الشهاب العلمي

ECHIHEB EL-ILMI

العـدد الثامن
ديسـمبر 2024

حوار مع البروفيسور
فرونسواز كومب Francoise Combes
عالمة الفلك المختصة في المجرات

حوار مع البروفيسور
جورج مايلي George Miley
المختص في علم الفلك الراديوي

حوار مع الدكتورة
ميريانا بوفيتش Mirjana Povic
باحثة في علم الفلك بمعهد ESST بإثيوبيا

حوار مع الدكتورة
رنا الدجاني Rana Dajani
باحثة في علم الأحياء الجزيئية

ملف العدد

المجرات
Galaxies

مجلة الشهاب العلمي / العدد الثامن / 2024

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

بسم الله الرحمن الرحيم

قبس من العلم في كلّ بيت

الشهاب العلمي

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 للعامة، 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
mediation.cerist.dz/chiheb
chihebmagazine@gmail.com

موقع جمعية الشعرى
www.siriusalgeria.net

موقع مركز البحث
في الإعلام العلمي و التقني
www.cerist.dz

كلمة العدد

في هذا العدد من مجلة الشهاب العلمي، نقدم لقرائنا عددا من المواضيع العلمية، وقد خصصنا الملف الرئيسي لعالم المجرات، هذه الجزر الكونية المهيبة التي تشكل بنية الكون. هي ليست مجرد تجمعات نجمية، بل مختبرات لتطور الكون وأسرار تشكل النجوم وانطفائها. عبر هذا العدد، نأخذ قراءنا في رحلة شيقة لاستكشاف الجمال العلمي لهذه التكوينات الكونية، ولتسليط الضوء عليها، تنضم إلينا نخبة من العلماء البارزين في الفيزياء الفلكية الذين يشرحون أحدث الأبحاث والتطورات في هذا المجال. نستعرض في هذا الملف تفاصيل مثيرة حول الأذرع الحلزونية لدرب التبانة، المادة المظلمة، والثقوب السوداء العملاقة. وفي مقابلة، تشاركنا د.فرانسواز كومب رؤيتها حول تشكيل المجرات ودورها في كشف أسرار الكون، بينما يستعرض د.جورج ميلي ود.ميرجانا بوفيتش، من هولندا وإثيوبيا، الشبكة الكونية التي تربط المجرات عبر الكون المرئي. يُظهر عملهما أن المجرات ليست كائنات منعزلة، بل أجزاء من هيكل كوني معقد وغير مرئي.

بالإضافة إلى ذلك، نلقي الضوء على تطورات تقنية ساهمت في فهم المجرات، منها استخدام الذكاء الاصطناعي لتصنيفها من مجموعات بيانات ضخمة، ودور التلسكوبات مثل هابل وجيمس ويب في كشف أبعاد جديدة للكون. يعكس التعاون الدولي في هذه المشاريع روح الاستكشاف العلمي التي تتجاوز الحدود والأيديولوجيات.

كما عوداكم، يتضمن هذا العدد مقالات متنوعة تغطي مجالات الطب والهندسة إلى جانب قسم «باباراتزي العلوم» الذي يستعرض أحدث الاكتشافات العلمية، مع التركيز على إنجازات الجزائر وأفريقيا والعالم العربي. وللقراء الصغار، يُقدم ركن «الشطار الصغار» مجموعة من السير الذاتية لعلماء مشاهير، إلى جانب ألغاز وأسئلة تهدف إلى تعزيز الفضول العلمي لدى الأطفال.

في سياق آخر، نستعرض الوضع الراهن في فلسطين بعد مرور أكثر من عام على العدوان الوحشي ضد المقاومة الفلسطينية، فقد أثر هذا العدوان على جميع جوانب الحياة، بما في ذلك التعليم، حيث اضطر أكثر من 80,000 طالب جامعي إلى ترك دراستهم نتيجة تدمير الجامعات، وحُرم 650,000 طفل من التعليم المدرسي. يُبرز هذا المشهد شجاعة شعب يقاوم تحت ظروف قاسية، بينما تقف الدول «الشقيقة» في صمتٍ جبان، متواطئة عبر تقاعسها إن لم يكن تمكينًا للدولة المجرمة.

بينما نستكشف أسرار المجرات في العدد الثامن، ندعوكم إلى رحلة ملهمة عبر عوالم الضوء والظلام، حيث يسهم كل اكتشاف جديد في تقريبنا من فهم أصول الكون ومصيره. قراءة ممتعة، ونتمنى أن تكون عجائب العلم مصدر إلهام لكم كما هي بالنسبة لنا!

أ.د جمال ميموني

فهرس المواضيع

كلمة العدد

ملف العدد: المجرات

03 تاريخ اكتشاف المجرات، الشيماء أمين خوجة
05 المجرات: اللبنات الأساسية للكون، هشام قرقوري
13 كشف أسرار المجرات: دور المادة المظلمة والجاذبية، عمر نمول
16 درب التبانة الجديد بعد عقدين من الاكتشافات، جمال ميموني
21 لغز النقاط الحمراء الصغيرة على حافة الكون، حميد حميداني
23 حوار مع د.ميريانا بوفيتش الباحثة في المعهد الإثيوبي لعلوم وتكنولوجيا الفضاء
29 حللتَ سهلا: «سيدة المجرات»، عالمة الفلك د. فرونسواز كومب
42 حوار مع رائد علم الفلك الراديوي أ.د. جورج مايلي

مقالات علمية و أنشطة متنوعة

54 تلسكوب غايا GAIA : ثورة في رسم خريطة درب التبانة، محمد أكرم زرمان
58 الأندلسي ابن معاذ الجيّاني.. رائد علم المثلثات الكروي، أبو بكر خالد سعد الله
61 عالم الفلك جيفري مارسي يجيب عن أسئلة الجمهور: هل توجد كواكب أخرى قابلة للحياة؟ نذير طيار، الشيماء أمين خوجة
62 علم الاستشعار عن بعد : ثورةٌ في فهم تغيُّرات كوكب الأرض، مراد حمدوش
64 رنا الدجاني: رحلة عالِمة عربية صنعت سفراء التغيير، ياسمين بوالجدري
69 هل يستطيع الذكاء الاصطناعي التنبؤ بأمراض القلب؟، حسام عميور ورحاب بوشارب

ملف خاص: حتى لا ننسى فلسطين

73 إبادة جماعية أم لا؟ دعونا نعكس الأدوار، سوزان أبو الهوى
74 غزة بلا تعليم للعام الثاني، ياسمين بوالجدري
76 التعليم كصمود: الروح التي لا تنكسر للفلسطينيين، جمال ميموني

باباراتزي العلوم

78 آخر المستجدات العلمية
84 الأخبار الفلكية الوطنية
88 الأخبار الفلكية العربية
89 الأخبار الفلكية الإفريقية

الشاطر الصغير

91 الحوسبة الكمومية.. كيف ستُغيّر حياة البشر؟، تونسي عبد الله
92 كيف تُحوِّل خوارزميات الذَّكاء الاصطناعي البيانات إلى صور؟، لينة فضة
94 من الذرة إلى المجرة: رحلة في عالم الكسيريات المذهل! صاري أيوب

من كل سديم نجمة

96 اختبر معلوماتك، ع. نمول و ش. أمين خوجة
97 عدسة هواة الفلك، سفيان بوطلبة
98 «فشار» الخيال العلمي، Dune، هشام قرقوري
99 خير جليس : كتاب «لماذا نثق بالعلم؟»، مراد حمدوش

ملف العدد

المجرات
Galaxies

03 تاريخ اكتشاف المجرات، الشيماء أمين خوجة
05 المجرات: اللبنات الأساسية للكون، هشام قرقوري
13 كشف أسرار المجرات: دور المادة المظلمة والجاذبية، عمر نمول
16 درب التبانة الجديد: بعد عقدين من الاكتشافات، جمال ميموني
21 لغز النقاط الحمراء الصغيرة على حافة الكون، حميد حميداني
23 حوار مع د.ميريانا بوفيتش الباحثة في المعهد الإثيوبي لعلوم وتكنولوجيا الفضاء
29 حللت سهلا: «سيدة المجرات»، حوار مع عالمة الفلك البروفيسور فرونسواز كومب
42 حوار مع رائد علم الفلك الراديوي البروفيسور جورج مايلي

تاريخ اكتشاف
المجرات
الكون ليس مجرتنا فقط

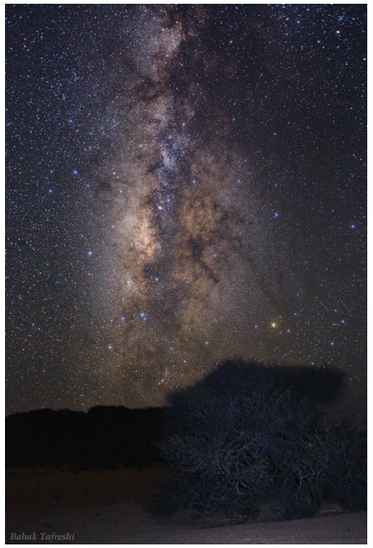
كانت علاقة الإنسان بالطّبيعة منذ القدم، علاقة تواصلٍ دائم وانسجامٍ عميق، وقد انعكس هذا الارتباط بشكلٍ خاصٍّ على علم الفلك، فكانت السَّماء الرَّفيقَ الدَّائم للإنسان، يستلهم منها جمال الكون وعظمة الخالق، وتجسَّد هذا الشغف في رسومات قديمة، ونقوش حجرية، ومخطَّطات دقيقة تُصوِّر لنا السَّماء في تنوّعها الساحر، لتبقى شاهدةً على اهتمام الإنسان الدَّائم برصد السَّماء وسبر أغوارها. لكن لم يتوقف الأمر عند التأمّل فقط؛ بل جعلت السَّماءُ الإنسانَ أكثر فضولاً عن مكان تواجدنا في هذا الكون الفسيح، وعن ماهية النجوم وكلِّ الأجرام الّتي نرصدها، وعن حدود هذا الفضاء الشَّاسع.

بقلم الشيماء أمين خوجة

فيزيائية فلكية، وحدة البحث في الوساطة العلمية

كانت علاقة الإنسان بالطّبيعة منذ القدم، علاقة تواصلٍ دائم وانسجامٍ عميق، وقد انعكس هذا الارتباط بشكلٍ خاصٍّ على علم الفلك، فكانت السَّماء الرَّفيقَ الدَّائم للإنسان، يستلهم منها جمال الكون وعظمة الخالق، وتجسَّد هذا الشغف في رسومات قديمة، ونقوش حجرية، ومخطَّطات دقيقة تُصوِّر لنا السَّماء في تنوّعها الساحر، لتبقى شاهدةً على اهتمام الإنسان الدَّائم برصد السَّماء وسبر أغوارها. لكن لم يتوقف الأمر عند التأمّل فقط؛ بل جعلت السَّماءُ الإنسانَ أكثر فضولاً عن مكان تواجدنا في هذا الكون الفسيح، وعن ماهية النجوم وكلِّ الأجرام الّتي نرصدها، وعن حدود هذا الفضاء الشَّاسع.

إحدى أجمل اللّوحات السَّماويةِ الّتي يمكننا رصدها في اللّيالي الأشدَّ ظلمةً، هي مجرَّة درب التبّانة. المجرّة الّتي تحتضن نظامنا الشّمسي، ويظهر ذراع مجرَّة درب التبانة في السّماء تمامًا كما نراه في (الصورة1) على شكل طريقٍ نجميٍّ يقطع السَّماء والذي سُمّيَ بالطريق اللّبني.



الطاسيلي -الجزائر، موقع مدرج ضمن قائمة التراث العالمي. من المصور الفلكي: بابك تافريشي

لكن كيف عرفنا أنَّ ما نراه جزءٌ من مجرَّتنا؟ و كيف تعرَّفنا عن شكل هذه الأخيرة وصِنفها؟ وعن إمكانية تواجد مجرَّاتٍ أخرى في هذا الكون الفسيح؟

القرن الأوَّل؛ مساهمات عبد الرحمان الصوفي

كانت بداية الإجابة عن كلِّ هذه التَّساؤلات في القرن العاشر مع مساهمات عبد الرّحمن الصّوفي.

وصل الفلكي الفارسي عبد الرحمن الصّوفي إلى بلاد أصفهان عام 961م، وبعد هذا التّاريخ بثلاث سنوات قدَّم للخليفة آنذاك كتاب «صور الكواكب الثابتة»، وهو يعتبر توسُّعًا لكتاب بطليموس المعروف بـ «كتاب المجسطي». كان الكتاب مصوَّرًا، ولم يكن مقصودًا ككتاب تعليمي فقط ولكن كوسيلة تساعد على الرّصد كذلك، موضّحًا فيه الكوكبات بطريقة مفصَّلة وأصبح أعظم عمل فلكيٍّ في عصره.

كتابُ «صور الكواكب الثّابتة» يسرد عدَّة أجرام لم يذكرها بطليموس ويشمل أسماءً عربيَّةً لبعض الكوكبات والنّجوم. إحدى المجموعات النَّجمية المعروفة والتي رصدها اليونانيون أوَّلًا هي كوكبة أندروميدا، رأى العرب نفس المجموعات النجمية كسمكتين في السَّماء، فدمج الصّوفي بين الصور، بحيث تقطع السَّمكتان جسد أندروميدا (صورة 2). وصفها الصوفي بـ «اللطخة السحابية»، وهذا الجرم هو في الواقع مجرَّة أندروميدا، فكانت أوَّل مرّةٍ يتمُّ الإشارة إلى أندروميدا.

رسم لكوكبة أندروميدا مع السَّمكة الكبيرة فوق الجزء العلوي من جسمها، من مخطوطةٍ لكتاب الصوفي، وعلى فم السَّمكة الكبيرة، تشير عدَّة نقاط إلى أندروميدا.

عبد الرحمان الصوفي.

في تلك الفترة الزَّمنية لم يكن يُعرف أن أندروميدا مجرَّة بمفهومنا الحالي للمجرات، وجديرٌ بالذكر أنَّ عبد الرحمان الصوفي كان فلكيًا متميِّزًا في عصره، وعُرِفَ في تصنيف الأجرامِ السماويَّةِ التي لم تكن معروفة آنذاك.

عصر التلسكوبات

وفي القرن السابع عشر، بدأت رحلة اكتشاف كوننا وشساعته الحقيقيَّة، والَّذي واكب تطوير المناظير كأدواةٍ رصدية أقوى من العين المجرَّدة. عندما قام غاليليو بتوجيه المقراب لأوَّل مرَّةٍ إلى السَّماء واكتشاف ذلك الشَّريط الضوئي (ذراع مجرة درب التبانة) فقد كان أوَّل من رصد النجوم فيها ولاحظ وجود عددٍ هائل من النُّجوم، أغلبها بضوءٍ خافتٍ لأنَّها بعيدة جدًّا عنَّا مقارنةً بالنُّجوم الأخرى في السَّماء الليلية.

صنَّف شارل مسييه الأجرام السماوية غير النجمية، بما في ذلك السُّدم والمجرات، بدون فهمٍ كامل لكلِّ تلك الأجرام وسمِّيَت بـ «مصنَّف ميسِّييه»، وقد رسم هيرشيل أوَّل خريطة لمجرَّة درب التبَّانة الَّتي استقاها من تقنيةٍ أُطلق عليها اسم مقاييس النُّجوم «Star Gages». قام بتعداد كلِّ نجمٍ تمكَّن من رؤيته حتَّى حدّ السّطوع الظَّاهري لتلسكوبه في أكثر من 600 موقع مختلف، وافترض أنَّ جميع النُّجوم لها نفس اللَّمعان الداخلي حتَّى يتمكَّن من تقدير المسافة بين كلِّ نجمٍ والأرض كما توضِّحه الصّورة، و يمكنك ملاحظة النُّقطة السَّوداء الدَّاكنة فهي قريبةٌ من مركز الخريطة، وحسب تصوّر هيرشيل فهي نجمنا الشَّمس.

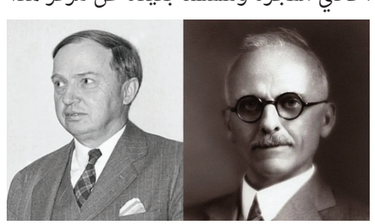
وبالرُّغم من وجود معارضين لهذا التصوّر «الكون أحادي المجرة» كالفيلسوف كانط والكاتب الإنجليزي توماس ورايت إلَّا أنَّ آراءهما لم تكن مبنيةً على اعتباراتٍ علميةٍ.

وفي محاولةٍ لدحض هذه الفكرة، وبعد سنواتٍ من عمل طويل، استنتج الفلكي الهولندي كابتين التوزيع الإجمالي لنجوم المجرَّة من خلال تحديد الكثافة النجمية بدلالة مسافتها، وبالاعتماد على طريقةٍ إحصائيةٍ تبيّن أنَّ مجرَّتنا على شكل قرصٍ ذي توزيعٍ نجمي منتظم، وتمَّ تحسين هذا النموذج لاحقًا من قِبل علماء فلكٍ آخرين وخاصَّةً هارلو شابلي، الَّذي اكتشف أنَّ الشمس ليست في مركز المجرَّة، معتمدًا على توزيع الحشود الكروية في السَّماء، إذ وجد أنَّ الحشود الكروية موزَّعةٌ في كرةٍ فضائيةٍ ضخمةٍ مركزها نقطة في اتِّجاه كوكبة الرامي الَّتي تبعد عنَّا بحوالي 50.000 سنة ضوئية ولا يمكن أن تكون الشَّمس مركزها.

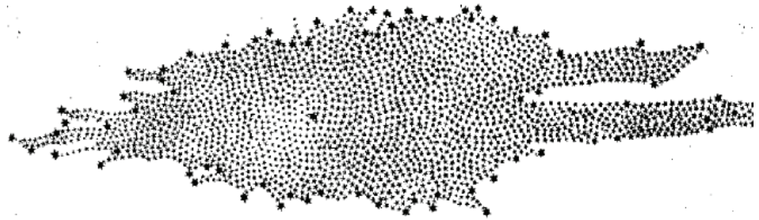
وبالرُّغم من الارتيابات الخاصَّة بمقاسات المجرة لكن كانت هذه نهاية عصر التصوّر الهيليومركزي، كانت في الحقيقة الارتيابات في كلٍ من قياسات كابتين وهيرشيل كذلك، لأنَّ كلَّ واحد منهما لم يكن على درايةٍ بالوسط البينجمي الذي يوجد بين الأرض والأجرام البعيدة، فتمتصّ هذه الأخيرة الضّوء أو تشتّته فتبدو لنا أقلَّ لمعانًا وبالتَّالي يؤدي ذلك إلى حساباتٍ خاطئةٍ. رغم محاولة شابلي لإظهار عدم مركزية الشمس إلَّا أنَّ هذا غير كافٍ لشرح ما إن كان كوننا حقًا عبارة عن نظامٍ أحادي المجرَّة ليست الشمس مركزه أو عبارة عن عدَّة مجرَّاتٍ ومجرّتنا -درب التبَّانة- إحداها؟

الجدل الكبير
The Great Debate

تبلور هذا الاختلاف في مطلع القرن العشرين بين مؤيدين ومعارضين. ما يُعرف بالجدل الكبير «The great debate» حيث كان «شابلي» من الدَّاعمين لتصوُّر الكون أحادي المجرَّة وشمسنا بعيدةٌ عن مركز هذا



صورة تجمع كل من هارلو شابلي وهابر كورتيس.



خريطة هيرشيل لمجرَّة درب التبَّانة سنة 1785م، حيث تظهر خريطة مجرَّة درب التبَّانة كما استنتجها من تعداد النُّجوم في أجزاءٍ مختلفةٍ من السَّماء. المراسلات الفلسفية لجمعية لندن الملكية، المجلد 75 (1785).

الكون (المجرَّة العظيمة)، معتبرًا أنَّ «السدم الحلزونية» في السَّماء مجرَّدُ سحب غازيةٍ قريبةٍ. (شابلي لم يعتبر هذه السّدم جزءًا من نظامنا المجرّي). في المقابل عارض العالِم «هيبر كيرتيس» هذا التصوُّر وكان على خطى الفيلسوف «إيمانويال كانت» فقد دافع على فكرة أنَّ الكون فيه العديد من المجرَّات مثل مجرَّتنا، بحيث أنَّ شمسنا بالقرب من مركز مجرَّتنا الصغيرة نسبيًا. تفاصيل الجدال كانت أكثر زخمًا وتعقيدًا.

هابل

على الرُّغم من أنَّ العالمين وصلا إلى استنتاجاتٍ غير صحيحةٍ جزئيًا مقارنةً بما أثبته العلم لاحقًا، إلَّا أنَّ كلًا منهما تطرَّق إلى نقاط غيَّرت جذريًا فهمنا لمكاننا في الكون. لم ينته الجدال بفوز أحد الطرفين، لكن حُسِمَ في الأمر رسميًا بمساهمة الفلكي إدوين هابل عام 1923 حيث رصد سديم أندروميدا (M31) بواسطة تلسكوب قطره 2.5m من على جبل ويلسون، واكتشف أنَّ السديم يتكوَّن من نجوم، وحتَّى أنَّه حدَّد العديد من النجوم المتغيِّرة من نوع القيفاويات الَّتي تساعدنا على قياس المسافة إلى هذا الجرم، ووجد أنَّها أكبر بكثيرٍ من مسافات في مجرة درب التبانة، ممَّا أكَّد أنَّ أندروميدا لا يمكن أن تكون إلَّا مجرَّةً أخرى مثل مجرَّة درب التبَّانة، وليست «سديمًا حلزونيًا» داخل مجرَّتنا.

وهكذا كانت نهاية الجدال الكبير بين شابلي وكورتيس، وغيَّر هابل نظرتنا للكون، أبعاده وشساعته.

جدير بالذكر أن اكتشاف هنريتا ليفيت علاقة الدور-باللمعان للنجوم المتغيرة أو القيفاويات كانت سببا رئيسا في نجاح هابل. ففي عام 1912 أظهرت أن النجوم ذات الفترات الأطول في نبضها تكون أكثر سطوعًا بشكل جوهري. سمح هذا للفلكيين بحساب المسافة إلى هذه النجوم، وبالتالي تحديد مسافات المجرات. بعدها استخدم هابل طريقة ليفيت لقياس المسافة إلى مجرة أندروميدا ومجرات أخرى، مما أثبت أنها ليست جزءًا من مجرة درب التبانة. ساعد هذا الاكتشاف في توسيع فهمنا للكون، وكشف أن الكون يحتوي على العديد من المجرات ودعم اكتشافات هابل التي أثبتت توسع الكون.

المجرات اللَّبنات الأساسية للكون

المجرَّات هي أنظمةٌ ضخمةٌ من النُّجوم، الغاز، الغبار، والمادة المظلمة، ترتبط ببعضها البعض بفعل الجاذبيَّة. تُعتبر المجرَّات الوحدات الأساسية للكون، وتتراوح في الحجم من بضعة آلاف إلى تريليونات النُّجوم. يحتوي العديد منها على أنظمةٍ كوكبيةٍ، سديميةٍ، وثقوبٍ سوداء. تتوزَّع المجرَّات في جميع أنحاء الكون ويمكن العثور عليها في بيئاتٍ مختلفةٍ، من المناطق المعزولة إلى عناقيدٍ ضخمةٍ تحتوي على مئات أو حتَّى آلاف المجرَّات. يُعدُ فهم المجرَّات أمرًا حيويًا لفهم بنية الكون وتطوُّره.

بقلم د . هشام قرقوري

باحث في الفيزياء الفلكيّة بوحدة البحث في الوساطة العلمية

في جوهرها، تتكوَّن المجرَّات من مجموعاتٍ هائلةٍ من المواد، تشمل:

النُّجوم: المكوِّنات الرئيسيَّة، تختلف في العمر والحجم واللَّون. بعض المجرَّات تتكوَّن من نجومٍ قديمةٍ وحمراء، بينما تحتوي أخرى على نجومٍ فتيَّةٍ وزرقاء.

الغاز والغبار: تُشكِّل الوسط البين نجمي حيث تولد النّجوم الجديدة من سحب الهيدروجين والهيليوم.

المادة المظلمة: شكل غير مرئي من المادة لا يصدر ولا يُمتصّ ولا يعكس الضّوء، لكنَّه يؤثِّر على المادة العادية بالجاذبية. يُعتقد أنَّ المادة المظلمة تشكل حوالي 85% من كتلة معظم المجرَّات، وتساعد على إبقائها متماسكةً.

الثُّقوب السَّوداء: تحتوي معظم المجرَّات الكبيرة على ثقب أسودٍ فائق الكتلة في مركزها، والَّذي يمكن أن يؤثِّر على ديناميكيات المجرَّة، خاصَّةً في المجرَّات النَّشطة مثل الكوازارات.

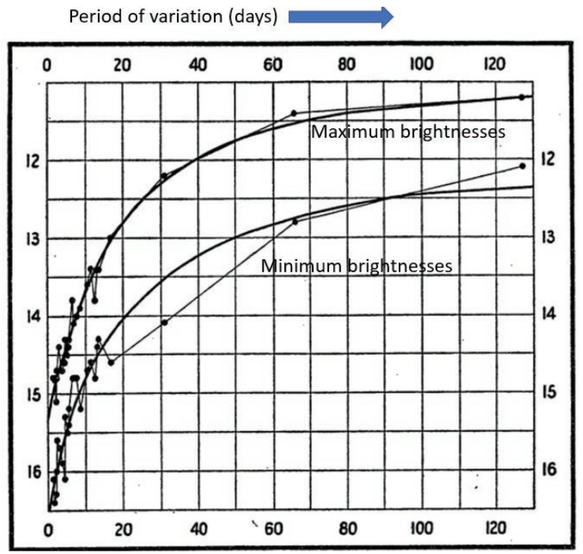
لغز السُّدم الحلزونية

قبل عمل هابل، كانت العديد من الأجسام الَّتي نعرفها الآن بأنَّها مجرَّات تُعرف باسم السُّدم الحلزونية. هذه الأجسام ظهرت في السَّماء كأشكالٍ ضبابيَّة وغائمة، وكان الجدل حول طبيعتها حادًّا. بعض علماء الفلك، مثل هارلو شابلي (Harlow Shapley)، اعتقدوا أنَّ هذه السُّدم الحلزونية ليست سوى غيومٍ غازيةٍ أو مجموعاتٍ نجميةٍ داخل مجرَّتنا درب التبانة. في ذلك الوقت، كان يُعتقد أنَّ مجرَّة درب التبَّانة هي الكون بأسره، لذا كانت فكرة أنَّ هذه السُّدم قد تكون مجرَّات منفصلة وبعيدة، مثيرةً للجدل.

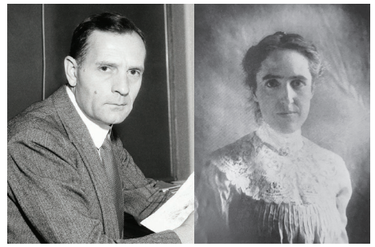
المتغيِّرات القيفاوية المفتاح لفهم المسافات

هنريتا سوان ليفيت (Henrietta Swan Leavitt) فلكيةٌ أمريكيَّةٌ، قامت في عام 1908 بنشر بحث بعنوان «1777 نجم متغيِّر في سحابتيْ ماجلان». في هذه الورقة، قامت بتسجيل أكثر من 1700 نجم متغير (Variable Star) في سحابتيْ ماجلان الكبرى والصغرى (Magelanic clouds)، مستخدمةً ألواح تصوير فوتوغرافيَّةٍ لتسجيل تغيُّرات سطوع هذه النُّجوم على مدار الوقت. وقد اتَّضح لاحقًا أنَّ هذه النُّجوم هي من نوع متغيرات قيفاويةٍ (Cepheid Variable)، وهي نوعٌ من النُّجوم المتغيِّرة تُعرف بتغيرات منتظمة في سطوعها كأنَّها نبضاتٌ، حيث يتمدَّد النَّجم وينكمش في نمط إيقاعي.

في عام 1912، حقَّقت ليفيت اكتشافًا هامًّا غيَّر علم الفلك إلى الأبد. فقد اكتشفت



رسم بياني يوضح اكتشاف هنريتا ليفيت لعلاقة بين السطوع المتوسط للنجوم المتغيرة وفترة التغير في سطوعها. يوضح الرسم أن النجوم ذات الفترات الأطول (مثل 65 يومًا) تكون أكثر سطوعًا بمتوسط قدره حوالي 12.5، بينما النجوم ذات الفترات الأقصر (حوالي 10 أيام) تكون أقل سطوعًا بمتوسط قدره حوالي 14.25. الصورة من متحف سميثسونيان للطيران والفضاء.



صور هنريتا سوان ليفيت وإيدوين هابل.

علاقةً واضحةً بين الفترة الزَّمنية لتغيُّر سطوع المتغيِّرات القيفاوية وبين لمعانها، وقد لاحظت أنَّه كلَّما زادت فترة تأرجح النجم، كان النَّجم أكثر سطوعًا. هذا يعني أنَّه بمجرَّد قياس الوقت الذي يستغرقه هذا النَّجم لإكمال دورةٍ واحدةٍ من السُّطوع والخفوت، يمكن تحديد لمعانه الحقيقي أو المقدار المطلق. كان اكتشاف ليفيت ثوريًا لأنَّه وفَّر لعلماء الفلك وسيلةً موثوقةً لقياس المسافات إلى النُّجوم. فعندما نعرف سطوع النَّجم الحقيقي أو القدر المطلق (Absolute Magnitude) من الفترة الزمنية لتغيُّر السُّطوع، يمكن مقارنته بمدى السُّطوع أو القدر الظاهري (Apparent Magnitude) للنَّجم من الأرض، ومن ثمَّ حساب المسافة باستخدام قانون المسافة

$$d = 10^{\left(\frac{m - M + 5}{5}\right)}$$

أين m تمثِّل القدر الظاهري للنَّجم وM القدر المطلق.

وهذا ما قام به العالم الأمريكي الشَّهير إدوين هابل (Edwin Hubble) سنة 1923، باستخدام تلسكوب هوكر (Hooker) في مرصد جبل ويلسون في كاليفورنيا -أكبر تلسكوب في العالم آنذاك-، رصد هابل عدَّة نجومٍ قيفاويةٍ متغيِّرة في سديم أندروميدا (الذي نعرفه اليوم بمجرة أندروميدا). هذه النجوم في أندروميدا كانت على بُعد ملايين السَّنين الضوئية، أي أنَّها بعيدة جدًّا عن حدود مجرَّة درب التبَّانة. هذا يعني أنَّ أندروميدا لم تكن مجرَّد سديمٍ أو تجمُّعٍ نجمي داخل مجرَّتنا، بل كانت مجرَّةً مستقلَّةً تحتوي على مليارات النُّجوم، وقد كان هذا دليلًا قاطعًا على أنَّ الكون أكبر بكثيرٍ ممَّا كان يُعتقد، وأنَّ هناك مجرَّاتٍ أخرى بعيدة عن مجرَّتنا درب التبانة.

صورة لمجرة أندروميدا تظهر فيها أذرع حلزونية من الغاز والغبار مع مركز مشع.

مجرة المثلث M33 (على اليمين) ومجرة M81 (على اليسار)

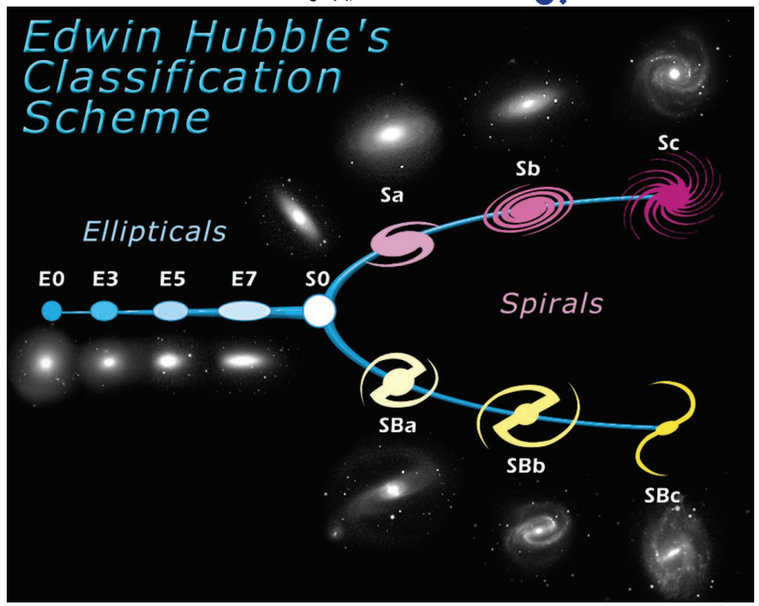
واصل «هابل» مراقبة سديمٍ حلزونيَّةٍ أخرى باستخدام نفس الطَّريقة، ووجد نجومًا قيفاويةً متغيِّرةً في عدَّة سديمٍ أخرى، وفي كلِّ مرَّةٍ، كانت المسافات كبيرةً جدًّا بحيث لا يمكن أن تكون هذه الأجسام جزءًا من مجرَّة درب التبَّانة. تمَّ تأكيد أنَّ هذه السّدم الحلزونية هي مجرَّاتٌ بعيدة، كلٌّ منها يحتوي على عددٍ هائلٍ من النُّجوم. ومن بين المجرَّات الأخرى التي رصدها هابل:

مجرَّة المثلث (M33): مجرَّة حلزونية قريبة أخرى.

مجرَّة مسييه 81 (M81): مجرَّة حلزونية في كوكبة الدب الأكبر.

أظهر عمل هابل أنَّ الكون مليءٌ بالمجرَّات التي تتجاوز حدود مجرَّتنا، ممَّا غيَّر بشكلٍ جذري فهم البشرية للكون. ما كان يُعتقد في السَّابق أنَّه الكون بأكمله (مجرَّة درب التبانة) أصبح يُعرف الآن على أنَّه جزءٌ صغيرٌ من كونٍ شاسعٍ مليءٍ بمليارات المجرَّات.

مخطَّط الشَّوكة الرنَّانة لهابل



تصنيف هابل للمجرات والذي يسمى مخطط الشوكة الرنانة.

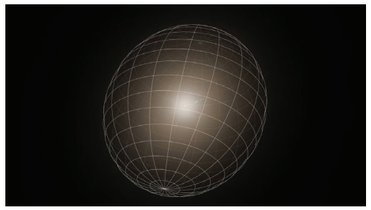
Credit: NASA & ESA

مع استمرار هابل في مراقبة المجرَّات، بدأ أيضًا في تصنيفها بناءً على أشكالها، لاحظ أن المجرَّات تأخذ أشكالًا مختلفة تنتمي إلى فئاتٍ محدَّدة، فصنَّفها في مخطَّطٍ يسمَّى بمخطَّط الشوكة الرنَّانة (Tuning Fork)، حيث تمثِّل المجرَّات الإهليلجية (Elliptical Galaxies) المقبض، وتنقسم المجرَّات الحلزونية (Spiral Galaxies) إلى فرعين: الحلزونية العادية والحلزونية الضلعية (Barred and Unbarred).

المجرَّات الإهليلجية:

في مخطَّط الشَّوكة الرنَّانة، يتمُّ وضع المجرَّات الإهليلجية في «المقبض» لأنَّها تمثِّل أحد الأشكال الأساسية للمجرَّات. عندما نتحرَّك إلى اليمين من المقبض (حيث ينقسم الفرعان)، يظهر الانتقال إلى المجرَّات الحلزونية، التي لها هياكل أكثر تعقيدًا، حيث يمثِّل تصنيف E0 المجرَّات كروية الشَّكل تقريبًا وكلَّما تقدَّمنا في التَّصنيف (E3، E5) زادت إهليليجية المجرَّة. E7 تمثِّل مجرَّةً ممدودةً للغاية (بيضاوية أو على شكل سيجار).

المخطَّط لا يشير إلى مراحل تطورية، بل هو طريقة لتنظيم المجرَّات بناءً على مظهرها. بينما تميل المجرَّات الإهليلجية إلى أن تكون أقدم ولديها نشاطٌ أقلّ في تكوين النجوم، إلَّا أنها تمثِّل إحدى نتائج تطوُّر المجرَّات.



الشكل الكروي للمجرة الإهليليجية M87

يُعتقد أنَّ المجرَّات الإهليلجية تتشكَّل نتيجة اندماج المجرَّات. عندما تصطدم مجرَّتان حلزونيتان، يؤدِّي الاندماج إلى تدمير الهيكل الحلزوني المنظَّم، ممَّا يترك وراءه مجرَّة أكثر كرويةً أو إهليلجيةً، وتُعطِّل هذه العملية تكوين النجوم، حيث يتمُّ استهلاك أو طرد الغاز والغبار اللَّازمين لتكوين النُّجوم الجديدة خلال الاندماج. تتكوَّن المجرَّات الإهليلجيَّة بشكلٍ رئيسي من نجومٍ قديمةٍ وحمراء، مع نشاطٍ قليلٍ في تكوين النُّجوم الجديدة، فهي تحتوي على كميَّاتٍ قليلةٍ جدًّا من الغاز والغبار، ممَّا يعني وجود موادٍ خام قليلةٍ لتكوين نجومٍ جديدة، ولهذا السَّبب تهيمن النُّجوم القديمة عليها، وهذا يعطيها مظهرًا أكثر اتِّساقًا وأقلَّ حيويةً مقارنةً بالمجرَّات الحلزونية. يمكن أن تكون هذه المجرَّات إمَّا صغيرةً (إهليلجية قزمة) أو عملاقةً (إهليلجية عملاقة). تتحرَّك النُّجوم داخل المجرَّات الإهليلجية في مداراتٍ عشوائيةٍ وغير منظَّمة، على عكس المجرَّات الحلزونية حيث تتحرَّك النُّجوم في مساراتٍ دائريةٍ منظَّمة.

المجرَّات الحلزونية الضلعية:

المجرَّات الحلزونية الضِّلعية (Barred Spiral) Galaxies هي نوعٌ من المجرَّات الحلزونية التي تتميَّز بوجود هيكلٍ مركزي من النُّجوم يشبه الضِّلع، والذي تمتدُّ منه الأذرع الحلزونية. في مخطَّط الشوكة الرنَّانة، يتمُّ تصنيف هذه المجرَّات بالرَّمز **SB**، وهي تشكِّل أحد فرعيْ الشَّوكة. تعتبر هذه المجرَّات مهمَّة لفهم تكوين وتطوُّر المجرَّات، حيث يلعب الهيكل الضِّلعي دورًا رئيسيًا في ديناميكياتها.

تتكوَّن المجرَّات الحلزونية ذات القضبان من مكوِّنيْن رئيسيَّين:

الضِّلع المركزي: عبارة عن شريطٍ مستقيمٍ وطويلٍ من النُّجوم يمتدُّ عبر نواة المجرَّة. ويتكوَّن غالبًا من نجومٍ قديمةٍ، ولكنَّه يساعد أيضًا في توجيه الغاز نحو مركز المجرَّة، ممَّا يغذي تكوين النُّجوم في المنطقة المركزية. يُعتقد أنَّ القضبان هي علامة على نضج المجرَّة. العديد من المجرَّات الحلزونية، بما في ذلك مجرَّتنا، تحتوي على قضبان، وقد تتشكَّل القضبان في مرحلةٍ لاحقةٍ من دورة حياة المجرَّة.

الأذرع الحلزونيَّة: تنبع الأذرع من نهايات الضِّلع، بدلًا من أن تنشأ مباشرةً من النَّواة كما هو الحال في المجرَّات الحلزونية العادية، كما تحتوي على مناطق نشطة لتكوين النُّجوم، حيث تتواجد النُّجوم الزَّرقاء اللَّامعة والصَّغيرة، كما أنَّها غنيَّة بالغاز والغبار.

في مخطَّط الشَّوكة الرنَّانة، تُصنَّف المجرَّات الحلزونية الضِّلعية بناءً على مدى انفتاح الأذرع الحلزونيَّة:

SBa: أذرعٌ حلزونية ضيِّقة، وضلعٌ مركزي بارز.

SBb: أذرعٌ أكثر انفتاحًا، وضلعٍ واضح.

SBc: أذرعٌ مفتوحةٌ جدًّا، وضلعٌ أقلّ وضوحًا.

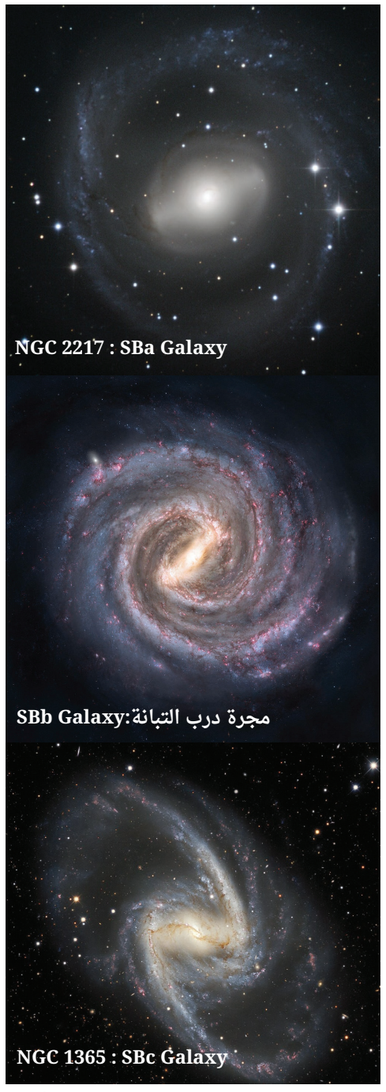
من المثير للاهتمام أنَّ مجرَّة درب التبَّانة هي مجرَّة حلزونية ذات ضلع وتُصنَّف كـ SBbc، ممَّا يعني أنَّها تحتوي على ضلعٍ بارزٍ نسبيًّا وأذرعٍ حلزونيةٍ متوسِّطة الانفتاح. يبلغ طول الضِّلع المركزي لمجرَّة درب التبَّانة حوالي 27,000 سنة ضوئية، ويلعب دورًا كبيرًا في ديناميكيات المجرَّة، حيث يساعد في توجيه الغاز والنُّجوم نحو الانتفاخ المركزي، حيث يقع الثُّقب الأسود الهائل.

أمثلة عن المجرات الحلزونية الضلعية:

NGC 2217: مثالٌ رائعٌ عن مجرَّةٍ حلزونيةٍ ضلعيةٍ من النوع SBa، تتميَّز بأذرعٍ واضحةٍ وضلعٍ بارزٍ.

مجرَّة درب التبَّانة: مجرَّتنا هي مجرَّةٌ حلزونيةٌ ضلعيةٌ من النوع SBb، حيث يؤثِّر الضِّلع على حركة النُّجوم والغاز داخل القرص.

NGC 1365: تُعرف باسم «المجرَّة الحلزونية الضلعية الكبرى» من النوع SBc، وتتميَّز بضلعٍ كبيرٍ جدًّا وتقع في كوكبة الفرن.



المجرَّات الحلزونية العادية:

المجرَّات الحلزونية العادية هي نوعٌ من المجرَّات الّتي تفتقر إلى الهيكل المركزي على شكل الضلع الموجود في المجرَّات الحلزونية الضلعيّة. تمَّ تصنيف هذه المجرَّات بالرَّمز SA في مخطَّط الشَّوكة الرنَّانة، وهي تشغل الفرع الآخر للشَّوكة. تتميَّز هذه المجرَّات بوجود انتفاخ مركزي تخرج منه الأذرع الحلزونية مباشرة.

تتكوَّن المجرَّات الحلزونية العادية من:

الأذرع الحلزونية: السِّمة المميِّزة لهذه المجرَّات هي الأذرع الحلزونية، الّتي تمتدُّ إلى الخارج من الانتفاخ المركزي. هذه الأذرع غنيَّةٌ بالغاز والغبار، ممَّا يجعلها مواقع نشطةً لتكوين النُّجوم. النُّجوم الشَّابة الزرقاء تتواجد في الأذرع الحلزونية، ممَّا يمنحها مظهرًا مشرقًا وحيويًّا.

الانتفاخ المركزي: على عكس المجرَّات الحلزونية الضلعيّة، فإنّ الانتفاخ المركزي في المجرَّات الحلزونية العادية يكون أكثر كرويةً ويحتوي على نجومٍ أقدم وأكثر احمرارًا. لا يوجد هيكلٌ ضلعي يمتدُّ من الانتفاخ. تتحرَّك النُّجوم في الانتفاخ المركزي للمجرَّات الحلزونية العادية في مداراتٍ عشوائيةٍ وبيضاويةٍ، بينما تتَّبع النُّجومُ في القرص والأذرع الحلزونية مساراتٍ دائريةٍ حول مركز المجرَّة.

تنقسم المجرَّات الحلزونية العادية إلى عدَّة أنواعٍ بناءً على مدى انفتاح الأذرع الحلزونيةٍ وحجم الانتفاخ المركزي:

Sa: تتميَّز بأذرعٍ حلزونيةٍ ضيِّقةٍ، وانتفاخٍ مركزي كبيرٍ ومُضيء.

Sb: تتمتَّع بأذرعٍ حلزونيةٍ متوسِّطة الانفتاح، وانتفاخٍ مركزي أصغر قليلًا.

Sc: تتميَّز بأذرعٍ مفتوحةٍ جدًّا، وانتفاخٍ مركزي أصغر وأقلّ بروزًا.

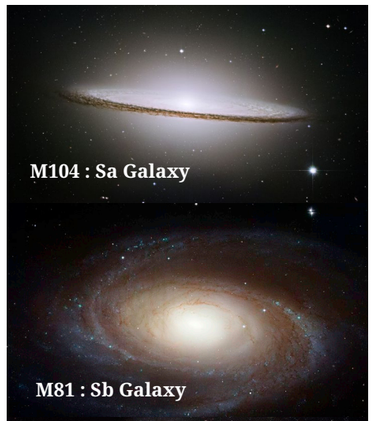
تشير بعض النَّماذج إلى أنَّ المجرَّات الحلزونية العادية تكون أصغر عمرًا، وقد تتطوَّر بمرور الوقت. قد تؤدِّي التفاعلات الجاذبية أو الاصطدامات مع المجرَّات الأخرى إلى تكوين ضلعٍ في المجرة، ممَّا يحوِّلها إلى مجرَّةٍ حلزونيَّةٍ ضلعيةٍ (SB).

أمثلة عن المجرات الحلزونية العادية:

M104 (مجرة سومبريرو): من النوع Sa، تتميز مجرة السومبريرو بأذرع ضيقة ومركز منتفخ ومضيء.

M81 (مجرَّة بود): مجرَّة حلزونية عادية ساطعة في كوكبة الدبِّ الأكبر من النوع Sb، تتميَّز بأذرعٍ حلزونيةٍ ضيِّقةٍ.

M101 (مجرة دولاب الهواء): من النوع Sc، تتميز بأذرع مفتوحة، انتفاخ صغير وتكوين نجمي نشط.



المجرَّات غير المنتظمة:

المجرَّات غير المنتظمة هي تلك الّتي لا تتناسب مع الهياكل المنظَّمة للمجرَّات الحلزونية أو الإهليلجية. تفتقر هذه المجرَّات إلى شكلٍ أو هيكلٍ محدَّد، وتظهر كأنَّها مجموعاتٍ فوضويةٍ من النُّجوم والغاز والغبار. في مخطَّط الشَّوكة الرنَّانة، لا يتمُّ وضع المجرَّات غير المنتظمة مباشرةً ضمن التَّصنيف لأنَّها لا تمتلك شكلًا واضحًا، إلَّا أنَّها تُعتبر جزءًا مهمًّا من نظام تصنيف المجرَّات. تُمثِّل هذه المجرَّات مرحلةً أكثر ديناميكيةً وأقلَّ تطوُّرًا مقارنةً بالمجرَّات الحلزونية والإهليلجية الأكثر تنظيمًا. وهي مهمَّةٌ لدراسة تطوُّر المجرَّات وتكوين النُّجوم، لأنَّها غالبًا ما تكون صغيرةً وتستمرُّ في تكوين النُّجوم الجديدة. تميل المجرَّات غير المنتظمة إلى أن تكون أصغر وأقلَّ كتلةً مقارنةً بالمجرَّات الحلزونية أو الإهليلجية. بعض هذه المجرَّات تُعتبر مجرَّات قزمةً غير منتظمة، وهي مجرَّات صغيرةٌ وخافتةٌ مع نشاطٍ قويٍّ في تكوين النُّجوم.

تُصنَّف المجرَّات غير المنتظمة إلى نوعين رئيسيين:

غير منتظمة من النَّوع الأوَّل (Irr 1): هذه المجرَّات تُظهر بعض ملامح البنية ولكنَّها تفتقر إلى الملامح المنظَّمة الّتي نراها في المجرَّات الحلزونية أو الإهليلجية. غالبًا ما تحتوي على مناطق لتكوين النُّجوم وتحتوي على نجومٍ زرقاء مشرقة.

غير منتظمة من النَّوع الثاني (Irr 2): هذه المجرَّات لا تحتوي على أيِّ بنية مميَّزة على الإطلاق. قد تكون تشوَّهت بفعل التَّصادمات الجاذبية مع مجرَّاتٍ أخرى.

تتشكَّل المجرَّات غير المنتظمة غالبًا نتيجة التَّفاعلات الجاذبية أو الاصطدامات مع مجرَّاتٍ أخرى. يمكن أن تتسبَّب هذه التفاعلات في تشويه أشكالها وسحب النُّجوم والغاز إلى أنماطٍ فوضوية.

اصطدامات المجرَّات: أحيانًا تتشكَّل المجرَّات غير المنتظمة عندما تصطدم مجرَّتان، ولكن بدلًا من أن تندمجا في مجرَّةٍ حلزونيةٍ أو إهليلجية، تكون النَّتيجة مجرَّةً غير منتظمة ذات شكلٍ غير منظَّم.

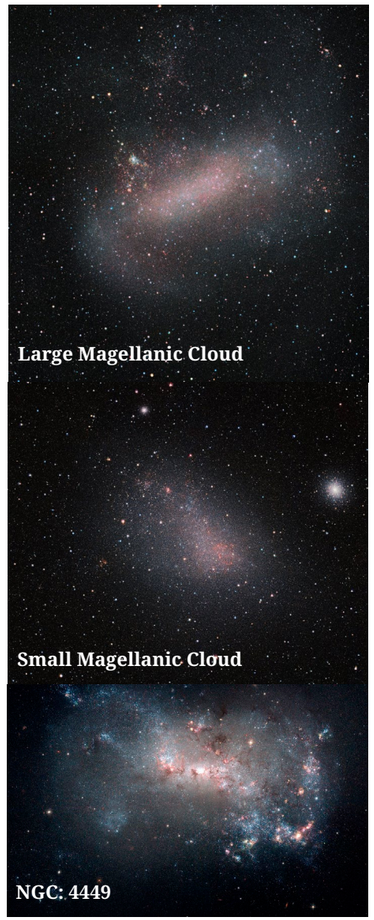
القوى المدّية: يمكن أن تُشوِّه القوى الجاذبية القويَّة من المجرَّات الأكبر، شكل المجرَّة الأصغر، ممَّا يؤدي إلى تمدُّدها وتشويه هيكلها إلى شكلٍ غير منتظم.

أمثلة عن المجرات غير المنتظمة:

سحابة ماجلّان الكبرى (LMC): واحدةٌ من أقرب المجرَّات إلى مجرَّتنا درب التبَّانة، وهي مثالٌ بارزٌ على المجرَّة غير المنتظمة. تحتوي على العديد من مناطق تكوين النُّجوم النَّشطة، بما في ذلك سديم العنكبوت الشهير.

سحابة ماجلّان الصغرى (SMC): مجرَّة غير منتظمة أخرى قريبة من مجرَّة درب التبَّانة، وهي غنيَّةٌ أيضًا بالغاز والغبار وتعدُّ منطقةً نشطةً لتكوين النُّجوم.

NGC 4449: مثالٌ على مجرَّةٍ قزمةٍ غير منتظمة تقع في كوكبة كلاب الصَّيد.



النَّموذج الموحَّد للنوى المجريَّة النَّشطة

يهدف النَّموذج الموحَّد للظَّواهر عالية الطَّاقة في المجرَّات، خاصَّةً بالنِّسبة إلى النَّوى المجريَّة النَّشطة (Active Galactic Nuclei - AGN)، إلى تفسير الخصائص المختلفة للمجرَّات النَّشطة. يقترح هذا النَّموذج أنَّ جميع أنواع النوى المجريَّة النَّشطة يمكن فهمها على أنَّها نفس الظَّاهرة ولكن كلّ نوعٍ تتمُّ رؤيته من زوايا مختلفة.

ما هي النواة المجريَّة النَّشِطة؟

النواة المجرية النَّشطة هي منطقةٌ مضيئةٌ وصغيرةٌ في مركز بعض المجرَّات، تُطلِق طاقةً هائلةً جدًّا نتيجةً لجذب الثَّقب الأسود المركزي فائق الكتلة (تبلغ كتلته ملايين إلى مليارات المرَّات كتلة الشمس) للمواد المحيطة به. عندما تبدأ المواد بالسُّقوط داخل الثُّقب الأسود، يتشكَّل حوله ما يسمَّى بقرص التَّراكم (Accretion Disk)، وهو قرصٌ من الغاز والغبار، يدور حول الثَّقب الأسود بفعل القوى الجاذبية، ممَّا يسبِّب الاحتكاك والضَّغط الّذي يحوِّل الطَّاقة الحركية إلى حرارة، فينبعث منه إشعاعٌ قويٌّ يشمل جميع الأطوال الموجية، من موجات الرَّاديو إلى الأشعَّة السينية وأشعَّة جاما.

هيكل النَّموذج الموحَّد:

وفقًا للنَّموذج الموحَّد، تتكوَّن النَّواة المجريَّة النَّشطة من المكوِّنات الرئيسيَّة التالية:

الثقب الأسود فائق الكتلة: المحرِّك المركزي للنَّواة المجرية النَّشطة. عندما يسقط الغاز والغبار نحو الثَّقب الأسود، يتكوَّن قرصٌ حوله، وتنبعث منه طاقةٌ هائلة.

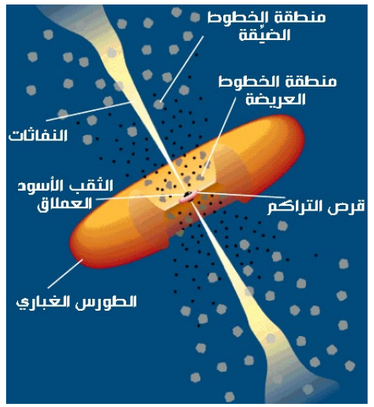
قرص التَّراكم: قرصٌ من المواد يدور حول الثَّقب الأسود. يسخن الغاز في هذا القرص لدرجةٍ تجعله يصدر إشعاعاتٍ قويَّةٍ، خاصَّةً الأشعَّة السينية والأشعة فوقَ البنفسجية.

منطقة الخطوط العريضة (Broad-Line Region - BLR): منطقةٌ قريبةٌ من الثَّقب الأسود أين يتحرَّك الغاز بسرعاتٍ عاليةٍ جدًّا، وتنتج هذه المنطقة خطوط انبعاث عريضة في الطَّيف بسبب سرعة حركة الغاز.

الطورس الغباري (Dusty Torus): منطقةٌ على شكل حلقةٍ من الغبار والغاز، تُحيط بالثقب الأسود وقرص التراكم. يمكن أن تحجب هذه الحلقة رؤية النَّواة النَّشطة المركزية بناءً على زاوية المشاهدة.

منطقة الخطوط الضيِّقة (Narrow-Line Region - NLR): منطقةٌ أبعد عن الثَّقب الأسود مقارنةً بمنطقة الخطوط العريضة، حيث يتحرَّك الغاز بشكلٍ أبطأ منتجًا خطوط انبعاثٍ ضيِّقة. تمتدُّ هذه المنطقة إلى الخارج ويمكن رؤيتها في معظم أنواع النَّوى المجريَّة النَّشطة.

النَّفَّاثات النسبية (Relativistic Jets): بعض النَّوى المجريَّة النَّشطة تنتج نفَّاثات من الجسيمات عالية الطَّاقة، والّتي تنطلق بسرعاتٍ قريبةٍ من سرعة الضَّوء. هذه النفَّاثات يمكن أن تمتدَّ لمسافاتٍ طويلةٍ خارج المجرَّة، وهي سمةٌ مميِّزةٌ للمجرَّات الراديوية والبلازارات.



هيكل النواة المجرية النشطة

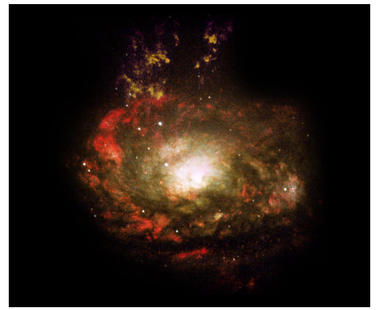
كيفية عمل النَّموذج الموحَّد:

يفسِّر النَّموذج الموحَّد الأنواع المختلفة من النَّوى المجريَّة النَّشطة بناءً على زاوية الرؤية وحجب الطورس الغباري.

مجرَّات سيفرت من النَّوع الأوَّل (Seyfert Type 1 Galaxies): هي مجرَّات ذات أنويةٍ لامعةٍ جدًّا وخطوط انبعاثٍ قويَّةٍ، حيث لا يحجب الطَّورس الغباري النواة المجرية، مما يُمكننا من رؤية كلٍّ من منطقة الخطوط العريضة (BLR) ومنطقة الخطوط الضيِّقة (NLR). تُظهر هذه المجرَّات خطوط انبعاثٍ عريضةٍ في أطيافها.

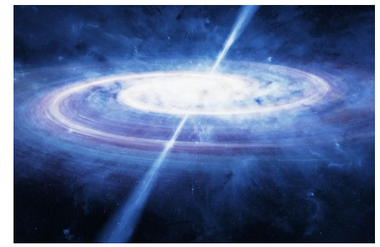
NGC 4151 مثال على مجرة سيفرت 1.

مجرَّات سيفرت من النَّوع الثاني (Seyfert Galaxies (Type 2: إذا كان الطَّورس الغباري يحجب رؤيتنا للنَّواة، فإنَّنا نرى فقط منطقة الخطوط الضيِّقة، ممَّا ينتج عنه خطوط انبعاثٍ ضيِّقة في الطَّيف. الخطوط العريضة مخفيَّةٌ خلف الطورس.



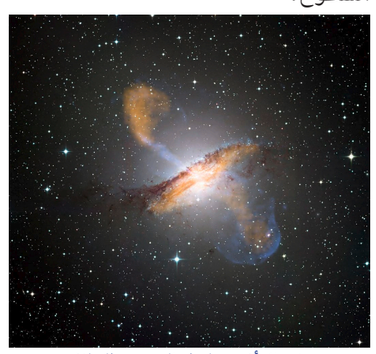
مجرة البيكار (Circinus) مثال على مجرة سيفرت 2.

الكوازارات (Quasars): الكوازارات هي في الأساس نوى مَجرية نشطة من النَّوع الأوَّل، ولكنَّها مشرقة جدًّا لدرجة أنَّها تفوق سطوع المجرَّة المضيفة. يتمُّ رصدها عندما لا يحجب الطَّورس النَّواة ويمكن رؤية جميع الإشعاعات الصَّادرة.



صورة فنية للكوازار 3C 273.

البلازارات (Blazars): هي النَّوى المجريَّة النَّشطة التي تكون نفاثاتها موجَّهة نحو الأرض. هذا التوجُّه يجعلنا نرى إشعاعًا قويًّا من النفاثات، خاصَّةً في نطاقي الرَّاديو وأشعَّة جاما، ويؤدي إلى تغيُّراتٍ سريعةٍ في السُّطوع.



Centaurus A، أقرب بلازار إلى درب التبانة.

الأدلَّة الّتي تدعم النَّموذج الموحد:

هناك أدلَّةٌ رصديةٌ قويَّةٌ تدعم النَّموذج الموحَّد، بما في ذلك:

خطوط الانبعاث العريضة والضيِّقة: بناءً على زاوية المشاهدة، يمكن للفلكيين رصد خطوط عريضة أو ضيِّقة في أطياف النَّوى المجريَّة النَّشطة. هذا يدعم الفكرة القائلة بأنَّ البنية واحدةً ولكن نراها من زوايا مختلفة.

الإشعاع تحت الأحمر: يمتصُّ الطَّورس الغباري الإشعاع من النَّواة النَّشطة ويعيد إصداره في شكل ضوءٍ تحت الأحمر. تظهر الملاحظات في هذا الطَّيف أنَّ الطورس موجودٌ في العديد من النوى النشطة، ويقوم بحجب المنطقة المركزية.

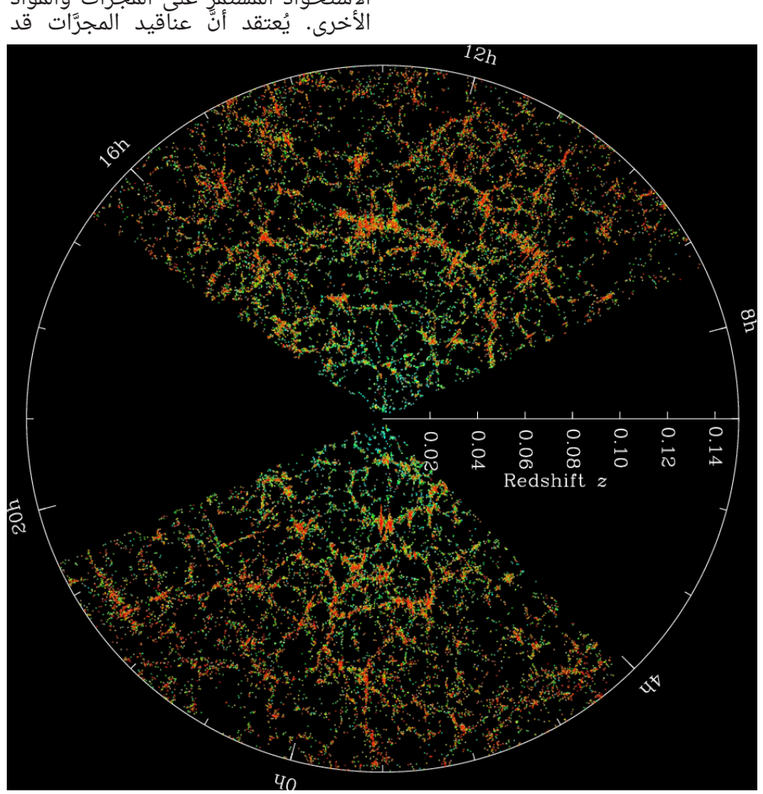
انبعاث النفاثات: وجود النفَّاثات في المجرات الراديوية والبلازارات يتوافق مع النَّموذج الموَحَّد، حيث تظهر النفاثات بناءً على زاوية رؤية المجرَّة. على سبيل المثال، تُظهر البلازارات نشاطًا نفاثيًا قويًّا لأنَّ النفاثات موجَّهةٌ مباشرةً نحونا.

لماذا يُعدُّ النَّموذج الموحَّد مهمًّا؟

يساعد النَّموذج الموحَّد الفلكيين في فهم أوجه التَّشابه الأساسيَّة بين الأنواع المختلفة من النَّوى المجريَّة النَّشطة. بدلًا من اعتبار مجرَّات سيفرت، الكوازارات، والبلازارات كظواهر منفصلة، يوفِّر النَّموذج تفسيرًا متماسكًا لكيفية ظهور هذه الأجسام بطرقٍ مختلفةٍ بناءً على زاوية الرؤية.

عناقيد المجرَّات: المجتمعات الكونية

عناقيد المجرَّات هي هياكل ضخمة في الكون حيث توجد المجرَّات مجتمعةً معًا، ونادرًا ما تكون معزولة. يمكن أن تحتوي هذه العناقيد على مئات إلى آلاف المجرَّات، وكلها مرتبطةٌ ببعضها البعض بقوَّة الجاذبية. الفراغ بين المجرَّات في العنقود مليءٌ بالغاز السَّاخن والمادة المظلمة، والتي تسهم بشكلٍ كبير في الكتلة الإجمالية للعنقود. تمثِّل عناقيد المجرَّات بعضًا من أكبر الهياكل المعروفة في الكون وتلعب دورًا حاسمًا في تكوين وتطوُّر المجرَّات والهياكل الكونية. تنمو العناقيد مع مرور الوقت من خلال الاستحواذ المستمر على المجرَّات والمواد الأخرى. يُعتقد أنَّ عناقيد المجرَّات قد تشكَّلت من أكبر التذبذبات في كثافة الكون بعد الانفجار العظيم.



تصنيف هابل للمجرات والذي يسمى مخطط الشوكة الرنانة.

Credit: NASA & ESA

المجرَّات داخل العناقيد ليست ثابتةً، بل تتفاعل مع بعضها بطرق مختلفة:

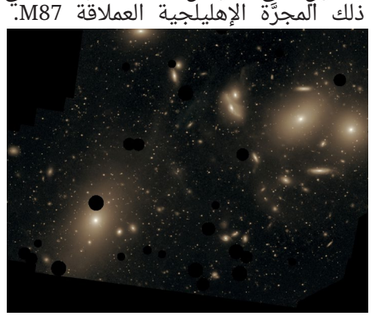
اندماجات المجرَّات: يمكن أن تؤدي اللِّقاءات القريبة بين المجرَّات داخل العناقيد إلى اندماجات، حيث تندمج مجرَّتان أو أكثر لتكوين مجرَّةٍ أكبر. يمكن أن يحوِّل هذا الاندماج المجرَّات الحلزونية إلى مجرَّاتٍ إهليلجية.

القوى المدية: يمكن أن تُشوِّه القوى الجاذبية القوية داخل العنقود المجرَّات، وتُجرِّدها من الغاز والنُّجوم، ممَّا يؤثر على أشكالها وتطوُّرها.

ضغط التدفق: بينما تتحرَّك المجرَّات عبر الغاز السَّاخن داخل العنقود، يمكن أن يؤدي الضَّغط إلى تجريد المجرَّة من غازها، ممَّا يوقف تكوين النجوم.

أمثلة على عناقيد المجرات:

عنقود العذراء (Virgo Cluster): واحدٌ من أقرب العناقيد الغنيَّة إلى الأرض، يحتوي على أكثر من 1000 مجرَّة، بما في ذلك المجرَّة الإهليلجية العملاقة M87.



عنقود العذراء

عنقود كوما (Coma Cluster): عنقود ضخم ومكتظٌّ يحتوي على آلاف المجرَّات، ويُعرف بتركيزه العالي من المجرَّات الإهليلجية.

عنقود كوما

عنقود الرَّصاصة (Bullet Cluster): معروفٌ بأنَّه دليلٌ رئيسي على وجود المادة المظلمة، حيث تمَّ فصل المادة المرئية والمادة المظلمة في العنقود نتيجة اصطدامٍ بين عنقودين صغيرين.

عنقود الرصاصة

التفاعلات والاندماجات: تشكيل المجرَّات عبر الزمن

المجرَّات ليست كائنات منعزلة، فهي غالبًا ما تتفاعل وتندمج مع مجرَّاتٍ أخرى، ممَّا يؤثر بشكل كبير على أشكالها وأحجامها وتطوُّرها. تؤدِّي هذه التَّفاعلات، التي تحرِّكها قوى الجاذبية، إلى تغييراتٍ هائلة في بنية المجرَّات، بما في ذلك تحفيز تكوين النُّجوم، وتشكيل أشكال جديدة، وأحيانًا اندماج مجرَّتين لتصبحا مجرَّةً واحدة. دراسة تفاعلات واندماجات المجرَّات هي مفتاحٌ لفهم كيفية تطوُّر المجرَّات عبر الزَّمن الكوني.

تفاعلات المجرَّات:

عندما تمرُّ المجرَّات بالقرب من بعضها البعض، تتفاعل مع بعضها بفعل قوى الجاذبية، ممَّا يسبِّب اضطرابات في أشكالها وديناميكيتها الدَّاخلية. يمكن أن تكون هذه التَّفاعلات خفيفة، مع تأثيراتٍ مديَّةٍ صغيرة، أو قويَّةٍ، تؤدي إلى تغييراتٍ كبيرةٍ في هياكل المجرَّات.

القوى المديَّة: عندما تقترب مجرَّتان من بعضهما البعض، تسحب قوى الجاذبية من إحدى المجرَّات النُّجوم والغاز والغبار من المجرَّة الأخرى. يؤدي هذا غالبًا إلى تكوين ذيولٍ مديَّةٍ أي تدفقات طويلة من النُّجوم والغاز تُسحب بعيدًا عن المجرَّات، وتخلق جسورًا أو أقواسًا من المواد بينهما.

تحفيز تكوين النُّجوم: يمكن أن تصطدم سحب الغاز داخل المجرَّات أثناء تفاعلاتها، ممَّا يؤدي إلى ضغطها وتحفيز تكوين النُّجوم بشكلٍ مكثَّف، وهو ما يُعرف بالانفجارات النَّجميَّة. يمكن لهذه الانفجارات النَّجمية أن تجعل المجرَّات أكثر إشعاعًا في أطوالٍ موجيةٍ مختلفةٍ مثل الأشعَّة تحت الحمراء أو فوق البنفسجيَّة.

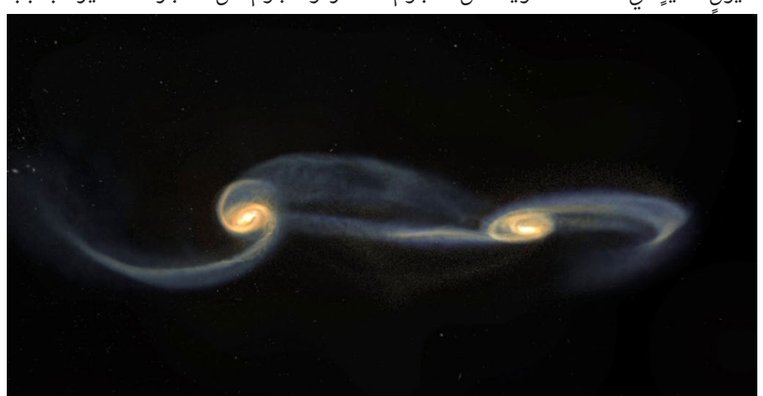
مضايقة المجرَّات: في بيئاتٍ كثيفةٍ مثل عناقيد المجرَّات، يمكن أن تتعرَّض المجرَّات الأصغر لـ«مضايقة» بفعل قوى الجاذبية النَّاتجة عن المجرَّات الأكبر أو الحقل الجاذبي للعنقود. يمكن أن يؤدِّي هذا إلى تجريد المجرَّات الصَّغيرة من الغاز والنُّجوم، ممَّا يؤثر على هيكلها ويحدُّ من تكوين النُّجوم.

اندماجات المجرات:

يحدث اندماج المجرَّات عندما تصطدم مجرَّتان أو أكثر وتندمجان في النِّهاية لتكوين مجرَّةٍ واحدةٍ أكبر. تُعَدّ الاندماجات أحداثًا دراميةً تستغرق مئات الملايين من السّنين لإكمالها، ويمكنها أن تعيد تشكيل المجرَّات بشكلٍ كبيرٍ.

الاندماجات الكبيرة: تحدث عندما تصطدم مجرَّتان متساويتان في الحجم تقريبًا. يمكن أن تؤدِّي الاندماجات الكبيرة إلى تدمير الهيكل الحلزوني للمجرَّات، وتحويلها إلى مجرَّاتٍ إهليلجيَّة. خلال هذه العملية، يتمُّ قذف النُّجوم من كلا المجرَّتين في مداراتٍ عشوائيَّةٍ، ممَّا يؤدي إلى الشَّكل الكروي الأكثر شيوعًا في المجرَّات الإهليلجية.

