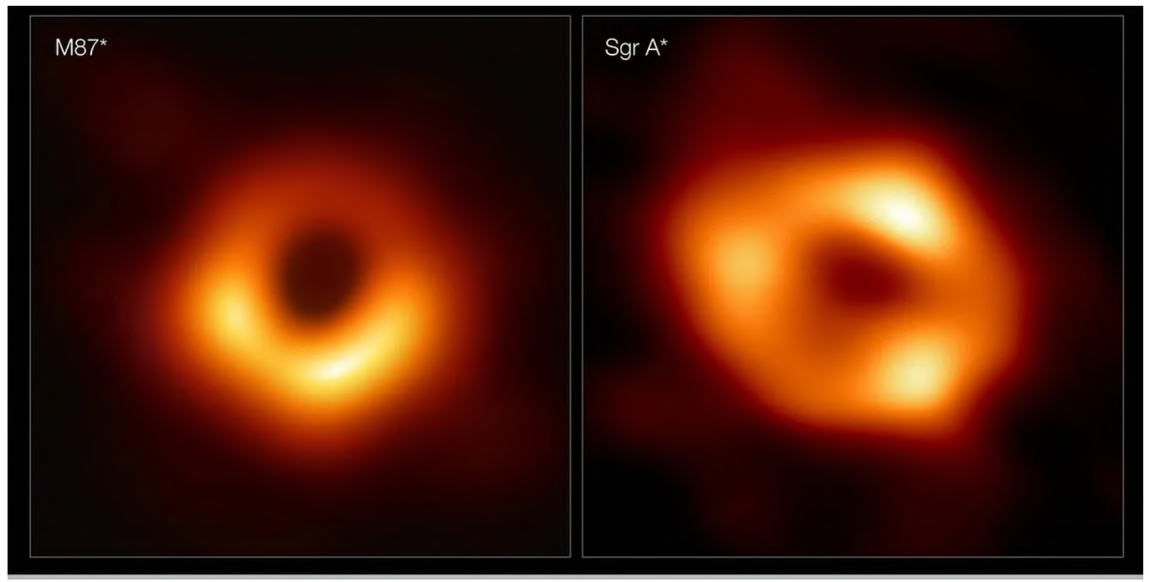
بلا. لهذا السبب، استعمال طول موجي مناسب يساعدنا كثيرا. إذا كنا على طول موجي أطول مثلا بثلاثة إلى سبعة مليمترات، وما زلنا نرى الجزء الحلقي على الرغم من أنه لا يقتصر فقط على كونه رقيقًا ومقتصراً على خط الاستواء، ولكنه في الواقع ضخم في امتداده الرأسي، فإن رؤيتنا ستكون مغطاة بشكل أساسي بتلك الحلقة. ولكن عندما تزيد الطول الموجي، تجد الطول الموجي المناسب حيث ينتج الضوء نفسه من أسخن جزء من الغاز والأقرب إلى الثقب الأسود.

إنه حقًا مثل منطقة رقيقة جدًا بالقرب من الثقب الأسود الذي يُضاء لنا. إذن نعم، نحن محظوظون لأن الضوء بذلك الطول الموجي يسافر عبر المجرة، المجرة لا تحجبه، ثم يسافر عبر غلافنا الجوي الذي بدوره لا يحجبه كذلك، كما لا تحجبه الحلقة. إذن نحن محظوظون ثلاث مرات، لكن في الوقت نفسه، كان ذلك جزءًا من العمل المبكّر حول الطول الموجي.

لا يوجد أكبر من سطح الأرض، لذلك يمكننا بالتأكيد زيادة كثافة عدد التلسكوبات الراديوية في الداخل، لكن في النهاية فإن الدقة الزاوية التي يمكننا الحصول عليها محدودة بهندسة الأرض. كيف يمكن توسيع شبكة تلسكوب أفق الحدث بما في ذلك تلسكوبات راديوية أخرى، علما أن هناك واحد في إفريقيا؟ وهل تلسكوب SKA واحد منها؟ وأيضًا بالنسبة للقطر الزاوي الذي يمكننا ملاحظته، أعتقد أنه يُمثل حوالي 50 ميكرو قوس ثانية، فهل وضعتم جميع الأهداف؟

مصفوف الكيلومتر المربع SKA

للأسف، SKA هو طول موجي غير مناسب، هذا التلسكوب لا يراقب نطاقات الميلمتر التي نحن مهتمون بها. ولكن هناك تلسكوب مخطط له في ناميبيا سينضم إلى الشبكة ونحن متحمسون جدًا لذلك. الصحراء المرتفعة تعتبر مثالية للمراقبة في طول الموجة الميليمترية، والمشروع يسير على قدم وساق. علاوة على ذلك، يمكننا القيام بذلك في عدد قليل من المواقع الأخرى على الأرض، ويمكننا إضافة عدد قليل من الأطباق في قمم الجبال والمناطق الجافة، وهذا سيحسن جودة الصورة.



صورة ملتقطة من طرف EHT للثقب الأسود في مجرتنا والثقب الأسود في قلب مجرة M87

ما هي مناطق العالم التي لم تتم تغطيتها بعد؟

إفريقيا لم تتم تغطيتها حاليًا على الإطلاق، إذن يمكن أن يكون لدينا طبقان هناك. كما تعلم، في التداخل، ليس فقط طول الموجة الأطول، مثل أطول فاصل يهم، بل إن امتلاك سلسلة متصلة من الفواصل هو المهم، فأنت تريد أن تكوّن المسافات بين أزواج التلسكوبات المختلفة الصغيرة والمتوسطة والكبيرة.

على سبيل المثال، في أريزونا، كان هناك بالفعل تلسكوب مليمتري على جبل جراهام، وكان هناك جهد لبناء تلسكوب آخر في قمة قريبة، لأن أقرب مسافة تساعدك أيضًا. وبالطبع، فإن المسافة بين الجزائر وناميبيا أطول.

ربما يكون الأقرب هو الذي في إسبانيا أو البرتغال؟

نعم، بالضبط في جبال الألب، وسنواصل محاولة توسيع مجموعة الأرض المستندة إليها. لكن كما قلت، فإن المجموعة الأرضية لها هدفان رئيسيان، حيث يمكننا القيام بعلم على نطاق أفق الحدث، ومراقبة التباين على مدار السنة وتوسيعه إلى أطوال موجية مختلفة. لذلك كنا نتحدث عن 1.3 مليمتر، وهو 230 جيجاهرتز.

نريد توسيع المجموعة على نطاق واسع إلى 345 جيجاهرتز لـ 0.86 مليمتر، وهذا يوفر دقة مختلفة، كما أنه يوفر القدرة على دراسة طبيعة الانبعاث المختلفة عند أطوال موجية قريبة، لذا أفهم البلازما حول الثقب الأسود بشكل أفضل، لكن لتوسيع قائمة الأهداف حقًا، سنحتاج إلى الذهاب إلى الفضاء.

على سبيل المثال، لقد عملنا على ورقة بحثية تعود إلى عام 2012 وتقول إن وضع تلسكوبات على الأقل بطبقين على ثلث الطريق إلى القمر على مدار أرضي مثل مدار أرضي مرتفع، سيجعل من الممكن مراقبة 20 ثقبًا أسودًا آخر بدلا من هدفين على نطاق الحدث.

الصعوبة تكمن في حجم البيانات، فكمية البيانات التي نسجلها يصعب نقلها إلى أسفل. في حملتنا لعام 2017، كانت البيانات المسجلة من جميع التلسكوبات تزن أكثر بقليل من نصف طن (الأقراص الصلبة). لذا تخيل حجم البيانات الذي نسجله، والآن يجب نقله فعليًا، أليس كذلك؟ يجب أن نكون أكثر مادية، غير أنه لا يمكننا، وليس لدينا سرعات إنترنت لنقل تلك البيانات. لذلك نريد الآن القيام بذلك من الفضاء، وإرسال البيانات إلى أسفل.

لذا فإن المفهوم الذي أعمل عليه هو هل يمكننا إجراء الارتباطات الحسابية المكثفة في الفضاء وليس فقط جلب البيانات المرتبطة والتي هي أصغر بكثير، لكن هناك أفكار أخرى حول أين نضعها، على أي ارتفاع سنحصل على أفضل علم وما هي التحديات.

حسنًا، كم عدد التلسكوبات الراديوية التي نحتاج إلى وضعها في الفضاء لتكون مفيدة ؟

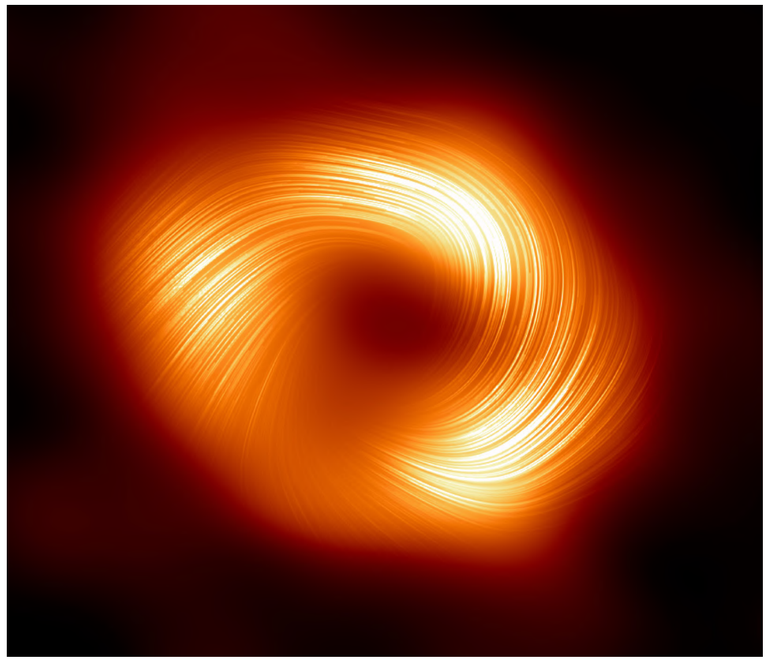
هذا سؤال إجاباته ليست محسومة. هناك مفاهيم مختلفة تمامًا لـ forex. كما لو كنت في مدار متزامن مع الأرض، فأنت تتحدث فقط إلى محطة أرضية واحدة وتبقى في مكانك. لكن جمال الذهاب إلى الفضاء في رأيي هو أنه يمكنك بالفعل القيام بذلك باستخدام عناصر أقل، عن طريق تحديد مدارات مختلفة والاعتماد على استباقها، فإنك تستعرض المسافات المختلفة بين تغطيتنا بها ثقوب، ولا يمكننا الحصول على عدد قليل جدًا من العناصر بسرعة كبيرة.

هذا يعني أنكم لن تعتمدوا على المدار المتزامن مع الأرض بسبب كونه ثابتًا؟ إنه مثل الأرض إذن؟

نعم، هذا اقتراح بديل تم طرحه. نقوم بعمل علمي أولي لمعرفة ما إذا كان ذلك ممكنًا، وما هي أفضل نتائج علمية. المسار الذي أستكشفه لا يعتمد على المتزامن مع الأرض. هناك مجموعة أخرى تستكشف المتزامن مع الأرض.

في الآونة الأخيرة، ظهرت بعض المقالات حول الطريقة التي يحسّن بها الناس صورة الثقوب السوداء باستخدام الذكاء الاصطناعي وتقنيات حاسوبية معينة. ولقد أتقنت ذلك الشكل للثقب الأسود الذي جعله أضيق، فهل هو أكثر دقة؟ وهل صحح بعض الجوانب ليخبرنا عن أحدث التطورات من حيث الصورة؟

بالتأكيد. قاد هذا العمل طالب دراساتي العليا السابقة ليانا دي روس. وقد عمل العديد منا على هذه التقنية لإعادة بناء الصور بمساعدة التعلم الآلي. تعود الفكرة إلى أمر ناقشناه بالفعل، فحتى مع وجود العديد من التلسكوبات حول الأرض، فإن

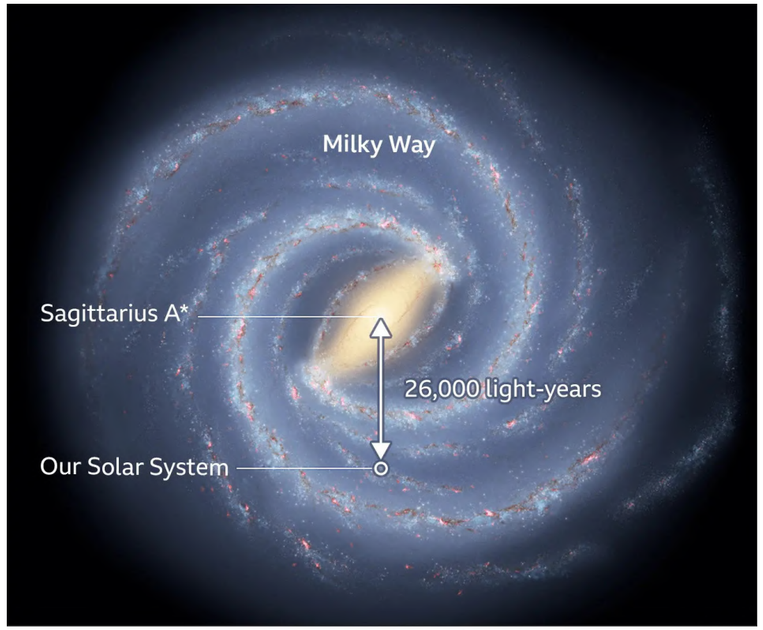


آخر صورة للضوء المستقطب المحيط بالثقب الأسود SgrA*

رؤية كاملة بزاوية 360 درجة للمصدر الذي يمكننا إنشاؤه بسلاسة في صورة واحدة. لذلك، في مساعينا السابقة، ما فعلناه كان محاولة ملء هذه المعلومات المفقودة باستخدام ما نسميه بالمنظّمات، وهو أمر شائع جدًا في مجال رؤية الكمبيوتر. لديك قواعد، مثل السلاسة وغيرها من الأشياء التي تغيّر النطاق لملء تلك المعلومات المفقودة، لذا تقوم بتغييرها، وتتساءل كيف يمكنك ملؤها ضمن حدود المعقول، ثم تعتمد متوسطها. هذا ما أدى إلى عدم وضوح تلك الصور الأولية. نحن نعلم أننا بحاجة إلى ملء هذا الفراغ، لكن لماذا لا نستخدم الفيزياء لملء هذا الفراغ؟

يمكننا استخدام مكتبة كبيرة جدًا من الصور المستنيرة بالفيزياء، بشكل أساسي. حقيقة أنك تستخدم الأشياء التي تعلمتها من المحاكاة الفيزيائية، تجعل التخمين أسهل بكثير. أنت لا تقول فقط دعني ألطّف هذا قليلاً لملء الرقع المفقودة، فأنت تتعلم من صور الكمبيوتر الخاصة بك وجميع طرق الملء، وبالتالي يمكنك أن تكون أكثر اقتصادا وتوجيها بكثير. لقد بدأنا في استخدام تقنيات التعلم الآلي هذه.

هل يمكنك أن تقولي كلمة عن تلسكوب لينكس للأشعة السينية الذي كنت تعملين عليه؟ أفهم أن هذا المشروع هو حجر الزاوية التابع لناسا. إذا تم تشغيله، فما الذي سيتغير في الملاحظات، وماذا سيجلب فيما يتعلق بتلسكوب الأشعة السينية الآخر؟ كذلك ما الشيء الجديد الذي سيجلبه لينكس خاصة لمزيد من فهم الأشعة السينية أو الثقوب السوداء والذي لا تستطيع شبكة تلسكوب أفق الحدث القيام به؟



المسافة بين مجموعتنا الشمسية و الثقب الأود لمجرتنا

كلفت ناسا بهذه الأمور، والعديد منها يأتي استعدادًا لمسح يتم كل 10 سنوات لأخذ مجموعة تعمل على تقييم المجال وتحديد أولويات العقد المقبل. لم يتم تحديد أولوية لينكس على درجة عالية جدًا، مما يعني أنه لا يزال يمثل مفهومًا قابلاً للتطبيق، ومًا زلت متحمسًا بشأنه، لكن الأمر سيستغرق وقتًا طويلاً، حتى في أفضل الظروف، يستغرق تلسكوب الفضاء ما يقرب من 20 عامًا. سوف يقدم معلومات حول الثقوب السوداء والمجرات ذات الانزياحات الحمراء العالية. إذن نعلم في وقت مبكر من عمر الكون أن الثقوب السوداء تتشكل بالفعل في سن صغيرة جدًا من الكون. نحن خارج نطاق ال 13.5 مليار سنة، وتتشكل الثقوب السوداء خلال 100 مليون سنة. بل يشمل هذا أيضا طريقة تشكل المجرات منذ تلك المرحلة المبكرة. إذن إنها حقًا علاقة تكافلية بين المجرات وثقوبها السوداء المركزية، فهي تشكل بعضها البعض.

ربما لا يكون هذا مفاجئًا، لكننا لا نعرف كيف يحدث ذلك. سيكون بمقدورنا الحصول على رؤية أبعد بكثير في الأشعة السينية، بتفاصيل أدق وأجسام أضعف، والعودة للوراء إلى التاريخ النشط للكون..

في إفريقيا والشرق الأوسط لا تحظى الفيزياء الفلكية بشعبية كبيرة لدى عامة الناس، ويُعتقد أنه لا يمكن كسب الرزق من خلالها، ولقد اعتدتُ أن أخبر الناس أن ينظروا إلى جائزة نوبل التي مُنحت لاكتشافات في الفيزياء الفلكية، ولطالما تساءلت لماذا يخجل الناس من التوجه إليها. فمثلا لماذا لا يُسمى قسم الفيزياء الذي ترأسينه في معهد جورجيا التقني بقسم الفيزياء الفلكية، مثل قسم جامعة بنسلفانيا؟

بالتأكيد، إذا كنت تنظر إلى الفيزياء كمجال اكتشاف أساسي، فإن الفيزياء الفلكية جزء لا يتجزأ منه، كل ما تقوله هو أننا نستخدم نفس الأدوات والنماذج الرياضية، على عكس تجارب سطح الطاولة فقط، أو الجسيمات دون الذرية، أو الطريقة التي ظهرت بها أشياء أخرى كثيرة في الفيزياء. أعتقد أن الصعوبة تكمن في النظر إلى الفيزياء كمجال تطبيقي فقط. إذن ماذا يمكنني أن أفعل مما يصب فقط في تطوير التكنولوجيا؟ خطوة نحو الهندسة؟

إذا نظرت إلى الأمر بهذه الطريقة، وسألت نفسك ما الذي سوف أتأمّله من النظر إلى ضوء النجوم، فسيكون ذلك في رأيي تعريفًا محدودًا للغاية للفيزياء، وهو ما كانت عليه الفيزياء دائمًا. اكتشاف كيفية عمل العالم الطبيعي، أدى إلى تقدمات تكنولوجية لا حصر لها، الليزر، وكل شيء حتى الصواريخ. كل شيء في مرحلة ما كان فيزياء أساسية، ثم أوجدت التطبيقات. لذلك لا أعرف لماذا يتردد أي من زملائك في تسمية الفيزياء الفلكية فرعًا من الفيزياء، كما قلت، إنها تؤدي إلى اكتشافات أساسية.

إنه أمر تاريخي فقط، أعتقد أنه بدأ أكثر هنا في معهد جورجيا التقني، منذ عقود كمجال تدريب أكثر نحو الهندسة، ثم دخلت في أنظمة ديناميكية مثل الأنظمة غير الخطية، ثم الفيزياء الفلكية، وبعدها الفيزياء الحيوية. الآن نحن نوظف أشخاصًا في العديد من مجالات الفيزياء المتقدمة في القرن الحادي والعشرين.

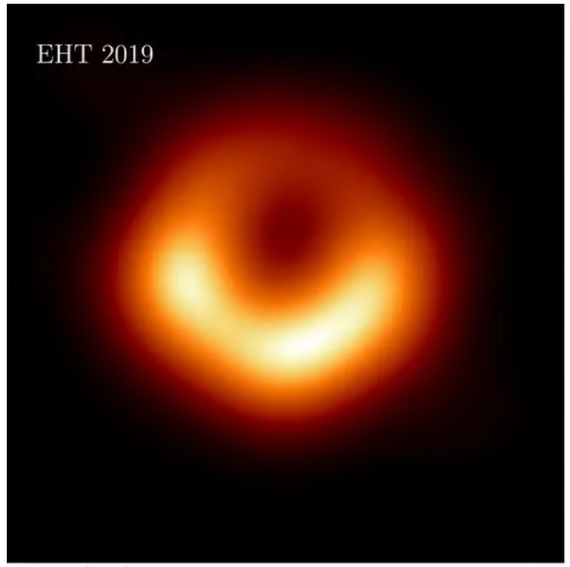
لم أفكر في تغيير الاسم، هناك بعض المؤسسات التي كان علم الفلك فيها جهدًا قائمًا منذ البداية، وأعتقد أن جامعة بنسلفانيا فعلت هكذا. من الواضح كذلك أن هناك مراصد في كاليفورنيا ونيو إنجلاند بدأت بعلم الفلك الرصدي ثم ربطته بالفيزياء. ينبع مجالنا من جهد فيزيائي، ونشعر أننا نقوم بفيزياء فلكية صحيحة، لكن الاسم شامل فقط في اعتقادي.

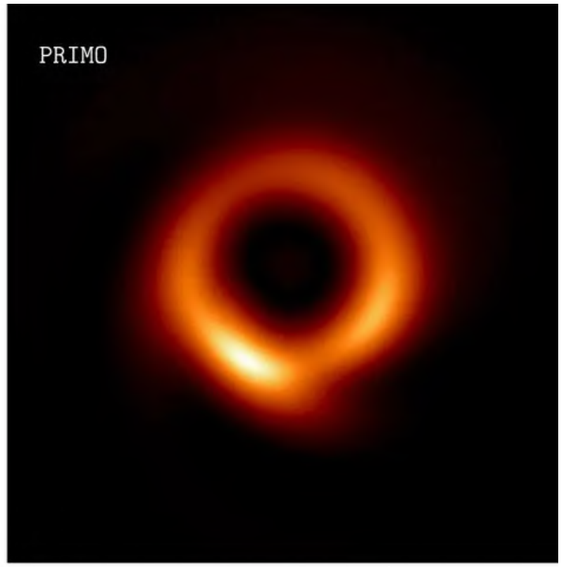
أعتقد أنه في بعض الأماكن يتم أخذ الأسماء على محمل الجد.

هذا صحيح، حتى مع أسماء التخصصات مثل التخصص الذي تقدمه، يمكنك إجراء مناقشات لمدة عام حول ما إذا كان هذا الاسم يعكس ماهية ذلك التخصص. أعتقد أن بعضها منطقي وبعضها تاريخي.

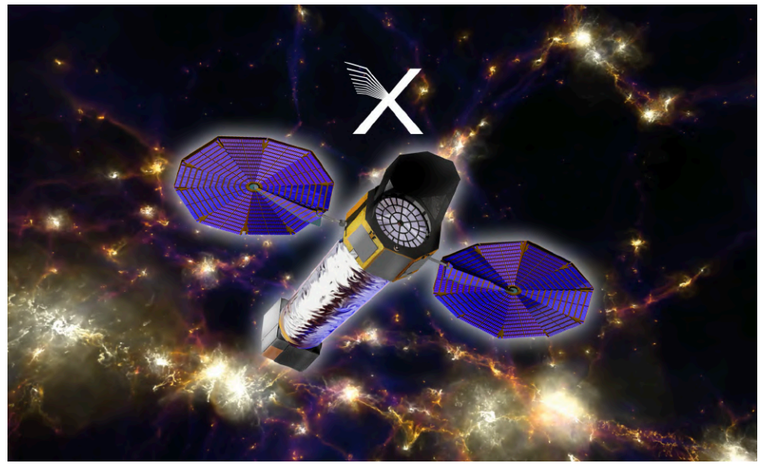
نعم، لكن كما تعلمين، فإن بعض زملائنا الفيزيائيين لا يعرفون شيئًا عن الفيزياء الفلكية، ولكن أتحدث عن أشخاص لا يعرفون ما هي المجرات، والسدم الكونية، معظمهم لا يعرفون العالم الأوسع. نقدر تعليقاتك، فهذه هي الأشياء التي نأمل أن تُحدث تغييرًا، مثل إحضار فيزيائيين والتحدث عما يفعلونه، وكيفية فعل الأشياء، ونقدر أيضًا وقتك.

نعم، صحيح، نأمل ذلك. شكرًا لكم لقد كان حوارا ممتعًا للغاية، وإذا كنت تريد التحدث عن التلسكوب الجزائري الذي يمكن إدخاله في شبكة EHT فأخبرني بذلك.

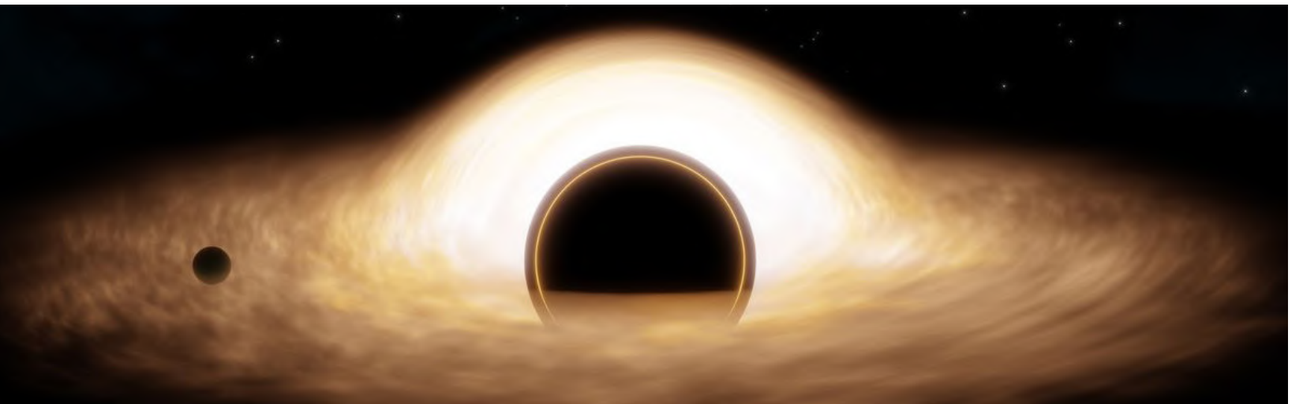




مقارنة بين الصورة الأصلية (يسار)، التي تم التقاطها عام 2019، ونسخة جديدة مدعمة بالذكاء الاصطناعي يعتقد العلماء أنها أقرب إلى الشكل الذي قد يبدو عليه الثقب الأسود في الواقع



تلسكوب Lynx للأشعة السينية



مفارقة الثقوب السوداء

أين تذهب المعلومات عند دخولها في الثقب الأسود؟

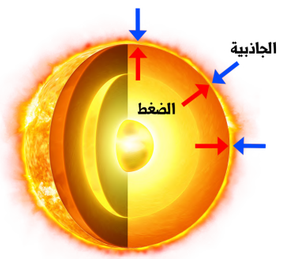
بقلم د . هشام قرقوري

باحث في الفيزياء الفلكيّة بوحدة البحث في الوساطة العلمية

تخيّل أن لديك تفاحة وقررت سحقها. يتغير شكل التفاحة، وتتحول إلى عصيدة وعصير. على الرغم من أنه لم يعد من الممكن التعرف عليها على أنها تفاحة، إلا أن المعلومات المتعلقة بها كشكلها وطعمها ولونها وعدد البذور التي تحتوي عليها لم يتم فقدانها حقًا. إذا كنت تعرف ما يكفي عن الطريقة التي تم بها سحق التفاحة، وكان بإمكانك فحص كل قطرة من العصير وقطعة من اللب، فمن الناحية النظرية، يمكنك معرفة شكل التفاحة بالضبط قبل سحقها. هذه الفكرة، وهي أن معلومات أي شيء لا تُفقد حقًا أبدًا، بغض النظر عن مدى تفككه. ولكن، ماذا لو دخلت هذه التفاحة داخل الثقب الأسود؟ هل ستبقى المعلومات المتعلقة بها؟

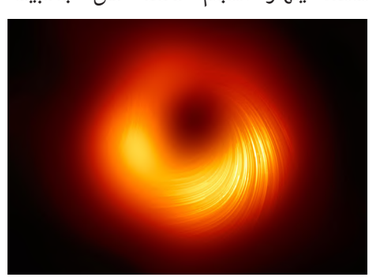
ما هو الثقب الأسود؟

تُمثّل الثقوب السوداء أكثر الألغاز الفيزيائية والرياضية غموضًا في الكون، حيث تتشكل من بقايا النجوم العملاقة عندما تنفد طاقتها النووية وتستسلم لقوة الجاذبية الخاصة بها. فكما نعلم تحافظ النجوم على توازنها بفضل قوتين رئيسيتين: قوة ضغط هائلة ناتجة عن التفاعلات النووية في قلبها تحاول دفع المادة إلى الخارج، وقوة جذب عظيمة تحاول سحب المادة نحو الداخل. تُولِّد النجوم ذات الكتل الضخمة ضغطًا هائلاً بسبب درجات الحرارة العالية في نواتها، مما يسمح بإنتاج عناصر أثقل حتى تصل إلى عنصر الحديد (Fe). وفي الوقت نفسه، تُكسِبُها كتلتها الهائلة قوة جاذبية قوية جدا.



توازن النجوم بحافظ عليه الجاذبية والضغط الناتج عن التفاعلات النووية في قلبها

لكن عند الوصول إلى عنصر الحديد، تتوقف التفاعلات النووية في النواة، ويفقد النجم الطاقة اللازمة لمقاومة جاذبيته. ونتيجة لذلك، ينهار النجم تحت ثقل جاذبيته الخاصة، وتُضغَط مادته في مساحة صغيرة للغاية. تؤدي هذه العملية إلى تحوّل النجم الضخم إلى ثقب أسود يمتص أي شيء قريب منه، بما في ذلك الضوء، أسرع شيء نعرفه، لا يمكنه الهروب.



أول صورة لثقب أسود بواسطة تلسكوب أفق الحدث في قلب مجرة M87

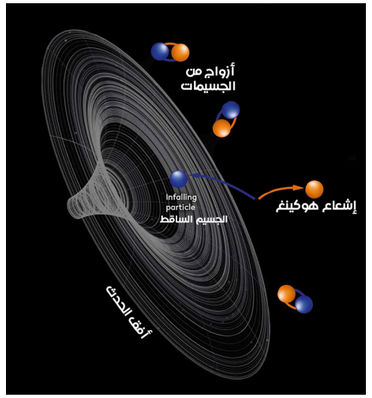
استكشاف الثقوب السوداء يشبه محاولة قراءة كتاب بلغة لا يفهمها أحد تمامًا حتى الآن. إنها تتحدى معرفتنا وتدفع العلماء إلى التفكير خارج الصندوق، وتقدم نافذة فريدة على الظروف القاسية للكون. وبينما نسعى جاهدين لكشف هذه الألغاز الكونية، تواصل الثقوب السوداء إبهارنا وإلهامنا، وذلك لغرابة الأحداث التي تحصل حولها وقلة المعلومات التي نحصل عليها منها، فلا شيء يدخل داخل الثقب الأسود يمكنه الخروج منه.

إشعاع هوكينغ

ستيفن هوكينغ Stephan Hawking

في سبعينيات القرن الماضي، قدّم الفيزيائي الشهير ستيفن هوكينغ مفهوما ثوريا شكك في فهمنا التقليدي للثقوب السوداء. قبل عمل هوكينغ، كانت الثقوب السوداء تُعتبر بمثابة «مكنسات كونية أبدية» لا يمكن الهروب منها. لكن أبحاث هوكينغ كشفت أنه بسبب تأثيرات كمومية تحدث بالقرب من حدود الثقب الأسود المعروفة بأفق الحدث، يمكن للثقوب السوداء أن تنبعث منها إشعاعات.

لا يوجد فراغ حقيقي بالمعنى المطلق في الكون، حسب نظرية المجالات الكمية، إذ أن لكل نقطة في الفضاء طاقة تُعرف بطاقة الفراغ، وهي تمثل أقل طاقة ممكنة لأي نظام فيزيائي كمي. وتحت ظروف خاصة، يمكن لهذه الطاقة أن تُنشئ زوجًا من الجسيمات. أحد هذين الجسيمين قد يحمل طاقة سلبية بالنسبة لمراقب خارجي.



مخطط يوضح تكوّن أزواج من الجسيمات عند أفق الحدث

عادةً ما تكون أزواج الجسيمات هذه قصيرة العمر، حيث تتلاشى وتتحول مرة أخرى إلى طاقة الفراغ بسرعة. لكن عندما يتشكل زوج كهذا بالقرب من أفق الحدث لثقب أسود، يحدث أمر استثنائي. إذا سقط الجسيم ذو الطاقة السلبية (بالنسبة للمراقب الخارجي) داخل الثقب الأسود قبل التلاشي، فهو يقلل في الواقع من كتلة الثقب الأسود. يحدث هذا التخفيض لأن الثقب الأسود يمتص الطاقة السلبية، مما ينقص من إجمالي طاقته، أي كتلته، وذلك حسب معادلة اينشتاين $E=mc^2$.

أما نظيره، الجسيم الذي لا يسقط في الثقب الأسود، يهرب على شكل إشعاع. هذا الجسيم هو ما نسميه «إشعاع هوكينغ». وبفضل هذه العملية، يمكن لثقب أسود أن يفقد كتلة بمرور الوقت، مما يؤدي إلى إمكانية تبخره التام مؤديا إلى اختفاء كل شيء من المادة التي قام بابتلاعها بما في ذلك المعلومات.

انحفاظ المعلومات في ميكانيكا الكم

تعمل ميكانيكا الكم، إحدى النظريات الأساسية للفيزياء الحديثة، على مبادئ تختلف بشكل كبير عن الفيزياء الكلاسيكية. ومن هذه المبادئ يكمن مفهوم إنحفاظ المعلومات. في ميكانيكا الكم، تشير المعلومات إلى الوصف الكامل لحالة النظام. تطلعنا هذه المعلومات على احتمالات مكان وجود الجسيمات وحالاتها، وبحسب النظرية فإن هذه المعلومات تتطور بطريقة حتمية مع مرور الوقت من خلال معادلة شرودنغر. بشكل أساسي، إذا كنت تعرف الحالة الدقيقة لنظام ما في وقت ما، فيمكنك حساب حالته

في أي وقت آخر، في الماضي أو المستقبل.

مبدأ حفظ المعلومات في ميكانيكا الكم يعني أن المعلومات لا تُخلق ولا تُدمّر. وهذا أمر بالغ الأهمية لأنه يدعم القدرة على التنبؤ واتساق الكون على المستوى الكمي. على سبيل المثال، إذا قمت بإجراء تجربة كمومية بنفس الشروط الأولية تمامًا، فستحصل على نتائج يمكن التنبؤ بها إحصائيًا، على الرغم من كونها احتمالية بطبيعتها، استنادًا إلى الدالة الموجية. هذه القدرة على التنبؤ هي ما يسمح للفيزيائيين بإجراء قياسات وتنبؤات دقيقة حول الجسيمات الذرية ودون الذرية.

