الشهاب العلمي

ECHIHEB EL-ILMI

العـدد العاشر
جانفي 2026

ملف العدد

عالم السدم
الفضاء بين النجمي ISM

د. أسامة مطاطلة
العربية والذكاء الاصطناعي
Oussama Metatla

إيوين فان ديهوسك
عالمة السدم الهولندية
Ewine van Dishoeck

حتى لا ننسى فلسطين
شتاء غزة بعد الحرب
الجوع الذي يهزم اللغة
العلم ... السلاح الأخير لطلبة غزة

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 كل 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 للعامّة، ومحاولة تقريب الأفكار من المصادر الموثوقة عن طريق الحوارات التي تجريها مع العديد من العلماء والباحثين في أنحاء المعمورة.

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

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

موقع جمعية الشعرى
www.siriusalgeria.net

موقع مركز البحث
في الإعلام العلمي والتقني
www.cerist.dz
ISSN: 2992-1678

كلمة العدد

بين عالم السدم وصَدَى الدمار

قبل مائة عام، لم يُدرك الفلكيون إلا نادرًا أن الفضاء بين النجوم قد يكون أي شيء آخر غير الفراغ. فهمُنا اليوم يختلف تمامًا؛ لقد اكتشفنا أن الفضاء بين النجمي هو حيز هائل من الغاز والغبار، تتموج فيه تيارات متدفقة من مادة، يعج بالاضطرابات والمغناطيسية، وتتشكل فيه جزيئات بالغة التعقيد. وسط هذا الفضاء تَطوف السدم، وهي سُحب متألقة يُخفي جمالها الشَّبحي بَذْورَ الحياة والموت حيث تولد منها شموس جديدة، وصولاً إلى بقايا الموت النجمي المتوهجة، لتكشف هذه الهياكل الكونية عن الدورة المضطربة للمادة ذاتها، صانعة قصيدة كونية نُحِتت في ثلاثة أبعاد من الضوء.

يستقطبكم هذا العدد العاشر من مجلة الشهاب العلمي إلى ذلك الفضاء السَّحيق المُظلِم. من خلال ملف رئيسي يستكشف مساهمونا كيمياء الوسط بين النجمي، والبيئة المجرية التي تربط النجوم المحتضرة بأنظمة كوكبية جديدة. كما أن لنا شرف إجراء حوار متعمق مع الدكتورة إيوين فان ديسهوك، الرئيسة السابقة للاتحاد الفلكي الدولي وإحدى أبرز الشخصيات العالمية في مجال الوسط بين النجمي.

وكما في كل عدد، تجمع المجلة بين الجانبين العلمي والإنساني. يقدم قسم «الشاطر الصغير» للقراء الصغار الحياة الخفية للسدم من خلال تجارب بسيطة وملاحظات للسماء، بينما يسلط قسم «باباراتزي العلوم» الضوء على التقدم الإقليمي في فيزياء الفلك والأجهزة. لكن وسط صفحات العجائب الكونية هذه، لا يمكننا صرف أعيننا عن نوع آخر من السدم، تلك التي لم تولد من المستعرات العظمى، بل من القسوة البشرية. سُحب الدخان التي ترتفع فوق غزة، حيث تحمّل شعب بأكمله معاناة لا توصف، بدأت الآن تتبدد، كاشفة عن أفق من الصمود والولادة الجديدة. مثل رماد النجوم المحتضرة الذي يُنشئ يوماً ما عوالم جديدة، حوَّلت مقاومة المظلومين الثابتة الدمار إلى تجديد. من الظلمة، سيعود النور.

لعل هذا العدد يذكرنا بأن جمال الكون لا ينفصل عن هشاشته. يعلمنا الوسط بين النجمي أنه من الفوضى يمكن أن ينبثق النظام، ومن الغبار يمكن أن تولد عوالم جديدة. فلنأمل أن تجد البشرية أيضًا في ذلك الدرس الكوني القوة لإعادة البناء، وأن الرحمة، مثل ضوء النجوم، قد تخترق الفراغ مرة أخرى.

جمال ميموني

فهرس المواضيع

كلمة العدد

ملف العدد : عالم السدم «الوسط بين النجمي»
03 الوسط بين النجمي: المسرح الخفي لتكون النجوم- هشام قرقوري
06 السدم: نوافذ على الغيوم المجرية- عمر نمول
09 مصانع كيميائية في الفضاء: أحد الاكتشافات عن السدم- جمال ميموني
12 علم الفلك المخبري وتمركزه في علوم الوسط بين النجمي- حمزة لبيض
16 ضيف العدد: لقاء مع عالِمة الوسط بين النجمي إيوين فان ديسهوك

مقالات علمية
22 قياس المسافات الفلكية: من محيط الأرض إلى النجوم القريبة- عمر نمول
26 المذنب بين النجمي 3I/ATLAS، جمال ميموني
28 هل يخرج الذكاء الإصطناعي عن سيطرة البشر؟- أحمد نسيم محمدي
31 الذكرى المئوية لوفاة كامي فلاماريون - جمال ميموني
34 طلاقة بلا صوت: العربية والذكاء الاصطناعي - أسامة مطاطلة

باباراتزي العلوم
38 آخر المستجدات العلمية، جمال ميموني، عمر نمول

ملف خاص - حتى لا ننسى فلسطين
43 شتاء قاس: فيضانات تزيد معاناة النازحين في غزة - ياسمين بوالجدري
44 غزة تموت جوعا - زياد مدوخ
46 الجوع الذي يهزم اللغة - حسام معروف
48 طلبة الثانوية العامة يتفوقون رغم قساوة الحرب - ياسمين بوالجدري

الشاطر الصغير
50 بين الحفظ والفهم .. أي مستقبل نريده للطلبة - مراد حمدوش
52 كاسيني.. مركبة فضائية غيرت نظرتنا للكون - رزاز أميرة آلاء
53 قصة اكتشاف كوكب أورانوس - الشيماء أمين خوجة
54 خدع الألوان البصرية - عمر نمول
55 إختبر معلوماتك - عمر نمول

من كل سديم نجمة
41 عدسة هواة الفلك - سفيان بوطلبة
56 الأخبار الفلكية الوطنية - هشام قرقوري
62 الأخبار الفلكية الإفريقية والعربية - جمال ميموني
64 فشار «الخيال العلمي»، فيلم: The Martian- هشام قرقوري
65 خير جليس: دروب الناجحين - فلة داود

Table of Contents

ملف العدد

عالم السدم

الوسط بين النجمي

THE INTERSTELLAR MEDIUM

03 الوسط بين النجمي: المسرح الخفي لتكون النجوم - هشام قرقوري
06 السدم: نوافذ على الغيوم المجرية - عمر نمول
09 مصانع كيميائية في الفضاء - جمال ميموني
12 علم الفلك المخبري وتمركزه في علوم الوسط بين النجمي - حمزة لبيض
16 ضيف العدد: لقاء حصري مع عالمة الوسط بين النجمي، إيوين فان ديسهوك

صورة الخلفية من تصوير: سفيان بوطلبة - السديم المحيط بالنجم وولف–رايت WR 134

الوسط بين النجمي

المسرح الخفي لتكوّن النجوم

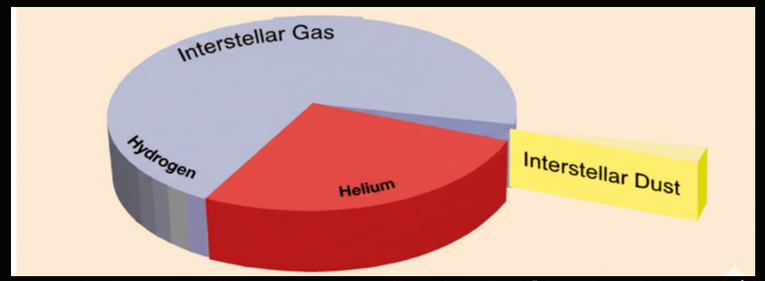
The ISM: The Invisible Engine of Star Formation

بقلم د. هشام قرقوري
وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

الوسط بين النجمي (Interstellar Medium - ISM) هو المادة الّتي تملأ الفراغ بين النّجوم داخل المجرّة، وهو ليس فضاءً خاليًا، بل بيئةً غنيّةً ومعقّدة تتكوّن من غازات تمثّل نحو 99% من كتلته، وغبار كوني يشكّل نحو 1% منها، إضافةً إلى مجالات مغناطيسية، وأشعّة كونية، وإشعاع نجمي منتشر. يُعتبَر هذا الوسط نظامًا ديناميكيًا متغيّرًا باستمرار، حيث تتبادل مكوّناته الطاقة والمادة من خلال عمليات التسخين والتبريد والتأيين والتكاثف. وهو يلعب دورًا أساسيًا في دورة حياة النجوم، إذ يُوفّر المادة الخام الّتي تتكوّن منها السّحب الجزيئية، ومنها تولد النجوم والكواكب، كما يستقبل في المقابل المواد التي تُقذف من النجوم الميّتة، ليبدأ من جديد دورة تكوّنٍ أخرى. لذلك يُعدّ الوسط بين النجمي القلب النّابض للمجرّة، والمسؤول عن استمرار تطوّرها عبر الزمن الكوني.

مكوّنات الوسط بين النجمي

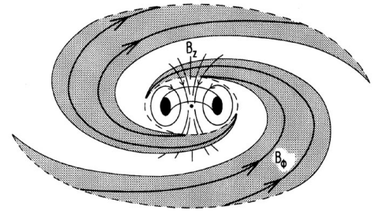
الغاز: يشكّل الهيدروجين حوالي 74% من الغاز، والهيليوم 25%، والباقي لعناصر أثقل. يوجد في حالات مختلفة: متعادل أو مؤيّن، بارد أو دافئ أو حارٌ للغاية. في البيئات الكثيفة يتحوّل جزءٌ منه إلى هيدروجين جزيئي H_2 داخل السحب الجزيئية.



الشكل 1: مخطط يوضح مكوّنات الوسط بين النجمي، حيث يهيمن الهيدروجين والهيليوم مع نسبة أقل من الغبار بين النجمي

الغبار الكوني: حبيبات دقيقة (بأحجام تتراوح بين 0.01 و0.3 ميكرومتر) تتكوّن من السيليكات والكربون والجليد. تمتصُّ وتُشتّت الضّوء الأزرق أكثر من الأحمر، ممّا يجعل ضوء النجوم البعيدة يظهر أكثر احمرارًا، وتُعيد إصدار الطّاقة على شكل أشعّة تحت حمراء بعيدة (Far InfraRed: FIR).

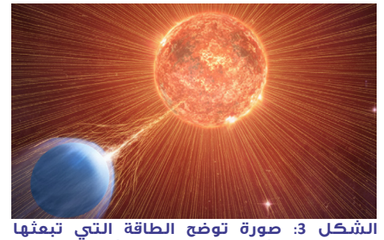
المجال المغناطيسي المجري (Galactic Magnetic Field - GMF): هو مجالٌ واسعٌ ومنتشرٌ في مجرّتنا، تبلغ شدّته عادةً بضع ميكروغوس (μG). ينشأ من حركة الشحنات في الغاز المتأيّن داخل المجرّة، ويؤثّر على حركة الغاز والغبار، ويُبطئ من انهيار السحب الجزيئية نحو تكوّن النجوم، كما يوجّه حركة الأشعة الكونية في الفضاء. يمكن كشفه من خلال استقطاب ضوء النّجوم النّاتج عن انتظام حبيبات الغبار تحت تأثير هذا المجال.



الشكل 2: صورة توضح تصور الحقل المغناطيسي المجري حول مجرة

الأشعة الكونية: هي جسيمات صغيرة وسريعة جدًا تنتج عن الظواهر العنيفة في الكون، مثل المستعرات العظمى (Supernova) أو الأنوية المجرّية النشطة (AGN). تتأثّر بالمجال المغناطيسي للمجرّة فتّغيّر اتّجاهها، كما تؤثّر على الغازات بين النجوم.

الإشعاع النّجمي: هو الضّوء والطاقة الّتي ترسلها النجوم، خاصّة الأشعّة فوق البنفسجية. هذا الإشعاع يجعل الغاز بين النجمي متأيّنًا (أي يحتوي على شحنات كهربائية) وساخنًا، ممّا يساعد على بقاء المجال المغناطيسي في الوسط بين النجمي.

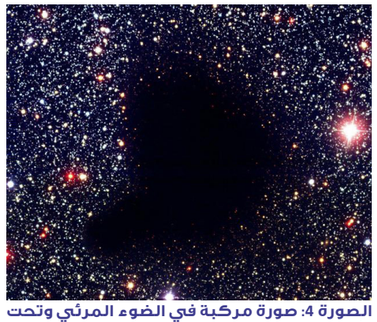


الشكل 3: صورة توضح الطاقة التي تبعثها النجوم على شكل ضوء تعرف بالإشعاع النجمي

أنواع الوسط بين النجمي

ينقسم الوسط بين النجمي إلى أطوار فيزيائية تختلف في الكثافة ودرجة الحرارة وحالة التأيّن، وتتبادل المادة والطاقة فيما بينها باستمرار:

السحب الجزيئية (Molecular Clouds): تُعرف أحيانًا باسم حاضنات النجوم أو مهاد تشكّل النّجوم، لأنّ النُّجوم تتكوّن داخلها بفعل الانهيار التجاذبي للمادة. تُعدّ هذه السحب أكثف مناطق الوسط بين النجمي، حيث تتراوح كثافة المادة فيها من 10^{2}~ حتّى 10^{6} جسيم/سم^{3} في حين تبلغ الكثافة على سطح الأرض حوالي $2.5x10^{19}$ جزيء/سم^{3}. أمّا درجة حرارتها فتتراوح بين 10 و20 كلفن فقط، ممّا يجعلها باردة جدًا مقارنةً ببيئتنا الأرضية.



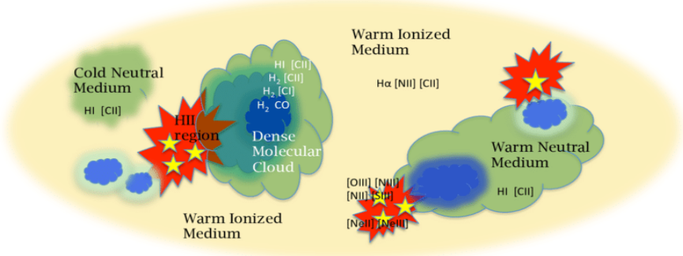
الصورة 4: صورة مركبة في الضوء المرئي وتحت الأحمر القريب للسحابة الجزيئية بين النجمية بارنارد 68.

الوسط البارد المتعادل شحنيا (Cold Neutral Medium): هو أحد مكوّنات الغاز في الوسط بين النجمي، يتكوّن أساسًا من ذرات هيدروجين (غير مؤيَّنة)، يتميّز هذا الوسط بدرجة حرارةٍ منخفضة نسبيًا تتراوح بين 50 و100 كلفن، وبكثافةٍ تتراوح من 20 إلى 50 جسيمًا في السنتيمتر المكعّب. يوجد عادةً في شكل سحب أو خيوط رقيقة من الغاز تنتشر بين المناطق الأكثر حرارة. يلعب الوسط البارد المتعادل دورًا مُهمًا في تغذية السحب الجزيئية، إذ يُعتبر المرحلة الّتي يبدأ عندها الغاز بالتّكاثف تدريجيًا نحو تكوّن الجزيئات والنجوم.

الوسط الدافئ المتعادل شحنيا (Warm Neutral Medium): هو مكوّن آخر من مكوّنات الغاز في الوسط بين النجمي، يتكوّن أيضًا من ذرات هيدروجين متعادلة، لكنه أكثر سخونة وأقل كثافة من الوسط البارد المتعادل. تبلغ درجة حرارته حوالي 6000 إلى 10000 كلفن، بينما تتراوح كثافته بين 0.2 و0.5 جسيم في السنتيمتر المكعب. يشكّل هذا الوسط جزءًا واسع الانتشار من الفضاء بين النجمي، ويمثّل المرحلة الانتقالية بين المناطق الباردة والكثيفة والمناطق المؤيَّنة الساخنة.

الوسط المؤيَّن الدافئ (Warm Ionized Medium): هو مكوّن واسع الانتشار في الوسط بين النجمي، يتكوّن من غاز هيدروجين مؤيَّن جزئيًا (أي أنّ جزءًا من ذراته فقد إلكتروناته). تصل درجة حرارته إلى نحو 8000 كلفن، بينما تتراوح كثافته بين 0.1 و0.5 جسيم في السنتيمتر المكعب. يُضيء هذا الغاز بخفوت بفعل الإشعاع فوق البنفسجي الصّادر عن النّجوم السّاخنة، وغالبًا ما يُرصد من خلال خطوط انبعاثه في الطيف المرئي مثل خط Hα. يلعب الوسط الدافئ المؤيَّن دورًا مهمًا في نقل الطاقة والإشعاع داخل المجرة وفي ربط المناطق المؤيَّنة الساخنة بالمناطق الباردة المتعادلة.

مناطق الهيدروجين المتأين (H II Regions): هي مناطق في الوسط بين النجمي تحتوي على غاز هيدروجين مؤيَّن بالكامل نتيجة الإشعاع فوق البنفسجي القوي الصادر عن نجوم فتيّة وساخنة من النوع O وB. تصل درجة حرارة الغاز فيها إلى حوالي 10,000 كلفن، بينما تتراوح كثافته بين 10 و10^{4} جسيم في السنتيمتر المكعب. تُصدر هذه المناطق انبعاثات ضوئية مميّزة، خاصّةً في خط Hα، ممّا يجعلها تتوهّج بلون أحمر وردي جميل يمكن رؤيته في الصور الفلكية. تُعدّ مناطق H II من علامات الميلاد النجمي، إذ تكشف عن الأماكن الّتي تكوّنت فيها النجوم حديثًا داخل السحب الجزيئية.



الشكل 5: مخطط يوضح مكوّنات الوسط بين النجمي وتفاعلاته، بما في ذلك السحب الجزيئية الكثيفة، والوسطين المتعادل والدافئ والمؤين، ومناطق H II، ومصادر خطوط الانبعاث الذرية والجزيئية

الغاز الإكليلي أو الوسط المؤيّن الحار (Coronal Gas / Hot Ionized Medium - HIM)

هو أكثر مكوّنات الوسط بين النجمي سخونةً وأقلّها كثافةً. يتكوّن من غاز مؤيَّن بالكامل تصل حرارته إلى نحو 10^{6} كلفن، بينما تكون كثافته منخفضةً جدًا لا تتعدّى 0.001 جسيم في السنتيمتر المكعب. ينشأ هذا الغاز من المستعرات العضمى (السوبرنوفا) التي تسخّن الغاز المحيط وتدفعه إلى تكوين فقاعات ومناطق حارة تمتدّ عبر المجرّة. يُشكّل الوسط المؤيَّن الحار جزءًا من الهالة المجرّية، ويساهم في نقل الطاقة والمواد بين قرص المجرّة ومحيطها الخارجي.

دور الوسط بين النجمي في تشكّل النجوم

الوسط بين النجمي ليس فراغًا خاليًا، بل هو بيئة نشطة مليئة بالحركة والتفاعل، تُعتبَر المهد الّذي وُلدت فيه النجوم والكواكب، والمستودع الّذي تعود إليه مادتها بعد موتها. يتكوّن هذا الوسط من غازات وغبار كوني وبلازما تمتدّ بين النجوم داخل المجرّة، وتشغل جزءًا كبيرًا من حجمها. وعلى الرّغم من أنّ كثافة هذا الوسط ضئيلةٌ جدًا مقارنةً بما نعهده على الأرض، فإنّ امتداده الهائل يجعل كتلته الكليّة كبيرة للغاية، ممّا يجعله عنصرًا أساسيًا في دورة حياة المجرّات.

تتفاعل مكوّنات الوسط بين النجمي باستمرار، حيث تمرّ المادة فيه بدورة كونية متكاملة: فالمواد التي تُقذف من النجوم الميّتة تُبرد ببطء، وتتجمّع لتكوّن سحبًا جديدة من الغاز والغبار، والّتي ستلد بدورها أجيالًا أخرى من النجوم. وهكذا، فإنّ هذا الوسط يُمثّل حلقة الوصل بين موت النجوم القديمة وولادة النجوم الجديدة.

في بعض مناطق هذا الوسط، تنخفض درجة الحرارة تدريجيًا وتزداد الكثافة، ممّا يؤدي إلى تشكّل السحب الجزيئية — وهي مناطق باردة وغنية بالهيدروجين الجزيئي (H_2)، قد تمتدّ لعشرات السنين الضوئية. ومع مرور الوقت، تتعرّض هذه السحب لتأثيرات مختلفة مثل صدماتٍ ناتجة عن انفجارات سوبرنوفا قريبة، أو ضغط ناتجٍ عن دوران المجرّة ومرور السحابة في أذرعها الحلزونية. هذه الاضطرابات تُحدث مناطق أكثر كثافة داخل السّحابة، تُعرف باسم الأنوية الكثيفة (Dense Cores).

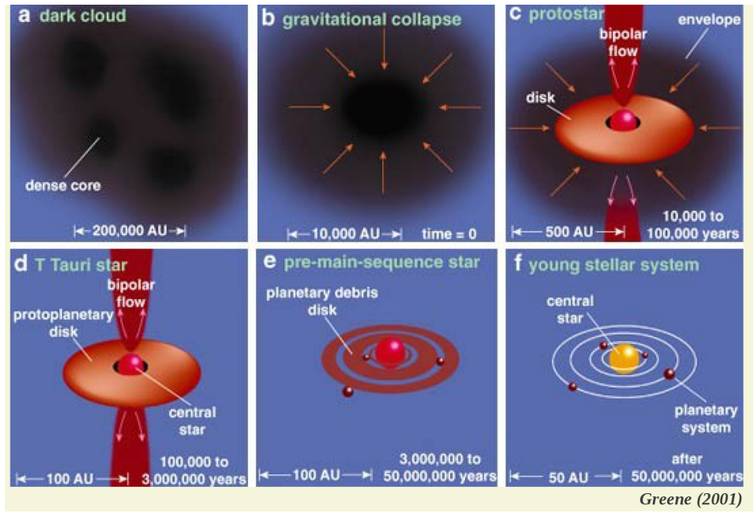
حين تصل الكثافة إلى حدٍّ معيّن، تبدأ قوى الجاذبية بالتغلّب على ضغط الغاز الداخلي الّذي كان يحاول مقاومة الانهيار. فتنهار النّواة على نفسها، ويزداد تركيز المادة في مركزها، ممّا يرفع درجة حرارتها شيئًا فشيئًا. خلال هذه المرحلة، يتكوّن نجم أولي (Protostar) محاط بقرص دوّار من الغاز والغبار. هذا القرص هو ما سيؤدي لاحقًا إلى تشكّل الكواكب والكويكبات والمذنّبات في النظام النجمي الجديد.

مع استمرار الانهيار وازدياد الضّغط والحرارة في المركز، تصل درجة الحرارة في النواة إلى نحو عشرة ملايين كلفن، وهي الدرجة الحرجة الّتي تبدأ عندها تفاعلات الاندماج النووي بين ذرّات الهيدروجين لتكوين الهيليوم. تنتج عن هذه التفاعلات طاقة هائلة تُوازن قوى الجاذبية، فيستقرّ النجم الجديد في مرحلة تُعرف بـ مرحلة النسق الأساسي (Main Sequence)، وهي أطول مراحل حياة النجم، وتشمل نجومًا مثل شمسنا.

الصورة 6: صورة لسديم العنكبوت، يقع في سحابة ماجلان الكبرى، وهو أكبر مكان لتشكل النجوم في المجموعة المحلية لمجرتنا درب التبانة

لكن الدورة لا تتوقّف هنا، فخلال حياة النجم يُصدر إشعاعات ورياحًا نجمية قويّة تعمل على تشتيت الغازات المحيطة وتنظيف البيئة القريبة منه، كما تُسهم في نحت السّحب المجاورة وتشكيلها. وعندما ينفد وقوده النووي، تختلف نهاية النجم حسب كتلته: فالنجوم الصغيرة مثل الشّمس تتحوّل إلى سدم كوكبية (Planetary Nebulae) وتترك خلفها قزمًا أبيض. أمّا النجوم الضخمة فتنفجر في سوبرنوفا هائلة، تقذف في الفضاء عناصر ثقيلة مثل الحديد والكالسيوم والذهب.

هذه العناصر تثري الوسط بين النجمي، وتُعيد إليه المادة التي ستُكوّن منها أجيال جديدة من النجوم والكواكب، في دورة لا تنتهي من التكوّن والتحوّل والتجدّد، لتُعَدّ من أعظم العمليات في الكون وأكثرها روعة.



Greene (2001)

الشكل 7: مخطط يوضح مراحل تشكل النجوم.