الاندماجات الصَّغيرة: تحدث عندما تندمج مجرَّةٌ كبيرةٌ مع مجرَّةٍ أصغر بكثير. تُعرف هذه العملية بالتهام المجرَّات، حيث يُمتَصُّ الغاز والنُّجوم من المجرَّة الصَّغيرة بسبب



كيف تتشكَّل المجرَّات

دور المادة المظلمة والجاذبية

بقلم د . عمر نمول

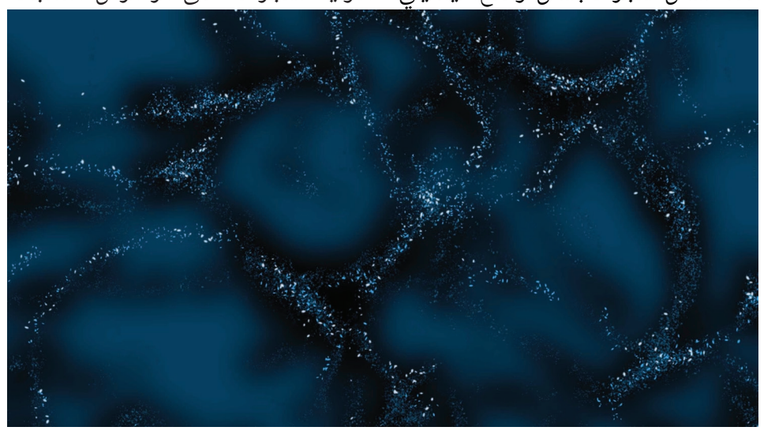
باحث في الفيزياء النظرية بوحدة البحث في الوساطة العلمية

في الكون الواسع والممتد، تُشكّل المجرّات لغزًا قديمًا لا يزال يثير اهتمام العلماء وعشّاق الفلك على حدٍّ سواء. المجرّات وهي تجمُّعاتٌ ضخمة من النُّجوم والغاز والغبار تتشكّل في المقام الأوّل عن طريق الأيدي الخفية للمادة المظلمة والجاذبية الهائلة. تشكّل المادة المظلمة (وهي مادة مراوغة لا ينبعث منها الضّوء أو الطّاقة) وفقًا لأحدث النظريات العلمية الهيكل الخفي الذي تتكوّن حوله المجرّات، حيث تمارس قوّة جذب على المادة العادية القريبة، فتجذب الغاز والغبار لتشكيل نواة المجرّة. إنّ فهم تكوين المجرّات أمرٌ بالغ الأهمية لكشف تاريخ كوننا، فهو يسدُّ الفجوة بين الانفجار العظيم والمناظر الطبيعية الكونية التي نلاحظها اليوم. فكلُّ اكتشاف جديد في هذا المجال يجيب عن أسئلةٍ قديمة ويضيف إلى معرفتنا بالقوى الأساسية التي تحكم الكون. من خلال استخدام التِّلسكوبات والمحاكاة الحاسوبية المتقدِّمة، يواصل علماء الفلك سبر أغوار الكون المظلم، لتقريبنا من فهم قصة تشكّل المجرّات بشكل أوضح. فيما يلي نظرة تفصيلية على كيفية تشكُّل المجرّات، والتّكوين المحدد للأذرع الحلزونية.

كيف تتشكَّل المجرَّات؟

بعد الانفجار العظيم، كان الكون مليئًا بغاز متجانس تقريبًا يتألّف أساسًا من الهيدّروجين والهيليوم. لكن تقلُّباتٌ صغيرة في كثافة هذا الغاز أدّت إلى وجود مناطق عالية الكثافة دون غيرها، ومع مرور الزّمن بدأت تلك المناطق الكثيفة بالإنهيار تحت تأثير جاذبيتها الخاصّة، جاذبةً المزيد من الغاز والمادة المحيطة بها. هذه العملية تضخّم تلك التقلّبات الأولية وتؤدّي في النهاية إلى تكوين هياكل أكبر مثل النّجوم والمجرّات والعناقيد المجرية.

لعبت المادة المظلمة دورًا حاسمًا في هذه العملية، إذ يُعتقد أنّها كانت أوّل ما تجمّع مشكّلةً «آبار جاذبية» جذبت المادة العادية (الغاز والغبار) نحوها، لتكوّن بذلك النواة الأولية للمجرّات. على مرّ الزّمن اندمجت العديد من المجرّات البدائية الصّغيرة تحت تأثير الجاذبية، وهو ما يُعرف بالاندماج الهرمي، وهو عملية أساسية في تكوين المجرّات التي نراها حاليًا.



توزع المجرات في هياكل تحيط بها هالات المادة المظلمة

في النّهاية، تعيش معظم المجرّات داخل هياكل كبيرة تُعرف بـ «هالات المادة المظلمة»، هذه الهالات غير مرئية للتِّلسكوبات لأنّها لا تبعث أيّ ضوءٍ أو تمتصُّه، لكنّها تلعب دورًا أساسيًّا في جذب الغاز والغبار من الفضاء بين المجرّات. هالة المادة المظلمة أكبر حجمًا وأكثر كتلةً من المكوّنات المرئية للمجرّة، وهي القوّة المحرّكة وراء تشكّل المجرّات وتطوّرها.

دوران المجرَّات وتشكّل الأذرع الحلزونية

يُعدُّ دوران المجرّات وتكوين الأذرع الحلزونية من الظّواهر المدهشة الّتي تلعب دورًا مهمًّا في تطوُّر المجرّات. تتأثّر هذه العمليات بشكلٍ كبيرٍ بتفاعل المادة المظلمة مع المادة العاديةً تحتً تأثير الجاذبية. إليك نظرةً تفصيليةً حول كيفية حدوث هذه الظّواهر:

كيف تدور المجرَّات حول نفسها؟

عندما تتشكّل المجرّات، تتسبَّب جاذبية هالة المادة المظلمة في جذب الغاز والغبار نحو مركز المجرّة. نتيجةً للحفاظ على الزّخم الزّاوي (الحركة الدورانية للمادة)، تبدأ هذه المواد المتساقطة في الدوران، حيث أنَّ المادة المنهارة غالبًا ما تمتلك دورانًا ذاتيًا. بمرور الوقت، يزداد معدّل دوران المجرّة مع انكماش حجمها، تمامًا مثلما يدور المتزلج على الجليد بشكلٍ أسرع عند سحب ذراعيه نحو جسمه. هذا الدّوران السّريع هو ما يؤدّي في النهاية إلى تكوّن القرص المسطّح

المادة المظلمة:

الاندماجات لا تتعلّق فقط بالنُّجوم والغاز المرئي، المادة المظلمة الّتي تشكّل غالبية كتلة المجرّة، تلعب أيضًا دورًا رئيسيًا. يمكن أن تندمج هالات المادة المظلمة المحيطة بالمجرّات، ممّا يساعد في ربط المجرّة الجديدة بعد الاصطدام. تؤثّر المادة المظلمة بشكلٍ كبير على ديناميكيات الاندماجات وعلىً الهيكل النّهائي للمجرّة النّاتجة.

أمثلةٌ على المجرّات المتفاعلة والمندمجة:

مجرّات الهوائيات (The Antennae Galaxies): مثالٌ شهيدٌ لمجرّتين حلزونيتين في عملية اندماج. أدّى التفاعل إلى إنتاج ذيول مدية دراماتيكية وتحفيز انفجار نجمٍ هائل، ممّا جعلها واحدةً من أكثر الأمثلة المدروسة لتفاعلات المجرّات.

مجرّة الدوامة (The Whirlpool Galaxy - M51): مثالٌ على مجرّةٍ حلزونيّةٍ تتفاعل مع مجرّة مرافقٍ أصغر. أدّى التفاعل الجاذبي إلى تعزيز الهيكل الحلزوني لمجرّة الدوّامة، ممّا أدّى إلى ظهور تكوين النُّجوم في أذرعها الحلزونية.

مجرات الهوائيات

درب التبّانة وأندروميدا (Andromeda and Milky Way): مجرّتنا درب التبّانة في مسارٍ تصادمي مع مجرّة أندروميدا. في حوالي 4.5 مليار سنة، ستتصادم المجرّتان وتندمجان في النهاية لتكوين مجرّةٍ إهليلجيةٍ كبيرة غالبًا ما يشار إليها بميلكومیدا.

الدوّار الّذي نراه في المجرّات الحلزونية.

كيف تتشكّل الأذرع الحلزونية؟

الأذرع الحلزونية، مثل تلك الموجودة في مجرّتنا درب التبانة، ليست مجرّد مشهدٍ جميل في السّماء، بل تلعب دورًا مهمًّا في حياة المجرّة، ورغم أنّ بعض المجرّات لا تحتوي على أذرعٍ حلزونيةٍ، فإنّها توجد بشكلٍ رئيسي في المجرّات القرصية.
واحدةٌ من النظريات الرّائدة التي تفسر تشكّل الأذرع الحلزونية هي نظرية موجات الكثافة، هذه النظرية تفترض أنّ الأذرع الحلزونية ليست تجمُّعًا ثابتًا من النّجوم، بل هي مناطق في القرص المجرّي حيث تزداد الكثافة، مثل الاختناقات المرورية على الطّريق السريع. عندما يتحرّك الغاز عبر هذه المناطق عالية الكثافة، يتمّ ضغطه، ممّا يؤدي إلى تكوين نجومٍ جديدةٍ، وهذه النّجوم الفتية والسّاطعة تجعل الأذرع الحلزونية مرئيةً من مسافاتٍ بعيدة.
هناك نظريةٌ أخرى تشير إلى أنّ تكوّن النّجوم الجديدة في الأذرع الحلزونية يمكن أن يثير تكوين المزيد من النّجوم. على سبيل المثال؛ عندما تموت النّجوم الضّخمة في انفجارات السوبرنوفا، تضغط هذه الانفجارات على الغاز القريب، ممّا يؤدّي إلى تكوين موجةٍ جديدةٍ من النّجوم في تفاعلٍ متسلسل.

تطوّر الأذرع وتأثير الجاذبية

يتأثّر شكل واستمرارية الأذرع الحلزونية بعدّة عوامل، منها منحنى دوران المجرّة وتوزيع الكتلة الكلية للمجرّة (بما في ذلك المادة المظلمة). كما أنّ التّفاعلات بين المجرّات المجاورة يمكن أن تؤثّر على هذه الأذرع؛ فعندما تتفاعل المجرّات من خلال الجاذبية، قد تحدث تغييرات كبيرة في بنيتها ومعدّلات تكوّن النجوم.
هذا التفاعل المعقّد بين المادة المظلمة والمادة العادية، والّذي تسيطر عليه قوانين الجاذبية، لا يحدّد فقط الشّكل الأوّلي للمجرّات، بل أيضًا يحدّد كيفية تطوّرها على مرّ الزّمن. هذه العمليات تشكّل جوهر فهمنا للكون، وتكشف لنا عن دورة حياة المجرّات وكيفية تشكّلها وتطوّرها في نسيج الكون.

تغيّر أشكال المجرّات

تتأثّر أشكال المجرّات وتطوُّرها بعواملٍ متعدّدة، منها كيفية تكوينها والبيئة التي تتواجد فيها. هنا نستعرض كيف تغيّرت أشكال المجرّات منذ الكون المبكّر حتّى العصر الحالي:

المجرّات في الكون المبكر

معظم المجرّات الّتي نشأت في الكون المبكّر كانت صغيرةً وغير منتظمةٍ في شكلها.

السّبب في ذلك يعود إلى أنّ الكون في بداياته كان أكثر اضطرابًا ولم يكن منظّمًا كما هو الآن. كانت تلك المجرّات عرضةً لقوى جاذبيةٍ شديدةٍ وكانت تكوّن النّجوم بمعدّلاتٍ مرتفعةٍ جدًّا، ممّا جعل بنيتها غير مستقرّةً وفوضوية. مع مرور الوقت توسّع الكون وبردت المادة وبدأت المجرّات في التطوُّر والنمو عبر عملياتٍ مثل التّراكم والاندماج. خلال هذه العمليات كانت المجرّات تتشوّه أكثر بسبب التّصادمات مع مجرّاتٍ أخرى. بعض هذه المجرّات تطوّرت لتصبح مجرّاتٍ حلزونية مستقرّة، لكنّ العديد منها اندمج مع مجرّاتٍ أخرى لتصبح مجرّات إهليلجية أكبر.

المجرّات في العصر الحالي

في الكون الحالي، نجد تنوّعًا أكبر في أنواع المجرّات، بما في ذلك المجرّات الحلزونية، الإهليلجية، وغير المنتظمة. يعتمد توزيع هذه الأنواع بشكلٍ كبيرٍ على البيئة المحيطة بها:

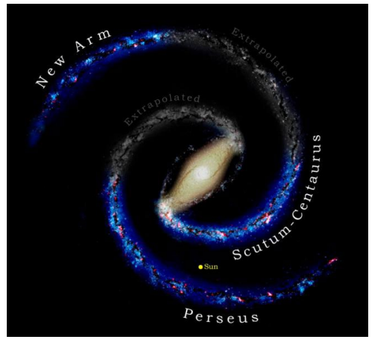
العناقيد الكثيفة: في المناطق الّتي توجد فيها عناقيد مجرّات كثيفة، تُهيمن المجرّات الإهليلجية. تتعرّض المجرّات في هذه العناقيد لتفاعلات واندماجات متكرّرة، ممّا يؤدّي إلى فقدان البنية الحلزونية وتشكّل مجرّاتٍ إهليلجية كبيرة.

المناطق الأقل كثافة: في المناطق الأقل كثافة، حيث تكون المجرّات متفرّقة وغير مرتبطة بعنقودٍ كبير، نجد المجرّات الحلزونية أكثر شيوعًا. تكون هذه البيئات أقلّ اضطرابًا، ممّا يسمح للمجرّات الحلزونية بالحفاظ على شكلها لفتراتٍ طويلة.

الاندماج وتحوّل شكل المجرّات من الحلزوني إلى الإهليلجي

حقل التلسكوب جيمس ويب العميق

المجرّات ليست كياناتٍ ثابتة؛ فعندما تقترب مجرّتان أو أكثر من بعضها البعض أو تصطدم، يمكن لقوى الجاذبية المتبادلة بينهما أن تحدث تشوّهاتٍ كبيرةٍ في

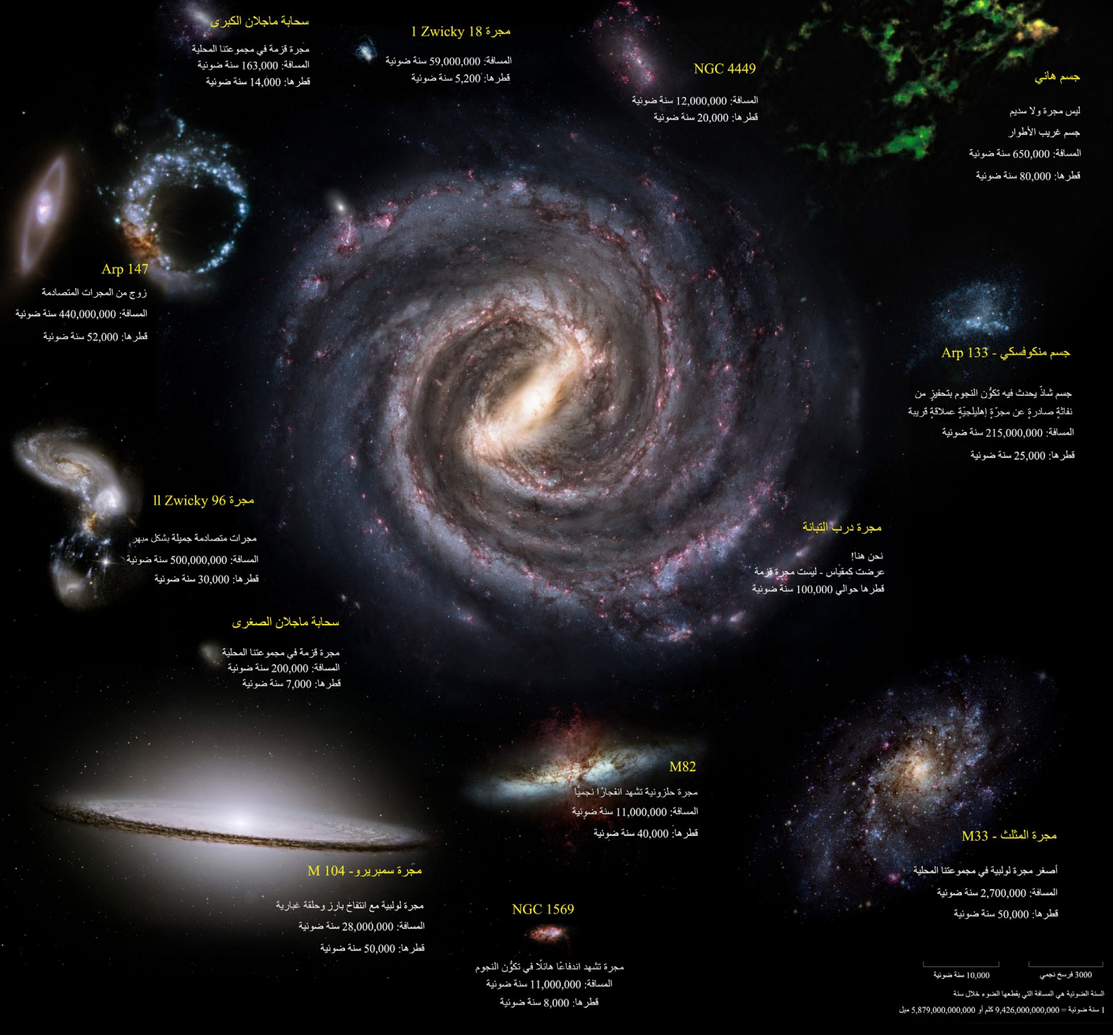


صورة توضح تركيبة مجرتنا وتشكل أذرع جديدة.

أشكالها وهياكلها. تلعب المادة المظلمة دورًا حاسمًا في هذه التفاعلات، فهي تسهم في إبقاء المجرّات متماسكةً أثناء اندماجها، كما تؤثّر على ديناميكيات الجاذبية التي تُحدّد نتيجة هذه الاصطدامات.
قد تكون هذه التفاعلات بين المجرّات طفيفة، ممّا يؤدي إلى تشوّهاتٍ بسيطة، أو قد تكون عنيفة، ممّا يؤدي إلى اندماجٍ كامل. أثناء اندماج المجرّات، غالبًا ما يؤدّي ضغط الغاز بين النّجوم إلى تشكّل نجومٍ جديدة، خصوصًا النّجوم الضّخمة التي تكون قصيرة العمر. بعد هذه الطّفرة في تشكّل النّجوم، قد يُستنفد الغاز المتبقي أو يتمّ طرده خارج المجرّة، ممّا يقلّل من إمكانية تكوين نجومٍ جديدة.
نتيجةً لهذا، قد تستقرّ المجرّة النّاتجة في شكلٍ إهليلجي أكثر استقرارًا وأقلّ نشاطًا في تكوين النّجوم. خلال عملية الاندماج، يُعطّل الدوران المنتظم الذي يميز المجرات الحلزونية، ويمكن لقوى المدّ والجزر الناتجة عن التفاعل أن تُزيل الأذرع الحلزونية أو تعيد ترتيب النجوم في اتجاهاتٍ عشوائية. في النهاية، يمكن أن تتحوّل المجرة إلى شكلٍ إهليلجي، حيث تكون النجوم ذات مداراتٍ أكثر عشوائية، ما يمنح المجرة مظهرًا أكثر استدارة وانتشارًا.
المجرّات الإهليلجية النّاتجة عن هذه الاندماجات تكون أكثر كرويةً أو بيضاوية في الشّكل، وتحتوي عادةً على نجومٍ أكبر سنًّا وغازًا أقل مقارنةً بالمجرّات الحلزونية. هذا الانخفاض في الغاز يعني أنّ تكوين النّجوم يكون أقلّ نشاطًا، ما يجعل هذه المجرّات أقلّ نشاطًا مقارنةً بالمجرّات الحلزونية.
إنّ هذه الاندماجات هي الّتي تؤدّي في الغالب إلى تحوّل المجرّات الحلزونية، ذات الأذرع المسطّحة والدوّارة، إلى مجرّاتٍ إهليلجية أكثر استقرارًا. أثناء الاندماج تتداخل القوى الجاذبية مع الحركة المنظّمة للنّجوم، الغاز، والغبار، ممّا يؤدّي إلى تشكّل مجرّةٍ إهليلجيةٍ ذات مظهرٍ موحّدٍ وأكثر تجانسًا. تلعب المادة المظلمة دورًا مهمًّا في كيفية تحوّل المجرّة بعد الاندماج، فهي تؤثّر على الطّريقة الّتي تحتفظ بها المجرّة ببنيتها أو تتغيّر إلى شكلٍ إهليلجي.

عالم المجرات

مقارنة مقاساتها بالنسبة لمجرتنا



عن الصورة

تم تجميع هذه الصورة بواسطة ريس تايلور باستخدام صور المجال العام من ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية. تم في العديد من الحالات معالجة الصور لإزالة النجوم المزعجة في المقدمة، لذا قد تحتوي على بعض الشوائب. قياسات الحجم والمسافة قد تحتوي على نسبة كبيرة من عدم الدقة

www.rhysy.net

درب التبّانة الجديد

بعد عقدين من اكتشافات مذهلة

بقلم د . جمال ميموني

وحدة البحث في الوساطة العلمية

درب التبّانة -موطننا الكوني- هو أكثر من مجرّدِ شريط ضوئي خافت في السماء الليلية. لقد أسرت هذه المجرّة الفلكيين وعامّة النّاس على حدٍّ سواء لعدّة قرون، حيث تُقدِّم لمحات عن الكون الشاسع الذي يتجاوزها. كنّا نظنّ أننا نعرفها جيّدًا كمجرّة عادية تحتوي على ضلع مثل مليارات المجرّات الأخرى، ولكن الاكتشافات في العقدين الماضيين كشفت عن أسرار أعادت تشكيل فهمنا لهذه البنية الهائلة، وكشفت عن مجرّة في تغيُّر مستمرٍّ. من اكتشاف القرص السَّميكِ بدلًا من البنية التقليدية للقرص الرَّقيق، إلى معاينة الثقوب السوداء ذات الكتلة المتوسِّطة التي تلعب دورًا مهمًّا في تشكيلها، وإلى فهم دور المجرات القزمة المحيطة بها والتي تجعل درب التبّانة ما زالت تنمو بعد مرور 13.6 مليار سنة على وجودها (8.5 مليار سنة منذ تكوين قرصها). وأخيرًا، حقيقة أنها تتّجه نحو مصيرها الحتمي وهو التصادم مع مجرّة أندروميدا المجاورة

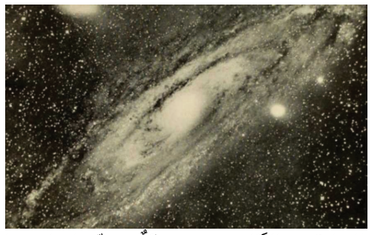
هيكلة مجرّة درب التبانة اكتشاف مجرتنا

لم يكن مفهوم درب التبّانة كواحدةٍ من بين عددٍ لا يُحصى من المجرات معروفًا دائمًا. فقد لاحظت الحضارات القديمة درب التبّانة كشريطٍ مضيءٍ يقطع كبد السَّماء، ونُسبت إليه مُختلف الأساطير والقصص. ولكن لم يتّضح أنَّ هذا الشّريط من الضّوء يتكوَّن من عددٍ لا يحصى من نقاطٍ فردية -نعرف اليوم أنّها نجوم- حتّى أوائل القرن السّابع عشر عندما وجّه غاليليو غاليلي منظاره صوب شريط درب التبّانة.

ظهرت فكرة أنَّ درب التبّانة هي مجرَّد واحدة من العديد من المجرّات تدريجيًا خلال أوائل القرن العشرين، ممّا أدّى إلى ما يُعرف الآن بـ «الجدل الكبير» (The Great Debate). كانت هذه المناظرة في عام 1920 بين هارلو شابلي (H.Shapley) وهابر كورتيس (H.Curtiss)، حيث تمحورت حول طبيعة ما يُسمى بـ «السُدم الحلزونية». جادل شابلي بأنّ هذه السُدم هي جزء من درب التبّانة، بينما أكّد كورتيس أنّها مجرّات منفصلة، أو «عوالم جزيرية»، بعيدة عن مجرّتنا.

تمّت تسوية الجدل أخيرًا بفضل إدوين هابل، الذي استخدم تلسكوب مرصد جبل ويلسون العملاق، ورصد نجوما من نوع القيفاويات المتغيِّرة في سديم (قبل أن تسمى مجرّة) أندروميدا. من خلال تطبيق العلاقة بين الفترة واللمعان التي اكتشفتها هنريتا ليفيت (H.Leavitt)، لتمكّن هابل من حساب المسافة إلى أندروميدا، ممّا أثبت أنّها بعيدة جدًّا من أن تكون جزءًا من درب

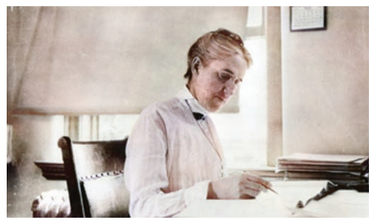
تمثيل فنّي لمجرّتنا درب التبانة. إنّها مجرة حلزونية ذات قضيب مركزي. تُعدّ شمسنا واحدة من النقاط الصغيرة من بين الملايير من النقاط المتشابهة وهي تقع بالقرب من ذراع جزئي صغير يُسمى ذراع الجبار الواقع بين ذراعي القوس وبرشاوس.



التبّانة، وبالتّالي هي مجرّةٌ بحدِّ ذاتها. هذا الاكتشاف الرّائد لم يَحسم الجدل الكبير فقط، بل وسّع أيضًا فهمنا للكون، مؤكّدًا أنّ درب التبّانة هي مجرّد واحدةٍ من مليارات المجرّات.

النظرة التقليدية: القرص الرقيق واستقرار الأذرع الحلزونية

مع معرفة أنَّ مجرّة درب التبّانة هي مجرّةٌ من بين العديد من المجرات، بدأ الفلكيون في التحقق من شكلها. لقد تمَّ وصف مجرّة درب التبّانة لفترةٍ طويلةٍ على أنّها مجرّة حلزونية ذات ضلٍ، مع انتفاخ مركزي محاط بقرصٍ رقيقٍ يحتوي على نجومٍ وغاز وغبار. خارج هذا القرص، توجد هالةٌ من النّجوم القديمة والعناقيد الكروية. لعقودٍ من الزّمن، كان هذا النموذج هو الأساس لفهمنا. كان القرص الرّقيق، حيث تتواجد معظم نجوم المجرة -ومنها الشمس- يُعتقد أنّه الشّكل الأساسي لدرب التبّانة، مكمّلًا بانتفاخٍ مركزي يعجُّ بالنّجوم القديمة.



هنريتا ليفيت، الفلكية التي اكتشفت قانون النبضات الخاص بالنجوم القيفاوية Cepheids الذي كان أساسيا في الوصول إلى التصور متعدد المجرات للكون.

ومع ذلك، فإنَّ فهم استقرار وهيكلة الأذرع الحلزونية لدرب التبّانة كان يمثّل تحديًا كبيرًا. قدّم الفلكي السويدي بيرتل ليندبلاد (B.Lindblad) مساهمةً حاسمةً في هذا المجال من خلال تقديم نظريّةٍ (Density wave theory) تشرح استقرار الأذرع الحلزونية. وفقًا لليندبلاد، فإنّ الأذرع الحلزونية ليست هياكل صلبة، بل هي مناطق ذات كثافةٍ أعلى داخل قرص المجرّة، حيث تتجمّع النّجوم والغاز بصفةٍ مؤقتةٍ. تساعد هذه النظرية في تفسير كيفية استمرار الأنماط الحلزونية بمرور الوقت على الرغم من الدوران التفاضلي للمجرة، حيث تدور النجوم الأقرب إلى المركز بشكلٍ أسرع من تلك الأبعد. فكان من المفروضِ حسب التصوُّر التقليدي أن تتشابك وتختلط الأذرع كليًا بعد بضعة دورات وهو الأمر الذي لا نلاحظه. أمّا حسب نظرية ليندبلاد، تمرُّ عبر القرص موجةٌ ضغطية تنشّط المادة البينية منتجةً نجومًا لامعةً والتي لن تدوم طويلًا مشكّلةً ذراعًا مضيئًا مقارنةً بالمناطق المجاورة له التي مرّت بها الموجة سابقًا أو التي لم تصل إليها بعد.

بيرتل ليندبلاد، فلكي سويدي وصاحب نظرية موجة الكثافة التي تشرح استقرار الأذرع الحلزونية.

نظرية القرص السميك لجيري جيلمور

في الثمانينيات، اقترح الفلكي جيري جيلمور(G.Gilmore) وزملاؤه إضافةً رائدةً لهذا النموذج: القرص السميك (Thick Disk theory). على عكس القرص الرَّقيق الّذي يبلغ سمكه حوالي 1000 سنة ضوئية، يمتدُّ القرص السَّميك إلى حوالي 3000 سنة ضوئية. يحتوي هذا القرص على نجومٍ أقدم، وذات وفرات مختلفة للعناصر، وتتحرَّك بسرعاتٍ مختلفة عن تلك الموجودة في القرص الرَّقيق. أضاف اكتشاف القرص السَّميك طبقةً جديدةً من التَّعقيد إلى فهمنا لهياكل مجرَّة درب التبانة. إنَّه يقترح أنَّ مجرَّتنا قد شهدت أحداثًا كبيرة، ربَّما اندماجات مع مجرَّاتٍ أصغر، أثرت في تكوينها وتطوّرها.

كما أشارت نظرية القرص السَّميك إلى ماضٍ أكثر اضطرابًا لدرب التبَّانة. فالنُّجوم في هذا القرص ليست فقط أقدم بل تتميَّز كيميائيًا، ممَّا يشير إلى أنَّها تشكَّلت في بيئات مختلفة أو في ظلِّ ظروفٍ مختلفةٍ عن تلك الموجودة في القرص الرَّقيق. أدَّى هذا الاكتشاف إلى تحقيقاتٍ إضافيةٍ في تاريخ مجرَّتنا، ممَّا كشف عن بنيةٍ ديناميكيةٍ ومتغيِّرةٍ باستمرار.

تطوُّر المجرة: الاندماجات والنمو

اندماج المجرات الصغيرة

إنَّ مجرَّة درب التبَّانة ليست كيانًا ثابتًا؛ فهي تتطوَّر باستمرار. يُعتبر اندماج المجرَّات الصَّغيرة أحد أهمّ العوامل الّتي تُحرّك هذا التطوّر. هذه الاندماجات ليست مجرّد نظريات، بل هي عملياتٌ قابلةٌ للملاحظة ومتواصلة تضيف الكتلة والنُّجوم إلى درب التبَّانة، وتعيد تشكيل شكلها في هذه العملية.

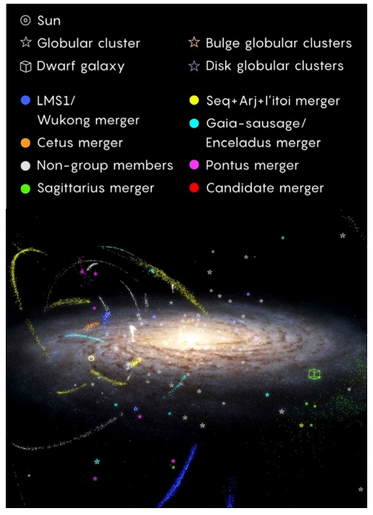
التاريخ المبكر لمجرَّة درب التبَّانة

اكتشافات مهمة «غايا» Gaia ألقت الضّوء على المجرَّات الصَّغيرة الّتي ساهمت في تكوين مجرَّتنا، ممَّا كشفَ عن نوعٍ من «شجرة العائلة» لها. واحدةٌ من أهمّ الاكتشافات كانت الاندماج المبكر الّذي حدث قبل حوالي 10 مليارات سنة بين مجرَّتنا ومجرَّةٍ أخرى تُعرف الآن باسم «غايا -سوسيج -إنسيلادوس» Gaia-Sausage-Enceladus، والّذي لعب دورًا محوريًا في تشكيل بنية مجرَّة درب التبَّانة وتطوّرها. هذا الاكتشاف قدّم رؤى حاسمةً حول تاريخ مجرَّة درب التبَّانة. تتصرَّف النُّجوم الـ 30.000 الّتي كشفت عن هذا الاندماج بشكل مختلف عن معظم النُّجوم الأخرى، حيثُ تتحرَّك بنمطٍ فريد «دخول وخروج» بدلًا من اتّباع المسار الدوراني التقليدي.

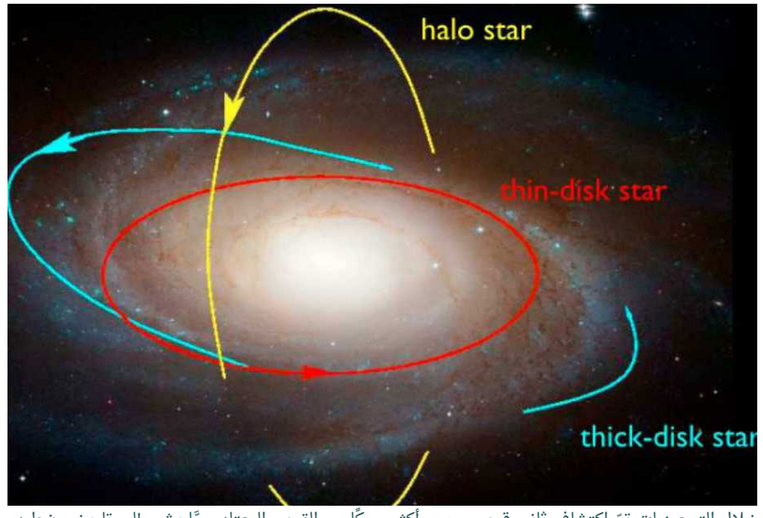
حدث اندماجٌ آخر، يُعرف باسم «أرجونا/ سيكويا/ إيتوي Arjuna/ Sequoia/ I'itoi»، تمَّ اكتشافه بواسطة Gaia ويُرجَّح أنَّه حدث في نفس الفترة الزمنية لاندماج Gaia -Sausage -Enceladus. يُعتقد أنَّ هذا الحدث ساهم في ملء هالة مجرَّة درب التبَّانة الفتية بنجومٍ وعناقيد كروية قديمة وسريعة الحركة، وجميعها تُظهر حركة غير معتادة وتدور في الاتّجاه المعاكس لاتّجاه التفاف دوَّامة المجرة. هناك تكهّنات بأنَّ Arjuna/ Sequoia/ I'itoi و Gaia -Sausage -Enceladus- قد كانتا مجرَّتين رفيقتين، وربَّما حتَّى زوجًا ثنائيًا، قبل أن يتمَّ امتصاصهما من طرف مجرَّة درب التبَّانة.

تيَّار القوس

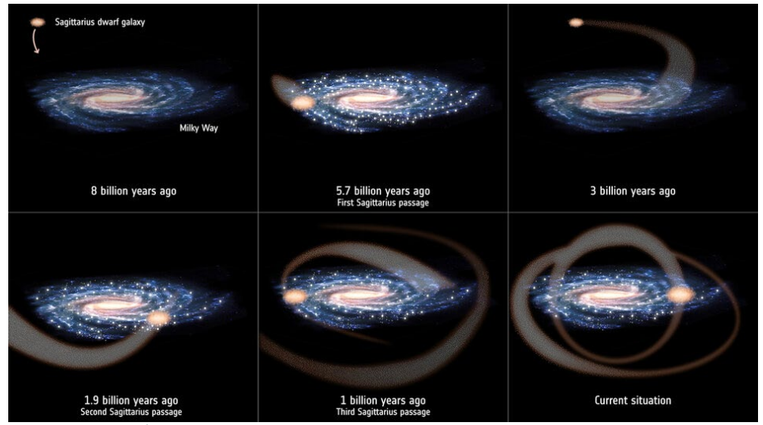
مثالٌ بارزٌ على ذلك هو تيَّار القوس. هذا التيَّار النجمي هو بقايا مجرَّةٍ قزمة -مجرَّة القوس القزمة الكروية- الّتي يتمُّ تمزيقها وامتصاصها حاليًا من طرف مجرَّتنا. بينما تدور مجرَّة القوس حول درب التبَّانة، يتمُّ نزع نجومها، مكوِّنةً تيَّارًا طويلًا يلتفُّ حول مجرَّتنا. هذه العملية ليست مجرَّد دليلٍ على قوَّة جاذبية درب التبَّانة، بل هي أيضًا مُؤشِّرٌ واضحٌ على أنّ مجرَّتنا لا تزال تنمو عن طريق ابتلاع جيرانها الصِّغار. يقدِّم تيَّار القوس دليلًا ملموسًا على أنَّ تطوُّر درب التبَّانة لم يكتمل بعد. والجدير بالذِّكر أنَّه حاليًا يقدَّر عدد المجرَّات القزمية حول مجرَّتنا بحوالي 61 مجرة. ولكن هذا العدد مرشّحٌ أن يزداد مع التّلسكوب الفضائي JWST.



تيارات نجمية مختلفة ناجمة عن اصطدامات مجرات قديمة مع مجرتنا والتي قد تسمح بضبط تاريخ مجرتنا من يوم تكوينها.



خلال التسعينيات تمّ اكتشاف ثاني قرص مجري أكثر سمكًا من القرص المعتاد، ممَّا يشير إلى تاريخ مضطرب لمجرتنا نتج عن اندماجات. يمتدّ القرص الرقيق حوالي 1000 سنة ضوئية فوق وتحت مستوى المجرة، وهو المسؤول عن حوالي 90% من ضوء المجرة، بينما القرص السَّميك أكثر سمكًا بحوالي 3.5 مرات.



المجرة الحلزونية M 104، والمعروفة باسم «القبعة المكسيكية» في كوكبة العذراء، تظهر كلًا من حزام غبار بارز وقرصًا مشوهًا مشابهًا -ولكن أكثر امتدادًا- للقرص الموجود في مجرّتنا.

إنَّ هذا الافتراس المجري المستمر له تأثيراتٌ أوسع على فهمنا لماضي ومستقبل درب التبَّانة. لقد كان امتصاص المجرَّات الصَّغيرة مثل القوس، عملية متكرِّرة على الأرجح طوال تاريخ درب التبَّانة، ممَّا ساهم في تغيير كتلتها وشكلها. تترك هذه الاندماجات أيضًا خلفها مجموعات نجمية يمكن تتبّعها، ممَّا يوفر أدلةً على تكوين ونمو مجرَّتنا.

الشَّريط المظلم الكبير لمجرَّتنا

اكتشف العلماء في عام 2015 شريطًا من الغبار لم يكن معروفًا من قبل يمتدُّ عبر مجرَّة درب التبَّانة، يقع بين الشمس والانتفاخ المركزي للمجرَّة. أطلق علماء الفلك الّذين أعلنوا عنه اسم «الطَّريق المظلم العظيم» على هذا الشريط المغبر، الّذي يلتفُّ أمام انتفاخ المجرَّة. ويمتدُّ الطَّريق المظلم العظيم حوالي 20 درجة عبر السَّماء، ويشمل مناطق فوق وأسفل مستوى المجرَّة. وعلى الرغم من أنّ الفريق لا يزال يعمل على تحديد المسافة الدقيقة، إلَّا أنَّه يقع على بعد حوالي 15,000 سنة ضوئية من النِّظام الشمسي، كما أشاروا إلى أنَّ هذا الشريط يقع خارج الانتفاخ وليس داخله.

القرص الملتوي لمجرَّة درب التبَّانة

منذ خمسينيات القرن الماضي، كان من المعروف أنَّ قرص مجرَّتنا مُشوَّهٌ وغير منتظم. أظهرت بيانات Gaia أنَّ اصطدامات متكرِّرة مع مجرَّةٍ أصغر، على الأرجح مجرَّة القوس القزمة، قد اخترقت قرص مجرَّة درب التبَّانة ثلاث مرَّات. كانت مجرَّة القوس تدور وتندمج مع مجرَّتنا لمدة تتراوح بين 4 و5 مليارات سنة، وهي تتفكَّك تدريجيًا. هذه الاصطدامات أنتجت تموُّجاتٍ عبر المجرَّة، ممَّا أدَّى إلى تشويهها وتحفيز دفعاتٍ من تكوين النُّجوم (star burst)، والّتي قد تكون حتَّى ساهمت في تكوين النِّظام الشمسي. يُظهر القرص بالفعل انحناءً واضحًا عند حوافه الخارجية، يُعزى إلى التفاعلات الجاذبية مع سحابتيْ ماجلان الكبرى والصغرى أثناء تحرّكهما عبر مادة المجرَّة المظلمة. يُنظر إلى هذا التشوّه على أنَّه موجةٌ تمَّ التقاطها عبر الزَّمن.

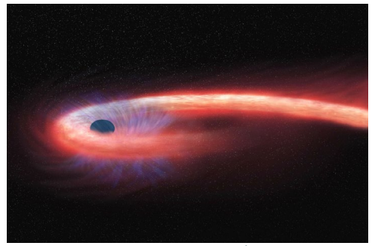
مجرة M104 الحلزونية، والمعروفة باسم «القبعة المكسيكية» في كوكبة العذراء، تظهر كلًا من حزام غبار بارز وقرصًا مشوهًا مشابهًا، ولكن أكثر امتدادًا، لقرص مجرتنا.

الثقوب السَّوداء: العمالقة المخفية

الثقوب السَّوداء ذات الكتلة المتوسِّطة

من بين الاكتشافات الأخيرة الأكثر إثارة في درب التبَّانة هو اكتشاف الثّقوب السَّوداء ذات الكتلة المتوسِّطة. هذه الثقوب السَّوداء، الّتي تكون أكبر من الثّقوب السَّوداء النجمية ولكن أصغر من الثّقوب السَّوداء فائقة الضَّخامة، كانت مفترضةً منذ فترةٍ طويلةٍ ولكن من الصعب اكتشافها. وفّرت التطورات الأخيرة في تقنيات المراقبة أخيرًا أدلَّةً على وجودها داخل مجرَّتنا.

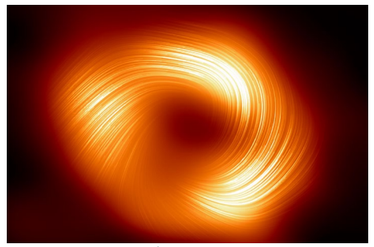
يمثِّل اكتشاف الثّقوب السّوداء ذات الكتلة المتوسِّطة أهميَّةً كبيرةً لفهمنا لتكوين ونموّ الثقوب السوداء. قد تمثّل هذه الأجسام حلقةً مفقودةً في سلسلة التطوُّر، ممَّا يوفر نظرةً ثاقبةً حول كيفية تكوين ونموّ الثقوب السّوداء فائقة الضَّخامة، مثل الثّقب الأسود الموجود في مركز مجرَّتنا، بمرور الوقت. كما أنَّ وجودها يشير إلى أنَّ درب التبَّانة قد تحتوي على العديد من الثّقوب السَّوداء أكثر ممَّا كان يُعتقد سابقًا، ممَّا يؤثّر على ديناميكا المناطق المحيطة بها.



صورة فنية لثقب أسود متوسط الكتلة يبتلع نجم.

الثّقب الأسود المركزي

بينما نتحدَّث عن الثقوب السوداء في درب التبانة، لا يمكننا تجاهل الثقب الأسود فائق الضخامة في مركزها -الرامي أ* (Sagittarius A*). بكتلةٍ تعادل حوالي 4 مليون كتلة الشمس، يُعتبر هذا الثقب الأسود هو مرساة الجاذبية لمجرَّتنا. يضيف اكتشاف الثّقوب السَّوداء ذات الكتلة المتوسِّطة طبقةً جديدةً من التَّعقيد لفهمنا لكيفية تكوين وتطوُّر مثل هذه الأجسام الضَّخمة. تظلّ دراسة هذه الثقوب السَّوداء محورًا رئيسيًا للبحث الفلكي، واعدًا بتقديم رؤى جديدة في العمليات الأساسية التي تشكّل المجرَّات.

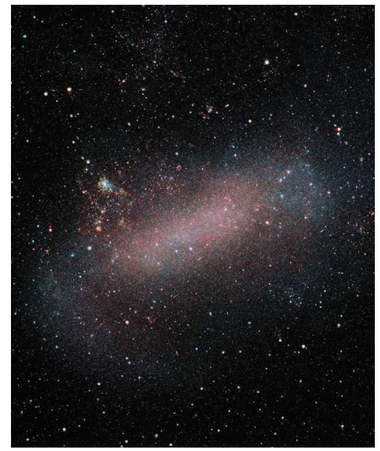


صورة الثقب الأسود «الرامي أ*» الموجود في مركز درب التبانة.

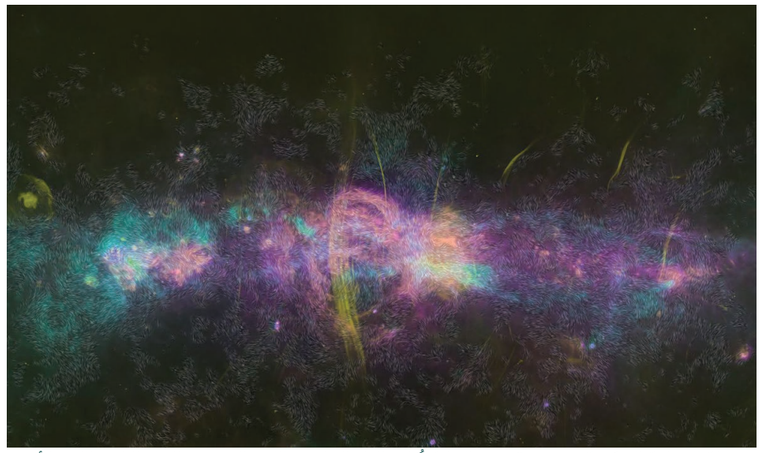
سحابة ماجلان الكبرى (LMC)

كتلة سحابة ماجلان الكبرى

اكتشافٌ كبيرٌ آخر غيَّر فهمنا لدرب التبَّانة هو إدراك الكتلة الكبيرة نسبيًا لسحابة ماجلان الكبرى (LMC). لطالما كانت LMC، وهي مجرَّة تابعةٌ لدرب التبَّانة، معروفةً بتفاعلها مع مجرَّتنا. ومع ذلك، أظهرت الدراسات الحديثة أنَّ كتلة LMC أكبر بكثير ممَّا كان يُعتقد سابقًا -حوالي عُشر كتلة درب التبَّانة-. هذا له تأثيراتٌ كبيرةٌ على فهمنا للديناميكا الجاذبية بين هاتين المجرَّتين.



سحابة ماجلان الكبرى تم تصويرها من بيانات الإصدار الثالث المبكر من مهمة «غايا» (Gaia EDR3).



خريطة للمنطقة المركزية من مجرة درب التبانة تُظهر الغاز الساخن باللون الوردي، والغبار البارد باللون الأزرق، والخيوط التي تصدر موجات الراديو باللون الأصفر. Villanova University/Paré

التفاعل المجري

إنَّ كتلة LMC الكبيرة تعني أنَّها تمارس قوَّةً جاذبيةً قويَّة على درب التبَّانة، ممَّا يؤثر على مدارات النُّجوم وحتَّى شكل هالة المادة المظلمة لمجرَّتنا. هذا التفاعل ليس مجرَّد فضول؛ إنَّ له عواقب حقيقيَّة على مستقبل درب التبَّانة. مع استمرار LMC في الدوران والتفاعل مع مجرَّتنا، قد تندمج في النهاية مع درب التبانة، ممَّا سيغيِّر حتمًا شكلها.
إنَّ التفاعل بين درب التبَّانة وLMC هو تذكيرٌ حيٌّ بأنَّ مجرَّتنا هي جزءٌ من نظام كوني أكبر، حيث تلعب القوى الجاذبية والتَّفاعلات المجرية أدوارًا حاسمةً في تشكيل الهياكل التي نراها.

المجال المغناطيسي لمجرتنا:

مشهدٌ متشابكٌ

في قلب مجرَّة درب التبَّانة توجد منطقةٌ تُسمَّى «المنطقة الجزيئية المركزية» Central Molecular Zone الَّتي تحتوي على ما يُقدَّر بنحو 60 مليون كتلة شمسيةٍ من الغبار، وهو المادة الأساسيةُ لتكوين النُّجوم والكواكب. هذا الغبار باردٌ للغاية، حيث لا تتجاوز حرارته بضع درجات فوق الصِّفر المطلق، وهي النُّقطة الَّتي تتوقَّف عندها الحركة الذرية تمامًا.
بالإضافة إلى هذا الغبار البارد، يحتوي مركز مجرَّتنا أيضًا على غاز ساخن تمَّ تأييده، أي تمَّ تجريد إلكتروناته. هذا الغاز يوجد في حالةٍ تُسمَّى البلازما. تتقاطع الحقول المغناطيسية في هذه المنطقة، ويمكن ملاحظة تأثيرها في الطَّريقة الَّتي تؤثِّر بها على كلٍّ من البلازما السَّاخنة والغبار البارد.

قام علماءٌ من جامعة فيلانوفا بإنشاء خريطةٍ مفصَّلةٍ لهذه المنطقة، توضِّح كيف يتماشى الغبار مع هذه الحقول المغناطيسية. من خلال دراسة الضَّوء المنبعث من الغبار باستخدام استقطابه للضَّوء، تمكَّنوا من كشف المجالات المغناطيسية في مركز مجرَّتنا ووجدوا أنَّها معقَّدةٌ للغاية، حيث يتغيَّر اتِّجاهها عبر أجزاءٍ مختلفةٍ من المنطقة. تساعدنا هذه الخريطة على فهم كيفية تكوين النُّجوم والكواكب في مجرَّتنا، كما توفِّر لنا أدلَّةً حول كيفية عمل عمليات مماثلةٍ في المجرَّات الأخرى. من خلال النَّظر في كيفية تفاعل الغبار والحقول المغناطيسية، يمكننا التعرُّف أكثر على دورة حياة المجرَّات وفي النِّهاية على أصل النُّجوم والكواكب.

مستقبل درب التبَّانة: الاصطدام مع مجرَّة أندروميدا

مصير درب التبَّانة: ميلكوميدا

ربَّما يكون الجانب الأكثر دراميةً في مستقبل درب التبَّانة هو اصطدامها في النِّهاية مع مجرَّة أندروميدا، والمتوقَّع حدوثه بعد حوالي 4.5 مليار سنة، وسيكون فصلًا كارثيًا ولكنَّه مثيرًا في حياة مجرَّتنا. حاليًا، تتَّجه درب التبَّانة وأندروميدا نحو اصطدامٍ محتَّم بسبب تجاذبهما الجاذبي المتبادل. عندما تصطدمان، ستندمج المجرَّتان لتكوين مجرَّةٍ جديدة وأكبر -يشار إليها أحيانًا باسم «ميلكوميدا»(Milkomeda).

الخطُّ الزَّمني -استنتاجات

لن يكون الاصطدام حدثًا لحظيًا بل عمليةً بطيئةً تستغرق ملايين السِّنين. خلال هذا الوقت، ستتوزَّع النُّجوم داخل كلتا المجرَّتين في مداراتٍ جديدة، ومن المحتمل أن تندمج الثقوب السَّوداء المركزية في درب التبَّانة وأندروميدا لتكوين ثقبٍ أسود أكبر. على الرُّغم من أنَّ النجوم الفرديَّة من غير المرجَّح أن تصطدم بسبب المسافات الشَّاسعة بينها، فإنَّ الغاز والغبار داخل المجرَّات سيتفاعلان، ممَّا يؤدِّي إلى موجاتٍ جديدة من تكوين النُّجوم.
يمثِّل المصير النهائي لدرب التبَّانة تذكيرًا بالتغيير المستمرِّ للكون. على الرغم من أنَّ الاصطدام مع أندروميدا سيقضي على مجرَّتنا كما نعرفها، إلَّا أنَّه سيؤدِّي أيضًا إلى ظهور هياكل جديدة.

لقد تغيَّر فهمنا لمجرَّة درب التبَّانة بشكل عميق على مدار العقدين الماضيين، منَ اكتشاف القرص السَّميك والاندماجات المستمرَّة مع المجرَّات الصَّغيرة إلى اكتشاف الثُّقوب السَّوداء ذات الكتلة المتوسِّطة والتفاعل مع LMC. ومع النَّظر إلى المستقبل، يمثِّل الاصطدام الوشيك مع أندروميدا تذكيرًا قويًا بأنَّ قصَّة مجرَّتنا لم تنته بعد. درب التبَّانة ليست مجرَّد خلفية لوجودنا؛ إنَّها كيانٌ حي، يتطوَّر باستمرار بطرق لا تزال تُدهشنا وتُلهمنا، إلَّا أنَّ السلمَ الزمني للتغيُّرات غير بشري وإنَّما كوني.

لغز النقاط الحمراء الصغيرة على حافة الكون

بقلم د . حميد حميداني
جامعة توهوكو - اليابان

تعتبر التلسكوبات نوافذنا على الكون، وعلى مر التاريخ، أدت التطورات في التلسكوبات إلى اكتشافات مهمة. في 25 ديسمبر 2021، أطلقت ناسا التلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST) ، وهو التلسكوب الأكثر تقدما على الإطلاق، وقد تم تصميمه لمراقبة ضوء الأشعة تحت الحمراء، الأضعف من الضوء المرئي لكنه غني بالمعلومات.

الآن تعمل التلسكوبات مثل آلات الزمن، تتيح لنا رؤية أبعد في الماضي. أحد أهداف JWST هو مراقبة الأجسام البعيدة جدا، ومن خلال دراسة الكون البعيد، نتعلم المزيد عن مراحله المبكرة. وبذلك فإن الرؤية الأبعد تسمح لنا بالنظر إلى الماضي.

أهمية ضوء الأشعة تحت الحمراء

نعرف أن الكون قد تشكل منذ حوالي 13.8 مليار سنة في الانفجار العظيم. وبدأ بالتوسع. تبتعد المجرات عن بعضها البعض، وكلما كانت بعيدة، كلما سرعتها أكبر. يؤدي هذا إلى تمدد الطول الموجي للضوء المنبعث منها وانزياحه نحو الأحمر. تظهر المجرات البعيدة التي كانت في الأصل زرقاء، الآن باللون الأحمر أو حتى الأشعة تحت الحمراء بسبب هذا التأثير. وبالتالي فإن قدرة تلسكوب جيمس ويب بالأشعة تحت الحمراء تسمح له باكتشاف هذه المجرات البعيدة ودراسة الكون المبكر.

النقاط الحمراء الصغيرة

كان من المتوقع أن يكتشف التلسكوب جيمس ويب الفضائي أبعد المجرات التي تم رصدها على الإطلاق. ومع ذلك، فقد اكتشف أمرا مفاجئا يتمثل في عدد كبير من الأجسام الخافتة والمضغوطة والحمراء المعروفة باسم (Little Red Dots - LRDs) (حوالي 700 حتى الآن). كانت هذه الأجسام الغامضة موجودة بعد بضع مئات من ملايين السنين فقط من الانفجار العظيم. يرجع مظهرها المحمر إلى امتداد ضوئها إلى الأشعة تحت الحمراء مع توسع الكون (انظر الشكل 1 و 2). تظهر هذه النقاط الحمراء العديد من الخصائص التي يصعب شرحها معا، وهي على النحو التالي:

نقاط بعيدة جدا، مما يعني أنها أجسام حديثة التكوين تشكلت بعد بضع مئات من ملايين السنين فقط من الانفجار العظيم.

تُظهر معظم هذه النقاط خطوط انبعاث عريضة، مما يشير إلى مواد سريعة الحركة. هذه علامة على وجود ثقب أسود هائل في مركزها (انظر الشكل 4)، محاط بغاز سريع الحركة يشكل قرص تراكم. يشير هذا إلى أن LRDs تحتوي على ثقوب سوداء فائقة الكتلة تتراوح كتلتها من 10 ملايين إلى مليار كتلة شمسية.

عدد النقاط الحمراء الصغيرة هائل، إنها أكثر شيوعا بحوالي 100 مرة من الكوازارات

المعروفة (الأجسام ذات الثقوب السوداء الهائلة) في الكون المبكر. يثير هذا مشكلة كبيرة، وهي أن عدد الثقوب السوداء الهائلة يفترض أن يكون أعلى بكثير مما كان يعتقد سابقا. اللغز الرئيسي هو كيف يمكن أن تتشكل هذه الثقوب السوداء بعد فترة وجيزة من الانفجار العظيم. لكي تتشكل الثقوب السوداء الهائلة في LRDs، يجب أن يكون تراكم الغاز قويا للغاية وهو أمر يصعب تبريره.

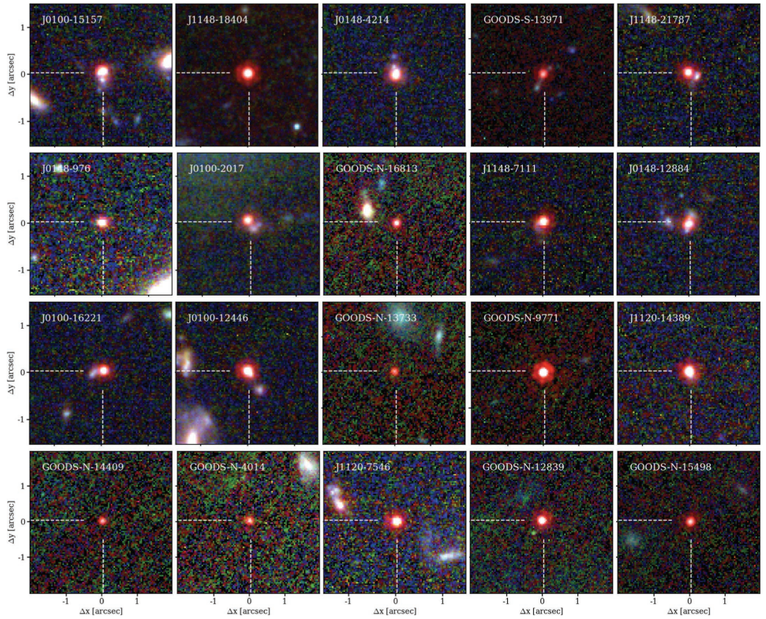
على الرغم من إظهار أدلة على وجود ثقوب سوداء فائقة الكتلة، إلا أن LRDs لا تنبعث منها أشعة سينية، والتي تنتج عادة عن طريق الغاز الساخن حول الثقوب السوداء الهائلة. دفع هذا الغياب بعض العلماء إلى اقتراح أن LRDs مدفوعة بتكوين النجوم بدلا من الثقوب السوداء. ومع ذلك، سيتطلب هذا من 10 إلى 100 مليار نجم شبيه بالشمس في هذه الأجسام المدمجة، مما يشكل المزيد من التحديات.

هذه النقاط مضغوطة للغاية، حيث يبلغ حجمها حوالي 300/1 من حجم مجرة درب التبانة. إن وجود 10 مليارات نجم شبيه بالشمس في مثل هذا الحجم الصغير سيؤدي إلى كثافات عالية للغاية يصعب تفسيرها نظريا.

لغز طبيعتها وأصلها

لا تزال طبيعة LRDs غير واضحة، مع اقتراح سيناريوهين رئيسيين لشرحها:

المجرات المبكرة المدمجة: قد تمثل النقاط الحمراء الصغيرة المجرات المبكرة والكثيفة للغاية. هذا من شأنه أن يفسر حجمها ولونها وافتقارها إلى الأشعة السينية. مع ذلك، تعتري هذا السيناريو بعض مشاكل. سيتطلب ذلك التكوين السريع لمليارات النجوم في منطقة صغيرة جدا بعد فترة وجيزة من الانفجار العظيم، وهو أمر يصعب تفسيره. بالإضافة إلى ذلك، لا نرى أجساما



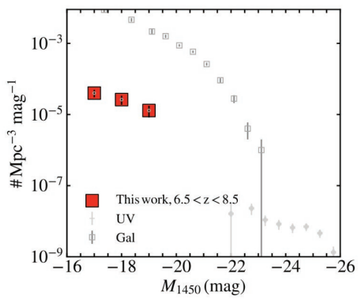
عينة من LRDs مع انبعاث خط اللوحة تشير إلى وجود ثقب أسود فائق الكتلة (Matthee,al.,2024 ، ApJ ،963، 129)

مضغوطة مماثلة في الكون القريب، وهو ما كنا نتوقعه كأقران متطورة لـ LRDs.

نوى المجرة النشطة (AGN): الاحتمال الآخر هو أن LRDs تعمل بثقوب سوداء فائقة الكتلة محاطة بأقراص غازية. يمكن أن يفسر هذا انضغاطها وخطوط الانبعاث الواسعة. مع ذلك، فإن هذا السيناريو يمثل أيضا تحديات لأنه يشير إلى أن الثقوب السوداء تشكلت على الفور تقريبا بعد الانفجار العظيم، مما يتطلب نموا سريعا للغاية والذي يصعب التوفيق بينه وبين النماذج الحالية لتكوين الثقب الأسود. علاوة على ذلك، فإن انبعاث الأشعة السينية المتوقع من هذه الثقوب السوداء مفقود.

استنتاج

لم يتم حل لغز النقاط الحمراء الصغيرة بعد. سواء كانت مجرات شابة أو ثقوبا سوداء صغيرة أو أي شيء آخر تماما، فإنها تتحدى فهمنا للكون المبكر. حتى أن بعض العلماء يقترحون أن LRDs قد تمثل هجينا من المجرات والثقوب السوداء، أو النجوم الهائلة التي تمر بنمو هائل. من المحتمل أن تلقي الملاحظات المستمرة من قبل تلسكوب جيمس ويب الفضائي مزيدا من الضوء على هذه الأجسام الرائعة، مما قد يعيد تشكيل معرفتنا بتكوين المجرات والثقوب السوداء.



عدد الأجسام ذات الانزياح الأحمر العالي كدالة لحجم الأشعة فوق البنفسجية (من اليسار إلى اليمين ، من الباهت إلى الساطع). تظهر النقاط الحمراء الصغيرة في مربعات حمراء. تشير الرموز الرمادية إلى الكوازارات المكتشفة بالأشعة فوق البنفسجية. المربعات الرمادية المفتوحة هي مجرات بصرية. (الائتمان: جرين وآخرون 2024)

رسم توضيحي لثقب أسود هائل محاط بقرص من الغاز والغبار وينتج إشعاعا قويا. هذا ما يجعل الثقوب السوداء مشرقة. أحد السيناريوهات لشرح «النقاط الحمراء الصغيرة» يستدعي هذا النوع من الثقوب السوداء التي تبلغ كتلتها حوالي مليون مرة كتلة الشمس (Credit: NASA / JPL-Caltech)

حاورها جمال ميموني

حوار مع د.ميريانا بوفيتش

الباحثة في المعهد الإثيوبي لعلوم وتكنولوجيا الفضاء

حاورها: جمال ميموني

Mirjana Pović is a distinguished Serbian astrophysicist. She earned her PhD from the University of La Laguna, collaborating with the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Her research focuses on the formation and evolution of galaxies. Pović has held significant academic roles, including in Ethiopia, where she has been instrumental in developing research infrastructure and fostering capacity in space science. As the leader of the African Network of Women in Astronomy (AFNWA), she advocates for the inclusion of women and underrepresented groups in science. Her work has garnered international recognition, including the 2018 Nature Research Award for Inspiring Science.

ميريانا بوفيتش هي عالمةُ فلكٍ صربيةٌ مميَّزة، حصلت على درجة الدكتوراه من جامعة لا لاغونا بالتعاون مع معهد الفيزياء الفلكية في جزر الكناري (IAC). تركّز أبحاثها على تكوّن المجرات وتطوّرها. شغلت بوفيتش مناصب أكاديمية مهمَّة، بما في ذلك في إثيوبيا، حيث كانت لها إسهامات كبيرة في تطوير البنية التحتية البحثية وتعزيز القدرات في علوم الفضاء هناك. بصفتها قائدة شبكة النساء الأفريقيات في علم الفلك (AFNWA)، تطمح بوفيتش لإدماج النساء والمجموعات الممثَّلة تمثيلاً قليلاً، في العلوم وقد حازت أعمالها على اعترافٍ دولي، بما في ذلك جائزة NATURE للأبحاث الملهمة في العلوم لعام 2018.

نرحِّب بك دكتورة ميريانا ضيفةً لمجلَّة الشهاب العلمي، مسرورين جدًّا لتواجدك معنا. في البدايةِ نريد أن نعرّف القرَّاء من هي ميريانا بوفيتش؟ كيف بدأت حياتها الأكاديمية وتطوّرت إلى أن وصلت لما هي عليه اليوم بتكريس عملها من أجل تطوير علم الفلك الأفريقي؟

وُلدت ونشأت في يوغوسلافيا القديمة، في جزء من صربيا، عندما كانت يوغوسلافيا لا تزال قائمة. درست هناك منذ التعليم الابتدائي وصولًا إلى الجامعة. للأسف، في السابعة أو الثامنة من عمري، اندلعت الحرب الأهلية في يوغوسلافيا والبلقان واستمرت لعشر سنوات. أثرت هذه الحرب بشكل كبير على حياتنا الاجتماعية والأسرية، لكنها أيضًا دفعتني في رحلة لاستعادة الأمل في الإنسانية والجانب الإيجابي منها.

نشأت في بلد تغيّر اسمه حوالي خمس مرات بينما كنت أكبر، مما أثار تساؤلات عن الانتماء والهوية الوطنية. في خضم هذه الظروف، ازداد اهتمامي بالعلوم، وبدأ شغفي بعلم الفلك خلال المدرسة الابتدائية والثانوية، حيث كانت سماء الليل المثالية،

الناتجة عن غياب الأضواء بسبب الحرب، مصدر إلهام لي. بدأت أطرح أسئلة عن النجوم والكواكب والقمر التي كنت أراها، لكن لم يكن الإنترنت متوفرًا آنذاك، ولم تمتلك عائلتي كتبًا علمية. كنت أول فرد في العائلة الممتدة يحصل على شهادة جامعية، ولم يكن هناك شخص يمكنني اعتباره نموذجًا يحتذى به.

في المدرسة الثانوية، كان لي أستاذ فيزياء متميز، شغوف ومخلص لعمله، وقد نقل إليّ الكثير من حماسه. ألهمني حبه للفيزياء وزاد من إعجابي بعلم الفلك. لاحقًا، زرت المرصد الوطني في بلغراد حيث تواصلت لأول مرة مع علماء فلك محترفين. هناك، التحقت بدورة صغيرة لعلماء الفلك الشباب، ما أتاح لي فرصة استخدام التلسكوب الصغير لمراقبة الشمس يوميًا ودراسة البقع الشمسية. كانت هذه التجربة مثيرة للغاية وشجعتني على دراسة علم الفلك بشكل أكاديمي.

كوني طالبة متفوقة، حصلت على منحة دراسية كاملة في الجامعة. كنت أسافر يوميًا من مدينتي بانتسيفوا إلى بلغراد، على مسافة 20 كيلومترًا، لمدة أربع سنوات ونصف لإكمال دراستي الجامعية. قررت متابعة الدكتوراه لرغبتي في الاستمرار في الدراسة، ولأنها كانت فرصتي الوحيدة للخروج من يوغوسلافيا التي كانت تعيش أوضاعًا سياسية صعبة.

هكذا إذن سافرتِ لمتابعة دراسة الدكتوراه في إسبانيا؟

بالضّبط؛ حصلت على منحةٍ دراسيةٍ كاملةٍ في جزر الكناري، ولقد كنت محظوظةً حقًّا. كان في الواقع أوّل طلب قمت به، وتمكّنت من الفوز بمنحةٍ تنافسيةٍ للغاية، والحصول على درجة الدكتوراه، وهكذا بدأت حياتي المهنية في علم الفلك، قبل عشرين عامًا. كان أوّل عمل تطوعي لي في دور الأيتام بتنزانيا، وحينها كنت لا أزال قد بدأت للتوّ درجة الدكتوراه، لذلك عملت على تعليم

مرصد Entoto بإثيوبيا خلال دورة NASE التي نظمت لمعلمي المدارس الثانوية.

أطفال الشّوارع، الأيتام والنّساء، ثم بدأنا بتدريب المعلمين خلال الدكتوراه في كينيا وغانا أيضا.

بمجرّد أن أنهيت درجة الدكتوراه، بدأت أكثر من التّواصل مع زملائي في جامعاتٍ مثل فينياس في رواندا، إدوارد في أوغندا، نانا في غانا، ديسماس وبول أيضا في كينيا، وهذه هي الطّريقة التي بدأنا بها كلّ العملية قبل أن أتواصل مع الإثيوبيين.

بذهابكِ إلى إثيوبيا، كنتِ من المساهمين في التّأسيس لتدريس علم الفلك هناك، حدّثينا عن هذه المرحلة؟

جاءتني دعوةٌ من إثيوبيا في عام 2015، عندما تمّ إنشاء مرصد Entoto ومركز الأبحاث، فعندما بدأت إثيوبيا ببرنامج الدراسات العليا في علم الفلك، لم يكن هناك سوى اثنين من علماء الفلك المحترفين في جميع أنحاء البلاد، وهما الدكتور سولومون، والبروفيسور ليجيس ثمّ كنت أنا الثّالثة. كان الهدف الأساسي من الدعوة التي تلقّيتها هو مساعدة المجتمع وزملائنا في إثيوبيا على بناء علم الفلك، والمساعدة في إنشاء المعهد الإثيوبي لعلوم وتكنولوجيا الفضاء الذي كان له تأثيرٌ مباشرٌ في تحسين جودة التعليم العالي. في عام 2016 قرّرت الاستقرار هنا في إثيوبيا، واليوم أصبح لدينا 15 باحثًا في قسم علم الفلك، بما في ذلك خمسة من حملة الدكتوراه، كما قمنا على مدى ثماني سنوات بتدريب العديد من الطلّاب.

لقد كنتِ تتابعين علم الفلك في أفريقيا لأكثر من 15 عامًا، وتمّ تحقيق قفزاتٍ كبيرةٍ في هذا الجانب. هل تعتقدين أنّنا نتقدّم بالسرعة الكافية؟ وما هي نقاط الضّعف التي ما تزال موجودة في علم الفلك الأفريقي؟

عندما بدأتُ مسيرتي المهنية في علم الفلك منذ عشرين عامًا، كنت على وشك ترك دراسة الدكتوراه بعد عودتي من تنزانيا وأفريقيا. في ذلك الوقت، لم أكن أرى كيف يمكن لعلم الفلك أن يخدم مجتمعنا. كنت أعمل في مركز كبير يضم علماء فلك مميزين، لكن لم يكن هناك حديث عن دور علم الفلك في التنمية المجتمعية.

بعد حصولي على درجة الدكتوراه قبل خمسة عشر عامًا، كانت جنوب أفريقيا الدولة الوحيدة التي استطعت فيها الحصول على وظيفة كباحثة في مرحلة ما بعد الدكتوراه. علم الفلك كان غائبًا عن معظم أنحاء أفريقيا، لكن خلال السنوات الثمانية الأخيرة التي قضيتها أعمل بدوام كامل في إثيوبيا، شهدنا تقدمًا ملحوظًا. اليوم، أصبح لدينا علم فلك محترف وعلماء فلك محترفون في أكثر من نصف القارة الأفريقية.

خلال السنوات العشر الأخيرة، حدث تغيير

أبيي سولومون، ESSTI، إثيوبيا

كبير في مجال علم الفلك في أفريقيا. نحن الآن في مرحلة نمو متسارع، مع تزايد الاهتمام بهذا المجال وارتفاع الوعي في المجتمع العلمي العالمي. هناك دعم متزايد وتعاونات متعددة، والشباب الأفريقي المتحمّس يريد رؤية قارة أفريقيا بصورة جديدة.

أؤمن بشدة أن التعليم الحقيقي والعلم، بما في ذلك علم الفلك والتكنولوجيا، يمكن أن يكونا أدوات فعالة لمكافحة الفقر وجعل أفريقيا والعالم مكانًا أفضل. خلال السنوات الخمس أو الست الأخيرة، تضاعف عدد المنشورات العلمية في علم الفلك القادمة من أفريقيا ثلاث مرات، وهو دليل على التقدم الكبير.

حتى صانعو السياسات أصبحوا يدركون أهمية علم الفلك، مع تزايد الاجتماعات العلمية والمدارس والتدريبات. انعقاد الجمعية العامة للاتحاد الدولي لعلم الفلك في أفريقيا يؤكد وصول المجتمع الأفريقي إلى مستوى احترافي في هذا المجال، والمشاركة الفعّالة في تطوير علم الفلك على جميع المستويات. أفريقيا اليوم أصبحت لاعبًا رئيسيًا في تطور العلوم.