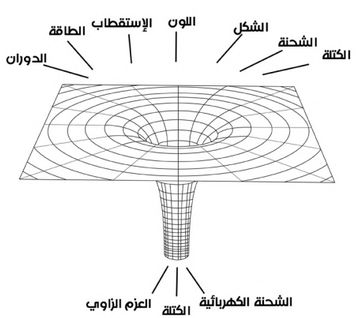
مفارقة الثقب الأسود: معضلة المعلومات

تتجلى مفارقة معلومات الثقب الأسود عندما نظر إلى ما يحدث للمعلومات المتعلقة بالحالة الفيزيائية للأشياء التي تسقط في ثقب أسود. إذا تبخر الثقب الأسود بالكامل في النهاية بفعل إشعاع هاوكينغ، ولم يبقَ سوى إشعاعه الحراري، فإن المعلومات التفصيلية عن الحالة الأصلية للأجسام تبدو وكأنها قد فقدت. تتعارض هذه النتيجة مع مبدأ ميكانيكا الكم الذي ينص على ضرورة الحفاظ على المعلومات. يبدو أن الإشعاع المنبعث من الثقب الأسود حراري بحت ولا يحتوي على أي معلومات محددة حول ما ابتلعه الثقب الأسود طوال عمره. وبالتالي، فإن اختفاء الثقب الأسود، إلى جانب جميع المعلومات عن المادة التي استهلكها، يوحي بانتهاك أساسي لقوانين ميكانيكا الكم.

هناك العديد من الجهود المستمرة لإيجاد نظرية متماسكة توحد النسبية العامة، التي تصف السلوك الجذبوي للأجسام الكبيرة مثل الثقوب السوداء، وميكانيكا الكم التي تحكم سلوك الجسيمات بأصغر المقاييس. ومن المتوقع أن يؤدي حل مفارقة معلومات الثقب الأسود إلى توفير رؤى عميقة حول طبيعة الواقع، مما يؤدي إلى فهم جديد للكون ينسجم مع هذين العمودين الرئيسيين للفيزياء الحديثة.

نظرية اللا شعر «No hair theorem» للثقوب السوداء

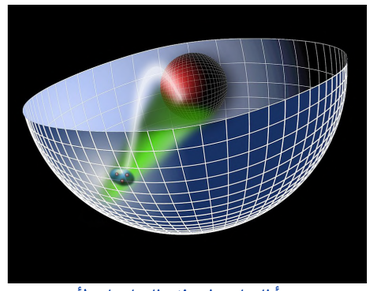
في الفيزياء النظرية، تمثل «نظرية عدم الشعر» تخمينًا يصف الثقوب السوداء بثلاثة معايير كلاسيكية قابلة للملاحظة فقط: الكتلة، الشحنة الكهربائية، وعزم الزاوي (الدوران). تقول النظرية بشكل أساسي إنه بغض النظر عن تعقيد وطبيعة المادة التي تقع في الثقب الأسود، يمكن وصفها بالكامل بهذه الخصائص الثلاثة. يؤدي هذا التبسيط إلى تشبيه بأن الثقوب السوداء «ليس لها شعر» - أي أنها تفتقر إلى أي ميزات أو «شعر» يمكن أن يميز ثقب أسود عن آخر، باستثناء اختلافات في الكتلة والشحنة



كل المعلومات التي تدخل في الثقب الأسود تختفي ماعدا الكتلة، الشحنة والعزم الزاوي

والدوران.
تمت صياغة مصطلح «عدم الشعر» للتعبير عن فكرة أن المعلومات التفصيلية حول المادة التي شكلت الثقب الأسود أو سقطت فيه (مثل التركيب واللون أو أي خصائص أخرى) لا يتم الحفاظ عليها بطريقة تؤثر على خصائصه الخارجية. بمجرد أن يعبر أي جسم أفق الحدث، فإن التأثير الوحيد الذي يتركه على خصائص الثقب الأسود الخارجية هو من خلال التغييرات في كتلة الثقب الأسود أو شحنته الكهربائية أو عزم الزاوي.
تعمل نظرية «عدم الشعر» على تبسيط نمذجة الثقوب السوداء في النسبية العامة ولها تداعيات عميقة على طبيعة الثقوب السوداء وتناقض المعلومات. إذا كان الثقب الأسود حقًا ليس له شعر، فإن كل المعلومات المتعلقة بالمادة التي دخلت فيه تبدو وكأنها قد فقدت على الكون الخارجي، مما يساهم في تناقض معلومات الثقب الأسود. ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن نظرية «عدم الشعر» تنطبق في إطار النسبية العامة الكلاسيكية، وقد يختلف الوضع عندما يتم أخذ التأثيرات الكمومية، كما هو موضح في نظريات مثل الجاذبية الكمومية، في الاعتبار.

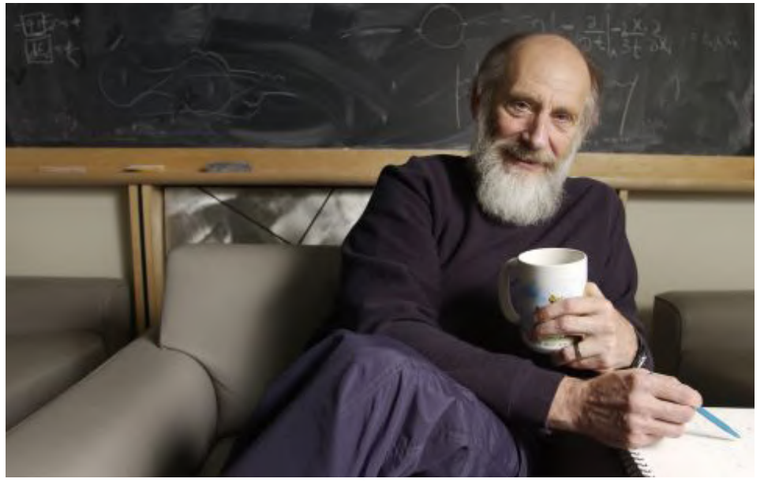
حلول المفارقة:



حسب مبدأ الهولوغرام، فإن المعلومات لأي جسم تشفر على سطح ثنائي الأبعاد

مبدأ الهولوغرام

لحل هذه المفارقة، وُضعت العديد من الفرضيات، حيث تقترح إحداها أن المعلومات حول أي جسم ثلاثي الأبعاد مشفرة على حدود ثنائية الأبعاد. في سياق الثقوب السوداء، ينص هذا المبدأ على أن جميع المعلومات حول المادة والطاقة التي تقع في الثقب الأسود يتم تخزينها فعليًا على سطح ثنائي الأبعاد عند أفق الحدث الخاص به، وهو الحد الذي لا يمكن بعده



ليونارد ساسكيند: مهندس الكون الهولوغرافي

أي شيء الهروب من جاذبية الثقب الأسود. وهي فكرة مستوحاة من الهولوغرام، حيث يمكن إستعمال البيانات المخزنة في سطح ثنائي الأبعاد لإعادة بناء صورة ثلاثية الأبعاد.
يعتبر البعض هذه الفكرة ثورية لأنها تقترح أن الفضاء والزمان ونسيج الكون قد يكون ثنائي الأبعاد بشكل أساسي، وأن العالم ثلاثي الأبعاد الذي نستشعره ما هو إلا إسقاط من هذه الطبقة الأساسية. إنها تتحدى مفاهيمنا التقليدية للفضاء والحجم، وتقترح أنه يمكن وصف كل ما نراه في ثلاثة أبعاد بالكامل من خلال المعلومات المخزنة في بعدين.

تدمر المعلومات حول أي جسم يدخل الثقب الأسود في أفق الحدث بفعل الجدار الناري (Firewall)

الجدار الناري (Firewall)

في سنة 2012، اقترحت مجموعة من الباحثين من جامعة كاليفورنيا فكرة جديدة لحل المفارقة، وهي أن أفق الحدث للثقب الأسود، على عكس تنبؤات النسبية العامة التي تصفه بأنه منطقة هادئة نسبيًا، فهو في الواقع منطقة ذات طاقة عالية جدا. وهذه الطاقة كافية لتدمير و»حرق» أي مادة تدخل الثقب الأسود تماما مثل جدار الحماية (Firewall). وبالتالي، فإن المعلومات الكمية لهذه المادة يتم إرسالها مرة أخرى في الفضاء عندما يتم حرق المادة بواسطة جدار الحماية، بدلاً من فقدها داخل الثقب الأسود، مما يحافظ على مبدأ انحفاظ المعلومات في ميكانيكا الكم.

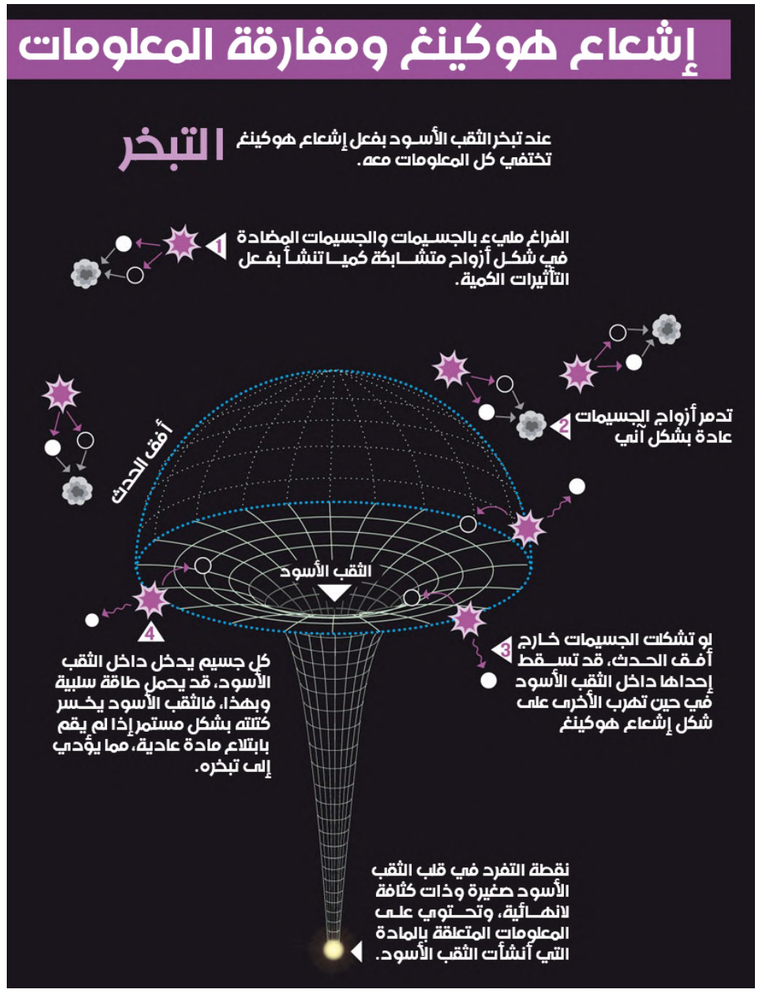
تكاملية الثقوب السوداء

هي فكرة أخرى اقتُرحت من طرف الفيزيائي الشهير ليونارد ساسكيند (Leonard Susskind) سنة 1990، حيث تقول الفكرة إن المعلومات عند وصولها إلى أفق الحدث تنعكس الى الفضاء بالنسبة لملاحظ خارج الثقب الأسود، وتمر عبر أفق الحدث بالنسبة لملاحظ داخل الثقب الأسود، لكن مبادئ ميكانيكا الكم تمنع أي مراقب من رؤية كلتا النتيجتين في وقت واحد.

يشبه هذا المبدأ قولنا أن صديقين، أحدهما يقف خارج الثقب الأسود والآخر يقفز فيه، فسيريان نتيجتين مختلفتين عما يحدث للأشياء التي تسقط في الثقب الأسود. بالنسبة للصديق الذي يقف بالخارج، يبدو الأمر وكأن جميع المعلومات حول الأشياء تلتصق بسطح الثقب الأسود ولا تدخل ثم ترسل إلى الفضاء مجددا، في حين ستبدو المعلومات للصديق الذي يقفز داخل الثقب وكأن المعلومات تعبر أفق الحدث بشكل عادي. وكأنها خدعة سحرية لورقة موجودة في مكانين في نفس الوقت، ولكن لا يمكن لأحد أن يرى كلا المكانين في نفس الوقت. وبهذه الطريقة، يحافظ الكون على أسراره دون إفساد القواعد التي نعتقد أنه يتبعها.

التشابك الكمومي

يقترح هذا الحل أن المعلومات محفوظة في إشعاع هوكينغ، حيث يحتوى الجسيم الذي ينبعث كإشعاع هوكينغ على المعلومات الخاصة بالجسيم الذي يدخل داخل الثقب الأسود في ظاهرة تعرف بالتشابك الكمومي،



وهو عبارة عن تأثير كمي يحدث بين بعض أزواج الجسيمات حيث تتأثر إحداها بأي تغيير يطرأ على الأخرى آنيا بغض النظر عن المسافة بينهما.

الآن، تخيل الثقوب السوداء كدائرة سحرية في الملعب. عندما تظهر الجسيمات بالقرب من هذه الدائرة، قد يعلق أحدها داخل الدائرة السحرية (الثقب الأسود)، بينما يركض الآخر ليروي قصصًا عما يحدث داخل الدائرة. بسبب ارتباطهما الخاص، يمكن للجسيم الذي يهرب أن يشارك أسرارًا حول الجسيم المحبوس، ويخبرنا عما يوجد داخل الثقب الأسود دون الدخول إليه على الإطلاق. بهذه الطريقة، لا تضيع المعلومات حول ما ابتلعه الثقب الأسود، بل يتم نقلها بواسطة الجسيم الهارب.

نظرية توحيد القوى الكبرى

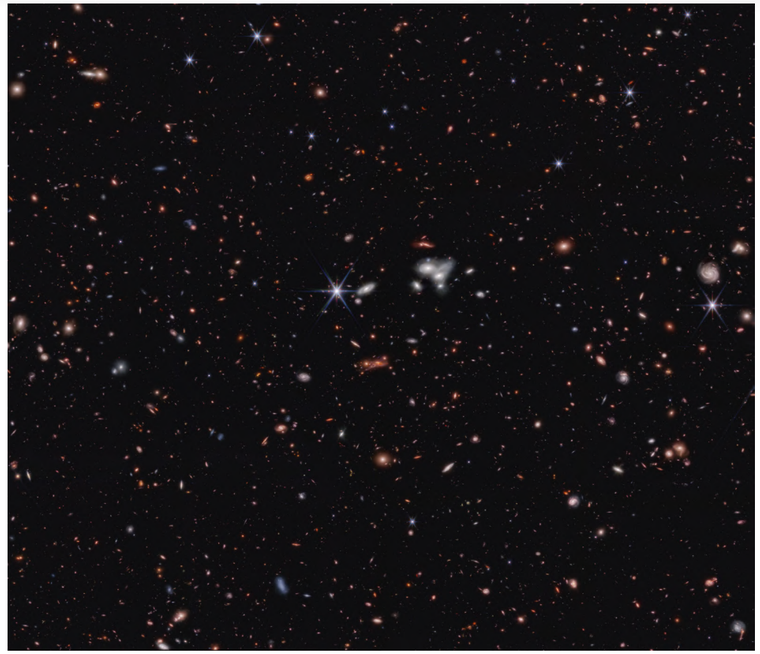
مفارقة معلومات الثقب الأسود هي لغز كبير في الفيزياء الحديثة. حيث تصطدم أكبر نظريتين في الفيزياء النظرية وهي ميكانيكا الكم والنسبية العامة، فهما لا تتفقان مع بعضهما البعض عندما يتعلق الأمر بالثقوب السوداء. وقد حاول العديد من الباحثين حل هذا اللغز لفترة طويلة ولكن دون الوصول إلى إجابة واضحة. لقد توصل الناس إلى الكثير من النظريات الإبداعية، لكننا مازلنا نبحث عن النظرية التي تناسبها تمامًا. هذه المفارقة هي بمثابة دليل على أننا نفتقد شيئًا مهمًا حول كيفية عمل الكون. ويمكن أن يساعدنا حلها في كشف أسرار جديدة حول تطور الكون والمادة.

سوداء ولكنها ألمع ما في الكون

بقلم د . عبد الرحمان زغبي

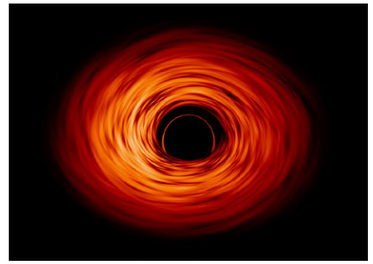
باحث بجامعة ميشيغان بالولايات المتحدة الأمريكية

خلال الأسبوع الأخير من شهر ديسمبر من عام 2022، ولعدة أيام، كان تلسكوب جيمس ويب موجها نحو بقعة مظلمة من السماء، يسجل كل ما ينعكس من مرآته. خلالها، التقطت كاميراته مجموعة فوتونات سارت على امتداد الكون لمدة تقارب الثلاثة عشر مليار سنة، لتحط على التلسكوب. تبين فيما بعد أنها فوتونات انطلقت من محيط ثقب أسود في أطراف الكون عندما كان عمر الكون لا يزيد عن 600 مليون سنة.



صورة بواسطة تلسكوب جيمس ويب لمجال CEERS في السماء. كل نقطة في الصورة هي عبارة عن مجرة، وجزء كبير منها يضيء لوجود ثقوب سوداء في مراكزها.

هي مفارقة عجيبة. الثقوب السوداء تحمل كلمة السواد في اسمها، لكنها تعتبر من أكثر الأجرام لمعانا وأكثرها إصدارا للطاقة في الكون. كيف يمكن لنا فهم هذه المفارقة؟ كيف يمكن لجسم في الأطراف السحيقة للكون، يُفترض أن جاذبيته عالية لدرجة أن الضوء لا يمكنه الإفلات من مجاله، أن يرسل إشعاعات ضوئية يصل بعض منها لِمراصدنا هنا على الأرض. إنها طاقة التراكم.

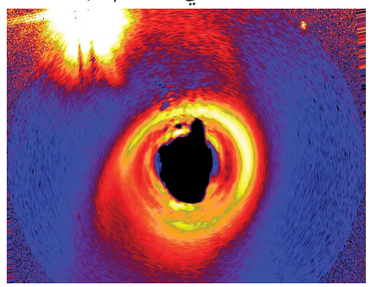


قرص التراكم هو المادة التي تدور حول الثقب الأسود مشكلة حلقة ساخنة تحيط به.

هناك العديد من مصادر الطاقة على الأرض، ومن أبرزها الطاقة النووية، وهي ما يعطي الشمس طاقتها. خلال تفاعلات الاندماج في مركز الشمس، تتحرر الطاقة عندما تندمج ذرات الهيدروجين لتشكل الهيليوم. هذه العملية هي واحدة من أكثر التفاعلات المحرِّرة للطاقة فعالية، إذ ينتج عنها تحويل ما يعادل 0.7 % من كتلة ذرتي الهيدروجين إلى طاقة مباشرة، بينما تشكل الكتلة المتبقية ذرة الهيليوم. هذا المعدل يعني أن الشمس بقيت تنتج طاقة على هذا النحو لحوالي خمسة مليارات سنة، ولديها ما يكفي من وقود الهيدروجين لخمسة مليارات سنة أخرى.

مقارنة بهذا المعدل من الفعالية في إنتاج الطاقة من التفاعلات النووية، فإن فعالية تحرير الطاقة من الأقراص التراكمية حول الثقوب السوداء قد تصل إلى 30%، ويحدث هذا عن طريق الأقراص التراكمية. فما هي الأقراص التراكمية؟ وما هي طاقة التراكم؟

الأقراص التراكمية هي ظاهرة طبيعية تحدث في كثير من الظروف التي تكون فيها الجاذبية هي القوة الرئيسية في أي نظام فيزيائي. فمثلا، لو بدأنا بكرة غاز كبيرة، ووضعنا وسطها جسما ذا كتلة ما في مركزها، فإن ذرات الغاز بداية ستنجذب نحو المركز تدريجيا، وبمجرد أن تبدأ هذه الذرات في التصادم، فإن حركتها



تنتج طاقة هائلة من دوران المادة حول الثقب الأسود تسمى بطاقة التراكم

المحكومة بقوانين حركيات الفيزياء، تبدأ تدريجيا في الدوران وتشكيل قرص يدور حول الجسم المركزي. هذا القرص المتشكل، والذي يسمح للمواد بالتحرك والانجذاب نحو المركز، هو ما يسمى بالقرص التراكمي.

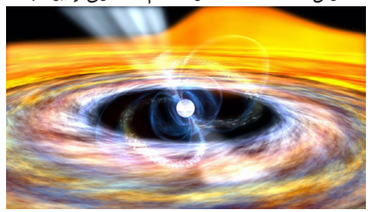
هذه الظاهرة هي ما يفسر وجود مدارات كل كواكب نظامنا الشمسي في مستوٍ واحد على سبيل المثال، حيث أنه بداية، كان النظام الشمسي سديما من الغازات والغبار، تشكلت الشمس في مركزه، وبعدها شكلت باقي الغازات قرصا تراكميا، لتتجمّع أجزاء من هذا القرص وتشكل الكواكب التي نعرفها اليوم في النظام الشمسي. وعند دراسة أنظمة نجمية أخرى، يمكن لعلماء الفلك أن يروا كيف تتشكل الكواكب حول نجوم أخرى في مجرتنا.

تدور كواكب المجموعة الشمسية حول الشمس في مستوٍ واحد

بنفس المبدأ، يتراكم الغبار والغازات الموجودة بكثرة في المجرات، وتسقط نحو مركز المجرة، أين يوجد ثقب أسود. تشير الدراسات الإحصائية إلى أن كل مجرة نعرفها تملك ثقبا أسودًا في مركزها. ولأن حركة هذه الغازات في أكثرها حركة عشوائية، فإن قوانين الفيزياء التي تقتضي انحفاظ كمية الحركة الدائرية تؤدي إلى تشكل قرص كما ذكرنا سابقا، وهو ما يسمى بالقرص التراكمي.

ما يميّز المادة في هذه الأقراص أنها تملك طاقة جاذبية كامنة، وبسقوطها نحو المركز تتحول هذه الطاقة الجاذبية الكامنة إلى طاقة حركية. تماما كما لو أننا رمينا كرة من بناية عالية على الأرض. قبل سقوطها، تملك الكرة طاقة جاذبية كامنة. تتحرر هذه الطاقة لو أطلقنا الكرة لتسقط، فتتحول هذه الطاقة الكامنة إلى حركة، تتمثل في تسارع حركة الكرة وهي تسقط، وهو تماما ما يحدث للغازات المتساقطة نحو أي جسم في مركز السحابة الغازية. ما يميز الثقوب السوداء عن غيرها من الأجسام هو أنها لا تملك سطحا يوقف السقوط، مما يؤدي لتحرُّر طاقة أكبر. هذا ما يفسر كيف أن تراكم الغازات في النجوم النيوترونية يحرّر طاقة أكبر من تراكمها على النجوم العادية، حتى لو كانتا بنفس الكتلة، لأن النجم النيوتروني، أصغر بكثير من النجم العادي لكون كثافته أعلى. وعلى نفس المنوال، فإن الثقب الأسود، كثافته أعلى، وبالتالي حجمه أصغر، ما يسمح بتحرّر كمية أكبر من الطاقة الجاذبية.

لا تزال هناك نقطة مهمة لم نتطرق إليها بعد،



قرص التراكم حول نجم نتروني

وهي كيفية تحول هذه الطاقة المحرّرة إلى ضوء يمكنه أن ينتقل بين أطراف الكون لتلتقطه تلسكوباتنا. لو أن الغازات المتراكمة على الثقب الأسود تساقطت دون أن تتفاعل مع بعضها، فإنها تحمل معها الطاقة المحررة (طاقة حركية تمثلها الحركة السريعة للغازات المتراكمة) نحو الثقب الأسود، ولا تترك أثرا. لكن ما يحدث في الواقع، أن الغازات وهي تتساقط تحتكّ مع بعضها، فتتحول طاقتها الحركية إلى طاقة حرارية، تسمح لها بالانتشار على شكل فوتونات ضوء، وهو الضوء الذي تلتقطه مراصدنا على الأرض.

يتغير لون الضوء الذي ترسله هذه العملية بحسب حرارة المواد المتراكمة التي ينبعث منها، وهو ما يعتمد على كمية الطاقة المحررة أثناء التراكم، وهو ما يعتمد بدوره على كتلة وكثافة الجسم المركزي. هذا ما يعني أنه يمكننا حساب كتلة الجسم المركزي في بعض الأحيان فقط بقياس الطيف المنبعث، أو بمعنى آخر، بقياس كمية الضوء التي يرسلها الجسم في كل من ألوان الطيف المختلفة، بما فيها تلك التي لا تراها عين البشر، الأشعة تحت الحمراء، فوق البنفسجية، والأشعة السينية.

يستعمل علماء الفلك تقنيات عديدة لدراسة تفاصيل الثقوب السوداء والأشعة الصادرة من الأماكن المحيطة بها. منها ما يعتمد على طيف الضوء، ومنها ما يعتمد على تغييرات الضوء المرسل بمرور الوقت. بعض التقنيات الحديثة تدمج بين الأسلوبين، حيث يقوم العلماء بمراقبة تغيرات الضوء في ألوان مختلفة، والبحث عن أي اختلافات بينها على شكل ترددات وصدى، فمثلا، لو لاحظنا تغيرا في الضوء الصادر من مكان ما، بعده بمدة، شاهدنا نفس التغيّر في الضوء، لكنه صادر من مكان آخر، يمكن أن نحسب المسافة بين المكانين اللذين أرسلا الإشارتين الضوئيتين، حتى وإن كانتا غير مرئيتين، تماما كما يستعمل طائر الوطواط الصوت لمعرفة الأماكن في الليل دون أن يراها بالعين.

رغم أن ما نعرفه عن الثقوب السوداء زاد كثيرا خلال العقود الخمسة الماضية، وهو في تطور مستمر، إلا أن هناك العديد من الأسئلة حولها التي لا نعرف الإجابة عنها. منها: كيف تتشكل؟ في حين أن طريقة تشكل الثقوب السوداء التي كتلتها تضاهي كتلة الشمس معروفة نسبيا، حيث أنها تتشكل بعد انفجارات المستعرات (سوبرنوفا) في نهاية حياة النجوم الكبيرة، لكن طريقة تشكل الثقوب السوداء عالية الكتلة (كتلتها بين مليون إلى مليار مرة كتلة الشمس) تبقى مجهولة، خاصة في المراحل الأولى من الكون، كتلك التي رصدها تلسكوب جيمس ويب. من المجاهيل أيضا كيف أن بعض الثقوب السوداء ترسل أحيانا مقذوفات نفاثة فائقة تنطلق من المركز في اتجاهين متقابلين، والكثير من الأسئلة التي نأمل أن تجيب عنها عمليات الرصد المستقبلية.

مجلة الشهاب العلمي تحاور الباحث رياض بغدادي

هل ستضاهي أنظمة الذكاء الاصطناعي ذكاء الإنسان؟

حاوره :
هشام قرقوري

أنهى الدكتور رياض بغدادي درجة الدكتوراه والماستر من جامعة السوربون بفرنسا INRIA, (France (Sorbonne University, Paris VI والتحق بالفريق البحثي لمعهد ماساتشوستش للتكنولوجيا الشهير MIT كباحث ما بعد الدكتوراه ثمّ كباحث مُنتسب، وهو يعمل كأستاذ مساعد بجامعة نيويورك بأبو ظبي بالإمارات العربية المتحدة، وأستاذ مساعد في الشّبكة العالميّة لجامعة نيويورك بالولايات المتّحدة الأمريكيّة.

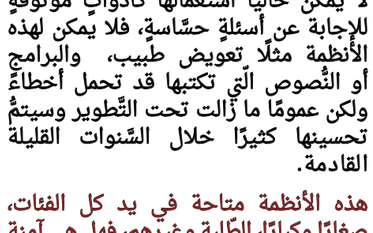
يُجري الدكتور رياض بغدادي أبحاثه على المحوّلات البرمجيّة (Compilers)، وتطبيقات تعلّم الآلة (Machine Learning)، ويهتمّ بشكل أخصّ بالتحسين الأوتوماتيكيّ لأداء الأكوادّ عالية المستوى للحصول على أكواد برمجيّة أكثر كفاءةً وفاعليّةً.

Abstract

Dr. Riyad Baghdadi holds a doctoral and master's degree from the Sorbonne University in France (INRIA, France (Sorbonne Université, Paris VI)) and joined the research team at the famous MIT Institute of Technology as a postdoctoral researcher and then as an affiliated researcher. He works as an assistant professor at New York University in Abu Dhabi - Abu Dhabi, United Arab Emirates, and an assistant professor in the network. International University of New York, USA. Dr. Riad is conducting researches compilers and machine learning applications. He is particularly interested in automatically improving the performance of high-level codes to obtain more efficient and effective code.

نرحب بك ضيفا للمرة الثانية في مجلة الشهاب العلمي. في البداية هلاّ شرّحت لنا ما هي أنظمة الذكاء الاصطناعي وفي ماذا تُستعمل ؟

عرفت السنة الماضية طفرةً كبيرةً في مجال الذكاء الاصطناعي، حيث تمّ تطوير عدد من أنظمة الذّكاء الاصطناعي التي أحدثت ثورةً في المجال. مثلًا تمّ طرح ChatGPT السنة الماضية من طرف شركة OpenAI وتلاه طرح مجموعة من الشركات لأنظمةٍ مشابهة، منها Gemini من جوجل وCopilot من مايكروسوفت و غيرها. أبرز هذه الأنظمة وأوّلها ظهورا هو نظام الـ ChatGPT والذي أحدث ضجّةً كبيرةً منذ طرحه، فهو نظامٌ قادرٌ على الإجابة عن أسئلة المستخدم، وقادرٌ على كتابة مقالات في مواضيع مختلفة، وقادرٌ على كتابة البرامج، وغير ذلك، فمثلًا بإمكان المستعمل أن يطلب منه شرح أحد المفاهيم المعقّدة كنظرية النسبيّة بشكلٍ بسيطٍ وسيقوم النّظام بكتابة فقرةٍ بسيطةٍ يُجيب فيها على المستخدم.



الكثير من قدرات ChatGPT كانت تُعتبر ضربًا من الخيال قبل بضع سنوات. أتذكّر بأنّنا قبل أربع سنوات تحاورنا -في فريق البحث الذي كنت أعمل رفقته في جامعة MIT- حول تطوير نظامٍ قادرٍ على كتابة برامج الكمبيوتر بشكلٍ ذاتيٍ انطلاقًا من نصٍّ يكتبه المستعمل، فعلى سبيل المثال يطلب المستعمل كتابة برنامج لعبة مُوجّه للهاتف الذكي، ويصف تفاصيل اللّعبة، فيقوم النظام بكتابة البرنامج الخاص بتلك اللّعبة. قبل أربع سنوات كنّا نعتبر هذا النّوع من المشاريع ضربًا من الخيال العلمي لأنّه لم تكن تتوفر لدينا أيّة طريقةٍ عمليّةٍ فعّالةٍ لتطويره. التقنيّة المستعملة في ChatGPT قادرةٌ على القيام بهذه المهمّة، وهو ما أدهش وما يزال يُدهش كلّ المختصّين.

رغم القفزة الّتي عرفها المجال إلّا أنّ هذه الأنظمة ما زالت غير دقيقة، فهي أحيانًا تُعطي إجاباتٍ خاطئةٍ. طبعًا هذا يعني أنّه لا يمكن حاليًا استعمالها كأدواتٍ موثوقةٍ للإجابة عن أسئلةٍ حسّاسةٍ، فلا يمكن لهذه الأنظمة مثلًا تعويض طبيب، والبرامج أو النّصوص الّتي تكتبها قد تحمل أخطاءً ولكن عمومًا ما زالت تحت التّطوير وسيتمّ تحسينها كثيرًا خلال السّنوات القليلة القادمة.

هذه الأنظمة متاحة في يد كل الفئات، صغارًا وكبارًا، الطّلبة وغيرهم، فهل هي آمنة للاستعمال أو قد تُشكّل خطرًا على بعض الفئات؟

للأسف ليست آمنةً تمامًا، مثلًا في أحد الحوادث قام شخصٌ كان يريد الانتحار باستشارة ChatGPT فما كان من النّظام إلّا أن زاد من سوء حالته، ونصحه بالانتحار وللأسف انتحر الشّخص. رغم أنّ الكثير من الجهود تُبذل من قبل الشّركات المطوّرة لجعل هذه الأنظمة آمنةً إلّا أنّها ما زالت تعاني من مشاكل في هذا الجانب.

في مجتمعاتنا عادةً ما يخشى النّاس من مثل هذه الأدوات، خاصّة كونهم لا يملكون فكرةً عن قدراتها، فهل لها تأثيراتٌ إيجابيّةٌ فقط أم لديها تأثيرات سلبيّة على مجتمعنا؟

ككلّ أداةٍ أو نظامٍ جديدٍ، سيكون لها تأثيراتٌ إيجابيّةٌ وأخرى سلبيّة. الإيجابيّة مثلًا أنّها ستُسهّل على النّاس القيام بمهامٍّ قد تأخذ وقتًا طويلًا. بإمكاني مثلًا أن أطلب من ChatGPT أو أيّ نظامٍ مشابهٍ أن يقوم بقراءة مجموعة كُتب، والبحث عن معلومةٍ معيّنةٍ، واستخلاصها من هذه الكتب، كما يمكنني أن أطلب منه ترجمة مقال مكتوب بلغةٍ أخرى وتلخيصه في فقرةٍ صغيرةٍ، وكلّ هذه الاستعمالات قد تكون إيجابيّة. من أمثلة الاستعمالات السلبيّة استعماله من قبل الطّلبة في حلّ واجباتهم المنزليّة، وكتابة مقالاتهم وبحوثهم، في هذه الحالة كثرة اعتماد الطّلبة عليه تعني أنّهم لن يتعلّموا بأنفسهم كتابة المقالات وهو ما سيشكّل نقطة ضعفٍ في تكوينهم.

ماهي الطرق السليمة لاستعمال أدوات الذكاء الاصطناعي وكيف يمكن أن نحصل على المعلومات والمصادر الصّحيحة منها؟

ينبغي التركيز على استعمال الذكاء الاصطناعي في المهام التي يتقنها، وتجنّب استعماله في المهام الّتي لا يُتقنها. فمن المهام الّتي يُتقنها تلخيص النّصوص، والبحث عن معلومة في نصٍّ، وكتابة النّصوص في مجالات عامّة معروفة للكثيرين، وإعطاء النّصائح العامة في الأسئلة الشّائعة، ومن الاستعمالات الخاطئة استعماله للإجابة عن أسئلةٍ دقيقةٍ، أو للإجابة عن أسئلة في مجالات دقيقةٍ جدًّا، واستخدامه في مجالات حسّاسة كالصحّة.