السدم
نوافذ على الغيوم المجرية
Nebulae: Windows onto the Galactic Clouds

بقلم د. عمر نمول
وحدة البحث في الوساطة العلميّة - CERIST

عندما ننظر إلى السماء ليلًا، نرى نجومًا كنقاطٍ صغيرة من الضوء متناثرة عبر الظلام، ومع ذلك فإن بين هذه النجوم تختبئ غيوم هائلة من الغاز والغبار الكوني، إنها السُدَم (Nebula). في الحقيقة هذه التراكيب الشاسعة والرائعة بألوانها والتي تمتد أحيانًا عبر مئات السنين الضوئية ليست فراغًا بل هي القلب النابض لدورة حياة المجرّة. السُدَم أكثر من مجرد صور فلكية جميلة؛ فهي أماكن للولادة والتحوّل. في داخلها تولد النجوم، وتنمو، وتموت، لتُثري الكون بالعناصر التي تُكوّن الكواكب والمحيطات وحتى الحياة نفسها.

تُعَدُّ السُدَم بمعنى آخر مهدًا ومقبرة للكون في آن واحد. ومن خلال دراستها لا يكشف الفلكيون فقط عن كيفية تشكّل النجوم وتطوّرها، بل ينسجون أيضًا خيوط قصتنا نحن، لأن الذرات التي تكوّن أجسادنا قد صيغت في نجوم قديمة وتبعثرت في الفضاء عبر هذه الغيوم. ولكن ما هي السُدَم بالضبط؟ لفهم دورها في الكون علينا أولًا أن نتأمل مما تتكوّن هذه الغيوم الكونية وكيف تظهر لنا.

ما هي السُّدُم؟

السُّدَم هي غيومٌ هائلة من الغاز والغبار تطفو في أعماق الفضاء. وعلى عكس الغيوم التي نراها في سماء الأرض، فإن السُّدَم شديدة التخلخل إلى حدٍّ يصعب تخيُّله. ولكي تتصوّر مدى انخفاض كثافتها، يمكن مقارنتها بكثافة الهواء الذي نتنفسه، إذ تحتوي كل سنتيمتر مكعب من الهواء على نحو عشرة مليارات مليار ذرة (10^{19})، بينما لا يحتوي السنتيمتر المكعب من السُّدَم سوى على بضع عشارات الذرات تقريبًا. هذه المقارنة البسيطة تُظهر الفارق الهائل بين كثافة هواء الأرض وبين خفّة السُّدَم التي تكاد تبدو فراغًا تامًا. ومع ذلك، تمتد السُّدَم عبر مسافاتٍ شاسعة قد تبلغ مئاتٍ أو حتى آلاف السنين الضوئية، مما يجعل توهّجها وضلالها المترامية تُرى من الأرض باستخدام التلسكوبات، وأحيانًا حتى بالعين المجرّدة.

تتكوّن معظم السُّدَم أساسًا من الهيدروجين والهيليوم، وهما أخف وأكثر العناصر وفرة في الكون، مختلطةً بكميات صغيرة من العناصر الأثقل وغبار كوني دقيق. وقد يكون الغاز داخل هذه الغيوم باردًا ومظلمًا، أو مشعًا بألوان زاهية عندما تُضيئه النجوم القريبة.

وما يجعل السُّدَم مثيرة للاهتمام حقًا ليس مظهرها فقط، بل دورها المحوري: فهي اللبنات الأساسية للنجوم والكواكب. إذ يمكن أن تنهار أجزاء منها تحت تأثير جاذبيتها الذاتية فتُشعل ولادة نجوم جديدة، بينما تحمل أجزاء أخرى بقايا نجوم ميتة، لتعيد تدوير المواد في أرجاء المجرّة.

أنواع السُّدُم

ليست جميع السُّدَم متشابهة في شكلها أو سلوكها، حيث صنّفها الفلكيون إلى عدة أنواع اعتمادًا على طريقة إشعاعها ومصدرها. كل نوع من السُّدَم يروي قصة مختلفة عن حياة النجوم.

السُّدَم الانبعاثية: تتوهج هذه السُّدَم بشدة لأن غازها يتم تسخينه وتأيينه بواسطة نجوم شابة وحارة قريبة. عندها يبدأ الغاز في إصدار ضوئه الخاص، وغالبًا ما يتوهج بدرجات من الأحمر أو الوردي بسبب الهيدروجين.

السُّدَم الانعكاسية : هذه السُّدَم لا تضيء بذاتها، بل تعكس ضوء النجوم القريبة منها. وغالبًا ما تتوهج باللون الأزرق الناعم (لأن الضوء الأزرق يتناثر بسهولة أكبر).

السُّدَم المظلمة : تظهر هذه السُّدَم كبقع داكنة تحجب ضوء النجوم المرئي التي تقع خلفها. فهي مكوّنة من غبار كثيف يخفي ما وراءه، كأنها ظلال كونية.

السُّدَم الكوكبية :رغم اسمها لا علاقة لهذه السُّدَم بالكواكب. لكن الفلكيين الأوائل أطلقوا عليها هذا الاسم لأنها بدت كأقراص كوكبية صغيرة في تلسكوباتهم البدائية. في الحقيقة، هي أصداف من الغاز تقذفها النجوم في نهاية حياتها.

بقايا المستعرات العظمى: عندما تموت النجوم الضخمة بانفجارات هائلة تُعرف بـ «المستعرات العظمى «(Supernovae)، تخلّف وراءها سُدَمًا من الغاز والغبار المتمدد. هذه البقايا تنشر العناصر الثقيلة مثل الكربون والأكسجين والحديد في أنحاء المجرة.

دور السُّدُم في دورة حياة النجوم

السُّدَم ليست مجرد غيوم تنجرف بصمت في الفضاء؛ بل هي المحرّكات الحقيقية للتطور الكوني. في الواقع كل نجم تراه في سماء الليل بما في ذلك شمسنا قد بدأ حياته داخل سديم. في أعمق مناطق السديم وأكثرها كثافة، تعمل الجاذبية ببطء على جمع الغاز والغبار معًا. وعلى مدى ملايين السنين، تنهار هذه التكتلات وتزداد حرارة حتى تشتعل عملية الاندماج النووي في قلبها. عندها يولد نجم جديد غالبًا ما تحيط به بقايا من المادة على شكل قرص قد يتحوّل لاحقًا إلى كواكب وأقمار وكويكبات. ولهذا السبب تُسمّى العديد من السُّدَم «حضانات نجمية».

لكن السُّدَم ليست مجرد أماكن ولادة للنجوم؛ فهي أيضًا مثواها الأخير. فعندما تصل النجوم الأصغر حجمًا مثل شمسنا إلى نهاية حياتها، تطلق طبقاتها الخارجية إلى الفضاء مشكلةً

الشكل 1: نماذج عن بعض أنواع السدم

سُدَمًا كوكبية متوهجة. أما النجوم الضخمة فتنهي حياتها بانفجارات مستعرات عظمى، لتبعثر الغاز والعناصر الثقيلة في الفضاء وتخلّف وراءها سُدَمًا غنية بالمواد الخام اللازمة لولادة أجيال جديدة من النجوم. وبهذا الشكل تُعتبر السُّدَم جزءًا من نظام إعادة التدوير الكوني، فالنجوم تولد من غيوم الغاز والغبار، وتعيش لملايين أو مليارات السنين، ثم تعيد مادتها إلى الفضاء لتُثري المجرة بدورة جديدة من تكوين النجوم.

الصورة 2: صورة لسديم حاضن لولادة النجوم.

السُّدَم الشهيرة وحكاياتها

بعض السُّدَم أصبحت أيقونات في علم الفلك ليس فقط لأهميتها العلمية، بل أيضًا لجمالها وما تبعثه فينا من دهشة وإلهام. لنقترب من أشهر هذه السُّدَم ونتعرف على قصصها.

سديم الجبار – حضانة نجوم قريبة:

يُعد سديم الجبار واحدًا من أسطع السُّدَم في السماء، ويمكن رؤيته بالعين المجرّدة كبقعة ضبابية في كوكبة الجبار. وعلى بُعد 1300 سنة ضوئية فقط، يُعتبر حاضنة نجمية ضخمة حيث تتشكل آلاف النجوم الشابة. يدرسه الفلكيون لفهم كيفية ولادة النجوم والأنظمة الكوكبية مثل نظامنا الشمسي.

أعمدة الخلق:

ذاع صيته بفضل صور تلسكوب هابل الفضائي، إذ يحتوي سديم العقاب على «أعمدة الخلق» الشهيرة، أعمدة هائلة من الغاز والغبار تتشكل فيها النجوم. هذه الصور المدهشة أصبحت رمزًا لقوة التلسكوبات وإبداع الطبيعة معًا.

سديم السرطان – بقايا انفجار عظيم :

سجّل الفلكيون الصينيون في عام 1054 ظهور «نجم ضيف» في السماء مستعر أعظم ساطع لدرجة أنه كان يُرى في وضح النهار. اليوم نعرف بقاياه باسم سديم السرطان، وهو سحابة من الغاز تتمدد باستمرار، ويغذيها نجم نيوتروني سريع الدوران في مركزها

سديم الحلقة – وداع نجم يحتضر :

يبدو سديم الحلقة عبر التلسكوب كحلقة دخانية رقيقة تطفو في الفضاء. وهو في الحقيقة الغلاف الخارجي لنجم يحتضر، يضيء بينما ينجرف بعيدًا. يمثّل هذا السديم بالنسبة للفلكيين مصيرًا مشابهًا ينتظر نجومًا مثل شمسنا .

كيف ندرس السُّدَم؟

بالنسبة للعين المجرّدة، تبدو معظم السُّدَم غير مرئية أو تظهر كبقع ضبابية باهتة من الضوء. أما جمالها الحقيقي وبنيتها المدهشة فلا يُكشفان إلا عبر التلسكوبات. لكن التلسكوبات ليست كلها متشابهة فكل نوع منها يُظهر لنا السُّدَم بطريقة مختلفة تمامًا. فالضوء يأتي بأشكال متعددة، من الموجات الراديوية إلى الأشعة تحت الحمراء، والضوء المرئي، وصولًا إلى الأشعة السينية. وكل نوع منها يكشف جانبًا مختلفًا من السديم:

تلسكوبات الضوء المرئي (مثل تلسكوب هابل): تُظهر لنا الأشكال الملوّنة التي نراها في الصور الشهيرة. هذه الألوان عادةً تمثل توهج غازات مثل الهيدروجين والأكسجين والكبريت.

التلسكوبات تحت الحمراء (مثل تلسكوب جيمس ويب): تستطيع اختراق سُحب الغبار، لتكشف النجوم الوليدة المختبئة في أعماق السديم.

التلسكوبات الراديوية : ترصد الغاز البارد المنتشر في الفضاء، مما يساعد الفلكيين على رسم خرائط للمواد الخام التي ستكوّن النجوم.

تلسكوبات الأشعة السينية : تكشف المناطق عالية الطاقة التي تنتج عن انفجارات المستعرات العظمى والنهايات العنيفة للنجو م .

من خلال دمج هذه الرصودات معًا، يتمكّن العلماء من بناء صورة شاملة عن كيفية تشكّل السُّدَم وتطورها وإعادة تدوير مادتها في المجرة. إن الصور الحديثة التي غالبًا ما تجمع أطوالًا موجية متعددة من الضوء، ليست مجرد لوحات رائعة الجمال، بل هي خرائط علمية تساعدنا على فهم التصميم العظيم للكون.

لماذا تهمّنا السُّدَم

قد تبدو السُّدَم بعيدة وغامضة، لكنها في الحقيقة جوهر قصة الكون وقصتنا نحن أيضًا. فبدونها ما كان ليكون هناك نجوم، ولا كواكب، ولا حياة. إنها مصانع تولد فيها النجوم، ومراكز تدوير تُعاد فيها بقايا النجوم القديمة إلى الفضاء. كل ذرة كربون في أجسادنا، وكل جزيء أوكسجين نتنفسه، وكل حبة كالسيوم في عظامنا جميعها صيغت يومًا ما داخل النجوم وتحررت عبر السُّدَم. تُعد السُّدَم بالنسبة للفلكيين مختبرات طبيعية، فهي تتيح للعلماء دراسة كيفية تكوّن النجوم، وكيف تُوزّع العناصر عبر المجرّة، وكيف يتطور الكون على مدى مليارات السنين. وكل سديم يمثل «لقطة» لمرحلة من المراحل في الدورة العظيمة للمادة. لكن أهمية السُّدَم لا تتوقف عند حدود العلم. فأشكالها وألوانها ألهمت الأساطير والفنون والشعر والفلسفة من أعمدة الخلق إلى سديم الجبار المتوهج، تذكّرنا هذه الغيوم الكونية بجمال الكون وبمكاننا الذي نحن فيه.

الشكل 3: صورة لبعض التلسكوبات المستخدمة في رصد السدم. (اليمين: تلسكوب جيمس واب، الوسط: تلسكوب هابل، اليسار: تلسكوبات راديو.

مصانع كيميائية في الفضاء:

أحدث الاكتشافات عن أسرار السدم

Chemical Factories in Space

The Latest Discoveries about the Nebulae

بقلم د . جمال ميموني
وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

حكاية جمال وعنف خفي

يزخر الكون بسحب مذهلة وأثيرية تُعرف باسم السُّدَم، تمتد لمئات السنين الضوئية عبر الفضاء المجرّي الشاسع. لقرون، أسرت هذه الغيوم العملاقة من الغاز والغبار المراقبين، حيث ظهرت في صور التلسكوبات كروائع فنية ملونة وهادئة، هي لحظات السكون التي تسبق أو تلي الأحداث النجمية الهائلة.

لكن العقدين الماضيين شهدا ثورة، بفضل ضوء الأطياف المرئية عالي الدقة القادم من التلسكوب الفضائي هابل (HST)، ومؤخراً، نظرة الأشعة تحت الحمراء الثاقبة للغبار الملتقطة من تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST)، كشف الفلكيون عن حقيقة أكثر تعقيداً وعنفاً. لقد تبيّن أن هذه السدم تشهد حركية فائقة الديناميكية ومناطق حرب كيميائية، يتم نحتها بلا هوادة بفعل عمليات فيزيائية قوية ومخفية.

يكمن التحول العميق في الفيزياء الفلكية المعاصرة في فهم لماذا تبدو هذه الهياكل معقدة للغاية، كيف تؤثر بشدة على بيئاتها المجرّية، وما هي الكيمياء غير العادية التي تقوم بتخليقها. نعلم الآن أن الفوضى الظاهرة للغاز والغبار المقذوف هي في الواقع آلة كونية عالية الطاقة ومتحكم بها ببراعة فائقة. لقد تحول السر المركزي للسديم من تصنيفه الأساسي إلى محركه الميكانيكي ونتائجه الكيميائية.

الصورة 1: منطقة غنية بتشكّل النجوم، حيث يَظهر غاز الهيدروجين المتأين باللون الأحمر بفعل إشعاع النجوم الفتية، مع سحب غبار داكنة تحجب الضوء النجمي، وتضم سديم الجبار وقوس بارنارد

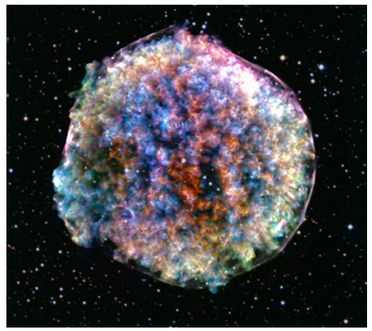
كشف لغز «الفقاعة المزدوجة»

أحد أعمق الإنجازات في أبحاث السُّدَم الحديثة يتعلق بالأشكال المعقدة والمثيرة في كثير من الأحيان والتي تميز السُّدَم الكوكبية (Planetary Nebulae - PNe)، وهي أغلفة الغاز التي تتخلص منها النجوم متوسطة الكتلة، مثل شمسنا، في أواخر حياتها.

يتنبأ النموذج النظري الكلاسيكي بأن النجم الهرم، عند التخلص من طبقاته الخارجية بلطف، يجب أن ينتج غلافاً بسيطاً وموحداً وكروياً من الغاز. ومع ذلك، تقدم الأدلة الرصدية تناقضاً صارخاً: يُظهر ما يقرب من 80% من جميع السُّدَم الكوكبية المعروفة، أشكالاً معقدة وغير كروية بشكل ملفت. تشمل هذه الأشكال تكوينات مذهلة على شكل ساعة رملية، وعُقد معقدة، ونفاثات قوية ومقيدة الاتجاه، والبنية المميزة ذات الفصين أو «ثنائية القطب» التي غالباً ما تُلقب بـ «الفقاعة

الصورة 2: سديم الفراشة (NGC 6302) وهو سديم كوكبي ثنائي القطب، يتميز ببنية الفقاعة المزدوجة الناتجة عن تدفقات مادية قوية من النجم المركزي المحتضر

الصورة 3: سديم الحلقة الجنوبية (NGC 3132) سديم كوكبي حلقي ناتج عن قذف أغلفة نجم شبيه بالشمس في مراحله الأخيرة



الصورة 4: بقايا مستعر تايكو (Tycho SNR) من النوع Ia تُظهر جبهة صدم كروية تتوسع بسرعة آلاف الكيلومترات في الثانية، دافعة المادة والطاقة إلى الوسط بين النجمي ومُشكّلة بنيته على المقاييس المجرّية

المزدوجة» Double bubble. ومن الأمثلة البارزة على ذلك، سديم الفراشة الشهير (NGC 6302) وسديم الحلقة الجنوبية (NGC 3132).

هذا التقدم الكبير للأشكال المعقدة وغير المتماثلة تحدّى على الفور نموذج النجم الوحيد. إذا كانت 80% من السُّدَم الكوكبية المرصودة غير متماثلة، فإن الآلية التي تدفع قذف الكتلة يجب أن تكون غير متماثلة بطبيعتها. التفسير الرائد، الذي تم دعمه بقوة من خلال البيانات الحديثة، هو وجود نجم رفيق، أو حتى كواكب كبيرة، تدور حول النجم المركزي المحتضر.

آلية القطبية الثنائية Bipolarity Mechanism

في نظام نجمي ثنائي، يعمل التفاعل التجاذبي كنحات رئيسي. عندما يتمدد النجم المحتضر ويتخلص من طبقاته الخارجية، تقوم جاذبية الرفيق بتوجيه الغاز إلى قرص كثيف ومسطح (طارة Torus) حول الثنائي المركزي. تعمل هذه المنطقة الاستوائية كنقطة ضغط كونية، مما يمنع الرياح النجمية اللاحقة والأسرع بكثير من التمدد بشكل موحد. بدلاً من ذلك، يتم توجيه الرياح السريعة بعنف نحو قطبي النظام، مما يؤدي إلى نفخ الفصين التوأمين المميزين، أو «الفقاعة المزدوجة». اكتشفت الدراسات الحديثة التي استخدمت تلسكوبات مثل TESS تبايناً في النجوم المركزية للسُّدَم الكوكبية يتوافق مع وجود رفيق. تم تأكيد ذلك بشكل مذهل من خلال أرصاد JWST لسديم الحلقة الجنوبية (NGC 3132)، التي كشفت أن النجم الأقل سطوعاً في المركز، والمسؤول عن قذف الغاز، مغطى بالكامل بالغبار، مما يؤكد دوره الحاسم في نحت البنية غير المتماثلة للسديم. تشير الأشكال غير الكروية للغالبية العظمى من السُّدَم الكوكبية إلى استنتاج جذري: النجوم المرافقة ضرورية لإنتاج ألعاب نارية كونية مذهلة حقاً، مما يدل على أن ما يبدو وكأنه فوضى عشوائية هو في الواقع تنظيم عنيف وهيكلي.

كيف تُشكل موجات الصدمية المجرات؟

السُّدَم ليست ظواهر بصرية فقط؛ إنها محركات عنيفة توزع المادة والطاقة عبر المجرة، وتؤثر بشكل أساسي على الوسط بين النجمي (ISM). يتجلى هذا بشكل أوضح في ديناميكيات تمدد بقايا المستعرات العظمى (SNRs)، الآثار الدراماتيكية للانفجارات النجمية الهائلة.

عندما ينفجر نجم كبير كمستعر أعظم، تُدفع الشظايا إلى الفضاء بسرعات مذهلة، مما يولد موجات صدمية Shock Waves ضخمة تحفر «فقاعات» ضخمة في الغاز المحيط. تُظهر مواد البقايا هذه، سرعات تمدد يمكن أن تصل إلى سرعة 10,000 كم/ثا. حتى سرعات المقذوفات الأولية التي تسبق الصدمة يمكن أن تتراوح من 2,400 إلى 7,100 كم/ثا.

فيزياء التسارع الكوني

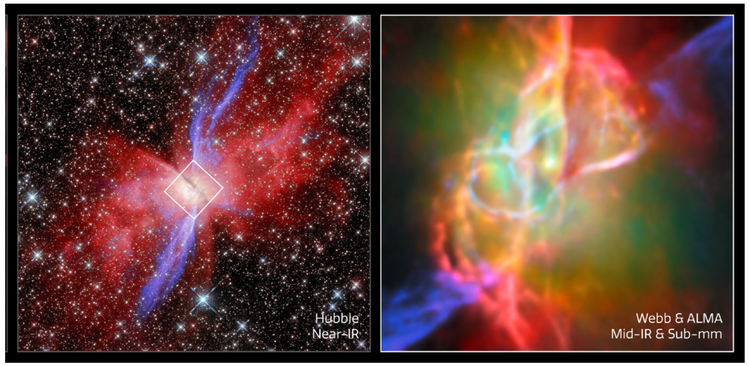
تطلّب فهم هذه السرعات القصوى تحولاً كبيراً في نمذجة الفيزياء. نظراً لأن متوسط كثافة الوسط بين النجمي منخفضة للغاية (حوالي جسيم واحد لكل سم مكعب)، فإن جبهات التمدد لا تحكمها اصطدامات الغاز كما يحدث في الغاز المثالي. بدلاً من ذلك، يتم دفع تبديد الطاقة وتوليد الإنتروبيا عن طريق التفاعلات المعقدة بين الموجة والجسيمات وعدم الاستقرار البلازمي العامل ضمن الحقول المغناطيسية للمجرة.

تخدم جبهات الصدمة القوية هذه هدفاً كونياً حاسماً: يُعتقد أنها الآلية الأساسية التي تسرّع الأشعة الكونية (الجسيمات عالية الطاقة للغاية UHECR) في جميع أنحاء مجرتنا، عبر عملية تسارع فيرمي. وبالتالي، فإن السُّدَم هي بمثابة ماصات الصدمات ومسرعات الجسيمات الطبيعية للمجرة، مما يضمن أن يظل الكون مكاناً للحركة والتغيير المكثفين وعاليي الطاقة.

منظم ولادة النجوم

توفر الطاقة الحركية بفعل هذه الأحداث تغذية راجعة (Feedback) قوية في الوسط بين النجمي، وهي عملية أساسية لتنظيم التطور المجرّي. تساهم النجوم الهائلة طوال حياتها من خلال الرياح النجمية القوية، مما يخلق «فقاعات رياح» ضخمة، جنباً إلى جنب مع انفجارات المستعرات العظمى اللاحقة، تجرف الوسط بين النجمي. تشير النماذج الهيدروديناميكية إلى أن الرياح الثابتة للنجوم الهائلة يمكن أن ترسب طاقة حركية تعادل ضعف طاقة انفجار مستعر أعظم واحد.

هذا التحريك المستمر وضخّ الطاقة أمر حيوي لأنه يساعد في الحفاظ على حركة السحب بين النجمية، ومقاومة تأثيرات الجاذبية ومنع الانهيار التجاذبي الجامح. عن طريق ضخ كمية الحركة في الوسط بين النجمي البارد، يساعد النشاط



الصورة 5: مقارنة بين رصد هابل لسديم الفراشة في الأشعة القريبة من تحت الحمراء (يسار) ورصد JWST وALMA في الأشعة تحت الحمراء المتوسطة وتحت المليمترية (يمين)، تُظهر البنية الديناميكية المعقّدة للسديم وتوزيع الغبار والجزيئات داخل بيئة غنية بالأكسجين

السديمي في تنظيم وتيرة تشكل النجوم الجديدة عبر المجرة. يعمل السديم، في تمدده العنيف، كحارس بوابة ديناميكي، موازناً الانهيار التجاذبي بالمقاومة الحركية الضرورية.

صياغة جزيئات الحياة

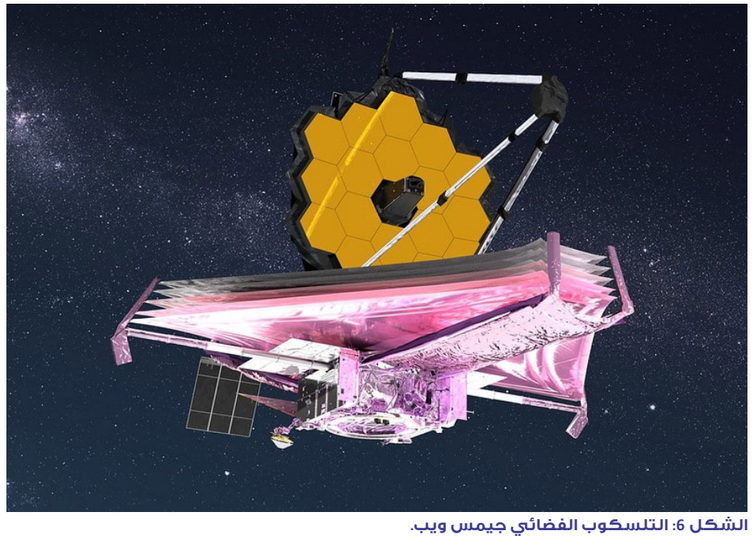
تدور الاكتشافات الأحدث وربما الأعمق المتعلقة بالسُّدَم حول كيميائها المعقدة والمدهشة. لقد اخترقت تلسكوبات مثل JWST، القادرة على الرصد في عمق طيف الأشعة تحت الحمراء، الغبار الحاجب لتكشف أن هذه السحب هي مفاعلات كيميائية أكثر نشاطاً بكثير مما كان متصوراً في السابق.