وجود الجمعية الفلكية الإفريقية (AfAS) أحدث نقلة نوعية. بالإضافة إلى ذلك، هناك تقدم ملحوظ في مجالات علم الفلك البصري، وعلم الفلك دون المليمتر، وعلم الفلك الراديوي، مثل مشروع التلسكوب الأفريقي دون المليمتر، وعلم الفلك عالي الطاقة مع مشروع هيس (HESS)، والتلسكوب الشمسي القادم، الذي سيلعب فيه المجتمع الأفريقي دورًا مهمًا مرة أخرى.

كل هذه التطورات ذات أهمية كبيرة، وأنا فخورة جدًا بالزملاء الأفارقة الذين واجهوا تحديات كبيرة في البداية. كان العمل يعتمد على جهود فردية في دول مختلفة، حيث سعى زملاء مثل إدوارد في أوغندا، وفيناس في رواندا، وبول في كينيا، وغيرهم لتغيير الوضع في بلادهم يومًا بعد يوم. أشعر بالامتنان لأنني كنت جزءًا من هذه الرحلة، التي أعتبرها الجزء الأكثر إلهامًا في مسيرتي المهنية.

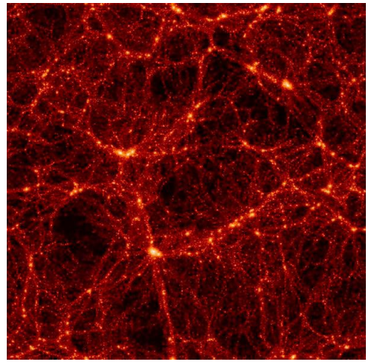
لننتقل الآن إلى موضوع عددنا من مجلة الشهاب العلمي، وهو المجرات. استغرق إثبات أن الكونَ يتكوّن من مجرات متعددة وقتًا طويلًا، وصولًا إلى اكتشافات هابل باستخدام النجوم القيفاوية والمناظرة الكبرى بين عالمي الفلك هارلو شابلي وهيبر كيرتس عام 1920. ورغم أن هناك مفكرين مثل كانط ورايت (Thomas Wright) تحدثوا عن هذه الفكرة مبكرًا، إلا أن نقص الأدوات العلمية في ذلك الوقت حال دون إثباتها. يبقى هذا الأمر محيّرًا: برأيك، لماذا استغرق العلماء كل هذا الوقت لفهم أن تنظيم الكون يعتمد أساسًا على المجرات؟

لقد أجبتَ جزئيًا على السّؤال. علم الفلك في جوهره علم رصدي، حيث يلعب الجزء النظري دورًا مهمًا، لكنه يظل معتمدًا على توفر البيانات لاختبار الفرضيات. ببساطة، لم تكن البيانات متوفرة حتى بداية القرن العشرين، ما حال دون تأكيد الفرضيات. على سبيل المثال، لم يكن هناك فهم كافٍ لبعض خصائص مجرتنا، مثل الجزيئات الغبارية التي تؤثّر على القياسات.

إضافةً إلى ذلك، طبيعة المجرات نفسها والمسافات الشاسعة التي تفصلنا عنها شكّلت تحديًا كبيرًا. فالمجرات مصادر ضعيفة للضوء مقارنةً بالنجوم، ما يجعلها تبدو خافتة جدًا بسبب بعدها الشديد، الأمر الذي تطلّب أدوات أكثر قوة لدراستها مقارنة بدراسة النجوم.

كان من الضروري توفر تلسكوبات قوية لمراقبة عدد كافٍ من المجرات القريبة، إلى جانب الحاجة لإجراء ملاحظات منهجية وقياسات دقيقة. هذه الشروط لم تتحقق إلا في بداية القرن العشرين، عندما أجرى هابل ملاحظاته على النجوم القيفاوية باستخدام تلسكوب احترافي. في ذلك الوقت، كانت

إيدوين هابل يقوم بالرصد من تلسكوب جبل ويلسون



توزع العناقيد النجمية في شبكة من الخطوط

التلسكوبات المتطورة قليلة جدًا وغير متاحة للجميع. أما التلسكوبات الصغيرة مثل التي استخدمها غاليليو ونيوتن، فلم تكن كافية لإجراء هذا النوع من الدراسات.

لكن في القرن السابع عشر، طرح الفيلسوف الألماني كانط فكرة وجود عوالم مجرية متعددة. لكن هذه الفكرة قوبلت بتحيّز كبير. فرفضها كثيرون متأثرين بنظرة أنثروبومركزية (متمركزة حول الإنسان) تؤمن بأن البشر هم مركز العالم.

بالتأكيد، كانت فكرة وجود مجرات أخرى مطروحة منذ زمن بعيد، وربما ليست حكرًا على الثقافة الأوروبية فقط بل كانت موجودة في مختلف الحضارات. لكن في الواقع، لم تتوفر الشروط الكاملة للحصول على البيانات التي تؤكد وجود هذه المجرات إلا مع تطور التلسكوبات البصرية في بداية القرن العشرين. يمكننا مناقشة جميع التحيزات في علم الفلك، وتأثير الثقافات المختلفة، والفلسفات السائدة، ولكن الحقيقة تبقى أن البيانات الداعمة لوجود المجرات الأخرى لم تكن متاحة قبل ذلك الوقت.

أحد ميادين تخصصك هو عناقيد المجرات. كيف وصلنا اليوم إلى هذا التصور الهرمي بأنّ الكون منظّم في عناقيد وعناقيد فائقة؟ وما هو تأثير ذلك من الناحية العلمية بعيدًا عن الجانبين التاريخي أو الفلسفي؟

هذا الجانب مثير جدًا في دراسة الفلك خارج المجرة، خصوصًا لفهم كيفية توزيع المجرات في الكون وتفاعلها مع بيئاتها. لفهم خصائص المجرات بشكل شامل، وكيف تتشكل وتتطور عبر الزمن الكوني، من الضروري دراسة دور البيئة في كل هذه المراحل. لذا، من المهم التعرّف على أنواع البيئات التي تستوطنها المجرات.

نعلم الآن أن خصائص المجرات تتأثر ببيئاتها. فالمجرات الموجودة في بيئات معزولة تظهر خصائص مختلفة عن تلك التي تقع في بيئات غنية، مثل عناقيد المجرات

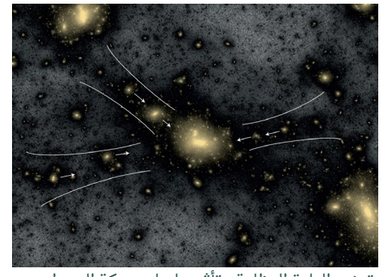
الكبرى. وتشمل البيئات المختلفة مجرات معزولة، أو مجرات تعيش ضمن أزواج مترابطة بجاذبيتها وقد تندمج أو تتفاعل، بالإضافة إلى مجموعات صغيرة مكوّنة من ثلاث أو أربع مجرات، أو مجموعات أكبر تحتوي على عشرات المجرات المرتبطة بجاذبيّتها الخاصة. ومن هذه المجموعات ننتقل إلى عناقيد المجرات، التي تضم مئات أو آلاف المجرات، والتي بدورها ترتبط معًا لتشكّل العناقيد الفائقة. على النطاق الكوني الأوسع، يتكوّن الكون من خيوط ضخمة تحتوي على العناقيد الفائقة وكميات كبيرة من المادة المظلمة، بجانب الفراغات الشاسعة التي تفصلها.

لفهم هذه البيئات، نحتاج إلى عيّنات ضخمة من البيانات. كلما زاد عدد المجرات التي نرصدها، أمكننا رؤية توزيعها وخصائص بيئاتها بشكل أدق. كان تلسكوب هابل الفضائي أول أداة أحدثت ثورة في علم الفلك خارج المجرة. على الرغم من وجود مسوحات سابقة، فإن دقته ومسوحاته العميقة، مثل الحقل العميق لهابل، فتحت آفاقًا جديدة للرصد، مما ساهم في تقدم كبير في معرفتنا بالمجرات.

في التسعينيات، وُجه هابل إلى جزء صغير جدًا من السماء في كوكبة الدب الأكبر، وبعد عشرة أيام من التعريض، أظهرت صور الحقل العميق آلاف المجرات ذات خصائص متنوعة من حيث الهيكل، اللون، الحجم، والكتلة، مؤكدة أن السماء ليست فارغة بل مليئة بالمجرات. تلك الصور أحدثت ثورة في علم الفلك.

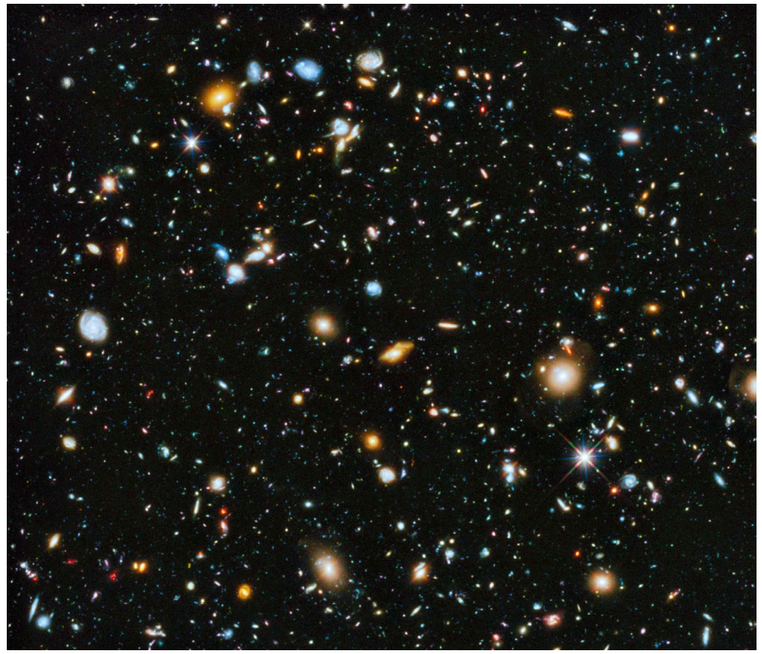
اليوم، باستخدام تقنيات رصد أكثر تطورًا، لدينا بيانات عن ملايين المجرات، مما يسمح لنا برسم خرائط واسعة للكون، ودراسة توزيع المجرات ضمن العناقيد الفائقة عبر الزمن الكوني. كما أصبح بإمكاننا تحليل خصائص المجرات في بيئات مختلفة وفهم تأثير الكثافة المحلية والمسافة عن عناقيد المجرات على تطورها.

إذن، المادة المظلمة هي عنصرٌ ضروري في هذه الصورة، أليس كذلك؟



توزيع المادة المظلمة وتأثيرها على حركة المجرات

بلى، عناقيد المجرّات مهمّة جدًّا عندما نتحدّث عن هذا التقاطع بين علم الكونيات وعلم الفلك خارج المجرّة، حيث تظهر أهمية



حقل هابل العميق - التلسكوب الفضائي هابل

المادة المظلمة، فعلى سبيل المثال؛ من خلال تأثيرات مثل عدسات الجاذبية، يمكننا دراسة كمية المادة المظلمة الّتي قد تكون موجودةً داخل عناقيد المجرّات، وأيضًا توزيع المادة المظلمة في تلك العناقيد. ليس فقط في عناقيد المجرّات، بل في العناقيد الفائقة أيضًا، مع العلم أنّ هناك كميةً كبيرةً من المادة المظلمة في تلك الخيوط التي ذكرتها سابقًا. لذا، تلعب المادة المظلمة دورًا مهمًّا، حتّى وإن كنّا لا نعرف حتّى الآن ما هي المادة المظلمة فعليًا وممّا تتكوّن.

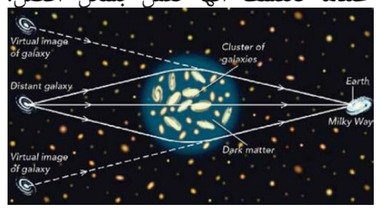
بالحديث عن المادة المظلمة، لا يزال هناك بعض الأشخاص الّذين يعتقدون أنّه يمكن بناء نموذج كوني أو تفسير لتجمعات المجرات دون الحاجة إلى المادة المظلمة. وكما تعلمين، عالمة الفلك فرانسواز كومب هي من بين المؤيّدين لهذه الفكرة إلى حدٍّ ما، أو على الأقل ليست متشدّدة كثيرًا في مسألة المادة المظلمة. هل تعتقدين أنّ نموذج المادة المظلمة ثابتٌ ولا يمكن تغييره، وأنّه سيبقى عنصرًا ضروريًا في المستقبل القريب على الأقل؟

حسنًا، أنا لست خبيرةً، أعني أنّني لا أدرس المادة المظلمة، بل متخصّصة في مجال علم الفلك الرّصدي. في الوقت الحالي، ليس لدينا أيُّ تفسير أفضل، تتناسب المادّة المظلمة بشكل جيّدٍ مع جميع النظريات الّتي لدينا، ورغم ذلك، لم نتمكّن بعد من تفسير أصلها، بينما تمكنّا من تفسير العديد من الأشياء الأخرى في وقتٍ أقصر بكثير. حسنًا، هذا لا يزال شيئًا مثيرًا للجدل. أعني أنّه من الضّروري استكشاف نظريات أخرى، بما في ذلك إضافة تعديلات على نظرية الجاذبية.

هذه هي النظرية الرئيسية الّتي نستخدمها لتفسير كلّ شيءٍ آخر يتعلّق بالكون، بما في ذلك المجرّات الّتي ندرسها. من المؤكّد أنّ استكشاف هذه النّظريات مبرَّر، وأنا لا أستبعد أيَّ شيء. أعني أنّ هناك العديد من النظريات المختلفة عن الجاذبية المعدّلة الّتي يمكنها بالفعل تفسير الكون، ليس الكون بالكامل، غير أنّها تُفسّر جوانب مختلفة منه وكيفية عمله، بما في ذلك عالم المجرّات. لكن كلّ واحدة من هذه النظريات تكتنفها أيضًا صعوباتٌ مختلفة في تفسير كلّ ما نلاحظه.

بالتّأكيد، أوافق على أنّ نظرية المادة المظلمة هي الأساس

بالتّأكيد. لا يزال هناك الكثير للقيام به، أعني أنّه لا يمكننا استبعاد احتمال تعديلات على النظريات، والقوانين الفيزيائية الّتي نستخدمها حاليًا قد تحدث في المستقبل عندما نكتشف أنّها تعمل بشكل أفضل.



إنحراف ضوء المجرات بفعل مفعول العدسة التجاذبية

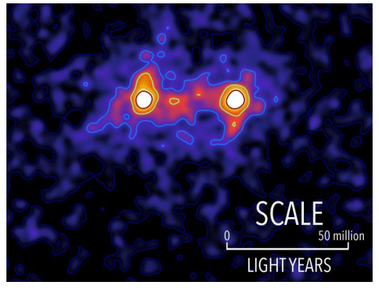
ولكن في الوقت الحالي، أعتقد أنّه لا يمكننا استبعاد احتمال وجود المادة المظلمة. لكن كما قلتُ، أنا منفتحة تمامًا.

صحيح، خاصّةً أنّ أضعف جانب في نظرية المادة المظلمة -إذا جاز لي القول-، هو أنّ العنصر الأساسي للمادة المظلمة لم يتمّ اكتشافه بعد. ولا يزال الجدل مفتوحًا!

نعم. لقد استغرق الأمر عدّة عقود لتفسير سبب نقصان نسبة من النيترينوات التي تأتي من شمسنا ومن باقي المصادر الأخرى. تطلّب الأمر عدّة عقود حتّى نفهم أنّ هناك مشكلةً في الكتلة. النيترينوات ليست بلا كتلة، أنا لا أقارن هنا النيترينوات بالمادة المظلمة، فقط أقول إنّ الأمر يستغرق وقتًا لتحسين بياناتنا، وتحسين أدواتنا وإمكانياتنا لاكتشاف شيءٍ ما.

فلنعد إلى تاريخ المجرّات. هل يمكنك توضيح الفكرة الجديدة التي يمكننا من خلالها أن نشرح بشكلٍ أساسي كلّ أنواع الأشياء المتفجّرة؟ أعني، الكون عالي الطاقة الذي تشكّل، ومختلف جوانب الكوازارات، مثل Seyfert. أخبرينا عن النموذج الموحّد لـ AGNs بطريقة بسيطة ومدى قوته، وهل ما زال النّاس يتّفقون على أنّ هذا هو التفسير النهائي الجيّد للظواهر العنيفة التي تحدث في المجرات؟

إن رمز AGN هي اختصار لنوى المجرات النشطة وهي تشير إلى مراكز مضغوطة للغاية لبعض المجرات، وهي أماكن تحتوي على ثقوب سوداء فائقة الكتلة. عندما تتراكم المادة حول هذه الثقوب السوداء، فإنها تُصدر كميات هائلة من الطاقة، تفوق بعشرات الآلاف الطاقة التي تنتجها مئات المليارات من النجوم في مجرات مثل مجرتنا درب التبانة. هذه الطاقة الهائلة تنبع من مناطق صغيرة للغاية، بحجم يماثل النظام الشمسي، مما يجعلها أحد أقوى مصادر الطاقة في الكون.



تم الحصول على هذه الصورة ذات الألوان الزائفة من خلال دراسة تأثير عدسة الجاذبية الضعيفة الناتج عن عدد كبير جدًا من أزواج المجرات الواقعة على بعد حوالي 4.5 مليار سنة ضوئية من درب التبانة. تمثل البقع البيضاء مجرتين. © S. Epps & M. Hudson، جامعة واترلو

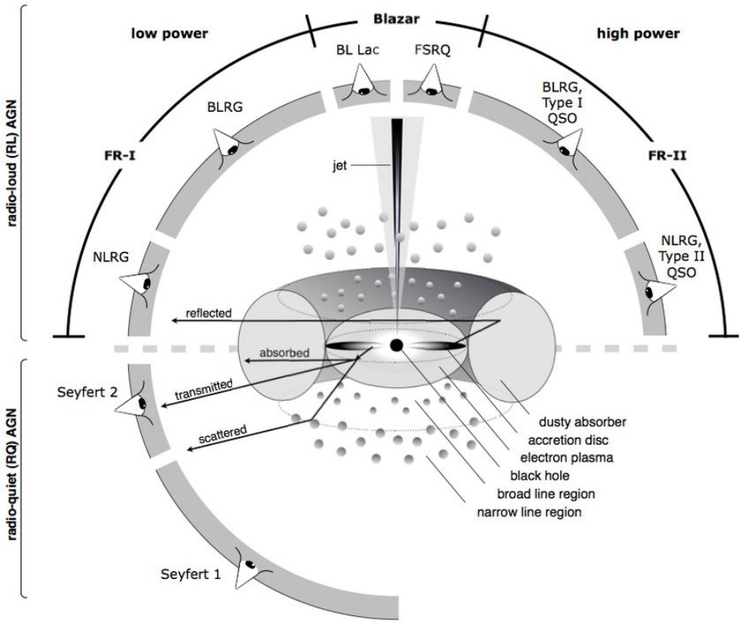
لدينا الآن نموذج قياسي لنوى المجرات النشطة يتميز في وجود ثقب أسود فائق الكتلة في المركز، يُحيط به قرص تراكم يتجمع فيه الغاز والغبار. خارج هذا القرص، توجد منطقة غبارية كثيفة تُعرف بالطارة (torus)، تحجب الرؤية أحيانًا وتعطي إشارات مختلفة للطيف. حول هذه المنطقة، توجد أيضًا غازات متأينة تُظهر ميزات طيفية محددة، مثل خطوط انبعاث عريضة ناتجة عن مناطق قريبة من الثقب الأسود، وخطوط ضيقة تأتي من مناطق أبعد.

إلى جانب ذلك، يمكن أن تصدر بعض نوى المجرات النشطة نفاثات نسبية للمادة، تمتد إلى مسافات هائلة، تصل إلى مئات الآلاف من السنين الضوئية. هذه النفاثات يمكن أن تؤثر على الوسط بين النجمي المحيط وتغير التركيب الكيميائي والخصائص الديناميكية للغازات المجاورة.

فتختلف نوى المجرات النشطة بناءً على شدة الطاقة وأشكال الانبعاثات التي تنتجها. المجرات ذات النوى منخفضة السطوع تُعرف بـ LINERs أي Low-ionization nuclear emission-line region ، بينما النوى الأكثر سطوعًا تشمل مجرات «سيفرت» و«الكوازارات». تعتمد هذه التصنيفات على زوايا الرؤية أيضًا. على سبيل المثال، إذا كانت زاوية الرؤية تكشف القرص المركزي مباشرة، يظهر الAGN ككوازار. إذا كانت الرؤية محجوبة جزئيًا بالطارة، يظهر كمجرة «سيفرت» من النوع الأول. أما في حالة حجب الطارة للرؤية تمامًا، فتُلاحظ ميزات خطوط ضيقة فقط، مما ينتج مجرة «سيفرت» من النوع الثاني. نذكر كذلك أن الأشعة تحت الحمراء، وخاصة الأشعة تحت الحمراء البعيدة، كانت أساسية في تحسين فهمنا للطارة الغبارية حول الثقوب السوداء. بفضل هذه الدراسات، أصبح بالإمكان تحديد عدد الكتل الغبارية وأحجامها وتوزيعها، مما كشف تأثير هذه الخصائص على الإشارات الطيفية التي نرصدها. أتاح ذلك فهمًا أعمق لكيفية تطوّر الطارات ودورها في تحديد خصائص نوى المجرات النشطة.

هكذا وصلنا إلى النموذج الموحد لنوى المجرات النشطة الذييهدف إلى تفسير تنوعها بناءً على زاوية الرؤية. في هذا النموذج، يتم تحديد النوع المرصود (كوازارات أو مجرات سيفرت) بناءً على زاوية الرؤية بالنسبة للطارة والقرص التراكمي. على سبيل المثال، عند رؤية الطيف مباشرة، يُلاحظ الانبعاثات العريضة من المناطق الداخلية. أما عند زوايا أكبر، فإن الطارة تحجب هذه الإشارات، مما يؤدي إلى رؤية ميزات أخرى.

ومع ذلك، أظهرت الدراسات الحديثة أن الاختلافات بين أنواع نوى المجرات النشطة لا تعتمد فقط على زاوية الرؤية، بل تشمل عوامل فيزيائية أخرى. على سبيل المثال، أظهرت الملاحظات في نطاق الأشعة تحت الحمراء، خاصة باستخدام تلسكوبات مثل «سبتزر» و«هيرشل»، أن الطارة ليست متجانسة كما كان يُعتقد سابقًا. بدلاً من ذلك، تم اكتشاف أنها مكونة من كتل غبارية متكتلة غير منتظمة التوزيع. هذا الاكتشاف



«رسم توضيحي يُظهر تصنيف نوى المجرات النشطة (AGN) بناءً على الزاوية وطاقة الإشعاع، بما في ذلك النفاثات، القرص التراكمي، والمناطق المختلفة لانبعاث الخطوط العريضة والضيقة.»

«سيدة المجرات» عالمة الفلك البروفيسور فرونسواز كومب

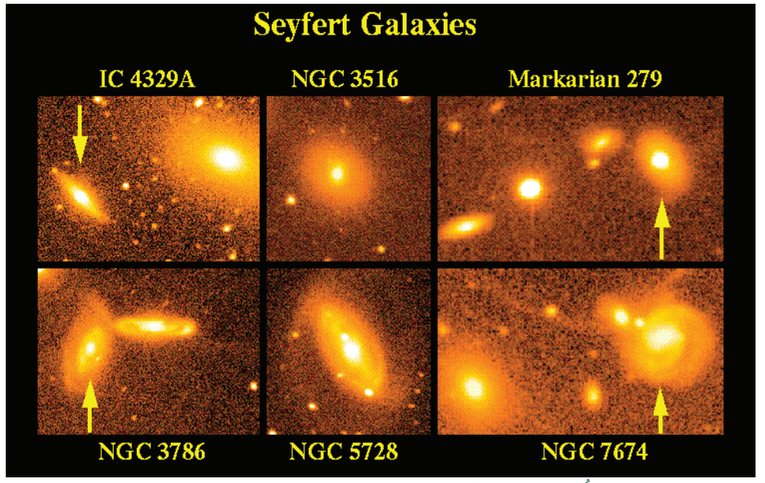
حاورها: جمال ميموني
و الشيماء آمين خوجة

غيّر النماذج التقليدية وجعلها أكثر تعقيدًا. مع التطورات في الأدوات الرصدية والنماذج النظرية، تواصل دراسة نوى المجرات النشطة تقديم رؤى جديدة حول كيفية تأثير الثقوب السوداء فائقة الكتلة على مجراتها المضيفة.

إذن لدينا عنصران أساسيان، زاوية الرؤية ودرجة الحجب الناتجة عن عدم تجانس الطارة المغبرة، وهكذا..؟

هناك تحدٍّ رئيسي يواجه النَّموذج الموحَّد يتمثَّل في الحاجة إلى مزيدٍ من الملاحظات الرَّصدية الدقيقة، خصوصًا من خلال دراسة نوى المجرَّات النشطة عبر عينات واسعة ومنتظمة. إحدى الظواهر البارزة هي النوى المتغيِّرة المظهر، حيث تُظهر هذه المجرَّات خصائص مختلفة بمرور الوقت، ما يظهر جليًّا عند تحليل أطيافها الضوئية. بعض هذه المجرَّات يمكن أن تتحوَّل من النوع الأول (حيث تكون خطوط الانبعاث العريضة والضيقة واضحة) إلى النوع الثاني (حيث تظهر فقط خطوط ضيقة)، والعكس صحيح.

هذا التغيُّر الزمني يشير إلى أنَّ زاوية الرؤية وحدها ليست كافية لتفسير التنوع في نوى المجرَّات النشطة. يبدو أن الخصائص الفيزيائية الداخلية لتلك النوى، مثل تغيُّرات في التراكم المادي حول الثقب الأسود أو ديناميكية الغبار والغاز المحيط، تلعب دورًا مهمًّا أيضًا. لذا، رغم أهمية النَّموذج الموحَّد المبني على زاوية الرؤية، فإنه لا يغطي جميع الخصائص التي تظهرها النوى المتغيِّرة، مما يبرز الحاجة إلى تطوير نماذج أكثر شمولًا لتفسير هذا التنوع.



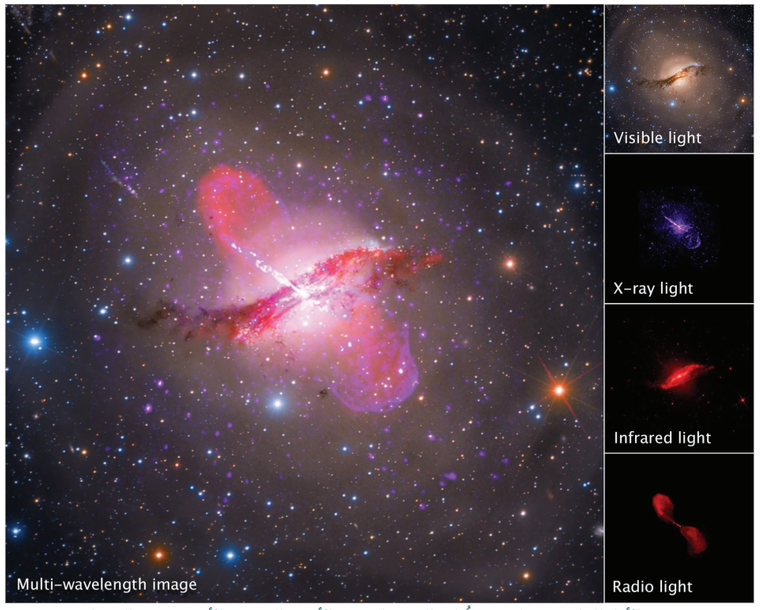
«صور لمجرات سيفرت تُظهر النوى النشطة الساطعة.»

عظيم. من وجهة نظر فلسفية الآن ننتقل من خارج المجرَّات إلى التكهُّنات الكثيرة التي أثيرت حول الأكوان المتعدِّدة. كمختصّة في علم الفلك المجري الرصدي هل ترين أنَّها محض خيال أو تخمين؟ أم أنَّها علم حقيقي بحدِّ ذاته؟ فبعض الأشخاص مثل عالم الفلك جورج إليس وآخرين سيقولون إنَّ هذا ليس علمًا جيِّدًا!

في الواقع، ليس لديَّ الكثير من الأفكار حول هذا الموضوع، لأنَّه كما قلت، أنا مهتمَّة جدًا بالفلك الرصدي. من وجهة نظري، نحن لا نزال بعيدين عن أن نحصل على أيِّ دليل أو فكرة حول هذا الاحتمال. نحن لم نصل بعد إلى تلك المرحلة التي يمكننا فيها الحصول على أيِّ دليل في أيِّ وقت قريب، في رأيي، البيانات التي بين أيدينا لا تزال بعيدة على أن تكون كافية لدراسة الأكوان المتعدِّدة.

كلّما تعمّقنا في علم الفلك وفهمنا موقعنا في الكون، كلّما اكتشفنا أنّنا مجرّد ذرّة صغيرة من المادة، والّتي رغم أنها تتمتّع بالذّكاء وتحاول فهم الصّورة الكاملة، فإنّها لا تزال غير مهمّة على مستوى الكون المادي. فهل يمكننا أن نستلهم أو نُلهم أو أن تكوّن لدينا رؤية إنسانية لحقيقة أنّنا صغيرون جدًا وأقلّ أهمية كلّما اكتشفنا المزيد حول الكون؟

أعتقد أنَّ ما قلته هو بالفعل الاستنتاج المناسب. من ناحية، يمكننا أن نرى أكثر فأكثر كيف أنّنا غير مهمين في الكون الذي نعيش فيه، ومن ناحيةٍ أخرى، يكون الأمر مُلهمًا للغاية في نفس الوقت. كوننا غير مهمّين إلى هذا الحد، ومع ذلك نحن قادرون على تعلّم وفهم الكثير من الأشياء حول مصادر بعيدة جدًّا عنّا. إنّه أمرٌ مثيرٌ للإعجاب بالفعل. أعتقد أنَّ رؤية هذه الصورة الأكبر للكون وموقعنا فيه يمكن أن يساعدنا في التعامل مع العديد من المشاكل والصّراعات الّتي نواجهها في العالم. رؤية أنّه لدينا منزلٌ واحدٌ، الإنسانية واحدة، والطّريقة الوحيدة الّتي يمكننا بها التغلّب على جميع المشاكل والتحديات هي من خلال العمل معًا ومشاركة المحبّة. أعتقد أنَّ امتلاك هذه الصورة الكبيرة يمكن أن يكون مصدر إلهامٍ حقيقي لنا في كيفية تحسين الحياة على الأرض لكلِّ البشرية.



«صورة متعددة الأطوال الموجية لمجرة، تُظهر الضوء المرئي، الأشعة السينية، الأشعة تحت الحمراء، والانبعاثات الراديوية.»

Françoise Combes

فرانسواز كومب

Françoise Combes is a leading French astrophysicist and holder of the «Galaxies and Cosmology» chair at the Collège de France. Her research focuses on the formation, evolution, dynamics, and structure of galaxies, as well as their interactions. Combining astronomical observations with numerical simulations, she has revealed the connection between galaxy shapes and their histories, shedding light on the stages of galaxy growth throughout the universe›s history. She has also demonstrated how supermassive black holes in galactic centers slow down star formation.

Combes has contributed significantly to the study of dark matter, exploring various models and alternatives. Her exceptional achievements have earned her numerous honors, including the 2020 CNRS Gold Medal. Antoine Petit, Chairman and CEO of the CNRS, describes her as an undisputed global authority in extragalactic physics whose influence extends across all of astronomy. A member of the French Academy of Sciences since 2004, her work continues to shape our understanding of the cosmos.

فرانسواز كومب عالمة فيزياء فلكية فرنسية مرموقة، تشغل كرسي «المجرات وعلم الكونيات» في كلية فرنسا. عضو في الأكاديمية الفرنسية للعلوم منذ عام 2004 . تركز أبحاثها على تكوين وتطور المجرات وديناميكياتها، ودراسة تفاعلاتها مع بعضها البعض. من خلال الاعتماد على كل من الأرصاد الفلكية والمحاكاة الرقمية، كشفت عن العلاقة بين أشكال المجرات وتاريخها، مما ساهم في فهم مراحل نموها عبر تاريخ الكون. كما أثبتت دور الثقوب السوداء فائقة الكتلة في مراكز المجرات في إبطاء تكوين النجوم. وتقديرًا لإنجازاتها الاستثنائية، حصلت على جوائز عدة، أبرزها الميدالية الذهبية للمركز الوطني للبحث لعام 2020. تواصل كومب جهودها (CNRS) العلمي في تقديم إسهامات علمية رائدة لفهم أسرار الكون

مرحباً فرانسواز، من الجيد رؤيتكِ مجددًا! أعتقد أن آخر لقاء لنا كان في عام 2009، أثناء السنة الدولية للفلك، حيث كنتِ من ضمن المنظمين. لقد مضت سنوات عديدة منذ ذلك الوقت، وقد تغيرت الأمور كثيرًا. ربما شعرنا جميعًا أننا نضجنا أكثر.. حتى شعرنا أصبح رماديًا!

شكرًا، نعم، مر وقت طويل بالفعل.

سيرتها الذاتية

نُتابع أنشطتك باستمرار، وبالنسبة لنا، أنتِ حقاً «سيدة المجرات». لقد شغلتِ منصبًا أكاديميًا مميزاً في «الكونيات والمجرات» في كلية فرنسا، وحصلت على ميدالية جول جانسن المرموقة من الجمعية الفلكية الفرنسية (SAF)، وأيضًا على الميدالية الذهبية من المركز الوطني الفرنسي للبحث العلمي (CNRS)، كما لكِ علاقة وثيقة بجمعية الفلكيين الفرنسيين، حيث كان رئيسها فيليب موريل يزورنا باستمرار في الجزائر لحضور فعالياتنا الفلكية التي ننظمها سنوياً منذ خمسة عشر عامًا. أود أن نناقش هذه المواضيع وسنحاول ألا نأخذ من وقتك الكثير. هل يمكننا أن نبدأ؟

حسنا. سأكون سعيدة بالحديث عن مسيرتي.

بدايةً، نُحب أن نسمع قصتك منذ أيام الدراسة. كيف بدأتِ اهتمامكِ بعلم الفلك، وما الذي جذبكِ لدراسة هذا المجال المتخصص في المجرات؟ وما هي اللحظات الفاصلة التي مررت بها، بدءًا من دراستك في مجال المجرات الراديوية وحتى أبحاثكِ في المادة المظلمة؟ كيف أثرت هذه الرحلة على مهنتكِ كعالمة فلك شابة وملهمة للآخرين؟

في الحقيقة، بدأتُ بدراسة الفيزياء أولاً. حصلت على درجة الماجستير في الفيزياء الذرية والجزيئية من جامعة بروكسل، وتعلمت الكثير عن ميكانيكا الكم وحركة الذرات والجزيئات. ساعدتني هذه المعرفة لاحقاً في دراسات عديدة، خاصةً في رصد الجزيئات في الوسط بين النجمي، وكانت هذه مفاجأة بالنسبة لي، حيث أصبح بإمكاني تطبيق معرفتي بالفيزياء في دراسة الفضاء.

عندما قررت التوجه للدكتوراه، والتي كانت تُعرف آنذاك بالدكتوراه من الدرجة الثالثة وتوازي الآن درجة الماجستير، زرت عدة مختبرات فيزيائية وتواصلت مع عدد من علماء الفيزياء، من بينهم إيفري شاتزمان (Évry Schatzman)، الذي كان يدرس نماذج المادة والمادة المضادة في محاولة لفهم الانفجار العظيم. في ذلك الوقت، عملتُ على نماذج تهدف لشرح السبب وراء وجود فائض من المادة العادية مقارنة بالمادة المضادة، مما يسمح بوجود الكون المادي الذي نعرفه اليوم. كان هذا لغزًا لم يُحل حتى الآن؛ إذ إن التوازن الكامل بين المادة والمادة المضادة كان سيؤدي إلى فناء المادة بأكملها.

الاختلال الكوني بين المادة والمادة المضادة

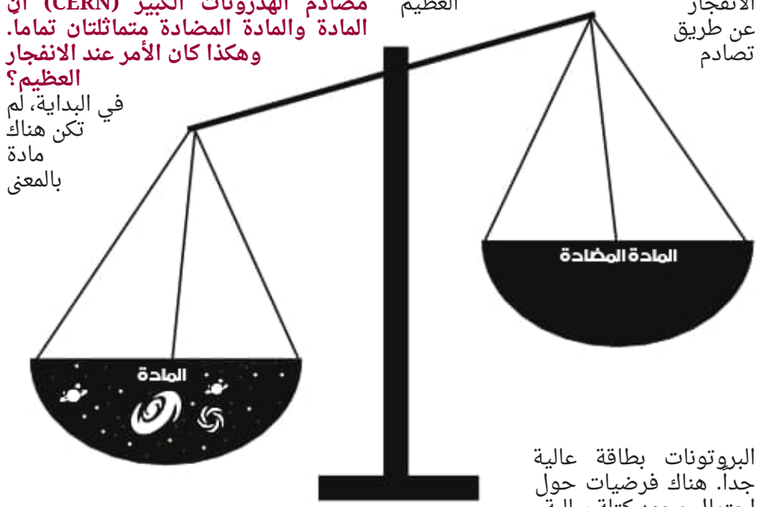
هل يمكنكِ توضيح ذلك؟

نعم، كان السؤال الرئيسي هو لماذا هناك فائض من المادة مقارنة بالمادة المضادة، وهو ما يسمح بوجود الكون المادي الذي نعرفه اليوم. إنه لغز لم يتم حله حتى الآن. في البداية، افترض العلماء أن الكون متساوٍ تمامًا بين المادة والمادة المضادة، لكن هذا لم يكن صحيحًا. كانت أبحاثي تهدف إلى حساب التفاعلات النووية في الدقائق الأولى بعد الانفجار العظيم وتحديد العناصر الخفيفة التي تشكلت، مثل الهيليوم والديوتيريوم والليثيوم. اكتشفنا أن أي توازن بين المادة والمادة المضادة سيؤدي إلى تدمير المادة، لذا استبعدنا هذا النموذج المتماثل بعد عدة دراسات.

فكرة كونٍ من مجرات ومجرات مضادة

كانت هناك فكرة سائدة مفادها أن الكون قد يتكون من مجرات ومجرات مضادة تتفاعل عند حدودها..

صحيح. كنا نفترض أن الكون قد يحتوي على مناطق من المادة بجانب مناطق من المادة المضادة، بحيث تتفاعل حدودها المشتركة وتصدر إشعاعات غاما. لكن حساباتنا أظهرت أن هذا التفاعل كان سيتسبب في كميات ضخمة من إشعاعات غاما، تتجاوز ما نرصده فعليًا. كان هذا الاستنتاج بالتعاون مع علماء مثل J. Puget، E. Schatzman، و R. Omnès، حيث قدمنا نتائجنا التي توصّلنا من خلالها إلى أن نموذج التوازن الكوني بين المادة والمادة المضادة غير قابل للتحقق في الواقع. في الفترة التي كنت أعمل فيها من 1975 إلى 1980، كان نموذج الانفجار العظيم قد تم قبوله بشكل واسع وخاصة بعد اكتشاف الإشعاع الخلفي الكوني، الذي أثبت صحة النظرية بشكل أكبر. ومع ذلك، كانت هناك العديد من الأسئلة التي لم تُحل بعد، كنا نتساءل لماذا الانفجار العظيم الحقيقي مشكّل من المادة فقط، واليوم، مع توفر أدوات حديثة مثل مصادم الهدرونات الكبير (LHC) في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية CERN، أصبحنا نملك القدرة على محاكاة الظروف التي تلت الانفجار العظيم عن طريق تصادم البروتونات بطاقة عالية جداً. هناك فرضيات حول احتمال وجود كتلة سالبة، لكننا بحاجة إلى أدلة قوية لدعمها. تستمر الدراسات، ونأمل أن تساهم التجارب المستقبلية في فهم هذه التفاوتات الكونية.



حسنًا، هل نستطيع القول إنكِ تتبنين نموذج الانفجار العظيم القياسي؟ أقصد النموذج المتعارف عليه حالياً، الذي يقول إنه عند بداية الكون كانت هناك مادة ومادة مضادة بنفس الكمية؟

نعم، كان ذلك هو النموذج القياسي بالفعل. لكن مع مرور الوقت، تفطنا إلى أن الكون الذي نراه اليوم ليس متماثلاً بين المادة والمادة المضادة. في البداية، ربما كان هناك توازن بينهما، وأصبحت المادة هي السائدة، وهو ما نراه الآن في الكون الحالي. وهذا يطرح سؤالاً حول تطور الانفجار العظيم وكيف تم ذلك.

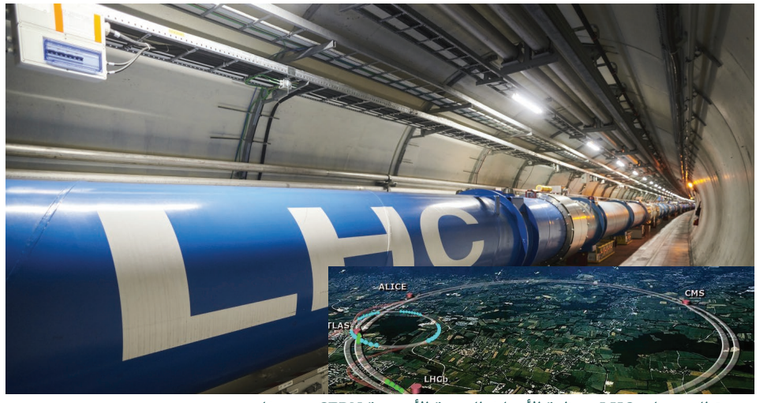
حتى الآن، نرى في التجارب التي تُجرى باستخدام الذرات والذرات المضادة في مصادم الهدرونات الكبير (CERN) أنّ المادة والمادة المضادة متماثلتان تماما. وهكذا كان الأمر عند الانفجار العظيم؟

في البداية، لم تكن هناك مادة بالمعنى التقليدي، بل كانت الطاقة هي المسيطرة (الطاقة الكامنة لحقل التضخم Inflaton Field). الانفجار العظيم بدأ بتضخم كوني مفاجئ وهو فترة من التمدد فائق التبريد، ناتج عن تقلبات في الفراغ الكمي، مما أدى إلى تشكل فقاعات من الطاقة. ومع إعادة تسخين الكون بعد نهاية التضخم، بدأت الطاقة الكامنة الكبيرة لحقل التضخم تتحلل، وأدى ذلك إلى تكوين المادة والمادة المضادة بشكل متساوٍ في البداية. ومع مرور الوقت، توقفَ الإنتاج المتكافئ بسبب انخفاض الطاقة، مما سمح بظهور فائض من المادة.

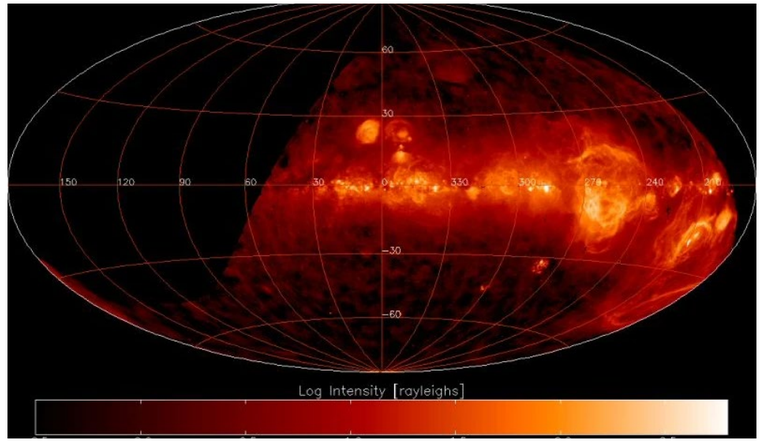
هذا هو الإطار الذي حاولتم استكشافه في نماذجكم مع شاتزمان وآخرين، صحيح؟

بالضبط. عملنا على هذا النموذج، حيث تخيلنا إمكانية فصل المادة والمادة المضادة في الكون، بما يشبه مزيجا من الزيت والخل. كنا نظن أنه يمكن أن تكون هناك مجرات بجانب مضادات مجرات دون أن يحدث تفاعل مباشر يؤدي إلى إفناء كامل.

هل هذا مشابه لنظرية «الكون البلازمي» لعالم الفيزياء هانز ألففين (Hannes Alfvén)، الحائز على جائزة نوبل عام 1970، والذي لم يكن يؤمن بنظرية الانفجار العظيم؟



مسرع الجسيمات LHC بمنظمة الأبحاث النووية الأوروبية CERN بجينيفا



«توزيع الهيدروجين المتأين (المعروف بـ H II) في الوسط بين النجمي لمجرة درب التبانة كما يُرى من نصف الكرة الشمالي للأرض (من مسح Wisconsin H-Alpha Mapper).»

نعم، لكنها تختلف قليلاً. نحن نؤمن بنموذج الانفجار العظيم، ونعتقد أن الكون بدأ بحالة من التوازن بين المادة والمادة المضادة في اللحظات الأولى. ومع ذلك، نعتقد أنه بعد هذه المرحلة، حدث تباين كبير في الكون، حيث أصبح هناك فائض طفيف من المادة على حساب المادة المضادة. هذا ما يُعرف بعمليات «توليد الباريونات (Baryogenesis) و»توليد اللبتونات» (Leptogenesis)، والتي يُعتقد أنها أدت إلى وجود هذا الفائض الطفيف من المادة الذي نراه اليوم.

إذن حتى اليوم، نفترض أن هناك فائضاً ضئيلاً من المادة، أليس كذلك؟

نعم، نحن نفترض أن هناك فائضاً من المادة بجزء من المليار. نحن قادرون على حساب ذلك من خلال مراقبة عدد الفوتونات في الخلفية الكونية، والتي تشير إلى وجود فائض طفيف جداً من المادة مقارنة بالمادة المضادة، وهو ما سمح للكون المادي الذي نعرفه اليوم بالاستمرار في الوجود. لا بد أن هذا الفائض الطفيف هو الذي حفظ المادة، ومع أننا موجودون هنا، فإننا مضطرون للاعتراف بوجوده، ولكن لم نتمكن بعد من معرفة السبب وراء هذا التباين.

بما أننا نرى هذا الفائض، يبدو من الضروري الاعتراف بوجوده. هل هناك أي تجارب لدعم هذه الفرضيات؟

نعم، نحاول رصد تباين صغير بين النيوترينو والنيوترينو المضاد، مثلما يتم في التجارب بمصادم الهدرونات الكبير (CERN)، لمعرفة ما إذا كان هناك اختلال بسيط في تماثل الشحنة والزوجية (CP Violation)، لكن لم يتم تأكيد ذلك بعد. الفرضيات الحالية تقتضي وجود عدم تماثل طفيف في البداية، لكنها لا تزال غير مثبتة بشكل قاطع.

هذا يقودنا إلى الظروف التي اقترحها «ساخاروف»، والتي تتضمن خرق تماثل CP صحيح؟

نعم، ساخاروف وضع شروطًا تتعلق بخرق تماثل الشحنة والزوجية، وفرضية عدم التماثل منذ البداية، ولكن ما زال السبب الأساسي لهذا التباين غير مفهوم تماماً. نحاول استكشاف هذه الظاهرة عبر تجارب عديدة، لكن الأسئلة ما زالت أكبر من الأجوبة.

اهتمام بعلم الفلك الراديوي

بعد اهتمامك الأولي بهذه المسائل، انتقلتِ إلى مواضيع أخرى

بعد هذه المرحلة، تعرفت على «بيير إنكرينا» (Pierre Encrenaz)، الذي كان يعمل في المدرسة العليا للأساتذة بباريس، وأخبرني عن تلسكوبات جديدة تُستخدم في مجال الرصد الراديوي بأطوال موجية مليمترية، وهو مجال لم يكن له نظير في فرنسا أو أوروبا آنذاك، بل كان في الولايات المتحدة. ذهبنا لإجراء ملاحظات باستخدام تلسكوب بقطر 12 مترًا في «كيت بيك»، وهو أكبر تلسكوب مخصص للموجات المليمترية في ذلك الوقت.

هل شكّل ذلك تغييراً جذرياً في مسيرتكِ البحثية؟

بالتأكيد، كان تجربة جديدة بالكامل، إذ انتقلت من العمل النظري في علم الكونيات إلى الرصد المباشر للجزيئات في الوسط بين النجمي (ISM). في ذلك الوقت، لم يكن من المعروف وجود العديد من الجزيئات في هذا الوسط، وكان يُعتقد أن كثافة الجزيئات قليلة جدًا بحيث لا تسمح بتكوينها، لكن مع تقدم الأبحاث، اكتشفنا أن الغبار يلعب دورًا في امتصاص الطاقة الزائدة أثناء اصطدام الذرات، مما يسمح بتكوين الجزيئات.

هل كانت هناك اكتشافات مثيرة نتيجة لهذه الأبحاث؟

نعم، بالتأكيد. اكتشفنا مجموعة واسعة من الجزيئات، مثل الكحول الإيثيلي والميثيلي، وأيضًا جزيئات معقدة مثل الأسيتون. بدأنا بما يشبه سباقًا لاكتشاف جزيئات جديدة، خاصةً في مجرة أندروميدا، حيث تمكنّا من تحديد جزيئات CO بعد عمليات بحث مضنية في الأذرع الحلزونية بعيدًا عن مركز المجرة.

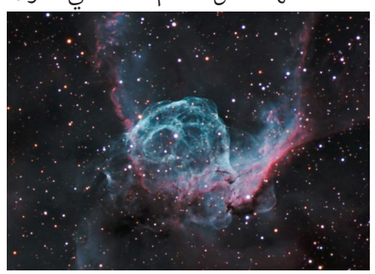
كيف أثرت هذه الاكتشافات على أبحاثكِ في ديناميكا المجرات؟

هذه الجزيئات ساعدتنا في فهم ديناميكا المجرات بشكل أعمق، خاصةً تلك التي تتركز في مراكز المجرات. بينما الهيدروجين الذري يساعد في دراسة الأجزاء الخارجية عبر طوله الموجي 21 سم، ولكن الجزيئات المليمترية تعطينا دقة أعلى لدراسة الأجزاء الداخلية مثل الأذرع الحلزونية ومراقبة الغاز الذي يُغذي الثقوب السوداء في مراكز المجرات.

المادة المظلمة

في مرحلة ما، انتقلتِ للاهتمام بالمادة المظلمة. حدّثينا عنها

بالفعل، قمنا بمحاكاة رقمية لدراسة تفاعلات المجرات، حيث وضعنا نماذج للمجرات في الحواسيب وحاولنا رؤية كيفية تفاعل الغاز الجزيئي وتكوين النجوم. وجدنا أن استقرار المجرات يتطلب وجود مادة غير مرئية تسهم في تماسكها، فأطلقنا على هذه المادة اسم «مادة مظلمة»، وهي شفافة بالكامل، لا تمتص الضوء ولا تصدره وتوجد في الغالب عند حواف المجرات، مما يجعلها ضرورية لاستقرار المجرة. من خلال المحاكاة، اكتشفنا أنها تُشكل معظم الكتلة في الكون، لكن طبيعتها ما زالت مجهولة.



NGC 2359: سحابة جزيئية تعرف باسم سديم خوذة ثور (Thor's Helmet)، وهي عبارة عن مادة بين نجمية .

هل توصّلتم لمعرفة المزيد عن طبيعتها عبر المحاكاة؟

أظهرت المحاكاة أن هذه المادة المظلمة ليست باريونية، بل مادة مختلفة تماماً عن المادة العادية. وأكدت حسابات التركيب النووي الأولي (Primordial Nucleosynthesis) أن المادة العادية تشكل سوى 5 % من الكون، بينما تُشكل المادة المظلمة 25 % من الكتلة الكونية، مع ذلك، لا تزال طبيعتها غامضة.

إذن، المادة المظلمة تُعد لغزًا كبيرًا، ونحن نعتمد على المحاكاة لدراسة تأثيرها في الكون؟

نعم، المحاكاة تساعدنا على دراسة أثرها، خاصة في مناطق لا يمكننا إجراء تجارب مباشرة فيها. المادة المظلمة تبقى من أكبر الألغاز، وقد تكون حلًا لفهم ديناميكا الكون ومجراته بشكل أعمق.

كانت فترة أبحاثك حول المادة المظلمة متزامنة مع أبحاث فيرا روبين. ما هو دورها في هذا المجال؟

نعم، فيرا روبين كانت تركز على الإشارات الضوئية، تحديداً على خطوط هيدروجين المعروف بخط بالمير «H Alpha» التي تُصدرها النجوم الجديدة المتشكلة وتساعد على تأيين الغاز، ما يسمح بمراقبة ديناميكا المجرة من خلال قياس منحنى الدوران.

فيرا روبين، العالمة الفلكية التي قدمت أدلة حاسمة على وجود المادة المظلمة من خلال دراسة دوران المجرات، مما فتح آفاقًا جديدة لفهمنا للكون.

وقد أظهرت من خلال دراساتها أن دوران المجرة يظل ثابتًا على أطرافها، بينما كان من المتوقع أن تنخفض السرعة كما يحدث بالنسبة للكواكب في النظام الشمسي وفقاً لقوانين كبلر، حيث تقل السرعة كلما ابتعدنا عن المركز. كانت نتائجها في هذا المجال رائدة في فترة السبعينات. ركّزت فيرا روبين في دراساتها على الهيدروجين المتأين في المجرات في الميدان الضوئي، لكن لا يكشف هذا عن المادة غير المرئية بوضوح. للحصول على المزيد من المعلومات، احتجنا إلى الرصد في الميدان الراديوي، وتحديداً عبر الهيدروجين الذري بطول موجي قدره 21 سم. وقد استُخدمت في ذلك الوقت تلسكوبات كالتلسكوب الهولندي وستر بورد (Westerbork)، حيث قام العديد من الباحثين الهولنديين مثل ألبرت بوسما (Albert Bosma) وزملائه بقياس منحنيات الدوران للمجرات البعيدة، ومن خلال هذه القياسات، وجدنا أن منحنيات الدوران تظل ثابتة في مسافات أبعد بكثير من المناطق المضيئة في المجرة، وهو ما يدعم فكرة وجود مادة غير مرئية.

للأسف، توفيت فيرا روبين قبل أن تحصل على جائزة نوبل، بالرغم من أنها تعتبر «سيدة المادة المظلمة» إلى حد ما. ما رأيكِ، هل كانت تستحق هذه الجائزة؟

نعم، أعتقد أنها كانت تستحقها. لقد كانت من الأوائل الذين أظهروا الأدلة على المادة المظلمة، خاصة في البداية عندما كانت منحنيات الدوران غير مؤكدة تمامًا وكانت تُقابَل بالكثير من الشك. لكن روبين كانت مؤمنة بعملها، ولعبت دورًا رئيسيًا في إقناع المجتمع العلمي بوجود المادة المظلمة. ومع تقدم التكنولوجيا أصبح من الأسهل إثبات ذلك، لكن في البداية كانت هناك حاجة إلى قوة إيمان وتصميم.

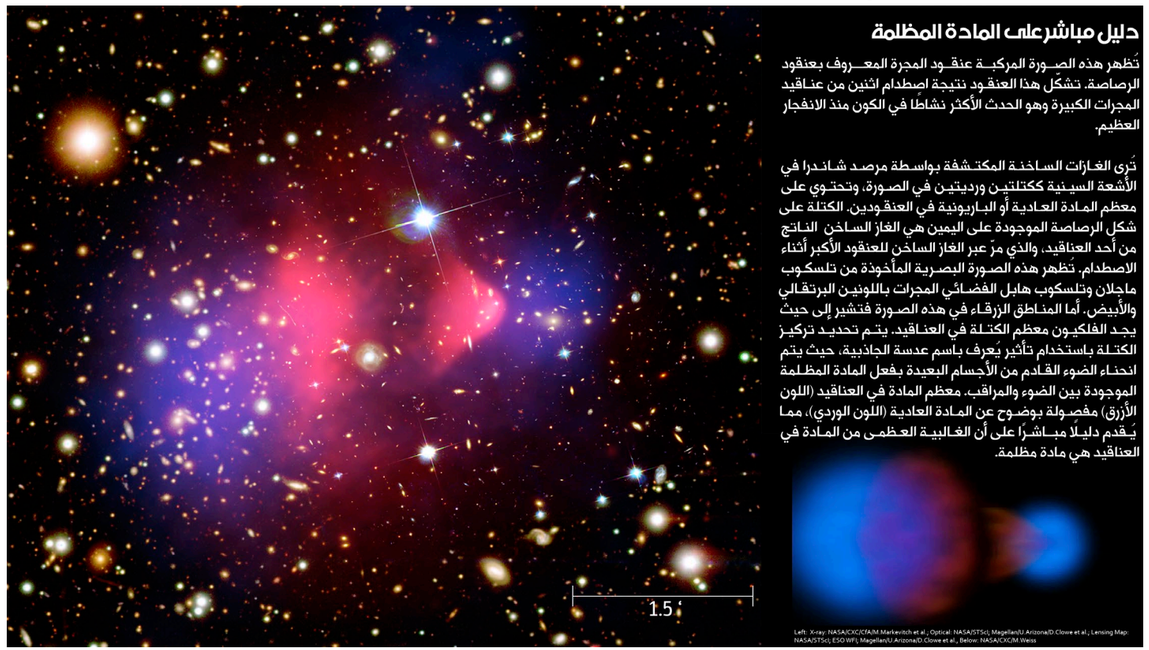
هناك مجرات يبدو أنها تفتقر إلى المادة المظلمة. ما سبب ذلك؟ ولماذا توجد مجرات قزمة تحتوي على نسبة كبيرة من المادة المظلمة مقارنة بأخرى أكبر مثل درب التبانة؟

هذا أيضًا موضوع معقد. بعض المجرات القزمة تبدو محملة بكميات هائلة من المادة المظلمة، وهو ما يعطيها ثباتًا في هيكلها رغم حجمها الصغير. لكن اكتشاف مجرات دون مادة مظلمة كان مفاجئًا للغاية. ربما

دليل مباشر على المادة المظلمة

تُظهر هذه الصورة المركبة عنقود المجرة المعروف بعنقود الرصاصة. تشكّل هذا العنقود نتيجة اصطدام اثنين من عناقيد المجرات الكبيرة وهو الحدث الأكثر نشاطًا في الكون منذ الانفجار العظيم.

تُرى الغازات الساخنة المكتشفة بواسطة مرصد شاندرا في الأشعة السينية ككتلتين ورديتين في الصورة، وتحتوي على معظم المادة العادية أو الباريونية في العنقودين. الكتلة على شكل الرصاصة الموجودة على اليمين هي الغاز الساخن الناتج من أحد العناقيد، والذي مرّ عبر الغاز الساخن للعنقود الأكبر أثناء الاصطدام. تظهر هذه الصورة البصرية المأخوذة من تلسكوب ماجلان وتلسكوب هابل الفضائي المجرات باللونين البرتقالي والأبيض. أما المناطق الزرقاء في هذه الصورة فتشير إلى حيث يجد الفلكيون معظم الكتلة في العناقيد. يتم تحديد تركيز الكتلة باستخدام تأثير يُعرف باسم عدسة الجاذبية، حيث يتم انحناء الضوء القادم من الأجسام البعيدة بفعل المادة المظلمة الموجودة بين الضوء والمراقب. معظم المادة في العناقيد (اللون الأزرق) مفصولة بوضوح عن المادة العادية (اللون الوردي)، مما يقدم دليلًا مباشرًا على أن الغالبية العظمى من المادة في العناقيد هي مادة مظلمة.



تكون هذه المجرات قد عرفت اضطرابات جاذبية قوية مع مجرات أخرى مجاورة لها، مما أدى إلى فقدان مادتها المظلمة. نحن بحاجة إلى مزيد من البيانات للوصول إلى فهم أعمق.

وماذا عن العنقود المجري الرصاصة (Bullet Cluster) الذي يبدو وكأنه يتحدى تفسير الجاذبية المعدلة؟

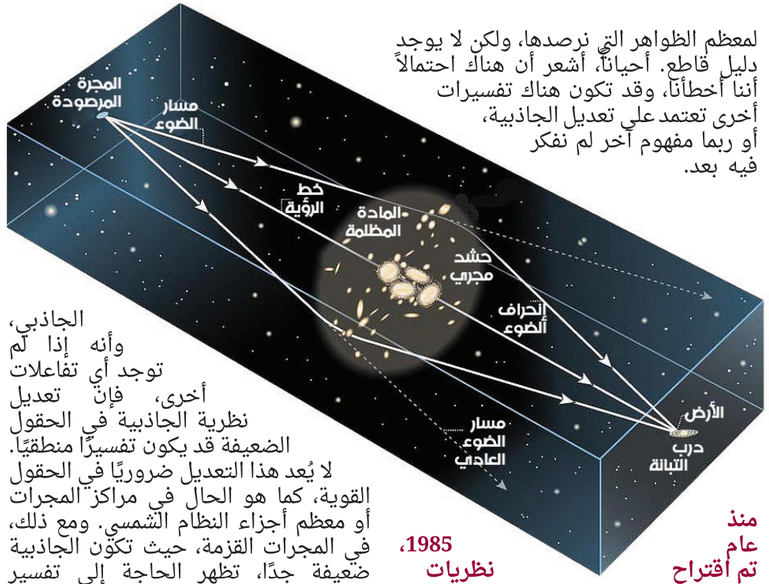
هذا الوضع لا ينطبق فقط على عنقود «الرصاصة»، بل هو حال جميع العناقيد المجرية. في هذه التجمعات، يكون الحقل الجاذبي قويًا نسبيًا، مما يمنع الجاذبية المعدلة من أن تكون فعّالة بما يكفي لتمثيل المادة المظلمة بشكل كامل. على الرغم من أن الجاذبية المعدلة تحسّن تفسير المشكلة إلى حد ما، إلا أنها لا تقدم حلاً شاملاً. نظرية الجاذبية المعدلة التي تنجح في تفسير سلوك المادة المظلمة على مستوى المجرات الفردية لا تعمل بالكفاءة نفسها على مستوى التجمعات المجرية، وهذه الملاحظة معروفة منذ البداية. عنقود «البوليت» ليس استثناءً، لكنه يبرز بشكل خاص لأن المادة المظلمة فيه تبدو منفصلة قليلاً عن المادة المرئية. مع ذلك، هذا ليس أمرًا غير متوقع، فعلى سبيل المثال، في مجرة درب التبانة، المادة المرئية تتركز في المركز، بينما تميل المادة المظلمة إلى الانتشار نحو الحواف. في الخلاصة، انفصال المادة المظلمة ليس المشكلة الرئيسية، فالتحدي الحقيقي يكمن في أن التجمعات المجرية تتمتع بحقول جاذبية قوية جدًا، مما يجعل الجاذبية المعدلة غير قادرة على تمثيل المادة المظلمة بشكل كامل. هذه القضية لا تزال موضوع دراسة مستمرة لتطوير تفسير أعمق وأكثر شمولًا.

نظريات بديلة

لدي سؤال قد يكون حساسًا نوعا ما. لاحظتُ في بعض مقالاتك أنك تبدين متشككة بشأن اعتبار المادة المظلمة الحل الأمثل لشرح ديناميكا الكون. ما تعليقك؟

نعم، أعتقد أنه من الجيد دائماً أن نُبقي الباب مفتوحاً للشك. نحن نفترض وجود المادة المظلمة لأنها تقدم تفسيراً مناسباً

صورة للشبكة الكونية، حيث تتوزع المادة المظلمة والمجرات في خيوط ضخمة تربط عناقيد المجرات ببعضها البعض، مما يكشف عن الهيكل الكبير للكون.



لمعظم الظواهر التي نرصدها، ولكن لا يوجد دليل قاطع. أحيانًا، أشعر أن هناك احتمالاً أننا أخطأنا، وقد تكون هناك تفسيرات أخرى تعتمد على تعديل الجاذبية، أو ربما مفهوم آخر لم نفكر فيه بعد.

منذ عام 1985، تم اقتراح نظريات حول التناظر الفائق (Supersymmetry) ومرشحات للمادة المظلمة، مثل النيوترالينو. هل كان هناك تقدم في هذا المجال؟

بالفعل، تم اعتبار النيوترالينو (Neutralino) كمرشح مناسب، وجرى البحث عنه لعقود باستخدام كاشفات متقدمة. لكننا لم نتمكن من العثور عليه، رغم رفع حدود الطاقة في تجارب مثل مصادم الهدرونات الكبير (LHC) إلى أضعاف كتلة البروتون. في الحقيقة، يبدو أنه ليست هناك جسيمات تناظرية يمكن أن تكون مادة مظلمة كما افترضنا.

إذن، شكوكك لا تتعلق بنقص المرشحين فقط، بل أيضًا بفشل النظريات الحالية في تقديم دليل ملموس، أليس كذلك؟

بالضبط. في البداية، كنا متحمسين لنظريات التناظر الفائق لأنها كانت تبدو واعدة، لكن مع مرور الزمن، لم نجد أي دليل يدعم وجود هذه الجسيمات. هذا الفشل التجريبي يجعلنا نتساءل عما إذا كنا بحاجة فعلية للمادة المظلمة. من جهة أخرى، الأدلة الملاحظة مثل تأثير العدسة الجاذبية ومنحنيات دوران المجرات تشير إلى وجود شيء غير مرئي، لكن ربما يكون تفسيره فيزيائيًا وليس عن طريق جسيمات غير مكتشفة.

هل تعتقدين أن تعديل نظرية الجاذبية قد يكون هو الحل بدلاً من المادة المظلمة؟

قبل نحو 30 عامًا، قدم ميلغروم (M. Milgrom) فرضيته أن الطريقة الوحيدة للكشف عن المادة المظلمة تتمثل في تأثيرها الجاذبي، وأنه إذا لم توجد أي تفاعلات أخرى، فإن تعديل نظرية الجاذبية في الحقول الضعيفة قد يكون تفسيرًا منطقيًا. لا يُعد هذا التعديل ضروريًا في الحقول القوية، كما هو الحال في مراكز المجرات أو معظم أجزاء النظام الشمسي. ومع ذلك، في المجرات القزمة، حيث تكون الجاذبية ضعيفة جدًا، تظهر الحاجة إلى تفسير وجود المادة المظلمة بدءًا من مركزها، إذ تحتوي هذه المجرات على نسبة أعلى من المادة المظلمة مقارنة بالمادة العادية. هذه الفرضية ليست جديدة تمامًا؛ فقد أشار زويكي (F. Zwicky) سابقًا إلى إمكانية تعديل قانون الجاذبية كأحد التفسيرات الممكنة، وفي تاريخ دراسة النظام الشمسي، استخدم لوفيرييه (Le Verrier) حركة الكواكب الأخرى لحساب موقع كوكب نبتون. ومع ذلك، عندما حاول تطبيق النهج ذاته لتفسير حركة كوكب عطارد، لم ينجح. لاحقًا، قدّم أينشتاين تفسيرًا لهذه الحركات من خلال نظريته النسبية العامة التي أعادت صياغة مفهوم الجاذبية بشكل كامل. من هذا نستنتج أن هناك احتمالين رئيسيين: إما وجود مادة غير مرئية لم نرصدها بعد، أو أن قانون الجاذبية بحاجة إلى تعديل.

هل هناك جسيمات أخرى مرشحة للمادة المظلمة؟

نعم، لدينا مرشح آخر يُعرف باسم «الأكسيون» (Axion)، وهو جسيم بوزوني قد يفسر المادة المظلمة عبر محاكاة المجرات ذات الكثافة المنخفضة. لكن مشكلة الأكسيون هو طول موجة دي

عدسة تجاذبية تُظهر تأثير انحناء الضوء حول مجرة ضخمة، مما يشكل ما يُعرف بـ «حلقة آينشتاين».

بروي (De Broglie) المرتبط به ويساوي حوالي 3000 سنة ضوئية، مقارنة بالطول الموجي الجسيمي العادي البالغ 10^35- سنتيمتر. مع الكثير من التقلبات الكمومية واسعة النطاق التي تستمر مع الزمن، مما يؤدي إلى حالة عدم استقرار في المجرات، حيث تتسبب هذه التقلبات في تسخين الأقراص المجرية ومنع تكوّن الأقراص الرقيقة المرصودة في العديد من المجرات الحلزونية. نحن نعمل على محاكاة المادة المظلمة باستخدام الأكسيونات، لكننا أيضًا ندرس تعديلات الجاذبية. رغم ذلك، يبقى الأكسيون أحد أبرز المرشحين لمحاكاة المادة المظلمة. إلى جانب ذلك، نعمل على اختبار نظريات الجاذبية المعدلة التي نجحت في تفسير منحنيات دوران المجرات بدقة كبديل للنسبية العامة في تفسير العدسات الجاذبية وظواهر كونية أخرى.

هل تعمل هذه النماذج المعدلة للجاذبية بشكل جيد مع الظواهر الفلكية الأخرى؟

نعم، في الواقع تعمل بشكل جيد للغاية في تفسير منحنيات دوران المجرات، ولدينا أيضًا نموذج متغاير (Covariant Model) لاستبدال النسبية العامة يشرح تأثير العدسة التجاذبية. هذه النظريات لا تزال بحاجة لمزيد من الدراسة، لكنها تفتح الباب أمام تفسيرات بديلة ومثيرة للاهتمام. فهناك مثلا نظرية تُسمى «TeVeS» وهي تعديل على نظرية الجاذبية العامة لأينشتاين، حيث كانت هذه الأخيرة بسيطة جدًا في مصفوفاتها المترية، إذ تحتوي فقط على العناصر القطرية. في الواقع، يمكننا افتراض وجود عناصر أخرى في المصفوفة، مثل التنسور، بالإضافة إلى مجال شعاعي وحقل عددي لم يضفه أينشتاين. على الرغم من أن هذه النظرية ليست مكتملة بعد، فإن هناك بعض العيوب الصغيرة، لكنها تتحسن تدريجيًا. في الواقع، لا يعمل عليها الكثير من الأشخاص، مما يبطئ تقدمها. بذلك، تم حل مشكلة تكوين المجرات في المراحل المبكرة للكون.

هل تواجه النظريةِ أي تحديات عند تطبيقها على تشكّل المجرات؟

نعم، من التحديات الكبرى هي تفسير تشكُّل المجرات في بدايات الكون. في النموذج القياسي، تقوم المادة المظلمة بتكثيف المادة العادية قبل أن تتمكن الأخيرة من التفاعل مع الضوء، وهو ما يسمح بتشكل المجرات. أما في «TeVeS»، فنحتاج إلى ضبط بعض المتغيرات لتوفير جاذبية قوية بما يكفي لتشكيل المجرات بسرعة، وقد تم مؤخرًا إثبات أن هذا ممكن من خلال ضبط متغيرات النظرية.

منذ إطلاقه، أرسل تلسكوب جيمس ويب الفضائي صورًا وأطيافًا مفصلة لمجرات تعود إلى زمن كان فيه عمر الكون 900 مليون سنة فقط.

المجرات ذات شريط مركزي

نعود الآن للحديث عن مسيرتك في علم الفلك. كيف بدأتِ الاهتمام بديناميكا المجرات، وما هو دورك في أبحاث تفاعلات المجرات؟

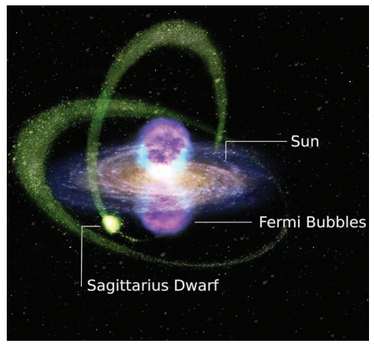
لقد بدأت منذ البداية بالتركيز على ديناميكا المجرات، وقمنا بدراسة تفاعلاتها وتأثير هذه التفاعلات على تكوين النجوم. على سبيل المثال، درسنا كيفية تشكّل الأشرطة المجرية، التي هي أطراف داخلية لبعض المجرات الحلزونية. توسط النواة. في البداية، كان يُعتقد أن الأشرطة تتكون من تراكم النجوم، لكن من خلال المحاكاة العددية، توصلنا إلى أنها ليست إلا موجات كثافة، وليست تكوينات مادية بحد ذاتها. كانت هذه المحاكاة ثنائية الأبعاد في البداية، لكن لاحقاً قمنا بإجراء محاكاة ثلاثية الأبعاد. لقد كانت حاسمة، إذ اكتشفنا أن الأشرطة تخلق نوعًا من الرنين العمودي يدفع النجوم خارج مستوى المجرة عند نصف قطر معين، مما يعطي شكلًا شبيهًا بالفستق أو الكعكة عند النظر إلى المجرات من الجانب. هذا الاكتشاف كان مدهشاً، خاصة وأن هناك مجرات تظهر بهذا الشكل، وقد أطلق على إحداها بالفعل اسم«مجرة الفستق» (Pistachio Galaxy).