ماهي أخلاقيّات استعمال هذه الأنظمة خاصّةً فيما يتعلّق بالنّقل والسّرقة العلمية؟

نعم، الذكاء الاصطناعي أداةٌ يجب أن نستعملها بحيث تفيدنا ولا تضرّنا، فمن المضرّ أن يستعملها طالبٌ أو تلميذٌ للإجابة عن أسئلة الواجبات المنزليّة لأنّ الهدف منها هو مساعدته على التعلّم والتمكّن ممّا درسه. من غير الأخلاقي أيضًا استعمالها لكتابة مقالات أو كتب وعدم ذكر ذلك، لأنّ جودة تلك المقالات أو الكتب لن تكون بمثل جودة ما يكتبه الإنسان المختصّ، وبالتّالي من الغرر تسويقها على أنّها مكتوبةٌ من طرف مختص بينما هي مكتوبةٌ من طرف أداة آلية وقد تحوي أخطاءً.

لهذا هناك مجال كامل من مجالات الذكاء الاصطناعي يُعنى بدراسة أخلاقيّات أنظمة الذّكاء الاصطناعي، أين يمكننا استعمالها وأين يجب منعها.

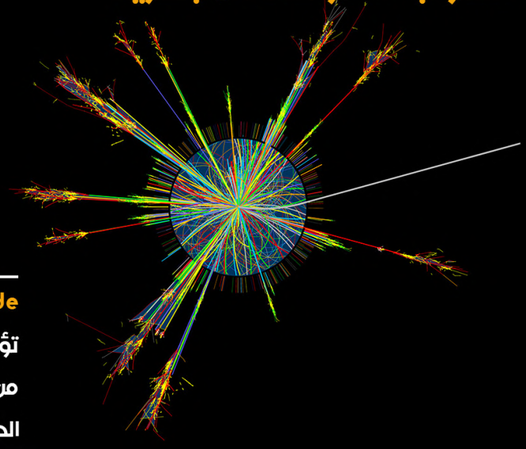
في ظلّ التطوّر الرّهيب الّذي يشهده هذا المجال، ماهو مستقبل الذكاء الاصطناعي؟

سيشهد هذا المجال قفزةً كبيرةً في المستقبل القريب مع كلّ الزّخم الّذي نعيشه اليوم، ولكن من غير الواضح إذا كان هذا النّوع من الأنظمة سيتطوّر أكثر ليتحوّل إلى أنظمةٍ ذكيّةٍ فعلًا قادرةٍ على القيام بمهامٍّ متقدّمةٍ. بعض الباحثين يظنّ بأنّنا إذا واصلنا العمل على تطوير التقنيّة نفسها فإنّنا سنصل إلى تطوير أنظمةٍ ذكيّةٍ بشكلٍ كبيرٍ قد يصل ذكاؤها إلى ذكاء الإنسان، والبعض الآخر يظنّ بأنّ التقنيّة المستعملة في تطوير ChatGPT لا يمكنها أبدًا أن تعطينا أنظمةً ذكيّةً فعلًا؛ ذلك لأنّها تعاني من عدّة نقائص نظريّة. المستقبل وحده هو من سيفصل هذا الجدل العلمي.

الثقوب السوداء
BLACK HOLES

الثقوب الدودية

الثقوب السوداء المجهرية



Black Hole Shadow - ظل الثقب الأسود

منطقة ظلية داكنة ناجمة عن انحناء الضوء بسبب الجاذبية حول الثقب الأسود، يبلغ حجمها تقريبا ضعف حجم أفق الحدث «منطقة الاعودة»

The Disk's Far Side - الجزء الخلفي من القرص

تؤدي جاذبية الثقب الأسود إلى انحناء مسار الضوء من الجانب البعيد للقرص، مما ينتج هذا الجزء من الصورة.

Photon Ring - حلقة الفوتونات

منطقة تُحتجز فيها جسيمات الضوء في المدار بسبب جاذبية الثقب الأسود الشديدة، مما يخلق شريطًا دائريًا ساطعًا من الضوء.

Doppler Beaming - شعاع دوبلر

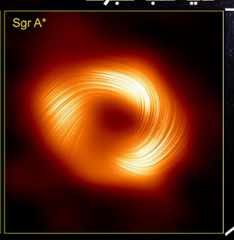
يكون الضوء الصادر من الغاز المتوهج في قرص التراكم أكثر سطوعًا على الجانب الذي تتحرك فيه المادة نحونا وأكثر خفوتًا على الجانب الذي تتحرك فيه بعيدًا عنا

Accretion Disk - قرص التراكم

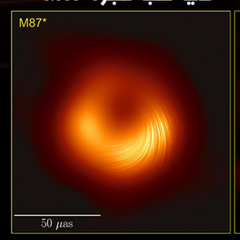
القرص الرفيع من المادة المنتشرة حول الثقب الأسود حيث تقترب بطء إلى داخل الثقب الأسود، وتسخن بسبب قوى الجاذبية والإحتكاك.

الثقوب السوداء المجرية

الثقب الأسود الموجود في قلب مجرتنا



الثقب الأسود الموجود في قلب مجرة M87



الثقوب السوداء النجمية

Design: H. Guergorui
وحدة البحث في الوساطة ونشر الثقافة العلمية

مرصد لينكس Lynx
مستقبل التلسكوبات الفضائية

بقلم: محمد أكرم زرمان

طالب دكتوراه في الفيزياء الفلكية بجامعة بجاية

منذ فجر البشرية، انجذبت أنظارنا إلى عجائب السماء. أثارت النجوم المتلألئة والقمر المهيب والأطوار المتغيرة للكواكب الفضول وألهمت أحلامًا بالمغامرة خارج حدودنا الأرضية. ومع ذلك، ظلت أبعاد الكون الحقيقية وتعقيده مخفية في الغموض حتى اختراع التلسكوب.

كانت التلسكوبات الأولى بدائية، حيث كان انكسار جاليليو جاليلي عام 1609 نقطة تحول محوريَّة. هذه الآلة البسيطة، الّتي تَستخدم العدسات لتكبير الأجرام البعيدة، أحدثت ثورةً في فهمنا للكون. كشفت ملاحظات جاليليو عن جبال على القمر، وأقمار تدور حول كوكب المشتري، وأطوار الزهرة، متحديًا النماذج الراسخة ومُشعلًا فتيل الثورة العلمية. بعد عمل جاليليو الرَّائد، تطوَّرت التلسكوبات بسرعة. تمَّ تقديم التلسكوبات العاكسة، الّتي تستخدم المرايا لجمع الضوء، ووفرت مجالات رؤية أوسع وقدرات أفضل لجمع الضوء، ومهَّد تصميم عاكس إسحاق نيوتن الطريق لأدوات أكبر وأكثر قوة، حتَّى وصلنا إلى بناء تلسكوباتٍ عملاقةٍ في مراصد مثل جبل ويلسون وبالومار.

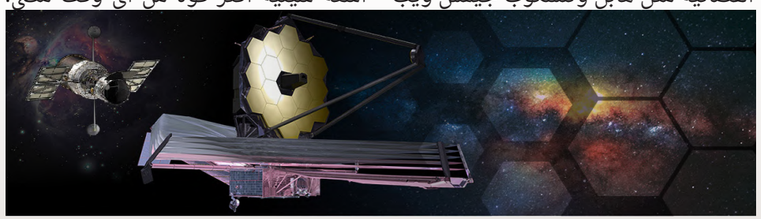
بينما ركزت التلسكوبات المبكِّرة على الضوء المرئي، سرعان ما توسَّع استكشافنا للكون ليشمل أطوال موجية أخرى. كشفت تلسكوبات الراديو الّتي تلتقط موجات الراديو المنبعثة من الأجرام السماوية، عن النجوم النبضية والكوازارات وإشعاع الخلفية للموجات الميكروية الكونية، ممَّا أشار إلى نظرية الانفجار العظيم.

سمحت التلسكوبات تحت الحمراء -الّتي تتطلّع عبر غبار السحب الحاجبة للضوء المرئي- للعلماء بدراسة تكوين النجوم وتطورها وكذلك الكون المبكر. كشفت تلسكوبات الأشعة السينية، الّتي تكتشف أشعة إكس عالية الطاقة، أسرار الثقوب السوداء والنجوم النيوترونية وبقايا المستعرات الأعظمية.

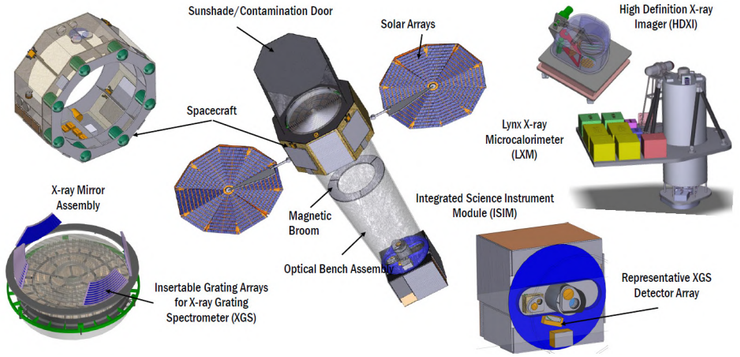
نقف اليوم في طليعة الرصد الفلكي، حيث تدفع التلسكوبات الضخمة حدود التكنولوجيا والكشف العلمي. تُوفر تلسكوبات عملاقة أرضية مثل مصفوفة أتاكاما الكبيرة المليمترية (ALMA) والتلسكوب الكبيرة جدًا (VLT) تفاصيل غير مسبوقة في أطوال موجات الراديو والأشعة تحت الحمراء، على التوالي.

ومن ناحيةٍ أخرى، تُقدم التلسكوبات الفضائيَّة مثل هابل وتلسكوب جيمس ويب الفضائي الذي تمَّ إطلاقه حديثًا (JWST) مناظر لا مثيل لها للكون في الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء وحتى الأشعة فوق البنفسجية. تدور هذه العجائب الهندسية حول الأرض، بعيدًا عن تشوه الغلاف الجوي، وتلتقط ضوءًا خافتًا من أعمق مناطق الفضاء. في الفضاء، ستغوص تلسكوبات مثل مرصد Lynx للأشعة السينية وتلسكوب الفضاء ذي المجال العريض للأشعة تحت الحمراء (WFIRST) بشكل أعمق في مجالات الطاقة العالية والأشعة تحت الحمراء، على التوالي. تهدف هذه المهمات إلى كشف ألغاز الثقوب السوداء والمادة المظلمة وأولى النجوم والمجرات التي تشكّلت على الإطلاق. سيكون مرصد Lynx للأشعة السينية موضوع مقالنا لهذا العدد.

منذ إطلاق مرصد تشاندرا للأشعة السينية عام 1999، اسكتشف علماء الفلك عالمًا خفيًّا من الظواهر عالية الطاقة، من الثقوب السوداء الهائلة إلى بقايا المستعرات الأعظمية المذهلة، ومع ذلك، فإن قدرة تشاندرا، على الرغم من نجاحه الباهر، ما زالت تواجه العديد من القيود، وهكذا، بدأت حلقة من الابتكار في أوائل عام 2009 مع فكرة جريئة: بناء تلسكوب أشعة سينية أكثر قوة من أي وقت مضى.



غاليلي غاليليو اول من استخدم التلسكوب لرصد السماء



مختلف المركبات المكونة للمرصد الفضائي للأشعة السينية Lynx

قلب الوحش: نظام مرآة Wolter-I

كانت الفكرة وراء Lynx هي دفع حدود علم وتكنولوجيا الأشعة السينية. تصور العلماء والمهندسون من جميع أنحاء العالم تلسكوبًا يمكنه الرؤية بشكل أعمق وأكثر وضوحًا في عالم الأشعة السينية، وكذا كشف أسرار جديدة عن الكون. تطلّب تحقيق هذه الأحلام تصميمًا مبتكرًا يتجاوز التقنيات التقليدية.

كانت رحلة تطوير Lynx رحلة تعاون دولي حقيقيَّة، ضمَّ المشروع أكثر من 200 عالم ومهندس من أكثر من 15 دولة، وعملوا معًا على تخطي التحديات التقنية الهائلة، تمَّ اختبار وتعديل كل عنصر من عناصر التلسكوب بعناية، من المرايا الدقيقة إلى أجهزة الكشف الحساسة، لضمان أداء لا تشوبه شائبةٌ في البيئة القاسية للفضاء.

بعد سنوات من العمل الشاق، يقترب Lynx من لحظة الحقيقة. من المتوقع أن يُطلق هذا التلسكوب الثوري في أواخر الثلاثينيَّات أو أوائل الأربعينيَّات من القرن الحالي، ليعلن عن بدء حقبةٍ جديدةٍ في علم الفلك بالأشعة السينيَّة. ومن المقرَّر أن يرى Lynx أوَّل ضوء ليس فقط كأداةٍ علميَّةٍ قوية، بل كشهادة على شغفنا بالاستكشاف والقدرة البشرية على الابتكار.

كشف التصميم: تحفة تكنولوجية داخل Lynx

يفتخر Lynx، مرصد الأشعة السينية من الجيل التالي، بتصميم ثوري يتجاوز حدود التكنولوجيا. دعونا نستكشف بعمق تفاصيل هذه التحفة التكنولوجية:

تجميعية مرايا الأشعة السينية

في قلب Lynx تكمن ميزته الأكثر إثارة للانتباه في نظام مرآة ثوري لم يُستخدم في أي تلسكوبات للأشعة السينية السابقة. على عكس التلسكوبات التقليديَّة الّتي تستخدم الأسطح العاكسة، يستخدم Lynx مرايا متداخلة بزاوية سقوط جانبيّة. تخيل ثلاث مرايا عملاقة وخفيفة الوزن كل واحدة منها مصنوعة من النيكل والإريديوم، وهي مادة قوية وخفيفة الوزن مثالية لعكس الأشعة السينية، مرتبة في تكوين متداخل. تستخدم هذه المرايا تصميمًا متخصصًا يسمى بصريات Wolter-I، حيث يعكس كل جزء من المرآة الأشعة السينية بزاوية ضحلة، ملامسةً السطح مثل حجر يقفز عبر الماء.

سحر Wolter-I

قوة تركيز فائقة: مقارنةً بالتلسكوبات التقليدية، تُوفر بصريات Wolter-I تركيزًا أكثر حدَّةً للأشعة السينيَّة. يُترجم هذا إلى مراقبة أجرام أضعف وأكثر بعدًا بدقة غير مسبوقة، والتعمق في الكون أكثر من أيِّ وقتٍ مضى.

مجال رؤيةٍ أوسع: على عكس تلسكوبات الأشعة السينيَّة التقليدية ذات مجالات الرؤية الضيقة، يوفّر التصميم المتداخل لمرايا Lynx بانوراما أوسع بكثير للمشهد السماوي. يسمح هذا لعلماء الفلك برصد المزيد من الأجرام ضمن ملاحظةٍ واحدةٍ، ممَّا يُعزز كفاءة الاكتشاف العلمي.

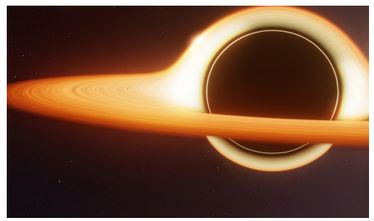
تصميم خفيف الوزن: يساهم الاستخدام المبتكر للبِّيكل والإريديوم والتكوين المتداخل، في نظام مرآة خفيف الوزن بشكل ملحوظ. هذا أمرٌ بالغُ الأهميَّة لإطلاق التلسكوب إلى الفضاء وضمان استقراره في المدار.

أبعد من المرايا: أجهزة الكشف المتطورة

لكن عجائب Lynx لا تتوقف عند المرايا، ولالتقاط الأشعة السينية بالكامل، فإنَّها تحمل مجموعة من أجهزة الكشف المتقدمة المصمَّمة خصيصًا للتعامل مع طاقات مختلفة من الأشعة السينية:

جهاز الكشف عالي الطاقة (HED): حسَّاس للأشعَّة السينيَّة عالية الطاقة، ومثالي لدراسة النوى المَجريَّة النشطة، وبقايا المستعرات الأعظمية، والثقوب السوداء.

جهاز الكشف متوسّط الطاقة (MED): مُحسّن لطاقات الأشعة السينية متوسطة المدى، ومثالي لمراقبة النشاط النجمي وتكوين النجوم وتجمعات المجرات.



محاكاة للثقب الأسود مع قرصه التراكمي

مصور الأشعة السينية الناعمة (SXI): مصمَّمٌ لالتقاط أشعة سينية منخفضة الطاقة، وهو أمرٌ بالغُ الأهمية لدراسة الوسط بين النجمي، ولادة النجوم، والكون المبكر.

كلُّ جهازِ كشف هو تحفةٌ هندسيَّةٌ، حيث يستخدمَ تقنيات متطوِّرة مثل مجموعات

وحدات البكسل السيليكونيّة والتّبريد المبرد لتعزيز الحساسيّة ودقّة الطاقة بشكل استثنائي. يسمح ذلك للعلماء بالتّمييز بين مصادر الأشعّة السينيّة المختلفة وإنشاء خرائط مفصّلة للظواهر السماوية الّتي يراقبونها.

التعاون والابتكار

يُعدّ تصميم Lynx شهادة على التعاون الدولي والجهود الدؤوبة للعلماء والمهندسين في جميع أنحاء العالم، فقد تمّ تخصيص سنوات من البحث والمحاكاة والاختبار لتطوير كلّ مكوّن، وضمان التكامل السلس لنظام المرايا وأجهزة الكشف والتقنيات المساعدة.

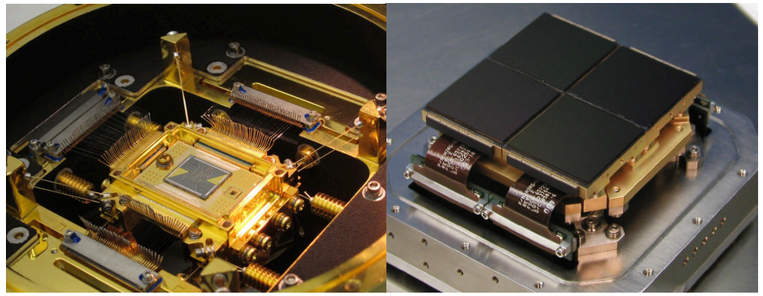
تقنيات التصنيع المتقدمة: يشتمل تصنيع مرايا النيكل والإريديوم على عمليات معقدة مثل التشكيل الكهربائي والتلميع، والّتي تتطلب دقّةً هائلةً لتحقيق الشكل واللّمسة السطحية المطلوبة.

تقنيات الطلاء المتقدمة: يتمّ تطبيق طلاءات خاصّة على المرايا لتعزيز قدرتها على عكس الأشعّة السينيّة وتقليل الوهج غير المرغوب فيه، ممّا يُعزّز حساسية النظام بشكلٍ أكبر.

تقنيات المعايرة المتقدمة: قبل الإطلاق، سيخضع المرصد بأكمله لإجراءات معايرةٍ صارمةٍ لضمان دقة وموثوقية بياناته.

ما هي الألغاز التي يسعى Lynx لحلها؟

كيف تنمو الثقوب السوداء الهائلة من فجر الكون إلى انزياح أحمر 3؟ وما علاقة هذه الثقوب بمجراتها المضيفة؟ هل تنشأ جميع الثقوب الهائلة عند انزياحات حمراء عالية أم تتشكل بعض البذور لاحقًا أو تنمو بسرعة عند انزياحات حمراء أقل؟ وهل توجد بقايا لبذور الثقوب السوداء الهائلة في المجرات القزمة القريبة؟ سيجيب Lynx عن هذه الأسئلة من خلال مسح



(اليمين) نموذج CMOS الهجين قيد التطوير لجهاز تصوير الأشعة السينية عالي الدقة HDXI
(اليسار) مسعر حراري دقيق بالأشعة السينية X-ray Microcalorimeter

عميق خارج مجرتنا، حيث ستراقب الثقوب السوداء التي تمتد عبر طيف كامل من الكتل، وصولًا إلى حد يصل تقريبًا حوالي 500 كتلة شمسية عند انزياح أحمر 3.

تشعّ النجوم الفتية التي يقلّ عمرها عن 600 مليون سنة بأشعة إكس بشكل ساطع، وذلك بفضل صغر عمرها وسرعة دورانها. سيوفر مرصد Lynx مكملًا قويًا لمعيار اختيار «فائض الأشعة تحت الحمراء»، الّذي يحدّد الأجرام النجمية الفتية المحاطة بمادة ولادتها أو بأقراص ما حول النجم، ولكنه يفشل في العثور عليها بعد تبدد تلك الأقراص بعد حوالي 10-70 مليون سنة من ولادة النجم. وبالتّالي، فإنّ الملاحظات المشتركة للأشعة السينية والأشعة تحت الحمراء يمكن أن تُمكّننا من تحقيق تقدمٍ هائل في فهمنا لتبدد قرص ما حول النجم البدائي، بينما يمكن لبيانات أشعة إكس الدقيقة بمفردها أن توفّر عينةً كاملةً لدراسات المتابعة بشكل فريد.

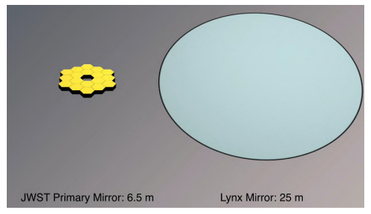
يُحقّق مجال اكتشاف وتوصيف الكواكب الخارجية تقدمًا سريعًا نحو النضج، وسيشهد المجال تحوّلًا متزايدًا نحو التوصيف الإحصائي لمجموعات الكواكب وتقييم ظروف إمكانية للحياة، يلعب نشاط النجم المضيف دورًا مُهمًّا في استنفاد الغلاف الجوي للكواكب، وقد يكون مطلوبًا في نفس الوقت للكيمياء الحيوية البدائية. تكتسب دراسة تأثيرات نشاط النجم على قابلية الحياة، أهمية خاصة بالنسبة للكواكب التي تدور حول النجوم القزمة، وهي نفس الفئة من النجوم التي ستكون أجواؤها قابلة للدراسة في العشرينيات من القرن الحالي باستخدام تلسكوبات بصرية أرضية كبيرة وتلسكوب جيمس ويب الفضائي. سيقوم مرصد Lynx برصد انبعاث أشعة إكس كمؤشرات على النجوم الفتية في مناطق تشكل النجوم النشطة، ودراسة تيجان النجوم بالتفصيل، وتوفير نظرة ثاقبة حول تأثير تدفق الأشعة السينية فوق البنفسجية القصوى والرياح النجمية على إمكانية الحياة على كواكبها.

مستقبل ينتظره الكثير

على الرغم من عدم إطلاقه بعد، فإنَّ رحلة Lynx تسير على قدم وساق، إذ يتمُّ تلميع المرايا واختبار أجهزة الكشف وتحسين بنية المهمة، ومن المُتوقع أن يرى Lynx النور حوالي عقد من الان، مثل أداة مُصمَّمة بدقة تنتظر اللحظة المناسبة. هذا الإطلاق ليس مجرد إنجاز؛ بل هو الفصل الافتتاحي لعصر جديد في علم الفلك بالأشعة السينيَّة.

تمتد فوائد Lynx إلى ما هو أبعد من الاكتشافات العلمية، تخيّل الإلهام الّذي سيحفزه في عقول الشباب، مشعلًا شغف الاستكشاف والبحث العلمي، وستنتشر التطورات التكنولوجية الناتجة عن تطويره عبر مجالات مختلفة، وتدفع حدود الهندسة والابتكار.

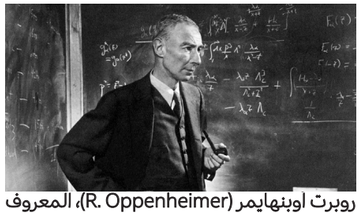
Lynx هو شهادة على طموح البشر وفضولهم، إنَّه منارة أمل على أهبة الاستعداد لإضاءة أظلم زوايا الكون وإعادة كتابة قصَّة فهمنا للكون، ونحن ننتظر إطلاقه بشغف، هناك شيءٌ واحدٌ مؤكّدٌ: لن يقوم Lynx فقط بمراقبة الكون؛ بل سيعيد تعريف كيفيَّة رؤيتنا له، باكتشاف ثوريّ تلو الآخر.



مقارنة بين مرآة Lynx ومرآة جيمس واب

أوبنهايمر والثقوب السوداء

بقلم :
د. عمر نمول



روبرت اوبنهايمر (R. Oppenheimer)، المعروف بدوره الرائد في مشروع مانهاتن، كان له شغف بالثقوب السوداء في الثلاثينيات، نابع من رغبته في فهم كيفية تطور النجوم الضخمة وما يحدث عند نفاد وقودها النووي وتحولها إلى أجرام فلكية مختلفة، مثل الأقزام البيضاء أو النجوم النيوترونية، وفي النهاية إلى الثقوب السوداء

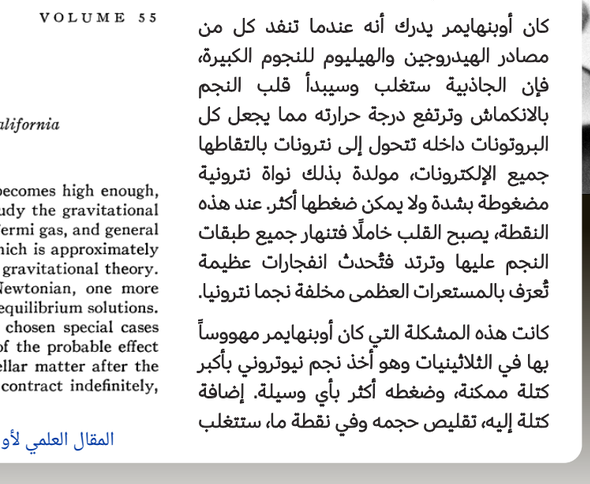
كان أوبنهايمر يدرك أنه عندما تنفد كل من مصادر الهيدروجين والهيليوم للنجوم الكبيرة، فإن الجاذبية ستغلب وسيبدأ قلب النجم بالانكماش وترتفع درجة حرارته مما يجعل كل البروتونات داخله تتحول إلى نترونات بالتقاطها جميع الإلكترونات، مولدة بذلك نواة نترونية مضغوطة بشدة ولا يمكن ضغطها أكثر. عند هذه النقطة، يصبح القلب خاملًا فتنهار جميع طبقات النجم عليها وترتد فتُحدث انفجارات عظيمة تُعرف بالمستعرات العظمى مخلفة نجما نترونيا.

كانت هذه المشكلة التي كان أوبنهايمر مهووساً بها في الثلاثينيات وهو أخذ نجم نيوتروني بأكبر كتلة ممكنة، وضغطه أكثر بأي وسيلة. إضافة كتلة إليه، تقليص حجمه وفي نقطة ما، ستتغلب قوة الجاذبية على ضغط النواة النترونية فتنهار إلى الحد الذي يسمح بتكوين ثقوب سوداء حيث تنضغط كل المادة إلى المالانهاية بلا توقف.

أحد أبرز إسهاماته في هذا المجال هو حد تولمان-أوبنهايمر-فوكوف، وهو نظرية تحدد الحد الأقصى لكتلة نجم نيوتروني، وذلك قبل أن ينهار ليصبح ثقبًا أسودًا. كانت مساهمة أوبنهايمر في ورقة علمية نُشِرت سنة 1939 بمشاركة جورج فولكوف تحت عنوان « On Massive Neutron Cores».

إلى جانب حد تولمان-أوبنهايمر-فولكوف، عمل أوبنهايمر مع هارتلاند سنايدر على تطوير نموذج يصف كيف يمكن لنجم أن ينهار ليصبح ثقبًا أسودًا. نُشرت ورقتهما البحثية في عام 1939 تحت عنوان «On Continued Gravitational Contraction»، والتي تُعتبر واحدة من أولى الأوراق التي تناولت فكرة الثقوب السوداء بشكل جدي

على الرغم من أنّ أوبنهايمر اشتُهر بأعماله في مشروع مانهاتن، فإن إسهاماته في مجال الفيزياء النجمية ونظرية الثقوب السوداء لها تأثير دائم. عمله ساهم في توجيه البحث العلمي نحو فهم أعمق للثقوب السوداء والنجوم النيوترونية، وما زالت أعماله مرجعًا مُهمًّا في هذا المجال حتى اليوم.



FEBRUARY 15, 1939 PHYSICAL REVIEW VOLUME 55

On Massive Neutron Cores

J. R. Oppenheimer and G. M. Volkoff
Department of Physics, University of California, Berkeley, California
(Received January 3, 1939)

It has been suggested that, when the pressure within stellar matter becomes high enough, a new phase consisting of neutrons will be formed. In this paper we study the gravitational equilibrium of masses of neutrons, using the equation of state for a cold Fermi gas, and general relativity. For masses under $\frac{4}{3}\odot$ only one equilibrium solution exists, which is approximately described by the nonrelativistic Fermi equation of state and Newtonian gravitational theory. For masses $\frac{4}{3}\odot < m < \frac{4}{3}\odot$ two solutions exist, one stable and quasi-Newtonian, one more condensed, and unstable. For masses greater than $\frac{4}{3}\odot$ there are no static equilibrium solutions. These results are qualitatively confirmed by comparison with suitably chosen special cases of the analytic solutions recently discovered by Tolman. A discussion of the probable effect of deviations from the Fermi equation of state suggests that actual stellar matter after the exhaustion of thermonuclear sources of energy will, if massive enough, contract indefinitely, although more and more slowly, never reaching true equilibrium.

المقال العلمي لأوبنهايمر و فولكوف بعنوان «On Massive Neutron Cores» نشر سنة 1939

الحجر النيزكي - المنيعة 2023

أحدث سقوط نيزكي بالجزائر يتم تسجيله

بقلم د . شابو مولاي شارف

معهد الهندسة المعمارية و علوم الأرض- جامعة فرحات عباس – سطيف 1

في 11 مارس 2023 تمّت مشاهدة سقوط حجر نيزكي بمنطقة المنيعة في الصّحراء الجزائريّة، وقد تمّ اكتشاف عددٍ كبيرٍ من شظايا هذا النيزك، وتمّ تسجيله رسميًّا في قاعدة البيانات العالميّة للأحجار النيزكيّة. مثلما هو الحال بالنّسبة لمعظم الأحجار النيزكيّة المكتشفة في الجزائر تمّ تهريب وبيع شظايا هذا الحجر النيزكي خارج الجزائر.

سنتطرّق في هذا المقال إلى أهميّة الأحجار النيزكيّة، وتصنيفها، وعن الأحجار النيزكيّة الجزائريّة مع إشارة خاصّة لتلك الّتي تمّ اكتشافها مباشرةً بعد مشاهدة سقوطها من طرف شهود عيان، لنتطرّق في الأخير إلى تفاصيل آخر نيزكٍ جزائري من هذا الصّنف وهو الحجر النيزكي المنيعة.

الصورة1:
على اليسار: الحجر النيزكي تاجرة الذي سقط قرب سطيف يوم 9 جوان 1867
على اليمين: الحجر النيزكي الإدريسية الذي سقط بولاية الجلفة يوم 10 مارس

معلومات أساسية عن الأحجار النيزكية

الأحجار النيزكية عبارة عن صخور تسقط على سطح الأرض قادمة من الفضاء الخارجي. معظم الأحجار النيزكيّة مصدرها حزام الكويكبات الصغيرة (أجسام صغيرة متواجدة بين مداري كوكبي المريخ والمشتري) وهناك بعض النيازك وهي نادرة جدًّا، مصدرها القمر، وكوكب المريخ وتُعرف بالنيازك القمرية والمريخية. في 2 مارس 2024 تمّ إحصاء 73475 حجرا نيزكيا من طرف قاعدة البيانات العالمية التابعة للجمعية النيزكية.

تعتبر الأحجار النيزكية من العينات الصخرية التي لها أهمية علمية كبيرة في علوم الأرض والكون، فهي أقدم صخور في المجموعة الشمسية بحيث تمثل بقايا الأجسام التي تكونت منها الأرض وكواكب المجموعة الشمسية. هي بالتالي من بين العينات العلمية الوحيدة التي نستطيع من خلالها دراسة نشأة وتطور الأرض وكواكب المجموعة الشمسية. كما أنها تعطينا معلومات علمية عن سطح الأجسام التي انفصلت منها (المريخ- القمر- الكويكبات الصغيرة - المذنبات). من جهة أخرى، استطاع العلماء من خلال دراسة الأحجار النيزكية التطرق إلى مسائل علمية وجودية مثل أصل الحياة، حيث تم اكتشاف أحماض آمينية تعتبر اللبنات الأساسية للحياة في بعض النيازك، والماء على سطح الأرض إذ أن بعض أنواع الأحجار النيزكية غني بالماء.

في علم الفيزياء الفلكية، استطاعت بعض الأحجار النيزكية النادرة التي تحتوي على حبيبات صخرية تكونت قبل نشأة المجموعة الشمسية، إثبات بعض الأعمال النظرية حول التفاعلات النووية التي تحدث في قلب النجوم وعند انفجارها،كما أن مكوث الأحجار النيزكية في الفضاء الخارجي بين الكوكبي لمدة طويلة يعرضها للإشعاعات الكونية التي يمكن للعلماء دراسة بعض خصائصها عند دراسة الحجر النيزكي في المختبر من خلال التغيرات التي تحدثها هذه الإشعاعات في البنية البلورية والتركيب الكيميائي للمعادن المكونة للنيزك.

في الأخير، هناك مجال بالغ الأهمية تتم دراسته في بعض المراكز العلمية في العالم، والمتخصصة في علوم الفضاء الذي له علاقة مباشرة بالأحجار النيزكية وهو خطر سقوط النيازك والكويكبات الكبيرة على سطح الأرض والكوارث الطبيعية التي تحدثها. لكل هاته الأسباب، تتسابق المختبرات العالمية المتخصصة في علوم الأرض والكون عبر العالم لاقتناء الأحجار النيزكية لدراستها، بالإضافة الى المتاحف العالمية للتاريخ الطبيعي التي يحتوي معظمها على مجموعة من الأحجار النيزكية، وهواة جمع الأحجار النيزكية الخواص، و هو ما يفسر التهافت الكبير على هاته الأحجار النيزكية والثمن الباهض لبعضها، والتجارة الغير شرعية التي تتعرّض لها في بعض البلدان الغنية بالنيازك مثل الجزائر.

تصنيف الأحجار النيزكية

من الناحية العلمية تُصنَّف النيازك حسب تركيبها الكيميائي إلى ثلاثة أقسامٍ رئيسيَّة، هي **النيازك الحديديّة** الّتي تحتوي أساسًا على 90 بالمئة من الحديد و10 بالمئة من النيكل، **النيازك الصخرية أو الحجرية** الّتي تتكوَّن من نفس المعادن (السيليكات)، والّتي تدخل في تركيب الصخور على سطح الأرض، و**النيازك الحديدية-الصخرية** الّتي تتكوَّن من مزيج من الحديد والصخور. 94 بالمئة من الأحجار النيزكيَّة الّتي تسقط على سطح الأرض من النوع الصخري، بينما تمثّل النيازك الحديديَّة 5 بالمئة فقط والنَّيازك الحديديَّة الصخرية 1 بالمئة المتبقية.