كان يُفترض سابقاً أن بيئات معينة فقط، ذات درع كثيف وغنية بالكربون، يمكن أن تعزز توليد الجزيئات العضوية المعقدة. ومع ذلك، تكشف أرصاد السُّدَم الكوكبية عن مخزون جزيئي غني بشكل مدهش، بما في ذلك أنواع مثل سيانيد الهيدروجين (HCN) والميثيل سيانيد (+CH3).

مركّبات عضوية في أماكن غير متوقعة

ركز الإنجاز الرئيسي على الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات (PAHs)، وهي جزيئات معقدة قائمة على الكربون وسلائف لبنات بناء الحياة التي تخزن جزءاً كبيراً من كربون الكون. لقد جاء اكتشاف ثوري من صور JWST لسديم الفراشة (NGC 6302) مع الكشف عن الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات وكاتيون الميثيل CH_3^+. كان هذا أمرا مذهلاً لأن سديم الفراشة هو بيئة غنية بالأكسجين، حيث توقعت النماذج أن يثبط الأكسجين تكوين المركبات العضوية المعقدة. يثبت الكشف أن التوليد العضوي اللاأحيائي abiotic organic synthesis أكثر كفاءة مما كان يُعتقد سابقاً، حيث يتشكل في الموقع ضمن البيئة الديناميكية للسديم. تشير هذه القدرة على توليد المواد العضوية إلى أن التركيب الكيميائي للكون أكثر تعقيداً بشكل كبير، مما يعزز مخزون المواد ما قبل الحيوية المتاحة للأنظمة الكوكبية الجديدة. إن الاحتضار الناري الأخير للنجم لا يبعثر الغبار الخامل فحسب؛ بل إنه يُشكّل بنشاط الجزيئات الأساسية للحياة.

مختبرات الكون ومصدر تجددنا



الشكل 6: التلسكوب الفضائي جيمس ويب.

تؤكد قصة السديم بجمالها الشّبحيّ وعنفها الخلّاق، التي أعيدت كتابتها بشكل دراماتيكي من خلال أرصاد العقدين الماضيين، على وجود كون ديناميكي للغاية ومترابط بعمق. بفضل القوة المجمعة لأدوات مثل هابل وJWST، التي سمحت للفلكيين بالانتقال من استكشاف الملامح الظاهرية للسُّدَم إلى فهم آلياتها الداخلية، تحدد ثلاثة اكتشافات أساسية علم السُّدَم الحديث: إنها نتاج ميكانيكا مدارية دقيقة تشمل نجوماً مرافقة، مما يقلب تصوراتنا التقليدية عن الموت النجمي رأساً على عقب. ثانياً، أدركنا أن الديناميكيات تقود البيئة المجرّية؛ فالسدم ليست مشاهدَ ساكنة، بل هي منظمات الطاقة المطلقة للمجرة، حيث تعمل جبهات الصدمة عالية السرعة كمحركات لتسريع الأشعة الكونية وضخ الطاقة الحركية الحيوية في الوسط بين النجمي، مما ينظم دورة حياة النجوم نفسها. ثالثاً، تأكد لنا أن كيمياء السدم قوية ومفاجئة؛ فهي مصانع كيميائية فعالة بشكل مدهش، قادرة على تخليق السلائف العضوية المعقدة للحياة في أكثر الظروف قسوة.

في النهاية، تذكرنا هذه السدم بحقيقة كونية: كل ذرة كربون وأكسجين وكالسيوم في أجسادنا تمت صياغتها يوماً ما داخل نجم ثم تناثرت في الكون عبر هذه السحب الملونة والعنيفة.

علم الفلك المخبري

وتمركزه في علوم وسط ما بين النجمي

Laboratory Astrophysics: Its Role and Central Importance in Interstellar Medium Studies

هل سألت نفسك كيف يمكننا معرفة ما إذا كانت دراساتنا لوسط ما بين النجوم هي دراسات صحيحة؟ الحقيقة هي أنه في العلم الحديث يجب أن يتم التأكد من أي معلومة أو نموذج تجريبيا قبل أن يتم الأخذ بصحته. ولهذا، فإن دراستنا للوسط بين النجمي لا تقام فقط بالرصد، بل نستعين أيضاً بعمل نماذج نظرية، ونتأكد منها تجريبيا لفهم ظواهر ومكونات الوسط بين النجمي. كل هذا يتم في حلقة مترابطة أين يتم دفع معارفنا في هذا المجال بطريقة مكملة لبعضها البعض.

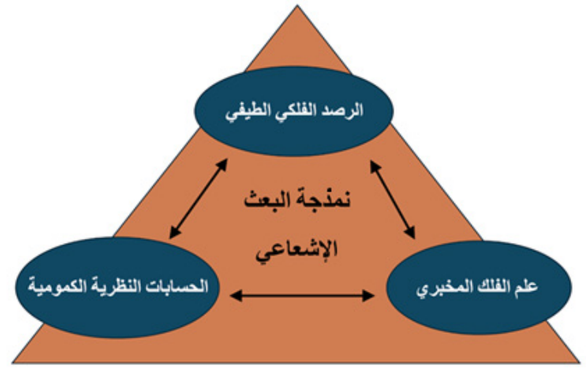
بقلم د .حمزة لبيض

NQCC & RAL - Oxford - المملكة المتحدة

عند رصد مناطق معينة في الوسط بين النجمي بهدف الدراسات العلمية البحثية، لا نرصد فقط شدة وكمية الضوء، بل نرصد إشارات طيفية معقدة. هذه الإشارات عبارة عن منحنيات لشدة الضوء في أطوال موجية مختلفة، وهي تحمل الكثير من المعلومات حول منطقة الرصد، مثل نوع العناصر الموجودة (ذرات وجزيئات) وأيضا معلومات مهمة جداً عن ذلك المحيط مثل درجة الحرارة وكثافة المحيط. هذه الإشارات تعتبر كنوزا علمية حقيقية ولكن هذه الكنوز لها مفاتيح تفتح فقط بفك ألغاز علمية كثيرة متشابكة، فهي تأتينا بكمية معلومات كبيرة متداخلة ومعقدة جداً.

فك شيفرات هذه الإشارات يبدأ بعمل الراصدين والمتخصصين في مجال نمذجة الإشارات للوسط بين النجمي، بمحاولة معرفة المكونات والظروف الفيزيائية لمنطقة الرصد انطلاقا من معلومات متاحة يمكن تأكيدها بثقة كبيرة. ولكن تقريبا من المستحيل فهم كل أجزاء الإشارات التي نرصدها مباشرة، فلهذا هذه النماذج (المبنية أساسا على معارف في الفيزياء الذرية والجزيئية وتسمى نماذج النقل أو البعث الإشعاعي) تكون غير قادرة على إعطاء معلومات حول بعض أجزاء الإشارات، إما بسبب التعقيد الناتج عن التداخل الكبير بين الإشارات، وإما بسبب الإشارات الخافتة جداً، أو أيضاً نتيجة قصور النموذج من الناحية العلمية، وهنا نقصد أساسا مدخلات النموذج من ناحية الثوابت الفيزيائية المختلفة في الذرات والجزيئات، وأيضاً مختلف الميكانيزمات الفيزيائية الكيميائية التي يمكن أن تحدث.

هنا نصل إلى دور المتخصصين في مجال الحسابات النظرية للأنظمة الذرية والجزيئية المعزولة، إذ يعتمدون نمذجة مبنية على ميكانيك الكم، لمحاولة الحصول على ثوابت ومقادير فيزيائية بدقة كبيرة للبنية الطاقوية أساسا لمختلف الذرات والجزيئات، سواء لما تكون معزولة أو عند تفاعلها أو اصطدامها مع عناصر أخرى. هنا يمكن أن يتساءل القارئ: ولماذا وصلنا إلى ميكانيك الكم والبنية الطاقوية؟ الإجابة عن هذا السؤال موجودة في الأسطر القليلة الماضية، فقد ذكرنا أننا في رصدنا للوسط بين النجمي نرصد إشارات ضوئية، وهي عبارات عن فوتونات تأتي أساسا عن طريق انتقالات طاقوية للذرات والجزيئات تحت تأثير الحرارة أو تصادمات أو تفاعلات باعثة للطاقة، وهذه كلها ميكانيزمات كمومية تحتاج إلى فهم ميكانيك الكم، العلم الوحيد الذي يمكنه أن يصف طبيعتها. لكن، هل نقبل أي نتيجة يصل إليها المتخصصون في النمذجة الكمومية للأنظمة الذرية والجزيئية؟ طبعا لا، فكما ذكرنا سابقا فإن أسس العلم التجريبي الحديث تفرض التحقق من النماذج النظرية تجريبياً لتأكيد صحتها، وهنا نصل إلى الدور الهام لعلم الفلك المخبري بشقّيه، الفيزياء والكيمياء.



الشكل 1: مخطط تبسيطي لحلقة التغذية الراجعة المتكاملة لعلوم وسط ما بين النجوم

تُعَدّ الفيزياء والكيمياء الفلكية المخبرية فرعًا حديثًا نسبيًا من العلوم يجمع بين الفيزياء والكيمياء وأحدث التقنيات التجريبية المتطورة، بهدف دراسة الظواهر التي تحدث في الفضاء ولكن ضمن بيئة متحكم فيها في مختبر فلكي مخبري على الأرض.

وبما أنّ الوسط بين النجمي يتميّز بظروف فيزيائية وكيميائية بالغة التطرف مثل درجات الحرارة المنخفضة جدًا (أو العالية جداً) وكثافات غازية شبه معدومة، وفي بعض الأحيان إشعاعات عالية الطاقة، فإنه يتعين دائما على باحث علم الفلك المخبري إعادة إنتاج هذه البيئات تحت ظروف الوسط بين النجمي والمتمثلة أساسا في درجة الحرارة منخفضة أو مرتفعة جداً متحكم فيها. وأيضا إجراء التجربة في غرفة فراغ عالي مخبري، بما يُمكّن من توفير عامل العزل للذرات أو الجزيئات والظاهرة التي نريد دراستها، وبالتالي الحصول على بيانات دقيقة ونوعية.

توفر هذه التجارب القيم المدخلة الضرورية للنماذج النظرية التي تحاكي الوسط بين النجمي والمتمثلة أساسا في نماذج النقل الإشعاعي.

إنّ أهمية هذا المجال تكمن في أنّ البيانات المخبرية هي المرجع الموثوق الذي يسمح لعلماء الفلك بتفسير الأطياف المرصودة بالتلسكوبات، وفهم العمليات الكيميائية والفيزيائية التي تحكم تطور السحب الجزيئية والمناطق المكوّنة للنجوم، ومن دون هذا الركن الثالث، أي التجربة المخبرية، يظل الربط بين الرصد والنظرية ناقصًا.

ولكن، ماذا يحدث لو لم نمتلك بيانات مخبرية لسبب أو آخر؟ الحل هنا هو القبول بأحسن النتائج النظرية في النمذجة والحسابات الكمومية استنادا على رصانة الدراسة وتأييدها في المجتمع العلمي، إذ يتم تبنيها مؤقتا في قاعدة بيانات المدخلات في نماذج النقل الإشعاعي (إلى حين التحقق منها تجريبياً). ولكن كما ذكرتُ سابقا، هذه الخطوة تبقى خطرة ويمكن أن تؤثر على دقة النتائج لأن النمذجة الكمومية للجزيئات معقدة جداً، وأي جزيء تزيد عدد ذراته عن ذرتين أو ثلاث، تصبح معه عملية النمذجة الكمومية معقدة جداً ويصعب معرفة دقتها. في الجانب الآخر، فإن بعض الأنظمة الجزيئية لا يمكن الاقتراب من دراستها نظريا بميكانيك الكم لتعقيدها البالغ، ولهذا يتم اللجوء إلى تجارب (إن أمكن) والحصول على البيانات واستعمالها مباشرة من دون مقارنتها مع نظيرتها النظرية.. لكن في الأخير تبقى تلك الأعمال التي تتم فيها مقارنة الحسابات النظرية الكمومية (أو أحيانا شبه كمومية كلاسيكية) مع التجربة المخبرية، الأفضل ومصدرا للبيانات الأكثر موثوقية.

فيما سيأتي، سنتطرق بسرعة إلى أهم مكونات الوسط بين النجمي، وتحديات هذا العلم عموما ومساهمة علم الفلك المخبري في مجابهتها.

الوسط بين النجمي: التعقيد والتحديات

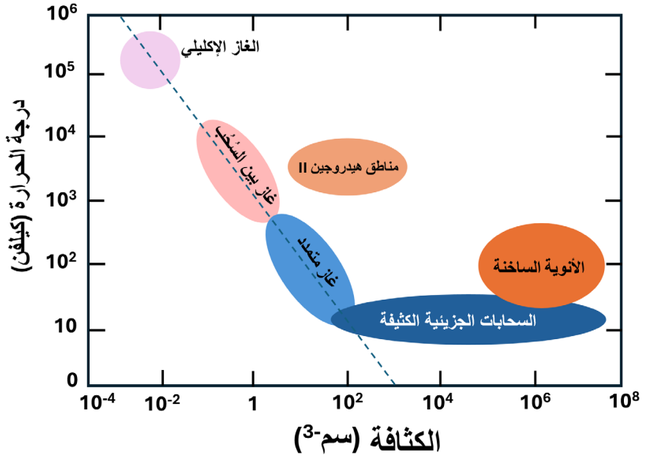
الوسط بين النجمي هو المادة التي تملأ الفراغ بين النجوم في المجرات. يتكون من غازات متأيّنة وذرية وجزيئية، إضافةً إلى الغبار الكوني. يمكن تقسيمه إلى عدة أطوار، أو عدة مكونات. تختلف التصنيفات ولكن أكثر التصنيفات تبنيا من طرف الوسط العلمي هو تصنيف مكوناته بناءً على أهم متغيرين فيه، درجة الحرارة والكثافة الجزيئية. الرسم البياني (الشكل 2) التالي يمثل هذه المكونات.

اختلاف العناصر الذرية والجزيئية تحت ظروف مختلفة من درجة الحرارة والكثافة وأحيانا الإشعاع المؤين، يؤدي إلى الكثير من الاختلاف ودرجة التعقيد في الإشارات التي نرصدها. إذ أن الأرصاد الفلكية لهذا الوسط تواجه مشكلات متعددة: خطوط الطيف غالبًا متداخلة وصعبة التمييز، قواعد البيانات الجزيئية في نماذج البعث الإشعاعي غير مكتملة، كما أن التلسكوبات مهما بلغت دقتها تعطي إشارات تحتاج دائمًا إلى تفسير. أما من الجانب النظري، فإن بناء شبكة كيميائية دقيقة يتطلب قيمًا لمعدلات التفاعلات، طاقات الترابط، مقاطع التصادم، وخصائص الغبار. غياب هذه المعطيات يؤدي إلى نماذج غير دقيقة أو متناقضة مع الرصد الفلكي للإشارات.

دور الفيزياء الفلكية المخبرية في دراسة الوسط بين النجمي

المطيافية: تُعَدّ دراسة الأطياف الذرية والجزيئية في المختبر حجر الأساس لفك رموز الأشعة المرصودة. على سبيل المثال، تمكّنت مراصد مثل ألما (ALMA) وجيمس ويب (JWST)، من التعرف على جزيئات عضوية معقدة في السحب الجزيئية بفضل بيانات مخبرية دقيقة لانتقالات هذه الجزيئات. من دون هذه القيم، لبقيت الكثير من الخطوط الطيفية غير معرّفة.

معدلات التفاعلات الكيميائية: في درجات حرارة الوسط بين النجمي المنخفضة (10–100 كلفن)، تسلك التفاعلات الكيميائية سلوكًا يختلف كليًا عن نظيراتها الأرضية خاصة لتأثير مفعول النفق الكمومي، وتداخلات كمومية تسرع أو تبطئ التفاعلات أكثر مما نعتقد. لذا تُجرى في المختبرات تجارب عند درجات حرارة وكثافة شديدة الانخفاض لتحديد معدلات التفاعلات الأيونية والجزيئية. هذه النتائج تدخل



الشكل 2: مكونات الوسط البين نجمي

مباشرة في شبكات النمذجة الكيميائية. المعدلات الطاقوية للتصادمات: الكثير من الجزيئات والذرات عند تصادمها لا تتفاعل لتنتج مواداً جديدة، بل يحصل تفاعل هو تفاعل فيزيائي بحت أين يحدث نقل طاقوي من عنصر إلى عنصر، أو إعادة توزيع لطاقات العنصرين. بما أننا نتكلم عن طاقات الجزيئات، فهي طاقات كمومية، لهذا يجب دراسة هذه الظاهرة بالتقنيات التجريبية التي يمكنها تحقيق الدقة الكمومية في القياس.

الغبار والسطوح الصلبة: الغبار الكوني هو مادة صغيرة جداً حجمها يتراوح ما بين الميكرومتر إلى المليمتر، وهو ليس مجرد جسيم خامد، بل هو سطح فعّال يحفّز التفاعلات الكيميائية ويحدد ميزات الامتصاص والإصدار في الأشعة تحت الحمراء. من خلال تحضير نظائر مخبرية لسيليكات أو جزيئات عطرية متعددة الحلقات (PAHs)، يمكن مقارنة نتائج الامتصاص الطيفي بما يُرصد من السدم المضيئة والمظلمة. كما تسمح التجارب على الأسطح المغطاة بالجليد بفهم تكوين جزيئات مثل الماء والأمونيا والميثانول والجزيئات المعقدة عموما في الفضاء.

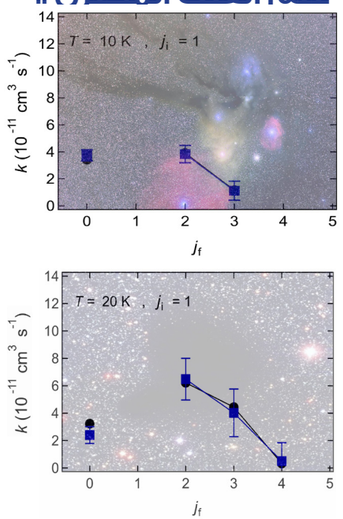
كيف تتم هذه التجارب المخبرية؟

القاعدة والأساس الأول في هذه التجارب هو خلق بيئة أو محيط يحاكي المحيط الفضائي في الوسط بين النجمي، وهنا نقصد أساسا درجة الحرارة و/أو الكثافة، وهي كما ذكرنا سابقا ظروف متطرفة تتطلب تقنيات مخبرية متقدمة للتحكم في الضغط لمحاكتها والتحكم فيها بدقة عالية، هذا يضمن في كثير من الأحيان توفير عامل العزل لدراسة الظاهرة المرجوة. وفي بعض الاحيان نلجأ إلى تقنيات أخرى أيضاً لتوفير العزل اللازم. بعد خلق البيئة المثالية، نحتاج إلى محاكاة ماذا يحدث بالضبط، سواء تصادمات، أو تكوين الجزيئات وغيرها، وهنا يتم أساسا إدخال العناصر التي نريدها بطريقة متحكم فيها من ناحية الكمية، والتدفق مثلاً وبطريقة خالية من الشوائب، وهنا تبدأ التفاعلات تحدث.

لقياس شدة وفعالية التفاعلات وتطورها مع الزمن، نستعمل مختلف التقنيات الحديثة بالغة الدقة (يمكن أن تكون أجهزة ليزر خاصة، مفككات الأطياف، أجهزة قياس الكتل الذرية أو الشحن الكهربائية، أجهزة قياس الانبعاثات الفوتونية، أجهزة قياس السرعة.. إلخ)، وفي أغلب الأحيان تقوم مختلف المخابر باختراع أجهزتها وتقنياتها الخاصة لدراسة مختلف الظواهر، بحيث أن كل تقنية في مختبر ما، يمكن أن تعطي معلومات مختلفة ومكملة لتقنيات أخرى في مختبر آخر، وهذا من أوجه جمال وتكامل النشاط العلمي بين مختلف المخابر، والاستفادة من اختلاف وجهات النظر، اختلاف الاهتمام العلمي، وأيضا تباين الخلفيات العلمية والتكنولوجية لمختلف الباحثين.

عندما يتم الحصول على النتائج، عادة ما يتم نشرها ومقارنتها مع النتائج النظرية إن كانت موجودة، وعموما، تتم مناقشتها في مختلف المؤتمرات العلمية، قبل أن يتم الأخذ بها والوثوق بها لجعلها مدخلات نماذج الشبكات الكيميائية أو البعث الإشعاعي اللازمة لتفسير إشارات الرصد الفلكي.

علم الفلك المخبري.. علم مهم جداً



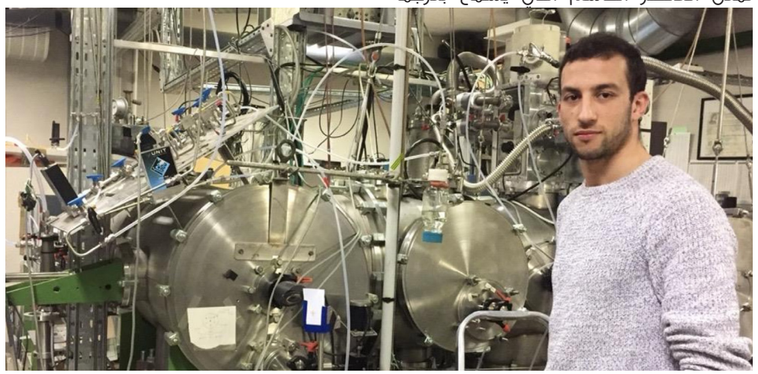
الشكل 2: حقوق الصورة: صور الخلفية للسُّدُم من مرصد ESO-VLT لسديم Barnard 68، ومن J. Foster لمُركّب سُحب Rho Ophiuchi. البيانات مأخوذة من Labiad وآخرين، Physical Review A، المجلد 105، العدد 2، L020802.

لقد أصبح واضحًا أن فهم الوسط بين النجمي لا يمكن أن يكتمل بالاعتماد على الرصد أو النمذجة النظرية وحدهما. فالبيانات المخبرية تمثّل العنصر الحاسم الذي يسمح بترجمة الأطياف المرصودة إلى خصائص فيزيائية وكيميائية دقيقة، كما تزود النماذج النظرية بالقيم الضرورية لتحقيق مصداقيتها. وهذا في الحقيقة يعكس دورا مهما في العلوم الأساسية، إذ أن علم الفلك المخبري يساهم في التحقق من الحسابات والنماذج النظرية ويعمل على تصحيحها، وبذلك فهذا العلم يعتبر سلاحا ذا حدين: يحسّن من فهمنا للكون والوسط بين النجمي، ويدفع العلوم الأساسية نحو مستوى أكثر دقة.

الفيزياء والكيمياء الفلكية المخبرية إذن، ليست مجرد مجال مساعد، بل هي الركيزة الثالثة في بناء معرفتنا بالكون. ومن خلال التعاون الوثيق بين الرصد، التجربة، والنظرية، سنقترب أكثر من رسم صورة متكاملة لتاريخ الوسط بين النجمي ودوره في نشأة النجوم والكواكب، وبالتالي فهم أعمق لأصل الحياة نفسها.

تحديات المستقبل

تتجه الاستكشافات والأبحاث في مجال الوسط بين النجمي نحو التركيز على فهم أعمق للأوساط التي تحوي الجزيئات المعقدة، إذ أننا نحاول معرفة وجودها وفهم طريقة تكوينها أيضاً على حد سواء، بما يساعدنا على فهم أحسن لتكوّن اللبنات الأولى للحياة أو البيئات التي سهلت وجود الحياة. وجود تلسكوب جيمس ويب الفضائي وأيضاً مختلف التلسكوبات الراديوية التداخلية في الأرض (مثل المصفوفة الأرضية المربعة SKA)، يمنحنا فرصا ثمينة جداً لالتقاط إشارات الجزيئات المعقدة في المجال تحت الأحمر المتوسط والبعيد والمجال الراديوي، وهذا سيدفع في نفس الوقت بالحاجة الملحة لتفسيرها، إذ توجد حاليا الكثير من الإشارات غير المفهومة، وفي بعض الأحيان ألغاز ذات صفات متناقضة لم نفهمها لحد الآن، وسيكون لعلم الفلك المخبري الدور الحاسم في فهمها.