إذن، هذه البنية كانت ناتجة عن تفاعل النجوم مع الأشرطة، مما يدفع النجوم خارج مستوى المجرة؟

بالضبط. الأشرطة في المجرات تتفاعل مع النجوم بطريقة تجعلها تتوزع بشكل غير متساوٍ، وهذا يعطيها شكل الفستق. وعندما ننظر إلى مجرات معينة من زاوية معينة، نرى هذه البروزات التي تُشكل كعكة أو فستقا. هذا الاكتشاف ساعد في فهم ديناميكيات المجرات وتكوينها بشكل أعمق، وأثبت أن تفاعلات النجوم مع الموجات الداخلية للمجرة تخلق هذه البنى الفريدة.

تحدثتِ عن كيفية تكوين الأشرطة في المجرات، وأشرتِ إلى أنها تلعب دورًا في تشكيل «الفقاعات» المجرية، هل يمكنكِ توضيح المزيد حول هذا الموضوع؟

نعم، لقد اكتشفنا أن الأشرطة تقوم بدفع النجوم بعيداً عن مستوى المجرة، مما يؤدي إلى تشكيل فقاعات. هذه الفقاعات تختلف عن فقاعات أشعة جاما، مثل فقاعات «فيرمي» التي تتكون من الغاز المنبعث من الرياح الصادرة من الثقوب السوداء الهائلة. الفقاعات التي أشير إليها هنا هي فقاعات نجمية تتكون بفعل التأثيرات الجاذبية للقضبان، وليست ناتجة عن الغاز أو الإشعاعات.



فقاعات فيرمي المتكونة من أشعة غاما، وتوزع النجوم على شكل فقاعات في مجرة درب التبانة.

وهل كل المجرات تحتوي على قضبان؟ هناك من يقول إن الأشرطة لا تزال تشكل لغزاً كبيراً، فهل هذا الرأي منتشر بين العلماء؟

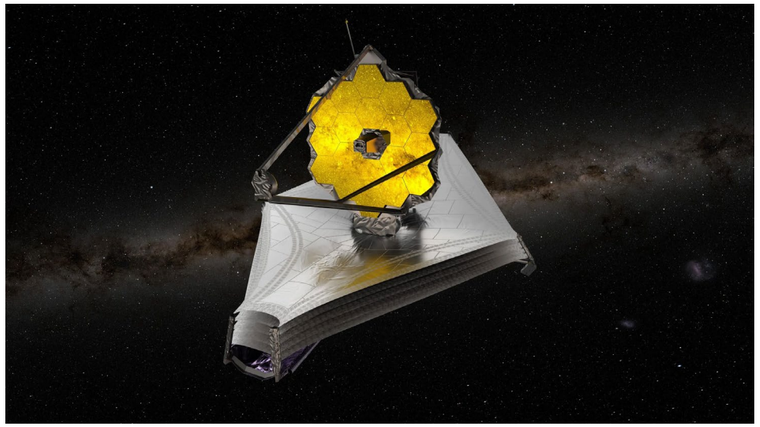
حوالي ثلثي المجرات تحتوي على قضبان، وهي شائعة جدًا في الكون. صحيح أن بعض الأشرطة قد تكون صغيرة أو يصعب تمييزها ولا أعتقد أن الأشرطة تمثل لغزًا كبيرًا الآن. لقد أجرينا محاكاة لآلاف المجرات ورأينا كيف تتشكل الأشرطة وتنهار. هذا الفهم لا يزال يحتاج إلى تحسينات طفيفة، ولكن فكرة أن الأشرطة لغز كبير هي مبالغة في رأيي. أما تدمير الأشرطة، فيتم فعندما يصل الغاز إلى المركز الشريط، فينقل إليه الزخم الزاوي سلبي، مما يؤدي إلى إضعافه تدريجيًا ثم زواله.

إذن، يمكن القول بأن هناك عددا من المراحل التي تمر عليها الأشرطة من تشكل إلى تدمير بصفة دورية؟

بالضبط. بعد انهيار الأشرطة بسبب تبادل العزم الزاوي مع الغاز، يحدث عدم استقرار جاذبي يعيد تنشيط العملية بسبب البرودة الشديدة للغاز الذي وصل إلى المركز. هذا يجعل المجرة غير مستقرة، مما يؤدي إلى تكوين قضبان جديدة. هذه الديناميكية الدورية تتكرر عدة مرات في المجرة، ولدينا محاكاة عددية توضح هذه المراحل. لكن بفضل التلسكوبات مثل «هابل» و«جيمس ويب»، أصبحنا قادرين على رصد الأشرطة حتى في المجرات البعيدة جدًا، وحتى في بدايات الكون، حيث أظهر «جيمس ويب» أن الأشرطة كانت موجودة منذ بداية تشكل الكون.

لننتقل إلى الجانب التاريخي. متى اكتشف العلماء أن هناك مجرات خارج مجرتنا ولماذا كانت هناك صعوبة في تقبل فكرة وجودها؟

في الواقع، كانت هنريتا ليفيت أول من اكتشف النجوم المتغيرة من نوع القيفاويات



تلسكوب جيمس ويب الفضائي.

(Cepheids)، ثم حاول إدوين هابل لاحقًا التحقق من وجود مثل هذه النجوم في سديم أندروميدا. وبالفعل، تمكن من اكتشافها، مما أدى إلى إثبات أن سديم أندروميدا، الذي كان يُعتقد سابقًا أنه مجرد سحابة غازية مثل سديم الجبار أوريون، هو في الحقيقة مجرة مستقلة عن درب التبانة. لم يُثبت وجود مجرات خارج مجرتنا بشكل قاطع إلا في عام 1924. في العشرينيات من القرن الماضي، كان هناك جدل كبير حول طبيعة هذه «المجرات الخارجية»، ولم يكن الجميع متفقًا على أنها مجرات منفصلة، بل كان يُعتقد أنها مجرد سحب أو سديم حلزوني. وفي الجدال الشهير بين كورتيس وشابيلي (Curtiss and Shapley)، لم يكن هناك اتفاق نهائي. مع ذلك، فإن وصفها بـ«الخارجية» ربما ليس دقيقًا، لأن أي مجرة هي بالضرورة خارجية بالنسبة لمجرتنا.

كانت هذه الاكتشافات بمثابة تحول في فهمنا للكون

بالفعل. اكتشاف القيفاويات في أندروميدا فتح الباب لفهم وجود مجرات أخرى خارج درب التبانة، وتلا ذلك إثبات توسع الكون. هذه الاكتشافات غيّرت تمامًا تصورنا للكون،

مرصد SKA بجنوب إفريقيا

حيث تحولت الفكرة من كون «درب التبانة» هي الكون بأكمله إلى إدراكنا أن هناك مليارات المجرات الأخرى.

الكون المبكر بأعين علم الفلك الراديوي

فيما يتعلق بالفصول الأخيرة من مسيرتك العلمية ما هي اهتماماتك البحثية الحالية؟

بعد دراسة الأشرطة وتفاعلات المجرات أصبحت مهتمة بالمجرات ذات الانزياح الأحمر الكبير عندما اكتُشف في التسعينيات وأوائل الألفية إمكانية رصد الجزيئات على مسافات بعيدة جدًا. على عكس الهيدروجين الذري، الذي يضعف انتقاله عند المسافات الكبيرة. أدركنا أن بإمكاننا رصد الجزيئات على مسافات بعيدة جدًا، بفضل جزيء CO الذي يعمل كدليل على وجود جزيء الهيدروجين H2. جزيء H2 بحد ذاته غير قابل للرصد بسبب طبيعته المتناظرة، لذلك نستخدم CO كبديل، فهو يمتلك مستويات طاقة متعددة يمكننا من خلالها تتبع طاقة المجرة. هذا يتيح لنا اكتشاف جزيئات CO حتى عند الإزاحة الحمراء العالية جدًا، قرب نشوء الكون. هذا الاكتشاف ساعدنا على معرفة أن المجرات الأولى التي تشكلت قبل 13 مليار سنة كانت غنية بالغاز.

في بداية تشكل المجرات، كانت تتكون بالكامل تقريبًا من الغاز، الذي بدأ تدريجيًا في تشكيل النجوم. أما اليوم، فلا تحتوي المجرات إلا على 10% أو أقل من الغاز، مقارنة بـ 40% في بداية الكون. هذا التغير الجذري في تكوين المجرات يعكس تطور الكون، وقد تمكنت الأبحاث من توثيقه بدقة.

إذن هل هناك إجماع حول تكوّن المجرات؟ هل كانت تتكون فقط من الغاز في البداية

أم أن النجوم كانت موجودة منذ البداية؟

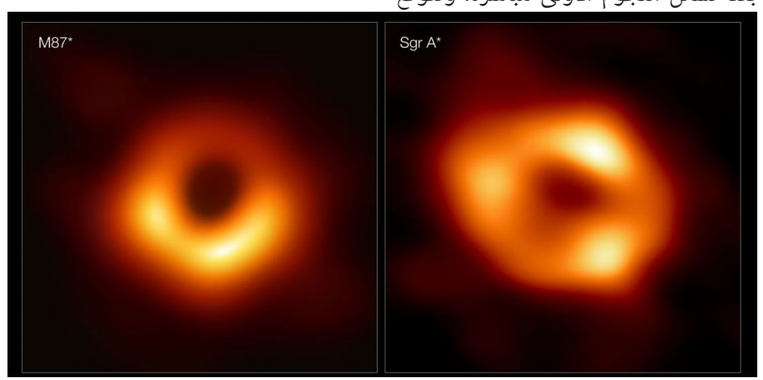
في الواقع، عند تشكل الكون، كانت المادة المظلمة هي التي تشكلت أولاً قبل أن توجد أي مادة باريونية كالغاز والنجوم. كانت هذه المادة تشكل مجرات من المادة المظلمة دون أي باريونات، لأن الباريونات كانت لا تزال تتفاعل مع الفوتونات وكانت في حالة بلازما متأينة، مما جعلها غير قادرة على التجمع وتشكيل النجوم. بعد نحو 380,000 سنة من الانفجار العظيم، حدثت «إعادة التركيب» (Recombination) حيث اندمجت البروتونات والإلكترونات لتكوين الهيدروجين. بعد هذه المرحلة، انفصل الغاز عن الضوء، وأصبح بإمكان الغاز أن يسقط في حقول جاذبية المادة المظلمة المتكونة مسبقاً، مُشكلاً بذلك مجرات غازية.

إذن، المادة المظلمة كانت تشكل أولى التراكيب في الكون، مما ساهم في جذب الغاز لتشكيل النجوم بعد عملية إعادة التركيب؟

بالضبط. بدون وجود تلك الحقول الجاذبية للمادة المظلمة، لم يكن هناك وقت كافٍ لتشكيل المجرات قبل توسع الكون. وجود المادة المظلمة هو ما أتاح للغاز أن يتكثف في هذه الحقول الجاذبية ويبدأ في تشكيل النجوم.

تحدثتِ عن عمليات إعادة التأين التي تحدث بعد تشكل أولى النجوم. كيف تسير عملية الكشف عن هذا التأين المبكر باستخدام التقنيات الحالية؟

نعم، إننا الآن نستخدم إشعاع بطول موجة 21 سنتيمترا، والذي سينزاح نحو الأحمر إلى أن يصبح طوله الموجي حوالي مترين عند z=10 . نحاول اكتشاف هذا الإشعاع باستخدام أدوات متطورة مثل «لوفار» (Lofar) و«SKA» الذي يُبنى حاليا في جنوب إفريقيا وأستراليا، سنتمكن من استكشاف فترة إعادة التأين التي حدثت بعد تشكل النجوم الأولى مباشرة، ونتوقع



صور حقيقية من EHT للثقبين الأسودين العملاقين، الأول في قلب مجرتنا درب التبانة والثاني في مجرة M87

استكمال هذه الأبحاث بحلول عام 2028. وصلنا الآن إلى z= 14.3 الانزياح نحو الأحمر. باستخدام تلسكوب جيمس ويب JWST، اكتشفنا العديد من المجرات الضخمة عند انزياحات حمراء عالية، وبشكل يفوق ما توقعناه بعشر مرات. هذا يدفعنا إلى إعادة التفكير في النموذج القياسي للكون. فعلى الرغم من وفرة الغاز في الكون، إلا أن نسبة ضئيلة فقط تتحول إلى نجوم داخل المجرات. نعتقد أن 80 % من الغاز يتم قذفه إلى خارج المجرات، وهذا يعطينا فهمًا جديدًا حول دور الثقوب السوداء الفائقة في المجرات، حيث يبدو أنها تلعب دورًا رئيسيًا في التحكم بتشكل النجوم، فوجود هذا العدد الكبير من الثقوب السوداء الهائلة في المجرات في وقت مبكر من الكون يعطينا أدلة قوية حول تأثيرها في تطور المجرات.

مصادر إلهام : علم الفلك كعشق وهواية

الآن دعينا نعود قليلاً إلى بداية مسيرتك ونركز على جانبك الشخصي والملهم. لا أعتقد أننا تناولنا هذا الجانب بما يَكفي. هل يمكنك أن تخبرينا قليلاً عن الأشياء التي ألهمتك لتختاري هذا المسار في مجال الفيزياء الفلكية؟

في بداية مسيرتي المهنية، لم أكن أدرك أن هناك فرقًا كبيرًا بين الرجال والنساء في هذا المجال. في ذلك الوقت، كانت نسبة النساء في الفيزياء الفلكية تصل إلى 30 %، وهي نسبة جيدة. لذا، لم أشعر أنني أقلية. لكن مع مرور الوقت، أصبحت بعض الأمور واضحة كالصعوبات التي تواجهها النساء في الصعود إلى مراتب عليا. لكن هذا لم يكن عائقًا أمام شغفي؛ فالعمل في هذا المجال كان بالنسبة لي أشبه بهواية.

يبدو أن الدعم العائلي كان جزءًا هامًا في مسيرتك، لكن كيفَ أثر العمل الدائم والسفر المستمر على حياتك الشخصية وعائلتك ؟

نعم، كان زوجي داعمًا جدًا، خصوصًا عندما كنا نسافر لأجل الأبحاث. في البداية، كان علينا السفر إلى الولايات المتحدة الأمريكية لعدد من مرات في السنة، وأيضًا إلى تشيلي لأجل الرصد الفلكي. لاحقًا، حصلنا على تلسكوبات في أوروبا IRAM في إسبانيا وبجنوب فرنسا. تحسنت الأمور قليلاً وقللنا من السفر. في كل مرة كنت أغادر كان زوجي يتولى رعاية الأطفال أثناء سفري، وقد ساعدني ذلك كثيرًا. الآن لم نعد بحاجة للسفر لإجراء الرصد الفلكي، حيث يمكننا التحكم عن بُعد عبر الإنترنت. بإمكاننا الرصد من منازلنا حيث نقوم بإرسال برامجنا ونستلم البيانات مباشرة، مما يسهل العمل كثيرًا. بالرغم من التقنيات الحديثة، يبقى التواصل الشخصي مهمًا للغاية. مثلًا، حضرنا في الصيف الماضي مؤتمرًا في إيطاليا، وفي أغسطس الفارط شاركتُ في الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي بجنوب أفريقيا، وستكون هذه فرصة تاريخية للحديث عن مشروع تلسكوب «SKA» الذي يجري تطويره هناك. هذه الاجتماعات تشكل فرصًا غنية للتفاعل وتبادل الأفكار مع العلماء من جميع أنحاء العالم.

محطات تلسكوب أفق الحدث الموزعة حول الأرض

يبدو أنك تركزين بشكل كبير على الجانب العلمي وتبتعدين عن العمل الإداري. لم أرَ لك أيّ دور إداري في الجامعة، لماذا؟

لم يكن لي اهتمام بالأدوار الإدارية؛ بالنسبة لي، كان الجانب العلمي هو الأهم. لقد طُلب مني تولي مناصب إدارية عديدة، لكنني دائمًا كنتُ أرفض لأني كنت أُفضّل البحث العلمي. مع ذلك، قمت ببعض المهام الإدارية المحدودة مثل رئاسة لجنة «SF2A» كما شاركت في العمل الأكاديمي لمدة عشرين عامًا، حتى أصبحت نائبة رئيس الأكاديمية منذ عامين، وسأتولى رئاسة الأكاديمية في شهر جانفي المقبل. سيكون هذا تحديًا كبيرًا، فهو دور مهم للغاية ويمتد لعامين. أيضًا كنت رئيسة قسم في الاتحاد الفلكي الدولي (IAU)، لكنني لم أرغب أبدًا في إدارة قسم ضمن المركز الوطني للبحث العلمي (CNRS) لأن ذلك يعني التضحية بالبحث العلمي. لم أرد أبدًا أن يكون البحث في المرتبة الثانية، لذلك أظل دائمًا أضع البحث في الأولوية، مع القيام ببعض الأعمال الإدارية.

هل ندمت يومًا على اختيارك مجال الفلك بدلاً من الفيزياء؟

أبدًا، في الحقيقة الفيزياء الفلكية أكثر ديناميكية من الفيزياء التقليدية، خاصة فيما يتعلق بالاكتشافات الجديدة. لقد حقق الفيزيائيون فيزياء الجسيمات إنجازًا مهمًا عندما اكتشفوا بوزون هيغز عام 2012، لكن لم تكن هناك اكتشافات مماثلة منذ ذلك الحين. بينما في الفيزياء الفلكية، تتعدد الاكتشافات الكبرى مثل المادة المظلمة والجسيمات الجديدة التي ترتبط ارتباطًا وثيقًا بعلم الكونيات. على سبيل المثال، اكتشاف اندماج الثقوب السوداء الذي ينتج موجات الجاذبية كان حدثًا محوريًا. كما تمكنّا من التقاط صورة لثقب أسود باستخدام تلسكوب «Event Horizon»، وهو إنجاز مذهل. وأيضًا في عام 1998، اكتشفنا أن توسع الكون يتسارع، مما أدى إلى طرح مفهوم الطاقة المظلمة التي تشكل حوالي 70 % من الكون. على صعيد آخر، نجد أن جوائز نوبل في الفيزياء غالبًا ما تتعلق باكتشافات في الفيزياء الفلكية، سواء كان ذلك للطاقة المظلمة أو لموجات الجاذبية، وحتى لاكتشاف الكوازارات والنجوم النابضة.

مصادر إلهام : علم الفلك كعشق وهواية

دعيني أسألك سؤالًا مباشرًا حول الطاقة المظلمة. هل تؤمنين فعلًا بوجود هذه الطاقة، أم لديك تحفظات حولها، كما هو الحال مع المادة المظلمة؟

الطاقة المظلمة تم اقتراحها فقط لتفسير تسارع توسع الكون. نحن بحاجة إلى شيء ذي تأثير طارد لشرح هذا التسارع؛ فبدونه، ومع وجود المادة فقط، سواء كانت مظلمة أم لا، كنا نتوقع أن يكون التوسع متباطئًا وليس متسارعًا، كما كان يُعتقد قبل اكتشاف هذه الظاهرة في 1998.

لكن سؤالي يدور حول ماهية هذه الطاقة، هل هي فعلاً «مادة» ما؟

حسنًا، حتى الآن، لا أحد يعرف تمامًا ماهية الطاقة المظلمة. من الممكن أن تكون مجرد ثابت كوني، كما تنبأ أينشتاين بذلك سابقًا. أينشتاين قدم هذا المفهوم للحفاظ على نموذج الكون الثابت، لكنه تخلى عنه لاحقًا بعد اكتشاف التوسع. وفي القرن العشرين، تم إلغاء فكرة الثابت الكوني عمدًا، لكن اكتشاف تسارع التوسع أعادها إلى الواجهة. سنتمكن باستخدام تلسكوب إقليدس الفضائي «Euclid» الذي يهدف إلى دراسة الطاقة المظلمة على نطاق واسع، وسنتمكن من دراسة 12 مليار مجرة في فترات زمنية مختلفة، مما سيتيح لنا فهم كيفية تغير سرعة التوسع عبر الزمن. فإذا كانت هذه الطاقة ثابتة، فقد تكون فعلاً ثابتًا كونيًا، أما إذا كانت متغيرة، فقد نحتاج إلى إعادة صياغة النظرية، وربما نقترح شيئًا مثل الجوهر الخامس (Quintessence) الذي سيكون طاقة بدون جسيمات أو كتلة. في حالة الطاقة المظلمة، نحن نعلم أن ليس لها كتلة تتفاعل فقط من خلال طاقتها وليس من خلال كتلتها. عندما نستخدم عدسات التجاذبية، ندرك أن الطاقة المظلمة لا تؤثر كالمادة لأنها لا تحتوي على كتلة. هي طاقة تنتشر في جميع أنحاء الكون وتؤدي دورًا طاردًا. ليست هناك حاجة للكتلة في هذا السياق، ولذلك هي مختلفة تمامًا عن أي جسيمات نعرفها.

أهمية تبسيط العلوم

نود أن نتحدث عن دورك في نشر العلوم وتبسيطها. العديد من العلماء ينشرون أبحاثهم في المؤتمرات الأكاديمية، لكنهم يغفلون غالبًا عن تبسيط العلوم للجمهور. برأيك، كيف يمكن جعل الفيزياء الفلكية متاحة ومفهومة للجميع؟

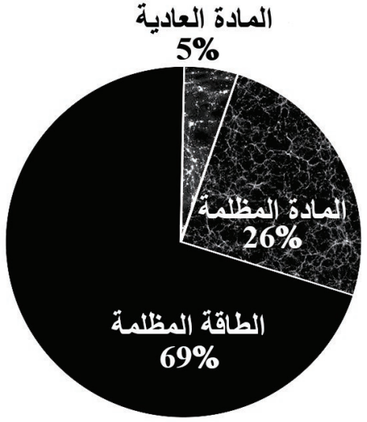
نعم، هذا موضوع مهم جدًا. كل الاكتشافات التي نحققها يجب أن تصل إلى الناس؛ فالعلم ليس حكرًا علينا، بل من المهم نشر الثقافة العلمية بين الجمهور، خاصة وأن الناس لديهم فضول كبير تجاه علوم الفلك. الفيزياء الفلكية، على عكس بعض التخصصات العلمية الأخرى، تثير الكثير من التساؤلات حول الكون وما يحدث فيه. نحن في هذا المجال نحظى بميزة جاذبية الموضوع ذاته، مما يجعل من واجبنا إيصال هذه المعرفة إلى الجمهور. لكن ليس كل باحث يمتلك القدرة على تبسيط العلوم. البعض يجد صعوبة في التخلص من اللغة العلمية المتخصصة، وقد يتجنب التبسيط إذا واجه تجارب سلبية في السابق، كعدم فهم الجمهور لما يحاول شرحه. التبسيط يتطلب جهدًا وتفانيًا لتقديم المعلومات بوضوح ودون تعقيد، وهو ما أستمتع به كثيرًا. أقدم محاضرات في «كلية فرنسا» (Collège de France) ، والتي أسست عام 1530 بهدف توفير التعليم لكل من يرغب وحول كل مواضيع، بغض النظر عن خلفيته العلمية على خلاف السوربون. نحن 45 أستاذًا في مجالات العلوم الإنسانية والفلسفة والعلوم البيولوجية والفيزيائية ولي كرسي الفيزياء الفلكية. لدينا قاعة محاضرات تتسع لـ 400 شخص، مفتوحة مجانًا للجميع، حيث نقدم سلسلة تصل إلى عشر محاضرات سنويًا بمجموع 18 ساعة، بمعدل ساعتين كل يوم اثنين. نناقش كل عام موضوعات مختلفة عكس ما يحدث في الجامعات الأخرى أين يحضّر الأستاذ درسه عاما ما، ثم يعيد تقديم درسه كل سنة، فأحيانًا أتحدث عن المجرات، تجمعات المجرات، الطاقة المظلمة، التضخم الكوني، والظواهر العابرة كالمستعرات العظمى وانفجارات أشعة جاما (GRB's) والانفجارات الراديوية السريعة (FRB). هذا التنوع يلزمنا بمواكبة أحدث الاكتشافات العلمية. نقدم المعلومات بطريقة مبسطة تناسب الجمهور الفضولي، بعيدًا عن التعقيد الرياضي الذي لا يناسب قاعة بهذا الحجم. الهدف هو إلهام الحضور وتلبية شغفه بالعلم بأسلوب مشوق وسهل الفهم. والجمهور الذي يحضر محاضراتي قد يكون من خلفيات علمية متنوعة، لكنه ليس بالضرورة متخصصًا في الفيزياء الفلكية. هم أشخاص فضوليون ولديهم خلفية علمية كافية لاستيعاب المواضيع المطروحة دون الدخول في المعادلات المعقدة. مهمتي هي إيصال الفكرة بأبسط الطرق الممكنة وتجنب التعقيدات الرياضية التي قد تنفّر الجمهور. هناك جمهور كبير يقدّر التبسيط العلمي ويستمتع بفهم الكون بشكل أعمق. هذا هو هدفنا في النهاية: مشاركة شغفنا بالعلم وإلهام الآخرين.

NGC 5128 أو مجرة قنطورس A: مثال عن مجرة تمتلك ثقبا أسود عملاق يبلغ 55 مليون مرة كتلة الشمس.

تطور المجرات والثقوب السوداء

لدى بعض الأسئلة عن تطور المجرات والثقوب السوداء، هل هناك اتفاق الآن على أن كل مجرة تحتوي على ثقب أسود فائق الكتلة؟ وكيف يمكن أن يتحول الثقب الأسود الصغير إلى فائق الكتلة؟

بالفعل، هناك شبه اتفاق على وجود ثقوب سوداء فائقة الكتلة في مركز كل مجرة تقريبًا. الثقوب السوداء الهائلة موجودة في معظم المجرات، وترتبط بكتلة الانتفاخ المركزي. بعضها صغير، مثل الثقب الأسود في مجرتنا بكتلة 4 ملايين شمسية، وبعضها هائل بكتلة تصل إلى 6 مليارات شمسية أو أكثر. لكن ليست كل المجرات تحتوي على ثقوب سوداء. على سبيل المثال، مجرة M33، التي لا تحتوي على انتفاخ مركزي، أكدت الدراسات خلوها من ثقب أسود مركزي. الاستثناءات عادةً ما تكون في المجرات التي تفتقر إلى الانتفاخ المركزي، مثل المجرات ذات الأقراص فقط. بالتالي، وجود ثقب أسود في مركز المجرة ليس قاعدة مطلقة. هذه الثقوب تنمو بمرور الزمن عبر ابتلاع الغاز والغبار الكوني وربما اندماجات مع ثقوب سوداء أخرى. لكن كيف وصلت بعض الثقوب السوداء إلى هذه الأحجام الهائلة في الكون المبكر؟ هذا لا يزال لغزًا يتطلب المزيد من الدراسات. بعض النظريات تشير إلى نمو سريع عبر اندماجات مبكرة للنجوم الضخمة، بينما تشير أخرى إلى عملية تدريجية استمرت لملايين السنين.



مخطط المحتوى المادي للكون.

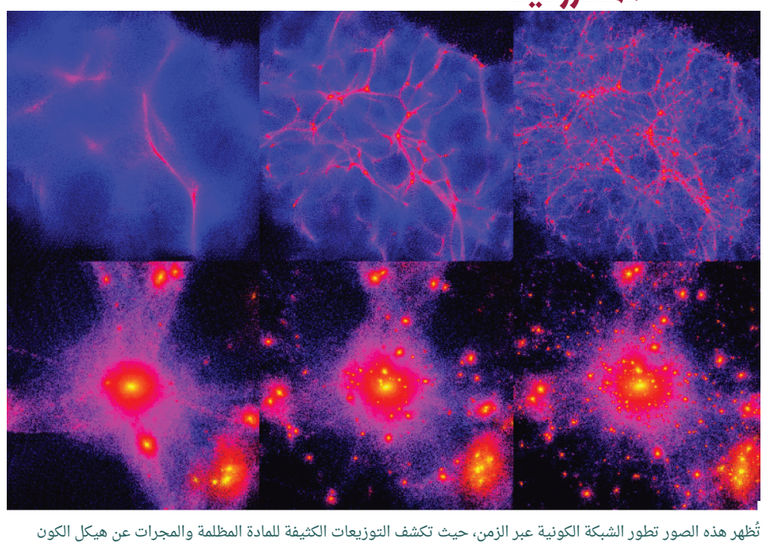
حول نظريات بديلة للمادة المظلمة والمادة المظلمة الهادرونية

هل تظنين أن المادة غير الباريونية، أو ما يسمى بالمادة الباريونية غير المرئية، تمثل جزءًا مهمًا من الكون الذي لم يُكتشف بعد؟

بالتأكيد، العديد من الباحثين، بمن فيهم زميلتي نبيلة أغانيم وفريقها، يعملون على دراسة المادة غير الباريونية التي يمكن أن تساهم بنسبة كبيرة من الكتلة المفقودة في الكون. هذه المادة قد تكون في شكل غازات متفرقة أو جسيمات غير مرئية، ونأمل أن تساهم الآلات الرصدية الحديثة، مثل «Euclid»، في الكشف عن هذه المادة.

هل يمكن أن تكون المادة الباريونية المفقودة هي الحل لمشكلة المادة في مجموعات المجرات؟

نعم، هذا احتمال وارد جدًا. في العناقيد المجرية، لم نتمكن حتى الآن من تحديد كل المادة الباريونية. ما نراه من المادة المرئية يمثل فقط حوالي 10 ٪ من إجمالي المادة الباريونية، مما يعني أن 90 ٪ منها غير مرصودة. إذا أضفنا جزءًا من هذه المادة الباريونية غير المرئية إلى الحسابات، فقد نتمكن من حل مشكلة توزيع المادة في هذه العناقيد. في أوائل الألفينات، اقترحنا مع دانيال نيجز أن جزءًا كبيرًا من هذه المادة قد يكون على شكل هيدروجين جزيئي بارد. هذا النوع من الهيدروجين كثيف جدًا ولا يمكن رصده، لأنه لا يصدر خطوطًا طيفية ذرية، ولا أشعة مؤينة، ولا أشعة سينية. عند درجات حرارة منخفضة تصل إلى 10 كلفن، لا يُشع الهيدروجين الجزيئي أي إشعاع مرئي، حيث يبدأ في الإشعاع فقط عند 500 كلفن. لذا، من المحتمل أن تكون كميات كبيرة من الغاز البارد مختبئة داخل المجرات وفي مجموعات المجرات.



تُظهر هذه الصور تطور الشبكة الكونية عبر الزمن، حيث تكشف التوزيعات الكثيفة للمادة المظلمة والمجرات عن هيكل الكون

صورة مركبة لخمس مجرات متجمعة معًا بعد 600 مليون سنة فقط من ولادة الكون

إضافة إلى ذلك، نعلم أن هناك كميات هائلة من الغاز الساخن في الخيوط الكونية (Cosmic Strings)، حيث تشير التقديرات إلى أن 80 ٪ من المادة الباريونية توجد خارج المجرات. هذا الغاز قد تم طرده من المجرات وهو موجود في حالتين: ساخن جدًا أو بارد للغاية. الغاز الساخن، بدرجات حرارة تصل إلى 10 ملايين كلفن، يمكن رصده بالأشعة السينية، لكنه يمثل فقط جزءًا من المادة الباريونية. هناك أيضًا الغاز البارد، الذي يصعب رصده، وهو موجود في الخيوط التي تبرد تدريجيًا وتغذي المجرات الرئيسية في مركز المجموعات. ما نراه في مجموعات المجرات هو بيئة متعددة المراحل: هناك الغاز الساخن جدًا الذي يمكن رصده، ويحتوي على مادة باريونية أكثر مما يوجد في النجوم داخل المجرات. بالإضافة إلى ذلك، هناك خيوط من الغاز البارد الذي يبرد تدريجيًا. دراساتنا كشفت أيضًا عن تدفقات كبيرة من الغاز الجزيئي في وسط مجموعات المجرات، حيث نجد الغاز بدرجات حرارة تتراوح بين البرودة الشديدة والحرارة العالية. لذلك، يبدو أن المادة الباريونية المفقودة موزعة بين الغاز الساخن جدًا، الغاز البارد غير المرصود، والباريونات المخفية داخل المجرات والخيوط الكونية.

هل لدينا سيناريو واضح حول كيفية تشكل المجرات من حالتها الأولية غير المنتظمة إلى أشكالها الحلزونية أو الإهليلجية؟

لدينا فهم متزايد لتطور المجرات، حيث نعتقد أن المجرات في بدايات الكون كانت صغيرة ومتجمعة بكثافة، مما أدى إلى تصادمات واندماجات متكررة. بعض المجرات استقرت واتخذت أشكالًا حلزونية منتظمة، بينما ظل البعض الآخر في أشكال غير منتظمة نتيجة التفاعلات الجاذبية. نحن نعمل على رسم سيناريوهات أكثر وضوحًا مستندة إلى الدراسات التي تقدمها التلسكوبات الحديثة، حيث نستطيع رؤية مراحل تطور مختلفة للمجرات عبر الزمن.

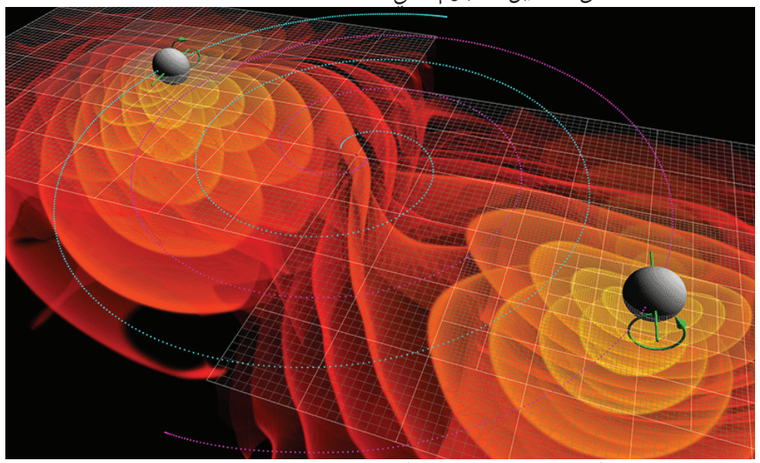
كيف ساهم تلسكوب «جيمس ويب» في فهمنا لتطور المجرات؟

تلسكوب «جيمس ويب» كشف عن تفاصيل مذهلة حول المجرات المبكرة التي كانت تبدو مشوهة عند رصدها بتلسكوب «هابل». ذلك لأن «هابل» كان يلتقط الأطوال الموجية المنزاحة نحو الأحمر وكان يركز بشكل رئيسي على الأشعة فوق البنفسجية. عندما نرى مجرة في الأشعة فوق البنفسجية، نلاحظ فقط مناطق تشكيل النجوم، التي غالبًا ما تكون مشوهة بسبب الكثافة العالية للتجمعات النجمية الشابة. لم نكن قادرين على رؤية النجوم القديمة في تلك المجرات. أما مع «جيمس ويب»، الذي يراقب الأطوال الموجية الحمراء، فإننا نتمكن من رؤية النجوم القديمة الحمراء بوضوح، إضافة إلى الهياكل المعقدة للمجرات مثل الأذرع الحلزونية والقضبان المركزية. لذلك، المجرات التي كانت تبدو مشوهة في صور «هابل»، أصبحت الآن تظهر بشكل أقرب إلى التصنيفات التقليدية للمجرات كما وضعها هابل.

لغز الثقوب السوداء المتوسطة الكتلة

هناك مجرات قزمة تحتوي على ثقوب سوداء ذات كتل متوسطة، والتي كنا نعتبرها في السابق مستحيلة الوجود. ما تفسير وجودها، وكيف نميزها عن الثقوب السوداء فائقة الكتلة؟

في الواقع، عندما نقول «ثقوب سوداء هائلة»، فإنها ليست ضخمة كما قد يتصور البعض، بل هي متناسبة مع كتلة المجرة القزمة التي توجد فيها. هذا الموضوع لا يزال قيد البحث، حيث أن الثقوب السوداء في المجرات القزمة عادةً ما تكون ذات كتلة متوسطة، أي ما بين 100 إلى 1000 مرة كتلة الشمس. هذه الثقوب تكون صعبة جدًا في الرصد، لأنه في التجمعات النجمية الكبرى، مثل التجمعات الكروية، يمكن أن تصل الكتلة إلى 100,000 كتلة شمسية، مما يجعل من الصعب تمييز الثقوب السوداء الصغيرة. عادةً ما نطلق على هذه الثقوب «هائلة»، لكن في الحقيقة هي ثقوب سوداء ذات كتلة متوسطة. على سبيل المثال، في حالة الموجات الجاذبية، تم رصد ثقوب سوداء تصل كتلتها إلى 140 مرة كتلة الشمس، وهو ما يضعنا على الحدود بين الثقوب السوداء ذات الكتلة النجمية (التي تصل إلى حوالي 100 كتلة شمسية) وتلك الهائلة التي تبدأ من مليون كتلة شمسية تقريبًا. عندما نتحدث عن تجمعات نجمية تصل إلى 100,000 كتلة شمسية، يصبح من الصعب للغاية تأكيد وجود ثقب أسود في المركز. هناك في بعض الأحيان إشارات قد توحي بوجود نشاط مرتبط بثقب أسود، ولكن من الصعب جدًا التحقق من ذلك بشكل قاطع. لذلك، تبقى هذه الفكرة موضوع نقاش مستمر في الأوساط العلمية.


محاكات لتفاعل ثقبين أسودين مما يؤدي إلى إنتاج أمواج تجاذبية في النسيج الزمكاني

تحدثت عن تلسكوب جيمس ويب وأثره على فهمنا لتكوين وتطور المجرات. هل يمكنك توضيح الأهداف الرئيسية لهذا التلسكوب الثوري وأثره المتوقع على علم الفلك بشكل عام؟

بدايةً، تلسكوب جيمس ويب هو ثورة حقيقية بالفعل. على عكس «هابل»، الذي اعتمد على رصد الأطوال الموجية المرئية والقريبة من الأشعة فوق البنفسجية، جيمس ويب يستكشف الأطوال الموجية تحت الحمراء، مما يسمح لنا برؤية المجرات القديمة جدًا والتي تشكلت بعد الانفجار العظيم. بفضل هذا التلسكوب، يمكننا دراسة بنية وتكوين المجرات المبكرة بطريقة غير مسبوقة، مما يفتح الباب لفهم أعمق حول كيفية تشكل الكون وتطوره عبر الزمن. «جيمس ويب» أظهر أن هناك عددًا أكبر مما كنا نتوقع من المجرات ذات الكتلة العالية في الكون المبكر، كما لاحظنا أن نمو الثقوب السوداء في هذه المجرات المبكرة كان أكبر مما هو عليه اليوم. هذه الملاحظات تثير الكثير من الأسئلة حول كيفية تشكل وتطور المجرات، وسنحتاج إلى دراسات ومحاكاة حاسوبية لفهم هذه الظواهر بشكل أفضل. بالإضافة إلى ذلك، جيمس ويب سيساعدنا على استكشاف الغلاف الجوي للكواكب الخارجية، وهو مجال يفتح آفاقًا جديدة في البحث عن حياة محتملة خارج الأرض. بفضل هذه الأدوات المتقدمة، نأمل أن نفهم بشكل أفضل كيفية تطور المجرات، خاصة تلك التي لم نكن نستطيع رؤيتها سابقًا بالتفاصيل التي يوفرها تلسكوب جيمس ويب.

التمثيل النسوي في علم الفلك

في أفريقيا، للأسف، هناك نقص في التمثيل النسائي في العلوم. لذا، ما هي التحديات التي تواجهها النساء في العلوم وخاصة في مجال الفيزياء الفلكية وكيف يمكن تحقيق مساواة أكبر في هذا المجال؟

دور المرأة في العلوم، وخاصة في الفيزياء الفلكية، شهد تطورًا ملموسًا، لكن التحديات لا تزال قائمة. في بداياتي، كانت النساء تشكل حوالي 30 % فقط في هذا المجال، وهذه النسبة لم تتغير كثيرًا على مدار السنوات. في أوروبا، لا تزال النساء تمثل نسبة أقل بكثير من الرجال في المناصب القيادية العليا. التحديات التي تواجهها المرأة تشمل الحواجز الاجتماعية والثقافية والتمييز الذي قد يكون غير ظاهر لكنه موجود، خاصة في المسار الأكاديمي والتوظيف. على سبيل المثال، الحصول على مناصب دائمة أصبح أكثر صعوبة ويستغرق وقتًا أطول، مما قد يثني بعض النساء عن الاستمرار في المجال بسبب الصعوبات في الجمع بين الحياة المهنية والأسرية.لتحقيق المساواة، نحتاج إلى تغيير في السياسات والتعليم، وتشجيع الفتيات من سن مبكرة على الالتحاق بالعلوم والتكنولوجيا. في بعض الدول الإفريقية، الوضع مختلف، حيث نجد نسبًا متزايدة من النساء في مجالات العلوم، وأحيانًا تتفوق النسبة على الرجال. إجمالاً، المساواة الكاملة تتطلب جهودًا متواصلة على مستويات متعددة، من تغيير العقليات إلى تطوير سياسات داعمة، لضمان بيئة علمية شاملة حيث يتمكن الجميع من الإسهام على قدم المساواة. لكن في المقابل، تراجع «السقف الزجاجي» نوعًا ما؛ فقد كان دخول النساء في المؤسسات العلمية الراقية مثل الأكاديمية الفرنسية للعلوم صعبًا جدًا، حتى ماري كوري، الحائزة على جائزتي نوبل، لم تسلم من التمييز، حيث قوبلت محاولتها للانضمام إلى الأكاديمية العلمية بالرفض التام، لكن تحسنت الأوضاع بشكل ملحوظ منذ ذلك الحين. في عام 1979، تم انتخاب أول امرأة لعضوية الأكاديمية العلمية، وهي إيفون شوكيه-بروين، التي ما زالت على قيد الحياة اليوم وتبلغ من العمر 100 عام. كان ذلك الحدث نقطة تحول تاريخية، ومنذ ذلك الحين، بدأت نسبة النساء في الأكاديمية في الارتفاع تدريجيًا. حاليًا، تشكل النساء حوالي 18 ٪ من أعضاء الأكاديمية. ففي أقل من 40 عامًا، قفزت النسبة من صفر إلى 18 ٪، مما يعكس تقدماً ملحوظاً. الجهود مستمرة لتحقيق المزيد من التقدم، والنسبة في ازدياد تدريجي. في «كلية فرنسا»، التي كانت حكراً على الرجال حتى الستينيات، بدأت النساء يحققن تقدماً، وحالياً تشكل النساء حوالي 20 %، خاصة في العلوم الإنسانية. بمرور الوقت، بدأت العوائق التقليدية بالتلاشي تدريجيًا، لكن تحقيق المساواة الكاملة لا يزال يتطلب تغييرات في التصورات الاجتماعية والتخلص من الصور النمطية، حيث لا يزال يُعتقد أن الرياضيات والفيزياء مجالات ذكورية، وهو تصور خاطئ.

ماذا عن الدول خارج أوروبا، مثل الصين والهند وروسيا؟

في الهند، على سبيل المثال، نجد عددًا كبيرًا من النساء في الجامعات، عكس ما قد يتصوره البعض. الهند تتمتع بمجتمع أكاديمي قوي ومرتبط بالتقاليد الفكرية. أما بخصوص الصين، فلديّ معرفة محدودة، لكن في اليابان، لا تزال نسبة النساء في العلوم منخفضة نسبيًا، وهناك تقدم بطيء في هذا المجال.

حوار مع رائد علم الفلك الراديوي

البروفيسور جورج مايلي

حاوره: جمال ميموني

البروفيسور جورج مايلي هو عالم فلك وفيزياء فلكية مرموق، تميزت مسيرته المهنية التي امتدت لأكثر من خمسين عامًا بأبحاث رائدة والتزام عميق بنشر العلوم. يشتهر بعمله المبتكر في علم الفلك الراديوي، حيث وسّع فهمنا لبنية الكون وتطوره، خاصة من خلال دراسة المجرات البعيدة والشبكة الكونية. لعب مايلي دورًا رائدًا في تطوير مصفوفة الترددات المنخفضة «لوفار»، والتي أصبحت واحدة من أقوى التلسكوبات الراديوية وأكثرها ابتكارًا، حيث فتحت نوافذ جديدة لفهم الكون المبكر وأسرار الإشارات الراديوية عبر مسافات كونية شاسعة. كما يمتد تأثيره إلى ما هو أبعد من البحث العلمي؛ فبصفته نائب الرئيس السابق للاتحاد الفلكي الدولي، دافع عن جهود جعل علم الفلك متاحًا عالميًا، خاصة في المناطق ذات الموارد المحدودة للعلوم.

نحن سعداء باستضافة البروفيسور جورج مايلي في مجلتنا لإجراء مقابلة حصرية. فهو لا يزال، بصفته عالمًا ومعلمًا، مصدر إلهام للأجيال الجديدة، ويدعو بحماس لاستخدام علم الفلك كأداة للتواصل العالمي والفهم.

George Miley

Professor George Miley is a highly respected astronomer and astrophysicist whose career has spanned over fifty years, marked by pioneering research and a deep commitment to science outreach. Renowned for his groundbreaking work in radio astronomy, Professor Miley has expanded our understanding of the universe's structure and evolution, particularly through studies of distant galaxies and the cosmic web. He played a pioneering role in developing the concept of LOFAR, the Low-Frequency Array, which became one of the most powerful and innovative radio telescopes which has opened new windows into the early universe and the mysteries of radio signals across vast cosmic distances. His influence extends beyond research; as a former Vice-President of the International Astronomical Union (IAU), he has championed efforts to make astronomy accessible globally, especially in regions with limited resources for science.

We are thrilled to welcome Professor Miley to our magazine for an exclusive interview. As both a scientist and an educator, he continues to inspire new generations, passionately advocating for astronomy as a tool for global engagement and understanding.

مسارك العلمي واهتمامك بعلم الفلك الراديوي

نحن محظوظون بأن تكون ضيف مجلة الشهاب العلمي، بروفيسور جورج مايلي، باعتباركم من رواد علم الفلك الراديوي لأكثر من 40 سنة، كما أن حياتك مليئة. كنتَ أيضًا مديرًا لمرصد ليدن (Leiden Observatory) في هولندا و نائب رئيس الاتحاد الفلكي الدولي (IAU)، بالإضافة إلى إطلاق مبادرات مختلفة في مجال التعليم، لكن دعنا نبدأ من البداية، حين كنت شابًا وقررت اختيار علم الفلك كمجال مهني في الستينيات. كيف حدث ذلك؟

حصلتُ على درجة في الفيزياء من كلية جامعة دبلن، أين لم يكن علم الفلك موجودا كمنهج دراسي، لكنني بدأت أهتم بعلم الفلك عندما كنت في حوالي الثامنة من عمري، حيث قرأ لي والدي قصة شهيرة جدًا، اسمها «حرب العوالم» لهربرت جورج ويلز (H.G. Wells)، وحينها شعرت بالإثارة. قررت دراسة علم الفلك، وكاستعداد لذلك، حصلت على درجة في الفيزياء، ثم انتقلت في عام 1963 وأنا في الحادية والعشرين من عمري، إلى مرصد جودريل بانك (Jodrell Bank Observatory) في إنجلترا لدراسة علم الفلك الراديوي في مرحلة الدكتوراه . كان الأمر مثيرًا للغاية لأن الكوازارات كانت تُكتشف آنذاك، وفي جودريل بانك كان العلماء يطورون تقنية «التداخل طويل المدى»، ولقد كنا نرصد مصادر الراديو الساطعة لدراسة الحجم الزاوي للكوازارات ومعرفة أشكالها وهياكلها.

كنت محظوظًا جدًا أن أكون جزءًا من المجموعة التي كانت تقوم بذلك تحت قيادة هنري بالمر (Henry Palmer). تبدو هذه المجموعة وكأنها قد نُسيت بعض الشيء في علم الفلك، لكنها كانت مهمة جدًا في ذلك الوقت.

استُخدم جودريل بانك حينها لتتبع سبوتنيك الذي أُطلِق في عام 1957 خلال سنوات مراهقتي، أين كنت أشاهد هذا القمر الصناعي يمر في السماء كل ليلة. كان ذلك شيئًا لا يصدق.

أول قمر صناعي بشري يوضع في المدار - سبوتنيك 1

كم من الوقت استغرق سبوتنيك في المدار؟

أعتقد أنه استمر بضعة أشهر. بعد ذلك، أُطلق «Sputnik 2 »، القمر الصناعي الثاني للاتحاد السوفيتي، الذي حمل الكلبة لايكا.لقد كان السير برنارد لوفيل، الذي بنى التلسكوب البالغ قطره 250 قدمًا في جودريل بانك. دفع الكثير من الأموال ولم يستطع سدادها، وبذكاء كبير استغل سباق الفضاء للحصول على تمويل من الحكومة البريطانية لتغطية تكاليف الطبق الضخم بقطر 250 قدمًا. كان هذا تحركا ذكيا للغاية، لكنه أيضًا كان سريا بعض الشيء. أحيانًا كان يأتي أشخاص من منظمة دفاعية ويستولون على التلسكوب، وكنا كطلاب نلاحظ أنه كان موجها نحو القمر في نفس الوقت الذي كان فيه القمر فوق الاتحاد السوفيتي. لذا أعتقد أنه كان في الواقع يقدم خدماته لوزارة الدفاع لمراقبة بعض الأشياء في الاتحاد السوفيتي، مقابل تسديد الدين الخاص بالتلسكوب.

مرصد جودريل بانك - إنجلترا

ابتعادي من تزمت المجتمع الإرلندي والكنيسة، وتأرجحي بين نظريتين كونيتين

لكن كيف كان ينبغي التعامل مع القمع الذي مارسته المملكة المتحدة على الشعب الإيرلندي لعقود، وما الذي يمكن أن يفعله دعاة السلام لتغيير الأوضاع على الأرض؟ وهنا نتذكر الكم الهائل من العنف والدمار المتعمد الحاصل اليوم في غزة.

لا يمكنهم فعل شيء. بالنسبة لي، العالم مكان محبط للغاية في الوقت الحالي، لكنني لا أعتقد أنّ العنف يحل أي شيء. وإذا نظرتَ إلى الأسلحة التي يتم ضخها في كل من الشرق الأوسط وأوكرانيا، ستعرف أن هناك من يجنون المال من الحرب وهذا أمر مُبكي. أعتقد أن عدم المساواة الموجودة في العالم أمر شنيع، وهو سبب الكثير من المشاكل.

كنتَ دائمًا شغوفًا بالكون وسحر السماء الليلية، سواء عند مراقبتها بالتلسكوب أو بالعين المجردة. كيف ساهم هذا الشغف في توجيهك لاختيار مجال الفلك أثناء دراستك للفيزياء، وصولًا إلى تخصصك في الفلك الراديوي؟ حدثنا عن تلك المرحلة المهمة من مسيرتك العلمية.

كانت حقبة الخمسينيات والستينيات في علم الكونيات فترة مثيرة للغاية، حيث كانت هناك نظريتان متنافستان. نظرية الكون التطوّري، مع نظرية الانفجار الكبير (Big Bang Theory). وكانت هناك نظرية الحالة المستقرة (Steady State Theory). الكون كان يتوسع، لكن الفكرة كانت أن المادة تُخلق باستمرار.

كنت أعتقد أنه من السهل جدًا فهم هاتين النظريتين المتنافستين. لقد كانتا مثيرتين فلسفياً بالنسبة لي، وبالطبع، كان الفلك الراديوي حينها يتجه نحو الانزياح الأحمر العالي. لذا كانت هناك إمكانية لاستخدام الفلك الراديوي للتمييز بين نظرية الانفجار الكبير ونظرية الحالة المستقرة.

كنت من أنصار نظرية الحالة المستقرة وبدا لي أنها كانت أكثر أناقة من نظرية الانفجار الكبير، وكذلك لأنني نشأت في مدرسة كاثوليكية يسوعية وتمردت عليها فكان الأمر مرتبطا بعمق رؤيتي الدينية للعالم. أعني، أن الانفجار الكبير كان يشبه الخلق بالنسبة لي. في ذلك الوقت، كانت إيرلندا خاضعة لسيطرة الكنيسة الكاثوليكية والقومية. كنت دائمًا متمردًا نوعًا ما، لذا شعرت حينها أنني يجب أن أخرج منها. وكان هذا سبباً آخر لمغادرة جمهورية إيرلندا. لقد وُلدت عام 1942، غير أني كنت دائمًا ضد القومية من

أي نوع. وبصفتي فلكيًا، إذا نظرت إلى الكون، فلا أرى أي حدود على الإطلاق. الهيمنة القومية الضيقة الأفق على إيرلندا والكنيسة الكاثوليكية، تعني أنك لا تستطيع قراءة كتب معينة لأنها كانت تخضع للرقابة. كان والدي شخصًا واسع الأفق، لذا كنت محظوظًا أنني نشأت في عائلة ذات أفق واسع.

ولكن كما نعلم الآن، فإن الخلفية الكونية الميكروية قد دمرت بالفعل نظرية الحالة المستقرة. لكن في ذلك الوقت، كان هناك نقاش مستمر بين شخصيات ملهمة للغاية، من أمثال «هيرمان بوندي» و«فريد هويل» وأشخاص آخرين من أنصار نظرية الحالة المستقرة.

بناء أول تلسكوب هولندي من صنف عالمي

نعم، بالفعل. ننتقل الآن لو سمحت إلى جوهر الموضوع، وهو علم الفلك الراديوي. كيف يمكن لهذا المجال أن يساعدنا في فهم عالم المجرات؟ تحديداً، أود أن أسألك عن بدايات دراستك للمجرات الراديوية. لقد كنت شاهداً ومشاركاً عندما بدأت الأبحاث حول المجرات الراديوية الأبعد. هل يمكن أن تشرح لنا، بأسلوب مبسط ، كيفية عمل تقنية التداخل ثم عن علم الفلك الراديوي للمصادر الكونية البعيدة. فقد ذكرت في إحدى مقالاتك أنه يمكن استخدامه كأداة لتشخيص الكون المبكر. ماذا كنت تقصد بذلك، ؟

لقد تغيّر علم الفلك في الستين سنة الماضية من كونه مجالاً يركز فيه الناس على نطاق الراديو أو النطاق البصري، إلى أن أصبح الدراسات متعددة الخطوط الطيفية. تحتاج إلى معلومات من جميع النوافذ الطيفية، لكي تفهم ما يجري، وهذا ينطبق بالأخص على المجرات. تعلّم الآن أنّ كل مجرة تحتوي على جسم ضخم جداً، نسميه الثقب الأسود في نواتها. وهذا الثقب الأسود يطلق هذه النفاثات الراديوية لجسيمات سريعة جداً في مجالات مغناطيسية.

كانت هذه النفاثات نشطة لبعض الوقت، أحياناً تصل إلى مئة مليون سنة. لذا، إذا نظرت إلى الانبعاثات الراديوية من النفاثات، فهي مؤشر مهم لكيفية النشاط في نواة المجرة، حيث كانت هذه الثقوب السوداء تنفجر على مدى حوالي مئة مليون سنة. لذا إذا ذهبت إلى الأجسام ذات الانزياح الأحمر العالي، ستجد المزيد من الأدلة التي تشير إلى أنّ الثقوب السوداء في النواة.

النشاط في النواة مهم جداً في ولادة هذه المجرات، وفي تشكيلها وتطورها. لذا يجب عليك أن تنظر وترى كيف تتفاعل هذه النفاثات مع مناطق تشكل النجوم في المجرات، مع الغاز الجزيئي، والغاز الذري. وبدون النظر إلى جميع المكونات المختلفة، من المستحيل حقًا أن تفهم ما يجري. لقد كنت محظوظًا عندما جئت إلى «ليدن»، حيث كان تلسكوب «ويستر بورك»، الذي كان مصفوفة تداخلية أخرى، قد بدأ من جديد.

كيف كان يعمل هذا التلسكوب؟

تلسكوب ويستر بورك (Westerbork) كان مصفوفة مكونة من حوالي 14 هوائي، وكان ذلك في عام 1970. كان واحداً من أبرز التلسكوبات الراديوية في العالم، وكنا قادرين على قياس هيكلية المصادر الراديوية وأشكالها في هولندا. لقد بُني بالفعل في موقع من المواقع المحبطة في تاريخ هولندا أين كان يتم إرسال القطارات إلى أوشفيتز ومعسكرات الموت في الهولوكوست في ألمانيا. كانوا يضعون الناس على القطارات، لكنهم وضعوا التلسكوب الراديوي هناك. يان هندريك أورت كان شخصاً ذا بصيرة. كان الاسم الكبير في علم الفلك الهولندي لمعظم القرن العشرين، حيث تمكن من بناء تلسكوب ويستر بورك. حدث أن تم توسيع الطاقم للتعامل مع هذا التلسكوب الجديد، وكنت محظوظًا جدًا بالحصول على وظيفة هناك. لذا جئت بعد مرحلة ما بعد الدكتوراه في الولايات المتحدة الأمريكية إلى هولندا، وكنت في طاقم جامعة «ليدن» منذ ذلك الحين.

تلسكوب ويستر بورك - هولندا

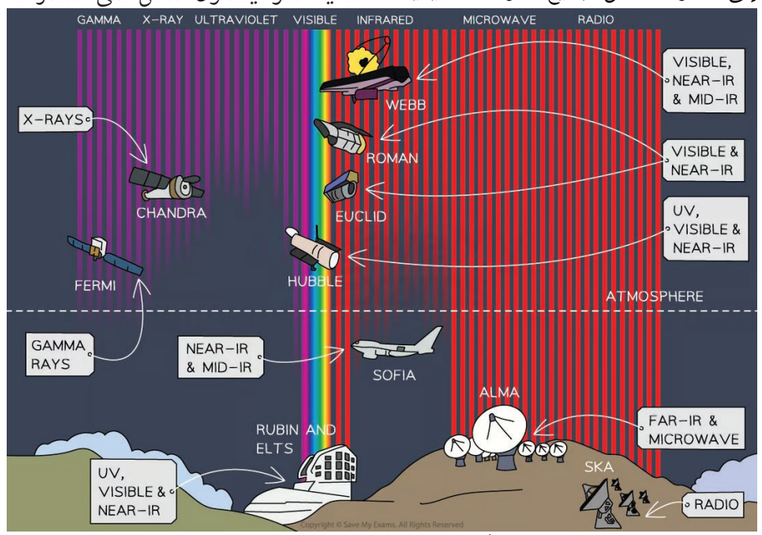
عندما تحدثت عن المجرات الراديوية الأبعد، ما هو أعلى انزياح نحو الأحمر تمكنت من رصده باستخدام الرصد الراديوي في ذلك الوقت؟

كانت هناك مجرات راديوية وكوازارات. نحن نعلم الآن أنّ الكوازارات ظاهرة من نفس النوع تقريبًا، لكن الكوازار الراديوي الأبعد كان «3C 9» بانزياح نحو الأحمر حوالي z=2. وكان ذلك لا يصدق. عندما دخلت مجال علم الفلك، كنا نتحدث عن انزياح نحو الأحمرمثل Cygnus A قدره 0.06 ولقد كان بعيدًا جدًا. ولكن كان هناك انزياحات تصل إلى حوالي z=1. ثم جاء «3C 9» بانزياح نحو الأحمر 2. لذا كانت هذه المصادر الراديوية تشير إلى هذه المجرات المتفجرة جدًا، وعندما استخدم العلماء تلسكوب 200 بوصة لجبل بالومار بكاليفورنيا، لأخذ أطيافها، رأوا أن هذه الانزياحات الحمراء تصل إلى 2.

في بداية اكتشاف المصادر الراديوية، لم يكن من الواضح ما إذا كانت هذه مجرات أم نجوم، وكان هناك خلاف كبير حول ذلك. لكن في النهاية أظهرت الدراسات في الميدان البصري أنها مجرات ذات نوى ساطعة جدًا، لأنها كانت تنفجر. هذه الانفجارات أنتجت المصادر الراديوية.

المجرات على حدود الكون المرئي

قلت أيضًا إن المجرات الراديوية الساطعة يمكن استخدامها كمنارات، وقد اعتقدت أنّ بإمكانها أن تساهم في علم الكونيات، أليس كذلك؟



مختلف التلسكوبات التي تلتقط الضوء بأطوال موجية مختلفة

حدود الكون المرئي

نعم، في الواقع كنا نقيس مقاس المصادر الراديوية. إذا نظرت إلى مقاس وافترضنا أن هناك مجرات أو مصادر مقاس ثابت أشبه بقضبان صلبة لا تتغير مع مرور الزمن وقمت برسم مقاس المجرة مقابل الانزياح نحو الأحمر، فإن النماذج الكونية الثابتة والتطورية كانت لها توقعات مختلفة حول كيفية ارتباط القطر الزاوي بالانزياح نحو الأحمر. لذا ستقيس مقاسات عند انزياحات حمراء مختلفة، وسترسم مقاس مقابل الانزياح نحوالأحمر، وستتمكن من التمييز بين النظريتين الكونيتين.

لكنكم لم تتمكنوا من حسم المسألة في إطار علم الفلك الراديوي بين النموذجين في ذلك الوقت، وكان عليكم انتظار اكتشاف إشعاع الخلفية الكونية ؟

نعم، كان يجب علينا انتظار إشعاع الخلفية الميكروية.

لدي سؤال جانبي حول الموضوع يتعلق بالمجرات الإهليلجية. لماذا كل شيء، أعني، الكوازارات وما إلى ذلك، مرتبطة بها. ألا تكون المجرات الحلزونية قد تكونت في ذلك الوقت، أم أنّ الأمر مرتبط بالمجرات الإهليلجية؟

بالتأكيد، هذا الموضوع لا يزال غامضًا. لكن إذا نظرنا إلى أكثر المجرات الراديوية لمعاناً، نجد أن أولى هذه الاكتشافات كانت مثل مجرة Cygnus A. هذه المجرة لم تكن تبدو كإهليلجية تقليدية، بل كانت في حالة من الفوضى، حيث تعرف عليها وولتر باد (W.Baade) ورودولف مينكوسكي (R.Minkowski). وقد أظهرت الدراسات أن أحد أقوى المصادر الراديوية في السماء مرتبط بهذه المجرة غير منتظمة التي تقع عند انزياح نحو الأحمر قدره 0.06.

بدا أن المجرة مليئة بالغبار وتظهر علامات تصادم بين مجرتين، وهو ما اعتُبر السبب وراء الانبعاثات الراديوية القوية. إن تاريخ اكتشاف Cygnus A يعتبر نقطة تحول في علم الفلك؛ إذ أظهر هذا الاكتشاف أن علم الفلك الراديوي يمكن أن يكشف عن مجرات بعيدة جدًا، مما أدى إلى ثورة في هذا المجال.

ارتباط أقوى المصادر الراديوية بمجرات بعيدة يعني أن علم الفلك الراديوي لم يكن مقتصرًا على دراسة مجرتنا فقط، بل يمكنه استكشاف الكون عند انزياحات حمراء أكبر. هذا عزز من أهمية علم الفلك الراديوي كأداة كونية متميزة، حيث تمكن من الوصول إلى مناطق أبعد مما كان يعتقد علماء الفلك البصري في ذلك الوقت، والذين كانوا متشككين جدًا في هذا المجال.

الجدير بالذكر أن علم الفلك الراديوي لم يبدأ على يد علماء الفلك التقليديين، بل بواسطة مهندسي الرادار الذين استخدموا خبراتهم بعد الحرب العالمية الثانية. كانوا يوجهون هوائياتهم نحو السماء ويلاحظون الضوضاء الراديوية، بينما كان علماء الفلك البصري ينظرون إلى علم الفلك الراديوي بتعالي، معتبرين أنه ليس من صلب اهتماماتهم.

أما عن تلسكوبات راديوية أخرى

عند الحديث عن المجرات ذات الانزياح نحو الأحمر الكبير، ما هي الترددات التي يمكن رصدها في طيف الموجات الكهرومغناطيسية؟ وهل يمكن الوصول بالقرب من الأشعة تحت الحمراء البعيدة أم أن هذا النطاق يتجاوز قدرة التلسكوبات الراديوية؟ وأخيراً، ما هو أعلى انزياح نحو الأحمر تم رصده باستخدام تلسكوب راديوي، والذي يُعتبر رقماً قياسياً في هذا المجال؟

علم الفلك الراديوي المبكر كان في ترددات منخفضة نسبياً، 150، 400 ميغاهرتز، ثم ارتفع إلى جيجاهرتز، مع تلسكوب Very Large Array - VLA في الولايات المتحدة الأمريكية، ولكن بالطبع، لا يمكن الحصول على انزياح أحمر باستخدام الراديو. يجب أن تنتقل إلى علم الفلك البصري.

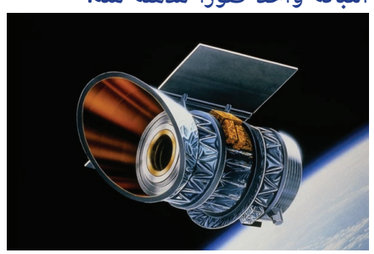
علم الفلك بالأشعة تحت الحمراء لم يكن موجوداً آنذاك. لقد كان علم الفلك البصري المُعتمَد دائما، ويجب أن تحصل على أكبر التلسكوبات البصرية لأن الأشياء كانت بعيدة جداً. لعب تلسكوب بالومار دوراً كبيراً في التعرف على المصادر الراديوية وقياس انزياحها نحو الأحمر.

علم الفلك بالأشعة تحت الحمراء بدأ حقاً مع قمر صناعي يسمى Infrared Astronomical Satellite -IRAS، الذي كنت أحد أعضاء فريقه. تم إطلاقه من قبل الأمريكيين بالتعاون مع الهولنديين، وكان قمرًا صغيراً للأشعة تحت الحمراء. لقد ذهبت إلى باسادينا لمدة 5 أشهر عندما كان في المدار. وعملت مع جيري نويجباور(Jerry Neugbaüer) هناك على قياس انبعاث الأشعة تحت الحمراء من الكوازارات باستخدام IRAS.

مع تلسكوب جيمس ويب الذي يعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء، نُشهد تحولًا كبيرًا في علم الفلك. هذا التلسكوب لا يقتصر فقط على النظر إلى أعماق الكون، بل يعيدنا إلى استكشاف فضاء جديد من المتغيرات الطيفية التي لم تكن متاحة من قبل. فتح هذه النوافذ الطيفية يشبه فتح بوابة جديدة نحو المجهول، مما أتاح لنا رؤية تفاصيل غير متوقعة عن الكون.

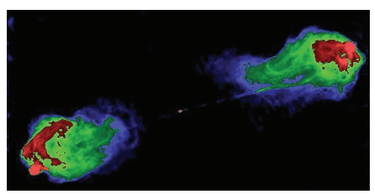
خلال العقود الأربعة إلى الخمسة الماضية، أُضيف بُعد جديد من الاستكشاف في علم الفلك يتمثل في دقة الزاوية أو القطر الزاوي. هذا التقدم أحدث تحولًا جذريًا في طريقة رؤيتنا للكون. فبدلاً من الحصول على صور ضبابية غير واضحة بسبب تأثيرات الغلاف الجوي للأرض، أصبح بالإمكان رؤية التفاصيل بدقة ووضوح غير مسبوقين. تلسكوب هابل الفضائي كان مثالًا رائعًا على هذا الإنجاز. فعندما نُقل الرصد إلى الفضاء، متجاوزًا اضطرابات الغلاف الجوي، أظهر هابل تفاصيل لم تكن مرئية من قبل.

يبدو أن Meerkat التلسكوب الراديوي من جنوب أفريقيا يقوم بنفس الشيء تقريباً في ترددات الراديو، أليس كذلك؟ إنه يفعل في الراديو ما فعله هابل بالنسبة للتلسكوبات البصرية على الأرض. لقد تمكن خصوصاً من الوصول إلى مركز درب التبانة وأخذ صورا مذهلة منه.



القمر الصناعي IRAS

مرصد VLA - جنوب الولايات المتحدة الأمريكية



مجرة Cygnus A مصورة في مجال الراديو

أعتقد أن أفريقيا يجب أن تُهنأ على بناء Meerkat، لأنه بالطبع مقدمة لمشروع مصفوفة الكيلومتر المربع (SKA) هناك، وهو مصمم لرصد الكون بتفاصيل غير مسبوقة باستخدام ترددات متوسطة. وسيسهم في دراسة تكوين المجرات، والنجوم، والثقوب السوداء، وتوسع الكون. لكن إذا نظرت إلى أفريقيا، فإن السبب الرئيسي للممارسة بعلم الفلك هو أنه يمكن أن يكون دافعاً كبيراً للتنمية.

علم الفلك البصري مقابل علم الفلك الراديوي

ساهم تلسكوب IRAS في تقليل الفجوة بين ما يمكن رصده في علم الفلك الراديوي وما حققه تلسكوب هابل في مجال الانزياح نحو الأحمر للأجرام البصرية. ما أثار دهشتي هو تعليقك في مرحلة ما، ففي مقال كتبته لمجلة سايئتيفيك أمريكان في التسعينيات أشرت إلى أن علم الفلك الراديوي لم يشهد تغييرات كبيرة. الآن، بعد ثلاثة عقود، ماذا كنت تقصد تحديداً بقولك ؟

حسنًا، في التسعينيات كنا نعرف كل شيء عن النجوم النابضة. كنا نعرف أشكال المصادر الراديوية. الآن نحن نصل إلى انزياحات حمراء أبعد، لكن الصورة العامة للمصادر الراديوية التي تتكون من ثقوب سوداء ضخمة تدور في نواة المجرات لم تتغير.

حتى اليوم لا يمكننا القول بأن ما كنا نعرفه قبل 30 عامًا كان صورة كاملة، و ربما أنت مؤمن بهذا النوع من النموذج الموحد وتعتقد أن الثقب الأسود فائق الكتلة هو المحرك، لكن هذا الأمر لم يكن بعد مؤكدًا، أليس كذلك؟

لا أبدا. إذا عدت إلى الوراء، إلى مارتن ريس، وبلاندفورد وحتى هويل وفاولر (Martin Rees, Blandford, Hoyle and Fowler)، سنجد أنهم كتبوا ورقة بحثية في بداية الستينيات، حيث تحدثوا عن ثقب أسود ضخم.

لكن هويل كان شخصية غير تقليدية يمكنه الخوض في كثير من فروع الفيزياء الفاكية ببراعة، لكنه لم يكن بالضرورة موضع تصديق من طرف زملائه، أليس كذلك؟

حسنًا، أعتقد أنه في السبعينيات، كان يمكن للمرء أن يرى أن هناك نوى راديوية ذات طيف مسطح في نوى المجرات. يتم حلها بواسطة التداخل القاعدي الطويل جداً على طول النفاثات المجرات الراديوية.