النيازك الصخرية تُقسَّم بدورها إلى صنفين رئيسيَّين، هما **الكوندريت** وهو الأكثر شيوعًا حيث يمثّل 86 بالمئة من الصخور الّتي تسقط على سطح الأرض. وسُميت بهذا الاسم نسبةً لاحتوائها على حبيبات من السيليكات دائريَّة الشَّكل (تُسمّى غضاريف أو كوندر) غير معروفة في الصخور الأرضية. وتقسَّم الكوندريت بدورها إلى **الكوندريت العادي** (الذي يُمثّل 82 بالمئة من النَّيازك المُكتشفة على سطح الأرض) و**الكوندريت الكربوني** الغني بالماء والمواد العضوية الكربونية. الصِّنف الثاني من الأحجار النيزكيَّة الصخرية هو **الأكوندريت**، الّذي يمثّل 8 بالمئة من النيازك المكتشفة على سطح الأرض. وقد سُمي بهذا الاسم لعدم احتوائه على الغضاريف (كوندر)، وهي نيازك تُشبه بعض الصخور الأرضية، وتُقسَّم الأكوندريت إلى عشرات الأصناف الفرعية حسب الجسم الذي انفصلت منه، ويدخل في هذا الصنف النَّيازك القمرية والمريخيَّة.

هناك تصنيف آخر للنيازك مستقل عن التركيب الكيميائي للجسم وهو الّذي يهمُّنا في هذا المقال. يرتكز هذا التصنيف على الطّريقة الّتي تمّ بها اكتشاف الحجر النيزكي، معظم الأحجار النيزكيّة يتمّ اكتشافها حاليًا في المناطق الجافّة على سطح الأرض (الصحاري الساخنة والباردة)، وهي مناطق تتميَّز بمناخها الجاف الّذي يسمح بالمحافظة على النيازك من التحلّل والاندثار لمدَّةٍ زمنيَّةٍ كبيرة، وهي نيازك سقطت على سطح الأرض منذ مئات وآلاف السنوات، وفي بعض الأحيان ملايين السنين. الصنف الثاني هو الأحجار النيزكية التي اكتُشفت مباشرة بعد مشاهدة سقوطها من طرف شهود عيان، ويدخل في هذا الصّنف عددٌ كبيرٌ من النيازك التاريخيَّة الّتي تمَّ اكتشافها في القرن التاسع عشر. يتميَّز هذا النوع من النيازك بعدم تعرّضه لعمليَّة التحول الّتي تتعرَّض لها الصخور والأحجار النيزكيَّة الأخرى (الّتي لم تتم مشاهدة سقوطها وتمَّ اكتشافها بعد عشرات الآلاف أو ملايين السنين بعد سقوطها) على سطح الأرض بفعل عوامل التجوية، لذلك فهي نيازك تحتفظ بتركيبها الكيميائي الأوَّلي وهي مطلوبة كثيرًا لدى مخابر البحث العالميَّة.

النيازك الجزائرية

تُعتبر الجزائر من بين البلدان القلائل في العالم التي تتميَّز بثروتها النيزكيَّة الكبيرة، ويعود ذلك أساسًا إلى شساعة الصحراء الجزائرية الّتي تتميَّز بمناخها الجاف جدًّا والّذي يساعد على المحافظة على النيازك لمدةٍ زمنيَّةٍ طويلةٍ بعد سقوطها. وقد تمَّ إحصاء عددها في الثاني من مارس 2024، ليُقدّر بـ 1365 حجرا نيزكيا جزائريا، من بينها 19 نيزكا حديديا، 28 نيزك حديدي-حجري، 1048 كوندرايت (من بينها 115 كوندريت كربوني) و270 أكوندريت (من بينها 41 نيزكامريخيا و75 نيزكا قمريا).

هذه الإحصائيَّات لا تأخذ بعين الاعتبار الأحجار النيزكيَّة المُسمَّاة «شمال غرب إفريقيا» وتلك المسمَّاة «صحراء»، والتي اكتُشف جزءٌ منها إن لم يكن معظمها في الصّحراء الجزائريَّة، وتشير الإحصائيَّات الأخيرة إلى اكتشاف 14510 أحجار نيزكية من صنف «شمال غرب إفريقيا» و1038 من صنف «صحراء».

من بين النيازك المكتَشفة في الجزائر توجد عينات فريدة من نوعها من الناحية العلمية. نذكر على سبيل المثال نيزك «عرق الشاش 002» الّذي تمَّ اكتشافه في الجزائر خلال ماي 2020، حيث تمَّ العثور على 31 كلغ من هذا النيزك المتميِّز حيث أنّه لا يشبه أيَّ نيزكٍ في العالم.

ويُعتبر نيزك «عرق الشاش 002» أقدم صخرة بركانية في المجموعة الشمسية وأقدم شاهد على قشرة كوكبية لجسم متفاضل، ونذكر أيضًا النيزك «اكفر 094» الذي اكتُشف عام 1990 في الحقل النيزكي «اكفر» قرب عين صالح حيث تمَّ اكتشاف أزيد من 400 نيزك داخل هذا الحقل الّذي لا تتعدَّى مساحته 90x20 كلم2. «اكفر 094» من صنف الكوندريت الكربوني وهو من النيازك النادرة في العالم الّذي يحتوي على حبيبات صخرية تكوَّنت في قلب نجوم عملاقة أو أثناء انفجار نجم قبل تكوين المجموعة الشمسية.

الصورة2:
الموقع الجغرافي لسقوط شظايا الحجر النيزكي المنيعة يوم 10 مارس 2023. المساحة باللون الأحمر تمثل المنطقة التي تمّ فيها اكتشاف مئات الشظايا من هذا الحجر النيزكي.

ومن بين جميع النيازك الجزائرية هناك 10 تمّت مشاهدة سقوطها من طرف شهود عيان، آخرها نيزك المنيعة الذي تمّت مشاهدة سقوطه في مارس 2023. الجدول 1 يلخّص الخصائص الرئيسية لهذه النيازك العشرة.

وكما هو معلوم فإنَّ معظم النيازك الجزائرية يتمُّ نهبها وتهريبها إلى الخارج وهي اليوم متواجدة في معظم المتاحف والمخابر العالميَّة أو معروضةٌ للبيع على شبكة الأنترنت.

اسم النّيزك	تاريخ السقوط	المنطقة	الوزن	صنف النيزك
اومال	25 أوت 1865	البويرة	50 كلغ	كوندريت عادي
تاجرة	9 جوان 1867	سطيف	9 كلغ	كوندريت عادي
فيد شاير	16 أوت 1875	الطارف	380 غ	كوندريت عادي
حاسي يكنة	1890	المنيعة - تيميمون	1.25 كلغ	حديدي
فور فلاترز	23 جوان 1944	اليزي		صخري
سلدبوراك	26 فيفري 1947	تمنراست	150 غ	كوندريت عادي
الادريسية	10 مارس 1989	الجلفة	10 كلغ	كوندريت عادي
عوينة لقرع	17 جويلية 2013	تندوف	58 كلغ	اكوندريت
وادي صفيات	16 ماي 2019	تندوف	8كلغ	كوندريت عادي
المنيعة	11 مارس 2023	المنيعة	75 كلغ	كوندريت عادي

الجدول1:
الخصائص الرئيسيَّة للأحجار النيزكيَّة الجزائريَّة الّتي تمّت مشاهدة سقوطها من طرف شهود عيان، واكتشافها بعد ذلك

ملف خاص

حرب على التعليم في غزة

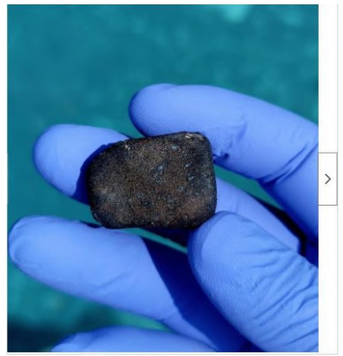
النيازك الجزائرية التي تمت مشاهدة سقوطها

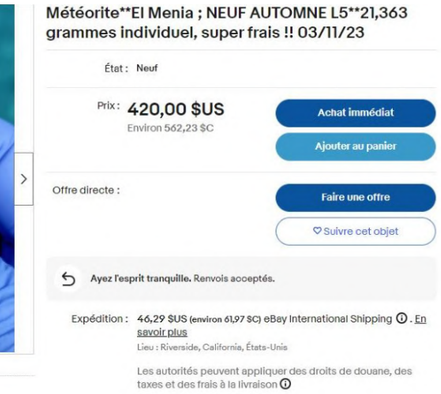
الصورة 3:
بعض شظايا الحجر النيزكي المنيعة. نلاحظ أنّ معظم الشظايا مُغطاة جزئيًا أو كليًا بقشرة الانصهار (الصورة مأخوذة من قاعدة البيانات العالمية للنيازك).

أوّل سقوط لنيزكٍ جزائري تتمُّ مشاهدته من طرف شهود عيان، ويُكتشف مباشرةً بعد سقوطه هو نيزك أومال (سور الغزلان حاليا). وقد سقط قرب مدينة سور الغزلان يوم 25 أوت 1865، وتمّ التقاط 50 كلغ منه، والنيزك موجود حاليًا بمتحف التاريخ الطبيعي في باريس (فرنسا).

أمّا ثاني نيزك تاريخي جزائري فهو نيزك تاجرة الذي سقط قرب مدينة سطيف في 9 جوان 1867 (الصورة 1)، وقد تمَّ التقاط 7,5 كلغ من النيزك، وفي 16 أوت 1875 تمَّ توثيق سقوط نيزك قرب مدينة الطارف سُمي بنيزك «فيد شاير»، وقد تمَّ اكتشاف 380غ منه. «حاسي يكنة» هو النيزك الجزائري الرَّابع الّذي تمَّ توثيق سقوطه، وقد سقط على بعد 400 متر من خيمة لبدو رحل سنة 1890 في مكان يقع بين مدينتي المنيعة وتيميمون، ونيزك «حاسي يكنة» حديدي يبلغ وزنه 1.25 كلغ.

تذكر قاعدة البيانات العالمية للنيازك سقوط نيزك بمنطقة إليزي سنة 1944 سُمي بنيزك «فور فلاترز» لكن ليس هناك أيَّة معلومات إضافيَّةٍ عنه. في 28 فيفري 1947 سُمع دويُّ انفجار في السماء وشُوهد سقوط نيزك على بعد 55كلم غرب مدينة تمنراست، وقد تمَّ اكتشاف 150غ من النيزك قرب مكان سقوطه، وسُمي بنيزك «سلدبوراك». السقوط النيزكي الموالي حدث يوم 10 مارس 1989 بمنطقة الإدريسيَّة (الجلفة) حيث تمَّ اكتشاف 3 شظايا من الحجر النيزكي بوزن إجمالي يقارب 10كلغ (الصورة 1)، ويُعتبر من النيازك الجزائريَّة القليلة الّتي لم يتم تهريبها إلى الخارج.





الصورة 4:
مثال عن بيع كتلة من الحجر النيزكي المنيعة على شبكة الأنترنت، معظم شظايا هذا النيزك تمَّ تهريبها إلى الخارج وهي تُباع الآن في مواقع التسوق الإلكترونية.

في 17 جويلية 2013 تمّت مشاهدة كرة ناريةٍ لامعةٍ جدًّا في سماء منطقة تندوف قرب قرية أم العسل، وقد تمَّ اكتشاف عددٍ كبيرٍ من الأحجار النيزكية التَّابعة لهذه المشَاهدة في أفريل 2014 قرب قرية عوينة لقرع. تمَّ اكتشاف 58 كلغ من هذا النيزك وتمَّ تصنيفه أكوندريت من نوع أوكرايت (هذا النوع من الأحجار النيزكيَّة انفصلت من الكويكب فيستا). في 16 ماي 2019 تمَّت مشاهدة كرةٍ لامعةٍ في سماء منطقة تندوف تبعها دويٌّ انفجارٍ ومشاهدة سقوط أحجار نيزكيَّة. وقد تمَّ اكتشاف 8 كلغ من هاته الأحجار يوم 17 ماي 2019 بمنطقة واد صفيات.

الحجر النيزكي المنيعة

في يوم السبت 11 من شهر مارس 2023 وعلى الساعة العاشرة و النصف صباحًا، أفاد شهود عيان من الجزائر وموريتانيا برؤية كرةٍ ملتهبةٍ من النار اخترقت الغلاف الجوي الأرضي بسرعةٍ كبيرةٍ قادمةٍ من جهة الشَّمال نحو الجنوب، وقد ذكر سكان مدينة المنيعة بالجنوب الجزائري سماعهم دويَّ انفجارٍ أتبعه سقوط شظايا صخريَّة على الأرض بالقرب من المدينة، حيث تمَّ العثور على هذه الشظايا الصخرية فور سقوطها.

بعض الصخور سقطت داخل مزارع ومراعي الإبل بالمنطقة، ومعظم هاته الأحجار النيزكية وُجدت بمنطقة حاسي والن على بعد 5كلم من قرية النبكة قرب مدينة المنيعة حيث تناثرت الشظايا النيزكية على مساحة تفوق مائة كلم مربع (الصورة 2)، وقد تمَّ العثور على مئات الشظايا معظمها مغطَّاة جزئيًا أو كليًّا بقشرة الانصهار(الصورة 3) الّتي تتكوَّن عند اختراق الحجر النيزكي بسرعةٍ كبيرةٍ في الغلاف الجوي للأرض ممَّا يؤدي إلى احتراق وانصهار الطبقة الخارجيَّة للنيزك. يبلغ وزن هذه الشظايا من أقل من الغرام إلى أكثر من 1كلغ وقد بلغ الوزن الإجمالي لجميع الشظايا المُكتشفة 75 كلغ. التحاليل الّتي أجريت في المخابر الأمريكيَّة أظهرت أنّ الحجر النيزكي الذي سقط بالمنيعة من نوع الكوندرايت العادي.

للأسف ومثلما هو الحال بالنِّسبة لمعظم الأحجار النيزكيَّة المُكتَشفة في الجزائر تمَّ بيع معظم شظايا الحجر النيزكي المنيعة لأجانب، وتمَّ تهريبها إلى الخارج وهي اليوم تُباع في معظم مواقع التسوُّق الإلكترونية المتخصِّصة في بيع النيازك (الصورة 4)، وقد تمَّ تسجيل الحجر النيزكي المنيعة رسميًّا في قاعدة البيانات العالميَّة للأحجار النيزكيَّة يوم 29 سبتمبر 2023.

بين معركة الصمود وآمال الإعمار:
كيف يخوض الاحتلال حربا على التعليم في فلسطين؟

معلم فلسطيني يتطوع لتعليم الأطفال في أحد مخيمات النازحين بغزة

د. جمال ميموني

ياسمين بوالجدري

أجيال كاملة من الشباب والأطفال الفلسطينيين

وزارة التربية والتعليم الفلسطينيّة دعت المنظمات الدولية والمؤسسات الحقوقيّة والمُدافعة عن الطّفولة والتعليم، لوضع حدٍّ للانتهاكات الصهيونيّة الّتي تُشكّل خرقًا واضحًا لمنظومة القيم والأعراف والقوانين الدوليّة، وفي مقدّمتها الحق في التعليم، وقبل ذلك؛ الحق في الحياة الّذي يسمو على التعليم داخل قطاع غزّة.

وبالتّزامن مع الحرب على غزّة، تصاعدت الاعتداءات على الطّلبة والمعلّمين والمدارس في الضفة الغربيّة والقدس من طرف جيش الاحتلال وقطعان المستوطنين، حيث ارتقى ما يقارب 40 طالبًا منذ 7 أكتوبر 2023، علاوةً على اعتداءاتٍ مباشرةٍ في مدارس عدّة، كما أنّ مئات المعلمين لم يتمكنوا من الوصول إلى مدارسهم بفعل الحواجز التي تُقطّع أوصال المدن والمحافظات، وهو وضعٌ ليس جديدًا على الطّلبة والأساتذة الفلسطينيّين الّذين يعيشون في الأراضي المحتلّة.

كما أعربت منظّمة الأمم المُتّحدة للتربية والعلم والثقافة «يونسكو»، عن قلقها البالغ إزاء تأثيرات الحرب على التّلاميذ والمِهنيّين العاملين في قطاع التّعليم، ودَعت إلى حماية المباني التعليميّة الّتي تتحوّل في معظم الأحيان إلى ملاجئ للسكّان.

"تأسّست جامعة الإسراء في غزة قبل عقدٍ من الزمن، ولم يبق منها الآن سوى صفحات على موقعها الإلكتروني. وقبل أن تُقصف في بداية عام 2024، كانت الجامعة تضم هيئة تدريسية تشمل 350 مدرّسا وأكثر من 4 آلاف طالب (..) لم يكن هدمُ جامعة الإسراء مفاجئا. فقد تعرّضت الجامعة الإسلامية والكلية الجامعية للعلوم التطبيقية للقصف. وقصفت القواتُ الإسرائيلية جامعة الأزهر، ثاني أكبر الجامعات في غزة". كان هذا جزءا من تقرير نشرته المجلة الأكاديمية الصادرة بإنجلترا «أنباء الجامعات في العالم»، ينقل صورة صغيرة عن الوضع الكارثي الذي أصبح عليه النظام التعليمي في غزة، أين تم تدمير وإلحاق أضرار بمعظم الجامعات والكليات في القطاع

لقد سُوِيّت جامعات أرضًا وتحوّلت مدارس إلى نقاط تعذيبٍ أو مراكز إيواءٍ للنّازحين المدنيّين وسط مشاهد مروّعة لأبشع صور القتل والدّمار والتّجويع، منذ بداية عدوان جيش الاحتلال الصهيوني في السّابع أكتوبر 2023. هذا العدوان الّذي استمرّ جوًّا وبرًّا وبحرًا لعدة أشهر، كان فيه قطاع التعليم أحد القطاعات الرئيسة المُستهدفة منذ اليوم الأوّل من بداية الحرب بالتّدمير المتعمّد والإجرامي للبُنى التّحتية والمقار التعليميّة، وسط أزمةٍ إنسانيّةٍ خطيرةٍ أثّرت في جميع جوانب الحياة المدنيّة

تسببت الحرب في استشهاد ما يزيد عن 4300 طالب, وجرح أزيد من 5 آلاف آخرين، ضمن ما يزيد عن 40 ألف فلسطيني استُشهدوا، بينهم أيضًا الآلاف من الكوادر التعليميّة الّتي من بينها رؤساء جامعات ارتقوا مع عائلاتهم بعد استهداف منازلهم بشكلٍ مباشرٍ، ويتعلق الأمر بثلاثة رؤساء جامعات وأكثر من 95 عميد جامعة وأستاذ. لقد حدث هذا داخل بقعةٍ جغرافيّةٍ تُعدّ أكثر الأماكن كثافةً سكانيةً في العالم، وكانت تضمُّ ما يزيد عن 625 ألف تلميذ وأكثر من 22 ألفًا و500 معلم حُرموا جميعهم من العمليّة التعليميّة، ما من شأنه التأثير على مستقبل

الاحتلال تعمّد قتل الحياة التعليمية في غزة

د. ماريو مارتون

مؤسس منظمة «علماء من أجل فلسطين»

الوضع الإنساني الخطير في غزة والّذي ألقى بظِلالِه على العمليّة التعليميّة في كامل فلسطين، حرّك العديد من الهيئات العالميّة المُستقلّة الّتي عبّرت عن صدمتِها وعن تضامنِها مع أهل القطاع، من بينها منظّمة «علماء من أجل فلسطين»، وهي منظّمةٌ دوليةٌ غير حكوميّة أنشأها العلماء من أجل دعم العلوم في الأراضي الفلسطينيّة المُحتلّة ودمج فلسطين في المجتمع العلمي.

بدأت فكرة المنظّمة سنة 2015 عندما قرّر باحثون وأساتذة في تخصّص فيزياء الجسيمات النظرية في الولايات المتحدة الأمريكيّة والمملكة المتّحدة، إنشاء مجموعة مخصّصة لدعم العلوم في فلسطين، للتغلّب على الآثار المدمرة للاحتلال على البحث والتعليم هناك، من خلال العمل المباشر على أرض الواقع في فلسطين، وكذلك من خلال تطوير شبكة دعم من العلماء حول العالم، للمساعدة في التغلّب على العزلة الّتي يعيشها العديد من العلماء الفلسطينيّين.

معظم أعضاء منظمة «علماء من أجل فلسطين» من العلماء المرموقين، منهم «جورج سميث» الفائز بجائزة نوبل في الكيمياء لعام 2018، وكذلك «ديفيد مومفورد» وهو أحد أشهر علماء الرياضيات، تُضاف إليهم نخبة من الباحثين في تخصُّصات أخرى ومن الفيزيائيين الّذين شكّلوا النّواة الأولى للمنظّمة الّتي تضمُّ اليوم ما يقرب من 100 عضو في أوروبا وأمريكا الشماليّة وفلسطين، بدءًا من الطلاب الجامعيين وصولا إلى الأساتذة الفخريّين.

مجلّة الشّهاب العلميّ تواصلتْ مع أحد مؤسّسي منظّمة «علماء من أجل فلسطين»، أستاذ الفيزياء النظريّة بجامعة كينجز كوليغ لندن، الدكتور ماريو مارتون (Mario Martone). يُخبرنا الدّكتور مارتون أنّ للمنّظمة العديد من الأصدقاء الفلسطينيّين في الضفّة الغربية وفي غزّة، لهذا السبب يدرك تماما خطورة الوضع الإنساني هناك، ويتابع بالقول: «كلّ صباحٍ نستيقظ أكثر غير مصدقين أنّ مثل هذا المدى من الفظائع يمكن أن يستمرّ بمباركة الولايات المتّحدة الأمريكيّة والعديد من القِوى في أوروبا والّتي -كما تعلمون- تتحوّل ببطءٍ نحو الدعوة لوقف إطلاق النار، لكنّها لا تزال متمسّكةً بخطاب معتدل ومتساهل للغاية مع إسرائيل. لأكون صادقًا، ما يحدث بالتأكيد عمل إبادة جماعيّة، وهي الحد الأدنى لما يمكن وصفه نظرًا لكثافة الفظائع المرتكبة»

سألنا الدكتور مارتون عن تقييمه لوضع التعليم العالي في الضفة الغربية، وفي غزة التي دُمّرت منشآتها التعليميّة، وعمّا يمكن أن يقدمه المجتمع العلمي من خلال منظمة «علماء من أجل فلسطين»، فأجاب بأنّه أسّس هذه المنظّمة هو وأربعة زملاء آخرين في عام 2015، عندما كان منتسبًا لجامعة كورنيل في الولايات المتحدة الأمريكية، أين كان يسود وسط زملائه شعور بأنّ الجهات الفاعلة الغربية لم تكن مُحايدة في الصراع الفلسطيني الإسرائيلي، حيث تابع بالقول: «من الواضح جدًّا أنّ معظم الجهود الأكاديميّة كانت مدفوعةً للتعاون مع إسرائيل، بينما تُركت فلسطين نوعًا ما في عزلةٍ تامّةٍ، لذا بدأت الفكرة بتنظيم دروس متقدمة في مدارس علمية في الضفة الغربيّة»

ورغم جهودها ومساعيها القائمة منذ سنوات، لم تتمكن منظّمة «علماء من أجل فلسطين» من المساهمة بشكلٍ مباشرٍ في عملية التّدريس في غزّة، لأنّه كان من المستحيل تقريبًا، الوصول إلى القطاع، لكنّها نجحت في تأسيس دروس ماجستير في الفيزياء في الجامعات الفلسطينية، واجتماعات تضامن وتعاون دولية في الولايات المُتّحدة والمملكة المتحدة، وتوفير موارد من خلال ندواتٍ عبر الأنترنت للباحثين والطلاب الفلسطينيين

ويتأسّف الدكتور مارتون لعدم التمكن من تحويل الطلاب للدِّراسة في جامعات غربية، بل إنّ نقلهم من غزّة إلى الضفّة الغربية كان أمرًا صعبًا، وهو ما وصفه بالعار، مُضيفًا أن زملاء له قُتِلوا وكان لهم دورٌ فعّالٌ في ربط الطلّاب في غزة عن بعد، لذلك لم يشاركوا في مدارس المنظمة إلّا عن بعد.

ويرى الدكتور مارتون أن القِوى الغربية، ولا سيّما الولايات المُتّحدة الأمريكيّة، متواطئة، وتمنع العلماء الفلسطينيّين من ممارسة مهنتهم بشكلٍ طبيعيّ، ويُتابع قائلًا «الفلسطينيّون معزولون تمامًا عن كلّ شيء، لذلك بدأنا في تنظيم

اجتماعات دولية. لقد نظَّمنا ثلاثةً منها كان آخرها في عام 2020. لسوء الحظِّ، أوقفت جائحة كورونا العديد من أنشطتِنا لذلك نحن نعود ببطءٍ. كان آخر فعالياتنا في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بحضور علماء فلسطينيين من الضفة الغربية، وتهدف هذه الاجتماعات إلى الجمع بين كلِّ من يمكن أن يساهم في تحسين العلوم في فلسطين. هذا يعني علماء الغرب ولكن أيضا العلماء العرب والساسة والعلماء الذين هم في الخارج والّذين لديهم الآن مناصب في السلطة، وكذلك العلماء الفلسطينيين»

ويشرح أستاذ الفيزياء النظريَّة، أنَّ العلماء الغربيِّين ليسوا على درايةٍ كافيةٍ بالقضيَّة الفلسطينيَّة، لذلك تقوم المنظَّمة بالمزيدِ من الحملات لمحاولة تثقيف النَّاس حول شكل حياة الفلسطينيِّين، ويستطرد: «نعتقد اعتقادًا راسخًا أنَّ الغالبية العظمى من الناس الّذين هم محايدون أو لا يفعلون أيَّ شيءٍ حيال هذا الصِّراع هم ببساطةٍ يجهلون حقيقة الوضع لأنَّ الدعاية قوية جدا».

لقد عمِلت منظَّمة «علماء من أجل فلسطين» بشكلٍ مباشرٍ مع الأكاديميَّة الفلسطينيَّة للعلوم والتكنولوجيا، ونظَّمت دروسًا في العديد من الجامعات في الضِفَّة الغربيَّة؛ لذلك لديها فهمٌ لِما يحصل من عزلةٍ مفروضةٍ على الطَّلبة بتقييد تحرُّكاتِهم داخل وخارج الأراضي المُحتلَّة، يقول الدكتور «مارتون»، ثمَّ يستطرد: «الوضع صعبٌ للغاية، فالطلَّاب يتعرَّضون باستمرارٍ لنقاط التَّفتيش الإسرائيليَّة في الضِفَّة الغربيَّة ولا يستطيعون التحرُّك طوال اللَّيل، لأنَّه أمرٌ خطيرٌ للغاية بسبب التدخلات الإسرائيليَّة، أمَّا فيما يتعلَّق بالعزلة الدولية، فإنَّ الأمر أصعب بكثير».

وعلى الرَّغم من وجود التمويل والدعم والمؤهلات للقيام بأيِّ تبادلٍ في أيِّ مكان مع الطلبة الفلسطينيِّين، إلَّا أنَّ معظمهم لا يستطيعون حتَّى التعاون مع طلاب آخرين من فلسطين ويعيشون في عزلةٍ تامَّة، يقول الدكتور مارتون في أسف، ويتابع بالقول «في الضفة الغربية، وعلى الرغم من عدم وجود حصار كما هو الحال في غزَّة، إلَّا أنَّه سيكون عليك تهريب أيِّ شيءٍ تريد إحضاره. حتَّى أنَّنا لم نتمكَّن من إدخال أجهزة تليسكوب صغيرةٍ جدًّا وبسيطةٍ لغرض إنشاء مختبرات».

سألنا الباحث عن موقفه من الحملة المعادية التي تعرَّض لها طلبة وعلماء وحتَّى رؤساء جامعات في الغرب بسبب تضامنهم مع شعب غزَّة خلال الحرب، والسَّماح بالمظاهرات الداعمة للقضية الفلسطينية في الجامعات، فأجاب «إنَّ أعلى أشكال القمع ضدَّ النَّاس أو الأكاديميِّين أو أيِّ شخصٍ يحاول حقًّا التعبئة حول فلسطين، يحدث في ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية. المشكلة هي أنَّ كلَّ مؤسَّسات التعليم العالي

في الولايات المتحدة الأمريكية مثلًا، تعتمد في الأساس على تمويل المانحين من القطاع الخاص ومنهم المؤيِّدون للصهاينة.. في الواقع هذا وضع خطيرٌ للغاية»

يستطرد الدكتور «مارتون» وهو يشرح تأثير الدعاية الإعلامية على آراء المجتمع العلمي في الغرب بخصوص القضيَّة الفلسطينيَّة، ويقول «أعتقد حقًّا أنَّ غالبيَّة الأكاديميِّين في كلٍّ من ألمانيا والولايات المتحدة وأوروبا، ربما كانوا سيدعمون فلسطين بشدَّة لو كانوا يعرفون ما حدث على أرض الواقع، والحقيقة هي أنَّ هذه هي الدعاية الغربية الّتي تجعل الأمر صعبًا حقًّا. الأمر مروِّعٌ للغاية بالنسبة للطريقة التي تتمُّ بها التغطية الإعلامية لجانبي الصراع (..) على سبيل المثال، نُشرت مقالتان في مجلَّتيْ ساينس ونيتشر، وهما من المجلَّات العلمية الرائدة، أين تمَّ تحليل تأثير هجوم حماس في السَّابع أكتوبر وعواقبه على الأوساط الأكاديمية بين إسرائيل وفلسطين».

يتابع الدكتور مارتون «إذا قرأت هذه المقالات، التي كتَبتْها مجلَّاتٌ قد تعتقد أنَّها ليست ذات توجُّهٍ أيديولوجي أو تُدار من قِبَل علماء، وتكون أكثر ارتباطًا بنوع من البيانات الواقعية والتحليل الواقعي، لكن الطريقة الّتي يتمُّ بها تصوير الموقف برمَّته هي طريقة التَّماثل. هناك فكرة ثابتة أنَّ هناك صراعًا إسرائيليًّا فلسطينيًّا، وحتَّى «صراع» مصطلح يُعبِّر عن تناسب بين طرفين. أجد أنَّه من المُروِّع أنَّ المجلَّتين اتَّخذتا هذا الموقف»

هنا يعود الدّكتور «مارتون» إلى واحدةٍ من مئات جرائم الاحتلال في غزَّة، بقتل رئيس أكبر جامعةٍ في القطاع، وهي الجامعة الإسلاميَّة، ويستطرد «لقد تعرَّض سفيان تايه للقصف والقتل العمد مع عائلتِه بأكملِها. نحن كمنظَّمة علماء من أجل فلسطين وكذلك المنظَّمات الأخرى، نُحاول حشد دعم الأكاديميِّين العاديِّين والمحايدين الّذين ليس لديهم استثمار في هذا الصِّراع، من أجل اتِّخاذ مواقف والوقوف من أجل الحرية، الحرية الأكاديميَّة وحريَّة التَّعبير، وهما قيمتان يُفترض أنَّ الغرب يتمسَّك بهما. كما رأينا، هناك نفاقٌ كبيرٌ جِدًّا»

يضيف الدكتور «مارتون» أنَّه من المُروِّع استمرار هذا الموقف رغم ما وصفه بالتدمير الوحشي للجامعات وللبنية التحتيَّة للتَّعليم العالي والحياة الجامعية، ويُضيف قائلًا «لذلك نعمل لمحاولة توضيح هذه الأشياء لأنَّنا نعتقد أنَّ الأكاديميِّين يتفاعلون بشكلٍ مختلفٍ تمامًا عندما يُدركون مدى الضَّرر الّذي لحِق بالحياة الأكاديميَّة. 11 جامعة من أصل 14 جامعة في غزَّة دُمِّرتْ بالكامل، وإسرائيل تقصِفُ باستمرارٍ كلَّ منشأةٍ طبيَّة عِلميَّة رغم أنَّها مَرافِقٌ مُحايِدةٌ تمامًا».

يستطرد الباحث «إحدى المشاكل هي أنَّه لا توجد اتِّصالات في غزَّة، لذلك كان من الصَّعب للغاية حتَّى التحدُّث إلى زملائِنا الّذين نجوا والّذين هم على قيد الحياة. من الصَّعب للغاية إيصال صوتهم بسبب انقطاع التيَّار الكهربائي. يتمثَّل جهدنا الكامل الآن في التوصُّل إلى وقف لإطلاق النار، ووقف الأعمال العدائية، ولكن في اللحظة الّتي يأتي فيها إطلاق النار، سنحاول الاستفادة من أكبر قدرٍ ممكنٍ من الموارد لنقل وإعادة بناء ما تمَّ تدميره»

بدأنا تعبئة الموارد لإعادة الحياة الأكاديمية في غزة

يعتقد الدكتور «ماريو مارتون» أنَّ هجوم السَّابع أكتوبر وما تبِعَه من مجازر ضدَّ شعب غزَّة، جعل العالَم ينتبه إلى القضيَّة الفلسطينيَّة، وأظهر حقيقة ما يحصل بعدما كانت دول عربية ماضية

في مسار التَّطبيع وبعد أن كادت تتحوَّل هذه القضية إلى مسألة نزاعٍ عاديٍّ بين طرفين في نظر الرأي العام العالمي، بينما يستمرُّ الحصار وقتل وتجويع الفلسطينيِّين واعتقال الطَّلبة في الضفة الغربيَّة دون أن يرى أحدٌ هذا الأمر، غير أنَّه يضيف «تستمرُّ إسرائيل في ارتكاب الفظائع وقتل النَّاس دون مساءلة، كما أنَّ دعم الولايات المتحدة لهذه الفظائع قد تجاوز بكثيرٍ ما كنت أتوقعه، لكنَّني أبقى متفائلًا، والتفاؤل يدفع إلى العمل وللتَّعبئة، ويحرِّك الآمال».

طرحنا على الدكتور ماريو سؤالًا عن توقُّعاته بخصوص مستقبل العلم والتَّعليم في غزَّة ما بعد الحرب، فأجاب بالقول: «أتصوَّر أنَّه يجب أن يكون هناك جهد ضخم لإعادة البناء، وهو أمرٌ يتطلَّب تمويلًا هائلًا. لا أعرف من أين سيأتي، بالتَّأكيد ليس من الولايات المتَّحدة. لو سألتني هل القوى الأوروبية مستعدَّة لذلك أم لا؟ فسأجيبك أنَّها جبانةٌ جدًّا، أمَّا في العالم العربي، فإنَّ معظم الدول الغنيَّة سارت في التطبيع وهلم جرًّا. المشكلة مع غزَّة من قبل هي أنَّ الجامعة كانت موجودة، ولكن بسبب الحصار، كانت الحياة الأكاديمية ميؤوسٌ منها. في الواقع لم يكن هناك علمٌ يحدث في غزَّة، فقط لأنَّه لم تكن هناك إمكانيَّة للتبادلات، ولا حياة طبيعيَّة للطلَّاب».