د. حمزة لبيض في مختبر فيزياء فلكية مخبرية في جامعة ران بفرنسا. من أعماله أنه قام مخبريا ببناء تجربة لقياس طاقات التصادم بين جزيئي الهيدروجين H2 وأكسيد الكربون CO، أهم مكونين وأكثرهما وجودا في وسط ما بين النجوم، أي أكثر عنصرين تصادما مع بعضهما. الظاهرة المسؤولة عن الانبعاث الناتج عن أكسيد الكربون وأيضاً الميكانيزم المسؤول عن التبريد المساعد في أولى مراحل تكوين النجوم، والتي سمحت بتحديد مدخلات ذات دقة مطلقة لأول مرة حول ثاني أهم مكون في وسط ما بين النجوم. الدراسة تمت في الحالة المثالية لخلق البيانات، أين تتم مقارنة النتائج التجريبية مع الحسابات الكمومية. التجارب تطلبت تتبع التفاعلات على مستوى النانوثانية لمختلف المستويات الطاقوية الكمومية.

حوار مع إيوين فان ديسهوك عالمة الفلك الهولندية والرئيسة السابقة للاتحاد الفلكي الدولي

عالِمة السدم والوسط بين النجمي

An Exclusive Interview with Ewine van Dishoeck, a World Expert on Interstellar Medium

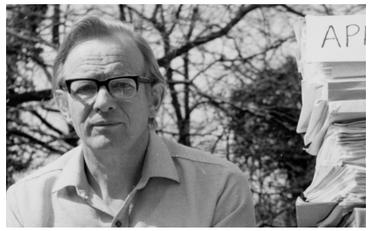
حاورها: جمال ميموني وحمزة لبيض

نرحب بك ضيفة لمجلة الشهاب العلمي. في البداية هلّا أطلعتِ القراء من هي إيوين فان ديسهوك؟ وكيف بدأ اهتمامها بالفيزياء الفلكية؟

في الحقيقة، دخولي لعلم الفلك كان صدفة. ما أحببته حقًا هو علم الجزيئات. معلمة الكيمياء في الثانوية كانت ممتازة، بينما لم يكن معلم الفيزياء بنفس المستوى، مما يوضح أهمية المعلّمين. بدأت دراستي الجامعية في الكيمياء، واكتشفت أنني أحب الفيزياء أيضًا. كنت أعمل في الكيمياء الكمّية، على دراسة تفكك الجزيئات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، لكن أستاذي توفي، وفي هولندا لا يمكن متابعة الدكتوراه دون مشرف. نُصحتُ بالبحث عن مكان آخر. حينها كان صديقي (زوجي الآن) يدرس الفلك. قال لي: «أتعلمين؟ هناك جزيئات أيضًا في الفضاء، لماذا لا تدرسين كيمياء ما بين النجوم؟». تواصلت مع الخبير ألكسندر دالغارنو Alexander Dalgarno في جامعة هارفارد، ودعاني إلى مختبره لمدة نصف عام. بعدها حصلت على وظيفة في هولندا تجمع بين الفلك والكيمياء لأكمل الدكتوراه. تدريجيًا انتقلت من الكيمياء إلى الفلك أكثر فأكثر. اكتشفت أن الرصد الفلكي ممتع ومثمر. جذوري تعود للكيمياء، لكني أصبحت عالمة فلك.

هل كان لديكِ اهتمام بعلم الفلك الهوي؟ هل سبق لكِ أن نظرتِ عبر تلسكوب أو مارستِ ذلك النوع من الفضول الفلكي في سن مبكرة؟

ليس كثيرًا. في المدرسة الابتدائية، كانت إحدى صديقاتي ابنة الفلكي الهولندي هانك فان دي هولست – Van de Hulst (تنبأ بخط 21 سم للهيدروجين). كان يعيش في المرصد القديم في لايدن. خلال حفلات الأطفال، كنا نلعب داخل القباب وبين التلسكوبات. كانت أول مرة أرتاد فيها مرصدًا، لكن بطريقة طفولية. لم أنظر عبر تلسكوب صغير وأقرر أن هذا ما أريد. جاء الإحساس لاحقًا، عندما بدأت أنظر إلى سماء الليل وأتأمل المناطق المظلمة، رغم ندرتها في هولندا بسبب التلوث الضوئي. حين قال لي زوجي ذات مرة: «ارفعي نظرك إلى السماء»، بدأت أقدّر جمالها حقًا.



الفلكي فان دي هولست (Van De Hulst).

عندما ننظر للسماء ليلًا نرى النجوم، لكننا غالباً ما نُغفل المادة التي تمتد بينها وهي الوسط بين النجمي. هذا الوسط ليس فراغاً بل غاز شديد التخلخل مع غبار كوني، وهو المادة الخام لتكوين النجوم والكواكب والوسيط الناقل للطاقة والعناصر عبر المجرة. لكن لنبدأ بالأساس: ما هو الوسط بين النجمي بالضبط، وما مكوناته، ولماذا هو أساسي لفهم مكونات المجرة وتطورها؟

نعم، أنت محق تمامًا. عندما ينظر الناس إلى السماء ليلًا، يوجهون أنظارهم نحو النجوم، لكن قلّة تفكر فيما يوجد بينها. يقول الناس إنه فراغ. في الحقيقة، المناطق بين النجمية ليست فارغة، بل مملوءة بغاز خفيف جدًا شديد التخلخل. بالمتوسط، هناك ذرة واحدة فقط في كل سنتيمتر مكعب! للمقارنة، في

تمثيل فني لمجرة حلزونية يُظهر توزيع الغاز والغبار في الوسط بين النجمي.

البروفيسور إيوين فان ديسهوك

هي عالمة هولندية ذات شهرة عالمية، متخصصة في الفيزياء الفلكية الجزيئية، والرئيسة السابقة للاتحاد الفلكي الدولي (IAU) من 2018 إلى 2021. تتخذ الأستاذة فان ديسهوك من مرصد لايدن مقراً لها، وتُعد رائدة بارزة في مجال الكيمياء الفلكية، حيث تُكرّس جهودها للكشف عن العمليات الفيزيائية والكيميائية التي تحكم تكوُّن النجوم والكواكب والجزيئات العضوية الضرورية للحياة في المناطق الباردة والكثيفة من الوسط بين النجمي. وقد أكسبتها إسهاماتها العميقة في هذا المجال اعترافاً دولياً، بما في ذلك جائزة كافلي Kavli المرموقة في الفيزياء الفلكية. علاوة على أبحاثها الرائدة، أظهرت ديسهوك التزاماً راسخاً بالتطوير العلمي العالمي، لا سيما من خلال تعزيز شراكات قوية مع هيئات إقليمية مثل الجمعية الفلكية الأفريقية (AfAS).

Professor Ewine van Dishoeck

Is a world-renowned Dutch scientist specializing in molecular astrophysics and a former President of the International Astronomical Union (IAU) from 2018 to 2021. Based at the Leiden Observatory, Professor van Dishoeck is a leading pioneer in astrochemistry, dedicating her research to uncovering the physical and chemical processes that govern the formation of stars, planets, and the organic molecules essential for life in the cold, dense regions of the interstellar medium. Her profound contributions to the field have earned her international recognition, including the prestigious Kavli Prize in Astrophysics. In addition to her groundbreaking research, she has demonstrated a strong commitment to the advancement of global science, particularly through fostering robust collaborations with regional organizations such as the African Astronomical Society (AfAS).

هواء الغرفة يوجد نحو 3×10^{19} جزيء في السنتيمتر المكعب. حتى في فراغ المختبرات فهو شديد التخلخل، يظل هناك تقريبًا مئة مليون جزيء. الغاز بين النجمي أخف من ذلك بدرجات لا تُصدّق، عندما تتكون تجمعات أكثر كثافة قليلًا، نسميها سُحبًا. «السحابة الكثيفة» الفلكية أكثر فراغًا مما نسميه على الأرض «فراغًا شديد التخلخل»!

إذن، أول ما يجب إدراكه هو مدى الفراغ الشديد في الوسط بين النجمي (ISM)، ومع ذلك فهو ليس فراغًا تامًا. هذا الغاز يتكون في معظمه من الهيدروجين المتكون منذ الانفجار العظيم ومعه بعض الهيليوم (غاز خامل لا يشارك كثيرًا في التفاعلات). لذلك يركّز الفلكيون على عناصر الكربون، النيتروجين، والأكسجين وهي موجودة بنسب صغيرة جدًا، بضعة أجزاء في الألف مقارنة بالهيدروجين. الوسط بين النجمي له أطوار متعددة وهي مناطق حارّة تصل لمليون درجة، مناطق دافئة (عشرة آلاف درجة) تظهر كالسدم في الصور، ومناطق باردة جدًا.

إذن، ربما لهذا السبب استغرق اكتشاف الغبار والجزيئات كل هذا الوقت؟

نعم. إلى جانب الغاز، يحتوي الوسط بين النجمي على جزيئات صغيرة جدًا من الغبار بين النجمي (Interstellar Dust Grains) ، تتكون أساسًا من السيليكات والمواد الكربونية. هذا ما يجعل السحب المظلمة تظهر داكنة. عند النظر إلى مجرة درب التبانة، ترى نجومًا كثيرة وبقعًا مظلمة. تلك البقع هي سحب غبارية كثيفة، تمتص وتُشتت الضوء المرئي الذي تلتقطه أعيننا. يشبه ذلك ما يحدث في المقاهي المليئة بالدخان قديمًا، حيث تعيق الجسيمات الرؤية. هذا مثال يوضّح كيفية إحساسنا بوجود تلك السحب المظلمة . بالفعل، استغرق الأمر وقتًا طويلًا حتى أدرك الفلكيون أن الفضاء ليس فارغًا. اكتُشف الوسط بين النجمي أول مرة سنة 1904. أما الغبار الكوني، ففي 1930.

تُقدّم الفيزياء الفلكية الجزيئية منظوراً فريداً، فبينما يركز الفلك التقليدي على النجوم وتفاعلاتها النووية، يكشف هذا التخصص عن عالم كيميائي غني بالجزيئات في الفضاء، لاسيما في الوسط بين النجمي. وتخصّصك يقف على الحدود بين الفلك والكيمياء، مجالان لم يكن أحد يتوقّع أن يجتمعا.. فدعينا ننتقل إلى أبرز مظاهر هذا الوسط: السُدَم. كيف تُصنَّف، وما علاقتها بالوسط بين النجمي، وما خصائصها المميزة؟

عندما شوهدت هذه السُدَم لأول مرة من قِبل ويليام هيرشل (William Herschel) وآخرين منذ قرون، دار جدل واسع حول ماهية هذه البُقع الضبابية في السماء. في ذلك الوقت، لم يكن معروفًا إن كانت مناطق من الغاز والغبار تتأين وتصدر ألوانًا، أم شيء آخر. «سديم أندروميدا» كان مثالًا ونعرف الآن أنه مجرة كاملة.

مع تطور المراصد، أصبح التمييز ممكنًا. كانت المراصد تلتقط الضوء المرئي فقط، باستخدام مرشحات تسمح بأطوال موجية محددة، مثل إشعاع الهيدروجين المؤين خط H-alpha، وخطوط عناصر مؤيّنة أخرى. بهذه الطريقة، أنتجت صور ملونة مذهلة. الألوان حقيقية، تُصدرها السحب الغازية عندما تُؤيّن ذراتها بفعل النجوم الفتية التي تبعث إشعاعات فوق بنفسجية قوية. كما يمكن رؤية الضوء المتناثر، خصوصًا باللون الأزرق المنعكس عن حبّات الغبار. العديد من هذه السُدَم مواقع لتشكل نجوم جديدة، بينما يُمثّل بعضها بقايا انفجارات مستعرات عظمى، حيث يتعرّض الوسط بين

مجرة أندروميدا والتي كانت تعتبر سديما.

النجمي لصدمة عنيفة ويصدر إشعاعًا مرئيًا. سديم السرطان مثال على ذلك.

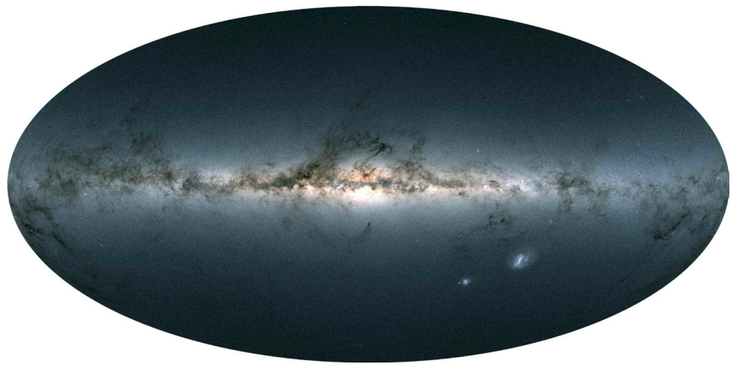
في سياق حديثنا عن أنواع السُدَم، يجدر التطرق إلى السُدَم الكوكبية

صحيح. بالإضافة إلى سدم المستعرات العظمى، هناك طريقة أكثر هدوءًا لموت النجم. عندما يصل النجم إلى نهاية عمره، يبدأ في إصدار إشعاع فوق بنفسجي يضيء الطبقات المحيطة به من المادة التي طردها في المراحل الأخيرة. وهذا ما نُطلق عليه السديم الكوكبي (Planetary Nebula). المصطلح مُربك شيئًا ما، وليس له علاقة بالكواكب، لكنه سُمّي بذلك لأن شكله الدائري المنتظم ذكّر العلماء بشكل الكواكب.

هذا المصير ينتظر شمسنا في المستقبل البعيد جدًا. لكن كانت هنالك نقاشات حول شكل هذه السُدَم، فالجزء الداخلي يبدو معقدًا أحيانًا وذلك حسب زاوية رؤيتنا لها ومفاجآت أخرى.

نعم. في البداية، كان يُعتقد أنها أجسام مسطحة. اكتُشف لاحقًا أنها ثلاثية الأبعاد. بعض السُدَم ذات الفصّين المزدوجين ناتجة عن وجود نجمين في مركزها. عدد كبير من النجوم يكون جزءًا من نظام ثنائي أو متعدد. التفاعل الثنائي والدوران يؤدي إلى تراكيب مدهشة. أمر آخر، قبل مرحلة السديم الكوكبي،

السديم الكوكبي عين الهرة (Cat Eye Nebula NGC 6543).



مجرة درب التبانة في صورة بانورامية للسماء كاملة؛ وتظهر البقع السوداء على امتداد القرص كمناطق تحجب الضوء، وهي سحب غبارية كثيفة داخل المجرة.

يمر النجم بمرحلة الرياح النجمية، التي قد تكون متقطعة. تلحق الموجات اللاحقة بالسابقة وتندمج، مما يخلق تراكيب غير متماثلة. لذلك، طرح المادة لا يكون بطريقة سلسة، بل على دفعات متقطعة، مما يؤدي لأشكال مثيرة.

هناك كذلك السحب المظلمة في المجال المرئي والتي كان يُعتقد أنها مناطق فارغة، مثل سديم كيس الفحم Coalsack Nebula. ما قصة هذه «الفجوات»؟

نعم. هناك قصة مشهورة عن هذا الموضوع، فالناس كانوا يظنون أن هذه المناطق ثقوب في السماء. حتى الفلكي هيرشل قال: «انظروا، هناك ثقب في السماء!» لكنها ليست ثقوبًا، بل مناطق تحتوي على غبار كثيف يحجب ضوء النجوم خلفها. عندما نظرنا إليها باستخدام الأشعة تحت الحمراء أو موجات الراديو، اكتشفنا أنها تزخر بالحياة الجزيئية! كانت مفاجأة كبرى. فالكيميائيون قالوا لعلماء الفلك: «لا تضيّعوا وقتكم بالبحث عن جزيئات هناك، فلن تجدوا شيئًا!» لكن لحسن الحظ، في ذلك الوقت لم تكن هناك لجان تنظّم أوقات الرصد، فاستطاع العلماء أن يوجهوا أجهزتهم كما أرادوا. واكتشفوا جزيئًا بعد آخر!

تلعب حبيبات الغبار الصغيرة دورًا أساسيًا، فهي تمتص الأشعة فوق البنفسجية وتحمي الجزيئات من التفكك، تمامًا كما يفعل الأوزون في غلافنا الجوي. هذه الحبيبات أيضًا أسطح تُبنى عليها الجزيئات. ذرة تهبط على السطح، ثم تأتي أخرى، تلتقيان وتتحدان، ثم تتحرران للفضاء. اليوم نرصد هذه العمليات بوضوح.. نرصد الجزيئات في الحالة الغازية، وكطبقات من الجليد (مثل جليد الماء) تغطي حبيبات الغبار داخل هذه السُدَم المظلمة. هذه المناطق هي

سديم كيس الفحم (Coalsack Nebula).

ذراع من مجرة درب التبانة فوق بعض التلسكوبات الراديوية من مرصد ALMA بالتشيلي

حيث تتكوّن النجوم والكواكب الجديدة، وهي مختبرات طبيعية غنية بالكيمياء الكونية. أما بالنسبة لسديم كيس الفحم Coalsack Nebula، فكان البعض يتصوره كـ «الكيس» المليء بحبيبات الغبار. كذلك الأمر بالنسبة لسُحب B68 أو «أعمدة الخلق» (Pillars of Creation). فهي مناطق شديدة البرودة حيث عندما نوجّه كاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء، نبدأ برؤية نقاط صغيرة من الضوء تحت الأحمر. تلك النقاط هي نجوم فتية تولد داخل السحب المظلمة.

هذا أصبح ممكنًا بفضل الأدوات الحديثة. هلا تعمقتِ في أهمية الأجهزة مثل ألما (ALMA) وجيمس ويب (JWST)؟

لوقت طويل اقتصر علم الفلك على الرصد البصري، ومنذ خمسينيات القرن الماضي، بدأت ثورة التلسكوبات الفضائية والراديوية، التي فتحت كامل الطيف الكهرومغناطيسي. أول بعثة حاسمة في اكتشاف داخل السحب المظلمة كانت القمر الصناعي IRAS عام 1984 (تعاون أمريكي–بريطاني–هولندي). لقد أجرى أول مسح كامل للسماء في الأشعة تحت الحمراء. ثم تبعته مراصد أكثر تطورًا ISO، سبيتزر Spitzer، وهيرشل Herschel. هذه المراحل أدت إلى تلسكوب جيمس ويب الفضائي JWST، الذي يتفوّق تفوقًا مذهلًا. ما كان يستغرق آلاف السنين في زمن IRAS ينجزه JWST في ثانية واحدة. على الأرض، تطور الفلك الراديوي انطلاقًا من موجات السنتيمتر (مثل مرصد جودريل بانك Jodrell Bank، وفي بلدي ويستربورك Westerbork. لكن دراسة الوسط الكثيف تطلبت الانتقال إلى التلسكوبات المليمترية. بدأ هذا في السبعينيات، وتطور إلى دمج تلسكوبات في شبكة (مقياس تداخلي) تزيد الدقة المكانية. فتشكّل نجم جديد مثل الشمس أمر، لكن فهم كيفية تكوّن نظام كوكبي كامل مثل نظامنا الشمسي أمر آخر تمامًا. هذا التطور توّج بمرصد ألما ALMA في تشيلي (64 هوائيًا)، ومهمته الأساسية هي دراسة السُدم المظلمة وتشكل النجوم داخلها، كما أنه قادر على التكبير الشديد نحو مناطق تشكل الكواكب.

فلنقم بقفزة مفاهيمية، كيف تؤثر العمليات الدقيقة على مستوى الوسط بين النجمي على التطور الكلي للمجرات؟

هناك عدة جوانب. المجرات في الكون المبكر كانت تحتوي على غاز أكثر بكثير من النجوم. مجرتنا «قديمة» نسبيًا، حوّلت معظم غازها

مرصد ويستربورك الراديوي (Westerbork).

مرصد جودريل بانك الراديوي (Jodrell Bank).

إلى نجوم. واليوم، حوالي 90٪ من مادتها في شكل نجوم، و10٪ فقط غاز. إذن، أول دور للوسط بين النجمي هو أنه الوقود لتكوين النجوم.

هناك جانب آخر مهم، هو التفاعل العكسي. عندما تموت النجوم الضخمة (تعيش نحو 20 مليون سنة) وتنفجر كمستعرات عظمى، تُعيد مادتها للوسط بين النجمي. تُطلق موجات صدمة داخل السحب، قد تحفّز تكوّن نجوم جديدة، أو تمنع السحب من الانهيار فتوقف التكوين. هذه التغذية الراجعة جزء أساسي من دورة حياة النجوم: من الوسط بين النجمي، إلى النجوم، ثم العودة إليه، ثم تكوين نجوم جديدة.

هناك جانب آخر مرتبط بهذا، ففي كل دورة ميلاد وموت، تُضاف إلى الوسط بين النجمي عناصر ثقيلة جديدة ناتجة عن الاندماج النووي داخل النجوم (كربون، نيتروجين، أكسجين، سيليكون، كبريت.. العناصر التي تُكوّننا). مع كل دورة، تحدث عملية تطوّر كيميائي في المجرة. يمكن ملاحظة هذا التطور من خلال اختلاف المسافة عن مركز المجرة: كلما اقتربنا من المركز، حيث نشاط تكوّن النجوم كان أكبر، تكون نسبة العناصر الثقيلة أعلى. في الأطراف البعيدة، تكون أقل. إذن، هناك تطور ديناميكي (دورة النجوم) وتطور كيميائي.

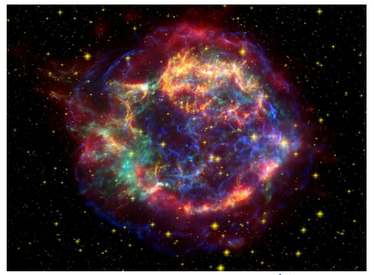
إذن، هذا يُغذي معدل تكوّن النجوم والتطور الكيميائي؟

نعم. في المراحل المبكرة من الكون، كان معدل تكوّن النجوم (Star Formation Rate) أعلى بكثير، ربما مئة ضعف المعدل في مجرتنا اليوم. في هذا السياق، يهتم الفلكيون كثيرًا بما يُسمّى المعدنية (Metallicity)، أي نسبة العناصر الثقيلة، لأنها تؤثر مباشرة على معدل تكوّن النجوم أثناء تطوّر المجرات. مجرتنا «ناضجة». فتُنتج نجمًا واحدًا في السنة في المتوسط. هناك منحنى لتطور معدل التكوين عبر الزمن الكوني، حيث يبلغ ذروته عند انزياح أحمر بين 1.7 و2، ثم يبدأ بالانخفاض. الذروة مرتبطة بكمية الغاز المتوفرة في الوسط بين النجمي في تلك الفترات.. إنها علاقة مباشرة

هناك جانب آخر مثير للاهتمام في الوسط بين النجمي وهو يرتبط بالجزيئات المعقدة وربما الجزيئات ما قبل الحيوية (prebiotic). هناك من يعتقد أن أصل الحياة من خارج الأرض، وربما جاء من تلك السحب الجزيئية المنتشرة في الفضاء. هل هي فرضية جدية؟

لنبدأ بسحابة الفحم أو B68. هذه السحابة مستقرة لنحو عشرة ملايين سنة، ثم تبدأ بالانكماش تحت الجاذبية. عند مركزها يتكون نجم أولي. لأن للسحابة زخمًا زاويًا، فإن جزءًا من المادة لا يسقط مباشرة على النجم، بل يتجمع حوله مكوّنًا قرصًا دوّارًا من الغاز والغبار. في هذا القرص تتكوّن الكواكب.

ما نعرفه خلال العقود الماضية هو أن هذه السُحب، حتى قبل انهيارها، مليئة بجزيئات معقدة. نسمي الجزيئات «معقدة» عند احتوائها على ست ذرات أو أكثر، و«عضوية» إذا احتوت على الكربون. تم الكشف عن أكثر من 300 نوع مختلف من الجزيئات داخل هذه السُحب. من بين أكبرها: ثنائي ميثيل الإيثر، السكريات، والكحولات. هناك أيضًا جزيئات أكثر تعقيدًا كالمركبات العطرية متعددة الحلقات (PAHs) وهي حلقات بنزين متصلة موجودة في كل مكان في الكون، ونراها في عوادم السيارات أو اللحم المحروق. لقد تم الكشف عنها في السحب المظلمة. نعلم أن هذه المواد تُغذّي مناطق تكوّن الكواكب، جزء منها ينتقل من السحابة إلى القرص المحيط بالنجم، ثم إلى مناطق تكوّن المذنبات داخل القرص.



بقايا مستعرٍّ أعظم (كاسيوبيا A): سحابة متوسّعة من الغاز والغبار المتوهّج، نتجت عن انفجار نجم ضخم، وتُظهر العناصر الثقيلة التي أُطلقت إلى الوسط بين النجمي.

المذنبات تحتوي على تعقيد كيميائي هائل يشبه ما في الوسط بين النجمي. عندما يبدأ تكوين كوكب شبيه بالأرض، تكون كمية كبيرة من المواد الكيميائية متاحة بالفعل.