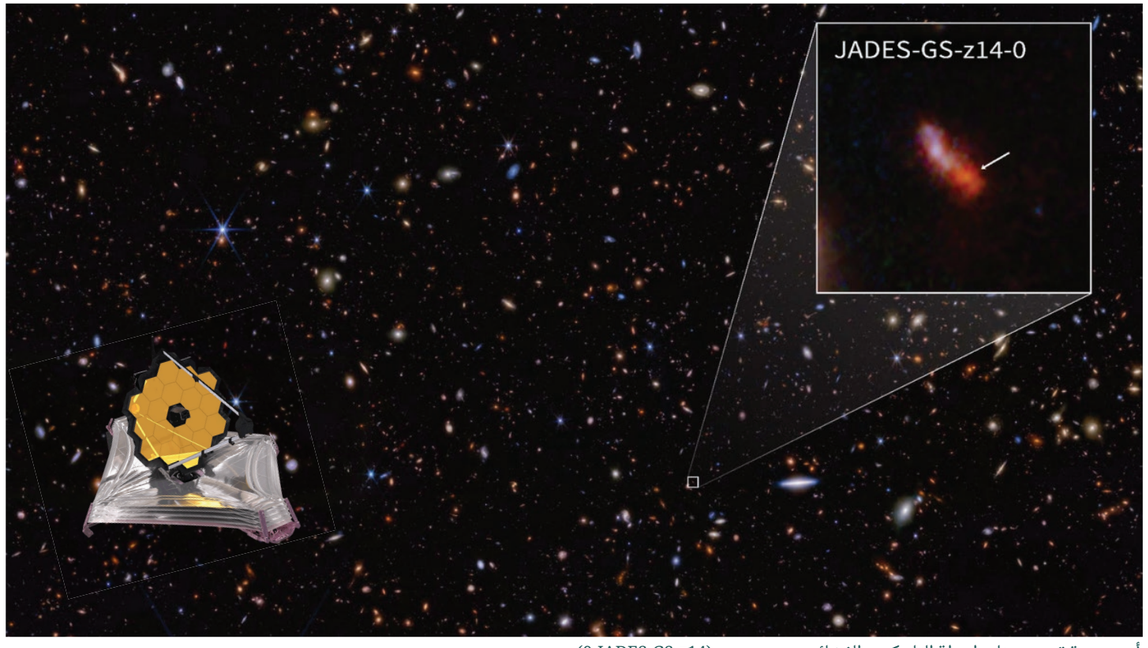
في بداية ظهور علم الفلك الراديوي، كانت الصورة العامة التي طرحها علماء الفلك الراديويون تبدو غير مقبولة أو غير مؤكدة من قبل زملائهم في علم الفلك البصري. حدثنا عن تجربتك مع هذه المرحلة.

حسنا كان ذلك في الخمسينيات، ولكن في السبعينيات، تم قبول علم الفلك الراديوي، بعدما كان زملائي في علم الفلك البصري متشككين للغاية. لقد كنت وقتها في المكان المناسب وفي الوقت المناسب، لأنني ذهبت إلى سانتا كروز (Santa Cruz) في إجازة لمدة عام، وحاولت البحث عن روابط بين المصادر البصرية والراديوية، وأشياء مثل استقطاب المصادر الراديوية بصريًا مع زوايا المواضع البصرية على طول محور الراديو. كوّنتُ صداقات مع علماء الفلك البصريين وتعاونت معهم، وأجروا الملاحظات. كان ذلك بالنسبة لي مهمًا جدًا لمسيرتي المهنية في محاولة مقارنة البصري والراديوي.

المسابقة لرصد المجرات الأولى في الكون

نشاهد الآن مع التلسكوب JWST صفحة جديدة في علم الفلك وهو يسجل اكتشافات تتعلق بالمجرات الأولى. منذ بضع سنوات أو ربما عقد من الزمن، كنا نعتقد أن أقدم المجرات تعود إلى400 - 500 مليون سنة بعد الانفجار العظيم، ولكن الآن نحن نتحدث عن 200 مليون سنة أو أقل فقط، والأرقام القياسية تتساقط الواحدة تلو الآخر. برأيك، إلى أي مدى يمكن لعلم الفلك الراديوي أن يصل بنا إلى بعض أقدم المجرات؟

نعم، وأعتقد أن السؤال الآن يتعلق بالقدرة على الاستكشاف العميق من خلال علم الفلك الراديوي، ونحن قادرون على تحقيق ذلك باستخدام تقنيات مثل التلسكوب الراديوي The Low-Frequency Array LOFAR. هناك المزيد من الأدلة الناجمة من الدراسات

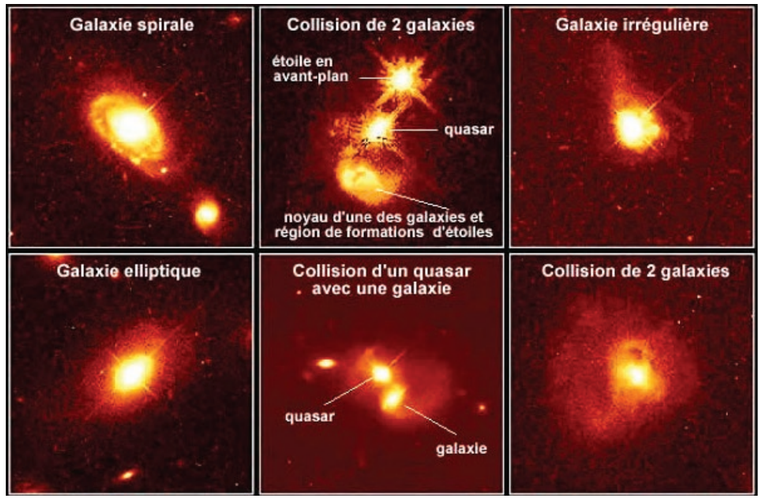


أبعد مجرة تم رصدها بواسطة التلسكوب الفضائي جيمس ويب (0-JADES-GS-z14)

باستخدام JWST و»آلماء» (ALMA) تشير إلى أن النشاط الكثيف والثقوب السوداء في المجرات في الفترة المبكرة خاصة، تلعب دورًا مهمًا في تكوين المجرات.
في الماضي، كان يُنظر إلى المجرات النشطة والكوازارات والمجرات الراديوية كمجالات دراسة منفصلة عن المجرات العادية، لكن الأدلة الآن تشير إلى تداخل كبير بين هذه الظواهر. يمكننا أن نلاحظ كيف تسهم النفاثات الصادرة من المجرات في تحفيز تكوين النجوم، إذ تصطدم بنفاثات مما يؤدي إلى تشكل النجوم. كلما عدنا إلى الوراء في الزمن، وزادت قيم الانزياح نحو الأحمر، تظهر المزيد من الأدلة على الترابط الوثيق بين النشاط في المجرات، بما في ذلك الثقوب السوداء، وعملية تكوين هذه المجرات. هذه منطقة أعتقد أننا سنتعلم منها الكثير خلال السنوات العشر المقبلة. هناك فعلا ارتباط وثيق بين كيفية تطور المجرات ووجود الثقوب السوداء في مركزها، ولكن هذا الجانب لا يزال غير مفهوم بشكل كامل.

هل نفهم اليوم ما إذا كان علم الفلك الراديوي أو البصري قادرًا على توضيح سبب توقف نشاط الكوازارات في مرحلة ما في الماضي؟ يبدو أنه لم يعد هناك كوازارات جديدة في بيئتنا القريبة حيث يجب أن تكون. لماذا توقفت هذه الكوازارات الكبيرة التي كانت تلعب دورًا محوريًا في تطور المجرات؟

أولاً وقبل كل شيء، يجب أن نأخذ في الاعتبار أن هناك أنواعًا مختلفة ومتعددة من الكوازارات، هناك حديقة حيوانات من المجرات النشطة. أحيانًا يتم تبسيط هذه المسألة بشكل مفرط، لكن الواقع أكثر تعقيدًا. إذا نظرنا إلى مصادر الراديو الممتدة، مثل تلك التي تصل إلى امتداد 100 كيلو فرسخ فلكي أو أكثر، سنجد أن بعضها يحتوي على كوازارات في نواتها، وبعضها الآخر لا يحتوي عليها.

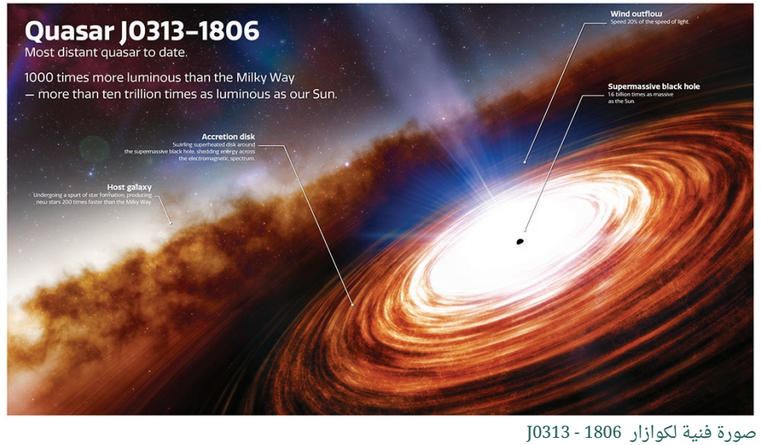


مجموعة من الكوازارات إلتقطها التلسكوب الفضائي هابل

تفسيري هو أن الكوازار يمر بدورة من النشاط الشديد في بدايته، ثم ينحسر تدريجيًا. وخلال هذه الفترة الطويلة، التي يمكن أن تمتد إلى مئات الملايين من السنين، يظهر الكوازار ويختفي عدة مرات. أحب أن أصف هذا بظاهرة «القشار»، حيث يظهر الكوازار عدة مرات خلال تاريخ المجرة الراديوية. عندما ننظر إلى هذه المصادر الراديوية المصاحبة للكوازارات بصريًا، سنرى كوازار، ولكن عندما ينحسر النشاط الراديوي، نرى مجرة فقط. النشاط في النواة قد يتقلب بسرعة بينما تستمر النفاثات الناتجة عنه لفترة أطول بكثير. لذلك، نرى تطور المجرة وهي تمر بمراحل كوازار متعددة عبر الزمن.

وكيف نشأت الكوازارات؟

هل يمكننا القول إذن إنّ كل مجرة قد مرت بمرحلة كوازار في تاريخها، أو ربما ما زالت تمر بها؟



صورة فنية لكوازار J0313 - 1806

ليس بالضرورة، ولم أقصد ذلك. في الواقع، لا أعتقد أن كل المجرات تمر بمرحلة كوازار. الحقيقة أننا لا نعرف بشكل دقيق الإجابة، ولا يمكننا التأكيد على أنّ جميع المجرات تخضع لهذه المرحلة. كما أننا لا نعرف لماذا تظهر المصادر الراديوية بشكل أكبر في المجرات الإهليلجية مقارنةً بالمجرات الحلزونية. قد يكون هناك ارتباط بحجم الكتلة؛ فكلما كانت المجرة أكبر كتلةً، زادت احتمالية أن تكون مصدرًا راديويًا (كوازار)، لكن هذا ما زال موضوعًا مفتوحًا للبحث.

هل ما تقوله يعني أنّ المجرات الحلزونية لا تتطور إلى كوازارات؟

ما أقوله هو أنّ مصادر الراديو الساطعة والقوية ترتبط بشكل أكبر بالمجرات الإهليلجية. لا نفهم تمامًا السبب، لكن المجرات الإهليلجية عادةً ما تكون أكثر ضخامة. نعتقد الآن أنّ عملية الاندماج، خاصة عندما تكون في مراحلها المبكرة، تساهم في بناء المجرات الضخمة، التي بدورها تغذّي الثقوب السوداء في مراكزها. هناك خاصية أخرى مثيرة للاهتمام تتعلق بالنفاثات الصادرة من هذه المجرات، التي قد تصل إلى طول 100 كيلو باسك (100.000pc) وتدوم لفترة طويلة. وهذا يعني أنّ محور دوران الثقب الأسود الذي يطلق هذه النفاثات يجب أن يظل ثابتًا على مدار ملايين أو حتى مليارات السنين. فالنفاثات تُنتج في نفس الاتجاه لفترات طويلة، وهذا يعني أنّ الثقب الأسود الذي يُنتجها، إذا كان ما نفترضه صحيحًا، هو ثقب أسود دوار. على الرغم من أنّ المواد تتراكم حوله وتتغير عبر الزمن، إلا أنّ الثقب الأسود يبقى ثابتًا في اتجاهه ضمن بضع درجات فقط، مما ينعكس في شكل وموقع النفاثات التي نراها.

مرصد LOFAR - LOw Frequency ARay - هولندا

حسنًا، إذا أردنا المقارنة بين علم الفلك البصري والراديوي في السنوات العشر إلى العشرين القادمة. لدينا الآن تلسكوب جيمس ويب الفضائي من جهة، والذي يستمر في تسجيل أرقام قياسية، ومن الجهة الأخرى لدينا مشروع تلسكوب SKA الذي وصل إلى مرحلة متقدمة، إلى جانب الجيل الجديد من أنظمة قياس التداخل الفلكي Very Long Baseline-Interferometry -VLBI وأيضًا LOFAR . هل ترى أن هناك منافسة بين هذه الطرق المختلفة لاكتشاف الكون المبكر؟ وهل يمكننا الوصول إلى معرفة الكون المبكر عبر علم الفلك الراديوي أم البصري؟

في الواقع، لا أرى الأمر كمنافسة. أولاً، المعرفة الكاملة تتطلب تكامل هذه الأدوات، فالمجموع هنا أكبر من أجزائه. وبالإضافة إلى تلسكوب JWST لدينا أيضًا تلسكوب إقليدس (Euclid) الذي تم إطلاقه مؤخرًا، وهو يقوم بمسح الكون بدقة عالية جدًا. هذا سيتيح لنا مقارنة المسوحات الراديوية الضخمة بالمسوحات البصرية. أتصور أن يقودنا هذا إلى اكتشافات غير متوقعة. سنتمكن من مقارنة الأشكال الراديوية مع خصائص المجرات البعيدة، مما يمنحنا صورة موحدة عن كيفية تشكل المجرات عند انزياحات حمراء عالية، تصل إلى z=10 أو أكثر. لفهم تكوّن التجمعات الأولى من المجرات، نحتاج إلى دمج المعلومات من كل نافذة طيفية متاحة.

قدرات LOFAR والتلسكوبات الراديوية العملاقة الأخرى SKA و ngVLA

هل لديك أي تعليق على الجيل الجديد من التلسكوبات الراديوية، مثل مصفوف المراصد الكبيرة VLA- Very Large Array- المتطور، وهل سيتفوق على مشروعنا الأفريقي الأسترالي SKA؟

أعتقد أن MeerKAT، وSKA، والجيل القادم من مصفوف المراصد العظيم ngVLA جميعها مهمة للغاية لأنها تفتح نوافذ جديدة وتقدم مستويات أعلى من الحساسية والدقة. بالنسبة لي، فإن SKA Low في أستراليا، على سبيل المثال هو جهاز متخصص للغاية، لكنه ليس متكاملا بشكل كبير مع الجزء الآخر من SKA؛ لأن SKA Low لا يتمتع بدقة زاوية عالية. لتحقيق دقة زاوية أفضل عند الترددات المنخفضة، نحتاج إلى فتحة تلسكوب راديو كبير جدًا. في SKA بأستراليا، لدينا فتحة تبلغ حوالي 75 كيلومترًا، بينما LOFAR على سبيل المثال يمتد إلى حوالي 3000 إلى 4000 كيلومتر. هذه المسافات الكبيرة تمنحنا دقة أعلى عند الترددات المنخفضة.

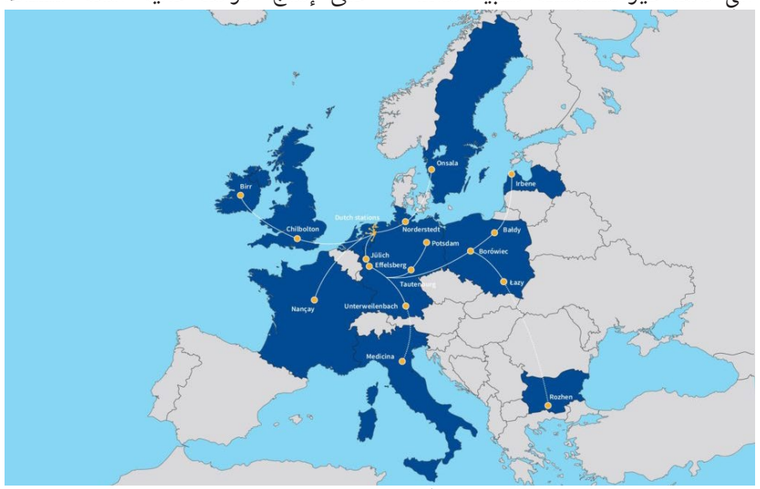
تحدثنا عن LOFAR منذ البداية، لكن هلا أوضحت للقراء ما هو بالضبط؟ لقد كنت رائدًا في هذا المجال وأنت من يقف وراء هذا المشروع. ما الذي يميز LOFAR وما هي قدراته مقارنة بـ SKA أو ngVLA؟

لنبدأ من البداية. قبل حوالي 30 عامًا، في التسعينيات، كان الجميع يتحدثون عن مشروع SKA ويريدون بناءه كمجموعة ضخمة من التلسكوبات، لكني كنت متشككًا. فكرّت أنه إذا أرادت هولندا الحفاظ على مكانتها في علم الفلك الراديوي، يمكننا استكشاف شيء آخر على المدى الأقصر. وكان ذلك الترددات الراديوية المنخفضة، التي كانت غير مستكشفة نسبيًا آنذاك.

قدمت اقتراحًا من ثلاث صفحات لهارفي بوتشر (Harvey Butcher) الذي كان يرأس آنذاك معهد علم الفلك الراديوي الهولندي. ووافق علماء الفلك على أن هذا المسار سيكون مثيرًا للاهتمام. لحسن الحظ، في ذلك الوقت، كانت الحكومة الهولندية تطلق صندوقًا لتنمية المنطقة الشمالية من هولندا، بتمويل من إيرادات النفط، وكان لديها رغبة في استثمار هذا المال لتطوير الشمال. وهكذا حصلنا على التمويل لإنشاء تلسكوب راديوي منخفض التردد في شمال هولندا. ثم انضمت إلينا دول أخرى، وأصبح الآن لدينا حوالي 14 محطة في دول أخرى، مع قلب الشبكة في هولندا، لكننا الآن نتوسع عبر أوروبا، والسبب وراء ذلك هو تحقيق دقة أعلى.

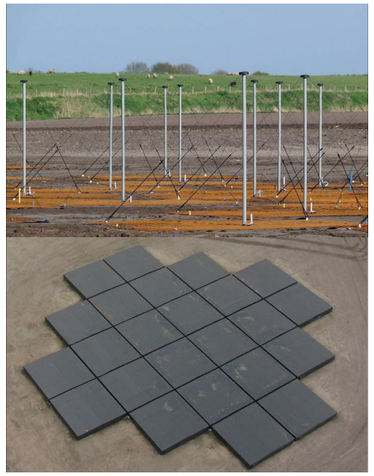
أفهم أن عدد الهوائيات قد يصل إلى حوالي 20 ألفا. كم عدد الهوائيات الموجودة فعليًا في شمال أوروبا؟

نعم، هناك آلاف الهوائيات، ويصل عددها إلى حوالي 20 ألف تقريبًا. لم يكن مؤكدًا في البداية ما إذا كان من الممكن إجراء علم الفلك الراديوي منخفض التردد في أوروبا بسبب التداخل الراديوي، لكن الأمر نجح بشكل أفضل مما توقعنا. نحن الآن قادرون على إنتاج خرائط عالية الدقة للسماء،



تتوزع محطات LOFAR على العديد من الدول الأوروبية

بجودة تصل إلى دقة هابل. بالنسبة لي هذا المشروع لا يتعلق فقط بالدقة والحساسية، ولكن أيضًا بتطبيقاته الأوسع. يمكننا أن نذهب أبعد ونحصل على صور أكثر وضوحًا، ونستفيد من هذا النهج لتحفيز الابتكار والتطوير، كما فعل الأفارقة مع بناء MeerKAT واستخدام علم الفلك الراديوي لتعزيز الابتكار والتطور التقني.



الصورة في الأعلى تمثل هوائيات منخفضة النطاق LBAs، أما الصورة في الأسفل فهي أغلفة سوداء تحتوي على هوائيات عالية النطاق LOFAR - HBAs

لدي سؤال أخير بخصوص LOFAR. كيف تقيّم قدراته مقارنة بـ SKA، وما هي المجالات الفريدة التي يمكنه المساهمة فيها في علم الفلك؟

لم يعد LOFAR مجرد مشروع متخصص، بل أصبح أداة فريدة لمراقبة نطاق التردد المنخفض من 200 إلى 16 ميغاهرتز. أما بالنسبة لـ SKA فلا يمكنه الوصول إلى نفس الدقة في هذا النطاق؛ إذ يمكنك الحصول على تلسكوب حساس للغاية، لكن إذا كانت الصورة غير واضحة بسبب ضعف الدقة، فلن يكون ذلك مفيدًا بشكل كافٍ.

أفهم ما تتحدث عنه، خاصة فيما يتعلق بـ SKA Low في أستراليا. ولكن إذا استُكملت بعض مراحل المشروع، فهل سيعطي SKA بأستراليا مساحة أكبر بكثير؟ وهل ستكون دقته أعلى بكثير في النهاية؟

حاليًا، الجزء الوحيد الممول في أستراليا يمتد لمسافة 75 كيلومترًا. للحصول على دقة عالية في نطاق الترددات المنخفضة، من المهم بناء تلسكوب ذي حساسية ودقة عاليتين. السؤال المطروح الآن هو ما إذا كان سيتم توسيع SKA في أستراليا أو LOFAR في أوروبا، ويفضل أن يكون التوسع متوازنًا بين الشمال والجنوب. ومع ذلك، أعتقد أنه من الأسهل الحصول على تمويل أوروبي لتوسيع LOFAR محليًا نسبيًا في أوروبا بدلًا من استثماره في أستراليا.

لكنهما يغطيان نفس النطاق أو يخدمان نفس الفكرة تقريبًا، أليس كذلك؟

صحيح، لكن ليس بنفس الدقة.

نعم، أتفق معك. ولكن ماذا عن الذهاب إلى جنوب أوروبا؟ حتى الآن، يبدو LOFAR متمركزًا في شمال أوروبا، فهل من المنطقي توسيعه نحو الجنوب، أسبانيا وإيطاليا واليونان مثلا؟

نعم، هذا الاتجاه جارٍ بالفعل. لدينا إيطاليا مشاركة في LOFAR، وبلغاريا تبني محطة جديدة، وهناك اهتمام متزايد من اليونان. نطمح للتوسع في جنوب أوروبا، مما يعني أننا سنحتاج إلى التفاف حول البحر الأبيض المتوسط للوصول إلى إسبانيا والبرتغال، وربما حتى تغطية موحدة تشمل شمال إفريقيا والشرق الأوسط.

لكن إذا قررتم التوسع حول البحر الأبيض المتوسط، ستبقى هناك مساحة كبيرة خالية في البحر تشبه «الثقب الأسود»، حيث لا يمكن وضع الهوائيات فيها. ألا يشكل هذا فراغا قد يؤثر على دقة ا لتغطية ؟

في الواقع، دوران الأرض يساعد في حل هذه المشكلة. حتى مع وجود فراغ في منطقة البحر الأبيض المتوسط، تتم تغطية معظم الفتحات بفضل دوران الأرض. هذا ما نسميه «مستوى UV»، حيث يؤدي الدوران إلى محاكاة فتحة كاملة، مما يتيح تغطية متكاملة.

على الرغم من الفجوة الكبيرة في منطقة البحر الأبيض المتوسط، هناك العديد من الجزر الأوروبية التي يمكن أن تدعم توسع المشروع، مثل مالطا، وسردينيا، وكورسيكا، وصقلية، وكريت. لذلك قد لا تكون المنطقة فارغة بالكامل. لكن ماذا عن الذهاب أبعد من ذلك؟ لقد طرحت فكرة توسع LOFAR نحو شمال إفريقيا والشرق الأوسط. هل يمكنك توضيح كيف يمكن ربط هذا المشروع بمفهوم «المواطنة العلمية العالمية» وكيف يمكن للناس المساهمة فيه؟

هذا ليس مجرد تصور شخصي، بل جزء من الرؤية الأكبر لاستخدام علم الفلك الراديوي كأداة للتنمية، وهو ما فعلته جنوب إفريقيا بنجاح. إنهم يطبقون العلم والتكنولوجيا لتعزيز التنمية البشرية من خلال الفلك. اقتراحي هو أن تصبح بعض مواقع محطات LOFAR أو SKA مراكز للابتكار، ليست مراكز راديوية فحسب، بل مراكز للبنية التحتية العلمية التي يمكن للعلماء المحليين استخدامها في أبحاثهم الخاصة. يمتد هذا إلى مجالات أخرى مثل علم الزلازل والجغرافيا، إذ لا توجد حاليًا بنية تحتية علمية تربط بين ثلاث قارات.

المستوى UV؟ هل تقصد بذلك شيئًا مرتبطًا بالأشعة فوق البنفسجية أم أنه شيء آخر؟

لا، الأمر مختلف. مستوى UV هنا يشير إلى مستوى الخط الأساسي للتلسكوب، والفكرة هي أنه عندما تدور الأرض، ينتج كل خط أساس شكلًا بيضويًا، أو قطعًا ناقصًا. ومع وجود العديد من الخطوط الأساسية (20 أو 30 خطًا أساسيًا مثلًا)، تتقاطع هذه الأشكال البيضوية مع بعضها البعض وتُكوّن محاكاةً لفتحة متجانسة كبيرة. على الرغم من وجود منطقة فارغة في البحر الأبيض المتوسط، إلا أن المحطات تظل متباعدة بمئات الأميال، مما يعني أنه من الصعب تغطية كل منطقة بالكامل باستخدام هوائيات ثنائية القطب. بدلًا من ذلك، لدينا محطات موزعة في مواقع محددة، ومع دوران الأرض، يتم سد الفجوات وتغطية المنطقة بشكل كامل.

(على اليمين) محطات المرصد الراديو Square Kilometer Array - SKA - أستراليا، (على اليسار) مرصد Meerkat - SKA بجنوب إفريقيا

قصة إنشاء مكتب الفلك من أجل التنمية OAD

رائع. يبدو هذا المشروع واعدًا للغاية. أعتقد أنّ الوقت قد حان للحديث عن برنامجك التعليمي الشامل في علم الفلك. في عام 2009، قد تم حملة كبيرة للتوعية بالكون وكانت حجر الأساس لعام علم الفلك الدولي. كما ساهمت جهودك في إنشاء مكتب الفلك من أجل التنمية Office of Astronomy for Development (OAD) الذي أصبح الآن شبكة عالمية بوجود محطات إقليمية في مختلف أنحاء العالم. مؤخرًا، كان هناك مؤتمر في جنوب إفريقيا لعب دورًا مهمًا في تعزيز دور هذه المنظمة، وأذكر أن صديقنا المشترك كيفن جوفيندر قدم خطابًا رائعًا هناك. يجب أن تكون فخورًا أيضًا بتلميذك كيفين جوفيندر الذي أصبح الآن مديرًا لـ OAD.

بالفعل، كان حظي كبيرًا بأن أرتبط بأشخاص رائعين مثل كيفين كارولين أودمان (Carolina Ödman) ، وهذه قصة بحد ذاتها.

هل يمكنك أن تخبرنا قليلاً عن برنامج التوعية بالكون (Universe Awareness (UNAWE Program) الذي أطلقته، وكيف أصبح اليوم. ما هو التأثير الذي أحدثه مكتب علم الفلك من أجل التنمية برأيك؟ وكيف ترى دوره في إطار تعزيز التنمية المستدامة للأمم المتحدة من خلال علم الفلك؟

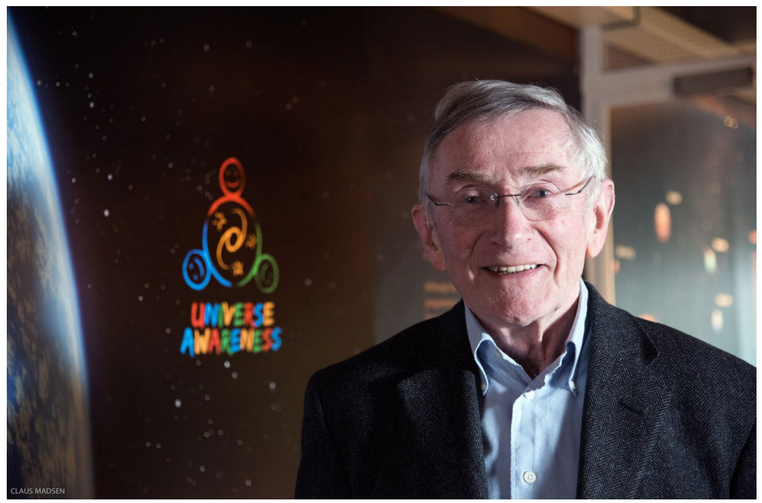
كنت دائمًا مدركًا لوجود ارتباط بين علم الفلك والمجتمع. ومن وجهة نظري، من المهم للغاية أن يكون علماء الفلك مهتمين بكوكبنا، بتنمية المجتمع، وبمواجهة الأمور المجنونة التي تحدث.
علم الفلك يمثل أكثر من مجرد علم؛ إنه أداة للتنمية والتواصل بين الثقافات والأجيال. ومن حسن حظي أنني حصلت على منحة أتاحت لي حرية كبيرة لتطوير هذا المشروع.

كنت مؤمنًا بأهمية إلهام الأجيال الشابة، وخاصة الأطفال الصغار جدًا، وإبعادهم عن التفكير الضيق والحدود القومية، لتكون لديهم نظرة شاملة للكون. كنت أستلهم من فلسفة كارل ساجان، ورغبت أن يشعر الأطفال بأنهم جزء من هذا الكون العظيم. وهكذا بدأنا برنامج التوعية بالكون.
كنا محظوظين بوجود منسقة رائعة مثل كارولينا، التي كانت شخصية مؤثرة بشكل كبير. بفضل جهودها، توسع البرنامج ليشمل أكثر من ستين دولة، ما أثار حماسة الناس ودفعهم للانضمام إلى هذه المبادرة. ومن خلال هذا البرنامج، التقت كارولينا مع كيفين جوفيندر، الذي قاد فيما بعد OAD. لكن للأسف وفاة الدكتورة كارولينا قبل عامين كانت خسارة مؤلمة لكن إرثها يستمر.
هناك الكثير من الأدلة التي تدعم أهمية تعليم الأطفال الصغار في وقت تتشكل فيه قيمهم. الوصول إلى الأطفال في هذا العمر الحرج يؤثر عليهم مدى الحياة. عندما تم تعييني نائبًا لرئيس الاتحاد الفلكي الدولي، كنت أرى أن على العلماء توجيه جهودهم نحو استخدام علم الفلك كأداة لتنمية المجتمع. لو ألقينا نظرة على حجم الاستثمارات في الأبحاث الفلكية، لوجدنا أنه يجب تخصيص نسبة من هذه الاستثمارات للتنمية. على سبيل المثال، إذا بُني تلسكوب بتكلفة 100 مليون دولار، فيجب تخصيص خمسة ملايين دولار للتنمية أو للتطبيقات التي تعود بالفائدة على المجتمع. هذا هو النموذج الذي أتمنى أن أراه في المستقبل. علم الفلك لا يتعلق فقط بالبحث عن النجوم، بل يمكنه أن يكون محركًا للتنمية الثقافية، والتعليم، والنمو المستدام على مستوى عالمي.

التنمية بالمشاريع فلكية متقدمة

حسنًا، ماذا تقترح للشرق الأوسط وشمال إفريقيا؟ ما هي الخطوات التي تعتقد أنه يجب على أصحاب القرار أو الجمعيات اتخاذها لدعم علم الفلك في هذه المنطقة؟ وما هي نصائحك لنا حول كيفية التحرك في هذا الاتجاه؟

أعتقد أن هناك عدة خطوات يمكن اتخاذها في وقت واحد. أولاً، من الضروري تشكيل فرق متكاملة تضم علماء من تخصصات



مختلفة، ليس فقط علماء الفلك، بل أيضًا علماء فيزياء الغلاف الأيوني، وعلماء الأرصاد الجوية، وعلماء الزلازل الذين قد يكون لديهم اهتمام بمثل هذه المشاريع. يمكن إشراك هؤلاء في بلدان متعددة ذات صلة. ما أود فعله هو السعي لجعل مكتب SKA ومنظمة LOFAR يهتمان ببدء دراسة تصميم لمشروع شبيه بمبادرة GLORY. قد يبدو هذا صعبًا، لكنه ممكن إذا اتخذنا خطوات في اتجاهات عدة في وقت واحد. سيكون من الرائع أن يكون لدينا مجموعات من الأشخاص المتحمسين الذين يعلنون عن اهتمامهم بإجراء دراسة تصميمية لهذا المشروع.

يبدو أن مشروع GLORY يمثل رؤيتك المفضلة، وأنت تطمح إلى أن ينظر الآخرون في تبنيه.

نعم، كوني متقاعدًا يضعني ذلك في وضع يسمح لي بالحديث بحرية. رؤيتي لـ SKA كانت دائمًا شاملة. أعتقد أن الوقت قد حان لإجراء تقييم كامل لحالة علم الفلك الحالية والنظر في فرص التمويل المتاحة، مع التفكير في خيارات مختلفة. قد يكون من الصعب جدًا الحصول على تمويل لـ SKA 2 في أستراليا فقط على أساس علم الفلك الراديوي، نظرًا للتكلفة الهائلة، لكن إذا تم دمج المشروع مع أهداف أخرى، كالتنمية والدبلوماسية العلمية، خصوصًا عبر منطقة البحر الأبيض المتوسط، أعتقد أننا قد نجد مصادر تمويل بديلة. هناك فرصة واقعية لتوسيع LOFAR ليشمل المنطقة، وربما يكون من الأسهل الحصول على التمويل لذلك مقارنة بتمويل SKA Low في أستراليا. بالطبع، يُفضل أن يتم العمل على المشروعين معًا، لأن هذا سيوفر أيضًا استمرارية لمشروع SKA، خاصة إذا انضم إلى المرحلة الثانية من SKA Mid، حيث ستكون هناك تلسكوبات خارجية VLBI موزعة في جميع أنحاء إفريقيا.

لكن هل تعتقد أن القائمين على SKA قد يكونون مهتمين بمشروع LOFAR وتوسيعه نحو شمال إفريقيا؟ يبدو أنهم ركزوا جهودهم ومواردهم بشكل كبير على مشروعهم الرئيسي في أستراليا، حتى أصبحوا مثقلين بتحدياته.

نحن لا نتحدث عن اللحظة الحالية بالتحديد، بل عن المستقبل، بعد اكتمال المرحلة الأولى من SKA. ومع اقترابنا من هذا العقد القادم، أعتقد أنه من الضروري إعادة تقييم كل شيء والنظر في الاحتياجات المتجددة. قد يكون من المجدي بناء امتدادات على البنية التحتية لـ LOFAR، حيث يمكننا

الاستفادة من نفس الأهداف التنموية مثل SKA Mid. التركيز فقط على علم الفلك الراديوي في أستراليا ليس الخيار الوحيد؛ هناك إمكانيات كبيرة لتوسيع الشبكة لتشمل مناطق أخرى، مما يمنحنا انتشارًا أكثر تنوعًا ودعمًا لمشاريع علمية في مناطق جديدة مثل شمال إفريقيا.

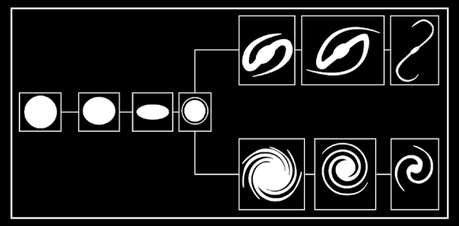
ممتاز، صديقي. كان من الرائع حقًا أن نتحدث معًا ونتبادل الآراء حول جوانب متعددة في علم الفلك ومشاريعه المستقبلية .

استمتعت كثيرًا بهذا النقاش. لقد تحدثت بصراحة وقلت أشياء ربما لم أكن لأقولها في سياقات أخرى، لكنني شعرت بالراحة للحديث عن نشأتي وتجربتي وأفكاري حول مستقبل العلم.

مجرة درب التبانة
Milky Way Galaxy

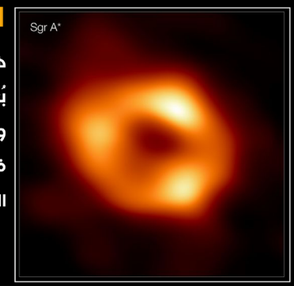
شريط مجرة درب التبانة

مجرة درب التبانة هي مجرة حلزونية ضخمة تحتوي على مئات المليارات من النجوم، بما في ذلك شمسنا. نظرًا لوجودنا داخلها، لا يمكننا رؤية شكلها الكامل، بل تظهر كشريط نجمي في السماء. الصور التي نراها هي تصورات فنية تستند إلى بيانات علمية دقيقة، تمثل أذرع المجرة وتركيبها الحلزوني، مما يساعد العلماء على فهم تطورها وهيكلها.



مخطط الشوكة الرنانة - هابل

مخطط الشوكة الرنانة لهابل هو نظام طوره الفلكي إدوين هابل لتصنيف المجرات بناءً على أشكالها. يتضمن المجرات الإهليلجية والحلزونية، بما فيها "الحلزونية ذات الضلع". رغم بساطته وقدمه، لا يزال يُستخدم لفهم تطور المجرات.



الثقب الأسود العملاق Sagittarus A*

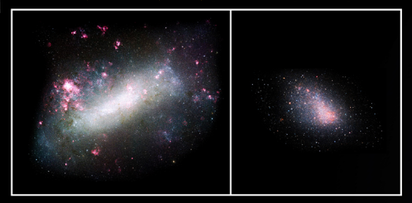
هو ثقب أسود فائق الكتلة يقع في مركز مجرة درب التبانة، على بُعد 26,000 سنة ضوئية. تبلغ كتلته 4 ملايين مرة كتلة الشمس، ويحيط به غازات ساخنة ونجوم تدور بسرعة هائلة بفعل جاذبيته. في 2022، التُقطت أول صورة لظله بواسطة تلسكوب أفق الحدث.

النظام الشمسي SolarSystem

النظام الشمسي هو مجموعة من الكواكب والأقمار والكويكبات تدور حول الشمس. يقع النظام الشمسي في ذراع أوريون الحلزوني لمجرة درب التبانة على بعد حوالي 26,000 سنة ضوئية من مركز المجرة في منطقة آمنة نسبيًا تسهل تطور الحياة على الأرض.

مجرة أندروميدا Andromeda Galaxy

مجرة أندروميدا (M31) هي أقرب مجرة حلزونية كبيرة إلى درب التبانة، على بُعد 2.5 مليون سنة ضوئية. تحتوي على تريليونات النجوم وتفوق درب التبانة حجمًا. يُتوقع تصادم بينهما خلال 4.5 مليار سنة، وتُعد هدفًا مهمًا لفهم تطور المجرات.



سُحب ماجلان الكبرى والصغرى

سُحب ماجلان الكبرى والصغرى هما مجرتان قزمتان غير منتظمتين تدوران حول درب التبانة، على بُعد 163,000 و206,000 سنة ضوئية. تُعدان من أبرز المجرات القزمة لدورهما في دراسة التفاعلات المجرية. بجانب شهرتهما توجد عشرات المجرات القزمة الأخرى التي تعكس تعقيد النظام المجري

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

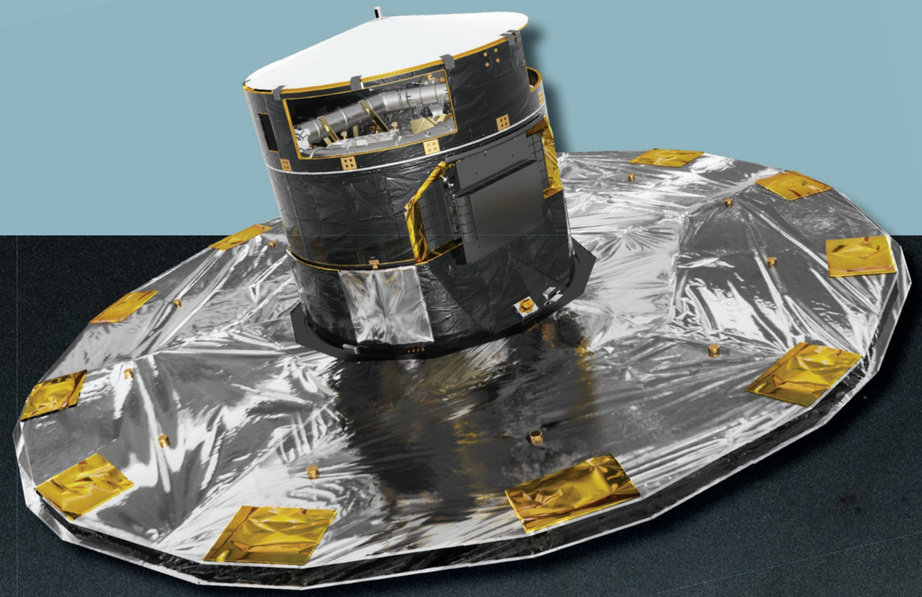
التلسكوب GAIA
ثورة في رسم خريطة
درب التبانة

بقلم محمد أكرم زرمان
وحدة البحث في الوساطة العلمية

على مدار القرن الماضي، تطور فهمنا لمجرة درب التبانة بشكل كبير. كان علماء الفلك الأوائل، باستخدام أدوات بسيطة، لا يستطيعون سوى التخمين حول طبيعة مجرتنا. سمح اختراع التلسكوب لغاليليو بملاحظة التركيب الحقيقي لدرب التبانة كعدد لا يحصى من النجوم، ولكن لم يبدأ علماء الفلك في تسجيلها بدقة حتى القرن الثامن عشر. في القرن التاسع عشر، قام فريدريش بيسل بأول قياسات موثوقة لمسافات النجوم، مما شكل علامة فارقة في فهم هيكل المجرة.

في البداية، كان العلماء يعتقدون أن مجرة درب التبانة هي الكون بأسره. استمرت هذه النظرة حتى أثبت إدوين هابل في عشرينيات القرن العشرين أن المجرات الأخرى، مثل مجرة أندروميدا، هي كيانات منفصلة تقع بعيدًا عن درب التبانة. أدى هذا الاكتشاف إلى توسيع رؤيتنا الكونية، وكشف بحث إضافي أجراه علماء فلك مثل جان أورت «Jan Oort» أن مجرة درب التبانة تدور، وأن الأرض تقع بعيدًا عن مركزها.

أطلق القمر الصناعي «هيباركوس» التابع لوكالة الفضاء الأوروبية عام 1989 أول خريطة دقيقة للنجوم في المجرة. ولكن نقطة التحول الحقيقية جاءت مع إطلاق تيليسكوب»غايا» في عام 2013. لقد قام «غايا» برسم خرائط لأكثر من مليار نجم، مما وفر بيانات غير مسبوقة عن مسافاتها وحركاتها وسرعاتها. هذه المعلومات تعيد تشكيل فهمنا لبنية مجرة درب التبانة وتطورها، وتسمح لعلماء الفلك بنمذجة ماضيها ومستقبلها بدقة غير مسبوقة. ستستمر بيانات «غايا» في تشكيل دراسات المجرة لعقود قادمة.



نظرة عامة على المهمة

الاسم: غايا
الوكالة: وكالة الفضاء الأوروبية -ESA
الإطلاق: 19 ديسمبر 2013
الهدف: إنشاء أدق خريطة ثلاثية الأبعاد لدرب التبانة

الميزات الرئيسية

الموقع: نقطة لاغرانج L2
الأجهزة: تلسكوبان، 106 كواشف CCD تحتوي على مليار بكسل.
الأهداف: أكثر من ملياري نجم، الكويكبات، المجرات، والكوازارات.

الأهداف العلمية

رسم مواقع النجوم، مسافاتها، وحركاتها.
دراسة هيكل مجرة درب التبانة وتطورها.
اكتشاف الكواكب الخارجية والكويكبات.
استنتاج توزيع المادة المظلمة.

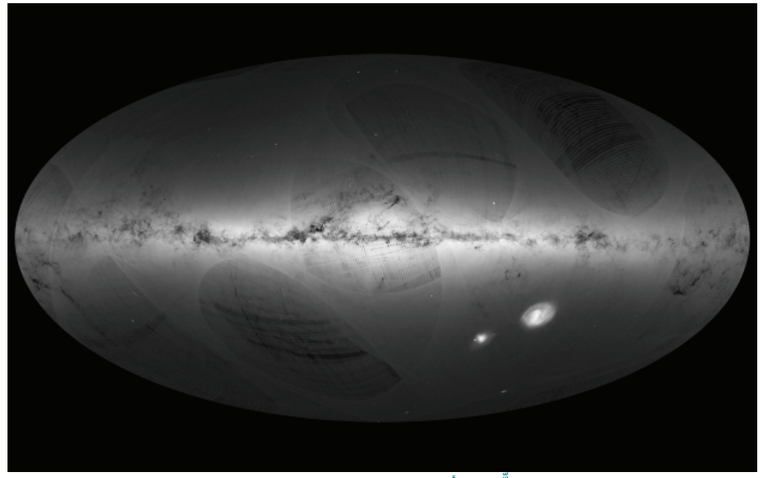
الإنجازات

أدق خريطة ثلاثية الأبعاد لمجرتنا.
فهم جديد لاندماجات المجرات وتشكيل النجوم.
تصنيف آلاف الكويكبات والعناقيد النجمية.

الشعار

«رسم خريطة درب التبانة، نجمة واحدة في كل مرة.»

بالنسبة لنا سكان الأرض، كوكبنا فريد من نوعه، مختلف عن جميع الكواكب الأخرى التي نراها ليس فقط حول الشمس ولكن أيضًا حول النجوم الأخرى. في الواقع، الأرض هي واحدة من مئات المليارات من الكواكب التي تدور حول حوالي 250 مليار نجم تشكل مجرتنا، درب التبانة. وحتى وقت قريب جدًا، كنا نعرف القليل جدًا عن موطننا المجري، فكيف تطور فهم البشرية لمجرة درب التبانة على مدار القرن الماضي؟ ولماذا ازدهرت دراسة مجرتنا بالكامل فقط بعد أن وصل قمر وكالة الفضاء الأوروبية «غايا» إلى مداره وبدأ في رصد السماء؟



الشّكل 1: أول خريطة سمائية لتلسكوب غايا

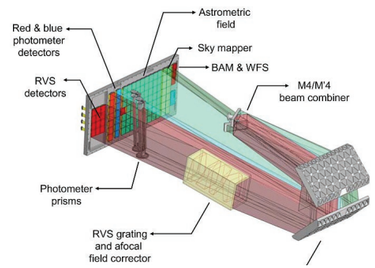
مهمة «غايا»، التي أطلقتها وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) في 19 ديسمبر 2013، تهدف إلى إنشاء أكثر خريطة ثلاثية الأبعاد تفصيلاً لمجرة درب التبانة. تتمركز «غايا» في نقطة لاغرانج L2 بين الشمس والأرض، وتوفر بيانات فلكية، ضوئية، وطيفية عالية الدقة لحوالي 1% من نجوم المجرة، أي حوالي مليار نجم. خلال مهمتها الأساسية التي استمرت خمس سنوات، راقبت «غايا» كل نجم حوالي 70 مرة، متتبعة مواقعها، حركاتها، وتغيرات سطوعها.

تساعد بيانات «غايا» في تتبع تاريخ مجرة درب التبانة، وكشف عمليات اندماج سابقة مع مجرات أصغر، مثل مجرة «غايا-إنسيلادوس». كما تساهم في دراسة الكويكبات، مداراتها وخصائصها. بالإضافة إلى ذلك، حدد «غايا» نجومًا في مجرات مجاورة واكتشف مستعرات عظمى، مثل «غايا 14aaa» على بعد 500 مليون سنة ضوئية.

مكونات جد متطورة

غايا هو تلسكوب فضائي يتكون من تلسكوبين مجهزين بعشر مرايا تجمع الضوء وتركزه على أدواته العلمية. يحتوي كل تلسكوب على مرآة رئيسية مستطيلة بمساحة تجميع تبلغ 0.7 متر مربع. على الرغم من أن حجمه أصغر مقارنة بالتلسكوبات الأرضية، إلا أن موقع غايا في الفضاء يلغي تشوهات الغلاف الجوي، مما يضمن ملاحظات دقيقة. توجه مرايا غايا الضوء عبر مسار يبلغ 35 مترًا إلى أجهزتها، مما يجعلها أكبر مستوى بؤري تم نشره في الفضاء.

غايا هو مركبة فضائية تتألف من ثلاث وحدات وظيفية رئيسية: وحدة الحمولة، الوحدة الخدمية الميكانيكية، والوحدة الخدمية الكهربائية. تتضمن وحدة الحمولة الأدوات البصرية والإلكترونيات اللازمة



الشكل 2: مكونات تلسكوب غايا

لمعالجة البيانات، بما في ذلك وحدة معالجة الفيديو، مراجع الساعات الذرية، وتخزين البيانات. يتم تثبيت أدوات غايا على منصة بصرية سداسية، ويتم جمع الضوء من الأجرام السماوية بواسطة تلسكوبين، ينعكس عبر المرايا ويتركز على المستوى البؤري الذي يتكون من 106 أجهزة CCD، مما يشكل مصفوفة بحجم جيجابكسل.

يقوم غايا بمسح السماء عن طريق الدوران ببطء، مما يسمح له بمراقبة كل جزء من السماء حوالي 70 مرة خلال فترة مهمته. يعد المستوى البؤري الأكبر من نوعه للتطبيقات الفضائية، وهو يدعم خمس وظائف رئيسية: استشعار الواجهة الموجية، رسم خرائط السماء، قياسات الحقل الفلكي، الفوتومتر الأزرق والأحمر، ومقياس الطيف للسرعة الشعاعية. يعمل غايا في وضع «النوافذ» لتقليل الضوضاء وتحسين جمع البيانات.

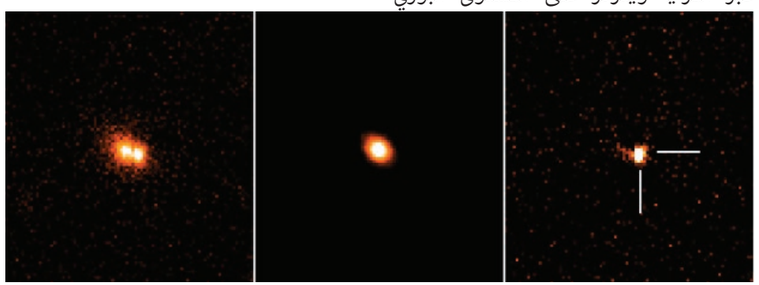
تدعم الوحدة الخدمية الميكانيكية الحمولة وتضمن استقرار الزاوية الأساسية اللازمة للقياسات الدقيقة. تشمل درعًا شمسيًا قابلًا للنشر، حماية حرارية، وعناصر هيكلية. تم تصميم الوحدة الخدمية الكهربائية لدعم المهمة بأنظمة للتحكم في الوضعية، إدارة البيانات، توزيع الطاقة، والاتصالات مع الأرض.

تُخصص تلسكوبات غايا لقياس المواقع الفلكية للنجوم والفوتومترية، التي توفر بيانات عن ألوان الأجرام السماوية. يقيس مقياس الطيف للسرعة الشعاعية (RVS) حركة النجوم من خلال تأثير دوبلر. تستخدم الأدوات الفوتومترية منشورات من السيليكا المنصهرة لتشتيت الضوء عبر نطاقين، بينما يعمل RVS في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة.

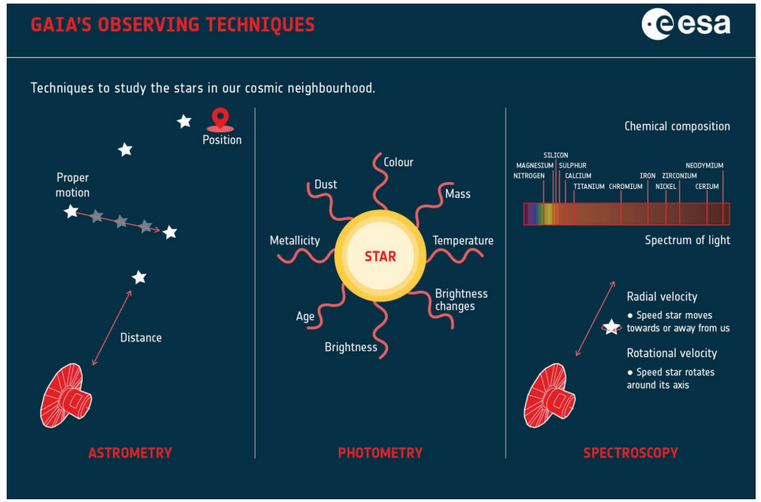
تُمكن بيانات غايا من إجراء قياسات دقيقة لمواضع النجوم، حركاتها، مسافاتها، وسرعاتها، مما يسمح لعلماء الفلك بدراسة بنية وتطور مجرة درب التبانة واكتشاف الكواكب، الأقزام البنية، الكويكبات، وغيرها من الظواهر السماوية.

أهداف علمية رائدة

الهدف الرئيسي لمهمة غايا هو مسح مليار نجم في مجرتنا لإنشاء أدق خريطة ثلاثية الأبعاد



الشكل3: المستعر الأعظم Gaia14aaa والمجرة المضيفة له.



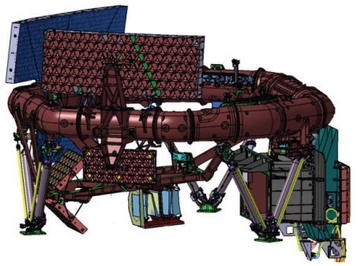
الشّكل 4: مسارات الرسل الجسيمية المختلفة من أماكن إنتاجها إلى الأرض.
على عكس الفوتونات، فإنّ التقاط البروتونات على الأرض، لا يسمح بتعيين موقع مصدرها في السّماء،

لدرب التبانة والإجابة على أسئلة حول أصلها وتطورها. ستكتشف غايا أيضًا ما يصل إلى 10,000 كوكب خارج المجموعة الشمسية، وتكتشف مئات الآلاف من الكويكبات والمذنبات، وترصد عشرات الآلاف من النجوم الفاشلة والسوبرنوفا. بالإضافة إلى ذلك، ستختبر نظرية النسبية العامة لأينشتاين.

ستجمع غايا بيانات حول موضع كل جسم سماوي مرئي، وسطوعه، ولونه. من خلال تكرار الملاحظات على مدى خمس سنوات، سيتمكن علماء الفلك من حساب المسافة، والسرعة، واتجاه حركة النجوم، مما يساعد في إعادة بناء تاريخ درب التبانة.

ستكتشف غايا كواكب بحجم المشتري ضمن 150 سنة ضوئية من الشمس عن طريق اكتشاف الاهتزازات الصغيرة في النجوم الناجمة عن سحب الجاذبية للكواكب. من المتوقع أن تكتشف المهمة بين 10,000 و 50,000 كوكب خارج المجموعة الشمسية.

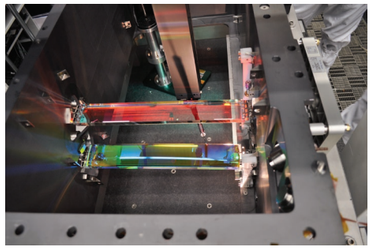
ستحدد غايا عشرات الآلاف من الأقزام البنية، النجوم الفاشلة التي لم تجمع كتلة كافية لإشعال الاندماج النووي. هذه البيانات ضرورية لفهم تكوين النجوم، حيث أنه كلما زادت كمية الغاز المحبوسة داخل الأقزام البنية، قل الغاز المتاح لتكوين النجوم الحقيقية.



الشكل 6 مكونات تلسكوب غايا

كما ستساعد غايا في اكتشاف الكويكبات والمذنبات في نظامنا الشمسي، حيث ستكتشف مئات الآلاف من الكواكب الصغيرة، بما في ذلك الأجسام القريبة من الأرض وتلك الموجودة في حزام الكويكبات وحزام كويبر. خلال المهمة، من المتوقع أن تكتشف غايا حوالي 100,000 سوبرنوفا في المجرات البعيدة، مما يوفر إنذارات مبكرة لعلماء الفلك.

أخيرًا، ستختبر غايا نظرية النسبية العامة من خلال اكتشاف انحناء الضوء بسبب الحقول الجاذبية وقياس الموجات الجاذبية المحتملة. كما ستتحقق مما إذا كانت قوة الجاذبية تتغير مع مرور الوقت من خلال دراسة الأقزام البيضاء.

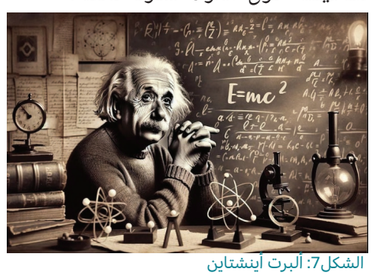


الشكل 5: ادوات قياس الضوء

لقد كشفت مهمة غايا عن رؤى مذهلة حول بنية وتاريخ مجرة درب التبانة. ومن أهم اكتشافاتها أن مجرتنا نمت عن طريق امتصاص مجرات أصغر، حيث لعبت مجرة القوس القزمة دورًا رئيسيًا في تحفيز موجات جديدة من تكوين النجوم من خلال تصادماتها مع مجرة درب التبانة. كما قدمت غايا رؤية أوضح لأذرع مجرة درب التبانة الحلزونية، كاشفة عن أنماط وتفاعلات معقدة. اكتشاف آخر هو أن النجوم القادمة من مجرات أخرى تُجرد تدريجيًا مع تفاعلها مع قوى الجاذبية الخاصة بدرب التبانة. بالإضافة إلى ذلك، حددت غايا موجة رادكليف، وهي هيكل ضخم من الغاز في محيط الشمس، مما يساهم في فهم تكوين وتطور مكونات النجوم في مجرة درب التبانة. هذه الاكتشافات تحوّل معرفتنا بالديناميكيات والبنية المجريّة.

لقد قدمت مهمة «غايا» نقلة نوعية في دراسة مجرة درب التبانة، حيث أتاحت لنا فرصة غير مسبوقة لفهم تاريخ المجرة وتطورها بشكل أكثر عمقًا. البيانات التي جمعتها «غايا» لم تقتصر على تحسين معرفتنا بمواقع وحركات النجوم فحسب، بل ساعدت أيضًا في كشف الغموض حول كيفية

تفاعل مجرتنا مع مجرات أخرى على مر العصور. مع استمرار تحليل هذه البيانات، ستكون لدينا القدرة على الإجابة عن العديد من الأسئلة الأساسية حول بنية الكون وأصل النجوم والكواكب. بفضل «غايا»، نحن على أعتاب اكتشافات جديدة ستعيد تشكيل مفاهيمنا حول الكون لعقود قادمة.



الشكل7: ألبرت أينشتاين

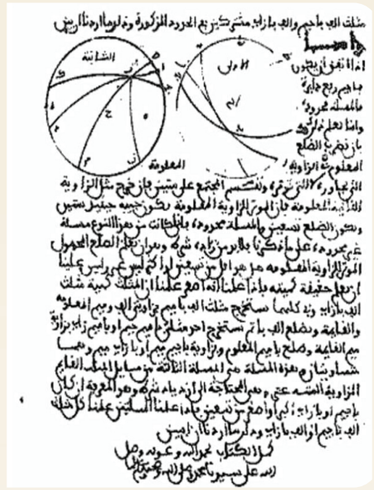
ابن معاذ الجيّاني

الأندلسي رائد علم المثلثات الكروي

بقلم د. أبو بكر خالد سعد الله

المدرسة العليا للأساتذة - القبة

كثيرًا ما يهمل مؤرِّخو العلوم، علماء عرب ومسلمين كان لهم السَّبق في مجالات العلم الواسعة. وفي الرياضيات التي صال فيها علماؤنا في المشرق العربي والإسلامي وواصل على نفس الدرب علماء الأندلس، نجد من بين الفطاحل رائد علم المثلثات الكروي أبا عبد الله محمد بن معاذ الجيّاني الرياضي والفلكي المنتسب إلى أسرة أندلسية من رجال الفقه والقضاء. وقد وُلد بقرطبة سنة 379هـ/989م، وتوفي بعد 471هـ/1079م، والغالب أنَّ الوفاة كانت في مدينة جيّان الأندلسية التي تَبعد عن قرطبة بحوالي 100 كلم، وهي مدينة -تمثل الآن عاصمة مقاطعة- تسمى «خاين» Jaén بالإسبانية.



مقتطفات من كتاب «مجهولات قسي الكرة»

ألمعُ رياضيي جيله في إسبانيا

من المعلوم أنَّ الجيّاني أقام خلال شبابه في القاهرة زهاء أربع سنوات (402هـ/1012م-407هـ/1017م) حيث يبدو أنَّه تتلمذ هناك على يدي ابن الهيثم (354هـ/965م-430هـ/1039م). والواقع أنَّه لا يُعرف الكثير عن حياة الجيّاني، والمؤرِّخون غير واثقين بالصلة بينه وبين الفقيه والعالِم بالنّحو والحساب الجيّاني المولود أيضًا بـقرطبة في نفس الفترة. وفي هذا السياق، أشارت كتب التراجم إلى ابن معاذ الجيّاني «الرياضي العالِم بالفرائض والحساب». كما وُصف الجيّاني في كتابه الرياضي «مقالة في شرح النسبة» بالقاضي والفقيه. ولذا لا يُستبعد أن يكون هو نفسه الجيّاني الثاني الذي وُلد أيضًا بـقرطبة عام 379هـ/989م ونزل بـالقاهرة خلال نفس الفترة المشار إليها آنفًا.

والمسألة الوحيدة الّتي جعلت المؤرخين لا يبتّون في مسألة تطابق الاسمين هو أنّ الجيّاني الرياضي الذي نقدم سيرته في هذا المقام ألّف كتابًا حول الكسوف الذي وقع في جيّان عام 471هـ/1079م. والمطابقة بين الرجلين تؤدي إلى أنَّ صاحبنا يكون قد تجاوز تسعين سنة حين انتهى من تأليفه، وهذا أمرٌ شبه مستبعد حتّى وإن كان واردًا.

وعلى كلّ حال، فكُتب التراجم والتاريخ تُنبِّئنا بوجود العديد من العلماء الأندلسيين الّذين يحملون لقب الجيّاني. فنحن نجد مثلًا أنَّ ابن شاكر الكُتبي (المتوفّى عام 764هـ/1363م) يشير في «فوات الوفيات» إلى «أبي الحسن الأنصاري الأندلسي الجيّاني نزيل فاس، ولي

صور مخطوطات أعمال من تأليف الجياني

خطابة فاس وهو صاحب كتاب شذور الذهب في صناعة الكيمياء، توفي 593هـ». وفي «هدية العارفين» يذكر الباباني البغدادي (توفي عام 1920) «محمد بن مسعود الخشني الجيّاني، أبو بكر الأندلسي النحوي المتوفى سنة 545هـ، له شرح كتاب سيبويه». وفي نفس الكتاب هناك إشارة أخرى إلى أبي علي الجيّاني المولود «سنة 427هـ والمتوفى عام 498هـ من مصنفاته تقييد المهمل وتمييز المشكل في رجال الصحيحين». لذلك فلا غرابة في أن يقع المؤرِّخون في حيرةٍ من أمرهم بخصوص تطابق هذه الأسماء وغيرها ممن لُقّب بـالجيّاني.

يميل المؤرِّخون إلى الاعتقاد بأنَّ ابن معاذ الجياني ألّف معظم أعماله في جيّان. ولم يستنبط هذا الاعتقاد من اسمه (الجيّاني) فحسب بل أيضًا من كون الجداول الفلكية الّتي أنجزها تتعلّق بإحداثيات مدينة جيّان الّتي شهدت كسوفًا، كما أسلفنا؛ عام 471هـ/1079م. وقد ترك أعمالًا رياضية وفلكية رائدة جعلت الغربيين يعتبرونه من أفضل رياضيي جيله في إسبانيا. واللّافت أن الفيلسوف ابن رشد (519هـ/1126م- 594هـ/1198م) ذكره في مؤلّفه «تفسير ما بعد الطبيعة»، وقال عنه إنَّه من كبار الرياضيين على الرغم من كونه لم يشاطره بعض الآراء.

ويرى المؤرِّخان الإسبانيان خوليو سامسو وخوان فيرني أنَّ علماء الأندلس غذّوا خلال حقبة من الزمن علوم الفلك والنبات والطب والزراعة ولم يهتموا كثيرًا بالرياضيات، ولكن لا بدّ من الإشارة إلى أنَّ أبحاثًا حاليةً حول بعض الشخصيات كـالمؤتمن بن هود، ملك سرقسطة، وابن معاذ الجيّاني وابن باجة قد تجعلنا نغيّر رأينا هذا في المستقبل القريب.

أعمال رائدة

عُرف الجيّاني بعدّة مؤلّفات في الرياضيات وعلم الفلك، منها «مقالة في شرح النسبة»، وهي تُعتبر من أهمّ أعماله الرياضية. ولذا أولاها المختصّون أهميةً بالغةً باعتبارها تشكّل حلقةً هامّةً في سلسلة الشّروحات العربية لمفهوم النسبة الّذي أتى به الإغريقي أقليدس. وقد تُرجمت هذه المقالة إلى الإنكليزية عام 1950 من قِبل المؤرّخ الهولندي إدوارد برنارد بلوج Edward Bernard Plooij.

نجد في «مقالة في شرح النسبة» رؤيةً معيّنةً جعلت ابن معاذ الجياني يعرّف خمسةَ مقادير (كميات) حائًا على استخدامها في الهندسة، منها العدد والخطّ والزاوية. وذكر الجيّاني أنَّه كتب مقالته للتّعليق على ما ورد في عمل أقليدس ولشرح بعض ما جاء فيه. أمّا الباحث بيجان وهابزاده Bijan Vahabzadeh فقال عن هذه المقالة: «لقد أدّى تعريف أقليدس لنسبة أربعة مقادير إلى ظهور العديد من الشروحات. ومنها شرحان أحدهما لـلجيّاني الّذي لم يكن يهدف نقد وجهة نظر أقليدس بل على العكس من ذلك فقد كان يبرّرها محاولًا إظهار الفرضيات الّتي تقف من وراء حجج أقليدس». وقد دافع الجيّاني في هذا المؤلف عن عمل أقليدس مُبديًا إعجابًا كبيرًا بهذا العالم الإغريقي. ينبغي أن نلاحظ هنا بأنّ أقليدس -شأنه شأن جميع العلماء الإغريق- لم يعتبر العدد كمقدار هندسي. لكن الجيّاني خالف هؤلاء جميعًا لأنَّه كان بحاجةٍ لهذه الرؤية من أجل تبرير تعريفه للنّسبة ومن الواضح أنَّ. الجيّاني قد ساير في ذلك الفكرة السّائدة لدى العرب والمسلمين في موضوع العدد. وقد افترض الجيّاني في مقالته أنَّ كلَّ إنسانٍ يتمتَّع بنصيبٍ من الذكاء يلمّ إلمامًا بسيطًا بالنّسبة، ومن ثمّ راح يستنتج خواصَّ أخرى للنّسبة منتهيًا بربط مفهومه لها بذلك الذي أورده أقليدس. وفي هذا الصّدد يرى المؤرخون الغربيون أنَّ الجيّاني بيّن هنا إدراكًا قويًّا لهذا الموضوع شبيهًا بذلك الّذي كان لدى العالم إسحاق بارو Barrow Isaac (1039هـ/1630م-1087هـ/1677م).

وإسحاق بارو عالم إنكليزي أتقن عدّة لغات، منها اليونانية واللاتينية والفرنسية والإسبانية والإيطالية والعبرية. كما تعلّم المنطق والجغرافيا والأدب والدين والضوء، لكنه ركّز على دراسة الرياضيات. وكان يعتبر أن «الهندسة هي أساس العلم الرياضي لأنّها تحتوي على الحساب وما الأعداد سوى رموزٌ لمقادير هندسية»، كما لا يعتبرالجبر فرعًا من فروع الرياضيات الحقيقية.

الريادة في علم المثلثات الكروي

وهناك عمل آخر من الأهمية بمكان، أنجزه الجيّاني حول الأقواس في الكرة بعنوان «مجهولات قسي الكرة»، وهو كتاب يعتبره المؤرخون أول تأليف في علم المثلثات الكروي صار معه هذا العلم مستقلًا عن علم الفلك. يقول المؤرخان الإسبانيان فيرني وسامسو بخصوص هذا الكتاب: «تتسلسل الأفكار في كتاب ابن معاذ بشكل روائي، ولا يتردَّد الكاتب في الرجوع عند الحاجة إلى نقطةٍ أساسيّةٍ أو إلى نقطة سبق أن سقطت سهوًا. إنَّ الاكتشاف الحديث لهذا الكتاب الصغير الطريف يثير في الحقيقة تساؤلات يفوق عددها عدد الأجوبة الّتي يقدمها، وذلك فيما يخصّ مسألة انتقال علم المثلثات إلى الغرب، وهذه المسألة لم تزل غامضة».

وفي سياق دراسة علم المثلثات خلال القرن 13م قامت المؤرّخة «ماريا فيكتوريا فيلونداس Maria Victoria Villuendas» عام 1979 بتحقيق هذا العمل ونشرت نصَّه العربي مع ترجمة إسبانية. وأبرزت المحقّقة النتائج الّتي توصّل إليها الجيّاني في معالجة المثلّثات الكروية انطلاقًا من نظريةٍ معروفةٍ للإغريقي منلاوس Minelaos. وقد أثبت الجيّاني ست علاقات تتمتَّع بها المثلثات القائمة معتمِدًا على نظرية منلاوس. ويلاحظ المؤرخون أنَّ الجيّاني قدَّم في هذا التأليف نظريات جديدة بالنسبة لـلأندلس. والملفت للانتباه أنَّ المؤلف لم يُشر في الكتاب إلى علم الفلك إلَّا في مقدمته. ورغم ذلك فتح هذا العمل الباب أمام علم مثلثات جديد يختلف تمامًا عن ذلك الّذي نجده في الحسابات الفلكية الّتي عرضها ابن معاذ نفسه في جداوله «زيج الجيّاني» والمعروفة في الغرب بـ Tabulae Jahen.

الحمامات العربية بمدينة جيّان

ويحتوي كتاب «مجهولات قسي الكرة» أيضًا على جدول لقيم ظلّ عديد الزوايا. والجدير بالذّكر أنّ ابن معاذ الجياني كان حصل على عدة قيم للظل باستخدام الطريقة المسماة بالاستكمال التربيعي quadratic interpolation، وهي المرة الأولى الّتي يتمّ فيها استعمال هذه الطريقة في الأندلس. نشير إلى أنّه استخدم أيضًا هذه الطريقة ضمن كتابه الفلكي «كتاب الغسق» Liber de crepusculis في حساب الجيب لزاويتين.

إنّ المرجع الوحيد الّذي أشار إليه الجيّاني في مؤلّفه «مجهولات قسي الكرة» هو كتاب «الأكر» لـمنلاوس، ولذا يُرجّح المؤرّخون أنّ ابن معاذ ألّف كتابه مستندًا إلى اطّلاعه على التقدم الّذي أحرزه علماء المشرق آنذاك ومستلهمًا أفكاره من كتاب لـمنلاوس. ولقد أثار المختصّون مؤخّرًا مسألة الصّلة بين عمل ابن معاذ الجياني ومضمون الكتاب De triangulis حول المثلثات الذي ألّفه جوهان مولر ريجيومونتانوس Regiomontanus (م1436-1476م).

نشير إلى أنّ هذا الأخير وُلد بألمانيا ومات بإيطاليا، وأسهم في حساب المثلثات وعلم الفلك تأليفًا وترجمةً، وكان قد أنشأ مرصدًا بمدينة نورمبرغ Nuremberg الألمانية عام 1471 وكتب عن إصلاح التقويم، واستُدعيَ من أجل ذلك إلى روما، ويُذكر أنه مات مسمومًا. ففي حين يرى البعض أنّ طرق الانتقال من العالِم الأول إلى العالِم الثاني غير واضحة يرى آخرون، مثل المؤرخة نورية هيرتدينوفا Nuria Hairetdinova، رأيًا مخالفًا حيث تقول «إنّ أحد مصادر هذا العالم الأوروبي كان كتاب الجيّاني، كتاب ‹مجهولات قسي الكرة›. ومن بين أوجه الشبه الموجودة بين هذا العمل لـلجيّاني وعمل ريجيومونتانوس نجد تعريف النسبة كعدد، وكذا تشابهًا في معالجة دالة الظل وتشابهًا في طريقة حلّ المثلثات الكروية عندما تكون كلّ الأضلاع مجهولة». ومن ثمّ استنتج بعضهم أن ريجيومونتانوس اعتمد على الأعمال العربية الخاصة بعلم المثلثات الكروي، ومنها عمل الجيّاني.