ويستطرد الباحث قائلًا «لكن على الجانب الآخر، لا أعتقد أنَّه سيكون من الممكن لإسرائيل العودة إلى ما كانت عليه قبل 7 أكتوبر، لقد كانت تتجاهل العديد من القرارات الدوليَّة وتمنع السَّماح للسِّلع بالمرور عبر الحدود وتفرِض حصارًا غير قانونيٍّ، غير أنَّني لا أعتقد أنَّها يمكن أن تعود إلى هذه الممارسات. في منظَّمة علماء من أجل فلسطين، بدأنا فعليًّا في تعبئة الموارد. بطبيعة الحال، لسنا قادرين على تعبئة الموارد اللَّازمة لإعادة بناء المباني وما إلى ذلك، فحتَّى مع وجود 700,000 دولار لا يمكنك إعادة بناء الجامعات، ولكن إذا لم يكن هناك حصارٌ، يمكنك فعل الكثير لإعادة الأمل للطلَّاب. مع مئات الآلاف من الدولارات فقط يمكنك منحهم منحةً دراسيَّةً للانتقال إلى الخارج، والانخراط في التعاون العلمي وجلب آفاق مختلفة لهم، وهذا ما نحاول القيام به. أعلم أنَّ صمود الطلاب والسكان الفلسطينيين سيكون أيضًا العامل المحوري في مساعدتهم على النُّهوض بأنفسهم وصنع المعجزات».

في آخر اللِّقاء طرحنا على الدكتور «ماريو مارتون» هذا السُّؤال: «إذا كان لديك كلمة أخيرة تودّ قولها للطلَّاب والعلماء الفلسطينيِّين، فماذا ستقول؟»، فأجابنا في تأثُّر: «هذا أمرٌ صعبٌ، ففي حين أنَّه من المستحيل أن نفهم حقًّا مقدار الألم والصُّعوبات التي تحدث، هناك العديد من الأكاديميِّين الغربيِّين والعرب والفلسطينيين في الخارج الّذين لديهم مشاعر قويَّة تُجاه هذا الأمر والذين يعملون بجِدٍّ محاولةً لبناء المستقبل، لذا فإنَّ كلمتي هي فقط ألا نفقد الأمل. هذا يحمل في ثناياه عوامل في الحمض النووي الفلسطيني وفي كل جسد فلسطيني. هذه لحظة ربما تكون أكثر صعوبة مما كانت عليه في الماضي، لكن حتَّى في هذه اللَّحظة، لا تفقدوا الأمل لأنَّنا سننتصر في النِّهاية وسيُرفع الحصار والاحتلال، ستنتصر الإنسانيَّة».

مجلَّة الشِّهاب العلميّ حاورت كذلك الدكتور رامي يوسف مرجان، أستاذ الكيمياء العضويَّة ونائب عميد كليَّة العلوم بالجامعة الإسلاميَّة في قطاع غزَّة بفلسطين.

نشكرك دكتور على قبول إجراء المقابلة رغم الظروف المأساويَّة الّتي تعيشونها داخل القطاع. ربَّما سيكون من الصَّعب أن نطرح عليكم سؤالًا من قبيل «كيف تصفون الوضع؟» و«ما مدى فظاعة المأساة»، فما يحصل في غزَّة أشدّ من أيِّ توصيف، لكن هل تُحبُّ أن تقول شيئًا في هذا الخصوص لتَضع القُرَّاء في صورة ما حدث؟ كيف تغيَّرت الحياة في غزَّة؟

بدايةً أشكر لكم هذا اللِّقاء ويُسعدني أن أبدأ حديثي بتوجيه التحيَّة لشعب الجزائر الشَّقيق الّذي نعشقه ويعشقنا، كيف لا وهو الشَّعب الوحيد الّذي لا تجد فيه فردًا واحدًا لا يحمل هَمَّ فلسطين ويعتبرها قضيَّته الأولى. تُحيِّيكم وتُحيِّي شعب الجزائر قدوة شعوب العالم كلِّها في النِّضال ضِدَّ الاستعمار والظُّلم والقهر.

إنَّ الحرب على فلسطين بشكل عام وقطاع غزَّة بشكلٍ خاصٍّ تجاوزت فعلًا كلّ حدود الوصف. إنَّ ما فعله ولا زال يفعله الاحتلال ضِدَّ الشعب الفلسطيني في غزَّة هو عمليَّة إبادة جماعيَّة بكلِّ ما في الكلمة من معنى. قصف عشوائي لكلِّ شيءٍ بدون أيِّ تمييز.

إنَّ غزَّة تتعرَّض لحرب إبادة ولكم أن تتصوَّروا هذه المساحة الصَّغيرة الّتي تتعرَّض لحصارٍ شاملٍ منذ 17 عامًا، ولحرب بلا أخلاق يتم فيها تجاوز كل القوانين والأعراف الدولية من قبل العدو الصهيوني المدعوم بشكلٍ كاملٍ من النظام الصهيوأمريكي والأنظمة الرجعية، فقطاع غزة يتعرَّض لحربٍ عنوانها قتل الأطفال والنِّساء والشُّيوخ والرِّجال بلا رحمة. لقد قطعوا الكهرباء والاتِّصالات وقطعوا إمدادات الغذاء ودمَّروا المستشفيات والنِّظام الصحيّ بحيث لا يمكن معالجة الجرحى وبالتَّالي حكموا على المصابين

د. رامي مرجان
نائب عميد كليَّة العلوم بالجامعة الإسلاميَّة بغزة

الجامعة كانت أول أهداف الاحتلال لمنع بناء جيل مُتعلِّم يدافع عن أرضه

بالإعدام من خلال تدمير المستشفيات.

لم يتوقَّف هذا العدوان عند الإنسان فقط بل نال من البنية التَّحتية بشكلٍ كاملٍ فتم قطع إمدادات المياه والصَّرف الصحي ودُمِّرت الشَّوارع بشكلٍ كاملٍ والمدارس والجامعات، ولم يَسلَم من هذه الهمجيَّة أيّ مكان في غزَّة.

كانت الجامعة الإسلاميَّة التي تدرّسون فيها من ضمن أولى أهداف جيش الاحتلال، فتحوَّلت إلى أطلالٍ يحتفظ ما تبقَّى من جدرانها بذكريات آلاف طلبة العلم الّذين مرُّوا عليها، وقد سبق للبروفيسور جمال ميموني زيارتها مع وفد جزائري منذ عِدَّة سنوات أين تمَّ الالتقاء بثُلَّةٍ من الطَّلبة والأساتذة المتحمِّسين والمميزين. الواقع أنَّ هذا الخراب حلَّ أيضًا بعددٍ كبيرٍ من المؤسَّسات التعليميَّة في غزَّة. لماذا يركِّز الاحتلال على الإضرار بالهيئات الأكاديميَّة؟ ولماذا هذا الإصرار على تدمير العلم والتَّعليم في غزَّة؟

إنَّ حرب الاحتلال على غزَّة هي حرب شاملة تعمّد فيها استهداف المؤسَّسات التَّعليميَّة والأكاديميَّة وقد كانت من بينها الجامعة الإسلاميَّة وهي أكبر جامعات قطاع غزة، ولعلَّ الزَّميل الأستاذ الدكتور جمال ميموني والوفد المرافق قد شاهد بعينيه الجامعة وإمكانياتها المتميِّزة رغم الظّروف الصَّعبة الّتي تعيشها جرَّاء الحصار علي قطاع غزَّة. لقد كانت الجامعة أوَّل أهداف الاحتلال، حيث دمَّرها بشكلٍ كاملٍ ولم يتوقَّف هذا الحقد الأسود على تدمير مباني الجامعة بل قام باستهداف منازل العاملين فيها فارتقى العشرات من العاملين والأساتذة وعائلاتهم

حتّى رئيس الجامعة الإسلاميَّة الدكتور سفيان تايه أستاذ الفيزياء، تمَّ استهداف منزله وارتقى هو وعائلته شهداء. ولم يتوقَّف استهداف الاحتلال على الجامعة الإسلاميَّة فقط ولكن طال باقي الجامعات وألحق فيها دمارًا كبيرًا. إنَّ الهدف من ذلك هو القضاء الكامل على منظومة التعليم الجامعي من أجل تدمير الأجيال وترك الشباب الفلسطيني بلا تعليم لكي يصبحوا ضحايا للفقر والجوع والجهل، ودفعهم إلى ترك أرضهم بحثًا عن مستقبل أفضل حتّى يُسيطِر الاحتلال على ما تبقَّى من أراضي فلسطين.

استهداف الجامعات الغرض منه استهداف مستقبل الشَّباب وهم عِماد الأمَّة وحاملو لِواء البناء والتَّطوير لمجتمعهم وشعوبهم. إنَّ استهداف الجامعة الإسلاميَّة والجامعات الأخرى وقتل العلماء هو جريمة حربٍ مخطط لها ومقصودة، للقضاء على تطلّعات الشَّعب الفلسطيني في بناء جيل مُتعلِّمٍ يستمرُّ في الدفاع عن أرضه ووجوده في كامل تراب فلسطين .

إنَّ استمرار الحرب الهمجيَّة والإبادة الجماعيَّة لكلِّ أشكال الحياة وتقطيع أوصال قطاع غزَّة وقطع الاتِّصالات والتواصل، جعل من الصَّعب القيام بعمليَّة إحصاءٍ لعدد الشُّهداء والجرحى من العاملين والطَّلبة في الجامعات، ولكن بكلِّ تأكيد نحن نتحدث عن أعدادٍ صادمةٍ، وفي كلِّ يومٍ يرتقي شهداء من الأسرة الأكاديميَّة والطَّلبة والعاملين في الجامعات، وللأسف لن تكون هناك إحصائيَّةٌ دقيقةٌ قبل انتهاء العدوان ورفع آثار الدمار إذْ أنَّ هناك الألوف من أبناء شعبنا لا يزالون تحت ركام المباني المُهدَّمة جرَّاء قصف الاحتلال.

إنَّ الطَّلبة والعلماء ليسوا أهدافًا عسكريَّةً، مع ذلك يُصِرُّ الاحتلال على استهدافهم من أجل قتل المستقبل للشَّعب الفلسطيني، فهم الشريحة الأرقى فكريًّا والقادرة على حمل الهمِّ الفلسطيني وتحسين ظروف حياة شعبنا وتعزيز صموده في أرضه، ولذلك يتعمَّد الاحتلال القضاء على هذه المنظومة بشكلٍ كاملٍ من خلال استهداف المباني والمختبرات والعلماء والطَّلبة.

من بين المبادرات الّتي قمتم بها في بداية الحرب، كانت عريضةً إلكترونيَّةً للمطالبة بوقف تدمير الهيئات الأكاديميَّة في غزَّة. رغم التجاوب مع هذه العريضة ورغم كلّ المناشدات الدولية لحماية المنشآت التعليميَّة، إلَّا أنَّ الاحتلال لم يتوقَّف عن ارتكاب جرائم ضدَّ الإنسان والشَّجر والحجر. ما مدى أهميَّة هذه التحرُّكات وكيف تُساعد في لفت انتباه العالم لما يحدث في غزَّة؟

العريضة تمَّ نشرها للعالم بهدف التدخل الفوري لحماية الجامعات، لإدراكنا بأنَّ الاحتلال سينال من المؤسَّسات الأكاديميَّة بشكلٍ كبيرٍ وذلك رغبةً منه في أن يعمَّ الجهل والفقر نتيجة القضاء على التعليم في فلسطين، ولكن للأسف كلّ المناشدات ذهبت أدراج الرياح ونال الاحتلال من الجامعة الإسلامية بشكلٍ كاملٍ ومن الجامعات الأخرى بشكل جزئي، وكان هذا العالم الرسمي موافقًا وبشكل كامل على كلِّ هذه الجرائم.

إنَّ المبادرات التي نُطلِقها وإن لم تجد آذانًا صاغيةً على المستوى الحكومي والرسمي، إلَّا أنَّها نجحت في لفت انتباه العالَم للجرائم الّتي تُرتكب بحقِّ الشَّعب الفلسطيني بشكلٍ عام وفي قطاع التعليم الجامعي بشكلٍ خاص. هذه المناشدات نجحت في لفت انتباه المجتمع الأكاديمي لجرائم الاحتلال بحقِّ جامعات غزة وبذلك أسّست هذه المناشدات للإجراءات الّتي سنقوم بها بعد انتهاء الحرب لإعادة إعمارِ الجامعات في غزَّة.

شاهدنا معلِّمين وأساتذة تطوَّعوا لتدريس الأطفال داخل خيام ومدارس اللُّجوء، في صورٍ تَعكِس إصرار الفلسطيني وتمسُّكه بالتعليم رغم أنَّه يعيش وضعًا مزريًّا لا يحصل فيه حتَّى على المياه والغذاء. ما رأيك في مثل هذه المبادرات وإلى أيِّ درجةٍ تُساعد -رغم تواضعها قياسًا بحجم المأساة- على تخفيف وطأة الحرب على الطلَّاب وإعطائهم جرعةَ أملٍ؟

إنَّ الشَّعب الفلسطيني يُدرك تمامًا أنَّ الإنسان هو أغلى ما يملك، وأنَّ التَّعليم هو رأس ماله وثروته، فلا يوجد لدينا آبار نفط ولا غاز ولا موارد طبيعيَّة، وكلّ ما نملكه هو الإنسان والتَّعليم، ولذلك لو راجعتم الإحصائيَّات الدولية ستجدون أنَّ فلسطين من الدول التي فيها أكبر نسبة تعليم وحمَلة شهادات جامعية وفيها أقل نسبة أمية! هذه الإحصائيَّات تعطي مؤشِّرًا على مدى اهتمام الفلسطيني بالتَّعليم، ولذلك لا غرابة في أن تجد الفلسطيني يتعرَّض للقصف وفي نفس الوقت تُحيط به مجموعة من الأطفال في خيمة يتتلمذون على يده!

في الحقيقة هذه ليست المرَّة الأولى الّتي يقوم فيها الفلسطيني بالتعلُّم والتَّعليم في خيام، حيث إنَّه وخلال الانتفاضة الفلسطينيَّة المجيدة عام 1987 ونتيجة لإجراءات الاحتلال من إغلاق للمدارس والجامعات وفرض منع التّجوال لفترات طويلة، لجأ الفلسطيني للتعليم في الخيام. نعم في الظروف الحالية من حرب همجية وفي ظلِّ عدم وجود أيِّ مكانٍ آمنٍ لا يمكن لنا أن نقوم بالتعليم، ولكن هذه المبادرة كانت رسالةً للعالم نقول فيها إنَّه رغم آلة القتل والدمار إلَّا أنَّنا سنبقى على أرضنا نمارس حياتنا ولو تحت الجحيم وسنُعلِّم أطفالنا ونزرع بذور الأمل وسنتجاوز كلّ محاولات الاحتلال وداعميه من إلغاء وجودنا وحرمان أجيالنا من الحق في الحياة.

غزة قبل وبعد
دليل الدمار المتعمد الشامل بالصور

إعداد: البروفيسور جمال ميموني

جامعة غزة الإسلامية ما قبل وما بعد

لم يأتِ تاريخنا المعاصر بنزاع أدى إلى دمار واسع النطاق يطال كل جوانب حياة مجموعة بشرية كما فعل نظام بول بوت في كمبوديا، والتطهيرات الكبرى لستالين، والإبادة الجماعية لليهود في أوروبا. أنا هنا في هذه المقالة القصيرة، أسعى لتوثيق بعض هذه الدمارات الجماعية التي وقعت بوحشية وقسوة فريدة من قبل عدونا وعدو الإنسانية، باستخدام مصادر شخصية وصور. أود أن أقارن ما شهدناه في غزة خلال زيارتنا في إطار قافلة التضامن الجزائرية للعلم والأخوة عام 2012 وما أصبحت عليه غزة اليوم.

لوصف درجة من الدمار الشامل الذي لحق غزة بالإضافة إلى الإبادة الجماعية (Genocide) أدخلت مصطلحات جديدة:

الدوموسيد Domocide: وصف الدمار المتعمد للمنازل والمساكن الخاصة بمجموعة معينة من الناس، مما يؤدي إلى تدمير حياتهم المنزلية ومواطنهم.

السكولوسيد Schoolocide: وصف الدمار المنظم للمدارس والمنشآت التعليمية بهدف قطع التعليم عن مجموعة وتقويض تطورها المستقبلي.

الكولتورسيد Culturicide: وصف الأعمال التي تؤدي إلى دمار ثقافة مجموعة، بما في ذلك دمار المواقع الثقافية والدينية والقطع الأثرية.

الواجهة البحرية ما قبل وما بعد

منصَّة الاجتماعات للمجلس التشريعي الفلسطيني
في اليمين البروفيسور جمال ميموني في وسط الصورة مع أساتذة جزائريين.
في اليسار جنود الاحتلال، قبل تدمير المبنى.

تم تدمير مسجد العمري التاريخي في قلب مدينة غزة يوم 9 ديسمبر 2023، والذي يعتبر واحدًا من أقدم المساجد في مدينة غزة وفي العالم. حتى ديسمبر الماضي تم تدمير 104 مساجد وثلاث كنائس في قطاع غزة، بالإضافة إلى العديد من الآثار والمعالم الثقافية والتاريخية

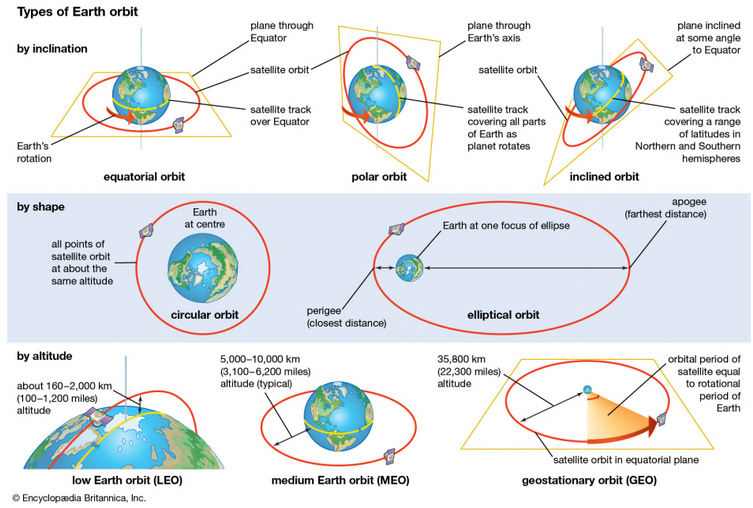
الأقمار الصناعية والحطام الفضائي:
تحديات وحلول

بقلم د. أحمد مجدي عبد العزيز
أستاذ مساعد علوم وتكنولوجيا
المعهد القومى للبحوث الفلكية
والجيوفيزيقة بمصر

تُعتبر الأقمار الصناعيّة من الابتكارات التكنولوجيّة الهامّة الّتي أحدثت ثورة في مجال الاتّصالات ورصد الأرض والملاحة، إضافةً إلى العديد من التّطبيقات الأخرى الّتي تخدم مصلحة الإنسان وتطوير التكنولوجيا. وتوجد عدة أنواع من مدارات الأقمار الصناعية، وتعتمد الاختيارات على الغرض الرئيسي للقمر الصّناعي والتطبيق الذي صُمِّم له، ويمكن تصنيف هذه المدارات طبقًا للشّكل أو الارتفاع، وفيما يلى بعض أنواع المدارات الشّائعة:

1. الأقمار المتزامنة مع الأرض: يتميّز هذا المدار بأنّ القمر الصناعي يظلّ ثابتًا في مكانه بالنسبة للكوكب عند خطّ استواء الأرض. يُستخدَم هذا النّوع من المدارات بشكل رئيسيٍّ لأقمار الاتّصالات والبثّ التلفزيوني.
2. المدارات المنخفضة: يكون المدار في ارتفاعات منخفضةٍ جدًّا (عادةً أقل من 2,000 كيلومتر)، ممّا يسمح بجمع بياناتٍ دقيقةٍ ومفصّلة، مثل: بيانات الأرصاد الجويّة والظروف البيئيّة على سطح الأرض.
3. المدارات القُطبيّة: يتحرّك القمر الصناعيّ فوق الأرض من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي. يُستخدَم للرّصد البيئي والتّصوير الجيولوجي ورصد الكوارث الطبيعية.
4. مدارات متزامنة مع الشّمس: يتحرّك القمر الصّناعي على مسارٍ ثابتٍ يبقى متّسقًا مع وضع الشّمس. يُستخدم هذا النّوع من المدارات للتّصوير الأرضي ورصد التغيّرات البيئيّة بسبب تقاطعها مع زاوية الشمس.
5. المدارات الانتقاليّة: تُستخدَم لنقل الأقمار الصناعيّة من مدارٍ إلى آخر، وتكون عادةً مدارات حول الأرض مع تحوّلٍ تدريجيٍّ للارتفاع والميل.

ومع التنامي المستمر فى عدد الأقمار الصناعيّة، فإنّ هناك تحديًّا كبيرًا يواجه هذه الأقمار، وهو مشكلة الحطام الفضائيّ. والحطام الفضائي هو مجموعة من الأجسام الّتي تدور حول الأرض، وتشمل أجزاء الصواريخ القديمة والأقمار الصناعية غير العاملة بالإضافة إلى الحطام الذي نتج عن تصادمات بين الأقمار وبعضها أو الأقمار والحطام الآخر. يشكل هذا الحطام خطرًا على المركبات الفضائية النشطة ويمكن أن يؤدي إلى تلفها، ويمكن أن يؤثر على الاستفادة من الفضاء الخارجي في المستقبل. تتسبّب هذه المشكلة في تزايد تكاليف تصنيع وإطلاق الأقمار، حيث يجب تصميمها بطرق تُجنب التّصادم مع الحطام.

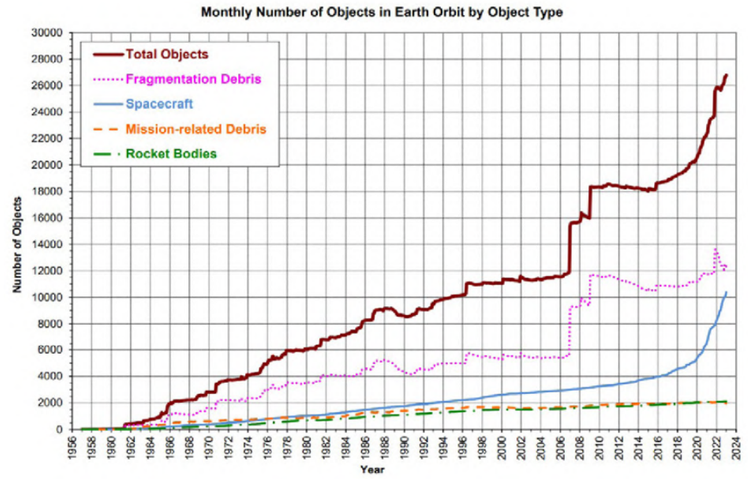


شكل يُبيّن أنواع المدارات وتصنيفها

توزيع الأجسام الّتي تدور حول الأرض منذ إطلاق أول قمر صناعيٍّ وحتّى الآن

للتغلب على هذا التحدي، يجب تبني استراتيجيات مبتكرة للعمل على حلول هذه التحديات ومن هذه الاستراتيجيات

1. تحسين نظم إدارة الرصد، ويكون ذلك من خلال تطوير نظم متطورة لرصد وتتبع الحطام الفضائي سواء من جهة الأجهزة بحيث يتم اختيار الأنظمة المناسبة أو من حيث طرق وأساليب الرصد.
2. العمل على وضع معايير لتصميمات مستدامة، حيث يجب وضع معايير لتصميم الأقمار الصناعية تزيد من العمر الافتراضي للقمر الصناعى وكذلك وضع نماذج دقيقة وأجهزة مناورات، بحيث يمكن تجنّب تصادم الأقمار الصناعية مع الوسط المحيط.
3. التعاون الدولي، حيث يتمُّ تعزيز التعاون بين الدول لتطوير حلول مشتركة لمشكلة الحطام الفضائي، بما في ذلك التكنولوجيا والسياسات الدولية وإنشاء شبكة دولية للرصد



عدد الأجسام في المدار شهريا

والتتبع، مِمَّا يسمح بتوفير معلومات دقيقة عن البيئة الفضائيّة

4. الاستثمار في أبحاث إزالة الحطام الفضائي سواءً من خلال تشجيع الحكومات أو الشركات على الاستثمار في البحث والتطوير لتحسين تكنولوجيا إزالة الحطام بفعالية، دون التأثير على الأقمار الصناعية العاملة.

رصد الأقمار الصناعية و الحطام الفضائي

رصد الأقمار الصناعية والحطام الفضائي هو عملية تتضمن رصد وتتبع الأجسام الصغيرة والكبيرة المتحركة في المدارات المختلفة بدايةً من الارتفاعات المنخفضة والّتي تبلغ حوالي 400 كلم، وحتّى الارتفاعات المتزامنة مع حركة الأرض ما يقرب من 36000 كلم، ويتمُّ ذلك باستخدام تقنيات رصد مختلفة وهي:

1. الرادرات الأرضية، وذلك باستخدام أنظمة الرادار لتحديد وتتبع الجسم من خلال إرسال إشارات نحو الفضاء واستقبال ارتداد هذه الإشارات مِمَّا يسمح بتحديد الموقع وسرعة الجسم، وهذا النّوع مثالي للأقمار الصناعيّة والحطام الفضائي فى المدارات المنخفضة مع التّكلفة المرتفعة والقيود الأمنيّة لدى بعض الدول.

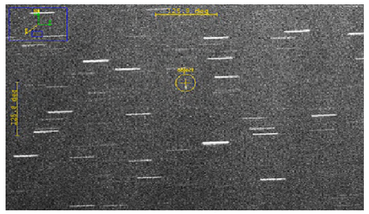
2. أنظمة اللّيزر، وتستخدم أنظمة الرصد بشعاع الليزر لقياس المسافات بين المراصد الأرضية والأجسام في الفضاء. يتمُّ إرسال شعاع ليزر نحو الجسم المراد رصده وتتبّعه وقياس الوقت الّذي يستغرقه للعودة، مِمَّا يسمح بحساب المسافة بدقة، ويتطلب هذا النوع وجواد عواكس على الأقمار الصناعيّة تسمح بارتداد شعاع الليزر وقد يعمل بارتفاعات متوسطة

3. الرصد البصري، ويشمل استخدام تلسكوبات أرضيّة مع كاميرات عالية الدقّة بحيث يُعدُّ الرّصد البصريّ من أفضل التقنيات المستخدمة في الرصد، إذ يمكن من خلاله رصد جميع المدارات بالإضافة إلى توفير جميع البيانات الديناميكيّة والفيزيائيّة للأجسام المرصودة.

وهناك استراتيجيّاتٌ وتقنيّاتٌ مختلفة للرّصد البصري يمكن اتّباعها لتحقيق فعالية أكثر بواسطة التليسكوبات الفلكية مع الكاميرات، ومن هذه الاستراتيجيات:

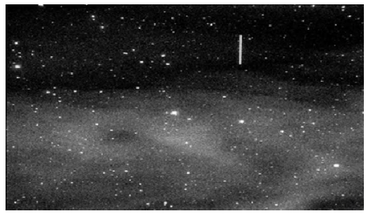
مسح السماء: ويتم خلال هذه الاستراتيجية عمل مخطط مسح للسّماء، إذ يتمُّ تقسيم السّماء لشرائح طبقًا لمجال الرؤية الخاص بالنظام البصريّ الموجود، بحيث تتم تغطية أكبر مساحة ممكنة من السماء خلال الليلة لرصد جميع الأجسام المتاحة سواءً كانت بيانات هذه الأجسام معروفة أو غير معروفة. وتتطلّب هذه الاستراتيجيّة نظام رصد بمجال رؤية واسع لا يقلّ عن 5 درجات مربعة

التتبع المتّصل: ويتم خلال هذه التقنية تحديد جسم معلوم بحيث يتم رصده وتتبعه بشكل مستمر لمدة طويلة لتحديث المعلومات حول حركته والتغييرات التي قد تطرأ عليه. ويتم التحرك بنفس سرعة الجسم بحيث يظهر الجسم في شكل نقطة وتظهر النجوم على شكل خطوط عرضية.



نظام التتبع المتصل للأقمار الصناعية

تتبع غير متّصل: ويكون ذلك فى الأجسام ذات الارتفاعات المنخفضة والسرعة العالية بحيث يتمُّ تحديد مسار الجسم وأوقات مروره على المحطة الأرضية وتصويره فى وضع التتبع النجمي والتحرك السريع لنقطة أخرى على المسار لتصويره مرّةً أخرى وهكذا



التتبع غير المتصل للأقمار الصناعية

محطّة رصد الأقمار الصناعيّة والحطام الفضائيّ بالمعهد القوميّ للبحوث الفلكيّة والجيزفيزيقة – جمهورية مصر العربية

وتعتبر عملية رصد الأقمار الصناعية والحطام الفضائي أمرًا ذا أهمية كبيرة وهذه بعض الجوانب التي تبرز أهمية هذا النشاط

الحفاظ على سلامة الأقمار الصناعية العاملة: حيث أنّه من خلال الرصد ودراسة الوسط المحيط بما يحتويه من أجسام أخرى، يمكن تجنب التصادمات غير المرغوب فيها التي يمكن أن تلحق أضرارًا بالأقمار الصناعية والمحطات الفضائية مِمَّا يتسبب فى خسائر مالية كبيرة بالإضافة إلى زيادة عدد الحطام الفضائى نتيجة التصادم.

الحفاظ على سلامة سكان الأرض: في حالة سقوط حطام فضائي على الأرض، يمكن لعمليات الرصد توفير معلومات دقيقة حول مكان التساقط المحتمل، مِمَّا يساعد في اتّخاذ التدابير اللّازمة لحماية السكان والممتلكات.

آخر المستجدات العلمية

ياسمين بوالجدري الشيماء أمين خوجة لينة فضة محمد أكرم زرمان

من شأنه إنقاذ آلاف الأطفال حول العالم ... منظمة الصحة العالمية تعتمد لقاحا جديدا ضد الملاريا

اعتمدت منظمة الصحة العالمية أواخر سنة 2023، لقاح «R21 / Matrix-M» الجديد المضاد للملاريا الذي طورته جامعة أوكسفورد، واعتبرته لقاحا آمنا وفعالا يضاف إلى قائمة اللقاحات المؤهلة للاستخدام لدى الأطفال، بما سيساهم في إنقاذ عشرات الأطفال حول العالم خصوصا في القارة الأفريقية.

جاء اعتماد اللقاح بناء على توصيات فريق خبراء المنظمة الاستشاري الاستراتيجي، المعني بالتحصين والفريق الاستشاري لسياسات الملاريا، ويعد ذلك شرطا أساسيا لشراء اللقاحات من قبل منظمة اليونيسيف والتحالف العالمي للقاحات ونشرها.

ويعد هذا اللقاح الثاني المضاد للملاريا الذي تعتمده المنظمة بعد اعتماد لقاح «RTS,S/AS01» في يوليو 2022، وقد ثبت أن كلا اللقاحين آمنان وفعالان في التجارب السريرية للوقاية من الملاريا لدى الأطفال.

ويعد الملاريا مرضا يلقي عبئا ثقيلا بشكل خاص على الأطفال في المنطقة الأفريقية، حيث يموت نحو نصف مليون طفل بسبب المرض كل عام. ويتسبب طفيلي معقّد التركيب في الإصابة بالملاريا التي تنتقل عبر لدغات البعوض مصاص الدماء.

وتعدّ الملاريا أكثر تعقيدا من الفيروسات؛ فهي تتخفى عن جهاز المناعة البشري عبر التلوّن الفوري بأشكال مختلفة داخل جسم الإنسان، ما يجعل من الصعب على جهاز المناعة أن يتصدّى لهذا الوافد سريع التحوّل.

وعلى الصعيد العالمي سُجل في عام 2022 ما يقدر بنحو 249 مليون حالة إصابة بالملاريا، و 608 حالات وفاة في 85 دولة، ومن المتوقع أن يؤدي التأهيل المسبق للقاح الملاريا الثاني في العالم، الذي طورته جامعة أوكسفورد وصنعه معهد المصل الهندي، إلى توسيع نطاق الوقاية من الملاريا من خلال التطعيم.

التلسكوب الأوروبي «إقليدس» يكشف عن صور مبهرة للكون

نشر التلسكوب الفضائي الأوروبي «إقليدس» (Euclid)، في العام 2023، أولى الصور التي التقطها للكون، ويبدو فيها سديم مبهر يشبه رأس حصان، ومجرات بعيدة لم يسبق أن شوهدت، وتتضمن «أدلة غير مباشرة» على وجود المادة المظلمة.

وانطلق «إقليدس» في مهمة أولى من نوعها دولياً ترمي لكشف لغزين كونيين هما المادة المظلمة والطاقة المظلمة. وينجز التلسكوب مهمته من خلال رسم خريطة لثلث السماء الذي يضم ملياري مجرة، لإنشاء ما وصف بأنه الخريطة ثلاثية الأبعاد الأكثر دقة للكون.

وبعد وصول التلسكوب الفضائي إلى تلسكوب آخر هو «جيمس ويب»، في نقطة مراقبة تقع على بعد نحو 1.5 مليون كيلومتر من الأرض، بدأ المسبار الأوروبي بإرسال أولى نتائج المراقبة التي ينفذها، وقد كشف عنها مركز العمليات الأوروبي الفضائي في دارمشتات بألمانيا.

وقال رئيس وكالة الفضاء الأوروبية يوزف أشباخر، إن الصور الخمس، التي كشف عنها مركز عمليات الفضاء الأوروبي في دارمشتات بألمانيا، «مذهلة وتذكر بأهمية الذهاب إلى الفضاء لمعرفة مزيد عن أسرار الكون». ومن بين هذه الصور، واحدة لسديم رأس الحصان، ضمن كوكبة أورايون القريبة، ومجرات حلزونية، وأخرى «غير منتظمة».

وأوضح المدير العلمي للمشروع رينيه لوريج أن الصورة الأكثر «إثارة» هي صورة عنقود برشاوس، وهي مجموعة بعيدة تضم أكثر من ألف مجرة، إذ وجد في الخلفية أكثر من 100 ألف مجرة إضافية، يقع بعضها على بعد 10 مليارات سنة ضوئية ولم ترصد من قبل.

من الصور الأولى للتلسكوب الفضائي أقليدس، سديم رأس الحصان

الحوت القديم أكبر حيوان على الإطلاق

الهيكل العظمي الثقيل جدا لبيروسيتيوس

لم يعد الحوت الأزرق أثقل حيوان عاش على الإطلاق، فقد كشف علماء الحفريات عن عظام متحجرة لحيوان ثديي بحري ضخم انقرض منذ ملايين السنين وُصف حديثا باسم «بيروسيتوس كولوسوس»، ويعني «الحوت البيروفي الضخم»، وهو مخلوق يشبه إلى حد ما خروف البحر، ويعود تاريخه إلى ما بين 38 و40 مليون سنة خلال العصر الإيوسيني.