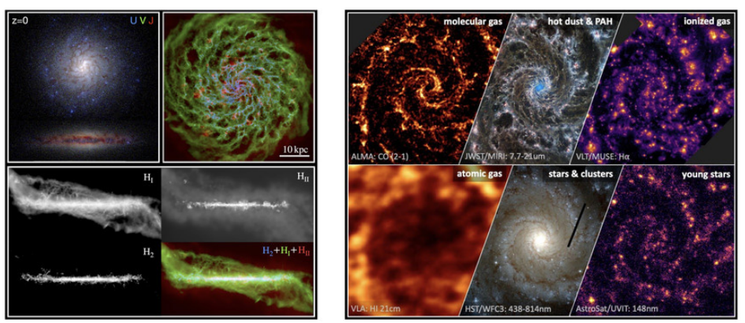
أما نظرية فريد هويل وويكراماسنغه (Fred Hoyle and Chandra Wickramasinghe) التي تقول إن الحياة نفسها تشكلت في الفضاء ونقلت للكواكب، فلا أعتقد أن الكثير من العلماء اليوم يؤمنون بها، وأنا شخصيًا لا أؤمن بذلك. لكن المؤكد أن الماء والجزيئات العضوية وصلت للكواكب من خلال اصطدامات الكويكبات والمذنبات في المراحل الأولى لتكوّن النظام الشمسي. النظام الشمسي المبكر لم يكن هادئًا، وكانت هناك تصادمات تجلب الماء والعضويات.

الجدل الحالي يدور حول هذه الأسئلة، ما مستوى التعقيد الكيميائي اللازم لبدء الحياة؟ هل تكونت جزيئات معقدة جدًا (حتى السكريات) في الوسط بين النجمي قبل الوصول للأرض؟ أم أن وجود مواد أولية فقط (مثل فورمالدهيد formaldehyde أو سيانيد الهيدروجين) كان كافيًا، لتختلط على الأرض المبكرة مع الماء السائل والأسطح المعدنية وتبدأ سلسلة التفاعلات؟ هذا السؤال مفتوح.

ما نعرفه هو أن اللبنات الأولى (المذنبات والكويكبات الجليدية) تحتوي على كميات ضخمة من الماء والجزيئات العضوية، وهي قادرة على نقل المواد الكيميائية الأساسية لأي نظام كوكبي جديد.

ما هي الطرق الممكنة للانخراط في أبحاث الوسط بين النجمي وماذا عن التحديات والآفاق؟

هناك عدة طرق لذلك. الطريقة الأولى هي الاستفادة من أرشيفات المراصد. «ألما» لديه أرشيف قوي، و JWST يُنتج أرشيفًا ضخمًا. هناك



تمثيل بصري للبنية متعددة الأطوار للوسط بين النجمي في مجرة شبيهة بدرب التبانة: الغاز الجزيئي والذري والمؤيَّن، إضافة إلى الغبار والنجوم الفتية، كما تظهر عبر أطوال موجية مختلفة ومحاكاة عددية ورصود متعددة.

كميات هائلة من البيانات لم تُستكشف بعد. في برنامجي الخاص بالنجوم الأولية، حتى مع فريق كبير، من المستحيل تحليل كل البيانات. علم الفلك يعتمد على الأدوات الجديدة. ونحن في عصر ذهبي بفضل JWST و«ألما». لكن تطوير هذه الأدوات استغرق من 20 إلى 30 سنة. لذا، للتفكير في الأجيال القادمة، يجب البدء الآن في تخطيط أدوات الجيل المقبل. مثلًا، ليس لدينا حاليًا مراصد تعمل في نطاق الأشعة تحت الحمراء البعيدة، وهي ثغرة كبيرة لرصد بعض ظواهر الوسط بين النجمي. هناك تحدٍّ مهم آخر وهو الربط بين النظرية والرصد. النظريات والمحاكاة تتطور في اتجاه، والملاحظات في اتجاه آخر.. التكامل بينهما يسمح بفهم أعمق.

ننتقل الآن من المشهد العلمي إلى الاتحاد الفلكي الدولي الذي انعقدت جمعيته العامة الأخيرة في كيب تاون. كيف تقيّمين المشهد الفلكي في إفريقيا وديناميكية العلاقة بين هذا الاتحاد وعلم الفلك الإفريقي؟

شعرتُ بتفاؤل كبير في كيب تاون. التطور في علم الفلك داخل إفريقيا واضح في مسار تصاعدي. وتطور الجمعية الفلكية الإفريقية (AfAS) مبادرة رائعة. الاتحاد يساعد الدول النامية عبر ورشات عمل تطبيقية تستمر أسبوعين، تُركّز على أداة معينة (مثل JWST أو ألما) وتقام في إحدى مناطق الدول النامية. الهدف تدريب الشباب والباحثين الجدد على استخدامها، حيث أقيمت ورشات في تركيا للشرق الأوسط، وفي إفريقيا. هناك أيضًا مدارس صيفية (IAU-EAS) لمدة ثلاثة أسابيع على مستوى الماجستير، تجمع الجانبين النظري والعملي. معظم التدريبات كانت على المراصد البصرية، لكننا نحاول توسيعها لمجالات أخرى.

هناك فرص بحثية محلية باستخدام المراصد المتوفرة في إفريقيا. توجد تلسكوبات بصرية يمكن استخدامها لدراسة النجوم الشابة المتغيرة. هذه المراصد يمكن أن تساهم في دراسات التغير الزمني للنجوم. هناك مجالات أخرى مرتبطة مثل أبحاث الكواكب الخارجية (نشطة في تونس). مرصد ميركات الراديوي في جنوب إفريقيا أداة قوية لدراسة غاز الوسط بين النجمي (الهيدروجين والهيدروكسيل)، ويمكن استخدامه لدراسة دورة تشكل النجوم، كما أن مشروع SKA القادم سيفتح آفاقًا جديدة تمامًا. النمذجة والمحاكاة النظرية مدخل مهم جدًا وبعض طلابي السابقين في مصر يواصلون أبحاث النمذجة الكيميائية الفلكية على حواسيب محمولة. أشجع على الانخراط في مشاريع تعاون دولي وبناء علاقات مع مجموعات بحثية عالمية، ثم نقل المعرفة محليًا. الاتحاد يساعد في التدريب عبر المدارس وورشات العمل، ويجمع المجتمع عبر اللقاءات الإقليمية والندوات الدولية. استضافة إثيوبيا لإحدى الندوات كان له أثر في تنشيط الفلك في إفريقيا.

كيف يمكن جعل جهود الاتحاد أكثر فعالية لتحقيق ارتباط حقيقي مع الساحة الإفريقية؟

أفهم رأيكم. يجب أن نُدرك أن الاتحاد الفلكي الدولي منظمة صغيرة، تعتمد بشكل كبير على المتطوعين. مكتبنا في باريس به موظفوه دائمون قليلون وعملهم إداري. نود فعل الكثير لكننا نحتاج لتمويل إضافي. من المدهش صعوبة جذب التمويل للبرامج في الدول النامية، لكن لدينا أفكار وشبكات ومكاتب إقليمية (مكتب التنمية الفلكية OAD، مكتب التعليم الفلكي OAE). البنية التحتية والأفكار موجودة، لكن التمويل للتنفيذ هو التحدي.

الاتحاد الأوروبي أحد أفضل المصادر، لكن حتى ذلك ليس سهلًا، خصوصًا لضمان الاستمرارية. عادةً تكون مدة البرنامج أربع سنوات، وبعدها يبدأ كل شيء من جديد. وغالبًا يكون النجاح محصورًا في دول قليلة ذات روابط فعالة خلال تلك الفترة. للأسف، رغم النية الحسنة، الحصول على تمويل صعب. عملنا جاهدين لتحديد مصادر تمويل جديدة، واكتشفنا أن الأمر أصعب بكثير مما توقعنا.

ما هي رسالتك للباحثين الشباب؟

أن يتبعوا شغفهم، ويعملوا في المجال الذي يشعرون تجاهه بحماس حقيقي. الوسط بين النجمي وعلومه مجال مثير، وسواء كنتَ كيميائيًا، فيزيائيًا، فلكيًا، أو حتى بيولوجيًا، ستجد فيه ما يتوافق مع شغفك. إنه توقيت رائع للانخراط فيه.

تتلقى جائزة كافلي المرموقة سنة 2018

نختم بالتطرق إلى المأساة الإنسانية في غزة. غالبًا يتخذ الاتحاد مواقف حيادية رغم تحركه في أوكرانيا. ماذا سيقول التاريخ حيال صمت الهيئات العلمية؟

أُفضّل أن أترك إصدار أي بيان للقيادة الحالية للاتحاد ورئيسه. لم أعد رئيسة، لذا لا يمكنني التحدث رسميًا باسمه. بالطبع، الجميع مصدوم ومذعور مما يحدث في العالم، ليس فقط في غزة. عندما أنظر إلى ما يجري في السودان أيضًا، أرى أن المأساة تمتد لمناطق متعددة.. إنه أمر مروّع. ليت بإمكاننا فعل شيء، لكن في ظل الظروف السياسية المعقدة، من الصعب تقديم المساعدة. أعتقد أن واجبنا بذل أي جهد ممكن في الجانب الإنساني. ما أستطيع فعله هو إحالتك إلى البيان الذي أصدرته الأكاديمية البابوية للعلوم (أنا عضو فيها). البيان لا يتناول غزة تحديدًا، لكنه يعبّر عن قلقنا العميق تجاه الوضع الإنساني العالمي. إنه يعكس بدقة جوهر المشكلة.

بقلم د. عمر نمول
وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

الضوء هو أسرع جسيم في الكون، وتبلغ سرعته نحو 300 ألف كيلومتر في الثانية، وهذه السرعة الهائلة جعلته أداة طبيعية لقياس المسافات الكونية عبر الزمن الذي يستغرقه للوصول إلينا. خلال عام واحد يقطع الضوء مسافة تقارب 9.46 تريليون كيلومتر، وهي ما نعرفه بالسنة الضوئية. لفهم ضخامة هذه المسافات يكفي أن نلاحظ أن الضوء يحتاج إلى جزء من الثانية ليكمل دورة حول الأرض، ونحو ثانية واحدة فقط ليصل إلى القمر، بينما تمتد المسافات إلى أقرب النجوم لسنوات ضوئية، وإلى المجرات لملايين السنين الضوئية. ومع ذلك، عندما ننظر إلى السماء تبدو النجوم وكأنها موزعة على سطح واحد مسطح، ولا يمكن بالعين المجردة معرفة أيها أقرب أو أبعد، وهو ما يطرح السؤال الجوهري في علم الفلك: كيف نقيس المسافات في كون يبدو بلا عمق بصري؟

الأرض كنقطة انطلاق لسُلّم المسافات الكونية

لم تأتِ الإجابة عن هذا السؤال دفعة واحدة، بل تطورت عبر تاريخ طويل بدأ من الأرض نفسها. كان لا بد أولًا من معرفة حجم الأرض، لأن نصف قطرها شكّل وحدة القياس الأساسية التي بُني عليها كل ما تلاه. في القرن الثالث قبل الميلاد، قدّم إراتوستينس تجربة عبقرية لقياس محيط الأرض باستخدام ملاحظات بسيطة لأشعة الشمس. اعتمدت فكرته على أن أشعة الشمس تصل إلى الأرض بشكل متوازٍ، ولاحظ أن الشمس تكون عمودية تمامًا في أسوان يوم

الشكل 1: إراتوستينس (240 قبل الميلاد) أول قياس علمي دقيق لحجم كوكب الأرض.

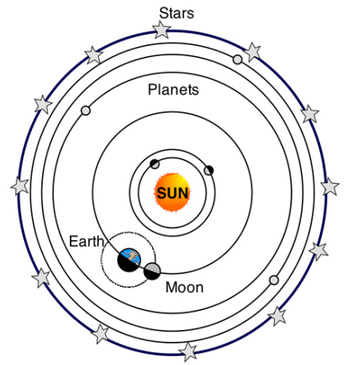
الانقلاب الصيفي، بينما تميل بزاوية صغيرة في الإسكندرية في الوقت نفسه. بقياس هذه الزاوية، التي بلغت نحو 7.2 درجات، ومعرفة المسافة بين المدينتين، استطاع استنتاج محيط الأرض بقيمة قريبة جدًا من القياس الحديث.

هذا الإنجاز مثّل أول خطوة حقيقية في بناء مقياس كوني يعتمد على الهندسة لا على التخمين. فبمجرد معرفة حجم الأرض، أصبح بالإمكان استخدامها كمرجع لقياس المسافات السماوية، وهو ما سيقود لاحقًا إلى أول محاولات تقدير المسافة إلى القمر والشمس.

أريستارخوس وبدايات التفكير في المسافات السماوية

بعد التحقق من حجم الأرض، بدأت المحاولات الأولى لتقدير المسافات إلى القمر والشمس. في القرن الثالث قبل الميلاد أيضًا، استخدم أريستارخوس الهندسة المثلثية أثناء مرحلة نصف القمر، حين تُشكل الأرض والقمر والشمس مثلثًا قائم الزاوية تقريبًا. ورغم أن تقديراته العددية كانت بعيدة بسبب صعوبة قياس الزوايا الصغيرة، إلا أن فكرته كانت ثورية، إذ أثبت أن الشمس أبعد بكثير من القمر، وأن المسافات السماوية يمكن، من حيث المبدأ، قياسها باستخدام قواعد رياضية واضحة.

ما نراه في هذه المرحلة الأولى من تاريخ علم الفلك هو أن قياس المسافات لم يبدأ من النجوم ولا من المجرات، بل من ظواهر بسيطة على سطح الأرض، ومن مراقبة الظلال والزوايا. هذه البدايات المتواضعة وضعت الأساس لما يُعرف اليوم بسُلّم المسافات الكونية، الذي سيُبنى تدريجيًا من القمر والشمس وصولًا إلى أبعد الأجرام المعروفة.

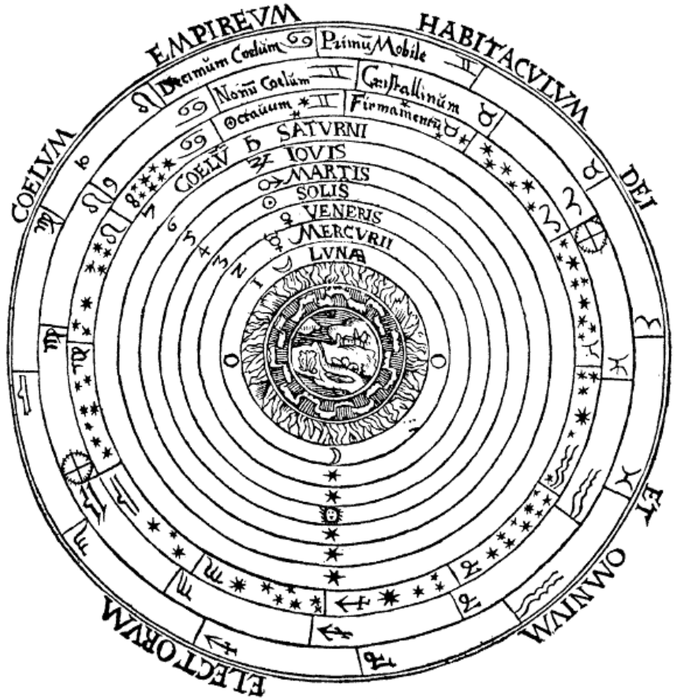


الشكل 2: مخطط توضيحي لنموذج مركزية الشمس (النظام الكوبرنيكي)

القمر كنقطة اختبار أولى للهندسة السماوية

بعد تثبيت حجم الأرض وقياس المسافة إلى القمر، أصبح اختلاف المنظر الأداة الهندسية الأساسية لقياس المسافات داخل النظام الشمسي. يقوم هذا المبدأ على التغير الظاهري في موقع جرم سماوي عند مشاهدته من نقطتين مختلفتين، وهو تأثير مألوف في الحياة اليومية لكنه يصبح ضعيفًا جدًا كلما ازداد بُعد الجسم المرصود. تعتمد قوة هذا التأثير على المسافة بين نقطتي الرصد، ولهذا استُخدم قطر الأرض نفسه كخط أساس طبيعي لقياس المسافات السماوية.

بسبب قرب القمر النسبي، كان اختلاف منظره أكبر بكثير من أي جرم سماوي آخر، ما جعله الهدف الأول للتطبيق العملي لهذه الطريقة. جرى رصد القمر في الوقت نفسه من مواقع مختلفة على سطح الأرض، ومن مقارنة مواضعه أمكن تحسين تقدير المسافة إليه بدقة أعلى. هذه القياسات لم تكتفِ بتحديد بُعد القمر، بل رسّخت العلاقة بين نصف قطر الأرض وأبعاد النظام القريب، وأثبتت أن الهندسة قادرة على تحويل الرصد إلى قياس كمي.



الشكل 4: تمثيل تاريخي لنموذج مركزية الأرض عند بطليموس قبل الثورة الكوبرنيكية.

بطليموس والنموذج الهندسي لمركزية الأرض

ضمن الإطار الفكري لمركزية الأرض، طوّر بطليموس نموذجًا هندسيًا متكاملًا يربط حركات الأجرام السماوية بمسافات نسبية. وعلى الرغم من أن هذا النموذج لم يقدّم قياسات مطلقة دقيقة بالمعنى الحديث، فإنه حافظ على فكرة جوهرية، وهي أن المسافات السماوية يمكن التعبير عنها كنسب إلى نصف قطر الأرض. باستخدام اختلاف المنظر القمري، توصّل بطليموس إلى أول تقدير عددي فعلي لمسافة القمر، وبيّن أنها تُعادل عشرات المرات من نصف قطر الأرض، وهو إنجاز مهم بمقاييس ذلك العصر.

تراث الهندسي انتقل إلى الفلك الإسلامي

مع انتقال علم الفلك اليوناني إلى العالم الإسلامي، لم يُحفظ هذا الإطار الهندسي فحسب، بل جرى تطويره وتحسينه. قدّم علماء مثل الفرغاني والبتاني قيمًا أدق لمسافات الشمس والقمر، مستفيدين من أرصاد أفضل وحسابات رياضية أكثر تطورًا، مع الحفاظ على

اللوحات 3: أحمد بن كثير الفرغاني (798 - 865م)، ومحمد بن جابرالبتاني (854 - 929م)

البنية البطلمية العامة. وعلى الرغم من اختلاف القيم العددية بين عالم وآخر، بقيت الفكرة الأساسية ثابتة، وهي أن النظام الشمسي يمكن وصفه هندسيًا نسبةً إلى حجم الأرض انتقلت هذه القيم والنماذج لاحقًا إلى أوروبا، حيث تبنّاها علماء مثل كوبرنيكوس وتيخو براهي. ورغم أن كوبرنيكوس أحدث تحولًا جذريًا بوضع الشمس في مركز النظام الشمسي. بقيت المسافات، مع ذلك، نسبية بعضها إلى بعض، ولم يكن من الممكن تحديد مقياس فعلي للنظام الشمسي دون قياس مسافة واحدة على الأقل بشكل مطلق.

قوانين كبلر وبناء الهيكل النسبي للنظام الشمسي

جاء الحل مع أعمال يوهانس كيبلر، الذي استخلص قوانينه الثلاثة لحركة الكواكب اعتمادًا على أرصاد تيخو براهي الدقيقة. سمحت هذه القوانين، وخاصة القانون الثالث، بربط فترات دوران الكواكب بمسافاتها عن الشمس، ما أتاح حساب المسافات النسبية لجميع الكواكب بدقة عالية. أصبح لدينا نموذج كامل للنظام الشمسي تُعرف فيه أحجام المدارات بدقة، لكن من دون مقياس فعلي بالكيلومترات.

في هذه المرحلة، كان كل ما ينقص هو قياس مسافة واحدة فقط داخل النظام الشمسي بشكل مطلق. هذه المسافة المرجعية هي المسافة بين الأرض والشمس، المعروفة اليوم باسم الوحدة الفلكية. غير أن قياسها مباشرة عبر اختلاف المنظر الشمسي كان شبه مستحيل بسبب صغر الزاوية المقاسة، وهو ما دفع الفلكيين إلى البحث عن حلول غير مباشرة تعتمد على الكواكب القريبة، فاتحين الطريق نحو مرحلة جديدة من قياس الدقة، موضوع الصفحة الثالثة.

الكواكب القريبة كمفاتيح مقياس النظام الشمسي

مع تطور أدوات الرصد في القرن السابع عشر، دخل علم الفلك مرحلة جديدة أصبح فيها من الممكن استغلال الكواكب القريبة لقياس مقياس النظام الشمسي بدقة أعلى. كان التحدي الأساسي يتمثل في تحويل البنية النسبية التي وفّرتها قوانين كيبلر إلى مقياس فعلي بوحدات حقيقية. لتحقيق ذلك، كان لا بد من استهداف أجرام تُظهر اختلاف منظر أكبر من الشمس، وهو ما جعل الكواكب القريبة، وعلى رأسها المريخ، أهدافًا مثالية لهذه القياسات.

يقترب المريخ من الأرض بشكل دوري خلال ما يُعرف بالمعارضات، حيث يكون الكوكبان على الجهة نفسها من الشمس، وتصبح المسافة بينهما أصغر ما يمكن. خلال هذه الفترات، يظهر اختلاف المنظر للمريخ أوضح نسبيًا مقارنة بالشمس، مما يسمح بقياسه باستخدام الهندسة المثلثية. هذا القرب النسبي حوّل المريخ إلى أداة قياس كونية، لا إلى مجرد جرم مرصود.

كاسيني وريتشير.. أول قياس فعلي

في عام 1672، أجرى جيوفاني دومينيكو كاسيني وجان ريتشر تجربة حاسمة من خلال رصد المريخ في الوقت نفسه من موقعين متباعدين بشكل كبير، أحدهما في باريس والآخر في كايين قرب خط الاستواء. بمقارنة موضع المريخ على خلفية النجوم، أمكن قياس اختلاف المنظر النهاري بدقة غير مسبوقة. وباستخدام المسافة المعروفة بين موقعي الرصد، حُسبت المسافة بين الأرض والمريخ، ثم استُخدمت قوانين كيبلر لتحويل هذه النتيجة إلى تقدير مباشر للوحدة الفلكية.

شكّلت هذه القياسات خطوة مفصلية، إذ وُضع لأول مرة مقياس قريب من الواقع لأبعاد النظام الشمسي. ومع ذلك، بقيت الحاجة قائمة لتحسين الدقة، خاصة أن أي خطأ في تقدير الوحدة الفلكية ينعكس مباشرة على جميع المسافات الكوكبية. لهذا السبب، استمر البحث عن ظواهر فلكية تسمح بقياس أدق لاختلاف المنظر الشمسي.

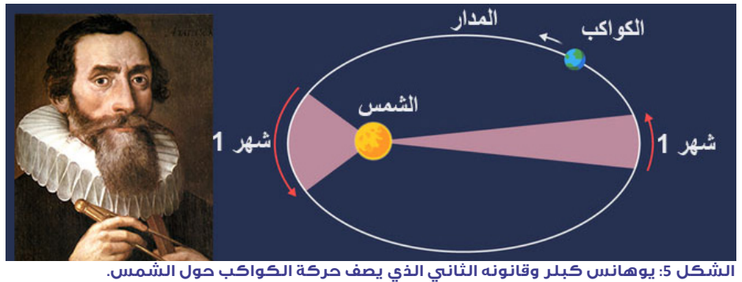
عبور الزهرة.. ظاهرة نادرة بقياس حاسم

برزت أهمية عبور كوكب الزهرة أمام قرص الشمس بوصفه فرصة فريدة لقياس المسافات الكونية. خلال العبور، يختلف المسار الظاهري الذي يرسمه الزهرة على قرص الشمس عند مشاهدته من مواقع مختلفة على الأرض بسبب اختلاف المنظر. هذا الاختلاف، رغم صغره الشديد، يحمل معلومات مباشرة عن مقياس النظام الشمسي بأكمله.

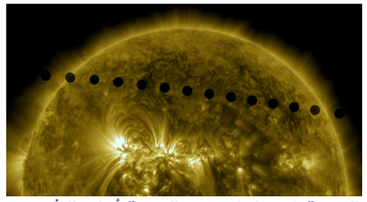
كان جيمس جريجوري أول من اقترح استغلال عبور الزهرة لقياس الوحدة الفلكية، لكنه أدرك أيضًا الصعوبات العملية التي تعيق تنفيذ الفكرة في عصره. لاحقًا، قدّم إدموند هالي صياغة أكثر نضجًا لهذه الطريقة، مركّزًا على قياس مدة العبور بدلًا من تحديد المواضع اللحظية بدقة عالية. ومع تحسن دقة الساعات في القرن الثامن عشر، تحوّل اقتراح هالي إلى منهج رصدي عملي.