ترجمة مؤلّفاته دليل على ريادته

وممّا يدلُّ على أنّ مؤلّفات الجيّاني كان لها كبير الأثر لدى الغرب في حقل الرياضيات وعلم الفلك، التَّرجمة الّتي حظيت بها مختلف مؤلّفاته. فقد ترجم صموئيل بن يهوذا المارسيلي Samuel ben Jehuda (المتوفى عام 740هـ/1340م) إلى العبرية «رسالة ما الفجر والشفق» الّتي ألّفها الجيّاني وفُقد أصلها العربي. وتتناول هذه الرسالة بوجه خاص موضوع تحديد ارتفاع الجو بواسطة تقدير قياسات أقواس تتعلّق بموقع الشمس. واستخلص المؤلف بطريقة هندسية نتائج مهمة توصّل إليها أيضًا -بعد ستة قرون- الرياضي والفلكي الإيطالي إيفنجليستا توريتشلّي Evangelista Torricilli (م1608م-1647م)!

ومن جهة أخرى، ترجم جيراردو دا كريمونا Gherardo da Cremona 507هـ/1114م-582هـ/1187م زهاء سبعين كتابًا عربيًا إلى اللاتينية بعد أن رحل من بلده إيطاليا إلى طليطلة طلبًا للعلم. ومن بين ترجماته كتاب «الغسق» للجياني. ولا يدري المؤرخون ما إذا كان النص العربي لهذا المؤلف لا زال موجودًا أو اندثر. نُسب كتاب «الغسق» خلال فترة طويلة إلى ابن الهيثم (354هـ/965م430-هـ/1040م) الّذي كان يُعتقد أنّه ألّفه بعد كتاب «المناظر» في البصريات.

وهناك كتابٌ آخرٌ اهتمَّ بمسائل الريّ والساعات المائية والشمسية ينسبه البعض -ومنهم المؤرخ دونالد هيل (1922) Hill Donald--1994 إلى ابن معاذ الجيّاني، وهو كتاب «الأسرار في نتائج الأفكار». لكن المؤرخيْن الإسبانيين فيرني وسامسو نسباه إلى الأندلسي أحمد، أو محمد أو علي، بن خلف المرادي (القرن 5هـ/11م).

ومن مؤلّفات الجيّاني أيضًا الجداول الفلكية التي سبق ذكرها والمسماة «زيج الجيّاني»، وقد قدّم فيها كمًّا من المعلومات الفلكية التي تتناول التواقيت والتواريخ ومواقيت الصلاة واتّجاه الكعبة وظهور الأهِلّة والكسوفات. واقتدى الجيّاني في هذا العمل بالعادات السائدة في ذلك الزمان فضمّن تأليفه معلومات تمسّ علم التنجيم إلى جانب تلك المتعلّقة بعلم الفلك. ولاحظ المؤرّخون هنا أنّ الجيّاني أبدى ثقةً واضحةً في المعطيات الفلكية الواردة في عمل الخوارزمي (164هـ/781م232-هـ/850م) ولم يتوان في استخدامها، بينما تحفّظ عن أفكار الخوارزمي في التنجيم واعتمد كثيرًا في هذا الموضوع على المصادر الهندية.

تلك نبذةٌ عن أعمال رائد علم المثلثات الكروي، الأندلسي ابن معاذ الجيّاني، الّذي تتجاهله وسائل الإعلام الثقافي العربية. والفضل يعود إلى مؤرخي العلوم العربية الإسبان، فهم من عرّفونا بمخطوطات هذا العبقري في علم الفلك والرياضيات.

غلاف ترجمة كتاب «الغسق» باللاتينية

من الجزائر، عالم الفلك جيفري مارسي يجيب عن أسئلة الجمهور
هل توجد كواكب أخرى قابلة للحياة؟

الأستاذ جيفري مارسي (Geoffrey Marcy)، مدير معهد الليزر الفضائي بكاليفورنيا، يُعدّ من أبرز الخبراء العالميين في مجال البحث عن الكواكب الخارجية واحتمالية وجود حياة خارج كوكب الأرض. وقد ساهم فريقه بشكل كبير في اكتشاف أول 70 كوكبًا خارجيًا من أصل أول 100 كوكب تم اكتشافها على الإطلاق. - حاورته: الشيماء أمين خوجة

البحث عن الكواكب الخارجية

تمامًا كما تدور الكواكب حول شمسنا، اكتشف العلماء كواكب تدور حول نجوم مختلفة باستخدام تقنيات حديثة مثل التلسكوبات وأجهزة قياس الطيف. تعتمد إحدى الطرق الأساسية، وهي طريقة العبور، على رصد انخفاض ضوء النجم أثناء مرور الكوكب أمامه لتحديد قطره. أما الكتلة، فتُحسب عبر طريقة السرعة الشعاعية التي تعتمد على تأثير دوبلر لرصد تغيرات الضوء الصادرة عن النجم بسبب جاذبية الكوكب.و لقد اكتشفنا كواكب تشبه كوكب الأرض بدرجة حرارة معتدلة. فهي ليست باردة جدًا حيث يتجمد الماء، ولا حارة جدًا حيث يتبخر الماء. بل إنها في نطاق مناسب يجعل الماء في حالته السائلة، كما هو الحال في المحيطات والوديان على سطح الأرض! وهذا يعني أن هذه الكواكب قد تحتوي على الظروف المناسبة لوجود الحياة، حيث يمكن أن تتوفر العناصر الكيميائية اللازمة لتشكل الحياة، وبداية بناء اللبنات الأساسية لها على كوكب آخر.

من خلال الحجم والكتلة، يمكن حساب كثافة الكوكب لتحديد طبيعته، سواء كان صخريًا أم غازيًا. وقد تم اكتشاف كواكب مشابهة للأرض تقع في النطاق الصالح للحياة، حيث تكون درجات الحرارة مناسبة لبقاء الماء سائلًا، مما يفتح آفاقًا لوجود ظروف مواتية للحياة. حتى الآن، لم تُرصد حياة فعلية، لكن البحث مستمر في هذا الكون الواسع.

احتمالات وجود حياة ذكية في الكون

تشير التقديرات إلى أن مجرة درب التبانة تحتوي على 200 مليار نجم، خُمسها يمتلك كواكب قابلة للحياة، أي حوالي 40 مليار كوكب. ومع ذلك، يُعتقد أن نسبة الكواكب التي قد تحتوي على حياة ذكية هي 1 في المليون، ما يعني وجود 40 ألف حضارة ذكية محتملة في المجرة. فإذا كانت الكائنات الفضائية موجودة، فلماذا لم تظهر على الأرض؟

أولاً، قد تتوفر شروط الحياة على كوكب المريخ، خاصة في المناطق التي تحتوي على الماء تحت سطحه، حيث يتحول الجليد تحت الضغط إلى ماء سائل، وهو العنصر الأساسي للحياة. كذلك، الأقمار التابعة للكواكب الغازية مثل القمر «أوروبا» التابع لكوكب المشتري، الذي يتغطى سطحه بالجليد، قد تحتوي على ماء سائل تحت السطح بفعل الضغط، مما يعزز احتمالية وجود ظروف ملائمة للحياة.

جيفري مارسي صاحب 700 ورقة بحثية و60000 إحالة إليها، أدهشنا بعلمه، وأسكتنا بتواضعه، وغمرنا ببيداغوجيته في العرض والإجابة عن الأسئلة. - تقرير حول محاضرة ألقاها بجامعة قسنطينة عند زيارته للجزائر: د. نذير طيار

كانت الكواكب الخارجية موضوع المحاضرة التي ألقاها في أكتوبر 2024 بقاعة المحاضرات الكبرى بجامعة منتوري بقسنطينة. لقد اكتشف مع فريقه 70 من 100 كوكب خارجي، وقد شرح بهدوء ولغة إنجليزية علمية، كيفية اكتشاف هذه الكواكب، وكيف تُقاس حجمها عن بعد بالنظر إلى حجم الأرض، وكيف تُقاس كتلتها باستعمال قوتها الجاذبية على النجم الذي تدور حوله، وبيّن الدور المحوري لمفعول دوبلر، في العملية، مشيرا إلى مثال الصوت الذي تُحدثه صفارة سيارة الإسعاف، فنسمع صفارتها وهي قادمة إلينا بتردد أعلى، لأن طول موجة الصوت ينضغط إلى حد ما بفعل سرعة قدومها إلينا، وبعد أن تمر علينا وتأخذ في الابتعاد عنا نسمع صوت صفارتها بتردد منخفض، لأن طول موجتها يزداد استطالة. وما يصدق على الموجات الصوتية هنا يصدق على الموجات الضوئية، لنستنتج في النهاية كثافة الكوكب، بقسمة كتلته على حجمه.

ثم انتقل للإجابة عن سؤال: هل مجرتنا درب التبانة مليئة بالحياة الذكية؟ وقدّم الأرقام التالية عن مجرتنا: 200 بليون نجم.

- خُمس هذا العدد يحوي كواكب قابلة للحياة. واستنتج بتعجب أن هناك 40 بليون كوكب قابل للحياة!

ثم عن السؤال: ما نسبة هذا العدد يمكنها احتواء حياة ذكية؟ فأجاب: 1 من مليون. (رقم يراه غيره من المتخصصين تفاؤليا ويقدمون نسبة أقل بكثير: 1 من بليون).

مستنتجا ومضيفا: يجب أن تشهد مجرتنا درب التبانة 40 ألف حضارة.

ثم كان السؤال: أين هي الكائنات الفضائية الخارجية؟ مستعيدا مفارقة فيرمي (Fermi's paradox) الشهيرة: لو كانوا موجودين فعلا لمروا بالأرض ولو مرة واحدة ولو مصادفة، فالنمل لا يخطئ أبدا الطريق إلى المطبخ.

نسبة الماء من الأرض هي 0.06%. وهناك نظرية شهيرة ترجعه إلى المذنبات والنيازك بعد اصطدامها بالأرض. إن معظم الكواكب الصخرية صحراوية (0.03 في المئة ماء) أو مائية (0.12 في المئة ماء).

ثانيًا، يمكننا البحث عن حياة ذكية من خلال رصد إشارات تواصل مثل موجات الراديو أو أشعة الليزر التي قد تصدر عن كائنات متقدمة. قد توجد أيضًا شبكة إنترنت مجرية بين حضارات أخرى، ويمكن اكتشاف هذه الإشارات باستخدام التلسكوبات المناسبة، مما يتيح لنا معرفة وجود كائنات ذكية في الكون.

التواصل مع كائنات أخرى: التحديات الأخلاقية والاجتماعية

من الناحية الأخلاقية والاجتماعية، كيف ستكون علاقتنا مع كائنات ذكية إذا اكتشفناها؟ نحن، كبشر، ما زلنا نتعلم كيفية التواصل الفعّال مع بعضنا البعض، في ظل استمرار الحروب والنزاعات وصعوبة تبنّي قيم مثل الرحمة والتسامح وتقبل الآخر. لا زال أمامنا الكثير لنتعلمه في هذا المجال. مع ذلك، هذا التحدي يمنحنا الأمل في أنه عندما نكون مستعدين، قد نتمكن من التواصل مع مخلوقات ذكية أخرى. وربما تكون هذه الكائنات أكثر تقدمًا منا بمئات أو آلاف السنين، ما قد يتيح لها تعليمنا طرقًا أكثر فعالية للتواصل.

ثم طرح هذا السؤال: هل التطور يشجع على الذكاء؟ هل يمكن أن تنعدم شروط الحياة على الأرض والانتقال عندئذ إلى كوكب آخر للحياة فيه؟ ولاختبار ذلك استعمل مثالا عن دماغ الديناصور، الذي هو بحجم حبة الجوز ومثل دماغ الطيور. برغم 200 مليون سنة من تطور الديناصور.

في البحث عن الحياة الذكية خارج الأرض، برزت مزايا الاتصالات بالليزر مقارنة بالراديو. إذا تخيلنا المجرة بحجم الجزائر، فأقرب كوكب خارجي قابل للحياة يبعد بمسافة جامعة قسنطينة 1 عن وسط المدينة. أول كوكب خارجي بحجم الأرض اكتُشف بواسطة التلسكوب هابل، وأثبت انزياح دوبلر أن معظم هذه الكواكب صخرية. الكواكب القابلة للحياة بحجم الأرض تمثل 20 % من النجوم، والخطوة القادمة هي اكتشاف البيولوجيا والحياة الذكية. أما الحياة على الأرض ستنعدم حتما بعد أكثر من بليون سنة، لأن الشمس تتمدد والضوء يشتد والحرارة ترتفع وسيتبخر كل الماء. الانتقال إلى أقرب كوكب قابل للحياة، يتطلب طاقة ضخمة جدا جدا، لطول المسافة، لهذا فالأمر عنده مستحيل.

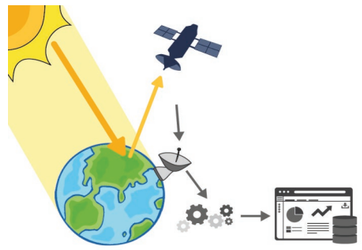
علم الاستشعار عن بعد

ثورةٌ في فهم تغيُّرات كوكب الأرض

بقلم مراد حمدوش

وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

يُعدّ الاستشعار عن بعد علمًا متطوّرًا يستخدم تقنيات متقدّمةٍ لجمع البيانات والمعلومات من أماكن بعيدة دون الحاجة إلى التواجد فيها بشكلٍ مباشر. يُستخدم هذا العلم في مجالات متنوّعة، مثل الزراعة، والجيولوجيا، والبيئة، والأرصاد الجوية، والهندسة، وغيرها.



يمكن تعريف الاستشعار عن بعد على أنّه «علم وفن الحصول على معلومات عن خصائص الأجسام أو الظواهر دون لمسها أو الاتّصال بها بشكلٍ مباشر». ويعتمد هذا العلم على قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي المُنبعث من الأجسام أو المنعكس منها، وتحليله لفهم خصائصها وخصائص الأرض.

نظرة تاريخية

تعود جذور علم الاستشعار عن بعد إلى العصور القديمة، عندما استخدم البشر المناطيد والطائرات الورقيّة لجمع المعلومات عن المناطق البعيدة. في عام 1858، تمّ التقاط أوّل صورة جويّة لمدينة باريس من منطاد، وفي عام 1860، تمّ استخدام التصوير الجوي لأوّل مرة في الحرب الأهلية الأمريكية.

وفي عام 1903، تمّ اختراع الطائرة، ممّا أدّى إلى زيادة استخدام التصوير الجوي، وبعد ذلك في عام 1945، تمّ تطوير الرّادار، ممّا سمح بجمع البيانات عن بعد في الظلام أو من خلال الغطاء السحابي، ليتم سنة ف1957، إطلاق أوّل قمرٍ صناعي، ممّا سمح بجمع البيانات من الفضاء.

وفي العقود الأخيرة، شهد الاستشعار عن بعد تطوّرًا كبيرًا بفضل التطورات في مجالات مثل الإلكترونيّات، الحوسبة، تكنولوجيا الفضاء، ومن أهمّ التطورات الحديثة التي شهدها هي تطوير مستشعرات أكثر دقة وقدرة على جمع بيانات في أطوال موجية مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي، إلى جانب تطوير تقنيات جديدة لمعالجة وتحليل بيانات الاستشعار عن بعد، وأنظمة جديدة لنشر بيانات الاستشعار عن بعد واستخدامها.

وقد أدّى هذا إلى زيادة استخدام الاستشعار عن بعد في العديد من المجالات، مثل الزراعة، الجيولوجيا، البيئة، الأرصاد الجويّة والهندسة.

أنواع الاستشعار عن بعد ومنصاته

يُقسَّم الاستشعار عن بعدٍ إلى نوعين رئيسيَّين، أولهما الاستشعار عن بعد النَّشط وفيه يتمُّ إرسال إشعاع كهرومغناطيسي من مصدر اصطناعي، مثل رادار أو ليدار، إلى الهدف المراد قياسه. ثمَّ يتمُّ قياس الإشعاع المنعكس من الهدف لتحديد خصائصه. أما النوع الثاني فهو الاستشعار عن بعد السلبي، أين يتمُّ قياس الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث بشكلٍ طبيعيٍّ من الأجسام أو الظواهر.

تُستخدم منصات مختلفة لجمع بيانات الاستشعار عن بعد، وتشمل الأقمار الصناعيّة التي تُستخدم لجمع بيانات الاستشعار عن بعد من مسافات كبيرة، إضافة إلى الطائرات لجمع البيانات من مسافات متوسطة، كما تُستخدم المنصات الأرضية مثل الأبراج، للحصول على البيانات من مسافات قصيرة.

تطبيقات متعددة

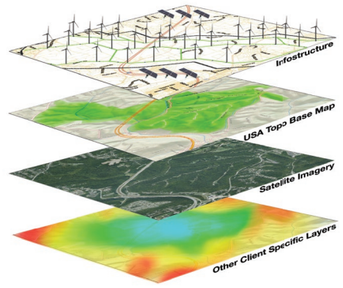
يُستخدم الاستشعار عن بعد في العديد من التطبيقات، تشمل:

الرصد البيئي: يُستخدم لمراقبة البيئة ورصد التغيرات التي تطرأ عليها، مثل تغير المناخ، والتلوث، والتصحر.

إدارة الموارد الطبيعية: يُستخدم لإدارة الموارد الطبيعيّة، مثل الغابات، والمحاصيل، والمياه.

التخطيط العمراني: يُستخدم للتخطيط العمراني وتطوير المدن.

الكوارث الطبيعيّة: لرصد الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل، والبراكين، والفيضانات.



وللتدقيق أكثر فهو يُعد أداة قوية لفهم إشكالية التغيّرات البيئيّة على سطح الأرض، فهو يوفر بياناتٍ دقيقة وحديثة عن مختلف العوامل البيئية، مثل:

الغلاف الجوي: لرصد تركيزات الغازات الدفيئة، مثل ثاني أكسيد الكربون، في الغلاف الجوي، و لرصد التغيرات في طبقة الأوزون.

الغابات: لرصد إزالة الغابات وتغير الغطاء النباتي، وتحديد المناطق التي تعاني من الجفاف أو الحرائق.

المياه: لرصد تلوث المياه ومستوياتها، لتحديد المناطق التي تعاني من الفيضانات.

التربة:رصد تآكل التربة وتغير خصوبتها، وتحديد المناطق التي تعاني من التصحر.

أداة لفهم التغيرات البيئية

الدقة: يوفر بيانات دقيقة وحديثة عن مختلف العوامل البيئية.

المساحة: رصد التغيرات البيئية على مساحات واسعة.

الوقت: رصد التغيرات البيئية بشكل مستمر.

التّكلفة: يعد أداة فعالة من حيث التكلفة لرصد التغيرات البيئية.

بعض الأمثلة على استخدام الاستشعار عن بعد لفهم التغيرات البيئية:

رصد تغير المناخ: رصد تركيزات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وارتفاع مستوى سطح البحر، وتغيُّر الغطاء الجليدي.

رصد الكوارث الطبيعية: رصد الأعاصير والبراكين والفيضانات والأعاصير.

إدارة الموارد الطبيعية: إدارة الغابات والمياه والتربة.

فوائد الاستشعار عن بعد

الدقَّة: يُوفر الاستشعار عن بعد بيانات دقيقة عن خصائص الأجسام والظواهر.

الكفاءة: يُعدُّ الاستشعار عن بعد أداةً فعّالةً لجمع البيانات من مساحاتٍ واسعةٍ في وقت قصير.

التكلفة: تُعد تكلفة جمع البيانات باستخدام الاستشعار عن بعد أقل من تكلفة الطرق التقليدية.

التحديات التي تواجه الاستشعار عن بعد:

تعقيد البيانات: قد تكون بيانات الاستشعار عن بعد معقَّدة وصعبة التحليل.

دقة البيانات: قد تتأثر دقة بيانات الاستشعار عن بعد بعوامل مختلفة، مثل الغلاف الجوي وظروف الإضاءة.

تكلفة المعدات: قد تكون تكلفة معدات الاستشعار عن بعد مرتفعة.

تطورات مستقبلية وتحديات متوقعة

يُتوقع أن يشهد الاستشعار عن بعد تطورًا كبيرًا في المستقبل، وذلك بفضل التطورات التكنولوجية في مجالات مثل الذكاء الاصطناعي، والتعلم الآلي، والطباعة ثلاثية الأبعاد، و من أهم التطورات المتوقعة تطوير مستشعرات ذكية قادرة على تحليل البيانات بشكل مستقل، وأنظمة ذكية لنشر البيانات واستخدامها في الوقت الفعلي، إلى جانب استخدام الاستشعار عن بعد في مجالات جديدة، مثل الطب، الأمن، استكشاف الفضاء.

ونتوقع أن يشهد هذا العلم تطورًا كبيرًا في المستقبل، مما سيؤدي إلى مزيد من الفوائد والخدمات للبشرية. فيما يلي موضوعات متقدمة في الاستشعار عن بعد:

الاستشعار عن بعد متعدد الأطياف: يُستخدم هذا النوع لجمع بيانات في أطوال موجيّة مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي.

الاستشعار عن بعد الراداري: يُستخدم لجمع بيانات عن طريق إرسال موجات الراديو إلى الهدف المراد قياسه.

الاستشعار عن بعد ليدار: يُستخدم لجمع بيانات عن طريق إرسال نبضات ضوئيّة إلى الهدف المراد قياسه.

الاستشعار عن بعد الفائق الطيفي: يُستخدم لجمع بيانات بدقة عالية للغاية.

وفيما يلي تطبيقات جديدة للاستشعار عن بعد:

الزراعة الذكيّة: لمراقبة صحّة المحاصيل وإدارة الموارد الزراعيّة.

المدن الذكيّة: لمراقبة حركة المرور وإدارة البنية التحتيّة للمدينة.

الرعاية الصحيّة: لتشخيص الأمراض ورصد صحّة المرضى.

و من أهم التحديات المستقبلية المتعلقة بمجال الاستشعار عن بعد:

خصوصيّة البيانات: قد تُثير بيانات الاستشعار عن بعد مخاوف بشأن الخصوصية.

الأمن السيبراني: قد تكون أنظمة الاستشعار عن بعد عرضةً للهجمات الإلكترونيّة.

التغير المناخي: قد يؤثر تغيُّر المناخ على دقّة بيانات الاستشعار عن بعد.

في الأخير، يمكن القول إن الاستشعار عن بعد يُعدّ أداة قويّة لفهم إشكالية التغيرات البيئيّة على سطح الأرض. ونتوقع أن يشهد هذا العلم تطورًا ممّا سيؤدي إلى مزيد من الفوائد والخدمات للبشرية.

الدكتورة رنا الدجاني

الباحثة في علم الأحياء الجزيئية ضيفة مجلة الشهاب العلمي

رحلة عالمة عربية صنَعت سفراء التغيير

حاورتها :
ياسمين بوالجدري

في عالم يتسم بالتنوع البيولوجي الرائع والغامض، تبرز شخصيات علمية نسائية ملهمة في الوطن العربي والعالم، من أبرزها عالمة الأحياء الأردنية الدكتورة رنا الدجاني. ابنة الطبيب الفلسطيني اللاجئ التي اختيرت كواحدة من 20 عالما الأكثر تأثيرًا في العالم الإسلامي، وكانت على قائمة 100 من النساء الأكثر تاثيرًا في العالم العربي، حلت ضيفة على مجلة الشهاب العلمي، لتقص علينا رحلتها مع العلم وتشرح أفكارها حول دور العلم في خدمة المجتمع، والتحديات التي واجهتها كعالمة عربية وأم وزوجة، كما تتطرق صاحبة المبادرة العالمية «نحن نحب القراءة» لمحاور عدة أبرزها جهودها في دعم ونشر نظرية التطور في العالم الإسلامي، وتشرح الأسباب التاريخية للصورة النمطية تجاه هذه النظرية، لتفتح نافذة عن الحاجة الملحة لتعزيز حرية التفكير والنقاش العلمي، وضرورة بناء جيل جديد من العلماء المسلمين الذين يمتلكون القدرة على التفكير النقدي والاستنتاج العلمي المستقل، مما يسهم في تقدم المجتمعات وتطورها نحو آفاق أوسع.

في البداية، نعرب عن سعادتنا بمحاورتك في مجلة الشهاب العلمي التي تنقل في كل مرة قصصا ملهمة لعالمات وعلماء عرب تركوا أثرا وبصمة إيجابيين في مجتمعاتهم وأنت واحدة من هؤلاء العلماء. هذا ما يدفعنا إلى أن نسألك في المقام الأول عن رحلتك مع العلم، كيف بدأت وما هو الدور الذي لعبته أسرتك في هذا الأمر؟

شكرا لكم. لقد تربيتُ في عائلة محافظة وأحمد الله على ذلك. والدي كان طبيبا وعالما أما والدتي فقد درست في الجامعة لكنها كانت هي من تدير المنزل. لم يكن لدينا تلفاز وكان هناك إصرار على أنه مضيعة للوقت، فكنا نقضي وقتنا في القراءة واللعب

In a fast changing world, notable female scientific figures have emerged in the Arab region and globally, one of whom is the Jordanian microbiologist Dr. Rana Dajani. As the daughter of a Palestinian refugee doctor, she has been recognized as one of the top 20 most influential scientists in the Islamic world. She shared in various media her scientific journey and expressed her views on the role of science in societal service, as well as the challenges she faced as an Arab scientist, mother, and wife. Dr. Dajani, the initiator of the “We Love Reading” global project, addressed several significant issues, including her work in promoting and disseminating the theory of evolution in the Islamic world, elucidating the historical roots of stereotypes and unfounded misgivings against this theory. She advocated for the urgent need to promote freedom of thought and scientific discourse, and for the development of a new generation of Muslim scientists skilled in critical thinking and independent scientific analysis, aiming to advance and develop societies towards broader prospects

في الخارج. كان ذلك يعطينا شعورا مهما بلعب الأدوار والتفكير النقدي وتبادل الأفكار حتى لو كانت متباينة. كنا نقرأ كثيرا سواء تعلق الأمر بكتب دينية أو علمية أو مجلات علمية ونناقشها، ولم يكن هناك أي سؤال ممنوع فكل سؤال يتم تقبله ويناقش.

تعلمت من والدي الفضول وحب المعرفة، وأن أسأل الأسئلة وأتفكر وهذا جزء من ديننا ومبادئنا. من والدتي، تعلمت الشعور بالمسؤولية، وأن أهتم بشؤون بيتي وبجيراني والحي الذي أعيش فيه وبمجتمعي كذلك، وهذا مستوحى من حديث الرسول صلى الله عليه وسلم الذي جاء فيه «كلكم مسؤول عن رعيته».

لقد كنت الأخت الكبرى من بين ثماني بنات وابن، فكنت أقضي وقتا كثيرا معهم، نلعب ونتعلم ونتبادل الأدوار. أحببتُ منذ الصغر الاستكشاف والمعرفة، وسبر أغوار الأشياء غير المعروفة. كنت أحب أن أسافر وأكتشف أماكن جديدة ككوكب المريخ وأعماق البحار، لكنني بدأت أحول هذه الطاقة إلى اكتشاف ما يوجد داخل الخلايا والجزيئات.

شعوري بالمسؤولية وبأن أستخدم مهاراتي في العلم وفي خدمة المجتمع أدى إلى بداية مبادرة «نحن نحب القراءة» فيما بعد. لقد علمني أهلي أنه علينا دائما أن نحاول، وكان والدي يقول دوما إنه يجب التخطيط لما نريده في الحياة، أما والدتي، فقد ربتنا على ألا نخاف في الله لومة لائم، وتعلمنا منها هذه الثقة بالنفس وعدم المخافة إلا من رب العالمين، والصمود مع الحق بغض النظر عن الثمن.

استطاعت المرأة العربية اليوم ولوج جميع مجالات العلوم والبروز فيها. لكن بالنسبة لك كامرأة عربية نشأت في منطقة محافظة من العالم، حديثنا عن التحديات التي واجهتها في مسارك كعالمة وأم وزوجة ومربية وهي بعض من الأدوار التي أشرت إليها في كتابك «الأوشحة الخمسة: تحقيق المستحيل»، واسمحي لنا هنا بالتفصيل أكثر، كيف استطعت التوفيق بين حياتك المهنية والعائلية في ظل التزاماتك العلمية والمجتمعية الكثيرة؟

جامعة أيوا، الولايات المتحدة الأمريكية.

علم الأحياء الجزيئي

كنت أريد أن أصير عالمة، ولكن العادة دائما في مجتمعاتنا أنه إذا كنتِ الكبرى بين أشقائك وكان والدك طبيبا وكنت متفوقة في الدراسة، فالمتوقع منك أن تكوني طبيبة، لهذا السبب أردت في البداية أن أكون طبيبة ولكنني غيرت رأيي وقررت أن أصبح عالمة وباحثة بحيث أكتشف أسباب الأمراض. أولا خشيت أن أرتكب خطأ طبيا وأتسبب في إيذاء شخص، بينما الأبحاث العلمية أجريها على الخلايا أو الفئران، وإذا تسببت في قتل خلية فقط سيكون بمقدوري أن أنام مرتاحة البال. السبب الثاني هو اعتقادي بأن العالِم أهم من الطبيب لأن الأول هو من يكتشف أسباب الأمراض.

درست علم الأحياء في مرحلتي البكالوريوس والماجستير في الأردن، لكن لم تكن هناك برامج دكتوراه في تخصصي في ذلك الوقت، فراسلتُ جامعات في الخارج وقُبلت في جامعة كامبريدج، لكنني لم أستطع أن أسافر للدراسة لعدم وجود الإمكانيات المادية الكافية.

بعدها تزوجت وأصبحت معلمة في مدرسة. لقد كان ذلك أول تحد بالنسبة لي، لأن حلمي كان دراسة الدكتوراه وأن أصير عالمة، لكن الظروف لم تسمح بذلك، فقررت تسخير طاقتي وحبي للمعرفة في التدريس كمعلمة علوم.

أحببت التدريس ومساعدة الأطفال على الاستكشاف عن طريق التفكير النقدي وحب المعرفة لكي يسيروا خلف فضولهم، فكنت أتفنن وأبتكر أدوات التدريس والتعليم، كنت سعيدة بذلك. لقد درّستُ في الجامعة كمحاضرة برتبة الماجستير، لكنني تركتها وأصررت على أن أكون معلمة في المدرسة لأنني أدركت أن تغيير العقول يبدأ مع الأطفال.

لقد قضيتُ 10 سنوات كمعلمة مدرسة وهذا دور أعتبره مهما جدا. في نفس الوقت تزوجت وأنجبتُ أربعة أطفال، وقد كانت مهنة التعليم مناسبة جدا لي كأم، إذ أصطحبهم معي للمدرسة وأقضي معهم كل عطلة الصيف. لكن في أحد الأيام قرأ زوجي إعلانا عن فرصة للتسجيل في منحة للدكتوراه في تخصصي بالولايات المتحدة الأمريكية وقد شجعني على التقديم. هنا أود أن أشير إلى أمر مهم جدا، الشريك الذي نختاره في حياتنا يجب أن نشاركه أحلامنا وطموحاتنا لكي نساند بعضنا البعض. من المهم أن نتشارك هذه الأحلام قبل الزواج وإذا لم يحترمها أو كان غير مستعد للمساعدة على تحقيقها فهو ربما ليس الشريك المناسب.

الحقيقة أنني عندما قُبلت في برنامج فولبرايت للدكتوراه في جامعة أيوا بأمريكا في تخصص البيولوجيا الخلوية الجزيئية، وأنا أم لأربعة أطفال، كان علينا أن نقرر إن كنت سأذهب بمفردي أم تأتي عائلتي الصغيرة معي. بالنسبة لي، كان أبنائي وعائلتي في نفس رتبة وأهمية متابعة حلمي في أن أصبح عالمة، واحتراما لذلك استقال زوجي من عمله كعقيد في سلاح الجو في الأردن وذهبنا جميعا إلى أمريكا لأتابع حلمي.

أول تحد، كان عندما ذهبت إلى المشرف علي في الجامعة في أمريكا، وأخبرته أن أولادي وعائلتي هم بنفس أهمية أبحاثي، لذلك أختار متى آتي ولا أحضر للمختبر في نهاية الأسبوع، فاحترم ذلك. من المهم جدا للإنسان أن يعرف أولوياته وأن يكون واضحا مع الآخرين بخصوص هذه الأولويات وهكذا سيحددون توقعاتهم منه، بهذا الشكل ستسير العلاقة بوضوح من الجهتين.

نظمت وقتي بشكل مناسب واستطعت أن أتخرج مثلي مثل الطلاب الذين كانوا يظلون في المختبر حتى ساعات متأخرة من المساء ويذهبون إليه في نهاية الأسبوع. لقد أشركت أطفالي في هذا الأمر، فقد كانوا يذهبون معي للمختبر ويطلعون على عملي هناك، كنت أتشارك معهم نتائج أبحاثي وأطلب آراءهم.

طبعا، جزء من الخطة كان أن نعود إلى الأردن ونبني بلدنا ولا نبقى في أمريكا بالرغم من التحديات، فإذا ترك الجميع بلده، من سيبنيه ويصلحه! المهم هو أن نشارك في رحلة لإحداث التغيير. هذا ما تعلمته من والدي وهو من تعاليم ديننا الإسلامي ولو بالبدء من شيء صغير لقوله صلى الله عليه وسلم «لا تحقرن من المعروف شيئا».

من ناحية السفر في المؤتمرات كان زوجي مساعدا لي، وهنا أؤكد أنه إذا ربينا أبناءنا تربية صالحة سنثق فيهم، واليوم مع تقريب المواصلات بين مختلف الأماكن، لم تعد هناك مشكلة في أن تسافر الفتاة بمفردها إذا تمت تربيتها بشكل جيد، فهي قدوة ومثال للمرأة المسلمة التي تعرف ما تريد وتتصرف بالشكل الصحيح، لذلك زوجي ساندني وكنت سفيرة للمرأة المسلمة. للآن تطلب مني نساء في المجتمعات الغربية، تقديم نصائح لهن عن كيفية تسيير حياتهن، لأننا أصبحنا قدوة للعالم كله بلباسنا ولغتنا وعلمنا وثقتنا في أنفسنا، وهذا هو ديننا الذي أتى للإنسانية جمعاء بكل ما يحمله من قيم ومبادئ تحترم الإنسان مهما كان.

ربيتُ أولادي ذكورا وإناثا على أن لكل منهم مسؤوليات بالتساوي داخل البيت سواء في الغسيل أو الجلي والتنظيف وترتيب الأغراض. هذا يصقل شخصيتهم ويجعلهم مسؤولين أكثر على أنفسهم في المستقبل، و زوجي أيضا يشارك في الغسيل والمطبخ لكي نكون قدوة لأبنائنا.

تُظهر الإحصائيات أن النساء العربيات يذهبن إلى التخصص في العلوم أكثر مما هو موجود في البلدان الغربية. إلى ماذا ترجعين هذا الأمر؟

صحيح، نسبة النساء اللواتي يدرسن العلوم والتكنولوجيا في البلاد العربية أعلى منها في الغرب وهذا أمر نفتخر به، مع أن الدول الغربية تقول لنا إن النسبة منخفضة في كل بلدان العالم، لكنني في كل مرة أرفض هذا التعميم وأقدم الإحصائيات الخاصة بالمنطقة العربية. المشكلة عندنا ليست في دراسة العلوم والتكنولوجيا، بل تحصل لاحقا في سوق العمل بتسجيل نسبة حضور أقل للمرأة، وهذا أمر موجود في كل العالم وكل المجالات لأنها مشكلة عالمية.

ارتفاع نسبة النساء الدارسات للعلوم في الوطن العربي يحتاج إلى دراسة لمعرفة أسبابه، وهنا تكمن أهمية دراسة العلوم الاجتماعية والإنسانية والتاريخ والفلسفة، لفهم مجتمعاتنا وتطوير أنفسنا والشعوب الأخرى. مع ذلك تفسيري لهذا الارتفاع هو أن الحضارة الإسلامية العربية تشجع على العلم للذكور والإناث دون تفرقة، فحق العلم لم يقتصر عندنا على جنس دون الآخر.

كذلك في مجتمعاتنا، تُحترم الفتاة المتفوقة التي تدرس العلوم والطب وأهلها يفتخرون بها بل يتمنى الشباب الزواج منها، وهذه نظرة غير موجودة في الغرب، حيث يُنظر لهذه الفتاة أن ذكاءها يهدد الرجل، لهذا السبب تدرس البنات العرب والمسلمات العلوم بكل أريحية ولا يخشين ألا يقدّرهن المجتمع. السبب قد يكون أيضا الدراسة في مدارس مختلطة تتنافس فيها البنات على العلم والمعرفة وليس على الشكل لجلب اهتمام الذكور. حتى في الغرب لوحظ أن جامعات الإناث تُخرج فتيات لهن ثقة أكبر في أنفسهن.

ما هي النصائح التي توجهينها للفتيات والنساء الراغبات في اقتحام مجال العلوم؟

أنصحهن بالقراءة كثيرا عن كل المجالات، ثم اتباع شغفهن وأين يجدن فضولهن. يقول إنشتاين إن على المرء أن يدرس التخصص الذي يُبدع فيه ثم لن يشتغل يوما في حياته، بل سيلعب كل يوم. قد ندرس الرياضيات أو التكنولوجيا أو العلوم الإنسانية، لكن المهم أن نتبع شغفنا ونتقن عملنا فنساهم في رفع مستوى مجالنا ومن ثم نَسعد ونُسعد مَن هم حولنا.

المجتمع لا يفرض علينا ما هو المهم وما هو غير المهم، فنحن من نقرر ذلك بأنفسنا، وحتى لو أن فضولي دفعني لمجال ما ثم أدركت بعد فترة أنه ليس المجال الذي أحبه فهذا أمر عادي. العمر طويل وهناك الكثير من الوقت لتغيير مسارنا، لاسيما بالنسبة للمرأة التي تتغير أولوياتها في مختلف مراحل حياتها خاصة عند إنجاب الأولاد. يحتاج هذا لأن تكون واثقة من نفسها ومُحاطة بمجتمع وزوج وعائلة يقدّرون هذا الأمر، لتكون في المستقبل جزءا من الأشخاص الذين يضعون سياسات منظومة تضع في الحسبان أن المرأة ستربي أبناءها في فترة من حياتها وبأن زوجها يشارك في تربيتهم.

يعتبر برنامجك «نحن نحب القراءة» من أهم المشاريع العربية في مجال التشجيع على القراءة، وهو يأتي في ظل تسجيل نسب قراءة متدنية في العالم العربي والإسلامي عموما إذا ما قورن ببلدان أخرى. كيف وُلِدت هذه المبادرة؟!

فكرة هذا البرنامج راودتني عندما عدت من الولايات المتحدة الأمريكية وبدأت أبحاثي والتدريس في الجامعة. عندما غدت أنتبهت إلى أن الأطفال لا يقرأون من أجل الاستمتاع وهي مشكلة لا تقتصر على العرب بل موجودة في كل العالم.

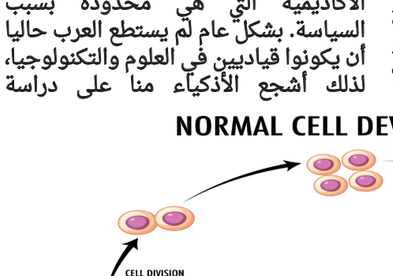
وجدت أن السبب هو أن الأطفال لا يحبون القراءة ولكي نحببهم فيها يجب أن تكون لديهم قدوة كالأم والأب ليقرأوا لهم بطريقة ممتعة، لذلك قررت أن أجمع أبناء الحي في المسجد لأنه مكان آمن ومجهز ويسهل الوصول إليه. بدأت أقرأ لهم قصصا من الواقع باللغة العربية، كان ذلك سنة 2006. لقد وقع هؤلاء الأطفال في حب القراءة وانعكس ذلك بالإيجاب على شخصياتهم وعلى مردودهم الدراسي، الأمر الذي أسعد الأولياء وجعلهم يفكرون بأنني غيرت أطفالهم والمجتمع للأفضل.

هكذا بدأ البرنامج التدريبي الذي سميناه «نحن نحب القراءة»، حيث ندرب حول قراءة الاستمتاع وكيفية اختيار القصص والمكان المناسب لقصها. المتخرجون أصبحوا سفراء «نحن نحب القراءة» وهم متطوعون يعملون في النهاية لصالح مجتمعاتهم، وهذا هو الفكر الذي جعل البرنامج يتطور ويكبر وينتشر في 69 دولة حول العالم.

من خلال القراءة يكتشف هؤلاء الأطفال أنهم قادرون على صناعة التغيير وحل المشاكل في مجتمعاتهم، لذلك فإن شعارنا هو تغيير أنماط التفكير من خلال القراءة لتنشئة صناع التغيير، وقد أجرينا أبحاثا مشتركة مع دول أخرى أثبتت أن البرنامج لعب دورا إيجابيا في الصحة النفسية للأطفال، وفي إشعار البالغين بالقيادة والتمكين وبالسعادة لأنهم يخدمون مجتمعاتهم، ولقد أنتجنا فيلما وثائقيا عن الموضوع، يُبين كيف تغيرت حياة لاجئة من خلال القراءة، فأصبحت سفيرة قراءة وصانعة تغيير. نصنع قصصا للأطفال لإثراء اللغة العربية ولدينا 35 قصة كلها للاستمتاع لكنها تتضمن رسائل مبطنة عن الجندرة والتنمر والبيئة والكهرباء والماء واللاجئين.

كيف يمكن أن نشجع الأطفال والشباب على القراءة؟

يجب أن يحاولوا القراءة دائما، فلا يوجد أحد لا يحب أن يقرأ، فقط هو لم يجد الكتاب المناسب بعد. أشجعهم على قراءة



بضع صفحات وإذا لم تعجبهم يتركون هذا الكتاب ويقرأون كتابا آخر، كذلك أنصح بإهداء كتب لبعضنا البعض، وأن نقرأ لأنفسنا ولأطفالنا وأن يكون في حقيبتنا دائما كتاب، لنشارك الفقرة التي تعجبنا فيه مع الأشخاص المحيطين بنا.

نريد الآن أن نفصّل أكثر في مسارك العلمي وبالتحديد في علم الأحياء الجزيئية الذي تخصصت فيه، وفي البداية حديثنا عن حالة العلوم عموما في الوطن العربي من حيث التدريس والبحث، وهل يشهد هذا المجال تقدما؟

يوجد في البلاد العربية قصور في مساندة البحث العلمي ودعمه ماديا، لكن الأهم من هذا حرية طرح الأسئلة والبحث والحرية الأكاديمية التي هي محدودة بسبب السياسة. بشكل عام لم يستطع العرب حاليا أن يكونوا قياديين في العلوم والتكنولوجيا، لذلك أشجع الأذكياء منا على دراسة العلوم الإنسانية والفلسفة، لأنها لا تكلف أموالا كثيرة ولكي نقود العالم فكريا في هذا المجال بسبب وجود ثغرة في العلوم الإنسانية.

يمكننا المساهمة في تقدم العلوم والتكنولوجيا فهناك أشياء استثنائية في أوطاننا يجب الانتباه إليها لتطورها ونبدع فيها، لذلك فإن المثابرة والصبر والملاحظة أشياء مهمة، مع إمكانية الاستعانة بعلماء في الخارج في أبحاثنا، لكننا نحن من نقودها.

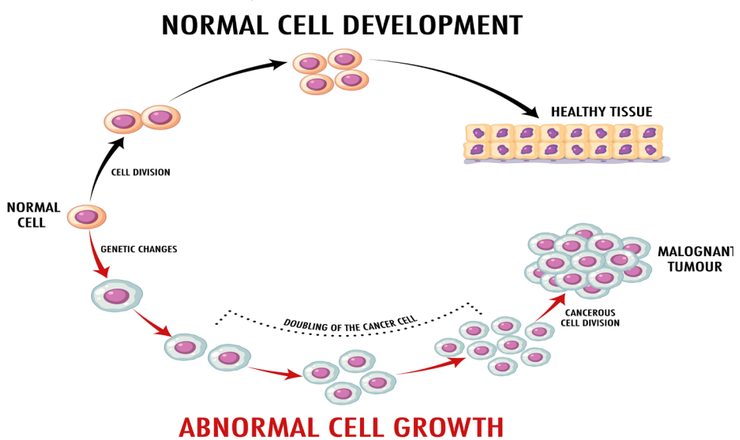
تشغل ثورة الذكاء الاصطناعي، الأوساط العلمية في العالم. في هذا الإطار، كيف يمكن توظيف الآلة والأتمتة في خدمة مجال البيولوجيا الجزيئية؟ وكيف يمكن الاستفادة من هذه الثورة في فهم أكبر لعلم الأحياء؟

لقد ساعدت ثورة الذكاء الاصطناعي في البيولوجيا، الدول العربية غير المتقدمة بسبب نقص الإمكانيات وغياب الحرية، على إعطاء فرص العمل عن بعد باستعمال برمجيات معينة دون الحاجة لمختبر أو أموال كثيرة أو السفر لخارج البلد. تجاوز هذه التحديات يسمح لنا بمواكبة التطورات العلمية باستعمال الذكاء الاصطناعي في البيولوجيا، وهو ما أنتج المعلوماتية الحيوية التي كنت من أول الأشخاص الذين أدخلوها للأردن وأجرينا تدريبات أكدنا فيها منذ سنة 2005 أن هذا التخصص سيكون الموجة الجديدة في مجالنا.

بعض الطلاب الذين دربناهم تخرجوا وأسسوا شركات في مجال البيولوجيا الحيوية ومنهم من قاموا بتدريبات خارج إطار الجامعات لتسريع عجلة التقدم في هذا المجال، من أجل خدمة الأبحاث والتدريس وحتى التكنولوجيا والشركات فيما يخص إنتاج الأدوية والخدمات الطبية، التي أصبحت كلها مرتبطة بالمعلوماتية الحيوية التي تمثل مجالا جديدا وفرصة عظيمة.

قمتِ خلال السنوات الماضية بأبحاث مثيرة للاهتمام حول الأشخاص اللاجئين ووظفت فيها تخصصك العلمي لدراسة تأثير الأزمات والحروب واللجوء على نفسية وفيزيولوجية اللاجئين. ما هي أهم النتائج التي توصلت إليها من خلال هذه الأبحاث؟

الحقيقة أن الشغف والفضول يدفعان إلى طرح الأسئلة، ولأنني فلسطينية ابنة لاجئ فلسطيني، لاحظتُ أن الجميع كان يدرس الآثار النفسية للحروب والأزمات على اللاجئين، فقررت أن أدرسها ليس



فقط عن طريق الاستبيانات والمقابلات، وإنما بمعرفة ما الذي يحصل للاجئ من الناحية الفيزيولوجية. لقد توصلنا إلى أن الفيزيولوجيا و الحمض النووي يتأثران بالفعل، ووجدنا بصمة لذلك على الحمض النووي الأطفال واليافعين وفكرنا في إمكانية تغيير هذا التأثير من خلال مبادرات وبرامج. سألنا إن كانت الأزمات والحروب تؤثر على الأجيال القادمة وتُورّث، ولقد بيّنا أنها تُورث في بحث نحن بصدد نشره.

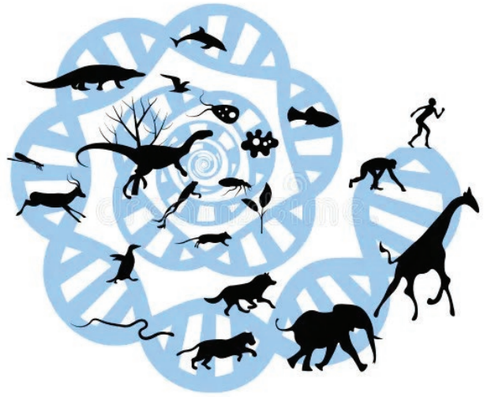
دائما ما ينظر الغرب للاجئ على أنه ضحية يتأثر سلبا وليست لديه مسؤولية ولا قدرة على التحكم في حياته، وهي نظرة فوقية تأتي على أساس أن الآخر سينقذنا لتبرير التحكم والحروب والاستعمار، لكننا نظرنا للأمر من زاوية بيولوجية تطورية ومن جانب إيجابي فالإنسان يواجه تحديات ويصمد مثلما نراه اليوم في غزة وفلسطين.

تحدث في الحمض النووي اللاجئين تغيرات تعطي الفرد استجابة مطاطية تزداد في فترة الأزمات بطريقة أفضل وأسرع، بما يعطي احتراما للذات بعيدا عن لعب دور الضحية. ما نقدمه من خلال هذا البحث شيء جديد للإنسانية وللعلم ولا أحد كان ليقدمه بهذا الشكل إلا نحن أبناء اللاجئين.

أنت معروفة بأنك من العلماء المسلمين المناصرين لنظرية التطور، حيث دافعت عنها كثيرا في محاضراتك وندواتك وأنت من الداعين إلى تدريسها في العالم العربي والإسلامي المتحفظ بشدة على هذه النظرية. ما هو سبب هذه المقاومة لنظرية التطور التي تعد مقبولة في الأوساط البيولوجية عالميا ولاسيما لدى المختصين في البيولوجيا الجزيئية والوراثة؟

الحقيقة أن رفض نظرية التطور يعود لعدة أسباب، أولها الجهل بماهيتها، فالكل يعتقد أن كلمة نظرية تعني أنها لا تزال قابلة للنقد أو ليست مثبتة مثل الفرضية. ثانيا، معظم الأشخاص الذين يرفضون مفهوم التطور لا يعرفون ما هو ولم يقرأوا يوما ما كتب عنه العلماء، فقط يسمعون وينقلون، وهذا ليس من ديننا الإسلامي الذي يدعو للتحري والقراءة والتثبت من المصادر. لكي نفهم نظرية التطور يجب أن نذهب للعلماء المختصين في نظرية التطور وليس لعلماء الدين لأنها ليست ضمن تخصصهم وبالتالي هم ليسوا مرجعا حول النظرية.

السبب الثالث هو أن هذا الرفض سطحي، لأن عقلنا الباطن وتاريخنا المعاصر قرنا نظرية التطور بالإمبريالية والاستعمار. صحيح أن هذا الاعتقاد لم يأت من عبث، لأن الدولة المستعمرة استخدمت نظرية



التطور كتبرير للاحتلال والهيمنة على الآخرين، لكن هذا لا يعني أن نظرية التطور خاطئة، فأي اختراع يمكن أن نستعمله في الخير وفي الشر أيضا.

علماؤنا المسلمون عبر القرون الماضية عايشوا نظريات شبيهة بنظرية التطور، لأن المنظومة الإسلامية كانت تدرك أن العلم هو نتاج تفكير وتحليل واستنتاج، وبأنه مفتوح للجميع بغض النظر عن دياناتهم، ولذلك تقدم أسلافنا المسلمون وحققوا الاكتشافات. هنا يمكن التطرق إلى سبب آخر، هو انهزام الأمة الإسلامية ووقوعها بين أيدي الاستعمار فانتشر الجهل ولم يكن لدينا علماؤنا.

سواء وافقنا أو لم نوافق على نظرية التطور، فإنها تؤثر كل يوم في حياتنا بشكل ما، كمثال على ذلك، نأخذ جميعا اللقاحات المبنية على نظرية التطور والكل يأكل الطماطم المحسنة. لقد أخذنا فكرة أن هذه النظرية خاطئة من أنصار الديانة المسيحية الذين كانوا ضدها لأنهم يعتقدون أن عمر الأرض 6 آلاف سنة بينما نظرية التطور تؤكد أنه يصل لملايين السنين، وهي مشكلة غير موجودة في الإسلام، لكن بسبب الجهل تبنّينا فكرة الغرب والمسيحيين وظننا أنها جزء من ديننا.

لهذا السبب يجب أن يكون لدينا تفكير نقدي، وأن نثق في أنفسنا ونعرف بالضبط من نحن ونميز بين الأشياء الآتية من حضارتنا والأشياء الآتية من الحضارات الأخرى. يجب أن نعود لديننا بطريقة صحيحة ونعود للاجتهاد والقياس الذي كان موجودا من قبل لكي نتقدم للأمام ويكون ديننا لكل زمان ومكان، فلا نظل عالقين في الماضي أو نترك كل شيء لأننا نتبنى أفكار الغرب.

كيف يمكن معالجة هذا الرفض من جانب الجمهور العام المرتبط بالخطاب المسجدي وبخطابات أشخاص غير متخصصين، وكذلك من طرف بعض البيولوجيين المسلمين الذين يظهر لديهم نوع من التحفظ حول هذا الموضوع؟ ثم كيف يمكن المساهمة في «خلق جيل جديد من العلماء المسلمين الذين يتمتعون بحرية التفكير» كما ذكرتِ في إحدى مقالاتك؟

لكي نتقدم للأمام يجب أولا أن نقرأ كثيرا ونعلّم شبابنا التفكير النقدي، ونتعلم الفلسفة والعلوم الإنسانية لكي يكون لدينا فكر ونتعلم النقاش وتقبل الآخرين حتى لو لم نتفق مع آرائهم. ثانيا، يجب أن نفتح الحوار مهما كانت المسائل معقدة. في حالة نظرية التطور مثلا، يمكن استحداث لجان من مختصين في علوم الأحياء والدين واللغة، للمناقشة باحترام والوصول إلى اتفاق. العلم يتقدم، لذلك تحليلنا للأشياء يجب أن يتقدم، والدين ثابت لا يتغير في القرآن والنصوص، إنما كيفية التفسير تعود لاجتهاد الإنسان، المهم أن تكون النية صادقة دون أن نحاسب بعضنا البعض.

هذه منظومة رائعة لتقدم العلوم والانفتاح على العالم بناء على الثقة وقيمنا ومبادئنا، لأن القرآن ليس كتاب علوم، بل يعلمنا كيف نفكر ونستخدم عقولنا وهو مبني على أساسيات وخلق إسلامية نسير عليها باحترام الإنسان وتقدير الجميع. هذه المنظومة الفكرية والأخلاقية هي التي جعلت الحضارة الإسلامية تتقدم في الماضي، والمسلمون وكل العالم بحاجة ماسة لها اليوم من أجل حياة كريمة وطيبة.

يجب أن نكون متفائلين كما أوصانا الله تعالى «قل اعملوا» والرسول عليه الصلاة والسلام «لا تحقرن من المعروف شيئا». بإذن الله سنغير العالم معا مثل أثر الفراشة التي تحرك الهواء بجناحين صغيرين لتُحدث إعصارا في مكان ما، فلنكن فراشات التغيير ونبني الثقة فيما بيننا، كما أن لا شيء مستحيل .

هل يستطيع الذكاء الاصطناعي التنبؤ بأمراض القلب؟

د. محمد حسام عميور
د. رحاب بوشارب

د. محمد حسام عميور

الدكتور محمد حسام عميور متخصص في أمراض القلب التدخلية «Interventional cardiology»، درس الطب في جامعة قسنطينة بالجزائر ثم سافر إلى فرنسا أين تخصص في أمراض القلب بجامعة كلود برنارد وتخرج منها سنة 2014 في إطار برنامج تبادل بين الجامعات، حيث تلقى تدريبا في التصوير القلبي، وأمراض القلب التداخلية وعلوم القلب والأوعية الدموية، العناية القلبية المكثفة، تخطيط صدى القلب وأمراض القلب. الدكتور عميور مقيم حاليا بالإمارات العربية المتحدة، وهو عضو في عدة هيئات منها شبكة تصوير الشباب بالجمعية الفرنسية لأمراض القلب ونقابة أطباء القلب في رون ألب والجمعية الأوروبية لأمراض القلب، وهو من الأطباء العرب والجزائريين النشطين في مجال التوعية بأمراض القلب بحكم تجربته الطويلة في علاج هذه الأمراض منذ ما يزيد عن 14 عاما.

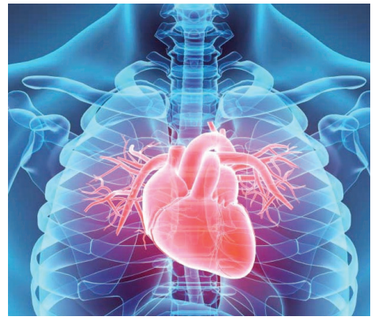
تحتلّ أمراض القلب المرتبة الأولى على اللائحة العالمية للأمراض القاتلة، إذ تودي

تمثل أمراض القلب ما نسبته 16 في المائة من مجموع الوفيات الناجمة عن جميع الحالات بحسب أرقام منظمة الصحة العالمية، كما أن الأمراض القلبية الوعائية هي السبب الرئيس للوفاة في العالم، إذ تؤدي إلى موت نحو 17.9 مليون شخص كل عام. في هذين المقالين يتطرق اختصاصي أمراض القلب الدكتور محمد حسام عميور إلى أهم اعتلالات القلب ويشرح أسباب انتشارها وسط الشباب، كما يفصّل في الدور الذي يلعبه الذكاء الاصطناعي في التشخيص والعلاج، أما الدكتورة رحاب بوشارب فتتطرق إلى واحد من أمراض القلب الأكثر انتشارا في العالم، وهو تكلس الصمام الأبهر، حيث تبيّن مسبباته وأعراضه والفئات الأكثر عرضة له، وتستعرض أهم الطرق العلاجية التي توصّل إليها العلم، من بينها استراتيجية علاجية اقترحتها في أحدث أبحاثها.

بقلم ياسمين بوالجدري

سنوياً بحياة قرابة 18 مليون شخص وتعيق حياة الملايين، وتُصنف كالآتي:

- أمراض القلب الوعائيّة: وتنجم أمراض القلب الوعائية عن تضيّق أو انسداد أو تصلب في الأوعية الدموية ما يؤدي إلى عدم تلقّي القلب أو الدماغ أو أعضاء أخرى في الجسم كمية كافية من الدم.
- اعتلال كهرباء القلب: هو عدم انتظام ضربات القلب حيث قد يشمل نبض القلب بمعدل أعلى من الطبيعي، أو بمعدل أقل من الطبيعي أو بصورة غير منتظمة.
- العيوب الخلقية سواء تم اكتشافها بعد الولادة في الحالات الشديدة أو في عمر متأخر من الطفولة أو لدى البلوغ.
- اعتلال عضلة القلب، أي بمعنى أن عضلة القلب تصبح أكثر سُمكًا وصلابةً أو أكبر حجما وأضعف قوة.
- أمراض القلب الناجمة عن الالتهاب، وهناك ثلاثة أنواع من الالتهابات في القلب هي التهاب التأمور أي التهاب غشاء القلب (Pericarditis) وهو التهاب الغشاء الذي يغطي القلب، التهاب عضلة القلب (Myocarditis) وهو الذي يصيب الطبقة الوسطى من عضلة القلب، والتهاب الشغاف (Endocarditis) الذي يصيب الغشاء الداخلي الفاصل بين غرف القلب وصماماته.
- أمراض القلب الناجمة عن مشكلة في صمامات القلب: قد تتأذى صمامات القلب نتيجة لعدة عوامل تؤدي إلى تضيّق، وتسريب أي تدفق غير طبيعي أو قصور، أو إغلاق غير تام.



حالات إصابة متزايدة وسط الشباب

وبالإضافة إلى زيادة انتشار مشاكل القلب المتقدمة والنوبات القلبية لدى فئة الشباب بسبب العادات الحياتية السيئة، في الجزائر نصادف وجود حالات قلبية حادة لدى مرضى في عمر أصغر بعشر سنوات مقارنة بما هو عليه في دول الغرب، ونلاحظ أعداداً متزايدة من المرضى في الثلاثينات والأربعينات يعانون من أمراض قلب، وفي بعض الحالات هناك من هم أصغر سناً من ذلك.

زيادة على ذلك، يُسجل تأخر التشخيص بسبب نقص الوعي بأعراض أمراض القلب وهذا يؤدي إلى التأثير على مدى نجاعة العلاج، وزيادة كلفة العلاج وعمليات أمراض القلب على الصعيد المحلي. أما على الصعيد العالمي فتتجه الشركات الرائدة وأغلبها خاصة، للاستثمار في الأمراض المنتشرة وإهمال الأمراض النادرة مما يترك عددا من المرضى بدون أمل علاج حقيقي.

يُستخدم الذكاء الاصطناعي في بعض المراكز الرائدة لبرمجة أجهزة الكمبيوتر. ويهدف ذلك لمعالجة البيانات والاستجابة لها سريعًا وباستمرار من أجل تحقيق نتائج أفضل للعلاج. تشمل استخدامات الذكاء الاصطناعي الكشف عن أمراض القلب وعلاج السكتات الدماغية بشكل أسرع وتعزيز كفاءة الأشعة التشخيصية.

هناك بعض التجارب الرائدة في «مايو كلينك» وسنغافورة التي من خلالها يساعد الذكاء الاصطناعي في قراءة مخططات كهربية القلب لاكتشاف أمراض القلب والتنبؤ بها بسرعة ودقة كبيرتَين. تقيس هذه الأجهزة النشاط الكهربائي للقلب للكشف عن أي تشوهات أو خلل في الأداء، وفي حالات أخرى توفر قراءة أسرع لتصوير القلب عن طريق الموجات الصوتية أو الرنين مما يعطي دقة أكثر للقياسات.

تقوم خوارزميات الذكاء الاصطناعي بالتقاط المعلومات وتحليلها بالتفصيل ووفق عدة أبعاد، فهي ترصد التغييرات الطفيفة التي قد تغفل عنها العين البشرية. والأهمّ هو أنها تفعل ذلك خلال دقائق، وهي مدة قصيرة للغاية إذا ما قورِنت بالمدة التي يستغرقها اختصاصي الأشعة، والتي تتراوح بين ساعتين إلى أربع ساعات.

باستخدام هذه التقارير المفصّلة، يعمل الأطباء على تتبع حالات المرضى ومراقبة تطوُّرها والتنبؤ بالاحتمالات المستقبلية لتحسُّن الحالة أو تراجُعِها. بالإضافة إلى ذلك، تستقبل البرمجيات البيانات والمعلومات الحقيقية بصورة يومية، فهي تستخدم تقنية التعلّم الآليّ التي تمكّن الحواسيب من التعلّم من التجارب السابقة والمُخزّنة كما يفعل الإنسان. بطبيعة الحال، تتطلب برمجيات الذكاء الاصطناعيّ وجود مَراجع، وهي في هذه الحالة تتمثل في ملفات المرضى القدامى التي تجمع من قواعد بيانات عامة.

مثال آخر يمكن استعماله في الجزائر مع مرضانا هو استخدام الساعات الذكية المزودة بتقنية تخطيط القلب لاكتشاف الرجفان الأذيني المسبب الأول للجلطات الدماغية والذي يسمح في حالة الكشف المبكر عنه، بالعلاج في التوقيت المناسب قبل وقوع الضرر الذي يؤدي إلى كوارث إنسانية وعائلية وفقدان أشخاص أعزاء وتكبد مصاريف مالية ضخمة تقع على عاتق النظام الصحي.

نشر الوعي بضرورة الوقاية أولا

وبالرغم من التطور العلمي الحاصل إلا أن أمراض القلب ما زالت تقتل، وذلك لعدة أسباب، فعلى المستوى المؤسساتي يرتبط هذا الأمر بطريقة تنظيم القطاع الصحي ومستوى الخدمات المتوفرة وحسن توزيعها وتوافق الخريطة الصحية والإمكانيات مع عدد السكان.

وعلى المستوى الطبي يتعلق الأمر بمدى توفر تدريب متواصل للأطباء على التقنيات الحديثة والتجديد المتواصل للمهارات والمعارف الطبية للكادر الطبي. يُضاف إلى ذلك، بناء برامج وطنية للفحوصات المبكرة للأمراض المنتشرة سواء تعلق الأمر بالأورام أو أمراض الأيض وعوامل الخطر كمرضى الضغط الدموي والسكري اللذين من الممكن الوقاية منهما.

على مستوى المرضى، من المهم نشر الوعي بضرورة الوقاية أولا، الأكل الصحي وممارسة الرياضة دوريا، ثم التشخيص المبكر عن طريق الفحوصات الدورية وأيضا تقبل نصائح الأطباء وبناء خطة علاجية مناسبة.

د. رحاب بوشارب

الدكتورة رحاب بوشارب باحثة في أمراض القلب والأوعية الدموية، أمراض الكلى، أمراض الصمامات، التمثيل الغذائي، الليبيدات وتصلب الشرايين. تعمل كأستاذة مساعدة في مدرسة الطب بجامعة تمبل في الولايات المتحدة الأمريكية، وهي باحثة سابقة بمركز أبحاث القلب والأوعية الدموية في مدرسة الطب ماونت ساياي في نيويورك، وأيضا في هيئات علمية بكندا. تخرجت من جامعة سعد دحلب في البليدة بالجزائر في تخصص الكيمياء الحيوية ثم حصلت على دكتوراه في البيولوجيا الجزيئية والخلوية من جامعة ستراسبورغ بفرنسا. في رصيد الدكتورة بوشارب العديد من الأوراق العلمية، وكان أحد آخر إنجازاتها تطوير بروتوكول جديد للفحص المجهري الإلكتروني لتمزق الشرايين باستخدام التصوير ثلاثي الأبعاد.

مرض تكلس الصمام الأبهر هو اضطراب في صمام القلب الأكثر انتشارا في البلدان المتقدمة، وهو مرض ليفي، كلسي متقدم حيث يكون الصمام الموجود بين حجرة القلب السفلية اليسرى والشريان الأبهر -الشريان الرئيسي- ضيقا ولا ينفتح بشكل كامل. وهذا الأخير يمكن أن يقلل في بعض الأحيان تدفق الدم من القلب إلى الشريان الأبهر وبقية الجسم. يتكون الصمام الأبهر من 3 وريقات تنفتح وتنغلق بشكل دوري منتظم مدى الحياة، لتسمح بتدفق الدم من البطين الأيسر إلى الشريان الأبهر.

الخطر لا يستثني صغار السنّ

يُعدّ التقدم في السن من بين العوامل الفارقة في هذا المرض حيث نجد الأشخاص الذين يفوق عمرهم 65 سنة هم الأكثر عرضة للإصابة بالمرض، وذلك راجع إلى تراكم الكالسيوم على الصمام الأبهر مما يتسبب في تصلبه وضيقه، لكن هذا لا يستثني صغار السن إذ أن هنالك العديد من الحالات التي لديها عيب خلقي منذ الولادة، منها انصهار الوريقات بشكل ثنائي أو ثلاثي، وهذا يزيد من خطر وحدّة الإصابة بمرض تكلس الصمام الأبهر.

أيضا مضاعفات التهاب الحلق العقدي غير المعالج يمكن أن تؤدي إلى تضيق الأبهر، وهذا ناجم عن الحمى الروماتيزمية، لهذا ننصح بعلاج التهاب الحلق بأخذ مضادات حيوية لتجنب هذه المضاعفات الخطيرة. الأشخاص الذين يعانون من السرطان، وبعد القيام بالعلاج الإشعاعي للصدر، كما هو الحال في حالة سرطان الثدي، يكونون عرضة لتكلس الصمام الأبهر لكن غالبا لا يكون ذلك إلا بعد عدة سنوات من تلقي العلاج. هنالك أيضا حالات مرضية أخرى، نذكر منها مرض الكلى المزمن، وداء الذئبة، متلازمة مارفان ومرض النسيج الضام، كل هذه الحالات تؤدي إلى زيادة خطر الإصابة بتكلس الصمام الأبهر وضيقه.

أعراض قد تؤدي لسكتة قلبية مفاجئة

يمكن تصنيف مرض تكلس الصمام الأبهر من متوسط إلى حاد، وتحدث الأعراض عموما عندما يكون المرض في حالات متقدمة كوجود ضيق شديد في الصمام الأبهر، لكن قد تغيب الأعراض عن بعض الأشخاص لسنوات طويلة.

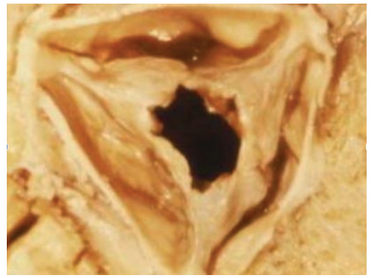
قد تتمثل بعض الأعراض في ما يلي:

- سماع صوت غير منتظم في القلب من خلال طبيب مختص.
- آلام في الصدر كآلام الذبحة الصدرية أو ضيق أثناء القيام بأي نشاط.
- الشعور بالإغماء، الدوار، أو الإغماء الكلي أثناء القيام بأي نشاط.
- ضيق في التنفس والتعب خاصة أوقات القيام بأي نشاط.
- خفقان وتسارع ضربات القلب.
- فقدان الشهية عند الأطفال مع عدم اكتساب الوزن.

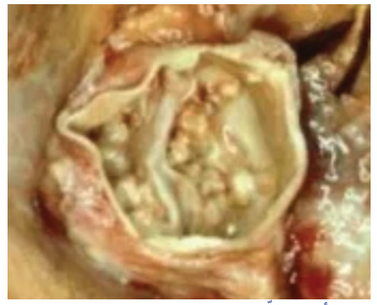
عند الكثير من المرضى يؤدي مرض تكلس الصمام الأبهر إلى فشل في القلب، وتشمل الأعراض أيضا قصور القلب، ضيق التنفس، وتورم الكاحلين والقدمين، وعند ظهور هذه الأعراض ننصح بالتوجه إلى طبيب مختص. ككل الأمراض المستعصية، مرض تكلس صمام الأبهر يؤدي إلى مضاعفات محتملة، كجلطات الدم، السكتة الدماغية، السكتة القلبية، مشاكل في ضربات القلب -عدم انتظام ضربات القلب- والوفاة المفاجئة بسبب السكتة القلبية.

علاجات واعدة

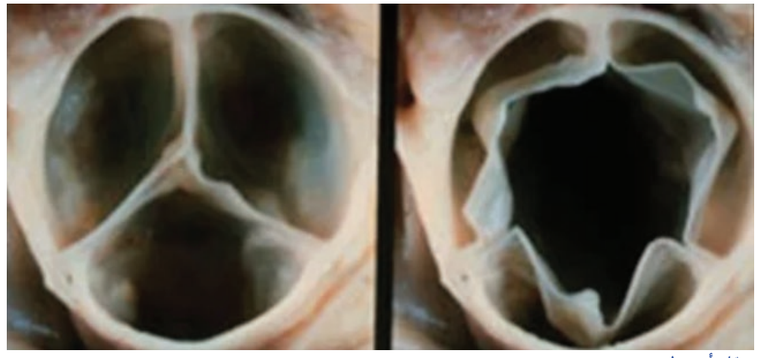
يتمثل العلاج في استبدال الصمام الأبهر التالف بصمام اصطناعي من الصمامات البيولوجية، وكذلك اللجوء إلى الجراحة أو إلى القسطرة. عموما، يتجه العلاج نحو استبدال الصمام الأبهر عبر القسطرة وهو إجراء أقل تدخلا لاستبدال صمام القلب التالف، حيث يُنصح به عادة للأشخاص المعرضين لخطر كبير للإصابة بمضاعفات جراحة قلب مفتوح. من الضروري ملاحظة أن خيارات العلاج تعتمد على شدة الحالة كما يجب مناقشتها مع الطبيب المختص. من بين الإستراتيجيات المُقترحة من طرف مخبرنا، هي زيادة نسبة الحموضة في المحيط المتكلس للصمام الأبهر. في الواقع، الحموضة المرتفعة تذيب الكالسيوم، وبعد التجارب المخبرية وجدنا أن الخلايا المكونة للصمام الأبهر يمكنها إعادة امتصاص المعادن. لقد وثقنا بأن P2PY المستقبل يعزز التعبير عن الأنهيدراز الكربوني الثاني عشر CAXII في غشاء الخلية حيث يتم إفراز البروتونات الكافية لإذابة الكلس. تم نشر هذا البحث العلمي تحت عنوان الأنهيدراز الكربوني الثاني عشر في خلايا الخلالية للصمام معززا تراجع تضيق الصمام الأبهر الكلسي، وذلك في مجلة أمراض القلب الخلوية الجزيئية.