في دراسة نشرت في مجلة نيتشر، قدّر الباحثون وزن بيروسيتوس العملاق بأنه قد يصل إلى 340 طنا متريا، مما يتحدى مكانة الحوت الأزرق باعتباره الأضخم على الإطلاق في المملكة الحيوانية. لكنه ليس الأطول، فقد امتد جسم العملاق بيروسيتوس لنحو 20 مترا، ويمكن للحيتان الزرقاء أن تكون أطول، حيث يصل طول بعضها إلى أكثر من 30 مترا.

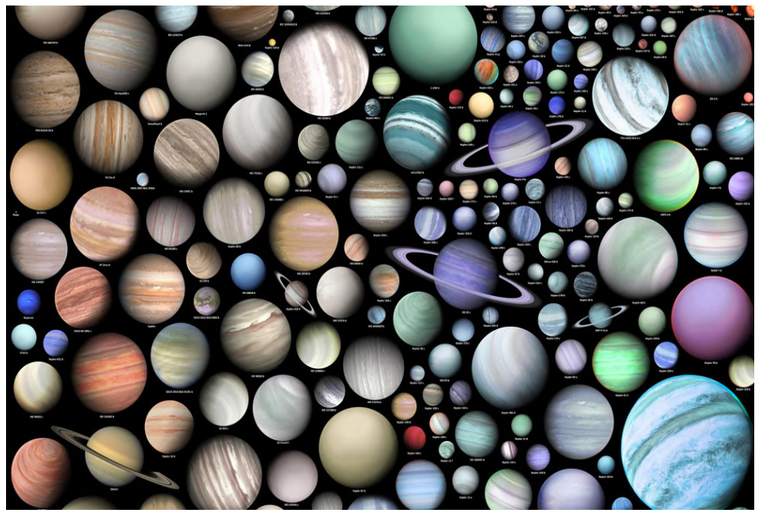
وقال فريق البحث إن أحد أسباب زيادة وزن الحيوان هو أن عظامه أكثر كثافة وأثقل من عظام الحوت الأزرق الذي لديه القدرة على الغوص والسباحة بسرعة. وقال العلماء إن تلك العظام فائقة الكثافة تشير إلى أن الحوت ربما قضى وقته في المياه الساحلية الأقل عمقا. أما الحيوانات الأخرى التي تبقى قرب الساحل مثل خراف البحر، فلديها عظام ثقيلة تساعدها على البقاء قرب قاع البحر.

عدد الكواكب الخارجية المكتشفة يرتفع إلى 5600 كوكب

بعد زهاء ثلاثة عقود من اكتشاف علماء الفلك الكواكب الأولى خارج نظامنا الشمسي، اكتشف العلماء خلال سنة 2023، ستة كواكب خارجية جديدة، ما رفع إجمالي عدد الكواكب المعروفة لدينا إلى أكثر من 5500. في عام 1992، تم التأكد من ظهور الكواكب الخارجية الأولى عندما اكتشف علماء الفلك في مرصد أريسيبو في بورتوريكو كوكبين توأمين هما بولترغايست وفوبيتور اللذين يدوران حول النجم النابض «بي إس آر بي 1257+12». وفي عام 1995 اكتشف الفلكيان السويسريان ميشيل مايور وديدييه كيلو أول كوكب (بيجاسي بي51) الذي يدور حول نجم يشبه الشمس.

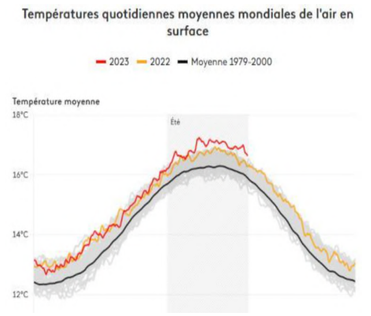
وفي مارس 2022، احتفل العلماء باكتشاف 5000 كوكب خارجي، بعد ذلك وفي 24 أغسطس 2023، أي بعد أكثر من ثلاثة عقود من التأكيد الأول لوجود كواكب خارج نظامنا الشمسي، أعلن العلماء عن اكتشاف ستة كواكب خارجية جديدة، مما رفع هذا العدد إلى 5502 في أكثر من 4000 نظام كوكبي.

فمن انعدام تأكيدات وجود كواكب خارج المجموعة الشمسية إلى أكثر من 5500 كوكب خارجي في غضون بضعة عقود فقط، يمثل هذا الإنجاز الجديد خطوة رئيسية أخرى في فهم العوالم عبر المجرة.



بعد انتهاء فترة العلاج، تتحلّل الجزئيات إلى مغذيات للخلايا خلال 12 أسبوعًا، ثمّ تختفي من الجسم من دون أي آثار جانبيّة.

2023 العام الأكثر حرارة على الإطلاق



المتوسط العالمي لدرجات حرارة سطح الأرض اليومية

لم يكن عام 2023 حارًا فحسب، بل كان محطمًا للأرقام القياسية. تؤكد البيانات أنه العام الأكثر حرارة منذ بدء حفظ السجلات الحديثة في عام 1880. ولم يكن هذا الواقع الحارق حدثًا منفرداً، فالعقد الماضي يحمل امتيازًا مشكوكًا في كونه أحر عشر سنوات تم قياسها على الإطلاق.

المتسبب الرئيسي هو انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، الناتجة بشكل أساسي عن الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري. هذه الغازات تحبس الحرارة في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى ارتفاع تدريجي في درجات الحرارة العالمية.

لقد شهد عام 2023 تعرض مئات الملايين لموجات حارة حارقة، وسجلت عدة أشهر أرقامًا قياسية في درجات الحرارة العالمية. كما وصلت محيطاتنا، التي تمتص الكثير من حرارة الأرض الزائدة، إلى مستويات مرتفعة جديدة.

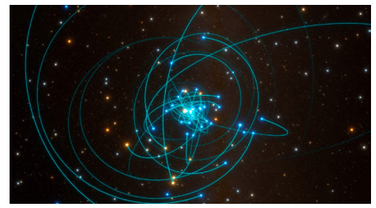
في 6 يوليو/تموز، واجهت مدينة أدرار في الجزائر أكثر الليالي حرارة على الإطلاق في أفريقيا، حيث لم تنخفض درجات الحرارة ليلاً عن 39.6 درجة مئوية، وبعد منتصف ليل 17 يوليو مباشرة، سجلت محطة أرصاد جوية في وادي الموت في كاليفورنيا درجة حرارة بلغت 48.9 درجة مئوية.

وقد أصبحت الظواهر الجوية القاسية مثل موجات الحر والجفاف والفيضانات وحرائق الغابات أكثر تواترًا وشدة، ويرتفع منسوب مياه البحر، مما يهدد المجتمعات الساحلية. وقد بدأنا نشعر بهذه التأثيرات بالفعل في جميع أنحاء العالم، ومن المتوقع أن تتفاقم

إذا لم نتخذ إجراءات.
يمثل عام 2023 تذكيرًا صارخًا بأزمة المناخ، إلا أنه أيضًا دعوة للعمل للحد من أسوأ آثار تغير المناخ وبناء مستقبل أكثر استدامة للجميع.

هل اقتربنا من فك لغز الجاذبية الكمية؟

توصل فيزيائيون من جامعة ساوثهامتون البريطانية إلى طريقة لرصد قوى جاذبية ضعيفة على المستوى المجهري باستعمال تقنية المغناطيسات المتصاعدة levitating magnets.
الجاذبية الكمية أو جاذبية الأجسام متناهية الصغر، لطالما كانت موضع حيرة وتساؤل لدى العلماء وهذا لعجزهم عن تفسير ماهيتها، عكس الجاذبية الماكروسكوبية التي تحكمها قوانين ثابتة متمثلة في النظرية النسبية.
أجريت هذه الدراسة باستخدام معدات متطورة من بينها أجهزة فائقة الناقلية superconductors تُعرف باسم الفخاخ، ذات مجالات مغناطيسية وكاشفات حساسة وعزل متقدم للاهتزازات.
أسفرت التجربة عن قياس قوة جذب ضعيفة بلغت 30 تسارعا ناتجا عن الجاذبية (aN) لجسم بلغت كتلته 0.43 ملجم، عن طريق تصعيده في درجات حرارة متجمدة بمقدار جزء من مائة من الدرجة فوق الصفر المطلق (حوالي 273 درجة مئوية تحت الصفر).



أخبار متفرقة حول الثقوب السوداء

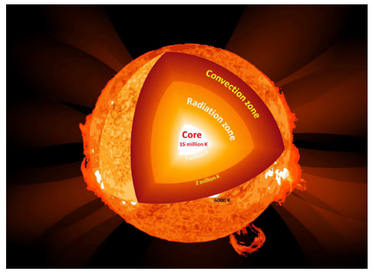
من إعداد: البروفيسور جمال ميموني

تتبع مصائر النجوم القريبة من الثقب الأسود المركزي لمجرتنا

أحرز الباحثون الذين يدرسون الثقب الأسود المركزي لمجرة درب التبانة، اكتشافًا ثوريًا بشأن مصير النجوم في محيطه. على الرغم من أعمارها القديمة، تبدو بعض النجوم الدائرة حول الثقب الأسود الفائق الكتلة في مركز مجرة درب التبانة، جديدة بشكل مريب. ولكن على عكس البشر، الذين قد يظهرون شبابًا بعد جولة جديدة من حقن الكولاجين، فإن هذه النجوم تبدو شابة لسبب أكثر ظلمة. من خلال مراقبة تأثيرات قوى الجاذبية الهائلة للثقب الأسود، رصد العلماء نجومًا تُمزق، وهي ظاهرة تُعرف بأحداث التشويش المدنفة (TDEs). تحدث هذه العملية عندما تقترب نجمة كثيرًا من الثقب الأسود، مما يتسبب في تأثيرات جاذبية تمتد تدريجياً وتمزقها في النهاية، مما يؤدي إلى تكوين تيار من البلازما الساخن. تنبعث من هذه الأحداث TDEs إشعاعات الأشعة السينية القوية، التي تم رصدها بواسطة أدوات مثل مرصد شاندرا للأشعة السينية التابع لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا)، مما يوفر رؤى حاسمة في ديناميات الثقوب السوداء وتفاعلها مع الأجسام السماوية المحيطة.
دراسة أحداث التشويش المدنفة TDEs بالقرب من الثقب الأسود المركزي لدرب التبانة، لا تُلقي فقط الضوء على مصير النجوم في بيئات الجاذبية الشديدة، ولكنها تساهم أيضا في فهمنا لعمليات تجميع الثقوب السوداء. تتراكم المادة من قبل جسم سماوي نتيجة للجاذبية، وهي عملية تكون مكثفة بشكل خاص حول الثقوب السوداء. ومن خلال مراقبة انبعاثات الأشعة السينية من TDEs، يمكن للباحثين تحليل خصائص الأقراص التجميعية التي تتشكل خلال هذه الأحداث، مما يوفر بيانات قيّمة لدراسة سلوك المادة أثناء سقوطها في الثقب الأسود. يمثل هذا الاكتشاف تقدمًا هامًا في معرفتنا بديناميات الثقوب السوداء وتأثيرها على تطور المجرات مثل درب التبانة.

هل يمكن أن يكون هناك ثقب أسود داخل الشمس؟

في الخيال الرهيب، فكرة تحول الشمس إلى ثقب أسود أو ابتلاعها لواحد هي رواية مألوفة، تنبئ بتغييرات مفاجئة وجذرية في غضون دقائق، ولكن كتلة الشمس تعتبر فكرة تحوّل الشمس إلى ثقب أسود أو ابتلاعها لواحد، رواية مألوفة، لكن كتلة الشمس غير كافية لحدوث ذلك. يصبح المفهوم أكثر إثارة عند التفكير في امتصاص الشمس لثقب أسود بدائي صغير، وهو موضوع يستحق الاستكشاف في أوراق علمية.



الثقوب السوداء البدائية، هي كيانات نظرية من بدايات الكون، صغيرة بشكل ملحوظ، وتمثل حوالي حجم الكويكب أو أصغر من حبة برتقالة، إذ تلعب دورًا في النظريات التي تفسر ظواهر مثل المادة المظلمة. تقترح بعض النماذج وجودها على نطاق واسع، مشيرة إلى أن النجوم ستمتصها بالضرورة، وتشكل ما يعرف بالنجم هوكينغ مع ثقب أسود في مركزه. تتناول الأبحاث الحديثة العلاقة المعقدة بين الثقب الأسود المركزي للشمس والكواكب السماوية في نظامنا الشمسي. من خلال المحاكاة الحاسوبية المتقدمة، يتتبع العلماء تأثيرات الجاذبية على مسارات الكواكب، لكشف التغيرات المحتملة في مدارات الكواكب. على الرغم من أن هذه المحاكاة تقدم رؤى قيمة، إلا أنها تمثل نماذج نظرية بدلاً من توقعات دقيقة لسيناريوهات العالم الحقيقي.

قد تكون الثقوب السوداء الأولية «جمدت» الكون المبكر

تُمثّل الثقوب السوداء الأولية المتجمدة في حالتها الأولية منذ بداية الكون، مفهومًا نظريًا مثيرًا للاهتمام في الكونيات، وإذا ثبتت صحته، يمكن أن توفر هذه الثقوب السوداء رؤى قيمة حول ظروف وعمليات الكون المبكر. تتحدى هذه الفكرة النماذج التقليدية لتكوين وتطور الثقوب السوداء، فاتحة آفاقًا جديدة لفهم ديناميكيات الكون.

الثقوب السوداء الأولية والكون المبكر

تُروى قصة الكون المبكر على هذا النحو، عندما كان كوننا شابًا للغاية، خضع لفترة من التوسع السريع للغاية المعروفة باسم الانتفاخ، ثم انتهى الانتفاخ وغُمر الكون بالجسيمات والإشعاع في الانفجار العظيم الحار. بعدها توسع الكون وبرد، ومع توسعه تناقصت كثافة تلك المادة والإشعاع. من الممكن أن تكون جيوب من الكون قد وصلت بشكل تلقائي إلى كثافات عالية بما يكفي لتشكيل الثقوب السوداء مباشرةً بمفردها، دون الحاجة إلى المرور بتكوين النجوم أولاً. هذه هي ما يسمى بالثقوب السوداء الأولية.

تصميم مقياس لوغاريتمي للكون المرصود مع وضع نظامنا الشمسي في المركز، الكواكب الداخلية والخارجية، حزام كويبر، سحابة أورت، ألفا قنطورس، ذراع برساوس، مجرة درب التبانة، مجرة أندروميدا، المجرات المجاورة، الشبكة الكونية، إشعاع الخلفية الكونية الميكروي، والبلازما غير المرئية من الانفجار العظيم على الحافة

تبخرالثقوب السوداء بواسطة إشعاع هوكينغ

لقد وضعت الملاحظات الكونية قيودًا شديدة على عدد الثقوب السوداء الأولية التي يمكن أن تسكن الكون المبكر، لكن لا يزال هناك مجال لوجودها. استكشف فريق من الباحثين عواقب غير متوقعة لتكوين هذه الثقوب السوداء الأولية، تبخر الثقوب السوداء الأولية نفسها يحفز تشكيل موجات الجاذبية، والتي قد تظل موجودة حتى اليوم.

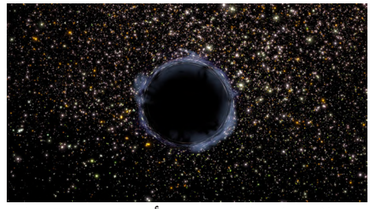
الثقوب السوداء الأولية قد تظل موجودة حتى الآن

بفضل أعمال ستيفن هوكينغ، نعلم أن الثقوب السوداء ليست تمامًا سوداء؛ فهي تصدر إشعاعًا من خلال إشعاع هوكينغ. هذه العملية غير فعالة للثقوب السوداء ذات الحجم الطبيعي، والتي تصدر جسيمًا واحدًا من الإشعاع في السنة تقريبًا. ومع ذلك، تصدر الثقوب السوداء الأصغر حجمًا إشعاعًا أكثر بكثير. إذا كانت الثقوب السوداء الأولية صغيرة بما يكفي، فإنها كانت ستتبخر تمامًا في المراحل المبكرة من الكون، دون ترك أثر. ومع ذلك، كانت ستترك بصمتها أثناء تبخرها. لذلك فإن هذه الثقوب السوداء التي تشكلت في بيئات كثيفة في الكون المبكر كانت ستتوقف عن النمو بسبب عوامل معينة. يُقترح أن الثقوب السوداء الأولية المتجمدة ستحتفظ بحجمها وكتلتها الأصلية، موفرةً لمحة عن ديناميكيات الكون المبكر. فعلاً، كانت ستترك علامتها من خلال إطلاق كميات كبيرة من الإشعاع والمادة التي قد نتمكن من رصدها حتى اليوم. هذا يتحدى الأفكار التقليدية حول تطور الثقوب السوداء، ويعطي آفاقًا جديدة لفهم ديناميكيات الكون. ومع ذلك، لا زلنا بحاجة إلى المزيد من الأدلة.

غرابة احتواء المجرات الصغيرة ثقوب سوداء ضخمة

النظرية السائدة حول نمو الثقوب السوداء تفترض أنها نشأت كأجرام صغيرة داخل نوى المجرات الناشئة في الكون المبكر وتوسعت في الحجم مع تصادم واندماج مجراتها المضيفة، مما جمع المزيد من النجوم والغاز والغبار. هذه العملية سمحت للثقوب السوداء في مراكز هذه المجرات بالاندماج واستهلاك المواد المتراكمة، مما أدى إلى زيادة كتلتها بشكل متناسب مع كتلة المجرة. وفقًا لهذه النظرية، ينبغي أن يشكل الثقب الأسود في مركز المجرة حوالي جزء من ألف من كتلتها الإجمالية. لكن هذا النموذج كان يستند بشكل أساسي إلى ملاحظات المجرات الأكبر، مما ترك طبيعة الثقوب السوداء في المجرات القزمة الأقل اندماجًا والأصغر حجمًا موضع تكهنات، مع توقعات بأن تكون لديها ثقوب سوداء أصغر نسبيًا أو حتى غير موجودة. على عكس هذه التوقعات، بدأت محاكاة الحاسوبية والبيانات الفلكية اللاحقة تشكك في الفكرة القائلة بأن المجرات الأصغر تحتضن ثقوبًا سوداء أصغر. كشفت هذه المحاكاة أن حتى أصغر المجرات يمكن أن تمتلك ثقوبًا سوداء كبيرة بشكل ملحوظ منذ البداية، دون الخضوع لعملية الاندماج واسعة النطاق المميزة للمجرات الأكبر. أدت ملاحظات عالمة الفلك إيمي راين على مجرة قزمة تشع مستويات غير عادية

المجرة القزمة هينيز 2-10 (Henize 2-10) تبعد عنا بحوالي 30 مليون سنة ضوئية. تلمح أعمال عالمة الفلك إيمي راينز إلى أنها قد تستضيف ثقبًا أسودا فائق الكتلة.



من الإشعاع الراديوي وأشعة سينية، إلى توفير دليل تجريبي على وجود ثقب أسود كبير، متوافقًا مع تنبؤات هذه النماذج. وقد توصلت بحوث لاحقة شملت فحص حوالي 25,000 مجرة قزمة، إلى تحديد 151 منها تحتوي على ثقوب سوداء كبيرة. يبقى لغز الثقوب السوداء الكبيرة في المجرات الصغيرة قائما.

جسم ضخم شارد يجوب مجرتنا وقد يكون ثقبًا أسودا

كل شيء بدأ في 2011 عندما أعلن الباحثون أنهم رصدوا نجمًا ازداد سطوعه فجأة أكثر من 200 مرة. هذه الملاحظات، التي أجريت باستخدام تلسكوبات في تشيلي ونيوزيلندا، لم تستطع تحديد ما إذا كان موقع النجم الظاهر يتغير أيضًا. تقنية العدسات الجاذبية، التي تشوه فيها جاذبية جسم ضخم الضوء الصادر عن النجوم خلفه، قد ألقت الضوء على هذا الجسم الغامض. للتغلب على هذه المشكلة، لجأ فريقان مستقلان من علماء الفلك إلى تلسكوب الفضائي هابل، الذي يدور عاليًا فوق الغلاف الجوي المضطرب ويمكنه التقاط صور شديدة الدقة. وقد وجدت المجموعتان أن موقع النجم قد تغيّر على مدى عدة سنوات.

تحدي رصد النجوم النيوترونية والثقوب السوداء

رصد النجوم النيوترونية والثقوب السوداء صعب للغاية بسبب قلة الضوء الصادر منها. يتم تحديد هذه الأجسام غالبًا من خلال تأثيرها التجاذبي على المادة المحيطة بها. الاكتشاف الأخير من خلال العدسات الجاذبية يبرز الجهود المستمرة في البحث الفلكي للعثور على الثقوب السوداء المعزولة، مما يسمح بفهم أوضح لخصائصها دون التعقيدات المرتبطة بالنجوم الرفيقة.
مع كل اكتشاف، لا يمكنك إلا أن تتساءل: ما الذي لا يزال مخفيًا في هذا الكون؟ ربما هناك غرائب أخرى لم يتم اكتشافها بعد والتي يمكن أن تساعد في تفسير الكون المبكر، لكن هذا سيحدث فقط إذا كنا مستعدين لمطاردة الحالات الشاذة ودراستها الجادة على الرغم من صعوبة رصدها.

الشَّاطر الصغير

إشراف: الشيماء أمين خوجة

75 فيرا روبين: امرأة قادت الطريق إلى فهم الكون المظلم

76 سرينفاسا رمانوجان: رحلة عجيبة في عالم الأرقام والعبقرية

78 رحالة الفضاء تحت العدسة

80 الكواكب الخارجية

امرأة قادت الطريق إلى فهم الكون المظلم «فيرا روبين»؟

Vera Rubin

بسملة شبري

من المعتاد أن نقرأ مقالات عن رجال قدّموا الكثير لعلم الفلك، لكن بطلتنا اليوم امرأة تركت بصمة لا تُنسى في تاريخ هذا العلم العظيم، نها العالمة «فيرا روبين»، التي ساهمت بشكل كبير في فهمنا لطبيعة الكون وتراكم المادة المظلمة

ؤلدت فيرا روبين في 23 يوليو 1928 في فيلادلفيا بولاية بنسلفانيا الأمريكية، وقد كانت كأي فتاة محبة للفلك، تحب النظر في السماء من نافذة غرفتها. عندما لاحظ والدها شغفها بعلم الفلك شجعها على ذلك وساعدها في صنع تلسكوب يدوي. في الليالي كانت النجوم جميعها تتعاقب حول القطب، ما سحر فيرا وأسرها وهي لا تزال طفلة

تحصلت فيرا روبين على منحة دراسية لتكمل تعليمها في كلية برينستون حيث كانت المتخرجة الوحيدة من قسم الفلك، إلا أن كونها فتاة حال دون مواصلة تعليمها في كثير من أقسام علوم الفلك بعدة كليات. بسبب هذا العائق، استكملت فيرا دراستها في الفيزياء في جامعة جورج تاون حيث حصلت على شهادة الدكتوراه

تمحورت مساهمات فيرا روبين حول قياس سرعات دوران مختلف النجوم التي تدور حول المجرة. في السابق، كان يُعتقد أن سرعة النجوم تتباطأ بزيادة ابتعادها عن مركز المجرة، لكن من خلال أبحاث فيرا بدت الأشكال الحلزونية الواسعة الممتدة كأنها تدور على نحو خاطئ. كما أن الأجسام عند الأطراف كانت تتحرك بسرعة مماثلة للسرعة التي تتحرك بها الأجسام في المركز، مما خالف مبدأ قوانين نيوتن للحركة.

فسرت فيرا هذه الظاهرة بوجود المادة المظلمة، حيث أنه في حال انتشار هالة من المادة المظلمة حول كل مجرة، ستتوزع الكتلة عبر المجرة بدلاً من تركزها في مركزها، مما يؤدي إلى تحقيق نفس القوة الثقالية والسرعة المدارية في جميع أنحاء المجرة

أبحاث فتحت المجال للإكتشافات العلمية

في العديد من المجالات الأخرى في علم الفلك، ساعدت أبحاث فيرا روبين العلماء على فهم الكون بشكل أفضل، وفتحت المجال أمام المزيد من الاكتشافات العلمية.

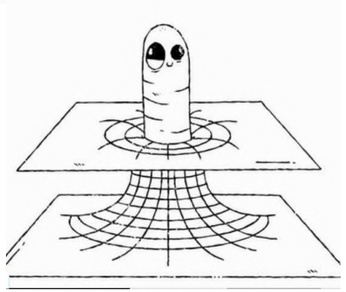
لقد واجهت فيرا صعوبات في بداية حياتها العلمية، لكنها لم تستسلم وعملت بجد حتى حققت أهدافها، كما أنها آمنت بقدراتها وواصلت أبحاثها حتى أثبتت صحة اكتشافاتها. إضافة إلى ذلك، كان حب فيرا للعلم هو الدافع الأساسي وراء كل إنجازاتها

تركت فيرا روبين بصمة لا تُنسى في عالم الفلك، ومن خلال تفانيها وعملها الدؤوب، أثبتت أن الإرادة والعزيمة يمكن أن يحققا أشياء عظيمة في هذا الكون الواسع، وصنعت قصة ملهمة لكل من يسعى إلى تحقيق أحلامه في عالم العلوم والبحث العلمي

قلم ساخر

في هذه الأيام، كل شيء أصبح بياع

"إنها صورة للثقب الأسود"



«الثقب الدودي»

سرينفاسا رامانوجان

رحلة عجيبة في عالم الأرقام والعبقرية

رياض لطلوط

في عالم من الحكايات الساحرة والشخصيات الأسطورية، نستعرض قصة ملهمة عن العبقرية والشجاعة.. افتحوا أبواب عقولكم لتتعرفوا على رامانوجان، الشاب الذي رسم ملامح العلم والرياضيات بألوان الإبداع! هيا بنا نتسلق سلم الأرقام ونستمتع بمغامرة فريدة مع رامانوجان، البطل الصغير الذي غيّر وجه الرياضيات للأبد!

من هو بطل قصتنا؟

سر ينفا سا رامانوجان، الذي يُعرف عالميًا باسم رامانوجان، وُلد في 22 ديسمبر 1887 في إيرودو، وهي قرية صغيرة جنوب الهند

لقد كانت حياته مليئة بالتحديات و الإنجازات، لكنه أثبت أن العبقرية قد تنبثق من أماكن غير متوقعة، حيث أظهر موهبة استثنائية في الرياضيات منذ صغره بعد حصوله على هدية قيّمة تمثلت في كتاب رياضيات يحتوي على مفاهيم وعلاقات رياضية، فانهمك في دراسة هذا الكتاب حتى نمت في ذهنه فلسفةُ التفكير العميق في المنطق الرياضي، وهذا ما جعل رامانوجان مصدر إزعاج في صفه الدراسي لأنه أصبح تلميذا دقيق الملاحظة في ما يخص المسائل الرياضية وتميّز عن البقية في صفه رغم بساطة التعليم في الهند، فلم تكن موهبته هاته محل استحسان مدرّسيه. كان رامانوجان مهمِلا للمواد العلمية والأدبية الأخرى لشدة تفكيره بالمعادلات، ما كان سببا في طرده من المدرسة وحرمانه من منح دراسية عديدة لينتهي به المطاف دون شهادات علمية رسمية.

رسوماتٌ غريبة في أرضية ميناء مدراس

بعد انتكاسته الدراسية، عاد رامانوجان لمسقط رأسه محاولا بدء حياةٍ جديدة كموظف ميناء يعمل في قسم الحسابات بحكم خبرته وموهبته في الرياضيات، لكنه كان يلفت انتباه الموظفين وخصوصا رئيس القسم لشكوكهم في صحة حساباته لكونه يستغني عن استعمال معداد الرياضيات بحكم أن حسابه الذهني أسرع وأصح، والمفاجأة هنا هي أنه وبعد إعادة الحساب باستعمال المعداد يتبيّن أن حساباته صحيحة، كيف لا وهو الفتى الذي جعل الأرقام ترقص في عقله؟ لكنه اضطر للتظاهر باستعمال المعداد أمام مدير الميناء لكي لا يفقد عمله مثلما حصل معه في المدرسة

لقد جعل هذا الأمر من رامانوجان شخصية معروفة في الميناء الذي كان بمثابة بوابة التجارة بين بريطانيا والهند، وجعلت هاته الخاصية حلم رامانوجان يكبر أكثر وأكثر حول إذا ما وصلت اكتشافاته لواحدة من جامعات بريطانيا. هذا الميناء ميّزه شيء غريب، لقد كانت معظم أرضياته مملوءة بالحسابات والسلاسل الرياضية المعقدة لأن الورق كان مادة ثمينة في ذلك الوقت، فكان على رامانوجان أن يكتب جل أفكاره ومعادلاته على الأرضية باستعمال الطباشير فقط، وعندما كان يحصل على بعض الأوراق الإضافية كان يدخرها لتدوين ما توصل إليه من اكتشافات لتكون واجهته الرسمية لمقابلة عالم من العلماء ذات يوم.

نجح رامانوجان في نشر أول ورقة بحثية عام 1911، لكن أحدا لم يفهمها من مجتمع الرياضيات في الهند، لأنه كان يكتب معادلاته وحساباته بطريقة فريدة من نوعها إلى جانب أن المستوى العلمي في الهند كان جد متواضع، فقرر رامانوجان أن يحاول بطريقة ما إيصال أوراقه الثمينة لمجتمع الرياضيات في بريطانيا آملا في أن تلفت عبقريته انتباه أحد علماء الرياضيات هناك.

وسط ضغط مستمر من معتقداته وثقافته لأنه من البراهمة الذين يحرم عليهم مغادرة أرضهم (حسب معتقداتهم)، فقد كان الحافز الوحيد الذي أبقى رامانوجان متمسكا بأمله هو اسم مدينته «مدراس» المشتق من كلمة ماندراجيا التي تعني «مملكة الحمقى»، فكانت مهمته إثبات عكس ذلك متحديا الكل وفكرة أن يبقى متخبطا في تفكيره وحيدا طيلة حياته

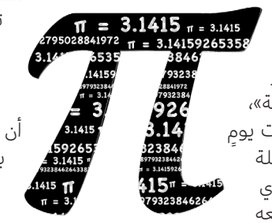
بصيصُ أمل كاد أن ينطفئ

في عالم كبير شاسع وراء البحار، هناك في بريطانيا بضواحي مدينة كامبردج وفي الجامعة، تطرق رسالة من موظف هندي ضعيف التعليم، أبواب قسم الرياضيات، يتحدى فيها نظريات كبار العلماء ويحل العديد من المسائل التي تُركت عقودا دون إيجاد حل لها، والأعظم من هذا، أن رامانوجان قام بتصحيح العديد من الحلول التي وضعها بعض العلماء في ذلك الوقت، وذلك بأسلوبه المعتاد والفريد من نوعه في كتابة معادلته التي لا يفهمها أحد غيره. وسط دهشة المجتمع العلمي، انتشرت شائعةٌ تقول إن أحد العلماء التابعين للجامعة هو من قام بنشر هاته «المزاعم» تحت اسم موظف هندي لخداعهم وتشتيت الفكر العلمي والمنطق، فمن المستحيل حسبهم والعجيب أن هنديا ضعيف التعليم يتحدى معقل إسحاق نيوتن

انتهى المطاف بأوراق رامانوجان عند عالم الرياضيات «هارولد هاردي»، بعد أن سمع أن صاحب الرسالة يدّعي وجود بعض الثغرات في أعماله الخاصة ضمن نظرية الأعداد الأولية التي كان يعمل عليها منذ زمن، فظن هاردي في بادئ الأمر أن صديقه العالم «جون ليتلوود» هو صاحب الادعاءات، إلا أنه تراجع عن ذلك لمعرفته بصديقه الذي وصفه بأن مخيلته ليست كافية لخلقِ كل هاته التفاصيل، إنما عبقرية شبّهها بعبقرية ليونهارت أويلر وجاكوب جاكوبي. لقد أيقن هاردي أن هاته الأوراق ليست مجرد مزاعم إنما هي معرفة عظيمة تتطلب أخذها على محمل الجد، ولم يتردد في دعوة العبقري الذي ينتمي لـ «مملكة الحمقى» ليزور معقل كبار العلماء

غريب في جامعة كامبردج

غادر بطل قصتنا بلدته تاركا تلك الأرضيات المدونة عليها معادلاته الخاصة بالطباشير، نحو مكان ليكتب اسمه فيه فيما بعد بأحرف من ذهب. وعلى عكس ما هو متوقع، لم يحظ رامانوجان بالترحيب الذي كان ينتظره بل طُلب منه شرح وإعادة هيكلة اكتشافاته بطريقة أكاديمية صحيحة يمكن فهمها وأخذها بعين الإعتبار، فوضع تحت منصب طالب باحث في كلية الثالوث «ترينيتي» ليحصل على شهادة جامعية تسمح له بنشر أبحاثه بصفة رسمية، فاعتكف على أبحاثه في «نظرية الأعداد» و«التكاملات» كما طور الكثير من «السلاسل اللانهائية»، وكان كثير العمل إلى أن ذُكر ذات يومٍ أنه عمل لمدة 30 ساعة متواصلة لتأثره بجوِ العلمِ والتسابق الفكري الذي كان يسود الجامعة، لقد دفعه لأقصى حدوده لكي ينتج ما يحاكي ثوراتٍ في الرياضيات والفيزياء



كي نتطرق لما استطاع التوصل إليه رامانوجان وإذا صح التعبير «أبسط ما توصل إليه»، يجب علينا التطرق لاستخدام تقنياتٍ رياضية جد متقدمة، فمنها ما يسمى «مجموع رامانوجان»، وتقريبه الخاص للعدد باي ومحاولاته العديدة مع «الأعداد الأولية». وسط دهشة هاردي الذي آمن بقدرات رامانوجان ونيته لمساعدته في البرهنة على عمله، وبالرغم من معرفته الكبيرة بالرياضيات عكس ما كان في مجتمع الرياضيات في الهند، إلا أن هاردي لم يستطع فهم طُرق رامانوجان التي تخوله الوصول لنتائج عجيبة، حتى اتهمه بأنه يتبع الحدس الذي يمثل خطرا كبيرا على الرياضيات التي هي نظام مثالي يخلو من الحدس، لكونها ليست فقط أرقاما ومعادلات، إنما هي فلسفة ومنطق، فكان رد رامانوجان المعتاد: «إن ما أكتب من معادلات يمثل إلهاماً من الآلهة لهذا طُرقي فريدةٌ من نوعها». قضى رامانوجان سنوات في كامبريدج من عام 1914 إلى 1919، وكانت هذه فترة مثمرةً جدا رغم الإختلافات الثقافية والدينية التي واجهها، وقد تمكن في هاته المدة أن ينشر عدة مقالات رسمية جعلت اسمهُ يلمع مع نجوم العلم، فتم الاعتراف بقيمة أعماله بعد أن عُين من طرف الجمعية الملكية بكامبردج باسم «رفيق كلية الثالوث». فحصل على كل هاته التشريفات وهو ذو 31 ربيعا فقط. عاد رامانوجان لمسقط رأسه بعد أن نال منه مرضٌ عجز العلماء عن تشخيصه، فاستقر مجددا في «مدراس» ليشغل منصب الأستاذية في الجامعة بعد أن استُقبل كبطلٍ قام بتمثيل بلده أحسن تمثيل بإنجلترا البلدُ المحتل للهند آنذاك، إلى أن وافته المنية وهو في ريعان شبابه بعمر 32 سنة، تاركا بصمته في تاريخ العلم والعلماء في فترة قصيرة من حياته، ومجلدا كاملا من السلاسل والمبرهنات والمفارقات التي تُركت دون حل ليجتهد فيها العلماء فيما بعد.