حملات رصد عالمية وبداية العلم الدولي

شهد القرن الثامن عشر تنظيم حملات رصد عالمية غير مسبوقة لمتابعة عبور الزهرة، خاصة في عامي 1761 و1769. شارك في هذه الحملات فلكيون من دول مختلفة، سافروا إلى مناطق نائية حول العالم رغم المخاطر الطبيعية والسياسية. أسفرت هذه الجهود عن تحسين ملحوظ في تقدير اختلاف المنظر الشمسي، ومن ثم في قيمة الوحدة الفلكية، لتقترب أكثر فأكثر من القيمة المعتمدة اليوم لاحقًا، أُعيدت قياسات عبور الزهرة في عامي 1874 و1882 باستخدام أدوات أكثر تطورًا، كما استُخدمت كويكبات قريبة من الأرض مثل إيروس، التي تُظهر اختلاف منظر أكبر خلال اقتراباتها القريبة. بفضل هذه الأجرام،



الشكل 5: يوهانس كبلر وقانونه الثاني الذي يصف حركة الكواكب حول الشمس.



الصورة 6: مراحل عبور الزهرة أمام الشمس أثناء حركته المدارية (الصورة من ناسا)

تحسنت دقة تحديد الوحدة الفلكية بشكل كبير، وأصبح مقياس النظام الشمسي محددًا بدقة عالية.

بهذا الإنجاز، لم يعد النظام الشمسي مجرد نموذج نسبي قائم على النسب الهندسية، بل أصبح بنية ذات مقياس فعلي معروف. هذا التثبيت الدقيق فتح الباب أمام خطوة أكثر طموحًا، وهي الانتقال من قياس المسافات داخل النظام الشمسي إلى محاولة قياس المسافات إلى النجوم نفسها.

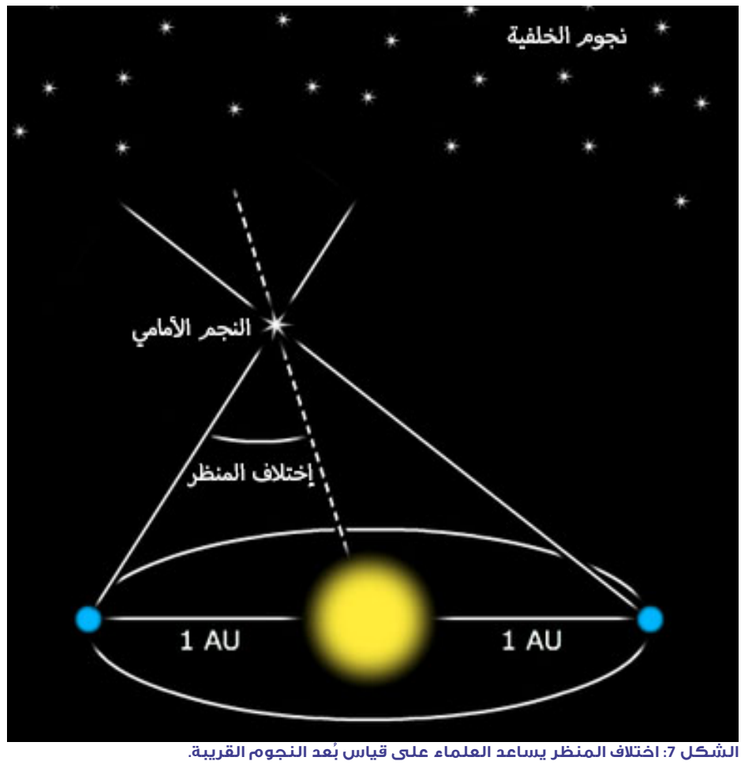
من النظام الشمسي إلى النجوم: تحدٍّ جديد

بعد تثبيت مقياس النظام الشمسي وتحديد الوحدة الفلكية بدقة مقبولة، أصبح السؤال التالي أكثر جرأة: هل يمكن قياس المسافات إلى النجوم نفسها؟ في العصور القديمة، كانت النجوم تُعد نقاطًا ضوئية ثابتة على كرة سماوية بعيدة وغير قابلة للقياس. هذا التصور استمر لقرون، ليس بسبب قصور نظري، بل لأن التأثير الفيزيائي المطلوب لقياس تلك المسافات كان صغيرًا جدًا بالنسبة لأدوات الرصد المتاحة آنذاك.

تعتمد الفكرة الأساسية على ما يُعرف باختلاف المنظر السنوي: التغير الظاهري في موضع النجم عند رصده من نقطتين مختلفتين في مدار الأرض حول الشمس، يفصل بينهما ستة أشهر. عند مقارنة موقع النجم صيفًا وشتاءً، يبدو وكأنه يتحرك حركة طفيفة جدًا مقارنة بالنجوم البعيدة، وهي حركة ناتجة فقط عن تغير موقع الراصد وليس عن حركة النجم نفسه. كلما كان النجم أقرب، كان الانزياح أكبر، وكلما ابتعد أصبح أصغر حتى يكاد ينعدم.

محاولات الفلكيين الأوائل

حاول فلكيو القرن السادس عشر، وعلى رأسهم تيخو براهي، رصد هذا التأثير دون نجاح، مما أدى إلى استنتاج أن النجوم تقع على مسافات هائلة. في ذلك الوقت، استُخدم غياب اختلاف المنظر كحجة ضد نموذج مركزية الشمس، إذ بدا غير منطقي أن تدور الأرض حول الشمس دون أن يُلاحظ أي تغير في مواضع النجوم. لم يكن الخطأ في الفكرة، بل في محدودية دقة أدوات الرصد.



الشكل 7: اختلاف المنظر يساعد العلماء على قياس بُعد النجوم القريبة.

الاختراق الحقيقي جاء في القرن التاسع عشر مع تطور الأدوات البصرية وظهور المقاييس الدقيقة للزوايا الصغيرة:

فريدريش بيسل (1838): قياس اختلاف المنظر لنجم 61 سيغني، أثبت أن النجم يبعد حوالي 10 سنوات ضوئية.

توماس هندرسون (1840): قياس اختلاف المنظر لنجم ألفا سنتوري.

فريدريش ستروف (1827): قياس اختلاف المنظر لنجم فيغا.

هذه القياسات مثّلت أول دليل رصدي مباشر على أن النجوم تقع على مسافات هائلة خارج حدود النظام الشمسي.

تميّز اختلاف المنظر النجمي بكونه طريقة مباشرة وهندسية بحتة لقياس المسافات، لا تعتمد على افتراضات فيزيائية حول طبيعة النجوم أو لمعانها. غير أن دقته العالية تقابلها حدود واضحة، إذ يصبح غير قابل للتطبيق عندما تقل زاوية المنظر عن قدرة الأجهزة على القياس. حتى أقرب نجم إلى الشمس، بروكسيما سنتوري، لا يتجاوز اختلاف منظره أقل من ثانية قوسية واحدة، وهي زاوية تعادل رؤية جسم صغير جدًا على بعد عدة كيلومترات. لهذا السبب، يظل اختلاف المنظر النجمي محصورًا في قياس المسافات إلى النجوم القريبة فقط.

مع ذلك، فإن أهمية هذه الطريقة تتجاوز نطاقها المحدود، لأنها تمثل القاعدة الأولى في سلّم المسافات الكونية. فجميع الطرق اللاحقة لقياس المسافات الأكبر، سواء داخل مجرتنا أو خارجها، تعتمد في النهاية على معايرتها باستخدام مسافات نجمية معروفة عبر اختلاف المنظر. بهذا المعنى، يشكّل قياس المنظر النجمي الحلقة التي تربط مقياس النظام الشمسي بالفضاء النجمي الأوسع. بهذا الاكتشاف، اكتمل الجزء الأول من سلّم المسافات الفلكية، بدءًا من قياس محيط الأرض، مرورًا بالوحدة الفلكية، وصولًا إلى النجوم القريبة. في الأجزاء اللاحقة، ينتقل علم الفلك من الهندسة البسيطة إلى الفيزياء الفلكية، حيث تُستخدم خصائص النجوم نفسها، مثل لمعانها وتطورها، لقياس المسافات إلى أعماق أكبر بكثير من الكون.

المذنب بين النجمي 3I/ATLAS
كبسولة زمنية مجمّدة من حقبة ما قبل ولادة الشمس

بقلم د . جمال ميموني
وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

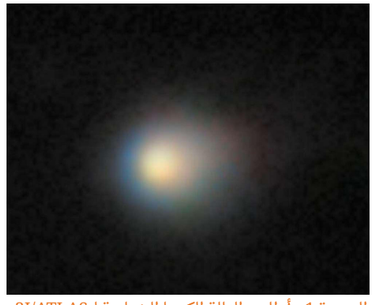
عندما دخل المذنب بين النجمي 3I/ATLAS إلى النّظام الشمسي، كان يحمل رسالةً من عصرٍ يعود إلى ما قبل ولادة شمسنا بزمنٍ طويل. هذا الزّائر القديم والغنيّ بالمياه أكّد أنّ اللّبنات الأولى لتكوين الكواكب، وربّما الحياة نفسها، كانت منتشرةً عبر مجرّة درب التبانة قبل مليارات السنين، متحدّيةً ما كنا نعرفه إلى ماضٍ قريب.

المذنّب الدّخيل الثّالث

اكتُشف المذنّب «3آي/أطلس» (3I/ATLAS) في 1 جويلية 2025 بفضل تلسكوب المسح «أطلس» بالتشيلي، وهو ثالث جسم مصدره مؤكّد من خارج نظامنا الشمسي، بعد الجسم الغامض أوموامووا Oumuamua (أصل التسمية من اللغة الهاوايية، وتعني «الرسول القادم أوّلًا من بعيد») عام 2017، والمذنب بوريسوف 2I/Borisov عام 2019. وعلى عكس أوموامووا الجاف ذي الشكل المستطيل للغاية، فإنّ أطلس مذنّبٌ نشطٌ جدًا، يُظهر بوضوحٍ هالته وذيله، ممّا يؤكّد كونه جسمًا طبيعيًا بحق.

لكن هذا الزائر يتميّز بانحرافاته الغريبة، فمساره، مثلًا، يسير بمحاذاةٍ تكاد تكون مثاليّةً مع مستوى مدار النّظام الشمسي (المستوى الكسوفي)، وهو أمرٌ نادرٌ إحصائيًا. كما فاجأ العلماء ببصمته الكيميائية الفريدة؛ فقد كشفت البيانات الطيفية الأوليّة عن وجود بخار النّيكل الذري، ولكن؛ وبشكلٍ مدهش، دون أيّ أثرٍ للحديد، وهو تركيبٌ غير مألوف لمذنّبات النّظام الشّمسي.

في الحقيقة، يُعدّ أطلس جسمًا سريعًا للغاية في الفضاء، إذ يتحرّك مبتعدًا عن الشّمس بسرعةٍ تقارب 58 كم في الثانية، أي ما يزيد عن 208,800 كم/سا. وهذه السرعة العالية تعني أنّ جاذبية الشّمس لا تستطيع احتجازه، لذلك سيُغادر النّظام الشّمسي إلى الأبد. أمّا نواته الجليدية الصّلبة، فيُقدّر قطرها بين 0.44 و5.6



الصورة 1: -أطلس-الهالة الكوما الضبابية لـ 3I/ATLAS ، التقطها مرصد جيميني الشمالي

كم، ممّا يجعله أكبر بكثيرٍ من أوموامووا.

أقدم من الشّمس بمرّتين

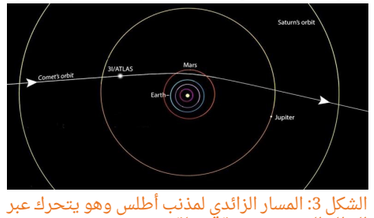
أعمق اكتشافٍ بشأن مذنّب أطلس هو قِدمه الزمني الغابر، فسرعته العالية ومساره يشيران إلى أنّه قادمٌ من «القرص السّميك» لمجرّة درب التبّانة، وهي منطقةٌ تضمُّ نجومًا قديمة تقع خارج المستوى الرّئيسي للمجرّة. وبناءً على أعمار النجوم في تلك المنطقة، تشير التّحليلات الإحصائية إلى أنّ عمر أطلس يتراوح بين 7.6 و14 مليار سنة.

وبتقديرٍ متحفّظ يبلغ عمره سبعة مليارات سنة على الأقل، يكون هذا المذنّب أقدم من نظامنا الشمسي (الّذي يبلغ عمره 4.6 مليار سنة)، ممّا يجعله أقدم جسم سماوي تمّت مشاهدته داخل حدود نظامنا النّجمي. وما يزيد أهميّة هذا الاكتشاف هو أنّ هذا الكوكب البدائي القديم يحتوي على ماءٍ، تمّ اكتشافه من خلال بصمة غاز الهيدروكسيل (OH) بواسطة مرصد Swift التّابع لـ «ناسا». يشير وجود الماء في جسمٍ بهذا القِدم إلى أنّ المكوّنات الكيميائية الأساسية لتشكّل الكواكب والحياة كانت منتشرةً في أنحاء المجرّة قبل نشوء الشّمس بمليارات السنين.

ثورة في علم الكواكب

الاكتشاف المتكرّر للأجسام بين نجمية يفرض الآن تغييرًا جذريًا في فهمنا لتشكّل الكواكب. فهؤلاء الزوّار ليسوا صدفةً إحصائيةً؛ فالنماذج النظرية تتنبّأ بوجود ملايين من هذه الكواكب البدائية المنفية، تمرُّ مؤقّتًا عبر نظامنا الشمسي، أو تُحتجز فيه في أي وقت. وهذا يعني أنّ النظام الشمسي ليس بيئةً مغلقةً، بل تتأثر تطورات الكواكب بعملية تبادل مجري مستمر للمادة. إنّ دراسة هذه الأجسام القديمة والغنية، مثل المذنب أطلس الّذي يحمل عناصر ثقيلة تتيح لنا أخذ عيّناتٍ من بيئاتٍ تُشكّل النجوم الّتي يعود تاريخها إلى سبعة مليارات سنةٍ مضت. إنّها ثورةٌ شاملةٌ في علم الكواكب، تؤكّد أنّ تكوّن العوالم الغنية كيميائيًا والمحتوية على الماء هو عملية مجرّية مستمرّة منذ شباب مجرّة درب التبانة.

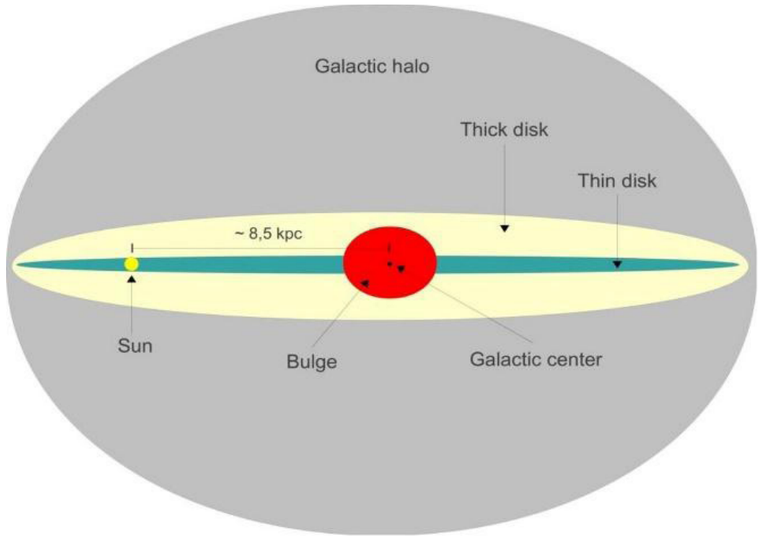
ومن المتوقّع أن يكشف مرصد «فيرا روبين» (Vera C. Rubin) من خلال مشروع LSST المسح التراثي للزّمان والمكان (Legacy Survey of Space and Time)، عن المزيد من هذه الأجسام، ممّا سيحوّل هذه الاكتشافات الفردية إلى تعدادٍ مجريٍّ شامل.



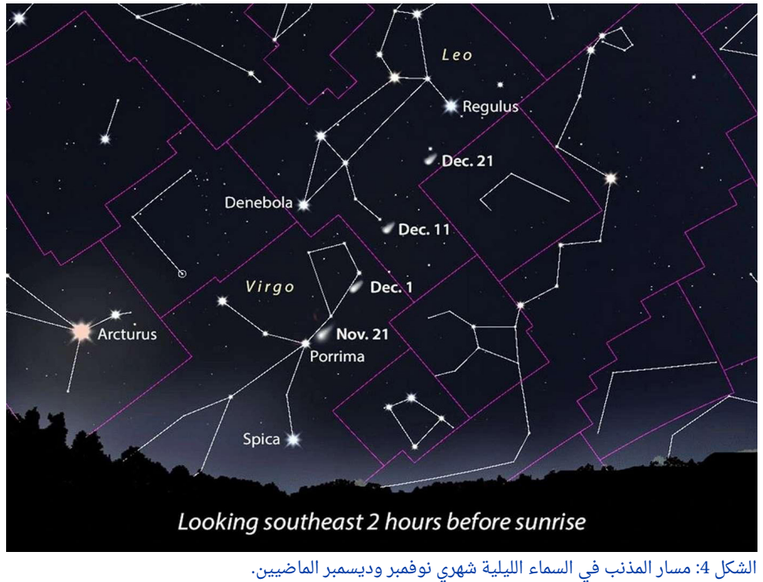
الشكل 3: المسار الزائدي لمذنب أطلس وهو يتحرك عبر النظام الشمسي بسرعة مذهلة

الزيارة العابرة

بلغ المذنّب أقرب نقطةٍ له من الشّمس (الحضيض) في 29 أكتوبر 2025، عندما مرّ على بُعد 1.36 وحدةٍ فلكية، أي بين مداري الأرض والمريخ. لسوء حظ الرّاصدين، كان أطلس خلف الشّمس خلال فترة نشاطه الأعظم، ولذلك لم يكن مرئيًا بالعين المجرّدة. ومع أنّ لمعانه الأقصى (من القدر 12 إلى 14) يتطلّب تلسكوبًا هاويًا كبيرًا (بقطر من 20 إلى 25 سم)، وقد ظهر مجدّدًا في أواخر نوفمبر وديسمبر 2025 وحتّى أوائل 2026، خاصّةً لمراقبي النصف الشمالي من الكرة الأرضية. سيغادر هذا الزائر العابر نظامنا إلى الأبد، لكن البيانات الكيميائية والحركية التي تركها وراءه ستغيّر فهمنا للكون لأجيالٍ قادمة.

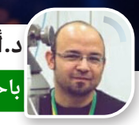


الشكل 2: يُرجّحُ أن مذنب أطلس قد طُردَ من نظام نجمي بعيد جدًّا، حتّى من الجهة الأخرى للقرص السميك لمجرتنا، ممّا يُوحي بوجود مليارات المذنّبات التي تحوم حول مجرّتنا



الشكل 4: مسار المذنب في السماء الليلية شهري نوفمبر وديسمبر الماضيين.

هل يخرج الذكاء الاصطناعي عن سيطرة البشر؟



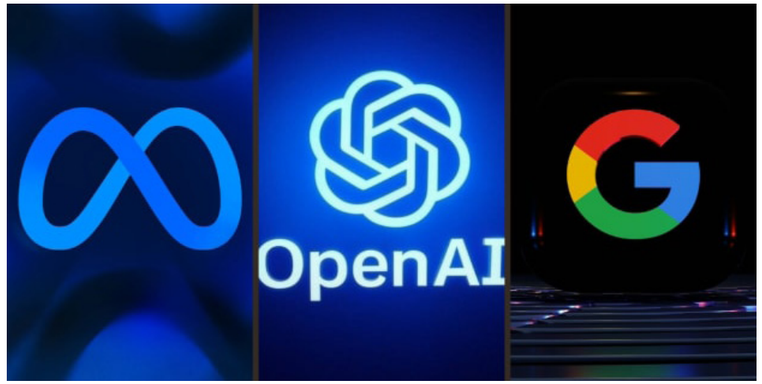
د.أحمد نسيم محمدي

باحث في البصريات والخلايا الشمسية بجامعة ستوكهولم

يشهد مجال الذكاء الاصطناعي تطورًا متسارعًا أحدث تغييرات جذرية في نمط الحياة والفكر عالميًا. ومع هذا التقدم التقني الهائل تبرز أسئلة فلسفية معقّدة حول طبيعة الذكاء والوعي والأخلاق المتعلّقة بالآلات الذكية. تناقش فلسفة الذكاء الاصطناعي أبعادًا متعدّدة تشمل البعد الأخلاقي المتعلّق بالقيم والمبادئ، والبعد الوجودي المتعلّق بمستقبل وجود الإنسان، والبعد المعرفي المتصل بطبيعة المعرفة والوعي لدى الآلة، إضافةً إلى ما يحمله الذكاء الاصطناعي من مخاطر وتحديات.

تُثير تقنيات الذكاء الاصطناعي أسئلةً أخلاقيةً حرجةً تتعلّق بكيفية استخدامها وتوظيفها. فعلى سبيل المثال، يمكن للذكاء الاصطناعي التوليدي Generative AI أن يُساء استخدامه لإنتاج محتوى ضار أو غير أخلاقي. يقول أحد الباحثين في هذا الصدد إنّه: "يمكن استخدام الذكاء الاصطناعي التوليدي لإنشاء محتوى ضار، مثل الأخبار الزائفة أو المواد الإباحية... لذا، يجب وضع ضوابط صارمة لضمان الاستخدام الأخلاقي والقانوني". وتأكيدًا لذلك، تعمل شركات تقنية كبرى مثل Google و META على تطوير أدوات لكبح الاستخدامات الضارة لهذه التقنيات. تعكس هذه التحذيرات حاجة ماسة لأطر تنظيمية تضمن عدم انحراف الذكاء الاصطناعي عن القيم الأخلاقية المتّفق عليها.

من جهة أخرى، يتعيّن دمج الاعتبارات الأخلاقية ضمن تصميم أنظمة الذكاء الاصطناعي منذ البداية. فالتوفيق بين الإبداع التقني والمسؤولية الأخلاقية أمرٌ ضروري لضمان ألّا تنتهك هذه الأنظمة معايير المجتمع وأخلاقياته. يؤكّد الخبراء أنّه ينبغي التعامل بحذرٍ مع الذكاء الاصطناعي المتقدّم، «مع وضع أطرٍ قانونية وأخلاقية لضمان الاستخدام المسؤول، والمستدام لهذه التكنولوجيا الثورية». إنّ تطوير سياسات رقابة وإرشادات أخلاقية واضحة سيساعد في توجيه بحوث الذكاء الاصطناعي وتطبيقاته نحو الصّالح العام، وتفادي السيناريوهات الّتي قد تؤدّي إلى



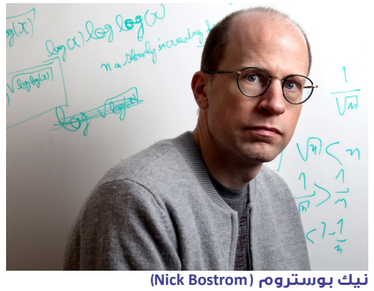
الإضرار بالمجتمع أو انتهاك خصوصيات الأفراد وحقوقهم.

البعد الوجودي ومستقبل الإنسانية

يرتبط البعد الوجودي للذكاء الاصطناعي بالتّساؤلات حول مصير البشرية وعلاقتها بالآلات الذكية في المستقبل. يخشى البعض من احتمال تفوّق الذكاء الاصطناعي على الذكاء البشري وسيطرته على البشرية، في حين يرى آخرون إمكانية التعايش والتعاون الإيجابي بينهما. يوضّح أحد الباحثين هذا الجدل بقوله إن "العلماء والعوام ينقسمون إلى قسمين.. بعد بلوغ التفرُّد التكنولوجي Technological Singularity: هل سيسيطر الذكاء الاصطناعي علينا وقد بدأ فعلًا يستولي على الوظائف، أم سيتعاون معنا لجعل حياتنا أفضل؟". تعكس هذه الأطروحة انقسامًا بين فريق متخوّف يرى في التفرد التكنولوجي نقطة قد يفقد عندها الإنسان السيطرة على مصيره، وفريق متفائل يؤمن بأنّ الذكاء الاصطناعي سيظل أداةً لتحسين الحياة البشرية إذا ما أحسنّا توجيهها.

من التصوُّرات التفاؤلية البارزة ما تطرحه حركة ما بعد الإنسانية، التي تتوقّع اندماجًا وثيقًا بين الإنسان والآلة ارتقاءً بقدرات الإنسان وتجاوزًا لحدوده البيولوجية الحالية. تصف إحدى الدراسات هذه الحركة الفلسفية بأنّها "نسبة إلى المرحلة القادمة من تاريخ البشر Humanity 2.0، وتُسمّى أيضًا مرحلة ما بعد الإنسانية Transhumanism ويرمز لها بالرمز «H+»". هدفها الرئيسي هو دراسة الفوائد والمخاطر المحتملة لهذه الاندماجات بين الإنسان والآلة وتوجيهها نحو تحسين أداء الإنسان باستخدام جميع السبل والتقنيات الممكنة». ضمن هذا التصوّر، يجري تطوير تقنيات لدمج الذكاء الاصطناعي في جسم الإنسان لرفع كفاءته الفكرية والجسدية. ومع أنّ هذه الرؤية تحمل وعودًا كبيرة (مثل القضاء على الأمراض وإطالة العمر)، فإنّها تستلزم أيضًا حوارًا فلسفيًا وأخلاقيًا عميقًا حول معنى أن نظلّ بشرًا عند تجاوز حدودنا الطبيعية.