تضيق الأبهر الروماتيزمي



صمّام أبهر متكلّس



صمّام أبهر طبيعي

إبادة جماعية أم لا؟
دعونا نعكس الأدوار

مقتطفات من خطاب سوزان أبو الهوى بمنتدى جامعة أكسفورد

مناظرة برعاية اتحاد أكسفورد، في 28 نوفمبر 2024، حول الاقتراح: «هذا المجلس يعتقد أن إسرائيل دولة فصل عنصري مسؤولة عن الإبادة الجماعية.» تم تبني الاقتراح بأغلبية ساحقة بلغت 278 صوتًا مقابل 59.

هنا الملاحظات الختامية للكاتبة والناشطة الحقوقية الفلسطينية سوزان أبو الهوى في مناظرة إتحاد أكسفورد يوم 28 نوفمبر 2024 حول القرار: «هذا المجلس يعتقد أن إسرائيل دولة فصل عنصري مسؤولة عن الإبادة الجماعية»، والذي تم تمريره في النهاية بأغلبية ساحقة بلغت 278 صوتًا مقابل 59. جزء من خطابها القوي يتضمن منطقًا رائعًا يُظهر التحيز الكبير للإعلام والسياسيين الغربيين ضد الفلسطينيين، نعيد نشر جزء من الخطاب هنا.

إذا انعكست الأدوار:

لو أن الفلسطينيين أمضوا العقود الثمانية الماضية يسرقون منازل اليهود، ويطردونهم، ويضطهدونهم، ويسجنونهم، ويسممونهم، ويعذبونهم، ويغتصبونهم، ويقتلونهم؛ لو أن الفلسطينيين قتلوا ما يُقدَّر بـ 300,000 يهودي في عام واحد، واستهدفوا صحفييهم، ومفكريهم، وعامليهم الصحيين، ورياضييهم، وفنانيهم، وقصفوا كل مستشفى إسرائيلي، وجامعة، ومكتبة، ومتحف، ومركز ثقافي، وكنيس يهودي، وفي نفس الوقت أقاموا منصات مشاهدة ليستمتع الناس بمشاهدة مذابحهم وكأنها معالم سياحية.

- لو أن الفلسطينيين حشدوا اليهود بمئات الآلاف في خيام واهية، وقصفوهم في ما يسمى مناطق آمنة، وأحرقوهم أحياءً، وقطعوا عنهم الغذاء والماء والدواء.

- لو أن الفلسطينيين جعلوا الأطفال اليهود يتجولون حفاةً بأوانٍ فارغة؛ وجعلوهم يجمعون أشلاء آبائهم في أكياس بلاستيكية؛ وجعلوهم يدفنون أشقاءهم وأقاربهم وأصدقاءهم؛ وجعلوهم يهربون من خيامهم في منتصف الليل لينأموا فوق قبور آبائهم؛ وجعلوهم يدعون للموت فقط لينضموا إلى عائلاتهم وألا يبقوا وحدهم

في هذا العالم الرهيب؛ وأرهبوهم لدرجة أن أطفالهم فقدوا شعرهم، وذاكرتهم، وعقولهم، وجعلوا الذين لا تزيد أعمارهم عن 4 أو 5 سنوات يموتون من نوبات قلبية.

- لو أن الفلسطينيين أجبروا أطفال وحدة العناية المركزة لحديثي الولادة (NICU) على الموت بلا رحمة، وحدهم في أسرّة المستشفيات، يبكون حتى لم يعد لديهم القدرة على البكاء، ويموتون ويتحللون في أماكنهم.

- لو أن الفلسطينيين استخدموا شاحنات مساعدات دقيق القمح لاستدراج اليهود الجياع، ثم فتحوا النار عليهم عندما تجمعوا للحصول على قوت يومهم؛ لو أن الفلسطينيين سمحوا أخيرًا بإيصال طعام إلى ملجأ يضم يهودًا جائعين، ثم أحرقوا الملجأ وشاحنة المساعدات بالكامل قبل أن يتمكن أحد من تذوق الطعام.

- لو أن قناصًا فلسطينيًا تفاخر بإصابة 42 ركبة يهودية في يوم واحد كما فعل جندي إسرائيلي في عام 2019؛ لو أن فلسطينيًا اعترف لقناة CNN بأنه دهس مئات اليهود بدبابته، وبقيت أشلاؤهم عالقة في جنازيرها.

- لو أن الفلسطينيين اغتصبوا منهجيًا أطباء يهودًا ومرضى وغيرهم من الأسرى باستخدام قضبان معدنية ساخنة، أو عصي مسننة مكهربة، أو طفايات حريق، وأحيانًا حتى الموت، كما حدث مع الدكتور عدنان البرش وآخرين.

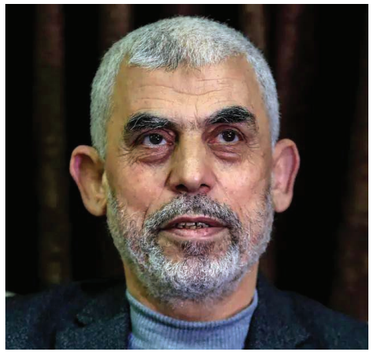
- لو أن النساء اليهوديات أُجبرن على الولادة في ظروف قذرة، أو إجراء عمليات قيصرية أو بتر للأطراف دون تخدير؛ لو أن الفلسطينيين دمروا أطفالهم وزينوا دباباتهم بألعابهم؛ لو أنهم قتلوا أو شردوا نساءهم ثم التقطوا صورًا مع ملابسهن الداخلية..

- لو أن العالم كان يشاهد الإبادة المنهجية لليهود تُبث مباشرةً في الوقت الفعلي، لما كان هناك جدل حول ما إذا كانت تلك الأعمال إرهابًا أم إبادة جماعية.

الأذى الذي يفعله الصهاينة وآلة دعايتهم شيطاني، ومع ذلك يتوقعون منك أن تصدق أنهم الضحايا.

من خلال استحضار المحرقة الأوروبية والصراخ بالاتهامات بمعاداة السامية، يتوقعون منك تعليق العقل الإنساني الأساسي لتصديق أن القنص اليومي للأطفال بما يسمى «طلقات القتل» وقصف الأحياء بأكملها التي تدفن العائلات أحياءً وتمحو سلالات بأكملها هو دفاع عن النفس.

وأخيرًا، بالإشارة إلى الشهيد البطل للمقاومة في غزة، أضافت: «يريدون منك أن تصدق أن رجلاً لم يأكل شيئًا منذ أكثر من 72 ساعة، واستمر في القتال حتى عندما كان لديه ذراع واحدة تعمل فقط، أن هذا الرجل كان مدفوعًا بنوع من الهمجية الفطرية والكراهية أو الغيرة غير العقلانية من اليهود، بدلاً من التوق الذي لا يُقهر لرؤية شعبه حرًا في وطنه.»



غزة بلا تعليم للعام الثاني: إبادة منظّمة وتحديات متفاقمة

بقلم ياسمين بوالجدري

يتعرض قطاع التربية والتعليم العالي في غزة، للعام الثاني، لانتهاكات متكررة على يد سلطات الاحتلال ضاربة بعرض الحائط كافة الأعراف والمواثيق الدولية، التي تعتبر التعليم حقا أساسيا من حقوق الإنسان، فقد حُرم من هذا الحق أزيد من 630 ألف طفل وأكثر من 100 ألف طالب، استُشهد ما يقرب 12 ألف منهم، كما أن 90 بالمئة من مدارس وجامعات القطاع تعرضت لأضرار جسيمة، يحدث ذلك وسط حرب إبادة وحشية لم يشهد لها التاريخ الحديث مثيلا.

منذ السابع أكتوبر 2023 وإلى غاية 25 نوفمبر 2024، ارتفعت حصيلة العدوان الاسرائيلي على قطاع غزة إلى أزيد من 44230 شهيدا و 104630 إصابة، فيما تستمر حرب التجويع وعمليات التهجير والقصف والتدمير التي جعلت غزة تخلو من أي مكان آمن وحرمت أبناء القطاع من حقهم في الحياة. لقد طُرد نحو 1.9 مليون شخص من سكان غزة البالغ عددهم 2.3 مليون نسمة من منازلهم واحتشدوا في خيام تفتقر إلى أنظمة المياه أو الصرف الصحي، أو في مدارس الأمم المتحدة والحكومة التي تعمل الآن كملاجئ.

و وسط مشاهد الدمار والقتل والنزوح وطوابير الغذاء والماء، يكتم تلاميذ وطلاب غزة في قلوبهم وجعا كبيرا بعدما حُرموا للعام الثاني من الالتحاق بمقاعد الدراسة كغيرهم من أقرانهم في باقي بلدان العالم. لقد وجد هؤلاء الطلبة أنفسهم يخوضون رحلة نزوح لا تنتهي، بحثًا عن الحياة بين أنقاض الموت، حاملين جراح الحرمان من الدراسة وألم الفقد، يركضون مع من تبقى من عائلاتهم هربًا من الجوع والقصف.

58 ألف طفل يُحرَمون فرحة الالتحاق بالصف الأول

تُظهر إحصائيات رسمية فلسطينية أن أزيد من 11 ألف طالب استُشهدوا جراء انتهاكات الاحتلال في غزة وجُرح ما يزيد عن 17 ألفا، كما ارتقى أزيد من 440 معلما وأصيب قرابة 25 ألفا، وحُرم 39 ألف طالب من التقدم لامتحان الثانوية العامة مع انتهاء العام الدراسي الماضي، ولم يذق 58 ألف طفل فرحة الالتحاق بالصف الأول، بعدما تعرضت 374 مدرسة حكومية و65 مدرسة أخرى تابعة لوكالة الأمم المتحدة لغوث وتشغيل اللاجئين الفلسطينيين (الأونروا) للتدمير أو أخرجت من الخدمة وتحول العديد منها إلى ملاجئ لإيواء النازحين.

وفي قطاع التعليم العالي، حُرم للعام الثاني على التوالي، 88 ألف طالب من الدراسة، واستُشهد أزيد من 520 طالبا وجرح ما يفوق 2000، وقد تضرر معظم مباني مؤسسات التعليم العالي في قطاع غزة لأضرار بالغة، كما تم أسر العديد من الطلبة.

وفي الضفة الغربية استُشهد وجُرح عشرات الطلبة وتأثرت عملية التعليم ككل وأصبحت تتم إلكترونيا، فيما يتعرض العديد من الطلبة للاعتقال وتتم عرقلة وصولهم الآمن لمؤسسات التعليم العالي بسبب الحواجز التي أقامها الاحتلال بمداخل المدن والبلدات والمخيمات، كما تم رصد ما يزيد عن 90 حالة لإجراءات تعسفية بحق الطلبة في الجامعات والكليات في الداخل الفلسطيني المحتل، وصلت إلى فصل عدد منهم على خلفية كتاباتهم المؤيدة للقضية الفلسطينية عبر وسائل التواصل الاجتماعي.

إبادة تعليمية

وقد جددت وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية دعوتها لوقف ما وصفته بالإبادة التعليمية بحق طلبة قطاع غزة، مؤكدةً أن الحق في التعليم كما الحق في الحياة، لا ينبغي النظر إليهما كشعارات مجردة، بل هي حقوق أصيلة غير قابلة للتصرف تستوجب الحماية والدفاع عنها بعد أن باتت مستباحة من طرف آلة القتل الإسرائيلية التي تمعن في استهداف الأبرياء ما يعكس مدى وحشية ودموية هذا الاحتلال.

ويخشى العاملون في المجال الإنساني من أن الحرمان المطول من التعليم يهدد بإلحاق أضرار طويلة الأمد بأطفال غزة، خصوصا أن تدمير معظم المباني التعليمية يجعلها في حاجة إلى عمليات إعادة بناء كبرى قد تستغرق سنوات قبل أن تصبح هذه المنشآت صالحة للاستخدام مرة أخرى، والأمر ذاته ينطبق على جامعات غزة.

مبادرات تطوعية تُحيي الأمل

ولأن التعليم لطالما كان من الأولويات القصوى لدى الفلسطينيين، تستمر مبادرات هنا وهناك لتعليم الطلاب رغم الظروف الكارثية الصعبة، فقد تواصلت عمليات للتدريس داخل الخيام تحاكي نظام المدارس التعليمية بإمكانيات بسيطة جدا، كما تطوّع أساتذة ومدرسون فلسطينيون في الضفة الغربية لتعليم طلاب قطاع غزة عن بعد، فيما أطلِقت منصة إلكترونية لتقديم الدروس عن بعد للطلاب، رغم أن هذه المبادرة اصطدمت بمشكلة الانقطاع المتكرر للكهرباء والانترنت عن القطاع.

لم يعد تدمير قطاع التعليم في غزة مجرد أزمة إنسانية، بل هو اعتداء على مستقبل أجيال بأكملها، بما يتطلب وقفة جادة وفعالة من المجتمع الدولي لوقف هذا النزيف وضمان حق أطفال وشباب غزة في الحياة، وفي التعليم باعتباره حجر الأساس لأي عملية إعادة بناء شاملة.

التعليم كصمود:
الروح التي لا تنكسر للفلسطينيين وسط الإبادة

بقلم أ. د. جمال ميموني

وحدة البحث في الوساطة العلمية

التعليم كمقاومة

في فلسطين، التعليم ليس مجرد حق، إنه شريان حياة وشكل من أشكال المقاومة. عقود من الاحتلال والقمع المنهجي حوّلت التعليم إلى تحدٍّ لسياسات المصادرة والمحو الثقافي. وسط الإبادة الجماعية في غزة، أصبحت المدارس والجامعات رموزًا للبقاء، تجسد صمود شعب مصمم على الحفاظ على هويته. يمثل السعي وراء التعليم ردًا قويًا على المشروع الاستعماري الاستيطاني.

السياق التاريخي للتعليم في المقاومة الفلسطينية

يرتبط دور التعليم كوسيلة للمقاومة بجذوره العميقة في التاريخ الفلسطيني، وخاصة بعد نكبة عام 1948 التي شردت ملايين الفلسطينيين. وصف خليل نخلة التعليم بأنه أداة سياسية تحويلية عززت الهوية الجماعية والوعي بين أفراد الشتات. شبّه الشاعر محمود درويش الجامعات بالمساجد، أماكن تُغذي المجتمع والأمل والتحدي. استمرت هذه المؤسسات في لعب دور مزدوج في مقاومة المحو المنهجي والقمع.

«إبادة الفكر» كهدف استراتيجي للعدو: حالة غزة

في غزة، يواجه النظام التعليمي استهدافًا مستمرًا حيث تعرضت أكثر من 90 % من المدارس والجامعات لأضرار جسيمة. يعكس هذا التدمير المنهجي ما يصفه الباحثون بـ «إبادة الفكر»، الذي يهدف إلى محو الهوية الثقافية والفكرية. ومع ذلك، تظل معدلات الإلمام بالقراءة والكتابة في غزة من بين الأعلى في العالم العربي. على الرغم من هذا بقيت الجامعات مثل جامعة بيرزيت كمراكز للمعرفة والمقاومة الفكرية. تُعزز هذه المؤسسات التفكير النقدي والنشاط السياسي وحفظ المعرفة، رغم ما تواجهه من إغلاقات، ومداهمات، ورقابة. يشير درويش إلى دور هذه المؤسسات المشابه لدور المساجد، إذ تعمل على تحدي الهياكل القمعية. تبقى الجامعات رموز أمل، تزود الأجيال القادمة بالأدوات اللازمة للمقاومة.

ستجد وصفا للوضع في المقال الملحق من ي.بوالجدري.

القمع خارج المؤسسات الفلسطينية

يمتد قمع التعليم الفلسطيني إلى الأنظمة الأكاديمية الدولية. يفضح كتاب مايا ويند (Maya Wind) «أبراج العاج والحديد» تواطؤ الجامعات الإسرائيلية في دعم الاحتلال. تُستخدم تخصصات مثل علم الآثار والدراسات الشرق أوسطية لتبرير المصادرة. تدمج برامج مثل برنامج «إيريز» بجامعة تل أبيب التدريب العسكري بالتعليم الأكاديمي، مما يطمس الحدود بين التعليم والعنف الممنهج.

علاوة على ذلك، تحدّ تعريف التحالف الدولي لإحياء ذكرى الهولوكوست (IHRA) لمعاداة السامية من حرية التعبير المؤيدة لفلسطين عالميًا، عبر خلطها بنقد إسرائيل. يتوازى هذا القمع العالمي مع القيود الجسدية التي يواجهها الفلسطينيون تحت الاحتلال. يُضاف إلى ذلك النقص الكبير في التضامن الأكاديمي تجاه الفلسطينيين من قبل العديد من المؤسسات الغربية، فخلال العام الماضي وحده، تم اغتيال نحو 100 أكاديمي فلسطيني في غزة، بما في ذلك رؤساء جامعات وعمداء وأساتذة. ورغم ذلك، لم تصدر أي «صرخة استنكار» من المؤسسات الأكاديمية الغربية، في حين أن مقتل أستاذ واحد في إسرائيل كانت لتصاحبه موجة عارمة من التعاطف من هذه الأوساط.

لنأخذ كمثال كيفية قمع الأصوات الفلسطينية بشكل متزايد داخل المؤسسات الأكاديمية الفرنسية، بما في ذلك معهد الدراسات السياسية المرموق (Sciences Po) في باريس وليون. من بين الحوادث البارزة، إلغاء محاضرات كانت ستستضيف ريم حسن، عضوة البرلمان الأوروبي. على سبيل المثال، تم حظر فعالية كان من المقرر عقدها في «سانس بو» باريس في 22 نوفمبر 2024، بحجة مخاوف تتعلق بـ «النظام العام»، وهو تبرير مفضوح في محاولة لإسكات وجهات النظر المنتقدة لجرائم إسرائيل في غزة. ولم تكن هذه الحادثة منعزلة، حيث تم إلغاء مؤتمرات أخرى مخططة لها ولغيرها في جامعات فرنسية أخرى.

وفي كثير من الأحيان تتخذ الاتهامات طابع الترويج لـ«آراء مثيرة للجدل». فتقابلها إجراءات صارمة من الإدارات، شملت تدخلات الشرطة ومنع دخول الحرم الجامعي. في حين أن هذه الإجراءات تخنق التعبير المؤيد لفلسطين داخل الأوساط الأكاديمية الفرنسية، فإنها تعكس أيضًا اتجاهًا أوسع للتحيز السياسي والقمع في أوروبا.

لكن، لحسن الحظ، أنقذ طلاب جامعات مثل أوكسفورد في المملكة المتحدة وجامعة كولومبيا في الولايات المتحدة الشرف الأكاديمي، وأثبتوا أنهم الضمير الحي للعالم، متمسكين بالدفاع عن القيم الإنسانية والعدالة. هؤلاء الطلاب، الذين هم ورثة الحركات الطلابية التي ناضلت ضد حرب فيتنام ونظام الفصل العنصري في جنوب أفريقيا، استطاعوا ببراءتهم وإنسانيتهم أن يدركوا ما يعجز أساتذتهم عن رؤيته: أهوال ما يحدث في غزة والإبادة الجماعية التي تجري أمام أعيننا.

دور التعليم في الحفاظ على الثقافة ودروس من فلسطين

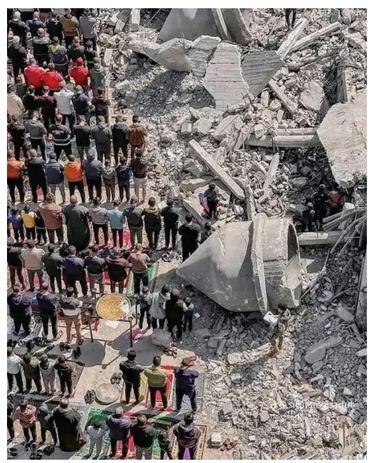
يُمثل التعليم حجر الزاوية في الحفاظ على الثقافة الفلسطينية. تُصان القصص واللغة والتاريخ من خلال المبادرات التعليمية، مما يضمن بقاء الهوية رغم التهجير والتدمير. تصبح المراكز المجتمعية والمنازل في غزة فصولًا دراسية غير رسمية، تحافظ على الذاكرة الثقافية حية في ظل أصعب الظروف. يعزز هذا الالتزام بالتعليم الإنسانية الفلسطينية ووجودها.

يمثل التزام الفلسطينيين بالتعليم دروسًا للمجتمع العالمي. في غزة، حيث العنف والندرة، يظل التعليم رمزًا للأمل. هذا الصمود يتحدى تسليع التعليم في الديمقراطيات الليبرالية ويذكر العالم بدوره في الحفاظ على الذاكرة الثقافية ومواجهة الظلم. يجب على الجامعات الغربية، التي غالبًا ما تتواطأ في قمع الفلسطينيين من خلال الشراكات مع المؤسسات الإسرائيلية، أن تعيد تقييم مواقفها. يتحمل المجتمع الأكاديمي العالمي مسؤولية أخلاقية للدفاع عن الحق في التعليم كعنصر أساسي في الكرامة الإنسانية والتحرر.

التعليم كشريان حياة

بالنسبة للفلسطينيين، التعليم هو المقاومة. يحافظ على هويتهم، ويغذي صمودهم، ويمنحهم الأدوات لمواجهة القمع. وسط العنف المنهجي، يصبح التعليم شريان حياة، يضمن استمرارية الثقافة والتاريخ.

إن التزام الفلسطينيين بالتعليم مثال قوي على قوة المعرفة التحويلية. يدعو هذا الالتزام المجتمع الدولي للدفاع عن التعليم كحق أساسي وحجر زاوية للمقاومة والتحرر. كل هذا يبشر بالخير لمستقبل فلسطين عندما تصبح حرة، حيث سيكون التقدم المعرفي أداة رئيسية لإعادة البناء والنهوض، تمامًا كما كان الحال مع الألمان بعد الحرب العالمية الثانية. فعلى الرغم من الدمار الهائل الذي أصاب ألمانيا، ساعد تفوقها العلمي والتقني في تحقيق نهضة شاملة وسريعة. وهكذا، فإن الفلسطينيين الذين أثبتوا قدراتهم الأكاديمية رغم التحديات، قادرون على بناء دولة قوية ومزدهرة إذا مُنحت لهم الحرية والفرص اللازمة. المعرفة ليست فقط وسيلة للبقاء، ولكنها أيضًا منصة لإعادة تصور المستقبل، وتأسيس مجتمع قائم على العدالة والتقدم، مما يجعل التعليم أحد أعمدة الأمل التي يستند إليها حلم الحرية الفلسطينية.



باباراتزي العلوم

آخر المستجدات العلمية

بقلم: ياسمين بوالجدري
وجمال ميموني

غبار الصحراء الكبرى يؤثر على الطقس العالمي

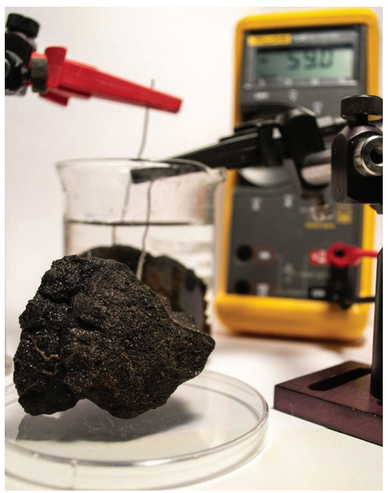
رصدت الأقمار الصناعية غبار الصحراء الكبرى يتحرك من المغرب عبر المحيط الأطلسي، مما يسلط الضوء على دور الصحراء كمصدر رئيسي للغبار. ويؤثر هذا الغبار على الطقس في جميع أنحاء العالم، وقد أظهرت دراسة حديثة كيف يمكن أن تزيد أو تقلل تركيزات الغبار الصحراوية المختلفة من هطول الأمطار في العواصف الاستوائية.

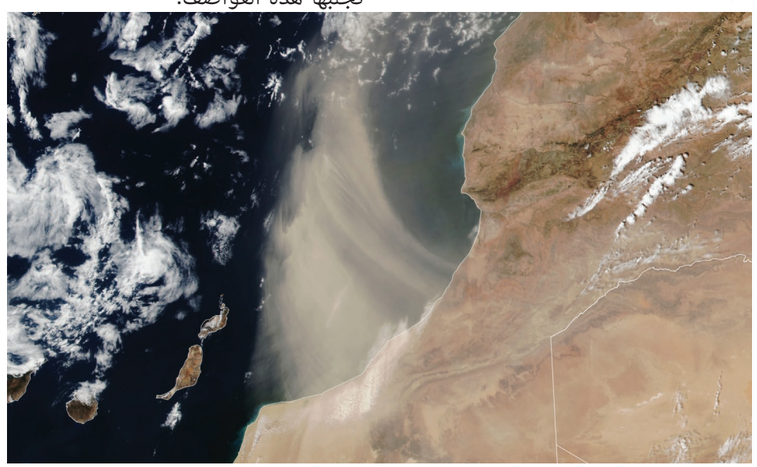
التقط جهاز VIIRS على متن القمر الصناعي الياباني Suomi NPP والذي هو في نفس الوقت آلة التصوير والقياس الإشعاعي، المشهد الظاهر في الصورة من غبار الصحراء الكبرى وهو يتحرك عبر المحيط الأطلسي في 24 أغسطس 2024. وتُعتبر «الصحراء الكبرى» أكبر مصدر للغبار المحمول جواً على الأرض، ويمكن أن تنتقل جزيئات الغبار لمسافات آلاف الكيلومترات.

من أواخر الربيع إلى أوائل الخريف، من الشائع أن تحمل طبقة الهواء الصحراوية الجافّة والغبار الجسيمات غربًا عبر المحيط الأطلسي في طبقات الجو العليا، ومع أنماط الرياح المختلفة في الشتاء والربيع، يمكن أن ينجرف الغبار المنبثق من شمال إفريقيا فوق المملكة المتحدة وأوروبا الغربية على ارتفاعات منخفضة نسبيًا.

ويهتم العلماء بأحداث غبار الصحراء الكبرى في الصيف جزئيًا بسبب تأثيرها المحتمل على أنظمة العواصف الكبيرة، إذ يمكن أن يمنع الهواء الجاف والمستقر المحمل بالغبار تشكل الأعاصير المدارية في شمال الأطلسي. وفي دراسة جديدة، وجد الباحثون أن الغبار يمكن أن يغير كمية هطول الأمطار التي تجلبها هذه العواصف.

باستخدام نموذج التعلم الآلي المستند إلى البيانات المناخية وتقديرات هطول الأمطار من IMERG (الاسترجاعات متعددة الأقمار الصناعية المتكاملة لـ GPM) التابعة لناسا والقياسات الأخرى باستخدام الأقمار الصناعية، وجد مؤلفو الدراسة أن عمق الغبار البصري - وهو مقياس لكمية الضوء التي تتسرب عبر عمود الغبار - كان مؤشرًا رئيسيًا لهطول الأمطار من الأعاصير المدارية، وخلصوا إلى أنه عند المستويات المنخفضة، تساعد جزيئات الغبار في تشكيل السحب المنتجة للأمطار، بينما عند التركيزات العالية، تعمل تأثيرات الغبار في حجب أشعة الشمس على قمع هطول الأمطار.





اكتشاف «أكسجين مظلم» في أعماق المحيطات

أظهرت أدلّةٌ جديدةٌ نشرتها مجلّة «نيتشر جيوساينس»، كيف يتمُّ إنتاج الأكسجين في الظلام الدامس في قاع البحر على عمق أربعة آلاف متر تحت سطح المحيط، حيث لا يمكن للضَّوء أن يصل، وهو اكتشافٌ يتحدَّى الإجماع العلمي بشأن كيفية إنتاج الأكسجين، بل ويثير تساؤلاتٍ عن كيفية بدء الحياة على الأرض.

ولطالما اعتقد العلماء أنَّ إمداد الأرض بالأكسجين بدأ من الكائنات الحيَّة الّتي تقوم بالتركيب الضّوئي، لكنَّهم يعلمون اليوم أنَّ هناك أكسجينًا يتمُّ إنتاجه في أعماق البحار، حيث لا يوجد ضوء.

وأوضح المؤلِّف الرَّئيسي للدراسة «أندرو سويتمان» الباحث في البيئة والكيمياء الحيوية لقاع المحيطات في الجمعية الأسكتلندية لعلوم البحار، أنَّ هذا الاكتشاف حدث أثناء أخذ عيِّناتٍ من قاع البحر في منطقة كلاريون كليبرتون في شمال المحيط الهادي، لتقييم التأثيرات المحتملة للتَّعدين في أعماق البحار، مضيفًا أنَّ من شأن هذه العملية أن تستخرج العقيدات متعددة المعادن الّتي تحتوي على معادن مثل المنغنيز والنيكل والكوبالت، وهي ضرورية لإنتاج بطاريات الليثيوم أيون للسيارات الكهربائية والهواتف المحمولة.

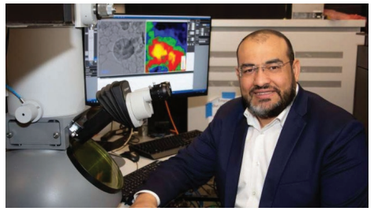
ويشيع وجود العقيدات متعدِّدة المعادن (Multimetallic nodules) في السّهول السّحيقة المغطَّاة بالرَّواسب في المحيطات في جميع أنحاء العالم، وهي كريَّاتٌ صغيرةٌ تتكوَّن في المقام الأوَّل من أكاسيد الحديد والمنغنيز، لكنَّها تحتوي أيضًا على معادن مثل الكوبالت والعناصر الأرضية النَّادرة الّتي تُعدُّ مكوِّنات أساسية للعديد من تقنيات الطَّاقة المتقدِّمة ومنخفضة الكربون.

وفي التجارب الّتي قام بها سويتمان وزملاؤه، وجد أنَّ العقيدات تحمل شحنةً كهربائيةً عاليةً جدًّا، ممَّا قد يؤدي إلى شطر التركيب الكيميائي لمياه البحر إلى هيدروجين وأكسجين منفصلين في عمليةٍ تُسمَّى بالتَّحليل الكهربائي لمياه البحر. وتحتاج هذه العملية إلى جهد 1.5 فولت فقط، وهو نفس جهد بطارية «aa» المعيارية الّتي نستخدمها مع جهاز التحكم في التلفاز، وحلَّل الفريق عقيدات متعدِّدة وسجَّل قراءاتٍ تصل إلى 0.95 فولت على أسطح بعضها، ممَّا يعني أنَّ فرق كمون كبير يمكن أن تحدث عندما تتجمَّع العقيدات معًا.

إن العثور على الأكسجين الداكن له عواقب كبيرة على عملية استخراج المعادن في أعماق المحيطات، وتحديداً في منطقة كلاريون-كليبرتون الغنية بالمعادن، والتي تستهدفها العديد من الشركات، حيث يشكل هذا التعدين مخاطر على بيئات المحيطات العميقة التي تعتمد على الأكسجين الموجود في هذه العقيدات.

ويحذر الباحثون البحريون، ومن بينهم سويتمان، من احتمال تدمير الموائل الطبيعية وكذلك التنوع البيولوجي في هذه المناطق غير المألوفة. وقد تسببت جهود التعدين السابقة في الثمانينيات في أضرار جسيمة للحياة البحرية، حيث استغرقت عملية الإنقاذ سنوات.

علماء يبتكرون أسرع مجهر إلكتروني في العالم



ابتكر باحثون في جامعة أريزونا الأميركية أسرع مجهر إلكتروني في العالم يمكنه التقاط صور ثابتة لإلكترون متحرك بسرعة كبيرة، مما يفتح الباب لتقدم كبير بالفيزياء والكيمياء والهندسة الحيوية وغيرها من النطاقات.

ويعد هذا المجهر نسخة أحدث من المجهر الإلكتروني النافذ الذي يستخدمه العلماء والباحثون لتكبير الأشياء حتى ملايين المرات من حجمها الفعلي، وذلك من أجل رؤية تفاصيل صغيرة جدًا يصل عرضها إلى بضع نانومترات حيث لا يمكن للمجهر الضوئي التقليدي اكتشافها.

وبدلاً من استخدام الضوء المرئي، يوجّه المجهر الإلكتروني النافذ حزمًا من الإلكترونات إلى أي عينة تتم دراستها، ويتم رصد التفاعل بين الإلكترونات والعينة بواسطة العدسات واكتشافه بواسطة مستشعر الكاميرا من أجل إنشاء صور مفصلة للعينة.

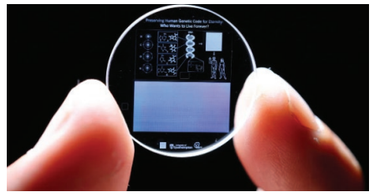
وبحسب جامعة أريزونا، فقد تم تطوير المجاهر الإلكترونية فائقة السرعة التي تستخدم هذه المبادئ لأول مرة خلال العقد الأول من القرن الـ21، وتستخدم الليزر لتوليد حزم نبضية من الإلكترونات التي توجه إلى العينات، ويتم تحديد دقة المجهر الإلكتروني النافذ من خلال مدة نبضات الإلكترون.

وتعمل المجاهر الإلكترونية فائقة السرعة عن طريق إصدار سلسلة من نبضات بسرعات تبلغ حد الأتو ثانية، وهي جزء من كونتيليون جزء من الثانية، وتنشئ النبضات بهذه السرعات سلسلة من الصور، مثل الإطارات في الفيلم، والتي يضمها العلماء معا للحصول على ما يشبه الفيلم من المعرفة حول العينة.

ومن أجل رؤية إلكترون واحد، قام باحثو جامعة أريزونا لأول مرة، بتوليد نبضة إلكترونية واحدة لكل أتو ثانية، وهي نفس سرعة حركة الإلكترونات، ويشبه ذلك أن ترفع سرعة رصد الكاميرا لتتناسب مع سرعة لاعب كرة قدم يجري في الملعب، فتلتقط صورة يبدو بها وكأنه ثابت.

وقاد البحث الذي نشر في دورية «ساينس أدفانسز» الدكتور محمد حسن، أستاذ الفيزياء والعلوم البصرية، حيث استند فريق الباحثين في عملهم على إنجازات بيير أغوستيني وفيرينك كراوس وآنا لويلير، الذين فازوا بجائزة نوبل في الفيزياء عام 2023 بعد توليد أول نبضة إشعاع فوق بنفسجي شديدة القصر لدرجة أنه يمكن قياسها بزمن الأتو ثانية.

ابتكار شريحة ذاكرة تُخزّن الجينوم البشري لمليارات السنين



تمكّن علماء من جامعة ساوثهامبتون البريطانية من تخزين الجينوم البشري بالكامل في شريحة بلورية خماسية الأبعاد تعمل كذاكرة تخزين، ويمكنها البقاء دون تلف أو أن تتأثر بالظروف الطبيعية لمليارات السنين.

وقالت الجامعة إن هذه البلورات يمكنها تحمّل درجات التجمد المنخفضة جدا ودرجات الحرارة التي تصل إلى ألف درجة مئوية، ويمكن لها أيضا تحمّل قوة التأثير المباشر التي تصل إلى 10 أطنان لكل سنتيمتر مربع ولا تتغير بالتعرض الطويل للإشعاع الكوني.

بلورات الذاكرة هذه يمكنها تخزين ما يصل إلى 360 تيرابايت من المعلومات دون فقدان أي منها، وهي تحمل الرقم القياسي العالمي لأكثر مواد تخزين البيانات متانة.

ولبناء بلورات كهذه يستخدم العلماء أشعة الليزر فائقة السرعة لنقش البيانات بدقة في فراغات نانوية داخل السيليكا بأحجام ميزات صغيرة تصل إلى 20 نانومترا. وعلى خلاف التسجيل المعتاد عن طريق الكتابة

على سطح شريحة ثنائية البعد تستخدم طريقة الترميز التي لجأ إليها هذا الفريق 5 أبعاد، وهي بعدان بصريان و3 إحداثيات مكانية للكتابة في جميع أنحاء المادة، ومن هنا جاءت التسمية.

وعند تصميم البلورة نظر الفريق فيما إذا كانت البيانات المحفوظة داخلها يمكن استرجاعها بواسطة ذكاء يأتي بعدنا في المستقبل البعيد، وقد نقشوا مفتاحا بصريا على البلورة حتى يتمكن من يجدها من معرفة البيانات المخزنة داخلها وكيف يمكن استخدامها.

ويأمل فريق الباحثين أن توفر البلورة مخططا لإعادة البشرية من الانقراض بسبب حادث كوكبي هائل ما بعد آلاف أو ملايين أو حتى مليارات السنين في المستقبل.

شجرة باندو.. أكبر كائن حي مهدد بالاندثار

في جبال واساتش غرب الولايات المتحدة الأمريكية على المنحدرات فوق بحيرة تتغذى على الينابيع، يعيش كائن حي عملاق واحد يوفر نظامًا بيئيًا كاملاً تعتمد عليه النباتات والحيوانات منذ آلاف السنين، لكنه أصبح مهددا بسبب عوامل عدة.

يتعلق الأمر بشجرة «باندو» وهي عبارة عن مجموعة من نسخ نباتات الحور الراجفياني، وعلى الرغم من أنها تبدو وكأنها غابة من الأشجار الفردية ذات اللحاء الأبيض المذهل والأوراق الصغيرة التي ترفرف عند أدنى نسيم، فإن باندو تتكون في الواقع من 47000 ساق متطابقة وراثيًا تنشأ من شبكة جذور مترابطة. يزن هذا الفرد الجيني الواحد حوالي 6000 طن ومن حيث الكتلة، فهو أكبر كائن حي منفرد على وجه الأرض.

لقد كانت منطقة باندو موجودة منذ آلاف السنين، وربما حتى 14000 سنة، على الرغم من أن معظم السيقان لا تعيش سوى حوالي 130 سنة. إن طول عمرها وكونها بعيدة يعني وجود نظام بيئي كامل من 68 نوعًا من النباتات والعديد من الحيوانات التي تطورت وترعرعت تحت ظلها.

وعلى الرغم من أن منطقة باندو محمية من قبل دائرة الغابات الوطنية الأمريكية ولا تتعرض لخطر القطع، إلا أنها معرضة للاختفاء بسبب العديد من العوامل، حيث يقول الخبراء إن الإفراط في الرعي من قبل الغزلان والأيائل هو أحد أكبر المخاوف، فمع موت الأشجار الأكبر سناً أو سقوطها، يصل الضوء إلى أرض الغابة مما يحفز نمو سيقان جديدة، ولكن عندما تأكل هذه الحيوانات قمم السيقان التي تشكلت حديثاً، تموت. كما تتأثر السيقان الأكبر سناً في باندو أيضًا بثلاثة أمراض على الأقل هي قرحة اللحاء السخامي، وبقع الأوراق، ومرض الفطريات. أما التهديد الأكبر فهو تغير المناخ، حيث يهدد حجم الشجرة وعمرها، فضلاً عن النظام البيئي بأكمله في ظل تضاؤل الموارد المائية وخطر الحرائق.

تغيُّر المناخ يتسبَّب في إبطاء دوران الأرض

أظهرت دراسةٌ جديدةٌ بأنَّ ذوبان الصَّفائح الجليدية والأنهار الجليدية العالمية نتيجة التغيُّر غير المسبوق في المناخ خلال العقود الأخيرة، يمكن أن يؤدّي إلى إبطاء حركة كوكب الأرض وزيادة طول اليوم.

وخلصت الدراسة التي نشرت في مجلّة وقائع الأكاديمية الوطنية للعلوم «بي إن إيه إس»، إلى أنَّ معدَّل الزيادة الحالي في طول اليوم على الأرض أعلى من أيِّ وقتٍ مضى خلال القرن العشرين، وفي ظلّ سيناريوهات الانبعاثات العالمية واستمرار تأثيرها على المناخ فإنَّ معدَّل طول اليوم النَّاتج عن تغيُّر المناخ سيستمرُّ في الزيادة وقد يصل إلى معدَّل أكبر بمرَّتين من المعدَّل الحالي مع نهاية القرن.

ووفقًا للمؤلّف المشارك في الدراسة «مصطفى كياني شهواندي» الباحث في الجيوديسيا والمسح التصويري في المعهد الفدرالي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ، فإنَّه ومع ذوبان الصفائح الجليدية القطبية والأنهار الجليدية العالمية فإنَّ المياه الناتجة عن الذوبان تتدفّق نحو المحيط، وبسبب حركة دوران الأرض فإنَّ هذه الكتل المائية تتوزَّع عبر المناطق الاستوائية، وتؤدي هذه العملية إلى زيادة تفلطح الأرض.

ويضيف «شهواندي» أنَّه بالنَّظر إلى قانون حفظ الزَّخم الزَّاوي في الفيزياء فإنّنا نعلم أنَّه كلَّما كان الشكل أكثر تفلطحًا زادت صعوبة حركته الدورانية، لذلك فإنَّ معدَّل دوران الأرض يتباطأ، وبالتَّالي يزداد طول اليوم.

واستنتجت الدراسة أنَّ اتِّجاه تغيُّر طول اليوم النَّاجم عن تغيُّر المناخ تراوح بين 0.3 و1.0 ملي ثانية في القرن العشرين، لكنَّه تسارع حاليًا إلى 1.33 ملي ثانية منذ عام 2000، وتشير توقعات الاحترار المناخي في المستقبل في ظل سيناريوهات الانبعاثات العالية إلى أنَّ معدَّل طول اليوم قد يصل إلى 2.62 ملي ثانية عام 2100.

ويحدث التَّباطؤ في دوران الأرض لسبب أكثر أهمية حاليًا وهو قوة جاذبية القمر الّتي تسحب المحيطات في عملية تُسمَّى «احتكاك المد والجزر» وتسبَّبت في تباطؤ تدريجي قدره 2.40 ملي ثانية لكلّ قرنٍ على مدى ملايين السنين، لكنَّ الدراسة الجديدة توصَّلت إلى نتيجةٍ مفاجئة، وهي أنَّه إذا استمرَّ البشر في إطلاق الغازات المسبِّبة للاحتباس الحراري بمعدَّلاتٍ مرتفعة فإنَّ تأثير تغيُّر المناخ سيكون أكبر من تأثير جاذبية القمر بحلول نهاية القرن الواحد والعشرين.

الروسي أوليج كونونينكو يحقق فترة إقامة قياسية في الفضاء

عاد رائد الفضاء الروسي أوليج كونونينكو في سبتمبر 2024، بسلام إلى الأرض بعد فترة إقامة قياسية استمرت عامًا على متن محطة الفضاء الدولية، ليُمضي الآن بذلك أطول وقت في المدار من أي إنسان آخر. وقضى رائد الفضاء البالغ من العمر 60 عامًا، 1111 يومًا غير متتالية في المدار، داخل مركبة الفضاء الروسية سويوز إم إس-25، وقد عاد برفقة زميله رائد الفضاء نيكولاي تشوب ورائدة الفضاء التابعة لوكالة ناسا تريسي كالدويل دايسون، حيث هبط الثلاثي في سهوب كازاخستان بعد حوالي 3.5 ساعة من الانفصال عن محطة الفضاء الدولية.

وأمضى رائدا الفضاء الروسيان 374 يومًا متواصلًا على متن محطة الفضاء، وهو رقم قياسي، متفوقين بفارق ضئيل على رائد الفضاء التابع لوكالة ناسا فرانك روبيو الذي أكمل عن غير قصد إقامة لمدة 371 يومًا على متن محطة الفضاء الدولية العام الماضي بعد تعرض مركبة العودة الخاصة به للتلف. وفي الوقت نفسه، عادت دايسون بعد أن أمضى 184 يومًا في الفضاء.

وحطم كونونيكو الرقم القياسي لأول مرة لأكثر عدد من الأيام التراكمية في الفضاء في فبراير، عندما تجاوز الرقم القياسي الذي حققه مواطنه جينادي بادالكا في عام 2015 والذي بلغ 878 يومًا. سافر كونونيكو في خمس مهام مختلفة إلى محطة الفضاء الدولية منذ عام 2008، وخلال الوقت التراكمي الذي قضاه في الفضاء، أكمل كونونينكو ما يقرب من 17800 رحلة حول الأرض وقضى أكثر من 44 ساعة في فراغ الفضاء عبر سبع عمليات سير مختلفة في الفضاء، وبذلك يكون كونونيكو مسؤول بمفرده عن حوالي 1.5% من إجمالي الوقت الذي يقضيه أكثر من 600 شخص في الفضاء، منذ أن قام مواطنه يوري جاجارين بأول رحلة فضائية بشرية في عام 1961.

ولم يتضح بعد ما إذا كان كونونينكو سيقوم برحلات أخرى إلى الفضاء أم لا، ولم يعلن بعد اعتزاله لكنه اعترف في وقت سابق بأن رحلات الفضاء «أصبحت أكثر تعقيدا» وأن الاستعداد للمهام «لم يصبح أسهل».

كسر حواجز الزمان والمكان: اكتشاف موجات الجاذبية ذات الترددات فائقة الانخفاض

في قفزة نوعية لفهم الفضاء، تمكن فريق دولي من 190 عالما من كشف نوع جديد من موجات الجاذبية التي تتذبذب على فترات نادرة تصل إلى ألف سنة، وهي ترددات لم ترصد من قبل بهذه الكيفية، ويحتمل أن تكشف الكثير عن التفاعل بين الثقوب السوداء العملاقة وعلاقتها ببنية الكون.

تعد هذه الاكتشافات الحديثة، التي نشرت في دورية Astrophysical Journal Letters بقيادة جيف درور (Jeff Dror) من جامعة فلوريدا ووليام دي روكو (William DeRocco) من جامعة كاليفورنيا سانتا كروز، بمثابة خطوة حاسمة نحو رصد موجات جاذبية طويلة الموجة. وقد أظهرت الدراسة أن هذه الترددات تنشأ نتيجة دوران الثقوب السوداء العملاقة حول بعضها البعض في حركة لولبية بطيئة، بخلاف الاصطدامات عالية الطاقة التي تنتج موجات قصيرة الأمد.

تقنيات جديدة تتجاوز التداخل الليزري

اعتمدت الأبحاث السابقة على تلسكوبات تداخل ليزرية مثل LIGO و«Virgo لرصد موجات الجاذبية القصيرة التردد، والتي تنتج عن تصادمات سريعة ذات طاقة عالية. هذه الطريقة رغم نجاحها في الكشف عن موجات الجاذبية لأول مرة عام 2015، تقتصر على ترددات معينة بين عشرات ومئات الهيرتز. في المقابل، يعتمد الاكتشاف الجديد على تتبع انحرافات طفيفة في الإشارات الصادرة عن النجوم النابضة، والتي تدور بسرعات هائلة وتصدر موجات راديوية منتظمة للغاية. هذه التقنية تكشف تغييرات دقيقة في النمط الدوري للإشارات الناجمة عن موجات جاذبية فائقة الانخفاض، ما يفتح آفاقًا جديدة لدراسة الأجسام الثقيلة والمجال العميق للكون.

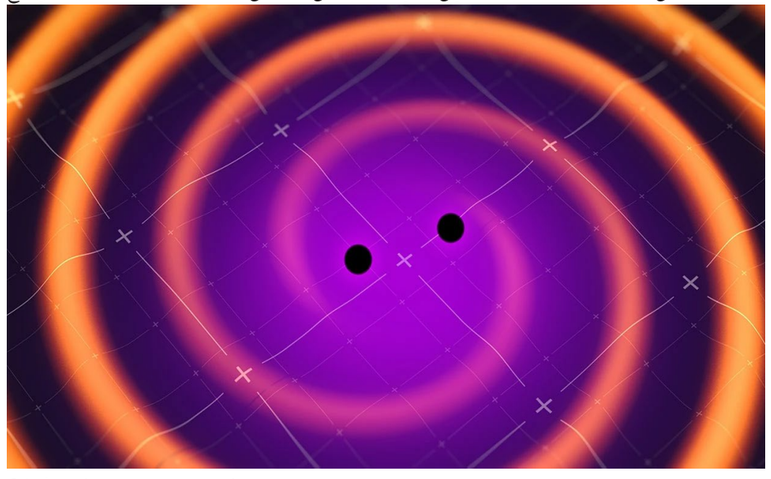
وحسب الدّراسة التي نشرها الفريق في دورية «أستروفيزيكال جورنال ليترز»، فإنَّ النَّوع الجديد المكتشف من موجات الجاذبية «المسمَّى موجات الجاذبية طويلة الموجة» يحدث في حال دوران الثقوب السوداء العملاقة حول بعضها البعض وليس نتيجة اصطدامها.

آلية الكشف باستخدام النجوم النابضة

تمتاز النجوم النابضة، وهي بقايا النجوم التي انهارت بفعل الجاذبية، بإصدار إشارات راديوية منتظمة للغاية. تؤدي موجات الجاذبية منخفضة التردد إلى تغيير طفيف جدًا في توقيت وصول هذه النبضات إلى الأرض، إذ تشوه الزمكان المحيط بالنجم النابض بشكل ضئيل جدًا. يعمل العلماء على تتبع التغيرات في هذه النبضات باستخدام شبكة من التلسكوبات حول العالم. يتيح لهم ذلك تحديد وجود موجات الجاذبية حتى في حالة عدم قدرتهم على تحديد مصدرها، وذلك عبر جمع بيانات متعددة وتقنيات تحليل مبتكرة لزيادة دقة الكشف عن الموجات التي يصعب الوصول إليها.

إمكانيات مستقبلية لفهم الكون

لا يزال أصل هذه الموجات مسألة نقاش علمي، لكن من المرجح أنها ناتجة عن حركة ثقوب سوداء عملاقة حول بعضها البعض. تمثل هذه الثقوب بقايا نواتج



الانهيار الجذبي الضخم، حيث تكون كتلتها مليارات أضعاف كتلة الشمس، وتدور في مراكز المجرات. النظرية الثانية تفترض أن موجات الجاذبية فائقة الانخفاض قد تكون نشأت في مرحلة مبكرة جدًا من تاريخ الكون بسبب أحداث كونية ضخمة. يساعد هذا التحليل الجديد في فهم التفاعلات بين الثقوب السوداء العملاقة واستكشاف الأصول الأولية للكون، بالإضافة إلى تفسير كيف نشأت وتموضعت المجرات.
من خلال الوصول إلى ترددات منخفضة تصل إلى PicoHz 10، يوسع العلماء حدود رصدهم للموجات التي كانت محجوبة عن العلم سابقًا. باستخدام بيانات مرصد «نانوغراف» وتحديثات مستمرة، من المتوقع أن تُحدث هذه التقنية تحولًا في دراسة الظواهر الكونية ذات النطاق الزمني البطيء جدًا. يعتبر حاسوب «HiPer Gator» في جامعة فلوريدا أحد الأدوات التي ستساعد على إجراء محاكاة واسعة النطاق للظواهر الكونية، ما يعزز من القدرة على تحليل البيانات وفهم طبيعة الثقوب السوداء العملاقة وعلاقتها بتشكل الكون.

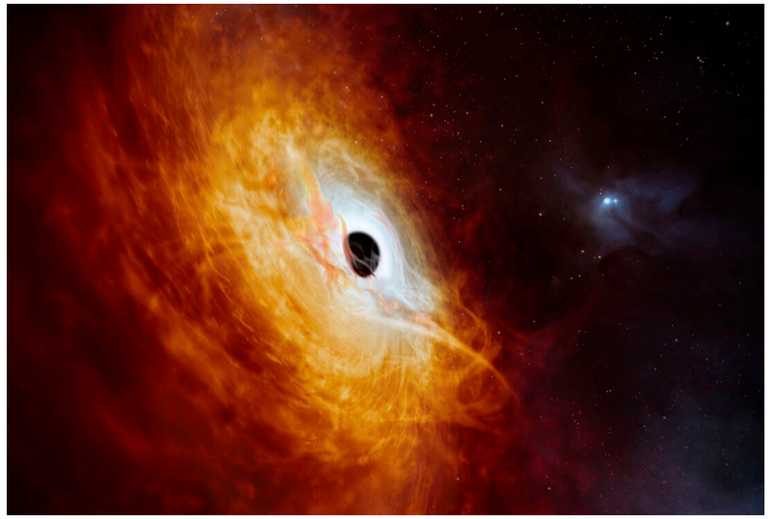
تكامل الاكتشافات بين الرصد المباشر وتقنيات النجوم النابضة

منذ اكتشاف موجات الجاذبية لأول مرة في عام 2015، تطور علم فلك الموجات الجاذبية بشكل سريع بفضل تلسكوبات التداخل الليزري. ومع ذلك، فإن استخدام النجوم النابضة لرصد موجات الجاذبية بترددات منخفضة يتيح نافذة جديدة، إذ يكمل هذا الاكتشاف الترددات الأعلى التي يمكن للتداخلات الليزرية الكشف عنها. يتيح هذا التكامل بين التلسكوبات والمراقبة التقليدية باستخدام النجوم النابضة دراسة الموجات الجاذبية عبر طيف كامل من الترددات، مما يمكن العلماء من دراسة تاريخ الكون بأكمله بتفاصيل غير مسبوقة.

علماء يكشفون كيف تتجنب الثقوب السوداء الموت المبكر

كشفت دراسة أن المجرات تمتلك آلية تنظيمية تشبه القلب والرئتين والتي تتحكم في نموها من خلال الحد من امتصاص الغاز، ما يجعلها تتجنب الموت المبكر.

الدراسة الجديدة نُشرت في مجلة «الإشعارات الشهرية للجمعية الفلكية الملكية»، في محاولة لمعرفة لماذا لا تبدو المجرات كبيرة كما يتوقع علماء الفلك، وكأن شيئًا ما يخنق إمكاناتها الهائلة من خلال الحد من كمية الغاز التي تمتصها للتحول إلى نجوم، مما يعني أنه بدلاً من النمو بلا نهاية، يقاوم شيء ما في الداخل ما كان يُعتقد أنه قوة الجاذبية الحتمية.

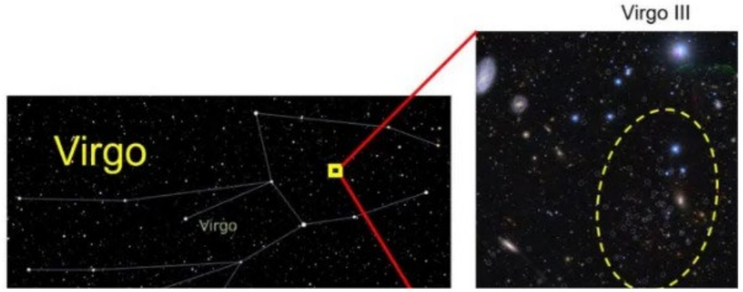


ويعتقد علماء الفيزياء الفلكية في جامعة «كنت» أنهم ربما اكتشفوا السر، حيث يقترح الباحثون أن المجرات قد تتحكم في معدل نموها من خلال كيفية «تنفسها»، إذ يمكن أن تؤدي النبضات من الثقب الأسود - أو «القلب» - إلى جبهات صدمة نفاثة تتأرجح ذهابًا وإيابًا على طول محوري النفاثة، تمامًا مثل الحجاب الحاجز الصدري في جسم الإنسان الذي يتحرك لأعلى ولأسفل داخل تجويف الصدر لتضخيم وتفريغ كلتا الرئتين. يمكن أن يؤدي هذا إلى انتقال طاقة النفاثة على نطاق واسع إلى الوسط المحيط، تمامًا كما تتنفس الهواء الدافئ، مما يؤدي إلى إبطاء تراكم غاز المجرة ونموها. توصل طالب الدكتوراه كارل ريتشاردز إلى النظرية بعد إنشاء محاكاة جديدة لم يتم تجربتها من قبل للتحقيق في الدور الذي قد تلعبه النفاثات الأسرع من الصوت في تثبيط نمو المجرة. وقد تضمنت هذه الظاهرة السماح لـ«قلب» الثقب الأسود بالنبض، ووجود النفاثات تحت ضغط مرتفع تماماً مثل شكل من أشكال ارتفاع ضغط الدم، إذا ما قارنا ذلك بجسم الإنسان، والسبب هو «تصرف النفاثات مثل المنفاخ»، وذلك بإرسال موجات صوتية. وقال ريتشاردز: «لقد أدركنا أنه لابد من وجود بعض الوسائل التي تمكن النفاثات من دعم الجسم ـ الغاز المحيط بالمجرة ـ وهذا ما اكتشفناه في محاكاة الكمبيوتر لدينا». وقد تم الكشف عن السلوك غير المتوقع عند تحليل المحاكاة الكمبيوترية للضغط المرتفع والسماح للقلب بالنبض، حيث أدى هذا إلى إرسال تيار من النبضات إلى النفاثات ذات الضغط العالي، مما تسبب في تغيير شكلها نتيجة للعمل الشبيه بالمنفاخ لجبهات صدمة النفاثات المتذبذبة.

وقال الباحثون إن هذه النفاثات ذات الضغط الزائد توسعت فعليًا «مثل الرئتين المملوءتين بالهواء». وبهذا، نقلوا موجات صوتية إلى المجرة المحيطة في شكل سلسلة من تموجات الضغط، والتي تبين بعد ذلك أنها تقمع نمو المجرة. وخلص الباحثون إلى أنه يمكن تمديد عمر المجرة بمساعدة «قلبها ورئتيها»، حيث يساعد محرك الثقب الأسود الهائل في قلبها على تثبيط النمو عن طريق الحد من كمية الغاز المنهار إلى نجوم من مرحلة مبكرة، ويقولون إن هذا ساعد في خلق المجرات التي نراها اليوم. لولا وجود مثل هذه الآلية، لكانت المجرات قد استنفدت وقودها بحلول هذا الوقت، واختفت، كما يحدث لبعضها في صورة مجرات «حمراء ميتة» أو «زومبي».

اكتشاف مجرَّتين تابعتين لدرب التبَّانة

اكتشف فريقٌ دولي من علماء الفلك مجرَّتين جديدتين تابعتين لمجرَّة درب التبَّانة، الأمر الذي يساهم في حلّ مشكلةٍ استمرَّت لعدَّة عقودٍ في علم الكونيات سميت بـ «مشكلة المجرَّات التابعة المفقودة». في الدراسة التي نُشرت في دورية «بيلكيشنز أوف أسترونوميكال سوسايتي أوف غابان»، استخدم الباحثون بيانات من برنامج «هايبر سوبريم كام» والذي يتمثَّل في كاميرا رقمية عملاقة يتمُّ تركيبها على تلسكوب سوبارو الذي يبلغ قطره 8.2 أمتار، الموجود على قمَّة موناكيا الواقعة على إحدى جزر هاواي بالمحيط الهادي. وقد أُطلِق على المجرَّتين الجديدتين اسم العذراء 3 والسدس 2 نسبةً إلى أماكن وجودهما في سماء اللّيل. وبحسب الدراسة، فإنَّ المجرَّتين الجديدتين تضمَّان حوالي 60 مجرَّة قزمة معروفة تتجمَّع حول مجرَّتنا الحلزونية الأكبر حجمًا على مسافات تبلغ 1.4 مليون سنة ضوئية في أقصاها.



ووفقًا للعلماء، يجب أن يكون هناك على الأقل عدَّة مئاتٍ من هذه المجرَّات القزمة، ولكن تمَّ رصد بضع عشراتٍ منها فقط. ويفترض فريقٌ من الباحثين عدَّة حلول لهذه المشكلة، منها أنَّ المجرَّات القزمة تُمتصُّ داخل المجرَّات المضيفة أو تمزَّقها المجرَّات الأكبر بسبب تأثير الجاذبية، بسرعةٍ أكبر ممَّا يتوقَّعه العلماء في نماذجهم. ويرجِّح فريق جامعة توهوكو اليابانية، الذي قاد هذه الدراسة، أنَّه قد يكون هناك في الواقع ما يقرب من 500 مجرَّة تابعة بناءً على تحليلهم لسماء الليل. وقال الباحثون إنَّ الخطوة التالية ستكون استخدام مرصد «فيرا سي روبين» في تشيلي لرصد مساحةٍ أوسع من سماء الليل واكتشاف عددٍ أكبر من المجرَّات التابعة الجديدة.

الأرض كانت ذات يوم تملك حلقة مثل زحل

قالت دراسة جديدة إن الأرض ربما كانت تمتلك لفترة وجيزة نظاما حلقيا مشابها لنظام زحل منذ أكثر من 450 مليون عام، وذلك خلال فترة من القصف النيزكي المكثف.

وتستند هذه الفرضية إلى إعادة بناء الصفائح التكتونية في العصر الأوردفيشي (قبل 466 مليون عام)، والتي تظهر أن جميع الفوهات الـ 21 التي تم تحديدها حتى الآن والتي نجمت عن اصطدام الكويكبات تقع ضمن 30 درجة من خط الاستواء، على الرغم من أن نحو 70% من القشرة المكشوفة والتي من المحتمل أن تحافظ على الفوهات تقع خارج هذا النطاق.

وعادة ما تضرب الكويكبات في مواقع عشوائية، لذلك يتم توزيع الفوهات الناتجة عن التأثير بالتساوي كما هو الحال على القمر والمريخ.

ويشتبه العلماء في أن نمط التأثير بالقرب من خط الاستواء قد نتج بعد أن اصطدم كويكب كبير بالأرض منذ ملايين السنين. وبحسب دراسة جديدة نُشرت في مجلة «ايرث آند بلانيتاري ساينس ليترز»، افترض العلماء أن هذا الكويكب العملاق تفكك بسبب قوى المد والجزر وشكل حلقة حطام حول كوكبنا، على غرار الحلقات التي شوهدت حول زحل.

وأوضح مؤلف الدراسة آندي تومكينز من جامعة موناش الأسترالية: «على مدى ملايين السنين، سقطت المواد من هذه الحلقة تدريجيا على الأرض، ما أدى إلى ارتفاع حاد في اصطدامات النيازك التي لوحظت في السجل الجيولوجي، ونرى أيضا أن الطبقات في الصخور الرسوبية من هذه الفترة تحتوي على كميات غير عادية من حطام النيازك».

ويرجح العلماء بأن مثل هذه الحلقة ربما ألقت بظلالها على الأرض مع «تداعيات مناخية محتملة». ومن خلال حجب أشعة الشمس، يقولون إن الحلقة ربما ساهمت في حدث تبريد عالمي مهم يُعرف باسم «بيت الجليد الهيرناني» والذي تم الاعتراف به كواحد من أبرد الفترات في آخر 500 مليون سنة.

وكانت هذه فترة من التبريد الشديد منذ 463-444 مليون سنة، في وقت محير حيث كانت مستويات ثاني أكسيد الكربون مرتفعة في الغلاف الجوي.وقد قام العلماء بحساب مساحة السطح عبر القارات القادرة على الحفاظ على الفوهات من ذلك الوقت، ووجدوا أن المناطق في غرب أستراليا وإفريقيا وأمريكا الشمالية وكذلك أجزاء صغيرة في أوروبا كانت مناسبة تماما للحفاظ على مثل هذه الفوهات.

وأفاد الفريق: «شكلت الشظايا الناتجة حلقة من الحطام تحللت على مدى عشرات الملايين من السنين ما أدى إلى ارتفاع غير طبيعي في معدل الفوهات الناجمة عن الاصطدام. وقد تفسر هذه الفرضية سبب وجود جميع هياكل الاصطدام من هذا الوقت بالقرب من خط الاستواء».

أسبوع الفضاء الدولي 2024
«الفضاء وتغير المناخ»

World Space Week OCTOBER 4 - 10

بقلم: د.قرقوري هشام

احتفل العالم بالأسبوع العالمي للفضاء من 4 إلى 10 أكتوبر 2024، وهو حدثٌ عالمي يُحتفل به سنويًا، يهدف إلى تسليط الضوء على أهمية علوم الفضاء في تحسين حياة البشر وفهم الكون. يُعَدُّ هذا الأسبوع أكبر احتفال في العالم بمجال الفضاء، ويشمل فعاليات وورش عمل ومحاضرات ومعارض فلكية، تُنظمها وكالات فضاء، وجمعيات فلكية، ومؤسسات تعليمية حول العالم. تم اختيار هذا الأسبوع خصيصًا ليشمل تاريخين مهمين في تاريخ استكشاف الفضاء هما:

04 أكتوبر 1957: إطلاق أول قمر صناعي بشري للفضاء «سبوتنيك 1».

10 أكتوبر 1967: توقيع معاهدة الاستعمال السلمي للفضاء الخارجي.

يتناول أسبوع الفضاء الدولي كل عام موضوعًا مختلفًا يُركز على جانب معين من علوم الفضاء، وموضوع هذا العام هو «الفضاء وتغير المناخ»، مما يسلط الضوء على دور تقنيات الفضاء في مراقبة الأرض والمساعدة في مواجهة تحديات المناخ. شاركت الجزائر في هذا الحدث العالمي، من خلال تنظيم عدة فعاليات فريدة من نوعها في العديد من مناطق الوطن.

أبواب مفتوحة على العلوم 2024
5 أكتوبر 2024 – قسنطينة

ظمت وحدة البحث في الوساطة ونشر ثقافة العلم التابعة لمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني CERIST بالتنسيق مع جمعية الشعرى لعلم الفلك، ابتداء من الخامس أكتوبر 2024، فعاليات «الأبواب المفتوحة على العلوم 2024» بمناسبة الدخول الاجتماعي والجامعي، وذلك تزامنا مع الاحتفال بأسبوع الفضاء الدولي 2024 الذي أحياه العالم تحت شعار «الفضاء والتغيرات المناخية». التظاهرة جرت بفضاء العلوم على مستوى تكنوبول جامعة قسنطينة 3 صالح بوبنيدر، بالتنسيق مع جمعية الشعرى لعلم الفلك، بهدف تنوير الجمهور وخاصة فئة المتمدرسين والطلبة بجديد العلوم بطريقة مسلية، حيث أقيم معرض علمي، ورشات، عروض القبة السماوية، وتجارب علمية مسلية، بمرافقة من عدد من المؤسسات البحثية الوطنية ومخابر البحث منها مركز البحث في البيوتكنولوجيا، وكالة الفضاء الجزائرية، مركز البحث في الميكانيك، مركز تطوير التكنولوجيات المتقدمة، وحدة البحث في الكيمياء وكذا أندية علمية مختلفة من عبر الوطن. طبعة هذه السنة لقيت إقبالاً كبيرا من طرف الجمهور القسنطيني من جميع الفئات، خاصة أنها استضافت ضيفا خاصا هو الفلكي الشهير جوفري مارسي Goeffrey Marcy مكتشف 70 كوكبا خارجيا في التسعينيات ومدير معهد الليزر الفضائي في كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث قدّم محاضرة موجهة للجمهور العام في الجامعة، حول اكتشاف الكواكب الخارجية، والتي تعتبر خطوة جديدة في علم الفلك الحديث، بالإضافة إلى البحث عن الحياة في مجرتنا. كما عُقدت محاضرتان إضافيتان، الأولى بعنوان «رصد الأرض وفهم تغير المناخ»

قدمها الدكتور بوزكري عبد الحفيظ، من مخبر البحث في التغيرات المناخية والغابات بخنشلة، وتناولت دور رصد الأرض في أبحاث المناخ. أما المحاضرة الثانية فقد قدمها السيد فاتح تواتي من الوكالة الفضائية الجزائرية، حيث استعرض إنجازات الوكالة ومشاريعها الجارية في مجال أبحاث الفضاء. شهدت الفعاليات مشاركة عدة مراكز بحثية بارزة نذكر منها مركز البحث في البيوتكنولوجيا (CRBT)، مركز تنمية التكنولوجيات المتطورة (CDTA)، وحدة البحث في الكيمياء (CHEMS) ووكالة الفضاء الجزائرية (ASAL). كما شاركت العديد من الأندية العلمية من جامعة قسنطينة 1 والمدرسة العليا للأساتذة، بالإضافة إلى مؤسسات تعليمية أخرى، حيث شمل المعرض مجموعة واسعة من التجارب العلمية (الفيزياء، علم الفلك، علم الأحياء، الكيمياء، الرياضيات..). كما تمكن الجمهور من رصد الشمس والبقع الشمسية بشكل مباشر باستعمال التلسكوبات التي كانت مجهزة خارج مبنى الوحدة.

100 ساعة من علم الفلك
5 أكتوبر 2024 – قسنطينة

احتفالا بأسبوع الفضاء الدولي 2024، وضمن فعاليات برنامج «100 ساعة من علم الفلك»، وهو برنامج عالمي تحت إشراف الإتحاد الدولي لعلم الفلك IAU، يهدف إلى إشراك الجمهور في أنشطة عملية متعلقة بعلم الفلك، وتشجيع الناس على مراقبة السماء ليلاً، نظمت جمعية الشعرى لعلم الفلك نشاطا خاصًا لأعضائها يتمثل في عروض للقبة السماوية، كما استمتع المشاركون بمراقبة الشمس، ومشاهدة البقع الشمسية والنشاط الشمسي من خلال التلسكوبات، تلا ذلك جلسة مراقبة السماء الليلية.

جولة جيفري مارسي في المؤسسات التربوية
6 أكتوبر 2024 – قسنطينة

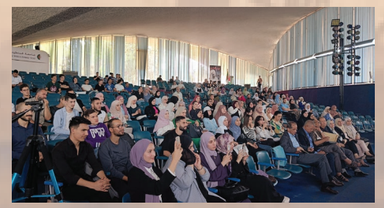
احتفالًا بأسبوع الفضاء الدولي 2024، استقبلت متوسطة قربوعة عبد الحميد وثانوية الحرية عالم الفلك البارز جيفري مارسي، أين حظي هذا الأخير باستقبال حار وحفل ترحيبي خاص في المؤسستين. قدّم مارسي محاضرات مشوقة للتلاميذ، تم تصميمها خصيصًا لجمهور الشباب. من خلال أسلوبه القصصي التفاعلي، قدم للطلاب عالم المجموعة الشمسية ودورات حياة النجوم والجمال المذهل للمجرات، والكواكب التي تدور حول نجوم أخرى. كما تطرق إلى موضوع الحياة خارج كوكب الأرض. أبدى الطلاب حماسة كبيرة، وطرحوا أسئلة تتعلق بالثقوب السوداء وإمكانية وجود كائنات فضائية وحياة في مكان آخر. وقد جاءت إجابات مارسي مفيدة وملهمة، وشجعتهم على التفكير النقدي واستكشاف فضولهم الخاص حول الكون.

لم يكن هذا الحدث مجرد محاضرة، بل كان فرصة ليتفاعل الطلاب الصغار مع شخصية بارزة في مجال استكشاف الفضاء. أضافت مشاركة مارسي وخبرته بعدًا جديدًا للتعلم المدرسي، حيث ربطت بين المفاهيم العلمية والتجارب الواقعية، مما ترك انطباعًا دائمًا على الجميع. سلط الحدث الضوء على أهمية تشجيع حب العلوم من سن مبكرة.

جيفري مارسي في جامعة قسنطينة 1
7 أكتوبر 2024 – قسنطينة

تواصلت جولة البروفيسور جيفري مارسي، عالم الفلك المرموق ومدير معهد الليزر الفضائي بكاليفورنيا، في قسنطينة، وهذه المرة في جامعة الإخوة منتوري، حيث نظمت وحدة البحث في الوساطة العلمية CERIST، نشاطات إضافية للجمهور الأكاديمي. أين قدم مارسي عرضا مبهرا حول العوالم الأخرى في الفضاء، احتمالية وجود حياة ذكية خارج كوكبنا والطرق المحتملة للتواصل مع هذه الكائنات، بما في ذلك عبر الإشعاعات الراديوية، والليزر، وغيرها من التقنيات المتقدمة.

أما المحاضرة الثانية، فكانت موجهة بشكل رئيسي إلى طلبة الماستر والباحثين في مجالي الفيزياء والكيمياء، والتي كانت في كلية العلوم الدقيقة بجامعة قسنطينة 1، أين تطرق البروفيسور مارسي إلى تقنيات متقدمة في قياسات دوبلر بدقة عالية طورها فريقه ومكنته من اكتشاف عشرات الكواكب الخارجية، ليتحدث أيضا عن تقنية الفوتوميتري عالية الدقة موضحاً جوانبها الفيزيائية والتكنولوجية، كما شارك رؤى حول أحدث تقنيات الليزر التي بدأت تظهر كأداة محتملة في اكتشاف الحياة خارج الأرض.