لقد استطاع رامانوجان تحدي كل الصعوبات، تماما كـ «موزارت» الذي استطاع سماع سمفونيةٍ كاملة في رأسه، فقد كان رامانوجان «يرقص مع الأرقام إلى اللانهاية».

رحالة الفضاء تحت العدسة

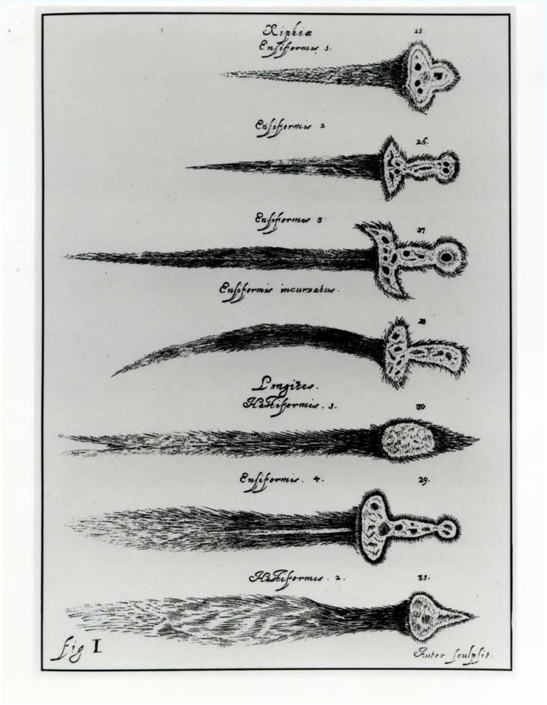
الشيماء أمين خوجة

يتكوّن نظامنا الشمسي أساساً من نجمنا الشمس، ثمانيةِ كواكب، كواكب قزمة، نيازك، أقمار، مذنبات وغيرها. إنه كبيرٌ جداً أليس كذلك؟
كلما تطورت التقنيات والأبحاث العلمية كلما نزعنا ستار الغموض عن خبايا موطننا هذا! وتعتبر المذنبات من أهم الأجرام السماوية التي تكشف الكثير من المعلومات عن نظامنا الشمسي، كيفية تشكله وتاريخه. فما هي المذنبات وما الذي نعرفه عنها؟

المذنب أو كما يسمى باللاتينية Comet، عبارة عن جسم صغير يتكون من نواةٍ جليديةٍ، غازات وغبار، وهي من بقايا تشكل الشمس والكواكب قبلَ خمسةِ مليارات سنة تقريباً. يعود أصل تسميته إلى كلمة Komet عند اليونانيين والتي تعني «كومَة شعر» لأنه يشبه شكل الغاز حول النواة حين يقترب المذنب من الشمس. (أنظر للصورة 1) قبل أن نتعرّف على مكونات المذنب الأساسية، فلنعد قليلاً بالزمن

إلى الوراء، أين كانت المذنبات مصدر رعب وعلامةً على اقتراب الموت في بعض الثقافات قديمًا، حيث أُطلِقَتْ تسميات عديدة عليه مثل تسمية «خطر الكون». ببساطة لأن مرور المذنبات ظاهرة فلكية نادرة، إضافة إلى لمعانها الساطع مقارنة بباقي النجوم في السماء. قبل تطور التلسكوبات والمناظير، كانت العين المجردة هي الوسيلة الوحيدة للرصد فلم يتسن للراصدين آنذاك معرفة معلومات أكثر عن هذه الأجرام، فهناك من رآها كسيف ناري مشتعل واعتبرها رسالة ربانية لبداية الحروب (أنظر للصورة 2) لأن السيف يرمز إلى الحرب والموت، أما الرومانيون فقد اعتبروها حريقا عظيما في السماء يقترب تدريجيا من الأرض.
ومن جهة أخرى تتحدث أساطير منغوليا القديمة عن تسمية المذنب بابنة الشيطان التي كادت تحدث دماراً للأرض، وكثير من الخرافات والتسميات التي تختلف من حضارة وثقافة إلى أخرى.
رغم كل هذه النظرة التشاؤمية، إلا أن المذنبات وجدت طريقها إلى الفن في المجتمعات الاوروبية القديمة من نسيج بايو الشهير الذي يروي غزوة النورماندي الأسطوري لإنجلترا، إلى لوحات جدارية أبدع فيها الإيطاليون، فكل حقبة زمنية كانت تعطينا تصورات جديدة عن المذنبات إلى أن تطورت الطرق الرصدية والأبحاث حولها، وتعرّفنا أكثر على تركيبة هذه الأجرام الرحَّالة في الفضاء.

ممّا يتكوّن المذنب؟



يتكون المذنب من ثلاثة أجزاء أساسية هي النواة، الذؤابة والذيول. تعتبر النواة الجزءَ المركزي من المذنب وتتراوح بين 1 و 10 كيلومترات، وهي صلبة تتكون من ماء وغازات متجمدة ممزوجة ببعض المعادن والأجسام الصخرية، ونجد فوق الطبقة الجليدية آثار الغبار، لهذا يطلق عليها أحياناً «كرات الثلج المتسخة». أما الذؤابة أو كومة الشعر التي تحدثنا عنها سابقا، فتمثل الجزء الثاني من المذنب وهي سحابة كثيفة من الماء وغازات أهمها ثنائي الكربون، والتي تحوم حول النواة. تظهر الذؤابة، فقط عند اقتراب المذنب من الشمس، وتتشكل هذه الأخيرة عن طريق عملية التسامي أي تحول الماء من حالته الصلبة الجليدية مباشرة إلى حالته الغازية. أخيراً هناك الذيول أو كما نراها حقيقية عبارة عن ذيلين، ذيل غباري أبيض وذيل أيوني عادة ما يكون بألوان مختلفة كالأخضر أو الأزرق مثلا. وبالرغم من ظهور ذيول المذنبات صغيرةً في السماء إلا أنها قد تمتد الى ملايين الكيلومترات عكس اتجاه الشمس، إذ تتسبب في ظهورها الرياح الشمسية، فبعد اقتراب نواة المذنب الجليدية من الشمس وحدوث عملية التسامي وانطلاق الغازات، تدفع الرياح الشمسية القوية جدا وأشعة الشمس، ذؤابة الغاز، فتخلف وراءها ذيولا طويلة جدا في الفضاء الشاسع.

هل تشتاق المذنبات لنا؟

يُقال إن المذنبات تشتاق إلينا وفي كل مرة تعود إلينا! فكيف تعود إلينا المذنبات؟ وهل هذا واقعي؟ نعم! هذا الكلام صحيحٌ نسبياً، فهناك نوعان رئيسيان من المذنبات، أولهما المذنبات العشوائية أو الأصح أن نقول غير المنتظمة فقد تمر مرة واحدة على نظامنا الشمسي ولن تعود مجددا. أما الثانية فهي المذنبات الدورية، التي تستمر في الدوران حول الشمس بانتظام، فقد اتخذت مدارها حول الشمس وفي كل مرة تزورنا. يوجد منها طويلة الأمد إذ تستغرق أكثر من 200 سنة لتعود مرة أخرى، وقصيرة الأمد التي تستغرق أقل بكثير من هذه المدة الزمنية، وأشهرها مذنب هالي الذي يستغرق كل مرة مدة 75 سنة لنراه مجددا من على سطح الأرض. سيكون هذا المذنب الشهير في أقرب مسافة له من سطح الأرض عام 2961! لكن انتبهوا! ليست كل المذنبات مرئية للعين المجردة، فأغلبها خافت جدا وقد نحتاج إلى مناظير وتلسكوبات لتتبعها.

ضيفنا الغامض القادم من بعيد

تخبرنا دراسة المذنبات الكثير عن أسرار النظام الشمسي، فقد تشكلت من بقايا النجوم والكواكب، لكن وبحلول سنة 2017، وبالتحديد يوم التاسع عشر من شهر أكتوبر، تم اكتشاف أول جرم يزورنا من خارج المجموعة الشمسية والذي حتما ينتمي إلى نظام نجمي آخر. إنه جرمٌ صخري ذو شكل طولي كعود ثقاب ومحمر إلى حد ما (أنظر للصورة 3). لقد تم رصده من طرف روبرت ووِرك بالاعتماد على مقراب المسح البانورامي ونظام الاستجابة السريع، المعروف بتلسكوب PAN-STARRS1 في مرصد هاواي. إنه مذنب «أوموامووا» وباللاتينية «Oumuamua»، تعني الكلمة بلغة سكان هاواي «الرسول الأول القادم من بعيد»، والذي شاع في أوساط هواة الفلك بسفينة الفضاء القادمة من بعيد. لا يُبدي هذا المذنب أي علامات للمذنبات العادية من حيث شكله، تركيبته، مكوناته الرئيسية وحتى خصائصه الفيزيائية. بعد سنتين من رصد «أوموامووا» تم رصد مذنب آخر أتانا من خارج النظام الشمسي 2I/ بوريسوف، إلا أن «أوموامووا» يبقى فريداً من نوعه حسب وصف الباحثين. من المرجح بحلول عام 2025 أن يساعدنا تلسكوب فيرا روبن الجديد في تشيلي، في اكتشاف العديد من المذنبات الجديدة داخل النظام الشمسي أو خارجه. مذهل أليس كذلك! ينتظرنا الكثير للكشف عن أسرار الكون.

اختبر معلوماتك

من إعداد: عمر نمول

1 مما تتكون الشمس بشكل أساسي؟
أ) صخر
ب) غاز
ج) جليد

2 ما هو أكبر كوكب في نظامنا الشمسي؟
أ) زحل
ب) المشتري
ج) نبتون

3 ماذا تقيس السنة الضوئية؟
أ) الزمن
ب) السطوع
ج) المسافة

4 ما هو المستعر الأعظم؟
أ) نوع من النجوم
ب) انفجار نجم
ج) تكوين ثقب أسود

5 أي الأجرام السماوية له ذيل ويدور حول الشمس؟
أ) المذنب
ب) الكويكب
ج) النيزك

6 أي من هذه ليس قمرًا للمشتري؟
أ) تيتان
ب) أوروبا
ج) جانيميد

7 ما هو المصدر الأساسي للضوء والحرارة للأرض؟
أ) القمر
ب) الشمس
ج) الكهرباء

8 ما اسم الحدود المحيطة بالثقب الأسود التي لا يمكن لأحد أن يفلت منها؟
أ) أفق الحدث
ب) الكرة الضوئية
ج) القرص التراكمي

الإجابات

1 (ج)
2 (ب)
3 (ج)
4 (ب)
5 (أ)
6 (ب)
7 (ب)
8 (أ)

الكواكب الخارجية رحلتنا للبحث عن الفضائيين!

أيوب عاشور

مرحباً أيها الأصدقاء الصغار! هل سمعتم يومًا عن الكواكب الخارجية؟ هي عوالم مدهشة تدور حول نجوم أخرى بعيدة في الكون. دعونا نبدأ معًا رحلتنا الفضائية لاستكشاف هذه العوالم الغامضة!

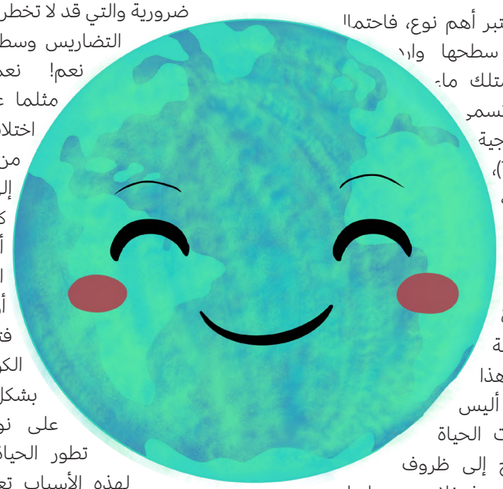
يوما بعد يوم تتوالى الاكتشافات العلمية وتتطور الأبحاث حول الكون، مطوِّرة بذلك نظرتنا إليه، فنعلم بذلك حجمه الرهيب وكيفية تمدده المستمر وكيف تنشأ الأجرام فيه وتعيش وكيف تفنى.

في هذا الكون الواسع توجد النجوم بأعداد كبيرة جدا لا تعد ولا تحصى، وكل نجم يدور حوله عدد من الكواكب، هذا ما ينمي فينا الفضول ويجعلنا نطرح سؤالا مشوقا وهو: هل نحن وحدنا في الكون؟ أم يوجد لنا جيران فضائيون في مكان ما؟ الكواكب الخارجية هي عوالم تدور حول نجوم أخرى غير الشمس التي نراها . تمّ الإعلان عن اكتشاف أوّل كوكب خارجي في السادس من شهر أكتوبر 1995 وحتى الآن، تم اكتشاف أكثر من 4000 كوكب خارجي، بالإضافة الى الآلاف من الكواكب المحتملة التي لم تتأكد بعد. ولأن الكواكب الخارجية بعيدة جداً عنا، والنجوم التي تدور حولها ساطعة جداً، فمن الصعب رؤيتها بالعين المجردة أو حتى بالتلسكوبات. لذلك، يستخدم العلماء طرقاً مختلفة لاكتشافها من خلال دراسة تأثيراتها على النجوم. أحد أهم الطرق هي طريقة العبور، التي تعتمد على رصد النجوم التي يخفت ضوؤها بشكل دوري بسبب مرور كوكب خارجي أمامها. من خلال هذه الطريقة، يمكن للعلماء معرفة حجم الكوكب ومدة دورانه حول النجم.

هل تشبه كوكب الأرض؟

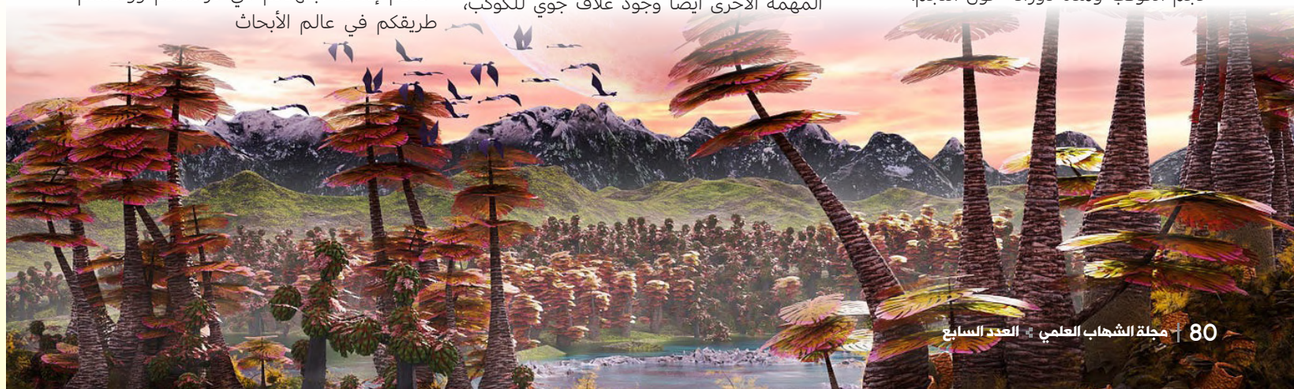
الكواكب الخارجية الفائقة (Super-Earths) التي تعتبر مزيجا من الكواكب الخارجية الصخرية والغازات، وهي أكبر حجماً من الأرض ولكنها أصغر من كوكب نبتون. هذه الكواكب قد تكون قابلة للسكن إذا كانت في المنطقة المعتدلة حول النجم.

أخيرا توائمنا التي تعتبر أهم نوع، فاحتمالا وجود الحياة على سطحها وا جداً إذا ما كانت تمتلك ما سائلاً وغلافاً جوياً، وتسمى بالكواكب الخارجية الأرضية (Terrestrial)، ذات الطبيعة الصخرية الشبيهة بالأرض في حجم الصخور. فيا ترى هل يمكن أن تكون هناك حياة على الكواكب الخارجية في مكان ما في هذا الفضاء؟ سؤال شيق أليس كذلك! لكن ضروريات الحياة عملية معقدة تحتاج إلى ظروف معينة لتتطور وتستمر. فمثلا وجب علينا التأكد من وجود الماء على حالته السائلة فهو أحد العناصر الضرورية للحياة، والأهم أن تتواجد الكواكب في المنطقة المعتدلة حول النجم، ولا تكون قريبة جدا أو بعيدة جدا حتى تكون درجات الحرارة متوسطة ومناسبة للحياة. من الشروط المهمة الأخرى أيضا وجود غلاف جوي للكوكب، فهذه الطبقة الغازية التي تحيط بالكوكب تحميه من الإشعاعات الضارة والنيازك وتحافظ على درجة حرارة ملائمة.

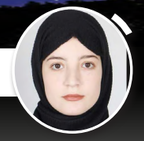


قد يظن بعضكم أن هذا كاف لامكانية الحياة على سطح كوكب آخر، لكن هناك عوامل أخرى ضرورية والتي قد لا تخطر ببالك، مثلا التضاريس وسطح الكوكب! نعم! نعم! تماما مثلما على كوكبنا اختلافات كثيرة من منطقة إلى أخرى كا لصحر ا ء أو الأماكن ا لمتجمد ة أو الجبلية، فتضا ر يس الكوكب تؤثر بشكل مباشر على نوع وكيفية تطور الحياة

لهذه الأسباب تعتبر دراسة الكواكب الخارجية مهمة، فهي تساهم في توسيع دائرة معارفنا عن هذا الكون الفسيح وفهم كيف يعمل وكيف يتكون. إذا وجدنا كوكبًا يشبه الأرض، قد نجد حياة أو آثار لها. هذا قد يكون اكتشافاً كبيرًا! ولما لا؟ قد يكون من اكتشاف أحدكم إذا ما اجتهدتم في دراستكم وواصلتم طريقكم في عالم الأبحاث



كسوفات وخسوفات



أنفال مدور

يُعدُّ الكسوف ظاهرة فلكية تحدث عندما يتموضع جسم فلكي مثل الشمس أو القمر في موضع يحجب الضوء من جسم آخر مما يؤدي إلى حدوث هبوط مؤقت في الإضاءة على سطح الأرض أو على سطح جسم فلكي آخر. يمكن أن يكون الكسوف شمسيا عندما يتموضع القمر بين الشمس والأرض أو كسوفا قمريا عندما تتموضع الأرض بين الشمس والقمر.

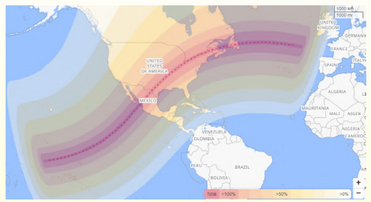
بالنسبة للخسوف هو أيضا ظاهرة فلكية تحدث عندما يمر جسم فلكي مثل القمر خلف الأرض ويدخل في ظلها، مما يؤدي إلى اختفاء الضوء الشمسي عنه لفترة مؤقتة. في حالة الخسوف القمري يكون القمر في ظل الأرض مما يجعله يظهر بلون أحمر غامق يشاهَد عندما تكون الشمس والأرض والقمر تقريبا على خط مستقيم، وتعتبر ظاهرة فلكية مثيرة تظهر التفاعلات المعقدة بين الكواكب والأجرام السماوية.

يمكن التفريق بينهما بشكل عام على أن الكسوف يعكس تظليلا للضوء بينما يشير الخسوف إلى اختفاء جزء من الجسم الكوني نتيجة دخوله في ظل آخر.

بينما يعيش العالم كل سنة أربعة خسوفات وكسوفات وهذا ما يحدث هذه السنة، فالعالم على موعد مع خسوفين وكسوفين لسنة 2024.

الكسوف الأول:

8 أبريل 2024

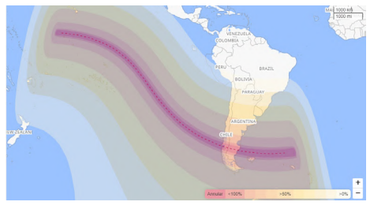


خريطة توضح أماكن الكسوف الأول

وهو من النوع الكلي يستغرق منذ بدايته وحتى نهايته مدة مقدارها خمس ساعات و10 دقائق تقريبا. يبدأ من الساعة 02:18 مساءً إلى الساعة 05:30 مساءً بتوقيت السعودية، يكون عند ذروته 03:54 مساءً . أمَّا بالنسبة للأماكن التي تشهد هذا الكسوف فهي: جنوب المحيط الهادي، وبعض المناطق من الولايات المتحدة الأمريكية.

الكسوف الثاني:

2 أكتوبر 2024



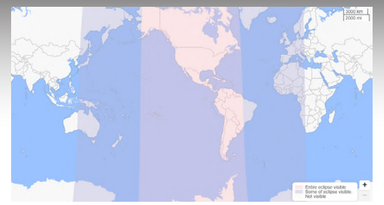
خريطة توضح أماكن الكسوف الثاني

وهو من النوع الحلقي يستغرق منذ بدايته وحتى نهايته مدة مقدارها خمس ساعات و10 دقائق تقريبًا. يبدأ من الساعة 03:53 مساءً إلى الساعة 06:15 مساءً بتوقيت السعودية، يكون عند ذروته في 05:04 مساءً. أمَّا بالنّسبة للأماكن التي تشهد هذا الكسوف فهي: النصف الغربي من الكرة الأرضية في الغالب المحيط الهادئ وجزيرة «ايستر» وأجزاء من جنوب شيلي، ويمر بسرعة فوق جبال الأنديز إلى الأرجنتين ومعظم أنحاء جنوب أمريكا الجنوبية.

الخسوف الأول:

25 مارس 2024

وهو من النوع الشبه ظلي يستغرق منذ بدايته وحتّى نهايته مدة مقدارها أربع ساعات و39 دقائق تقريبا. يبدأ من

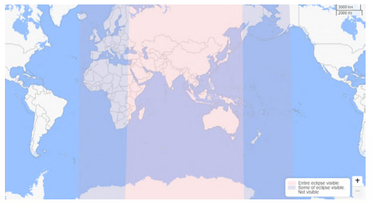


خريطة توضح أماكن الخسوف الأول

الساعة 10:47 صباحًا إلى السّاعة 01:21 صباحًا بتوقيت السعودية، يكون عند ذروته في 12:04 صباحًا. أمَّا بالنسبة للأماكن التي تشهد هذا الخسوف فهي: جزء كبير من قارة أوروبا، شمال وشرق قارة آسيا، جزء كبير من أستراليا، أمريكا الشّمالية والجنوبيّة، جزءٌ كبير من قارة إفريقيا والمحيط الهادي والأطلسي إضافة إلى القارتين القطبيتين.

الخسوف الثاني:

25 سبتمبر 2024



خريطة توضح أماكن الخسوف الثاني

وهو من النوع الجزئي يستغرق منذ بدايته وحتى نهايته مدة مقدارها ساعة و3 دقائق تقريبًا. يبدأ من الساعة 04:39 مساءً إلى السّاعة 07:09 مساءً بتوقيت السعودية. أمَّا بالنسبة للأماكن التي تشهد هذا الخسوف فهي: أمريكا الشمالية والوسطى والجنوبية، المكسيك، المحيط الأطلسي ومعظم قارة أوروبا وإفريقيا.

تغطية خاصة :

الكسوف الكلي لـ 8 أفريل 2024

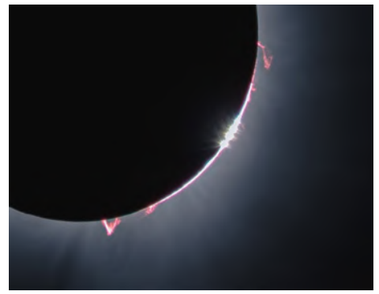
مراسل جمعية الشعرى: شمس الدين مواتسي

كان لجمعية الشعرى لعلم الفلك العديد من الفرص لرصد الكسوفات الكلية للشمس في عدة بلدان وقارات، كان أولها الكسوف الكلي بشمال سوريا سنة 1999، ثم الكسوف الحلقي الكلي بالجزائر في مدينة باتنة سنة 2005، ثم الكسوف الكلي للشمس بمدينة جالو بليبيا سنة 2006 وبعدها شانغهاي بالصين سنة 2009 والكسوف الكلي في مدينة كاربوندايل (Carbondale) بالولايات المتحدة الأمريكية سنة 2017، ثم كسوف غابون عام 2013 والكسوف «الخليجي» من قطر في ديسمبر 2019. وأخيرا الكسوف الكلي للشمس بشرق كندا هذا العام 2024، في قرية نورث هاتلي North Hatley، وهي قرية خلابة تقع بجنوب مدينة شيربروك (Sherbrooke) في منطقة كيبك، بالقرب من الحدود الأمريكية.

في 8 أفريل المنصرم، تنقل عضوا الجمعية شمس الدين مواتسي ويونس بوضياف إلى جنوب شرق كندا للتمتع برصد الكسوف الكلي للشمس والذي دام 3 دقائق و 29 ثانية.

فريق الشعرى: شمس الدين ويونس مع أولادهما

كما قام شمس الدين بمشاركة أجواء الرصد ومراحل الكسوف منذ البداية إلى الذروة الكلية ببث مباشر عبر صفحة الجمعية على الفيسبوك، ليتمكن العديد من هواة الفلك في الجزائر وخارجها من تتبع الكسوف الذي يبعد آلاف الكيلومترات، ومشاهدة تحول النهار إلى ليل في جو مهيب، حيث تمكن الحاضرون من رؤية بعض النجوم وكذلك



حبيبات بيلي تظهر جليا وبداية مفعول الخاتم الماسي

رؤية كوكب الزهرة والمشتري اللذين كانا لامعين جدا في سماء يتوسطها قرص الشمس المنكسف. وقد لاحظ المشاركون في الرصد الإنخفاض السريع فى درجات الحرارة مع اقتراب الكلية، لتعود الأجواء إلى طبيعتها تدريجيا بعد مرور القمر أمام قرص الشمس، وكذلك اختفاء الطيور في وقت الكلية اعتقادا أن الشمس قد غربت. وتم التقاط العديد من الصور بجودة عالية لمراحل الكسوف والظواهر الفلكية المصاحبة للكلية كالخاتم الماسي(Diamond Ring)، حبات بيلي، الحمم أو النيران الشمسية، الهالة، وغيرها من الظواهر التي تجدونها في الموقع الالكتورني لجمعية الشعرى وصفحتها على فايسبوك.

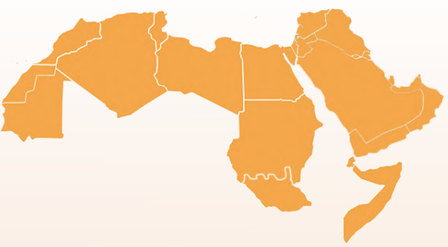
ما يميز كسوف 8 أفريل 2024 هو مرور ظل القمر على دول قارة أمريكا الشمالية، بدءا بالمكسيك، ثم الولايات المتحدة الأمريكية، ثم كندا. وقد صادف أن شريط الكلية لهذا الكسوف قد مر للمرة الثانية على مدينة كاربون دايل التي شهدت الكسوف الكلي للشمس في سنة 2017 والتي زارها وفد الجمعية آنذاك.

كما شاءت الصدف أن يتزامن هذا الكسوف مع ليلة 30 من رمضان، ليجسد اقتران القمر مع الشمس استحالة رؤية الهلال في جل البلدان والدول الاسلامية. للتذكير، يقترن القمر والشمس في كل شهر قمري ونادرا ما ينتج عن هذا الاقتران كسوف كلي للشمس. لكن الكسوف الكلي المقبل للشمس والقريب من الجزائر سيكون بعد سنتين في إسبانيا سنة 2026، وبعدها في عام 2027 سيكون الكسوف الكلي للشمس في الجزائر و العديد من الدول العربية، فكونوا في الموعد!

فريق جزائري آخر بدالاس يقوده الباحث جوناي بابا عيسى

هذا الفريق الذي يقوده السيد بابا عيسى جوناي، الباحث بمركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء CRAAG بالعاصمة، رصد الكسوف من دالاس بالولايات المتحدة الأمريكية رفقة ثلاثة هواة من جمعية سهيل لعلم الفلك بالأغواط. كان الهدف العلمي هو تصوير حبيبات بيلي، وهي ظاهرة بصرية نادرة جداً يمكن ملاحظتها أثناء الكسوف الكلي للشمس. يندرج هذا العمل في إطار الاستعدادات للكسوف الكلي الكبير للشمس في 02 أوت 2027، والذي سيعبر شمال الجزائر حيث تزيد مدته عن 6 دقائق و30 ثانية.

الأخبار الفلكية العربية



من إعداد:
جمال ميموني، أيوب عاشور، إياد عبد الرحمان بلعلى ومراد حمدوش

المؤتمـر العربي الرابع عشر في علوم الفضاء والفلك في الشارقة

استضافت جامعة الشارقة «المؤتمر العربي الرابع عشر في علوم الفضاء والفلك» من 13 إلى 16 نوفمبر 2023 والذي نظم بالتعاون مع الاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك وجامعة الشارقة، وقد جمع علماء وباحثين وطلابًا من حول العالم.

شهد الحدث الذي استمر أربعة أيام سلسلة من المداخلات وورشات العمل التي قادها خبراء بارزون في المجال. غاص المشاركون في مجموعة واسعة من الموضوعات، بما في ذلك علم الفلك الفيزيائي، تكنولوجيا الأقمار الصناعية، مهمات استكشاف الفضاء، وتطوير أدوات الرصد الفلكية.

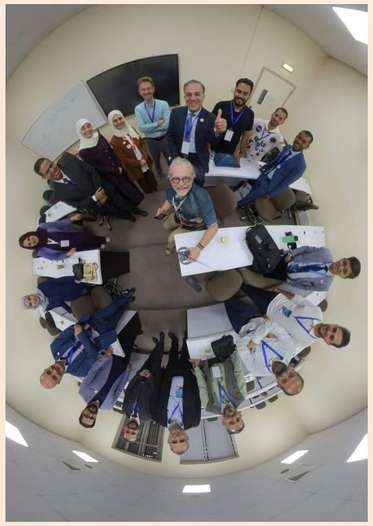
شملت موضوعات المعالجة الفيزياء الفلكية والفضائية، تكنولوجيا الاستشعار عن بعد، مراقبة الأرض، وتأثير النشاط الشمسي على الغلاف الجوي، إلى جانب التراث العلمي العربي في الفلك. وقد تم قبول 170 ورقة بحثية من طرف اللجنة التنظيمية مع التركيز على الفلك، وعلوم وتقنيات الفضاء.

بالإضافة إلى ذلك، قدّم المؤتمر منصة لعرض النتائج البحثية الجديدة وتعزيز الشراكات

بين المؤسسات الأكاديمية وصناعة الفضاء. كان من أهداف المؤتمر تسهيل تبادل الخبرات، دعم التواصل، وتعزيز فرص التعاون في البحث والعلم والتكنولوجيا والتعليم، مع عقد جلسات بالحرم الجامعي وعبر منصات التواصل الاجتماعي.

مدير الجامعة أكد على أهمية المؤتمر كمنصة لتبادل الأفكار ومناقشة الابتكارات العلمية. وتضّمن المؤتمر أنشطة تعليمية للطلبة وفعاليات ثقافية واجتماعية، بالإضافة إلى رحلات ميدانية للمعالم التاريخية والسياحية.

اجتماع الجمعية العربية للقباب الفلكية (APA)



عقدت الجمعية العربية للقباب الفلكية (APA) اجتماعها السنوي الأول في الشارقة، بالتزامن مع مؤتمر الاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك، مركزة على أحدث التطورات في تكنولوجيا القباب الفلكية.

ناقش خبراء من العالم العربي وخارجه مجموعة من الموضوعات، تشمل الابتكارات التكنولوجية في القباب الفلكية واستخدام علم الفلك كأداة تعليمية لإثارة الاهتمام العام والأكادمي بعلوم الفضاء.

شباب جمعية الشعرى يشاركون في مخيم «إبتكار» العلمي في الأردن

شارك 5 شباب من جمعية الشعرى لعلم الفلك، في الطبعة السابعة من مخيم إبتكار العلمي الذي نظمته جمعية ابتكار لتنمية الإبداع بالتعاون مع الجامعة الألمانية بالمملكة الأردنية من 5 إلى 13 أغسطس 2023 بمدينة عمّان. تضمّن المخيم العديد من الورشات في مجالات التسلية العلمية، مثل الإلكترونيات والجيولوجيا والكيمياء، كما حظي بمشاركة البروفيسور مايا اكسيلا، مدير شبكة العلوم والرياضيات والتكنولوجيا لوما سنتر بجامعة هلسنكي في فنلندا.

حظي المخيم برعاية وزيري التربية والتعليم العالي الأردنيين، وبالتعاون مع الجامعة الألمانية الأردنية. كما اغتنم الوفد الفرصة لزيارة العديد من المعالم السياحية في الأردن، أبرزها البتراء ووادي رم. خلال حفل الختام، تم تكريم الفائزين في مسابقة علماء المستقبل ولوما ستارت لسنة 2023. لقد كان هذا المخيم تجربة فريدة ومميزة لشبابنا لاكتساب مهارات جديدة في شتى الميادين الثقافية والعلمية.

لوما ستارت هي مبادرة من مركز لوما، وهو شبكة تعليم العلوم والرياضيات والتكنولوجيا في الجامعات الفنلندية. تهدف المبادرة لتبادل الخبرات التعليمية وجعل التعليم ممتعا للأطفال والكبار، وضمان الجودة العالية لتدريس العلوم والتكنولوجيا والرياضيات بفنلندا. ينظم المركز مسابقة سنوية للممارسات التعليمية الفضلى لمجتمعات التعلم ومسابقة للطلبة. شارك عدد من الطلاب والمعلمين ومؤسسات في عدة مشاريع، وتم تأهيل عدد منها لمستويات متقدمة، واستضافة الفرق في رحلة إلى فنلندا وتكريمها في حفل خاص.