لا يغيب عن هذا النقاش، التحذيرات الجادة الّتي يطلقها فلاسفة معاصرون؛ فالباحث نيك بوستروم Nick Bostrom مثلًا يُعد من أبرز الداعين إلى الحذر من تفوّق الذكاء الاصطناعي على البشر وبلوغ مرحلة التفرّد، وقد فصّل ذلك في مقدمة كتابه «Superintelligence»، محذّرًا عبر استعارة أدبية من استعجال استحضار قوة قد يصعب التحكم بها. هذه التحذيرات تذكّرنا بأنّ البعد الوجودي للذكاء الاصطناعي ليس مجرّد خيال علمي، بل هو شأنٌ واقعي يستدعي الاستعداد والتخطيط لضمان مستقبلٍ تتعاون فيه الآلات الذكية مع البشر بدلًا من أن تُهدّد وجودهم.



نيك بوستروم (Nick Bostrom)

طبيعة الوعي والذكاء

يركّز البعد المعرفي في فلسفة الذكاء الاصطناعي، على ماهية الوعي والمعرفة والإدراك لدى كلٍّ من الإنسان والآلة. يُطرح سؤال جوهري في هذا السياق: هل بإمكان الآلة أن تكتسب وعيًا شبيهًا بالوعي البشري؟ وما مدى تشابه أو اختلاف ذلك الوعي إن وُجد؟ يتساءل أحد المفكرين في هذا الصدد: "إذا اكتسبت الآلات نوعًا من الذكاء فهل يمكن أن تكتسب نوعًا من الوعي؟ ثم هل ستكتسب مستقبلًا نوعًا من الضمير والحكمة؟". هذا التّساؤل يلخّص التحدي المعرفي، فنحن لا نزال نجهل إن كان للذكاء الاصطناعي القدرة يومًا على الإحساس بالذّات أو استيعاب المفاهيم المجرّدة كالأخلاق والحكمة بنفس طريقة العقل البشري

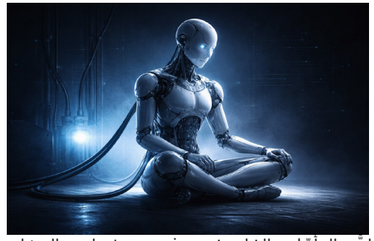
إنَّ مفهوم الوعي نفسه عصيّ على التعريف الدّقيق ومتعدّد الجوانب. تُعرّف الأدبيات الفلسفية الوعي بأنّه إدراك الكائن لوجوده وللعالم من حوله، وقدرته على الحصول على التجارب الذاتية. يشير أحد التعاريف إلى أنَّ "الوعي هو إدراك الواقع بما يشمله من مكان وزمان وحقائق عبر التفاعل الحسي مع المحيط الخارجي، ولا يزال من أصعب مواضيع الدراسة وأكثرها إثارةً للجدل فلسفيًا وفيزيولوجيًا». أي أنَّ فهم الوعي الإنساني ذاته ما زال موضع نقاش حاد بين الفلاسفة وعلماء الأعصاب. فبعضهم يعتبره مجرّد نتاج للتفاعلات المادية في الدماغ، بينما يرى آخرون أنه ظاهرةٌ فريدةٌ تتجاوز التفسير المادي البحت. في ضوء ذلك، يتساءل الباحثون: هل يمكن لآلةٍ رقميةٍ أن تحقّق الوعي بذات المعنى الإنساني أم أنَّ هناك حدودًا معرفيةً لا يمكن تجاوزها؟ هذه الأسئلة المعرفية تتقاطع مع اختبارات مثل اختبار تورينغ الّذي يقيس قدرة الآلة على محاكاة السلوك الذكي، ومع نقاشاتٍ مثل حجة الغرفة الصينية لسيرل الّتي تشكّك في إمكانية أن تمتلك الآلات «فهمًا» حقيقيًا. وعليه، يظل البعد المعرفي ميدانًا مفتوحًا للنقاش، وتتوقّف الإجابات فيه على التقدم العلمي في فهم العقل والوعي وكذلك على تطور تقنيات الذكاء الاصطناعي ذاتها.

المخاطر والتحديات

رغم الفوائد الهائلة المتوقّعة للذكاء الاصطناعي، هناك مخاوف جديّة من مخاطره المحتملة. هذه المخاطر تتنوّع بين قصيرة المدى

(مثل فقدان الوظائف أو انتشار المعلومات المضلّلة كما سبقت الإشارة) وبعيدة المدى والّتي قد تصل إلى تهديدٍ وجودي للبشرية. في الثقافة الشعبية والخيال العلمي، كثيرًا ما يُصوَّر الذكاء الاصطناعي إمّا كشريك مثالي للبشر في مستقبلٍ مزدهر، أو كقوّةٍ مدمّرة تتمرّد على صانعيها. وكما ورد في أحد التّحليلات: «ينقسم التوجّه في الخيال العلمي إلى صنفين: صنفٌ متفائلٌ حيث يتعايش البشر والآلة جنبًا إلى جنب بسلام، وصنفٌ متشائم يتوقّع انقلاب الآلة على البشر وسيطرتها عليهم، ونهاية مأساوية للبشر على يد الآلات فيما يسمى بقيامة الآلات (AI apocalypse)». ورغم أن هذه التصورات قد تبدو خيالية، فإنّها تعكس مخاوف حقيقيّة لدى شريحة من العلماء: هل يمكن أن يصل تطور الذكاء الاصطناعي إلى مرحلةٍ يخرج فيها عن سيطرة البشر ويشكّل خطرًا على وجودهم؟ ويعزز هذه المخاوف سيناريو الذكاء الاصطناعي الخارق أو العام Artificial General Intelligence AGI الذي يفوق قدرات البشر بكلّ المقاييس، وربما لا يشاركهم قيمهم وأهدافهم.

لم تبقَ هذه الهواجس حبيسة أدبيات الخيال العلمي، بل انتقلت إلى أروقة النقاش العلمي والقرارات الدولية. ففي يناير 2015 صدر خطاب مفتوح وقّع عليه عددٌ كبيرٌ من أبرز العلماء ورواد التكنولوجيا –من بينهم ستيفن هوكينج وإيلون ماسك وغيرهما– يحثّ على التركيز الجاد على أمان الذكاء الاصطناعي. وقد دعت تلك الرسالة المؤسّسات والحكومات إلى إجراء بحوثٍ استباقية ووضع سياساتٍ تضمن توجيه الذكاء الاصطناعي نحو الخير العام وتجنّب «المزالق» والممارسات غير الأخلاقية. وجاء في نصّ الرسالة تحذيرٌ صريحٌ: «دعت الرسالة إلى إجراء بحث ملموس وسنّ قوانين استباقية حول كيفية منع بعض الانحرافات والاستخدامات غير الأخلاقية المحتمَلة للذكاء الاصطناعي، فهذا الذكاء لديه القدرة على القضاء على المرض والفقر، ولكن يجب على الباحثين ألا يبتكروا شيئًا لا يمكن السيطرة عليه». ويشير هذا التحذير إلى معادلة دقيقة ينبغي تحقيقها، فبينما يُمكن للذكاء الاصطناعي أن يجلب فوائد جمّة للبشرية (كالتغلّب على أمراض مستعصية أو تحسين جودة الحياة)، إلّا أنّ افتقاد الضوابط والرقابة قد يجعل منه تهديدًا وجوديًا حقيقيًا. لذا يطالب الخبراء بوضع بروتوكولات أمان وقواعد أخلاقية دولية لضمان بقاء الذكاء الاصطناعي آمنًا ومفيدًا للبشر، ولتفادي سيناريوهات كارثية قد تنجم عن إساءة استخدامه أو فقدان السيطرة عليه.



إنّ التأمّل الفلسفي في تطورات الذكاء الاصطناعي ليس ترفًا فكريًا، بل هو ضرورةٌ تمليها سرعة التقدم التقني والتأثيرات المحتمَلة والعميقة لهذه التقنيات على مستقبل الإنسانية. لقد رأينا كيف تتداخل الاعتبارات الأخلاقية في تصميم واستخدام أنظمة الذكاء الاصطناعي، وكيف يُثير البعد الوجودي أسئلة حول مصير الإنسان في ظلّ ظهور كيان قد يضاهيه ذكاءً. كما أنّ البعد المعرفي يفتح أبواب التساؤل حول ماهية الوعي والإدراك، وهل يمكن للآلة أن تشاركنا فيهما، في حين يذكّرنا الحديث عن المخاطر بضرورة التحلّي بالمسؤولية والاستباقية في توجيه هذه الثورة التقنية. تستدعي كلّ هذه الأبعاد نقاشًا متعدّد التخصّصات يشمل الفلاسفة والعلماء والمشرّعين وعامة المجتمع، لضمان تحقيق التوازن بين ابتكار تقنيات ذكاء اصطناعي متقدّمة من جهة، وصون القيم الإنسانية واستمرار الازدهار البشري من جهةٍ أخرى. بهذه الطريقة فقط يمكننا التقدّم نحو مستقبلٍ يتعايش فيه الإنسان والذكاء الاصطناعي بانسجامٍ وأمان.

بقلم: جمال ميموني

الذكرى المئويّة لوفاة كاميي فلاماريون (1842–1925)

الفلكي الّذي أنزل النّجوم إلى الأرض

منذ قرنٍ من الزّمان، انطفأ الرّجل الذي جعل قبّة السّماء في متناول الجميع. وُلد كامي فلاماريون Camille Flammarion سنة 1842 في بلدة مونتيني لوروا (Montigny-le-Roi) بفرنسا، وكان في طفولته حالمًا شغوفًا بالنُّجوم الّتي يتأمّلها من الريف. التحق في سنٍّ مبكّرةٍ بمرصد باريس، حيث تميّز بفضوله الكبير وبروحٍ متمرّدة؛ إذ لم يكن يريد أن يكتفي بقياس مواقع النجوم، بل أراد أن يمنحها روحًا ومعنى. كان مفعمًا بالطاقة، وبشغفٍ مُعدٍ جعل منه محاضرًا ومبسّطًا عالميًا من الطّراز الرّفيع، قادرًا على أسر قلوب الجماهير بعلمه وشعره الكوني.

اتّسم فلاماريون بشخصيةٍ معقّدةٍ وساحرةٍ، وكان همزة وصل بين العلم الصارم والروح الرومانسية. كما تميّز بطبعٍ مستقلٍّ وعنيد، دفعه منذ شبابه إلى مغادرة مرصد باريس، رافضًا فكرة العلم الميكانيكي البحت، باحثًا عن المعاني وراء النجوم. لم يكن محبوبًا من المؤسّسة العلمية التقليديّة، إذ كان مدير المرصد آنذاك، أوربان لوڤيرييه، يراه مجرّد مروّج علمي أكثر من كونه عالمًا جادًا. لكن فلاماريون، في مواجهة هذا التكبّر الأكاديمي، اختار طريقه الخاص، طريق التواصل وتقريب العلم من الناس.

تأثّر فلاماريون أيضًا بالروحانيات وبتيّار «التحضير الروحي»، الّذي يُعتبر نوعًا من دينٍ كوني بلا إله، يعبّر عن إيمانٍ بأنّ للكون روحًا وعقلًا. كان يرى أنّ الكواكب كائنات حيّة، وأنّ للكون نفسه نوعًا من الوعي. هذا المزج بين العلم والروح جعله في نظر البعض حالمًا، وفي نظر آخرين سابقًا لعصره.

مؤسس علم الفلك الشعبي

لم يكن فلاماريون مجرّد فلكي، بل كان شاعرًا للكون ومؤسّسًا حقيقيًا لعلم الفلك الشّعبي. فقد أسّس سنة 1887 الجمعية الفلكية الفرنسية (SAF)، ليبتكر بذلك طريقة جديدة لممارسة العلم: منفتحة، تشاركية وإنسانية. كانت هذه الجمعية رائدة في أوروبا والعالم، إذ جعلت النجوم تنزل من الأبراج العاجية للمراصد نحو الحدائق والسّاحات والمدارس، حيث صار بإمكان الجميع، من خلال منظارٍ بسيط، أن يلمسوا اللّانهاية.

لم يكن فلاماريون يفتقر إلى الشجاعة من أجل العلم، فقد قام خلال حصار باريس عام 1870 برحلةٍ جويّةٍ في منطاد من أجل القيام بأرصادٍ جويّة في أثناء الحرب، كما أسّس مرصده الخاص جوفيسي Juvisy، وتوفي هناك عن عمرٍ يناهز 83 عامًا إثر أزمةٍ قلبية، ودُفن في حديقة المرصد نفسه.

أراد فلاماريون أن تكون السّماء مُلكًا للجميع. فوضع في أيدي النّاس خرائط النجوم، وصور السّدم، وحكايات الكواكب المأهولة. نالت كتبه، «علم الفلك الشعبي»، «أراضي السماء»، و» أوراني»، شهرةً عالميةً، وتُرجمت إلى لغاتٍ عديدة. جمع فيها بين صرامة العلم، وشاعريّة اللّغة، وتأمّلات الفلسفة، دون أن يفصل العلم عن الدهشة، وبفضله أصبح الفضول نحو الكون ثقافةً مشتركةً، وحوارًا بين العالِم والحالم.

إشعاعه وتأثيره

بلغت شهرة فلاماريون الآفاق؛ فقد كان مقروءًا ومحبوبًا في فرنسا وأوروبا وأمريكا اللاتينية. وكان من الروّاد الّذين آمنوا بأنّ العلم يجب أن يُسهم في الأخوة الإنسانية. وفي عالمٍ كان يتّجه نحو التصنيع والتسلّح، ذكّر بأنّ التأمّل في السّماء يجعل الإنسان أكثر تواضعًا، وأكثر وعيًا بوحدة المصير البشري.

وقد زار فلاماريون الجزائر، الّتي كانت آنذاك تحت الاحتلال الفرنسي، وذلك في 22 ديسمبر 1880 لمتابعة كسوف الشمس الكلي، حيث تركت تلك الرحلة أثرًا عميقًا في كتاباته الفلكية.

أمّا إرثه؛ فلا يزال متوهّجًا في العالم بعد قرنٍ من رحيله. وفي عالمنا العربي، تسير جمعية الشعرى لعلم الفلك على خطاه من خلال مهرجاناتها و»ليالي النجوم»، مستلهمةً رؤيته التي جعلت العلم متاحًا، مبهجًا وشعبيًا أو «جماهيريا».

كامي فلاماريون Camille Flammarion 1842–1925 الذي ناصر فكرة علم الفلك للملايين.

رسالةٌ لا تزال حية

لقد حذّر فلاماريون، الإنسانوي القادم من جوفيسي، من عمى الإنسان الأخلاقي. فهو الذي حلم بـ «كوكبٍ ذكي» استنكر حروب عصره، وقال عبارته الشهيرة التي لا تزال ترنّ في الذاكرة:

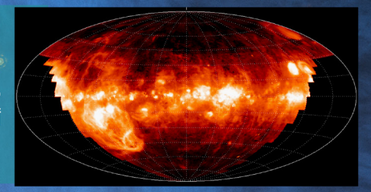
«مثل هذه الفظائع لا يمكن أن تحدث على كوكبٍ عاقل»

وبعد مرور مئة عام، بينما تنهض غزّة من تحت أنقاضها بعد عامين من الجنون الإجرامي، تعود رسالته لتصبح نداءً إنسانياً. فالتلسكوب الّذي اخترعه ليرى أبعد، يدعونا اليوم إلى توسيع نظرتنا الداخلية. وربّما يكون أجمل احتفاءٍ بذكراه المئوية أن نُشعل هنا على الأرض، تلكَ الشّعلة من الذكاء والأخوة الّتي بحث عنها طوال حياته في أعماق السماء.

الكاتب على اليمين داخل مرصد فلاماريون في جوفيسي سور أورج، وعلى أقصى اليسار فيليب موريل، رئيس الجمعية الفلكية الفرنسية آنذاك. فوق المبنى، قبة التلسكوب التي يبلغ قطرها 5 أمتار.

الوسط بين النجمي وتكون النجوم

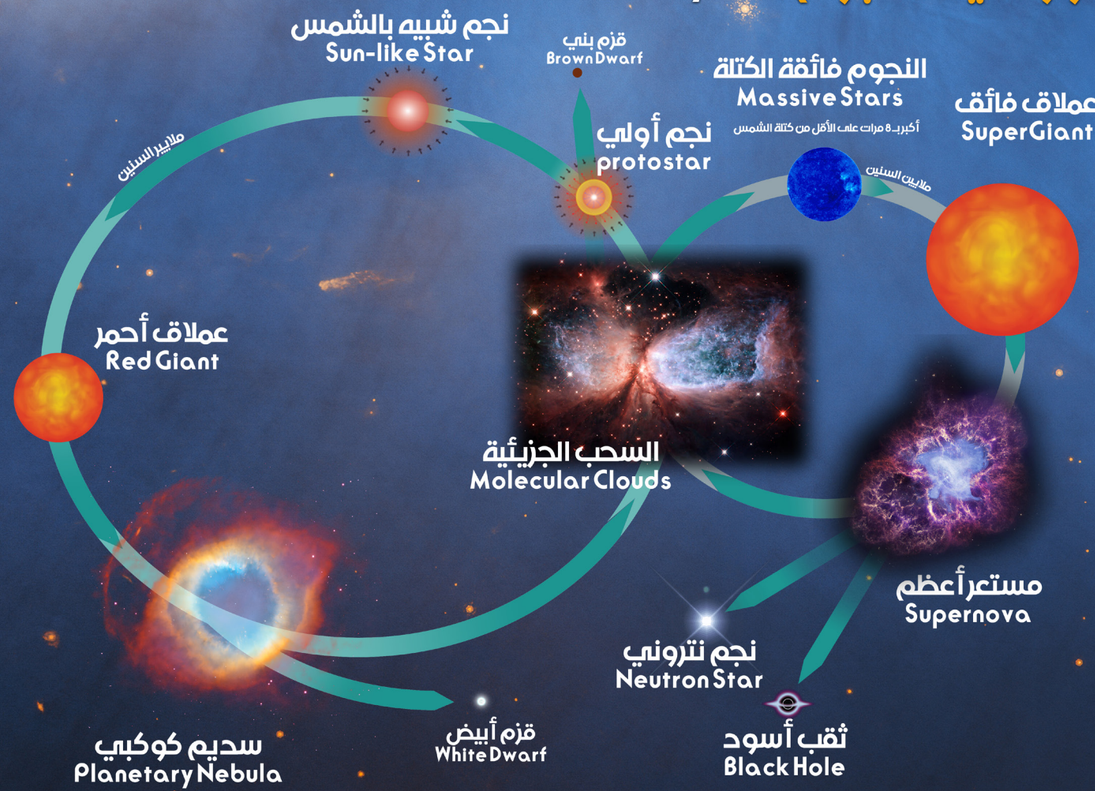
Interstellar Medium & Stellar Birth



الوسط بين النجمي Interstellar Medium (ISM)

هو المزيج المنتشر بين النجوم من الغاز والغبار داخل المجرات. يوجد في أطوار متعددة تختلف في درجة الحرارة والكثافة، من الغاز الساخن المؤيّن إلى السحب الجزيئية الباردة. لعب دورًا أساسيًا في دورة المادة والطاقة، حيث تتكوّن منه النجوم ويُغذّى بانفجاراتها

دورة حياة النجوم Stellar Life Cycle



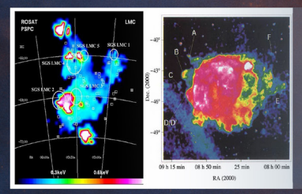
الصورة في الخلفية هي من سحابة الحرباء Chamaeleon I الجزيئية المظلمة، كما رصدها تلسكوب جيمس ويب، حيث يُضيء نجم أولي فتي المادة الباردة بالأشعة تحت الحمراء

تطور الوسط بين النجمي ISM Evolution

الإنفجارات النجمية Stellar Explosions

الانفجارات النجمية، خصوصًا المستعرات العظمى، تضخّ المادة والطاقة في الوسط بين النجمي، وتُعدّ المصدر الأساسي لتكوّن أطواره المختلفة

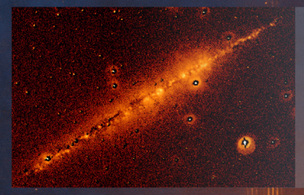
تمثل الصورة على اليسار سديم السرطان - بقايا مستعر أعظم، أما الصورة على اليمين فهي لبقايا المستعر الأعظم SN1987A مع حلقات موجات الصدم



الوسط المؤين الحار Hot Ionized Medium (HIM)

غاز فائق الحرارة ومؤيّن بالكامل، تصل حرارته إلى ملايين الكلفن، ينشأ أساسًا عن المستعرات العظمى ويُرصد في الأشعة السينية

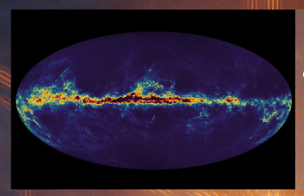
تمثل الصورة إنبعاثات الأشعة السينية من الوسط الساخن المؤيّن داخل فقاعات مجرّية ناتجة عن المستعرات العظمى



الوسط المؤين الدافئ Warm Ionized Medium (WIM)

غاز مؤيّن منخفض الكثافة وواسع الانتشار، بدرجة حرارة تقارب 10 آلاف كلفن، يربط بين الغاز الساخن والغاز البارد في الوسط بين النجمي

تمثل الصورة إنبعاثات H-alpha من الوسط الدافئ المؤين المنتشر داخل مجرتنا



الوسط البارد المتعادل شحنيا Cold Neutral Medium (CNM)

غاز ذري متعادل بارد وكثيف نسبيًا، يُعدّ مرحلة انتقالية بين الغاز المؤيّن والسحب الجزيئية

خريطة تظهر توزع الوسط البارد المتعادل داخل قرص مجرتنا درب التبانة

السحب الجزيئية Molecular Clouds (MCs)

السحب الجزيئية هي مناطق باردة وكثيفة من الغاز والغبار، يهيمن فيها الهيدروجين الجزيئي، وتمثل البيئة الوحيدة التي تتشكل فيها النجوم

الصورة لسديم الحية، وهي منطقة نشطة تشكل النجوم داخل سحابة جزيئية

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

طلاقة بلا صوت «العرب»:

العربية والذكاء الاصطناعي و«الاستيعاب الرقمي»

د. أسامة مطاطلة

أستاذ علوم الحاسوب بجامعة بريستول وباحث في التفاعل بين الإنسان والحاسوب

لا شك أن موجة الذكاء الاصطناعي التي نعيشها اليوم، وما تنتجه من تكنولوجيا، ستحدث أثرا عميقا على الإنسان فردا ومجتمعا. ولا شك كذلك أن لهذه التكنولوجيا جوانب مزهرة عديدة، بل إن كثيرا مما نراه اليوم لا يعدو كونه قمة جبل الجليد. غير أن هذا النص لا يهدف إلى الاحتفاء ولا إلى التهويل، بل إلى التنبيه الهادئ، حرصا لا تشاؤما.

ما أود طرحه هنا هو أن موجة الذكاء الاصطناعي في صيغتها الراهنة من شأنها أن تُحدث، بشكل تدريجي، تحولا عميقا في طبيعة اللغة العربية وفي علاقة المتحدثين بها بلغتهم وبغيرهم، تحت تأثير قيود غير محايدة ولا عابرة، قيود ذات منبعين متداخلين: منبع تفاعلي تقني – اجتماعي، ومنبع بنيوي جيو – سياسي – اقتصادي. وقد جمعت هذين المسارين تحت مفهوم «الاستيعاب الرقمي» وأقصد بالاستيعاب الرقمي هنا: عملية إعادة تشكيل اللغة والذات والفاعلية الجماعية، لا عبر القمع أو المنع المباشر، بل عبر وسائط رقمية، تفرض معاييرها من خلال الأداء، والطلاقة، والسهولة، والتكيف التدريجي، بحيث لا تمنع اللغة، بل يعاد تعريف ما يعد لغة «مقبولة»، ومن يملك شروط قبولها وتداولها. ويمتد هذا الاستيعاب إلى إعادة صياغة موقع المجتمعات نفسها داخل منظومة الذكاء الاصطناعي، حيث لا تُقصى الشعوب عن هذه المنظومة، بل تدمج فيها وفق شروط بنيوية غير متكافئة، تُحدد فيها أدوارها، وحدود فاعليتها، وموقعها من القرار، ومن الموارد، ومن إنتاج المعنى في حد ذاته.