أسبوع الفضاء الدولي 2024

ورشات في مختلف المؤسسات التربوية

شاركت بعض المؤسسات التربوية والأندية العلمية في فعاليات أسبوع الفضاء الدولي 2024 نذكر منها:

مشروع رواد المستقبل الذي نظم فعالية خاصة تهدف إلى تثقيف وإلهام الأطفال، خاصة طلاب المدارس الابتدائية، حول أهمية حماية كوكبنا. جمع هذا النشاط بين الإبداع والتوعية البيئية، حيث دُعي المشاركون الصغار للتعبير عن آمالهم وقلقهم بشأن مستقبل الأرض عن طريق مشاريع فنية تفاعلية تضمنت الرسم، والقص، والتلوين.

كما قدم كل من محمد أكرم زرمان، طالب دكتوراه في الفيزياء الفلكية ومنسق الاتحاد الدولي لعلم الفلك بالجزائر، وفادي لعلاوي، طالب ماستر في الفيزياء النظرية وعضو جمعية الشعرى لعلم الفلك بعض الورشات لفائدة تلاميذ ثانوية حسين براهيمي ومدرسة أبو بكر الصديق الابتدائية حول علم الفلك واستعمال التلسكوبات.

كما شارك نادي العبقري الصغير بمدرسة التربية والتعليم بنشاط خاص ركز على التوعية المناخية واستكشاف الفضاء، من خلال محاضرة تعريفية حول تغير المناخ ودور تكنولوجيا الفضاء الحيوي في رصد التغيرات البيئية. تلا ذلك ورشتان تفاعليتان، حيث قام الطلاب برسم الكواكب ومداراتها، وبناء نموذج لتلسكوب جيمس ويب الفضائي.

نشاط الطقس الفضائي والمناخ جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا (USTHB) 9 أكتوبر 2024 – باب الزوار، الجزائر العاصمة

احتفالًا بأسبوع الفضاء الدولي 2024، نظم نادي Physica بجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا في باب الزوار، نشاطا تعليميًا يهدف إلى رفع الوعي حول العلاقة بين الطقس الفضائي ومناخ الأرض. قدم هذا الحدث نظرة معمقة حول كيفية تأثير الظواهر الفلكية، مثل الرياح الشمسية والشهب، على مناخنا. شمل شمل النشاط تقديم محاضرات شيقة حول مواضيع مثل دورات ميلانكوفيتش، ونقل الطاقة بين الشمس والأرض، وتأثير التوهجات الشمسية والرياح الشمسية على كوكبنا. إضافة إلى ذلك، شارك الطلبة في تجارب وعروض تفاعلية توضح مفاهيم مثل تأثير الاحتباس الحراري وأثر الجسيمات على الأقمار الصناعية والاتصالات، مما وفر نظرة عملية حول أهمية الطقس الفضائي. كما تم توزيع كتيبات ووثائق تشرح العلاقة بين الظواهر الفضائية وتغير المناخ.

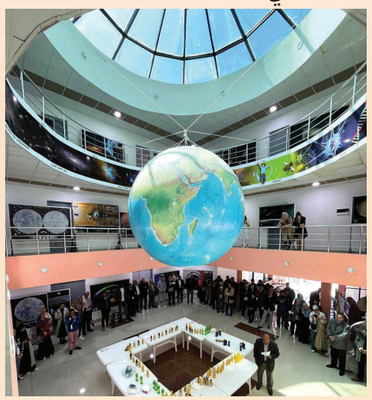
فوج السلام الكشفي يحتفل بأسبوع الفضاء الدولي 9 أكتوبر 2024 – الوادي

شارك فوج السلام الكشفي من مدينة الدبيلة بالوادي في احتفال أسبوع الفضاء الدولي من خلال مجموعة من الأنشطة لمختلف وحداته الكشفية. تضمنت الأنشطة عروضا فلكية حول النظام الشمسي، الفضاء، السماء الليلية والتلسكوب الفضائي جيمس ويب ودوره في دراسة نشأة الكون، إضافة للعديد من الورشات حول تضاريس القمر، صناعة خارطة السماء وإنجاز مجسمات كواكب المجموعة الشمسية، كما تم تنظيم رصد ليلي لمشاهدة القمر وبعض الكواكب التي يمكن رصدها بسهولة، وتضمنت الأنشطة ألعاب كشفية ومسابقات متعلقة بعلم الفلك. شارك في البرنامج أزيد من 150 كشاف بتأطير من قادة الفوج.

الثقوب السوداء والثقافة الفلكية في مهرجان الفلك الجماهيري الجزائري بقسنطينة

بقلم: د.جمال ميموني

نظّمت جمعية الشِّعرى لعلم الفلك ووحدة البحث في الوساطة العلمية CERIST



بقسنطينة في الجزائر، الدورة التاسعة عشرة للمهرجان الوطني لعلم الفلك الجماهيري في الفترة الممتدة من 25 إلى 28 أبريل 2024، وقد ضم جمعيات من عشر ولايات ومن مختلف البلدان في المنطقة وخبراء جزائريين ودوليين شاركوا تجاربهم وأفكارهم ومعارفهم الفلكية. استقطب المهرجان جماهير غفيرة من قسنطينة والمناطق المجاورة، مع ترتيبات خاصة لمئات من تلاميذ المدارس، بما في ذلك أولئك الذين ينحدرون من المناطق المحرومة.

وبرعاية الاتحاد الفلكي الدولي (IAU) وبدعم من الجمعية الفلكية الأفريقية (AFAS) والاتحاد العربي لعلوم الفلك والفضاء (AUASS)، كان موضوع المهرجان هو «الثقوب السوداء: الوحوش الكونية المخفية». وتضمّن الحدث معرضاً فلكياً موسعاً، شمل عروضاً عن الثقوب السوداء وأحدث الصور الفلكية. وعرض فلكيون هواة فلسطينيون أعمالهم، معبرين عن تضامنهم مع غزة من خلال صورهم الفلكية.

وقد استقطب المهرجان جماهير مختلفة من خلال المحاضرات وورش العمل والأنشطة. وكان من بين المتحدثين البارزين في الجلسة العامة روجر ديفيس، رئيس الجمعية الفلكية الأوروبية (EAS)، وروجر فيرليه، الرئيس السابق للجمعية الفلكية الفرنسية (SAF) وآخرين.

واستمتع المشاركون بجولات بصحبة مرشدين في المواقع التاريخية في قسنطينة، مع حفل ختامي ضم عروضا للمنشد الشهير عبد الرحمان بوحبيلة وعرض مسرحية بعنوان «الثقوب السوداء: هذه الوحوش المخفية في الزمكان».

وقد قدم عبد الرحمن بوحبيلة وزملاؤه عرضا آسرا وارتجاليا مستوحى من قصائد الشاعر نذير طيار، وهو شاعر جزائري معروف. وكان البروفيسور طيار، أستاذ الرياضيات والشاعر، حاضراً بنفسه وقرأ قصيدة مؤثرة تربط بين الثقوب السوداء والمأساة المستمرة في غزة.

أُطلق على المهرجان لقب أكبر اجتماع لعلم الفلك للهواة في إفريقيا، وهو يحمل هذا الوصف بالفعل على مدار العام مع آلاف الزوار. لقد وفر لهم فرصة فريدة لاستكشاف الكون وجعل الوصول إلى عالم الثقوب السوداء الغامض أكثر سهولة.

وقد ألقت الكلمة الافتتاحية للمهرجان، الذي يرعاه الاتحاد الفلكي الدولي، رئيسة الاتحاد الفلكي الدولي البروفيسور ديبرا إليفرين. ومن أبرز فعاليات المهرجان المعرض الفلكي الموسع الذي تضمن عروضاً عن الثقوب السوداء وأحدث الصور الفلكية، بما في ذلك صور الثقب الأسود الموجود في مركز مجرتنا في الضوء المستقطب، كما عُرضت منصات مختلفة موضوعات مثل الجيولوجيا والنيازك ومشروع قاعدة المريخ في صحراء بريزينا بالجزائر.

وقدّم باحثون جزائريون من مؤسسات مثل وكالة الفضاء الجزائرية (ASAL) ومركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء (CRAAG) عروضًا لاقت استحسانًا. وضم الحدث ممثلين من الأردن وتونس وموريتانيا وإسبانيا والعراق، مع تقدير خاص لمدينة العلوم التونسية والجمعية الفلكية التونسية (SAT).

كما أصدر المهرجان عددا خاصا من المجلة العربية المتخصصة في تعميم العلوم «الشهاب العلمي»، وخصص نصف العدد للثقوب السوداء، كما تضمن مقابلات مع خبراء في فيزياء الثقوب الأسود جان بيير لومينو والبروفيسور فريال أوزيل. وقد أتاح المهرجان فرصة فريدة للجمهور والشباب لاستكشاف الكون وجعل الوصول إلى عالم الثقوب السوداء الغامض أكثر سهولة.

الأخبار الفلكية العربية

بقلم: د.جمال ميموني

الاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك (AUASS)

نشط الاتحاد العربي لعلوم الفضاء والفلك (AUASS) في تعزيز التعليم والتعاون الفلكي في المنطقة. عُقد مؤتمر الكوارث وتغير المناخ من 25 إلى 27 نوفمبر 2024 بجامعة الشارقة في الإمارات، وركز على استخدام الذكاء الجيومكاني للتخفيف من آثار الكوارث. ناقش خبراء من 16 دولة تطبيقات الذكاء الاصطناعي والحلول المستدامة. شارك الحضور بفعالية في ورشة عمل تبعتها مناقشات مثمرة. كما نظم الاتحاد ندوة الاتصالات الفضائية في 3 و4 نوفمبر 2024، والتي استكشفت التطورات في معايير الاتصالات الفضائية ودورها في الأبحاث العلمية، حيث أظهرت الصور المشاركين يعملون على نماذج الأقمار الصناعية.

في 13 أكتوبر 2024، استضاف الاتحاد ورشة «حياة النجوم» في الأردن لطلاب المدارس. قدمت الورشة معلومات حول تطور النجوم من خلال نماذج تفاعلية، حيث شوهد الطلاب يعملون على مخططات دورة حياة النجوم تحت إشراف المدربين.

الجمعية الفلكية الأردنية (JAS)

نظمت الجمعية الفلكية الأردنية (JAS) فعالية لرصد شهب البرشاويات من 11 إلى 13 أغسطس 2023 في وادي رم، حيث تجمع مئات من العائلات وهواة الفلك تحت سماء الصحراء الصافية لرصد الشهب باستخدام تلسكوبات متنوعة. كما تعاونت الجمعية مع المركز الدولي للفلك في 17 سبتمبر 2023 لعقد جلسة رصد مستعر أعظم SN 2023rve في مرصد عمر العقاد، حيث تضمنت الجلسة تحليل البيانات والرصد بالتلسكوب.

وفي 21 أكتوبر 2024، أعلنت الجمعية عن اكتشاف المذنب أطلس C/2024 S1 خلال عرض تقديمي عام شهد مشاركة الطلاب والعائلات في أنشطة نمذجة التوقعات، حيث أظهرت الصور الحاضرين وهم يتابعون العرض بتركيز.

الجمعية المصرية لعلوم الفلك (ESA)

احتفلت الجمعية المصرية لعلوم الفلك (ESA) بيوم علم الفلك في 7 سبتمبر 2024 بأنشطة متنوعة تضمنت مشاهدات بالتلسكوب وورش عمل تعليمية. تفاعل الطلاب والعائلات مع علماء الفلك، كما أعلن في وقت لاحق عن تأكيد اكتشاف أربعة أجسام فلكية جديدة باستخدام تلسكوب القطامية، حيث تم الاحتفال بالإنجاز من خلال زيارات للمرصد.

الجمعية العمانية لعلم الفلك (OAS)

استضافت الجمعية العمانية لعلم الفلك (OAS) جلسة رصد عامة للنجوم في 8 أكتوبر 2024 في بندر الخيران، حيث استمتع المشاركون بمشاهدة النجوم باستخدام تلسكوبات عالية الجودة بإرشاد أعضاء الجمعية. كما نظمت الجمعية فعالية لرصد المذنب Tsuchinshan-ATLAS في 1 أكتوبر 2024، مما أتاح للمشاركين فرصة استثنائية لمشاهدة هذا الحدث النادر، حيث تعلموا عن فيزياء المذنبات خلال الجلسة.

علم الفلك في المغرب

في المغرب، استمر نادي علم الفلك «أسيف» بقيادة المهدي السعيدي في تنظيم ورشة عمل لرصد الأجرام السماوية في القرى الجبلية النائية، مستهدفًا الأطفال لإلهامهم وتعزيز اهتمامهم بالعلم. كذلك، شهدت مدينة مراكش مهرجان علم الفلك من 1 إلى 3 ديسمبر 2024 تحت شعار «علم الفلك بين العلم والخرافات»، حيث تناول دور علم الفلك في مكافحة المعلومات المضللة.

وشمل محاضرات وورشات عمل وأنشطة رصد. ومن أبرز الفعاليات في المجال المهني مؤتمر المغرب لعلم الفلك والعلوم الفضائية الذي أقيم في مراكش في نوفمبر 2024، وركز المؤتمر على دور الذكاء الاصطناعي في علم الفلك وأهمية شبكات المراصد الإقليمية.

علم الفلك في تونس SAT

عملت الجمعية التونسية لعلوم الفلك (SAT) على تعزيز الاهتمام بعلم الفلك من خلال فعاليات تعليمية متنوعة. من أبرزها انعقاد «الندوة الدولية لطلاب علم الفلك للهواة (ISAAS) «في مارس 2024، حيث ركزت على موضوع «المجرات والسدم». هدفت الندوة لتعميق فهم الظواهر الفلكية وتشجيع التعاون. كما نظمت فعالية رصد الشهب في 3 أكتوبر 2024 بجامعة صفاقس بالتعاون مع قرع IEEE ل ENET›Com للطلاب.

كما أقيمت في الفترة من 15 إلى 28 يوليو 2024 مدرسة إفريقيا لعلم الفلك الأساسي والفيزياء الفلكية بمشاركة أكثر من 50 طالبًا وطالبة وهي حدث سنوي يهدف إلى توفير تعليم متقدم في علم الفلك والفيزياء الفلكية للطلاب من جميع أنحاء القارة الإفريقية. عُقدت في مدينة المنستير بتونس، وركزت على مجالات رئيسية تشمل تقنيات الرصد، تحليل البيانات، والنمذجة النظرية.

والعراق

عُقد في جامعة بغداد في عام 2024 المؤتمر الدولي للفلك والفضاء (ICAS)، وكان حدثًا مهمًا ركز على تعزيز البحث والاستكشاف في مجالات الفلك والعلوم ذات الصلة، لا سيما العواصف الجيومغناطيسية، والغلاف الجوي للكواكب، والظواهر الأخرى التي لوحظت في العراق ومنطقة الشرق الأوسط.

أنشطة عدة نظمت في إطار الأسبوع العالمي للفضاء من قبل جمعيات مختلفة، منها دار السلام الفلكية التي ترأسها سماح صلاح شاكر، والتي تضمنت سلسلة من المحاضرات وجلسات رصد فلكي. بالإضافة إلى ذلك، تتعاون الجمعية بشكل نشط مع الاتحاد الفلكي الدولي (IAU)، بهدف إبراز دور العراق في المجتمع الفلكي العالمي. كما تم تنظيم المهرجان الفلكي الأول لفريق دار السلام الفلكي الذي تضمن العديد من الأعمال اليدوية للمبدعين، ومعارض للرسم، وتوزيع الجوائز.

الأخبار الفلكية الإفريقية

الاتحاد الفلكي الدولي 2024 بـ «كيب تاون» نضوج علم الفلك في إفريقيا

بقلم: د.جمال ميموني

نظرًا لأهمية هذا الحدث المتمثل في انعقاد الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي بكيب تاون، سنخصص هذا التقرير بالكامل لتسليط الضوء على الأنشطة الفلكية ذات الصلة به في إفريقيا.

لحظة تاريخية لإفريقيا

حفلة افتتاح للجمعية العامة.

في صيف عام 2024، استضافت مدينة كيب تاون حدثًا تاريخيًا بحق: الجمعية العامة الحادية والثلاثين (GA) للاتحاد الفلكي الدولي (IAU). ولأول مرة منذ أكثر من قرن، أقيمت الجمعية العامة للاتحاد الفلكي الدولي على أرض إفريقية، مما جعلها لحظة محورية للقارة والمجتمع الفلكي العالمي. تحت شعار «حان وقت إفريقيا!»، مثل هذا الحدث يأتي تأكيدًا على صعود مكانة إفريقيا في علم الفلك واحتفاءً بمساهماتها المتزايدة في هذا المجال.

مشاركة قياسية

شهد الحدث، الذي جرى في مركز المؤتمرات الدولي بمدينة كيب تاون من 6 إلى 15 أغسطس، أرقامًا قياسية من حيث الحضور والتأثير. حضر أكثر من 2000 مشارك من أكثر من 100 دولة، بما في ذلك 800 مشارك من إفريقيا، بالإضافة إلى 600 مشارك افتراضي وآلاف المتابعين عبر الإنترنت. كانت هذه أول جمعية عامة مفتوحة بالكامل، مما أتاح تفاعلًا أوسع من أي وقت مضى. تم تقديم أكثر من 3000 ورقة علمية وملصق، مما أظهر أبحاثًا رائدة ووضع معيارا جديدا للنقاش العلمي في الاتحاد الفلكي الدولي.

البهو المركزي للمعارض ونشاطات مختلفة

دور جنوب إفريقيا في علم الفلك العالمي

أكدت جنوب إفريقيا، بصفتها الدولة المضيفة، ريادتها في علم الفلك، مسلطة الضوء على دورها كمقر لمراصد عالمية مثل المرصد الفلكي الجنوب إفريقي (SAAO) ومشروع التلسكوب الراديوي العملاق (SKA). سلط المؤتمر الضوء على التزام البلاد بتطوير العلوم ليس فقط محليًا، ولكن على مستوى عالمي. وبدعم من وزارة العلوم والتكنولوجيا والابتكار في جنوب إفريقيا (DSTI) ومؤسسة البحث الوطنية، تم تعزيز ثلاثة أعمدة رئيسية هي: إمكانية الوصول، الاستدامة، والأثر المجتمعي.

أبرز الإنجازات العلمية للجمعية

تضمنت أبرز الإنجازات العلمية في الجمعية العامة ندوات رائدة حول موجات الجاذبية، ورصد الشمس، وإحداث ثورة في علم الفلك باستخدام تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST). وتم التأكيد على أهمية دور إفريقيا في مستقبل علم الفلك خلال جلسات مثل «استغلال التلسكوبات البصرية الأرضية:

طموحات جنوب إفريقيا في ارتياد الفضاء

فرصة لعلم الفلك الناشئ في إفريقيا»، التي استكشفت كيفية تعزيز التعاون والابتكار القاري عبر المنشآت المحلية.

احتفاء بالعلم والثقافة

إلى جانب النقاشات العلمية، كانت الجمعية احتفاءً بالثقافة والشمولية. تضمنت الأحداث العامة مشاركة رائدتي الفضاء سيان بروكتور وماي جيميسون (Sian Proctor and Mae Jemison) لإلهام الأطفال المحليين، بينما تفاعل الحائز على جائزة نوبل بريان شميت مع الجمهور. كما تضمنت مراسم الافتتاح والختام النابضة بالحياة عروضًا فنية ورقصات إفريقية، مما أبرز التآزر بين الثقافة والعلم.

إرث للمستقبل

رسّخت الجمعية أيضًا أهمية حماية السماء المظلمة والهادئة، مع تمرير قرارات لجعل هذا أولوية عالمية. وفي الوقت نفسه، مثّل انتخاب عالم الفلك الجنوب إفريقي جيمس شيبويزي كواحد من نواب رؤساء الاتحاد الفلكي الدولي، خطوة أخرى نحو تعزيز القيادة الإفريقية في علم الفلك العالمي.

مستقبل مشرق لعلم الفلك الإفريقي

ستُذكَر كيب تاون 2024 على أنها اللحظة التي وصل فيها علم الفلك الإفريقي إلى النضوج. من خلال استضافة حدث قياسي مليء بالعلوم الرائدة، والتبادل الثقافي، والتعاون العالمي، رسّخت إفريقيا مكانتها على الخريطة الفلكية، ممهدة الطريق لمستقبل أكثر إشراقًا تحت النجوم.

الرئيس السابق للجمعية الفلكية الأفريقية مع نائبة وزيرة البحث العلمي لجنوب إفريقيا

الشَّاطر الصغير

إشراف: الشيماء أمين خوجة

91 كيف تُحوِّل خوارزميات الذَّكاء الاصطناعي بيانات التلسكوبات إلى صورٍ مدهشة؟

92 من الذرة إلى المجرة: رحلة في عالم الكسيريات المذهل!

94 الحوسبة الكمومية.. كيف ستُغيّر حياة البشر؟

كيف تُحوِّل خوارزميات الذَّكاء الاصطناعي بيانات التلسكوبات إلى صور مدهشة؟

بقلم: لينة فضة

مهندسة دولة تخصص كهروتقني

يتوالى على أنظارنا مؤخرًا عددٌ كبيرٌ من الصّور بالغة الدقّة لعديد المجرّات والسدم والتي يتمُّ نشرها وتداولها بكثرةٍ، لعلّ أبرز مثالٍ عن ذلك صور تلسكوب جيمس ويب الّتي أظهرت مدى التقدم الملحوظ في التصوير الفضائي. تعود دقة الصور الجديدة لخوارزميات الذكاء الاصطناعي الّتي يتمُّ توظيفها في مجال التصوير الفضائي أكثر من أيِّ وقتٍ مضى.

ماهو التصوير الفضائي

يتضمَّن تصوير الفضاء التقاط صورٍ للفضاء الخارجي باستخدام الأقمار الصناعية، التلسكوبات، والمسابير الفضائية. تساعد هذه الصور العلماء على دراسة الكواكب، النجوم، المجرّات، والأجسام السماوية الأخرى. ولكن، لأنَّ الكون شاسعٌ للغاية، وكمية البيانات الّتي يتمّ جمعها من المهام الفضائية هائلة، احتاج العلماء إلى أدوات تساعدهم في معالجة هذه البيانات خلال فتراتٍ قياسيةٍ وهنا يأتي دور الذكاء الاصطناعي.

ماذا تفعل خوارزميات الذكاء الإصطناعي في تصوير الفضاء؟

تمَّ تصميم خوارزميات الذكاء الاصطناعي لمعالجة الكميات الهائلة من البيانات الّتي تجمعها الأقمار الصناعية والأدوات الفضائية الأخرى. على سبيل المثال، طوّرت ناسا خوارزمياتٍ جديدة تُمكّن هذه الأدوات من تحديد الظّواهر الأرضية الّتي تستحقُّ الملاحظة مثل الحرائق البرية أو الثورات البركانية بشكلٍ مستقِّل. هذه القدرة تتيح استجاباتٍ أسرع للكوارث الطبيعية، ممَّا قد يُنقذ الأرواح والموارد. كما أنَّ تلسكوباتٍ شهيرةٍ كتلسكوب هابل وتلسكوب جيمس ويب قامت بتحسين صورٍ قديمةٍ ملتقطة وبالتَّالي دراسة الأجسام الملتَقطة بشكلٍ أفضل وأوضح.

تتمُّ عملية دمج الذكاء الاصطناعي بالتصوير الفضائي عبر المراحل الآتية:

1 - معالجة البيانات

ترسل التلسكوبات الفضائية مثل هابل أو تلسكوب جيمس ويب الجديد كميات هائلة من الصور. تحتوي هذه الصور على معلوماتٍ قيِّمةٍ، لكن تحليلها يدويًا سيستغرق وقتًا طويلًا. يمكن لخوارزميات الذَّكاء الاصطناعي تحليل هذه البيانات بسرعة، وتحديد الأنماط والميزات المهمَّة الّتي قد تمرُّ دون ملاحظة.

2 - تحسين الصور

أحيانًا، تكون الصّور الّتي نحصل عليها من الفضاء غير واضحة أو مليئة بالضّجيج بسبب المسافات الشَّاسعة والظروف القاسية. يمكن لخوارزميات الذكاء الاصطناعي تحسين هذه الصور، وجعل التفاصيل أكثر وضوحًا وتنقية الضجيج، ممَّا يتيح لنا الحصول على صورٍ أوضح للنّجوم والمجرات البعيدة.

3 - الكشف عن الأجسام:

يمكن تدريب الذكاء الاصطناعي على التعرّف على أجسام معيّنة في الفضاء، مثل الكويكبات، الكواكب، أو حتّى المجرّات بأكملها. هذا يساعد العلماء على اكتشاف أجسامٍ سماويةٍ جديدةٍ ودراستها بكفاءةٍ أكبر. على سبيل المثال، تمَّ استخدام الذكاء الاصطناعي لتحديد الكواكب الخارجية (الكواكب الّتي تقع خارج نظامنا الشّمسي) من خلال تحليل الضّوء القادم من النجوم البعيدة. بعد انتشار الذكاء الإصطناعي في السّنوات الأخيرة، بات دمج خوارزمياته مع باقي المجالات ضرورةٌ حتميةٌ لما توفّره من ميزاتٍ تُحسّن المعطيات الحالية الّتي هي بحوزتنا، كما أنَّه يفتح آفاقًا جديدة في استكشاف الفضاء، ممَّا يساعدنا على رؤية وفهم الكون بطرقٍ لم نكن ندركها من قبل. ومع استمرار تقدّم التكنولوجيا، سيزداد دور الذكاء الاصطناعي في تصوير الفضاء، ممَّا يقرّبنا أكثر من النجوم والأسرار الّتي تحتفظ بها. فمن يدري؟ ربما تكون خوارزميات الذكاء الاصطناعي الّتي تبتكرها هي من ستُجري الاكتشاف الكبير القادم في الفضاء.

من الذرة إلى المجرة

رحلة في عالم الكسيريات

بقلم: صاري أيوب
رئيس نادي كونتا العلمي. جامعة الجزائر 1

عزيزي القارئ، هل سبق لك أن تأمّلت في تعقيدات الطبيعة من حولك؟ هل لاحظت كيف تبدو بعض الأشكال متشابهة بغضّ النّظر عن مدى قربك أو بعدك عنها؟ في هذه المقالة، سنستكشف معًا عالمًا مذهلًا من الأنماط الرياضية، والّتي تظهر في كلّ مكانٍ من الكون الواسع حولنا إلى أدقّ تفاصيل الطّبيعة على كوكبنا.

الفراكتلات

لنبدأ رحلتنا في عالم الكسيريات، أو ما يُعرف أيضاً بالفراكتلات FRACTALS، بفهم أساسياتها. الكسيريات هي أشكال هندسية لا نهائية التعقيد، تنشأ من تكرار عمليةٍ بسيطةٍ مرارًا وتكرارًا. ما يميّز هذه الأشكال هو أنّها تحافظ على تعقيدها مهما قمنا بتكبيرها أو تصغيرها. فعند النّظر إلى جزءٍ صغيرٍ من الكسيرية، نجد أنّه يشبه الشّكل الكلي تمامًا. هذه الخاصية تُعرف بـالتشابه الذاتي.

من بعيد، سترى الجذع الرئيسي يتفرّع إلى فروعٍ كبيرةٍ، وهذه الفروع تتفرّع بدورها إلى فروعٍ أصغر، وهكذا حتّى نصل إلى أدقّ الأغصان.

هذا النّمط المتكرّر هو مثالٌ رائعٌ على الكسيريات في الطّبيعة. ولا تقتصر الكسيريات على النّباتات فحسب، بل نجدها أيضًا في بلّورات الثلج، حيث كلّ بلّورةٍ فريدةٌ من نوعها، لكنّها جميعًا تتّبع نمطًا كسيريًا. فالشّكل السداسي الأساسي يتكرّر في تفاصيل أصغر وأصغر. وعند النّظر إلى خريطةٍ لساحلٍ أو سلسلةٍ جبليةٍ، نلاحظ تعرّجاتٍ وانحناءاتٍ. إذا قمنا بتكبير جزءٍ من الخريطة، سنرى نفس النّمط من التعرّجات، وهذا ينطبق على مستوياتٍ مختلفةٍ من التّكبير.

حتّى في أجسامنا، نجد أمثلةً على الكسيريات. ففي الأوعية الدموية والشّعب الهوائية في الرئتين، نرى نمطًا كسيريًا في تفرّعاتها. هذا التّكرار في الأنماط على مستوياتٍ مختلفةٍ يساعد في زيادة كفاءة هذه الأنظمة الحيوية.

في مجال الفيزياء

ولكن الكسيريات لا تقتصر على الطّبيعة فحسب، بل تمتدّ لتشمل مجالاتٍ علميةٍ وتطبيقيةٍ متنوّعةٍ. في مجال الفيزياء، نجد أنّ نظرية الفوضى ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالكسيريات. فالأنظمة الفوضوية غالبًا ما تنتج أنماطًا كسيرية عند تمثيلها بيانيًا، وأيضا تظهر الفراكتلات في بنية الكون على نطاقٍ واسع. على سبيل المثال، توزيع المجرات في الكون يُظهر نمطًا فركتليًا. يمكن استخدام معادلات رياضية معقّدة لوصف هذا التوزيع، ممّا يساعد العلماء على فهم كيفية تشكل الكون وتطوره.

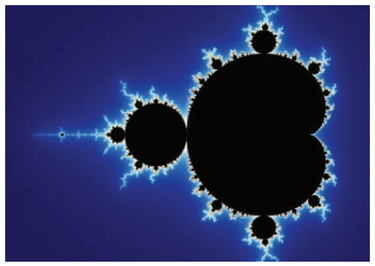
في مجال الاقتصاد

في مجال الاقتصاد، يستخدم بعض المحلّلين الماليين نظرية الكسيريات لدراسة أنماط الأسواق المالية. فقد لوحظ أنّ تقلّبات أسعار الأسهم تُظهر خصائص كسيرية عند تحليلها على مدى فتراتٍ زمنيةٍ مختلفة. وفي مجال تكنولوجيا المعلومات، تلعب الكسيريات دورًا مهمًّا في تطوير تقنيات ضغط البيانات وتوليد الصور الواقعية في الرسوم المتحرّكة والألعاب، فالعديد من من المناظر الطبيعية في الألعاب الحاسوبية يتمُّ إنشاؤها باستخدام خوارزميات تعتمد على مبادئ الكسيريات كصنع الأشجار مثلا .

لفهم الكسيريات بشكلٍ أعمق، من المهم أن نتطرّق إلى بعض المفاهيم الرياضية الأساسية. أحد أشهر الكسيريات هو "مجموعة ماندلبروت"، التي شميت على إسم عالم الرياضيات «بينوا ماندلبروت»، الّذي يُعتبر مؤسّس نظرية الكسيريات الحديثة. يمكن تعريف مجموعة ماندلبروت رياضيًا بالمعادلة:

$$Z_{n+1} = Z_n^2 + c$$

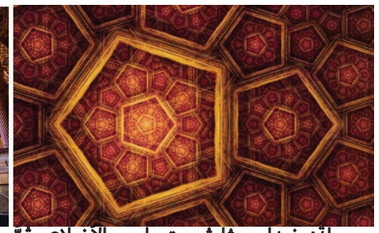
حيث Z و c هما أعداد مركبة، و n هو عدد التكرارات. تتكوّن مجموعة ماندلبروت من جميع النقاط c في المستوى المركب الّتي تبقى محدودة عند تكرار هذه العملية.



هذه المعادلة البسيطة تنتج شكلًا معقّدًا بشكلٍ لا يصدّق عند تمثيلها بيانيًا. ما يثير الدهشة هو أنّه كلّما قمنا بتكبير حافة مجموعة ماندلبروت، وجدنا تفاصيل جديدة ومعقّدة تظهر باستمرار، وكلّ هذه التفاصيل تحمل تشابهًا ذاتيًا مع الشكل الكلي.

مثلث سيربينسكي

مثال آخر على الكسيريات هو "مثلث سيربينسكي"، الّذي يمكن إنشاؤه باتّباع خطوات بسيطة: نبدأ بمثلث متساوي الأضلاع، ثمّ نقسمه إلى أربعة مثلثات متساوية باستخدام نقاط المنتصف لكل ضلع. بعد ذلك، نقوم بإزالة المثلّث الأوسط ونكرر هذه العملية للمثلثات المتبقية. هذه العملية، عند تكرارها إلى ما لا نهاية، تنتج شكلًا كسيريًا معقّدًا ومذهلًا.



في مجال الهندسة

في مجال الهندسة والعمارة، نجد أنّ مفاهيم الكسيريات قد ألهمت تصاميم مبتكرة. فبعض المهندسين المعماريين يستخدمون مبادئ الكسيريات لإنشاء مباني ذات هياكل معقّدة وجذّابة بصريًا، تجمع بين الجمال والوظيفة. مثال على ذلك هو الزخارف الهندسية الإسلامية التي توجد في قصر الحمراء بغرناطة وغيرها.

احد المفاهيم المهمّة في نظرية الكسيريات هو "البعد الكسيري". في الهندسة الإقليدية ، نحن معتادون على الأبعاد الصحيحة: الخط له بعدٌ واحد، المسطّح له بعدان، والجسم الصّلب له ثلاثة أبعاد. لكن البعد الكسيري يمكن أن يكون كسريًا، ممّا يعطينا طريقة لقياس درجة "تعقيد" الشكل الكسيري. على سبيل المثال، خط الساحل له بعد كسيري يتراوح عادة بين 1 و 2، ممّا يعكس طبيعته المتعرّجة التي تملأ المساحة بشكلٍ أكبر من الخط المستقيم (البعد 1) ولكن أقلّ من المساحة المسطحة (البعد 2).

إنّ دراسة الكسيريات لا تزال مجالًا خصبًا للبحث والاكتشاف. ففي السّنوات الأخيرة، بدأ العلماء في استكشاف ما يسمّى بـ "الكسيريات الكمومية". هذا المجال الناشئ يحاول تطبيق مفاهيم الكسيريات على عالم الفيزياء الكمومية، ممّا قد يفتح آفاقًا جديدة في فهمنا للكون على أصغر المقاييس.

من الجوانب المثيرة للاهتمام في الكسيريات هو قدرتها على توليد أشكال طبيعية معقّدة باستخدام قواعد بسيطة نسبيًا. هذا يقودنا إلى التّساؤل عن طبيعة التّعقيد في الكون. هل التعقيد الّذي نراه في الطبيعة هو نتيجة لقوانين معقّدة، أم أنّه ينبثق من تكرار قواعد بسيطة؟ هذا السؤال له تداعيات فلسفية عميقة على فهمنا للعالم من حولنا.

ثمّ إنّ جمال الكسيريات لا يكمن فقط في مظهرها الخارجي، بل في قدرتها على تقديم نموذج موحّد لفهم الظواهر المعقّدة في مجالات متنوّعة. فهي تمثل جسرًا بين الرياضيات النظرية والعالم الطبيعي، ممّا يتيح لنا رؤية الأنماط والقوانين الخفية الّتي تشكّل عالمنا.

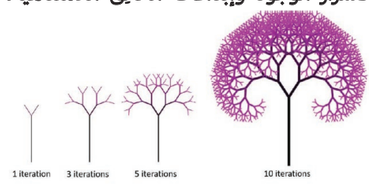
نشاط لتعميق فهمك للكسيريات

لتعميق فهمك للكسيريات، يمكنك تجربة نشاط عملي بسيط. خذ ورقة بيضاء وارسم خطًا مستقيمًا من المنتصف إلى الأسفل. ثمّ ارسم خطين، نصف طول الخط الأول، يخرجان بزاوية 45 درجة من أعلى الخط الأول، مشكّلين حرف Y. كرّر هذه العملية لكلّ شعبة في حرف Y، واستمر في التكرار حتّى تصل إلى 3 أو 4 مستويات. بهذه الطريقة البسيطة، ستكون قد أنشأت نموذجًا كسيريًا يشبه فروع الشجرة

من خلال هذا النشاط، يمكنك أن تدرك مدى سهولة إنشاء الأنماط الكسيرية، وفي نفس الوقت مدى تعقيدها عند تكرارها مرّاتٍ عديدة. هذا يعكس جوهر الكسيريات: البساطة في القواعد، والتعقيد في النتائج.

تفتح الكسيريات نافذةً فريدةً على عالمنا، مزيحةً السّتار عن التناغم الخفي بين التّعقيد والبساطة في الطبيعة. هذه الأنماط المتكرّرة، الّتي قد تبدو عشوائيةً للوهلة الأولى، تكشف عن نظام دقيقٍ ينبع من قواعد أوليّةٍ بسيطةٍ. يتجاوزُ تأثيرُ هذا المفهوم حدود العلوم والرياضيات، ليمتدَّ إلى عوالم الفنّ والفلسفة، مقدّمًا رؤيةً شاملةً للكون تربط بين أدقّ جزيئاته وأضخم مجرّاته.

تدعونا هذه النظرة المتكاملة إلى التأمّل في الروابط العميقة الّتي تجمع مختلف مظاهر الوجود، مؤكّدةً أنّ جمال الطبيعة وتعقيدها ما هو إلّا تجلٍّ لقوانين رياضية أساسية. ومع تقدّم الأبحاث في هذا المجال، نتطلّع إلى اكتشافاتٍ رائدةٍ وتطبيقاتٍ مبتكرةٍ قد تفتح آفاقًا جديدةً في شتّى الميادين، معمّقةً فهمنا لتعقيدات عالمنا وجماله في آنٍ واحد. وهكذا، تُحفّزنا دراسة الكسيريات على رؤية محيطنا بعينٍ جديدةٍ، مدركين أنّ الأنماط المحيطة بنا ليست سوى مظاهر لقوانين جوهرية توحّد الكون بأسره. هذه الرؤية الشمولية لا تثري معرفتنا العلمية فحسب، بل تُلهم إبداعاتنا وتعمّق تقديرنا للتّناغم الكوني الّذي نحن جزءٌ لا يتجزّأ منه، داعيةً إيّانا إلى استكشاف أعمق لأسرار الوجود وإبداعات الخالق اللّامتناهية.



الحوسبة الكمومية..

كيف ستغير حياة البشر؟

بقلم: تونسي عبد الله
طالب دكتوراه، جامعة قسنطينة 1

أصبحت أجهزة الحاسوب والأنظمة الآلية والذكاء الاصطناعي من بديهيات عصرنا الحالي، لكن هل فكّرت يومًا في طبيعة المعلومات؟ وما هي القوانين التي تحكم المعلومات؟ وما هو الأساس الفيزيائي الذي ينتج عنه منطقُ الحاسوب والبرمجة؟ وما هي الإمكانات الجديدة في ظلّ تطور فيزياء الذرة والفيزياء الكمومية؟

إنّ فهم طبيعة المعلومات وقوانين معالجتها يعود إلى أعمال العالِم «كلود شانون». لقد بيّن كلود أنّ المعلومة تدلّ على الحالات الممكنة التي يمكن أن تكون عليها المادة أو النظام. على سبيل المثال، إنّ زرّ المصباح له وضعيتان فيزيائيتان، فهو إمّا متّجهٌ إلى الأعلى أم إلى الأسفل، وهاتان الحالتان تسبّبان كون المصباح متوهّجًا أو مظلمًا. ومن ثمّ فإنّ كمية المعلومات التي نستقيها من فتح باب الغرفة هي معلومة واحدةٌ تُقرّر إن كان المصباح متوهّجاً أم لا. هذه الكمية هي أصغر وحدة ممكنة للمعلومة يمكن تخزينها والتعبير عنها، تسمى البيت BIT. أضحى اليوم البايت وهو الذي يساوي ثمانية بيتات وحدة قياس تخزين المعلومات، أمّا البايت في الثانية فهو وحدة قياس سرعة الاتصالات والأنترنت.

ما يهمّنا في عالم المعلومات هو المعالجة الحاسوبية أو التحكم في المعلومات. لقد برهن العالِم «آلان تورينغ» أنّ العمليّات المنطقية البسيطة التي يمكن تطبيقها على مجموعة من البيتات قادرةٌ على إجراء أيّ خوارزميةٍ حسابيةٍ أو حساب أيّ دالةٍ رياضية. وبالفعل فقد أضحى الحاسوب الذي بدأ من فكرة آلة تورينغ قادرًا على القيام بعدّة مهامٍ في عالمنا المعاصر، من ضمنها توليد النصوص والمحادثات!

فيزياء المعلومات

من الناحية الفيزيائية إنّ طبيعة وحدات المعلومات أو البيتات التي نعالجها في الحواسب المعاصرة لها طبيعةٌ حتميةٌ واقعيةٌ، بمعنى أنّ مصباح الغرفة لا يسعه إلّا أن يكون متوهّجًا أو معتِمًا ولا تتعلّق حالته بأيّ حالٍ من الأحوال برصدنا له. الواقعية في الفيزياء كذلك تعني أنّ حركة الأجرام السماوية كالقمر لا تتعلّق بتاتًا برصدنا لها، فهي في حركةٍ حتميةٍ دقيقةٍ منذ ملايين السنين وعملية الرّصد هي عمليةٌ مستقلّةٌ تمامًا عن الأجرام المرصودة.

إذا أردت أن تنظر إلى السرّ وراء ثورة المعلومات التي حدثت في حاسوبك أو هاتفك الذكي يكفي أن تفهم جهاز الترونسيستور، وهو جهازٌ إلكتروني مجهريٌّ يعمل حسب قوانين الكهرومغناطيسية. مبدأ عمل الترونسيستور بسيط جدًّا، فالترنسيستور يمتلك مدخلين: المصدر والبوابة ومخرج واحد. هناك دائما فرق كمون كهربائي أو توتّر بين المصدر والمخرج، لكن لا يجري التيار الكهربائي بين المصدر والمخرج إلّا إذا طبقنا توترًا آخر عبر البوابة. إنّ عمل الترانسيستور مكافئٌ لعملية ضرب قيمة المصدر بقيمة البوابة والتي تُسمى في المنطق الرياضي بـ AND أو «الواو» باللغة الإنجليزية.

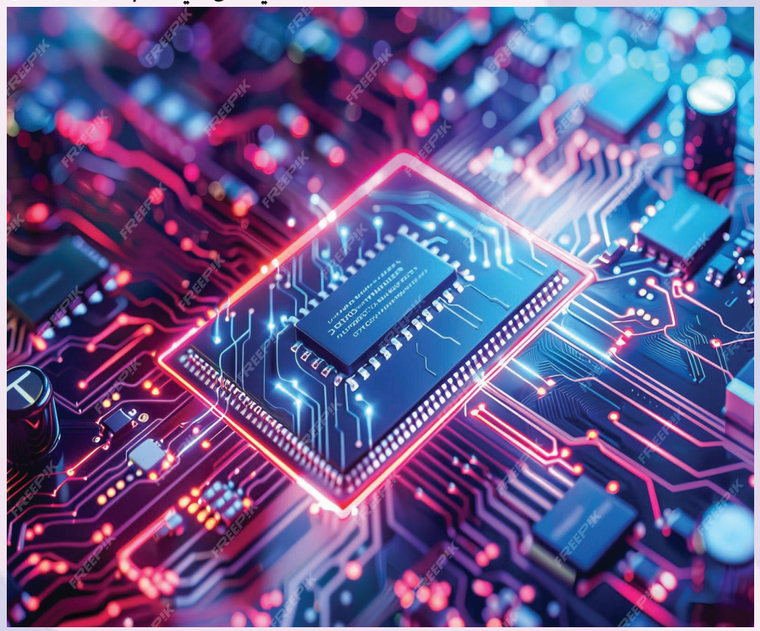
عظيم! إذن يمكننا من خلال الترانسيستور إجراء كل العمليات المنطقية التي تقتضيها آلة تورينغ.

أزمة الترانسيستور

لا يمكن فصل تكنولوجيا المعلومات عن الفيزياء لأنّ أساس معالجةِ المعلومات تحكمُه قوانين الفيزياء وطبيعة الترانسيستور. فهو جهازٌ يقوم على النظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل وغيره. إذن السؤال التالي: هل يمكننا تقزيم الترانسيستور كيفما نشاء حتى نتحصّل على أكبر عددٍ ممكن من الترانسيستورات في معالجات حواسيبنا الشخصية؟ الجواب هو لا! لأنّ أصغر وحدةٍ ممكنة في الترانسيستور هي الذرة كذرة السيليسيوم مثلا. لكن الذرّة لا تعمل بالقوانين الحتمية التي يعمل بها الترانسيستور. عندما نقترب من مستوى الذرات سنفقد أوّلًا منطق الترانسيستور، وسنشهد ثانيًا ظهور قوانين جديدة مختلفة كثيرًا عن قوانين الكهرومغناطيسية التي نعرفها. إذن ما الجديد في قوانين الذرة؟

«هناك عالم كبير في الأسفل»

هكذا قال الأستاذ ريتشارد فاينمن في إحدى محاضراته عندما تحدّث عن الإمكانيّات المذهلة التي تقبع في عالم الذرات والنانو.



لقد بدأ الإنسان في فهم عمل الذرة منذ أعمال «نيلز بور» و«فيرنر هايزنبرغ» و«إيروين شرودينغر» وغيرهم كثير. لقد أوضح بور كيف أنّ طاقةَ الإلكترونات في الذرة غيرُ مستمرّة لكنها تقفز بكميات متقطّعة مثل بناءٍ له عدّة طوابق، ومن هنا جاء مصطلح الكم. ثم توصّل شرودينغر إلى معادلة كمومية تحكم حركة الإلكترونات حول النواة، بيّنَ من خلالها أنّ الإلكترونات ليست جسيمات فقط، بل موجاتٌ تدور حول النواة. فسّر ماكس بورن تلك الموجات بالاحتمالات حيث اقترح أنّ مواقع الإلكترونات هي احتماليةٌ فقط إلى أن يتمّ رصدها في مكان معيّن. قد لا يبدو هذا المفهوم سهل الهضم لك إذا سمعته لأوّلِ مرّةٍ وهذا ليس مشكلًا.

زيادةً على ذلك، قام هايزنبورغ بصياغة مبدأ اللايقين الذي يؤكّد بأنّ عملية الرصد لا يمكن أن تعطي قيمة دقيقة ويقينية لموضع الإلكترون وسرعته في نفس الوقتِ. إذن فكلّ هذه الاكتشافات الجريئة قلّبت كلّ ما نعرفه عن القوانين الحتمية في الفيزياء، بل وحتّى طريقة تفكيرنا وإدراكنا.

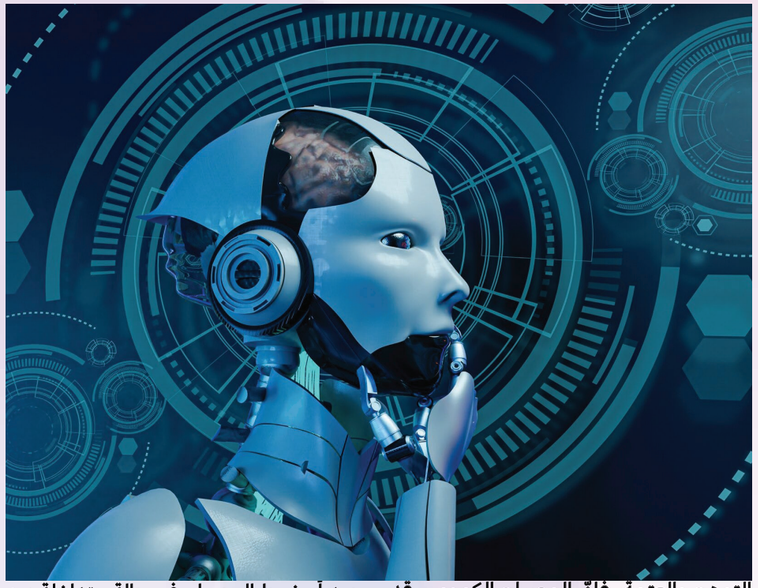
في ظلّ سقوط الحتمية والواقعية في عالم الذرة، كيف يمكننا إجراء عمليات منطقية باختراع جهاز يعمل بالذرات؟ في أواخر الثمانينيات، قام عدةُ علماء من بينهم «يوري مانين» و«ريتشارد فاينمن» و«بول بينيوف» -الذي توفي مؤخرًا- بالتفكير في منطقٍ بديلٍ يقوم على فيزياء الكم، أو حوسبةٍ جديدةٍ لا تقوم على الحتمية، بل على الاحتمالات الكمومية على نفس طريقة بورن وهايزنبرغ!

تكنولوجيا المستقبل

منذ إرهاصات الحوسبة الكمومية إلى يومنا هذا، تمّ اكتشاف عدّة خوارزميّاتٍ كموميةٍ قادرةٍ على حلّ بعض المسائل الرياضية. فما هو المنطق الذي تقوم عليه هذه التكنولوجيا وما هي التطبيقات العملية لها؟

لنعد إلى حالة المصباح الكلاسيكي الذي قدّمناه في بداية هذا المقال. في حين أنّ مصباح الغرفة له حالتان فيزيائيتان لا ثالث لهما وهي التوهج والعتمة، فإنّ المصباح الكمومي قد يكون متوهّجًا أو مظلمًا، وقد يكون كذلك في حالةٍ متداخلةٍ بين التوهج والعتمة، ونسمي هذا بالتداخل. كيف ذلك؟ المصباح الكموميّ ستحكمه احتمالات كمومية، لكلّ حالةٍ فيزيائية للمصباح توجد قيمة احتمالية هي التي تحدد ما إذا كنّا سنرصد معظم الأحيان مصباحًا متوهّجًا أم مظلماً. في آخر المطاف، لا يمكننا رصد مصباحٍ متوهجٍ ومظلمٍ في نفس الوقت! لكن إذا رصدنا المصباح الكمومي عدّة مرّاتٍ، فسنشاهد توزيعًا ملحوظًا بين حظوظ التوهج والعتمة.

من جهةٍ ثانيةٍ فإنّ فيزياء الكمّ تحتوي على تنبؤٍ آخر مثيرٍ للاهتمام يسمّى بالتشابك، وهي ظاهرةٌ إحصائيةٌ أخرى تعمل على ربط حالة الجسيمات البعيدة عن بعضها البعض. ومثال ذلك أن ترتبط حالة توهّج المصباح في الغرفة «أ» بحالة المصباح في الغرفة «ب» دون أن يوجد بينهما أيّ رابطٍ سببيٍّ! التشابك هو ظاهرةٌ مثيرةٌ جدًّا خاصةً إذا أدخلنا إمكانية رصد أو ضبط المصباح في حالةٍ متداخلةٍ بين التوهّج والعتمة.



ظاهرتا التداخل والتشابك هما حجر الأساس للحوسبة الكمومية. في يومنا هذا توجد عدّة حواسب كموميةٍ فتيّةٍ وتقوم على تكنولوجياتٍ متنوّعةٍ، مثل الناقلية الفائقة والذرات الباردة أو المكثفة والحواسب الضوئية التي تعتمد على الفوتونات. رغم أنّ هذه الحواسب لا تزال تستوعب عددًا ضئيلًا جدًّا من البيتات الكمومية التي تسمى QUBIT، وكذلك تعاني من التشوّش والشوائب، إلّا أنّ مستقبل هذه الحواسب يعِدُ بحلّ مسائلَ صعبةٍ جدًّا، ابتداءً من محاكاة الجزيئات المعقدة مثل التي نجدها في البيولوجيا وصناعة الأدوية، إلى إيجاد حلولٍ لمشكلات تحسين الأداء التي تعاني منها شركات الاتصالات والتوزيع والمصانع وما إلى ذلك، دون أن ننسى الإمكانيّات الهائلة للاتّصالات الكمومية الآمنة، والتي تتنافس عليها الدول الكبرى لتأمين أمنها الرقميّ.

اختبر معلوماتك

إعداد: عمر نمول

1 - ما هي الظاهرة التي تؤدي إلى تباطؤ دوران الأرض بشكل تدريجي؟

أ) ظاهرة المد والجزر

ب) النشاط الشمسي

ج) تأثير الفصول

2 - ما هو السبب الرئيسي في تشوه شكل المجرات الإهليلجية؟

أ) دوران سريع

ب) اندماج المجرات

ج) اصطدامات النيازك

3 - ما هي مدة دورة كوكب الزهرة حول محوره مقارنة بدورانه حول الشمس؟

أ) دورانه حول محوره أطول

ب) متساويان تقريبًا

ج) دورانه حول الشمس أطول

4 - ما هي القوة الأساسية المسؤولة عن تماسك النجوم في المجرات؟

أ) القوة الكهرومغناطيسية

ب) الجاذبية

ج) القوة النووية الضعيفة

5 - ما هو النجم الأكثر لمعانًا في السماء بعد الشمس؟

أ) الشعرى اليمانية

ب) الدبران

ج) رجل الجبار

6 - أي من هذه المجرات تُعد جزءًا من «مجموعة المجرات المحلية»؟

أ) مجرة المرأة المسلسلة

ب) مجرة سيغنوس أ

ج) مجرة الدوامة

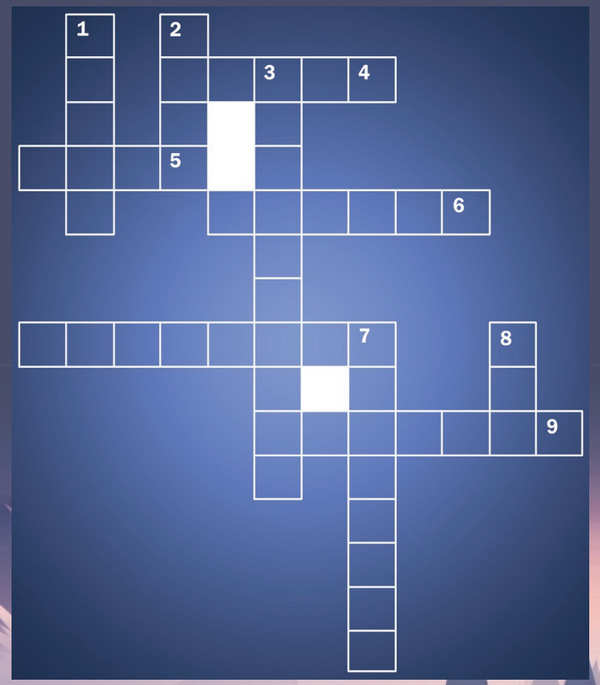
الحلول

(أ) 9 (أ) 3

(أ) 5 (خ) 2

(خ) 4 (أ) 1

إعداد: الشيماء أمين خوجة



عموديا

1. الطاقة المشعة من جسم ما على شكل موجات أو جسيمات.
2. سحابة من الغبار والغاز في الفضاء، عادة ما يتم إضاءتها بواسطة نجم واحد أو أكثر.
3. العنصر الأكثر شيوعًا في تكوين النجوم
7. النقطة العلوية مباشرة فوق الراصد.
8. الكوكب الذي يمتلك أكبر عدد من الأقمار المعروفة في النظام الشمسي

أفقيا

4. قرب كوكب إلى الشمس
5. مسار جسم سماوي أثناء حركته في الفضاء.
6. الكوكب الذي يحتوي على أكبر بركان في النظام الشمسي
7. اسم أول قمر صناعي أطلقه الإنسان إلى الفضاء
9. أكبر كوكب في المجموعة الشمسية

سديم النجم المشتعل - IC 405

من تصوير: سفيان بوطلبة

تم التقاط هذه الصورة المذهلة باستخدام فلتر H-alpha 7 نانومتر من Svbony وكاميرا مبردة Svbony 605MC. الأداة الرئيسية هي منظار Bresser بُعد بؤري 760 مم (بُعد بؤري كروماتي)، ومزود بـ فوكسر Gemini. تم التوجيه باستخدام كاميرا Svbony 905 أحادية اللون إلى جانب منظار توجيه بطول 160 مم من Svbony. تم تثبيت المعدات على حامل Sky-Watcher EQ5 Pro. تمت عملية التقاط البيانات باستخدام برنامج NINA، بينما تمت معالجة البيانات النهائية باستخدام برنامج PixInsight للحصول على نتيجة استثنائية.

فلم: كثيب (DUNE)

بقلم: د.قرقوري هشام

تدور أحداث فيلم الخيال العلمي «الكثيب (Dune)» للمخرج دونيس فيلنوف (Denis Villeneuve) حول صراع سياسي بين عائلات كبرى حاكمة في مستقبل بعيد، حيث يصبح الكوكب الصحراوي «أراكيس (Arrakis)»، المعروف أيضًا بالكثيب نسبة للكثبان الرَّملية، نقطة محورية بسبب احتوائه على مادة نادرة تمنح قدرات عقلية وتطيل العمر تسمَّى «التوابل» (Spice)، كما تُعتبر ضروريةً للسَّفر عبر الفضاء.

يُكلَّف الدوق ليتو أتريدس (Duke Leto Atreides) بحكم هذا الكوكب الخطير، لينقل عائلته إلى هناك، بمن فيهم ابنه الشَّاب بول أتريدس (Paul Atreides)، الّذي يكتشف أنَّ لديه قدرات غير عادية ويواجه رؤية غامضة عن مصيره. وتتعرَّض عائلته لمؤامرةٍ شرسةٍ من عائلة هاركونن (Harkonnen) المنافسة، ممَّا يُجبر بول ووالدته على الهروب والتعاون مع سكَّان الصَّحراء الأصليين، الفريمين (Fremen)، الذين يتمتَّعون بمهاراتٍ خاصة في العيش على هذا الكوكب القاسي. مع تطوّر الأحداث، يتعيَّن على بول أن يقبل مصيره كقائد، ويتعلَّم كيفية استخدام قوَّته ليقود الثورة ضدَّ القوى الظَّالمة.

يتطرَّق الفيلم إلى مواضيع متعلِّقة والصراعات حول الحكم الّتي وصلت أخرى بعيدة، ومواضيع متعلِّقة بالموارد.

بالمعتقدات الدينية والسياسة في المستقبل حتّى إلى كواكب بالبيئة، وبقاء الإنسان، والتَّلاعب

كتاب: لماذا يجب أن نثق بالعلم؟

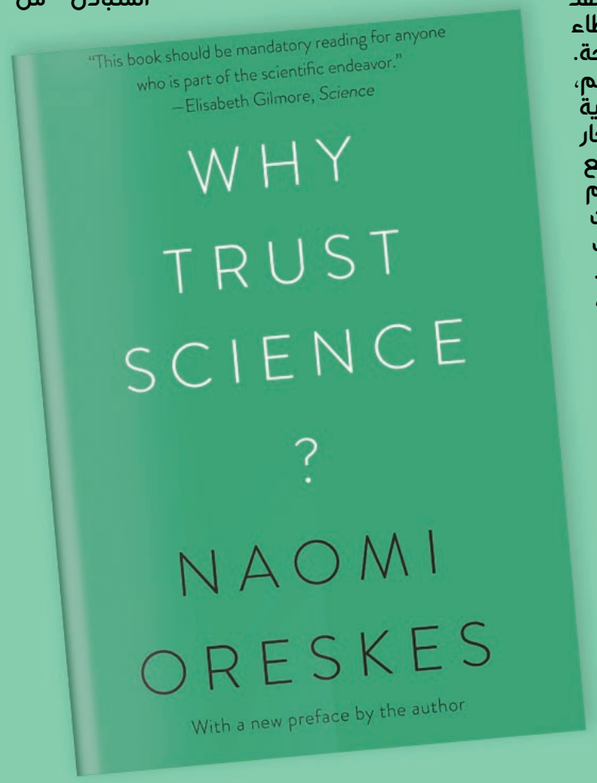
بقلم: مراد حمدوش

نبذة عن الكاتبة

نعومي أوريسكس هي مؤرخة وعالمة في دراسات العلوم، تعمل كأستاذة في جامعة هارفارد، وتركز على دراسة العلاقة بين العلم والمجتمع. بدأت حياتها المهنية كجيولوجية قبل أن تنتقل لدراسة التاريخ وفلسفة العلم، مما يجعلها مؤهلة لفهم العلم من منظورين مختلفين. لها إسهامات مهمة في نقد الشكوك الموجهة نحو العلم، وخصوصًا في مجالات تغير المناخ وتاريخ الأبحاث العلمية.

مقدمة عن الكتاب

يتناول كتاب «لماذا يجب أن نثق بالعلم؟» للدكتورة نعومي أوريسكس مسألة الثقة في العلم ويعالج الشكوك المتزايدة حوله في المجتمع، خصوصاً حول قضايا مثيرة للجدل مثل التغير المناخي وفعالية اللقاحات. يقدم الكتاب إطاراً فلسفياً وتاريخياً لتوضيح الأسس التي تجعل العلم موثوقاً، موضحاً أن العلم ليس مجرد مجموعة من الحقائق أو الاكتشافات الفردية، بل هو مشروع جماعي يشمل التعاون والتفاعل النقدي بين العلماء. تركز أوريسكس على فكرة أن العلم يعتمد على الإجماع الجماعي الذي يتكون من مشاركة واسعة للعلماء عبر نقاشات مفتوحة ونقدية، وتوضح أن هذا الطابع الجماعي يعزز دقة النتائج ويقلل من الأخطاء الفردية. وهذا يختلف عن النظرة التقليدية للعلم القائمة على الشخصيات العظيمة أو الممارسات الصارمة المنهجية، فالمؤلفة تعتبر أن الاعتماد على الإجماع العلمي هو العامل الحاسم الذي يجعل العلم موثوقاً. وتشرح كيف أن عمليات المراجعة والنقد المتبادل من قبل المجتمع العلمي تمكن من تصحيح الأخطاء واستبعاد الأفكار التي تتعارض مع الأدلة المتاحة.



يعرض الكتاب بعض الأخطاء التاريخية في العلم، مثل رفض نظرية الانجراف القاري وتبني نظرية تحسين النسل، ويبين كيف أن بعض الأفكار العلمية السابقة كانت متأثرة بأفكار وقيم المجتمع في ذلك الوقت. تشير أوريسكس إلى أن القيم تلعب دوراً في العلم، وأن تنوع الخلفيات ووجهات النظر داخل المجتمعات العلمية يمكن أن يكشف عن التحيزات غير المرئية ويحد من تأثيرها. تؤكد أوريسكس أيضاً على أهمية التواضع العلمي، فالتاريخ يظهر أن العلماء يمكن أن يكونوا عرضة للأخطاء وتحيزات العصر، لذا توصي باتباع الثقة المبنية على النقد والتنوع داخل المجتمع العلمي. وتعطي أمثلة من تاريخ العلم لدعم حجتها، مشيرة إلى أن الثقة في العلم لا تعني قبول كل نتيجة بدون نقد، بل الثقة في النظام العلمي نفسه الذي يراجع ويختبر النظريات بشكل مستمر.

ختاماً، تقترح المؤلفة أنه يمكن بناء الثقة بين العامة والعلماء من خلال صراحة العلماء حول قيمهم ودوافعهم، خصوصاً في القضايا التي تمس مصالح اقتصادية وسياسية، مثل قضية تغير المناخ.

Table of Contents

Thematic Dossier : Galaxies

- History of Galaxy Discovery, Echeima Amine Khodja
- Galaxies: The Building Blocks of the Universe, Hichem Guergouri
- Unveiling Galactic Mysteries: The Role of Dark Matter and Gravity, Omar Nemoul
- The New Milky Way: Two Decades of Discoveries, Jamal Mimouni
- The Mystery of Small Red Dots at the Edge of the Universe, Hamid Hamidani
- Interview with Dr. Mirjana Povic, Researcher at the Ethiopian Institute of Space Science and Technology
- The Issue's Guest: "The Galaxy's Lady", Prof. Françoise Combes
- Interview with Prof. George Miley, Pioneer in Radio Astronomy

General Science Articles

- Gaia Telescope: A Revolution in Mapping the Milky Way, Med Akram Zermane
- Ibn Muadh Al-Jayyani: Pioneer of Spherical Trigonometry, Boubaker Khaled Sadallah
- From Algeria, Astronomer Geoffrey Marcy Answers Audience Questions: Are There Other Habitable Planets? Nadir Tayyar
- Remote Sensing: A Revolution in Understanding Earth's Changes, Mourad Hamdouche
- The Journey of an Arab scientist who revived the theory of evolution and fostered Ambassadors of change: an Exclusive Interview with Prof. Rana Dajani
- Can AI Predict Heart Diseases? M. Houssem Amiour, Rihab Bouchareb

Special Issue's file

- Genocide or not? Let's reverse the roles, Susan Abulhawa
- Gaza without education for the second year: Systematic eradication and growing challenges,Yasmine Bouldjedri
- Education as steadfastness: The spirit that does not break Palestinians amid genocide, Jamal Mimouni

Science Paparazzi

- Latest Science News, Yasmine Bouldjedri & Jamal Mimouni
- Astronomical News from Algeria, the Arab World and Africa

The Smarties Corner

- How AI Algorithms Turn Telescope Data into Stunning Images, Lina Fedha
- From Atoms to Galaxies: A Journey into the World of Fascinating Fractals! Sari Ayoub
- Quantum Computing: How it Will Transform Human Life, Tounsi Abdellah

From Each Nebula a Star

- Astronomy Amateurs Lens, Soufiane Boutelba
- Popcorn...Science and Fiction: Dune, Hichem Guergouri
- The Best Companion Reader: "Why trust Science", Mourad Hamdouche

Editorial

In this issue of El-Chiheb Science Magazine, we turn our gaze to the cosmic islands that shape the universe—the galaxies. These stellar metropolises are not only the birthplaces of stars but also laboratories of cosmic evolution, revealing mysteries about the origins of the universe and the forces that govern the life and death of stars. This issue takes readers on a journey through these luminous tapestries, where the light of billions of stars intertwines to create breathtaking cosmic structures.

The main dossier, The Realm of the Galaxies, brings together leading voices in astrophysics to explore the grand architectures of galaxies. Topics range from the majestic spiral arms of the Milky Way to the enigmatic phenomena of dark matter and supermassive black holes. Exclusive interviews with Dr. Françoise Combes, a pioneer in galaxy formation research, Dr. George Miley and Dr. Mirjana Pović, through their work in radio and infrared astronomy, help complete the picture of how galaxies are interconnected within the vast cosmic web. Their research invites us to see galaxies not as isolated entities but as nodes in a network of invisible structures spanning the observable universe

Beyond these expert perspectives, the issue delves into how advances in artificial intelligence enhance galaxy classification and the pivotal role of telescopes like Hubble and JWST in unraveling galactic mysteries. These collaborations exemplify the spirit of global scientific exploration, breaking down borders and ideologies in the pursuit of knowledge.

We also reflect on the aftermath of the Palestinian resistance's initial offensive on October 7 and the brutal consequences of ongoing aggression. More than one year later, education has become a dire casualty, with 100,000 university students displaced and 650,000 schoolchildren deprived of their right to learn. This issue underscores the resilience of a people fighting for freedom in the face of relentless violence and the deafening and cruel silence of supposedly "brotherly" nations.

As always, this edition features diverse articles in fields like medicine and engineering, alongside the Science Paparazzi section, which showcases recent breakthroughs in astronomy and other disciplines from Algeria, Africa, and the Arab world. For younger readers, the "Smarties" corner offers inspiring profiles of iconic scientists and engaging puzzles designed to ignite curiosity.

This eighth issue takes you through the mysteries of galaxies, where light and darkness intertwine in the story of the universe. Happy reading, and may the wonders of science continue to inspire you!

Jamal Mimouni

فريق المجلّة

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، ياسمين بوالجدري

التحرير
عمر نمول، هشام قرقوري، ياسمين بوالجدري، محمد أكرم زرمان، الشيماء أمين خوجة

Editor in Chief
Bouldjedri Yasmine

General Supervision
Jamal Mimouni

Design & Graphics
Hichem Guergouri
Mohammed Akram Zermane

The Editorial Team
Omar Nemoul, Hichem Guergouri, Yasmine Bouldjedri, Mohammed Akram Zermane, Echeima Amine Khodja

Linguistic Review Team
Fella Daoud, Yasmine Bouldjedri

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

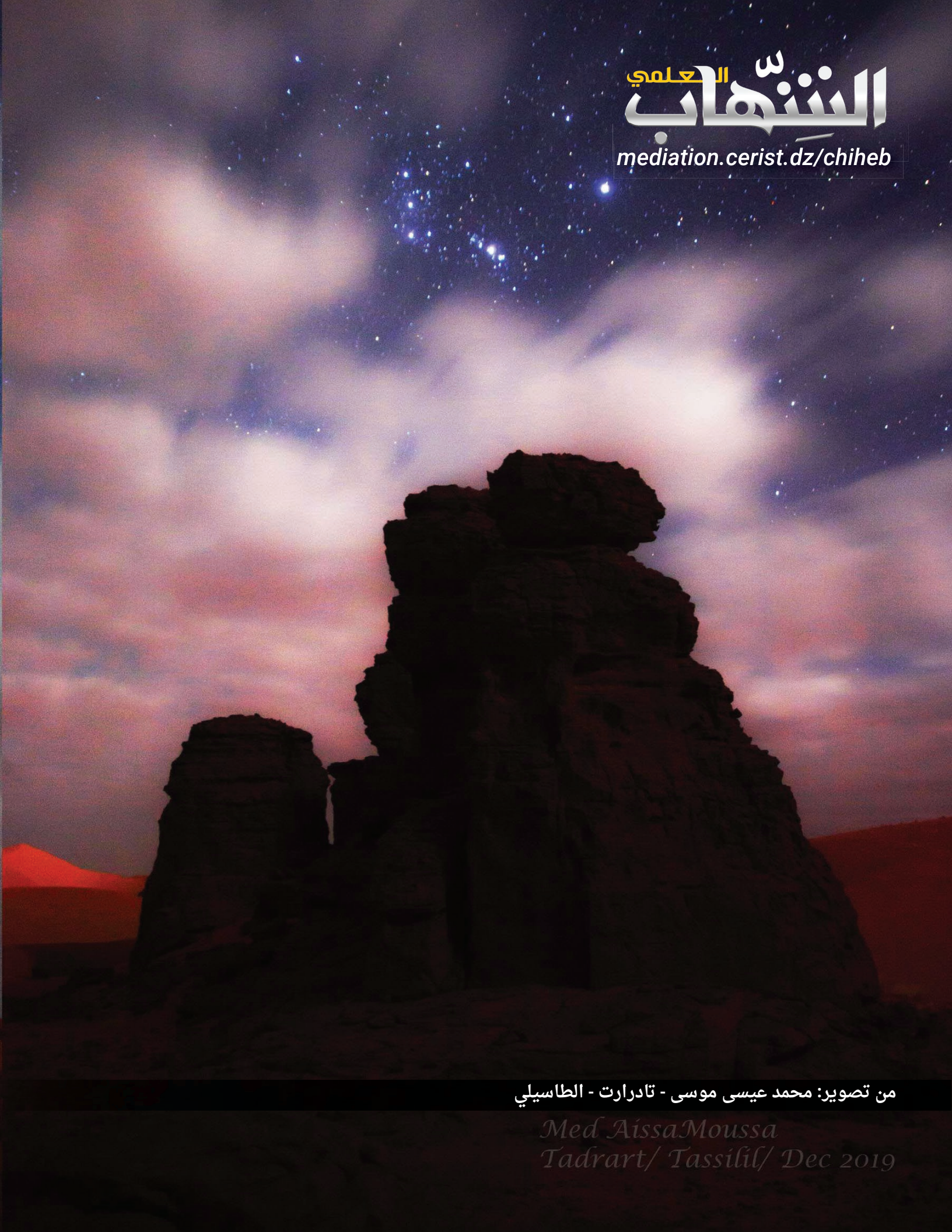
اللجنة العلمية

جمال ميموني	جامعة قسنطينة 1 - الجزائر
نضال قسوم	الجامعة الأمريكية بالشارقة- إ. ع. م.
حمزة لبيض	جامعة Oxford - المملكة المتحدة
نسيم سغواني	مركز CRAAG - الجزائر العاصمة - الجزائر
شراف شابو	جامعة سطيف - الجزائر
سفيان كمون	رئيس الجمعية الفلكية التونسية - تونس
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	Oxford Univ., UK
Nassim Seghouani	CRAAG, Algiers, Algeria
Charaf Chabou	Sétif Univ., Algeria
Sofien Kamoun	Société Astronomique de Tunisie ‹SAT›, Tunisia
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.


الشهاب العلمي
mediation.cerist.dz/chiheb
من تصوير: محمد عيسى موسى - تادرارت - الطاسيلي
Med AissaMoussa
Tadrart/ Tassilil/ Dec 2019