رحلة وادي رم والبتراء 2023

الأخبار الفلكية الإفريقية

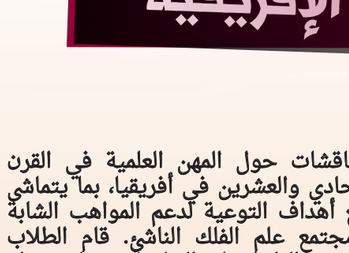
من إعداد:
جمال ميموني، الشيماء أمين خوجة

التوعية الفلكية من أجل استدامة السلام في منطقة دارفور - السودان

يهدف هذا المشروع إلى رفع الوعي حول أهمية التعليم ودوره في استدامة السلام والتنمية المجتمعية بين طلاب المدارس، وخاصة في الصفوف من الرابع إلى الحادي عشر. تم تنفيذه في مدارس مختلفة بمخيم زمزم للاجئين، أحد أكثر المناطق المحرومة في دارفور في السودان. استفاد من البرنامج ثلاث مدارس بـ 570 طالبا، 80 بالمئة منهم إناث وتضمّن عروضًا للملصقات الفلكية حول الأجرام السماوية والظواهر الفلكية والتكنولوجيا، بالإضافة إلى حصص رصدية للشمس باستخدام تلسكوبات غاليليو وتلسكوب كاسر آخر. تم تمويل المشروع من عدة جهات رسمية واستمر البرنامج لمدة ثلاثة أيام. كان هدفه الأساسي استخدام علم الفلك كأداة لجذب المشاركين وإظهار الدور المحوري للتعليم في تنمية المجتمع واستدامة السلام.

ثانويات أوغندا تحتفي بعلم الفلك

يحتل علم الفلك مركز الصدارة في شرق أوغندا حيث قامت المجموعة الشريكة لمعهد ماكس بلانك للفيزياء الفلكية (MPA) في جامعة كيامبوجو، بقيادة الدكتور بينارد نسامبا، بأنشطتها التوعوية في مدارس ثانوية. وقد شارك قرابة 400 طالب في مناقشات حول المهن العلمية في القرن الحادي والعشرين في أفريقيا، بما يتماشى مع أهداف التوعية لدعم المواهب الشابة ومجتمع علم الفلك الناشئ. قام الطلاب بتجميع التلسكوبات الخاصة بهم باستخدام مناظير غاليوسكوب التي قدمها مكتب تطوير علم الفلك (OAD) التابع للاتحاد الفلكي الدولي (IAU). نظرًا لما يواجهه الطلاب غالبًا من صعوبة في فهم مبادئ الفيزياء، فقد تم إشراكهم في مناقشات في مختلف المواضيع الفيزيائية، وتم ربطها مع أمثلة من الحياة الواقعية مثل تطبيق الجل في عمليات الفحص بالموجات فوق الصوتية. أحد الجوانب الإيجابية لهذه النشاطات في مجال علم الفلك هو الاستجابة الحماسية من المدارس التي دائمًا ما تكون على استعداد لتخصيص المزيد من الوقت، مما يثبت تقدير المعلمين لهذه الأنشطة. تم دعم هذه النشاطات من خلال منحة رؤية الاتحاد الفلكي الدولي 2024، ومنحة برانكو فايس، ومعهد ماكس بلانك للفيزياء الفلكية، وجامعة كيامبوجو.



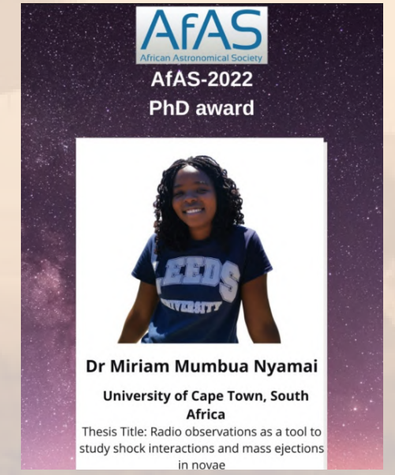
نساء يظفرن بجوائز قيمة لتميزهن في علم الفلك إفريقياً

تُمنح جائزة الجمعية الإفريقية الفلكية (The AfAS Early Career Award) للفلكيين وطلاب الدكتوراه الذين لديهم عمل متميز ولا زالوا في بداية مشوارهم العلمي. في عام 2022، كانت الجوائز من نصيب ثلاث نساء متميزات، حيث حصلت كل واحدة منهن على جائزة مالية يمكن استخدامها لتمويل الأعمال البحثية أو أية تكاليف أخرى تتعلق بأبحاثهن وتطويرهن الوظيفي. بداية مع الدكتورة جميلة شوكر من جامعة القاضي عياض في المغرب، والتي تركزت أبحاثها ضمن تحضيرها للدكتوراه في إمكانية اكتشاف وتوصيف الغلاف الجوي للكواكب الخارجية باستخدام تلسكوب جيمس ويب الفضائي.

الفائزتان الأخريان من جنوب إفريقيا، إحداهما مريم نيماي التي استغلت جائزتها المالية لحضور برنامج بعنوان النجوم الأقزام البيضاء كمسابير لمعرفة تطور الكواكب، النجوم، مجرة درب التبانةوتوسع الكون. وقد تم تنظيمه من طرف معهد الفيزياء النظرية، بجامعة كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية في ديسمبر من عام 2022. من خلاله حضرت مريم محادثات مختلفة وكوّنت علاقات التعاون البحثي التي تساهم في أبحاثها مستقبلا.

أما الفائزة الثالثة فهي دانيشة پيلاي من جامعة كاوازولو ناتال في جنوب افريقيا والتي ساعدتها الجائزة كثيرا، خاصة للالتحاق بمعهد ماكس بلانك في علم الفلك الراديوي بألمانيا للعمل على أبحاث الدكتوراه المتعلقة بتوقيت النجم النابض واستغلال التلسكوب الراديوي الأكثر حساسية في العالم MeerKAT.

هنيئا للفائزات ولتكن هاته النساء المتميزات قدوة لكن لبداية مشواركن في علم الفلك، أينما كنتن في إفريقيا!



إحدى الفائزات الثلاث

ورشة عمل IAU-Shaw حول الفلك للتعليم في كيب تاون

انعقدت ورشة عمل «شو-الاتحاد الفلكي الدولي الإقليمية الأفريقية حول الفلك للتعليم» في المرصد الفلكي الجنوب إفريقي بكيب تاون من 3 إلى 5 أكتوبر 2023. تنظم الورشة من قبل الجمعية الفلكية الإفريقية (AfAS) بالتعاون مع مكتب الاتحاد الفلكي الدولي للفلك التعليمي (OAE) تحت شعار «تعليم الفلك في أفريقيا»، حيث تقدم فرصة رائعة للترويج لإمكانات الفلك في التعليم الرسمي بالمدارس الابتدائية والثانويات، خاصة قبيل انعقاد الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي سنة 2024. يمكن للمعلمين أن يكونوا القوة الدافعة وراء سفراء الفلك الأفريقيين في مدارسهم، ملهمين ومحفزين للطلاب لاستكشاف عجائب الكون. بالإضافة إلى ذلك، ستوفر الورشة منصة لمنسقي تعليم الفلك الوطنيين (NAECs)، وأخصائي التواصل العلمي بمراكز العلوم، القباب السماوية، المتاحف، وغيرها، لعرض مبادراتهم المختلفة في تعليم الفلك، مما يساعد على تحفيز وتشجيع الآخرين على القيام بالمثل. بالنسبة للمعلمين، ستكون فرصة لا تقدر بثمن لتعزيز معرفتهم بالفلك، واكتساب طرق تدريس جديدة ومبتكرة، والمشاركة في ورشات العمل التي تتضمن أنشطة عملية تعزز ثقتهم في تدريس الفلك.

أفريقيا تستضيف الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي 2024

في السادس أوت من هذا العام 2024، ستزين الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي (IAU) القارة الإفريقية للمرة الأولى. وقد اختيرت مدينة كيب تاون الخلابة في جنوب أفريقيا مسرحًا لها. يمثل هذا الحدث التاريخي معلمًا هامًا، ليس فقط لعلم الفلك الأفريقي ولكن للمجتمع الفلكي العالمي. تعتبر مدينة كيب تاون، بمرصدها الفلكي العريق وأحد أقدم المراصد في العالم، منارة للتراث العلمي وشهادة على السعي المستمر لفهم الكون.

ستكون الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي 2024 في كيب تاون أكثر من مجرد مؤتمر؛ فهي مهرجان سماوي يحتفل بتزايد دور إفريقيا في الحقل الفلكي. السماء الصافية والخالية من التلوث الضوئي في إفريقيا توفر قماشة بيضاء للنجوم والكواكب لرواية حكاياتها القديمة. تعد هذه الجمعية ملتقى للعقول والأفكار، حيث يتلاقى القديم والحديث، المحلي والعالمي، العلمي والتعليمي معًا تحت سماء إفريقيا المرصعة بالنجوم، راسمين حدودًا جديدة في الفضاء الواسع لعلم الفلك.

الفلك للتعليم في البلدان الناطقة بالفرنسية، طبعة 2023

تحت رعاية المكتب الفلكي للتعليم OAE فرنسا والجمعية الفلكية التونسية (SAT)، تم تنظيم هذا المؤتمر بجهود مشتركة من عديد الأفراد، أعضاء جمعيات ومعاهد بحثية و NAECs. حضر الندوة التي انعقدت بتونس 45 مشاركًا من 10 دول ناطقة بالفرنسية. برنامج المؤتمر تضمن محاضرات حول مواضيع تعليم ووساطة الفلك وموضوعات حالية في علم الفلك، إضافة إلى ورش عمل.

المؤتمر كان موجهًا لكل المهتمين باستخدام الفلك للتعليم الرسمي وغير الرسمي. وشمل الباحثين في علم الفلك، وديداكتيك الرياضيات والفيزياء، ومعلمي العلوم والرياضيات. كان هناك ثمانية من منسقي تعليم الفلك الوطنيين (NAECs) متواجدين. أقيمت ما مجموعه 22 ورشة عمل والخطوة التالية هي إنشاء أنشطة AstroEdu الفرنسية استنادًا إلى هذه الورشات.

المؤتمر السنوي الجمعية الفلكية الأفريقية AfAS 2024، في مراكش

انُعقد مؤتمر الجمعية الفلكية الأفريقية السنوي، AfAS 2024، في مراكش، المغرب من 15 إلى 20 أبريل 2024. المؤتمر المنظم من طرف الجمعية الفلكية الأفريقية أقيم بالتعاون مع جامعة القاضي عياض ومرصد أوكايميدن. يهدف الحدث إلى تقدم أهداف AfAS واستراتيجيتها العلمية، مع التركيز على بحوث الفلك وأنشطة التواصل والتعليم والتوعية في أفريقيا وتعزيز التعاون بين الدول. تم تسجيل بضع مئات التسجيلات بين مشاركين حضوريا ومشاركين عن بعد. انقسمت الجلسات بين جلسات العلوم، جلسات التوعية والتعليم (Outreach & Education)، وجلسات خاصة بشؤون الجمعية، بالإضافة إلى ورشات متخصصة.

المهرجان الوطني لعلم الفلك الجماهيري يحتفي بتلسكوب «جيمس ويب»

فادي لعلاوي

كانت مدينة قسنطينة خلال الصيف الماضي عاصمة علم الفلك الهاوي بالجزائر، إذ احتضنت مدينة الجسور المعلقة المهرجان الوطني الثامن عشر في علم الفلك الجماهيري المقام من طرف جمعية الشعرى لعلم الفلك ووحدة البحث في الوساطة العلمية والذي أقيم بتكنوبول، جامعة قسنطينة 3، خلال الفترة ما بين 22 و24 جوان 2023.

المحور الرئيسي للمهرجان كان «علم الفلك اللا مرئي: الناقذة دون الحمراء» احتفالًا بسنةٍ كاملة من بدء تشغيل التلسكوب الفضائي «جيمس واب»، الذي يعمل في المجال تحت الأحمر وطوّر تصورنا للكون، وذلك بمشاركة فلكيين وجمعيات فلكية من أكثر من 10 دول، بالإضافة إلى أكثر من 20 جمعية وأندية فلكية من كامل التراب الوطني.

في بادئ الأمر، استقبل المشاركون برنامجًا متنوِّعًا من الورشات والعروض التوضيحية قدمتها مجموعة من الجمعيات والنوادي حول مختلف العلوم، وبالتَّحديد علم الفلك الذي ألهم الحضور وفتَح لهم أبواب الفضول والاستكشاف.

شكّلت المحاضرات العلميّة جزءًا ثابتًا في البرنامج، حيث قدّم بعض الخبراء المعروفين من بينهم الرئيسة السابقة للاتِّحاد الفلكي الدولي، والأمين العام للاتِّحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك، ومدير المرصد الوطني التابع لمركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء «كراغ»، وأيضا مجموعة من الباحثين الآخرين، محاضرات تفصيليّة حول مواضيع متنوِّعة في الفلك، حيث لم تكن فقط مصدرًا للمعرفة والتَّحفيز، بل كانت أيضًا فرصةً للجمهور للتفاعل المباشر مع المختصين وتبادل الآراء والأفكار.

خُتِمت هذه الفعاليّة بحفل تكريمي تمثَّل في أصوات رائعة لأغاني وطنيَّة تقليديَّة مع نغمات من الأشعار، كما شهد الحفل أداء مسرحيا صغيرا من إبداع أعضاء جمعية الشعرى.

يبرز المهرجان الوطني لعلم الفلك الجماهيري كركن مهمٍّ في تعزيز الثقافة العلميَّة الفلكيَّة حيث يجمع بين التعلُّم والمتعة، ويعزِّز التفاعل بين المُختصِّين والجمهور، ويعمل كمصدر إلهامٍ وتحفيز للأجيال القادمة في سعيها لتحقيق اكتشافات جديدة وتحقيق التقدم العلمي.

أبواب مفتوحة على العلوم بتكنوبول قسنطينة

أيوب عاشور

لقت تظاهرة «أبواب مفتوحة على العلوم» المقامة في 7 أكتوبر 2023 بتكنوبول، بجامعة قسنطينة 3 في الجزائر، نجاحًا كبيرًا، حيث توافد عليها مئات التلاميذ من كلّ البلديات الـ 12 لولاية قسنطينة، عدد منهم من مناطق الظل، بالإضافة الى الجمهور العام. وقد أشرفت على تنظيم الحدث كل من وحدة البحث في الوساطة العلمية التابعة لمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني، وجمعية الشعرى لعلم الفلك رفقة معظم الجامعات والمؤسسات البحثية في المنطقة. الهدف من هذه التظاهرة، التي أصبحت تقليدا سنويا يحدث مباشرة بعد الدخول المدرسي والجامعي، هو التوعية العلمية للجمهور وخاصة المتمدرسين عن طريق احتكاكهم المباشر بباحثين وأندية علمية مجندة في خدمتهم طيلة هذا اليوم، فأخذوا قسطهم من كل العلوم والتكنولوجيا، الكيمياء، الفيزياء، البيولوجيا، علم الفلك، الرياضيات، البيوتكنولوجيا، علم التغذية، الهندسة، وعلم البيئة. كما استطاع الجمهور متابعة النشاط الشمسي المتزايد على المباشر عبر تلسكوبات شمسية. وقد كان في وجبة اليوم كذلك مجموعة من المحاضرات من إلقاء أساتذة وباحثين في مجالات عدة بأسلوب مبسّط ومشوّق. يدخل هذا اليوم ضمن احتفاليةِ الأسبوع الدولي للفضاء بذكرى إرسال أوّل قمر صناعي إلى الفضاء «سبوتنيك» يوم 4 أكتوبر 1957، حيث تشرّفت جمعية الشعرى لعلم الفلك بتمثيل الجزائر لدى الهيئة المركزيّة. وقد سُجلت مساهمة كبيرة لكل من مديرية الشباب والرياضة لولاية قسنطينة ومديرية الخدمات الجامعية عين الباي لإنجاح هذه التظاهرة.

الملتقى الوطني لابتكارات الشباب بتمنراست
جمعية الشعرى تشارك بموقع إلكتروني لنشر ثقافة الفلك

غيث طويهرات

شاركت جمعية الشعرى لعلم الفلك في ملتقى الابتكارات الشبابي بأقصى جنوب الجزائر، بولاية تمنراست، حيث عمل الناشطون غيث طويرات وإياد بلعلى وصالح خطابي برفقة رئيس الجمعية البروفيسور جمال ميموني، على تطوير الموقع الإلكتروني ASTROKIDS، الّذي يَهدف إلى نشر الثقافة الفلكية وتصحيح الأفكار الخاطئة في المجتمع، عند الأطفال والهواة.

شهدت هذه الطَّبعة من المسابقة التي استمرَّت من 28 ديسمبر 2023 إلى 2 جانفي 2024، مشاركة مجموعة من المبدعين الذين أذهلوا الحضور بمشاريعهم المبتكرة، كما أتيحت لأعضاء الجمعية الفرصة لاستكشاف أعماق منطقة تمنراست وزيارة عدّة أماكن بارزة، كضريح الملكة تينهينان، وجامعة تامنغست. الوفد تشارك هذه التجربة مع المستمعين عبر الإذاعة المحليَّة لولاية تمنراست، حيث قدّم البروفيسور ميموني والسيِّد عبد القادر (مرافق ومرشد) كلمة بالمناسبة.

تندوف تحتضن اللقاء الوطني للشباب العلمي والشاطر الصغير

مراد حمدوش

احتضنت ولاية تندوف في الجزائر، من 3 إلى 6 جانفي 2024، فعاليات اللقاء الوطني للشباب العلمي والشاطر الصغير في طبعته الخامسة، تحت شعار «نتنافس لنلتقي وبالعلوم نرتقي». نُظم هذا النشاط العلمي من طرف مديرية الشباب والرياضة بولاية تندوف بالتنسيق مع الجمعية العلمية والثقافية مالك بن نبي بدار الشباب محمد الطاهر لعبيدي.

عرف اللقاء تنظيم معرض علمي ضمّ مشاريع علمية أنتجها أطفال وشباب منتمون إلى نوادٍ وجمعيات علمية في مختلف المجالات، وخاصة الروبوتيك والبرمجة مع استعمال تكنولوجيا المنصات السحابية خاصة الاستشعار عن بعد منها Google Earth Web لإبراز الجوانب الثقافية والتاريخية للجزائر من جهة، وتسيير النفايات وإعادة رسكلتها وحماية البيئة من جهة أخرى. كما حظي نشاط علم الفلك، وخاصة رصد الاندلاعات الشمسية، باهتمام كبير من قبل الحاضرين.

أقيمت خلال اللقاء ندوة علمية بعنوان «زرع الثقافة العلمية في الناشئة-نعلّمهم الفضول» من طرف المهندس مراد حمدوش من وحدة البحث في الوساطة العلمية ونشر ثقافة العلوم. ناقشت الندوة أهمية زرع حبّ العلوم في نفوس الناشئة، وسبل تشجيعهم على البحث العلمي والابتكار.

أكد المشاركون في اللقاء أهمية هذه اللقاءات العلمية في تشجيع أبنائنا على الاهتمام بمجال العلوم والثقافة العلمية، وشدّدوا على ضرورة دعم الجيل الجديد من العلماء والمبدعين من خلال توفير الإمكانيات اللازمة لهم لإطلاق العنان لإبداعاتهم وابتكاراتهم.

يُعدّ اللقاء الوطني للشباب العلمي والشاطر الصغير في طبعته الخامسة حدثًا هامًا، فقد ساهم في نشر الوعي العلمي بين أوساط الشباب، وشجّعهم على الانخراط في المجال العلمي، وفتح آفاقًا جديدة للإبداع والابتكار.

تظاهرة وطنية تُكرم إبداعات الشباب العلمي في ولاية الوادي

سهيل تومي-مراد حمدوش

احتضنت ولاية الوادي في الجزائر، من 27 إلى 30 ديسمبر 2023، فعاليات التظاهرة الوطنية «جائزة إبداعات الشباب العلمية». أقيمت هذه التظاهرة العلمية بدار الشباب الشهيد بن عمر محمد بالعقلة تحت إشراف مديرية الشباب والرياضة وبالتنسيق مع جمعية نشاطات دار الشباب العقلة، وذلك في إطار المشاريع الجمعوية الممولة من قبل وزارة الشباب والرياضة. استحدثت اللجنة التنظيمية جائزة حول أحسن ابتكار منتج للطاقة الصديقة للبيئة، إيمانًا منها بأهمية تشجيع الشباب على إيجاد حلول مبتكرة لمواجهة تحديات الطاقة.

تميزت التظاهرة بمشاركة واسعة من مختلف ولايات الوطن، حيث تنافس الشباب المبدعون على تقديم أفضل ابتكاراتهم في مجال الطاقة. وقد تمكن وفد ولاية قسنطينة من حصد المرتبة الثالثة في هذه المنافسة العلمية، أما المرتبة الأولى والثانية فكانت من نصيب ولاية الوادي.

أكد المشاركون أهمية هذه الفعاليات في تشجيع أبنائنا على الاهتمام بمجال العلوم والثقافة العلمية وشدّدوا على ضرورة دعم الجيل الجديد من الباحثين والمبدعين عبر توفير الإمكانيات اللازمة لإطلاق العنان لإبداعاتهم وابتكاراتهم. يُعدّ هذا اللقاء العلمي فرصة للاحتكاك بين الشباب وفرصة لتبادل التجارب، فهو نافذة جديدة للإبداع والابتكار وعلامة فارقة في مسيرة دعم الشباب وتشجيعهم على الابتكار في مجال الطاقة الصديقة للبيئة.

صالون جهوي لعلم الفلك بولاية برج بوعريريج 19 - 22 ماي 2023

دلال العمري

يُعدُّ الصّالون الجهويّ لعلم الفلك بولاية برج بوعريريج والذي تمّ تنظيمه من طرف DJS بالتّنسيق مع الرّابطة الولائيّة للنشاطات الثقافية والعلمية، حيث عرف مشاركة 15 ولاية بجمعياتها ونواديها الفلكيّة، بالمتحف التاريخي «برج المقراني».

تضمّن هذا الصّالون معارض وورشات أشرف عليها أساتذة في المجال، وقد لاقت حضور العديد من المهتمين والجمهور العام.

وحدة البحث والوساطة العلميّة شاركت من خلال كلٍّ من د. جمال ميموني ود. عمر نمول، اللذَيْن أشرفا على تأطير الورشات، وإثراء الصالون الجهوي لعلم الفلك، وتقديم كلِّ ماهو جديد في المجال. الأستاذ بابا جوَناي عيسى من مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء بالجزائر العاصمة، كان حاضرًا هو كذلك، واستفاد الحضور من خبرته في مجال علم الفلك للهواة، إذ قدّم محاضرةً في المجال.

عديد الجمعيات الوطنية كانت مشاركةً في هذا الحدث من أجل تبادل الخبرات والمساهمة في نشر ثقافة علم الفلك، وتخلّل التظاهرة كذلك سهرة رصد استمتع فيها الحاضرون بالنظر إلى السَّماء والتعرف على أجهزة الرصد الفلكي، وتقاسم المشاركون حبّهم لعلم الفلك مع زوار المعارض طيلة أيّام الصالون الجهوي بالمعلم التاريخي برج المقراني في وسط الولاية، ليُختَتَم بخرجةٍ سياحيَّةٍ لقرية «تسامرت» الأثريَّة، قمنا من خلالها بعمليَّة رصد الشّمس باستعمال تيليسكوب مُختصّ وقد كانت العمليّة بالتّنسيق مع جمعيّة «ألفا أوميغا» (نادي كاليستو سابقا).

المهرجان الوطني 19 لعلم الفلك الجماهيري
25-27 ماي 2024

من تنظيم جمعية الشعرى لعلم الفلك ووحدة البحث في الوساطة ونشر الثقافة العلمية.

ترقبوا تغطية كاملة عن المهرجان في العدد القادم.

خير جليس

كتاب تأمل معي

نضال قسوم هو عالم فلكي وفيزيائي جزائري بارز، حاصل على درجة الدكتوراه من جامعة كاليفورنيا في سان دييغو. بدأ مسيرته الأكاديمية في جامعة البليدة بالجزائر حيث أسس أول برنامج أكاديمي في علم الفلك منذ الإستقلال. التحق في أواخر التسعينيات بالجامعة الأمريكية في الشارقة أين يشغل منصب أستاذ في الفيزياء. نشر الدكتور قسوم العديد من الأبحاث العلمية في مجالات الفيزياء والفلك، كما ساهم في تطوير البرامج الأكاديمية وتعزيز البحث العلمي في المؤسسات التي عمل بها. بالإضافة إلى ذلك، اهتم بنشر الثقافة العلمية بمشاركته في مؤتمرات وورشات تهدف إلى تعزيز الوعي العلمي وتشجيع الشباب على متابعة مجالات العلوم والتكنولوجيا، كما اهتم كثيرا بإصلاح سبل التدريس في الوطن العربي والعالم الإسلامي.

للأستاذ قسوم إسهامات معتبرة في مجال الحوار بين العلم والدين، محاولاً بناء جسور الفهم بين هذه المجالات التي يراها متكاملة، الأمر الذي جعله من الشخصيات البارزة إسلاميا في الساحة الأكاديمية. كما أن له قناة شهيرة على منصة يوتيوب اسمها «تأمل معي»، حيث يقدم من خلالها محتوى علميًا وفكريًا متميزًا يحظى بمتابعة واسعة في العالم العربي، ويجذب جمهورًا كبيرًا من المهتمين بالعلوم والتأملات الفكرية.

من مقدمة الكتاب بتصرف

فكرة هذا الكُتيّب جاءت بعد اقتراح لتحويل حلقات برنامج «تأمل معي» على منصة اليوتيوب، الذي تجاوز عدد حلقاته 250 حلقة من إعداد وتقديم البروفيسور نضال قسوم، إلى كتيّبات يستفيد منها الطلبة والمعلّمون، بحيث تكون كلّ حلقة فصلاً قصيرًا يجمع المواضيع من كلّ مجال في كتيّب مستقل.

يتناول هذا الكتيب ألغاز السماء والكون، أسرار الطبيعة، جوانب مثيرة من الإنسان، علوم اليوم والغد، تكنولوجيا اليوم والغد وغيرها من المواضيع، كما يجيب عن العديد من الأسئلة الشائعة على غرار: هل هبط الإنسان على القمر؟ هل سيتم استعمار المريخ؟ لماذا تدور الكواكب والنجوم والمجرات؟ كيف يعمل التلسكوب؟ وكيف يعرف العلماء عدد المجرات في الكون؟ ويشرح لنا بعض المواضيع والنظريات بشكل مبسط كنظرية الانفجار العظيم، الأكوان المتعددة والأمواج التجاذبية.

«Oppenheimer» هو فيلم سيرة ذاتية مثير لعام 2023 من تأليف وإخراج «كريستوفر نولان». يلعب الدور الرئيسي في الفيلم «كيليان ميرفي»، الذي يُجسّد شخصية جيه روبرت أوبنهايمر، الفيزيائي النظري الأمريكي المعروف بـ «أب القنبلة الذرية» بسبب دوره في مشروع مانهاتن لأول قنبلة نووية في تاريخ البشرية. الفيلم مبني على سيرة ذاتية لعام 2005 بعنوان«American Prometheus» من تأليف «كاي بيرد» و«مارتن ج. شيروين».
يستعرض الفيلم مسيرة أوبنهايمر منذ بداياته كعالِم فيزياء نظريّة، مرورًا بإدارته لمشروع مانهاتن، ووصولاً إلى تعامله مع التداعيات الأخلاقيّة والشخصيّة لإنشاء سلاح يمكنه تدمير العالَم. يستعرض الفيلم أيضًا الصِّراعات والتحديات التي واجهها أوبنهايمر، بما في ذلك تعقيدات حياته الشخصية والاتّهامات التي واجهها فيما يتعلّق بولائِه السياسي ومواقفه من الحرب الباردة والأسلحة النووية.

Editorial

Here is the seventh issue of Al-Chiheb Science Magazine delving this time into a mysterious world that is still full of mysteries and questions: the world of black holes. In this issue, we transcend the barriers of time and space to explore the depths of the dark universe, where familiar laws fade away and the limits of physics are challenged.

We will unravel some of the mysteries of one of the strangest cosmic objects through interviews with distinguished researchers in the field and articles that discuss in depth various aspects of these cosmic beasts. We conducted a lengthy interview with Jean-Pierre Luminet, the famous black holes scientist sometimes dubbed as "Mister Black Holes" for his seminal contributions in the seventies on this topic. We also hosted the prominent astronomer Feryal Ozel, who explained at great length how to interpret the latest EHT black holes images. In addition, the magazine includes substantial scientific articles delving into various aspects of these fascinating celestial bodies.

What also distinguishes this issue is the great diversity of scientific articles and interviews with scientists and researchers from different fields, as they shed light on several important and exciting topics, ranging from computing, artificial intelligence, space science, earth science, and physics.

The issue devotes a significant space to the war on Gaza by taking a deep look at the effects of Israel's brutal war on science and education there as well as in the other occupied Palestinian territories through interviews that depict from within the horrors and the level of wanton destruction, highlighting stories of steadfastness, and the commendable efforts of scientists and academics worldwide in supporting the Palestinian cause.

In the Science Paparazzi section, as Al-Chiheb has accustomed you to, we present the latest science news and discoveries, with a special coverage of the most important scientific and astronomical events and activities in Algeria, as well as the African continent and the Arab world. The "Little Smarter" corner then takes us on an interesting journey with inspiring scientific figures and fun segments, where science meets imagination and knowledge meets creativity.

Yasmine Bouldjedri, Editor in chief

Table of contents

Thematic Dossier : Black Holes

- Black Holes: The Saga of Gravity, from Prediction to Discovery, Omar Nemoul, Jamal Mimouni
- The Issue's Guest: Prof. Jean-Pierre Luminet, the Black Hole Scientist
- The First Picture of our Galactic Black Hole: An Exclusive Interview with Ferial Özel
- The Black Hole Information Paradox, Hichem Guergouri
- Black, but the Brightest Thing in the Universe, Abderahmen Zoghbi

General Science Articles

- Artificial Intelligence Tools, Riyadh Baghdadi
- Lynx Observatory: The Future of Space Telescopes, M. Akram Zermane
- El-Menia 2023: The Most Recent Meteorite Fall in Algeria-, Moulay-Charef Chabou
- Oppenheimer and Black Holes, Omar Nemoul
- Satellites and Space Debris, Ahmed Magdy, NRIAG, Egypt
- The Best Companion Reader: "Let us Reflect and Contemplate" series, volume1, Nidhal Guessoum

Special Issue's file

- Between the Battle of Steadfastness and the Hopes of Reconstruction, How the Occupation is Waging a War on Science in Palestine? a folder prepared by Jamal Mimouni and Yasmine Bouldjedri
- Gaza in pictures: Before and After, Jamal Mimouni

Science Paparazzi

- Latest Science News
- Miscellaneous News about Black Holes Astronomy, J.Mimouni

From Each Nebula a Star

- African Astronomical News
- Astronomical News from Algeria and the Arab World
- Oppenheimer : Popcorn...Cinema of Science and Fiction, Omar Nemoul
- Solar and Lunar Eclipses 2024, Anfal Meddour
- The April 8th 2024 Total Solar Eclipse, Photographic Report, C Mouatsi

The Smarties Corner

- Vera Rubin: A Woman who Led the Way to Understanding the Dark Universe, Basmala Chebri
- Srinivasa Ramanujan: A Wondrous Journey into the World of Numbers and Genius, Riad Letlot
- Space Traveler under the Lens, Chaima Amine-khodja
- Exoplanets for Youngsters, Ayoub Achour

فريق المجلّة

مدير النشر
جمال ميموني

رئيس التحرير
ياسمين بوالجدري

الإشراف العام و التدقيق العلمي
جمال ميموني

مسؤول التصميم و الأعمال الفنية
هشام قرقوري
محمد أكرم زرمان

التدقيق اللغوي
فلة داود، زينب عيساني

التحرير
عمر نمول، هشام قرقوري، ياسمين بوالجدري، جمال ميموني، محمد أكرم زرمان

Publishing Director
Jamal Mimouni

Editor in Chief
Yasmine Bouldjedri

Design & Graphics
Hichem Guergouri
Mohammed Akram Zermane

The Editorial Team
Jamal Mimouni, Omar Nemoul, Hichem Guergouri, Yasmine Bouldjedri, Mohammed Akram Zermane

Linguistic Review Team
Fella Daoud, Zeyneb Aissani

+213 (0) 771 56 06 58
mediation.cerist.dz/chiheb
www.cerist.dz
chihebmagazine@gmail.com
ISSN: 2992 - 1678

اللجنة العلمية

جمال ميموني	جامعة قسنطينة 1 - الجزائر
نضال قسوم	الجامعة الأمريكية بالشارقة- إ. ع. م.
حمزة لبيض	مخبر روذرفورد القومي - أكسفورد - المملكة المتحدة
نسيم سغواني	مركز CRAAG - الجزائر العاصمة - الجزائر
شراف شابو	جامعة سطيف - الجزائر
سفيان كمون	رئيس الجمعية الفلكية التونسية - تونس
حسان دارهماوي	جامعة الأخوين، إفران - المغرب
محمد عودة	مركز الفلك الدولي، ICOP - أبو ظبي- إ. ع. م.
عمر فكري	مكتبة الإسكندرية، المركز العلمي - مصر
روجيه حجار	جامعة سيدة اللويزة Notre Dame - لبنان
سليمان بركة	جامعة الأقصى، غزة، وجامعة كالغاري- ألبيرتا - كندا
رياض بغدادي	جامعة نيويورك - أبوظبي - الإمارات العربية المتحدة

Jamal Mimouni	Univ. of Constantine 1, Algeria
Nidhal Guessoum	American Univ. of Sharjah, UAE
Hamza Labiad	Rutherford Appleton Laboratory, Space, Oxford, UK
Nassim Seghouani	CRAAG, Algiers, Algeria
Charaf Chabou	Sétif Univ, Algeria
Sofien Kamoun	Société Astronomique de Tunisie ‹SAT›, Tunisia
Hassan Darhmaoui	Al-Akhawayn Univ., Ifrane, Morocco
Mohamed Odeh	Intl. Center of Astronomy, ICOP, Abu Dhabi, UAE
Omar Fikri	Bibliotheca Alexandrina, Science Center, Egypt
Roger Hajjar	Notre Dame Univ., Lebanon
Suleiman Baraka	Al-Aqsa Univ., Gaza & Univ. Calgary, Alberta, Canada
Riyadh Baghdadi	NewYork Univ., Abu Dhabi, UAE

"Scientific Chihab" *is a science magazine founded and edited by the Sirius Astronomy Association at Constantine in Algeria and the Research Unit in Scientific Mediation (CERIST-Constantine), in collaboration with the Directorate of Scientific Research and Technological Development (DGRSDT). It tackles scientific issues of timely relevance with a strong focus on astronomical ones. It aims at spreading scientific culture through original articles written by astronomers both professional and amateurs, as well as students from various scientific fields, making sure that the information provided is from reliable sources and we are strongly committed to relentlessly fight against this new age curse that is fake news.. It also makes a point of bringing the facts from leaders in the fields around the world by conducting extensive interviews with some of them.*

The name of the magazine is inspired by the Chihab magazine founded by Sheikh Abd El-Hamid Ibn Badis, the founder of the Association of Algerian Ulema which was instrumental in preparing the Algerian people for the struggle for independence.

سديم «باك مان» Pacman Nebula

تصوير: محمد شوكت عوده - مرصد الختم الفلكي، أبوظبي