ادعائي إذن هو وجود – على الأقل – شكلين متمايزين ومتكاملين للاستيعاب الرقمي

أولا، استيعاب تفاعلي تقنو – اجتماعي تمارسه أنظمة الذكاء الاصطناعي على اللغة في استخداماتنا اليومية لها، وثانياً، استيعاب بنيوي جيو – سياسي – اقتصادي أوسع، ينبع من ماهية الذكاء الاصطناعي نفسها بوصفها منظومة متكاملة، ذات طبيعة استخراجية، تنتظم عبر علاقات قوة غير متكافئة تترتب عليها وضع الشعوب – العربية وغيرها – في موضع القابلية للاستغلال والتسخير.

وليس هذا القلق جديدا في تاريخ علاقتنا بالتكنولوجيا. فقد نبه فرانز فانون، في تحليله للاستعمار، إلى أن أخطر أشكال الهيمنة لا تتم عبر المنع أو القمع المباشر، بل عبر الاستيعاب حين يتبنى المستعمَر أدوات المستعمِر ووسائطه، فيتغير صوته قبل أن تتغير لغته، ويُعاد تشكيل وعيه قبل أن يفرض عليه الصمت. وقد أولى فانون اهتماما خاصا للراديو، لا بوصفه جهازا تقنياً فحسب، بل كوسيط يعيد تنظيم من يملك حق الكلام، ومن يسمع، وكيف يسمع. وهذه العدسة تساعدنا اليوم على قراءة الذكاء الاصطناعي بوصفه وسيطا جديدًا لاستيعاب الصوت والمعنى والفاعلية.

الاستيعاب الرقمي في جانبه التقنو – اجتماعي

لفهم الاستيعاب الرقمي في جانبه التقنو – اجتماعي، لا بد من العودة قليلا إلى تاريخ الذكاء الاصطناعي. فرغم الحضور الطاغي لهذه التكنولوجيا في المخيال العام اليوم مع ظهور أدوات مثل «تشات جي بي تي» وغيرها، إلا أن الذكاء الاصطناعي كمجال بحث يعود إلى خمسينيات القرن الماضي، وقد عرف تطوره تقلبات واضحة توصف عادة بالأصياف والأشتية. فيرتفع الاهتمام به كلما ظهر تقدم تقني أو فلسفي مهم، كما حدث مع ورقة آلان تورينغ الشهيرة «هل تُفكر الآلات؟»، ثم مع تطوير نظرية المعلومات التي قننت سبل تمثيل البيانات وتخزينها ونقلها. ليخف ذلك الزخم في سبعينيات القرن الماضي، قبل أن يعود بقوة في الثمانينيات مع ما عرف بالأنظمة الخبيرة، ليخبو مجددا في شتاء ثان خلال التسعينيات. ولم نشهد النقلة التي نعيشها اليوم إلا مع تطور تقنيات التعلم العميق والشبكات العصبونية في الألفية الجديدة

ويرى بعض الباحثين أننا اليوم أمام مفترق طرق آخر، عند ما يسمى بـ «فخ السببية»: إما قفزة نوعية جديدة نحو ما يعرف بالذكاء الاصطناعي العام – وهو ما تتسابق إليه كبرى الشركات والدول – أو دخول مرحلة خفوت جديدة قد تفضي إلى شتاء ثالث.

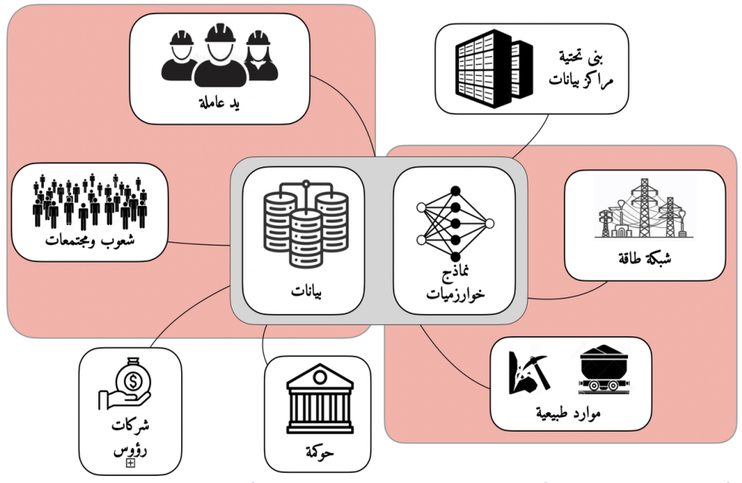
تقفّي هذا التاريخ ليس غاية في حد ذاته هنا. ما يهمنا هو التحول الجذري الذي طرأ على علاقة الذكاء الاصطناعي باللغة خلال هذا التطور التاريخي:

في ما يمكن تسميته بالذكاء الاصطناعي التقليدي (من الخمسينيات إلى التسعينيات تقريبا)، كانت المقاربة قاعدية في جوهرها تشفر قواعد اللغة داخل الآلة مباشرة حتى تتمكن من «فهمها»، وكأننا نعلّم الآلة قواعد الصرف والنحو يدويا. أما في الذكاء الاصطناعي بصيغته الحديثة، فقد أصبحت المقاربة إحصائية احتمالية. لم تعد القواعد تبرمج، بل تستخلص اللغة استخلاصا إحصائيا واحتمالياً عبر تدريب النماذج على كميات هائلة من البيانات النصية.

وهنا يبدأ الإشكال..

فالنماذج اللغوية الكبرى تُدرَّب على مزيج من محتوى الإنترنت، والكتب، والبيانات المرخصة وغيرها من البيانات النصية، غير أن اللغة الإنجليزية تهيمن على هذا المزيج بحصة تتجاوز النصف. نحن إذن أمام نماذج مبنية على لا مساواة لغوية، تستبطن ما تحمله اللغة الإنجليزية من رؤى ومعايير وانحيازات ثقافية وتاريخية. في هذا السياق يتحدث الباحثون عن ما يعرف بـ«لعنة التعدد اللغوي» في أنظمة الذكاء الاصطناعي. فكلما حاولنا دعم عدد أكبر من اللغات داخل نموذج واحد، اضطررنا إلى تقسيم الموارد الحوسبية بينها، ومع محدودية هذه الموارد، ينخفض الأداء والدقة – وهو ما تعانيه معظم اللغات غير الإنجليزية، بما في ذلك العربية.

السؤال المطروح إذن هو: كيف يمكن سد هذه الفجوة البيانية بالنسبة للغة العربية (وغيرها من اللغات)؟



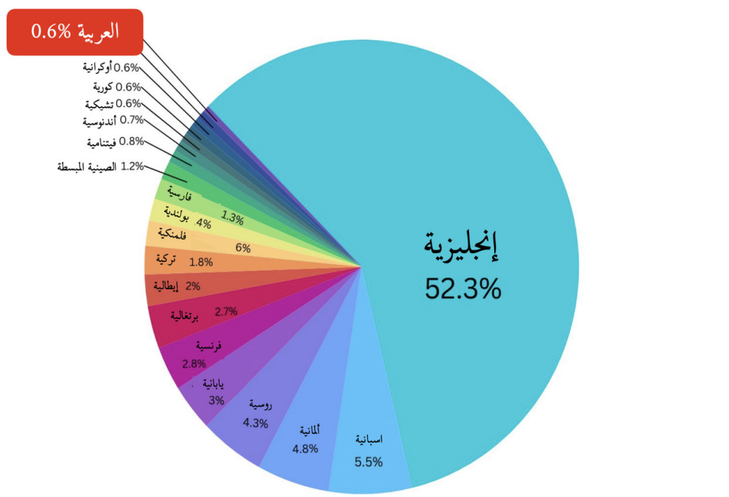
الشكل 1: خلف البيانات والشبكات العصبونية تقبع مراكز بيانات، وشبكات طاقة، وتعدين للمعادن، وعمالة بشرية، ورأس مال، وحوكمة.

يمكن تلخيص الإجابات المطروحة في اتجاهين رئيسيين. الأول هو زيادة المحتوى العربي على الإنترنت، وهو مسار ضروري لكنه بطيء بطبيعته إذا أردناه أن ينمو نموا عضويا طبيعيا نابعا من الإنسان ومن استعمالاته اليومية، والوقت – في ظل التسارع الهائل للتطور التقني الذي نحن بصدده – ليس في صالح هذا المسار طبعا. أما الاتجاه الثاني، وهو الأكثر شيوعا اليوم، فيتمثل في ترجمة المحتوى الموجود بلغات أخرى، وخاصة الإنجليزية، ثم استخدام هذه الترجمات لتغذية نماذج الذكاء الاصطناعي.

وهذا ما يفتح باب الاستيعاب الرقمي الأول: التقنو– اجتماعي

فاللغات الحية لا تنمو في الفراغ، بل تتطور بالاستخدامات، وبالسياقات المتجذرة في المكان والزمان. حين تصبح اللغة العربية المتداولة رقميا عربية مترجمة آليا عن لغة أخرى، فإنها تنفصل تدريجياً عن تلك السياقات التي تمنحها نكهتها الثقافية وتاريخها الاجتماعي. فاللغة الناتجة تعكس – من جهة – رؤى وانحيازات اللغة الأصلية، ومن جهة أخرى، قيود المنطق التقني الذي أنتجها. ثم تدخل هذه اللغة المترجمة نفسها في حلقة آلية مغلقة: تستخدم لتدريب نماذج جديدة «تفهم» العربية عبر نصوص لم تنشأ فيها أصلا.

بهذا المعنى، يمكن قراءة ما يحدث اليوم بوصفه امتدادًا لما نبه إليه فانون: الوسيط لا يمنع الكلام، بل يفرض شكلا للكلام، ويعيد تعريف المقبول والمسموع. وكما كان الراديو الاستعماري يعيد تنظيم الصوت والشرعية ومن يملك حق الحديث، تقوم أنظمة الذكاء



الشكل 2:لا مساواة لغوية في بنية الإنترنت. المصدر Statistica

الاصطناعي اليوم – عبر الطلاقة المبهرة والاقتراح الصريح والتصحيح الدقيق – بإعادة تشكيل الذوق والمعيار اللغوي بهدوء وبلا صدام.

ولتقريب هذا المعنى، يمكن استعارة مثال المطبخ: تخيل مطبخا عائليا تُتوارث فيه تقنيات الطهي عبر الأجيال، وتتشكل فيه النكهات بحسب البيئة والذاكرة واليد التي تطبخ. ثم تخيل نفس الطبق ينتج في مطبخ صناعي، أولويته توحيد المعايير والإنتاج الكمي، بنكهة مسطحة، بلا روح.

نحن لا نتذوق اللغة بالقواعد وحدها، بل بالحس، تماما كما نشعر باللحن قبل أن نفسره. بهذا المعنى، ما يمكن أن يحدث للعربية حين تُغذى أساسا بالترجمة الآلية ليس مجرد تبسيط لغوي، بل تحول في الذوق والمعيار. ويزداد هذا التحول حدة مع الاستخدام اليومي لأنظمة الذكاء الاصطناعي. فالتفاعل مع هذه الأنظمة – من البحث إلى اقتراح الكلمات، إلى التصحيح والمراقبة – مصمم لتقليص نسبة «الاحتكاك» بين النية والفعل، فيصبح التفاعل أكثر سيولة كما يسعى مجال التفاعل بين الإنسان والحاسوب إلى تحقيقه. ومع الوقت، تصبح اللغة التي تقترحها الآلة مرجعا لما نعتبره «مقبولا»، فنكيف لغتنا لتناسب النظام، لا العكس، أي نستوعب في منطقها التقني بدل أن نستوعبها في منطقنا اللغوي لا يكون الاستيعاب الرقمي فعلا فجائيا، إذن، بل مسارا تراكميا يبدأ من اللغة اليومية، ويطبع المتكلمين تدريجيا مع منطق الوسيط ومعاييره، فتتحول الطلاقة إلى معيار، والسهولة والسيولة إلى سلطة صامتة

أما مآله، حين يستقر ويطبع، فقد لا يتوقف عند إعادة تشكيل اللغة فحسب، بل يفتح الباب نحو «استيلاب لغوي». فاللغة هنا لا تُفرَض بالقوة، لكنها تنفصل تدريجيا عن سياقاتها الحية وعن التجربة التي أنشأتها، ليجد المتكلم نفسه يتعامل مع لغة مألوفة في شكلها، غريبة في منطقها، فيتكيف معها بدل أن تعبّر عنه. بهذا المعنى، يصبح الاستيعاب التقنو – الاجتماعي شرطًا ممهدًا لاستيلاب لغوي، يؤسس لاستيعاب فكري أعمق – باعتبار اللغة وعاء للفكر– استيلاب لا يُقصي اللغة والفكر، بل يفرغهما من إمكان الفاعلية بخلق مساحات فاصلة بين علاقتهما بالذات والزمان والمكان.

الاستيعاب الرقمي في جانبه البنيوي الجيو–السياسي – الاقتصادي

ومع انتشار الفيروس، يتغيّر الجينوم

الشكل 3:كما يتشكل الطبخ التقليدي عبر الذاكرة والسياق واليد البشرية، تنمو اللغات الحية من الاستعمال والتجربة. أما «المطبخ الصناعي» للغة، القائم على التوحيد والإنتاج الكمي، فيحافظ على الشكل ويُسطّح المذاق ويُفرغ المعنى. صورة مولدة باستخدام DALL-E

الفيروسي إذا كان الاستيعاب الرقمي في جانبه التقنو – اجتماعي يعيد تشكيل اللغة، والذوق ومعيار المقبول في الاستعمال اليومي، فإن استيعابه في جانبه البنيوي الجيو – السياسي الاقتصادي يعيد تشكيل موقع المجتمعات نفسها داخل منظومة الذكاء الاصطناعي، وحدود فاعليتها وسيادتها

لفهم هذا الجانب، إذن، علينا أولا أن نطرح سؤالا جوهريا حول ماهية الذكاء الاصطناعي أصلا. ما الذكاء الاصطناعي فعلا ؟ وهل يكفي حصره في جانبه التقني – من خوارزميات وبيانات وشبكات عصبونية – لفهم ماهيته؟ أم أن هذا التحديد تحديد قاصر، رغم صحته الجزئية؟

تقول الباحثة كيت كروفورد في مطلع كتابها «أطلس الذكاء الاصطناعي» جملة لافتة: «الذكاء الاصطناعي ليس ذكاء، وليس اصطناعياً». وتنطلق من هذه العبارة لتبين أن الذكاء الاصطناعي ليس مجرد تقنية، بل منظومة متكاملة تتجاوز تمظهراتها التقنية المباشرة. توضح كروفورد كيف تقوم هذه المنظومة على الموارد المادية، والعمل البشري، وعلاقات سلطة غير متكافئة بين الدول والشركات. فإذا تتبعنا مسار هذه المنظومة، نجد أن الذكاء الاصطناعي يبدأ – حرفياً – من استخراج المعادن والطاقة، والمياه، التي تحتاجها الشركات والدول لإنشاء وتسيير بنى تحتية ضخمة من مراكز البيانات والحوسبة. كما تتضمن هذه المنظومة عملاً بشريا مباشرا، غالبا ما يكون غير مرئي يتمظهر في وسم البيانات، ومراقبة المحتوى، والعمل عبر المنصات الرقمية. فما نراه في تفاعلنا المباشر على أنه «أتمتة»، يُخفي في الواقع يدا عاملة كادحة مهمشة وتكاليف بشرية ومادية باهظة.

كما تُبين الكاتبة كذلك أن أنظمة الذكاء الاصطناعي تُوجَّه بالبيانات والتصنيفات التي تُغذَّى بها، وهي تصنيفات تتضمن انحيازات اجتماعية، وإقصاءات تاريخية، ومعايير ثقافية مهيمنة. ثم تدار هذه الأنظمة في سياق تمركز شديد للسلطة بيد شركات ودول كبرى، فمثلا يكثر توظيفها في الشرطة، وضبط الحدود، والمراقبة، والحرب. ولعل ما عاناه – ولا يزال يعانيه – الشعب الفلسطيني من عنف ممنهج ومعزز بأنظمة ذكاء اصطناعي موجهة ضمن موجة الإبادة الجماعية على يد المحتل الصهيوني، خير دليل على خطورة هذا التوظيف.

ماهية الذكاء الاصطناعي إذن تتجاوز جانبه التقني المباشر، يفرض فهمه بوصفه منظومة متكاملة، بل استخراجية في طبيعتها: تتضمن استخراجا للموارد الطبيعية من جهة، واستخراجا لنشاط الإنسان الفردي والاجتماعي بوصفه منبعا للبيانات من جهة أخرى.

موقع الشعوب العربية داخل المنظومة

باعتبار هذه الطبيعة الاستخراجية، يجب أن نسأل: ما موضع الشعوب العربية من هذه المنظومة؟ نلاحظ أن عددًا من الدول العربية شرع في استثمارات معتبرة نسبياً في هذا المجال. ففي بعض دول الخليج، نجد مشاريع وشراكات مع شركات كبرى – من بينها «أوبن أي آي» – لبناء مراكز حوسبة متكاملة وتوسيع سعة مراكز البيانات. في دول أخرى، مثل الجزائر، نجد خطوات حييّة أكثر: فمثلا لا يوجد تركيز واضح المعالم على الذكاء الاصطناعي في قانونها الجديد للمالية، ونجد بدلا عن ذلك دعما عاما للشركات الناشئة ضمن منطق التنافس الاقتصادي، وشراكة مع شركة «أن في ديا» لإنشاء مركز للحوسبة الضخمة، وقبل ذلك مبادرات كالمجلس الوطني للذكاء الاصطناعي، والمدرسة العليا للذكاء الاصطناعي.

وبرغم أن هذه المبادرات تظل بعيدةً عن مستوى استثمارات دول وشركات كبرى بلغت حد تخصيص نحو 1% من إجمالي دخلها القومي للذكاء الاصطناعي وحده. وهي نسبة كاشفة إذا ما قورنت بحالة دول مثل الجزائر، التي لا يتجاوز إنفاقها على البحث العلمي بكل أطيافه ٥.٠ بالمئة – فإنها لا تعبّر عن انتقال فعلي نحو سيادة رقمية، بقدر ما تكشف عن وعي متأخر بأهمية الذكاء الاصطناعي بوصفه أحد رهانات القوة في عالم رقمي سريع التحول. فهذه المبادرات على محدوديتها، تظهر إدراكا لأهمية تقنيات المستقبل في الحفاظ على موقع الدول، لكنها تظل أسيرة منطق اللحاق والتكيف مع مسارات صيغت خارج الفضاء المحلي، لا منطق المبادرة وإعادة تعريف الشروط.

غير أن الإشكال الأعمق لا يكمن في مستوى الاستثمار وحده، بل في طبيعة ما يستثمر فيه وكيفية توجيهه، ففي ظل منظومة استخراجية تحتكر السلطة والتحكم شركات ودول عالمية كبرى، لا يكفي الاستثمار في البنية التحتية الرقمية للحديث عن سيادة رقمية حقيقية. فالسيادة ليست امتلاك مراكز الحوسبة أو العتاد التقني، بل القدرة على التحكم في البيانات، ووضع القواعد والمعايير، وامتلاك القرار الاستراتيجي. أما الشراكات مع الشركات الكبرى، وإن بدت ضرورة ظرفية، فإنها غالبا ما تُبقي السيطرة – جزئيا أو حتى كليا – خارج الفضاء المحلي، وتعيد إنتاج علاقة تبعية تدفع فيها الأولوية للاعتبارات الاقتصادية، بينما يهمش البعد الثقافي والاجتماعي، رغم كونه المدخل الأول للاستيعاب الرقمي.

وهنا تكتسب فكرة مالك بن نبي قيمة تفسيرية إضافية: فاستيراد «منتج» الحضارة –أدواتها وتقنياتها – لا يكفي لبناء حضارة، إذا لم يصحبه امتلاك شروطها والقدرة على صياغة منطق توجيهها: إنتاج المعنى، تنظيم المجتمع، وتوطين القرار والمعيار، ولاسيما القدرة على الإبداع انطلاقا من الخصوصيات التاريخية والثقافية، وتخيل مسارات بديلة للتقنية، وتصميمها وتحقيقها، بدل الاكتفاء باستهلاك نماذج جاهزة مستوردة. بهذا المعنى، قد يتحول بناء البنى التحتية الرقمية، إن بقي منفصلا عن حوكمة البيانات والمعايير والقدرة على الرفض والاختيار، إلى وهم سيادة يعمق «القابلية للاستيعاب» بدل أن يكسرها

يحدث الاستيعاب الرقمي الثاني إذن حين تُدمَج الشعوب داخل المنظومة الاستخراجية المتكاملة للذكاء الاصطناعي بطريقة تُفقدها السيطرة على بياناتها ومواردها وعلى تحقيق مسارات بديلة لوجهتها التاريخية. فتجد هذه الشعوب نفسها لا تشارك في هذه المنظومة إلا من جانبها الاستخراجي: أراض تستخرج منها الموارد الطبيعية، نشاط إنساني تستخرج منه البيانات، وربما يد عاملة كادحة مهمشة تكمل عمليات الأتمتة في أماكن أخرى.

إذا استعدنا استعارة الطبخ هنا فنتساءل: أين يقع المطبخ في هذه المنظومة؟ من يتحكم فيه؟ ما المكونات التي تستخدم؟ ومن يضع الوصفات والمعايير؟ ما أخشاه هو أن يستوعب العرب – لغوياً أولا، ثم ماديًا وبنيويا – كمجرد «مكونات» تغذي مطبخا صناعياً لا يملكون السيطرة عليه، فيفقدون بذلك ليس فقط مواردهم، بل صوتهم الحقيقي في التأثير على وجهة هذه المنظومة.

ويزداد هذا السؤال إلحاحا إذا أخذنا بعين الاعتبار منطق «التوسع» الذي يحكم تطور الذكاء الاصطناعي. فالإنترنت وباقي منابع البيانات التي تشكل الموارد الأساسية لتدريب النماذج اللغوية الكبرى، موارد منتهية لا محالة. وحين تبلغ هذه النماذج حدود ما هو متاح من بيانات «طبيعية»، يطرح السؤال نفسه: من أين ستأتي البيانات؟ هل سنشهد انتقالاً متزايداً نحو بيانات مولدة آليا، أو نحو استغلال مباشر للتفاعل الإنساني الحي بوصفه مادة تدريب مستمرة؟ وإذا كان الأمر كذلك، ألا نكون أمام شكل جديد من الاستيلاب، لا يطال اللغة وحدها، بل الإنسان ذاته، وقدرته على التفكير والإبداع والتعبير خارج منطق المنظومة؟

خلاصة

طرحي في هذا المقال بسيط ومباشر: الذكاء الاصطناعي ليس مجرد أداة تقنية، بل منظومة يمارس من خلالها شكل جديد من الاستيعاب الرقمي – استيعاب يعيد ترتيب العلاقة بين اللغة والصوت والفاعلية.

فعلى المستوى التفاعلي التقنو – اجتماعي، يبدأ الاستيعاب الرقمي في مستوى يبدو للوهلة الأولى برينا وقريبا من حياتنا اليومية في اللغة التي نكتب بها، وفي الصياغات التي تقترحها علينا الآلة، وفي العربية التي نبدأ – دون وعي – في تقبلها بوصفها «مقبولة» أو «سليمة» باعتبار طلاقتها الظاهرية. هنا لا تمنع اللغة ولا تقصى، بل يعاد تشكيلها بهدوء، ويُعاد تدريب المتحدثين بها على التكيف مع منطق أنظمة لا يضعون قواعدها. هذا هو الاستيعاب الرقمي في جانبه الأول: استيعاب لغوي ناعم، يعيد تشكيل الذوق والمعيار، ويحدّ تدريجياً من مساحة الخطأ، والتجريب، والتفاوض الجماعي على المعنى – أي من الصوت ذاته. وحين ينتظم هذا الاستيعاب اللغوي اليومي داخل منظومة ذكاء اصطناعي أوسع، ذات طبيعة استخراجية، تنتقل إلى المستوى الثاني من الاستيعاب الرقمي: مستوى بنيوي جيو–سياسي– اقتصادي، حيث تدمج اللغة، والبيانات والموارد، والقرار داخل علاقات قوة غير متكافئة، تعاد فيها صياغة السيادة والفاعلية خارج فضاء الإمكان البديل الفعلي.

وإذا كان الاستيعاب الرقمي قد بدأ، كما بينت، من مستوى اللغة والتفاعل اليومي، فإن أخطر مآلاته لا تتوقف عند إعادة تشكيل العربية بوصفها أداة تواصل، بل تمتد إلى استيلاب لغوي وفكري أعمق. فاللغة، حين تعاد صياغتها وفق منطق الطلاقة والأداء والكفاءة التقنية، تنفصل تدريجياً عن دورها بوصفها وعاءً للتجربة والمعنى والتفكير النقدي. ومع هذا الانفصال، لا يستلب اللسان وحده، بل يستلب الخيال، وأفق السؤال، وإمكانية تخيل بدائل خارج ما تتيحه المنظومة. بهذا المعنى، لا يعمل الاستيعاب الرقمي على مستوى اللغة والبنية فقط، إذن، بل في المنطقة الفاصلة بينهما: حيث تتحول اللغة إلى واجهة، والفكر إلى وظيفة، والفاعلية إلى تكيف مستمر مع ما هو قائم.

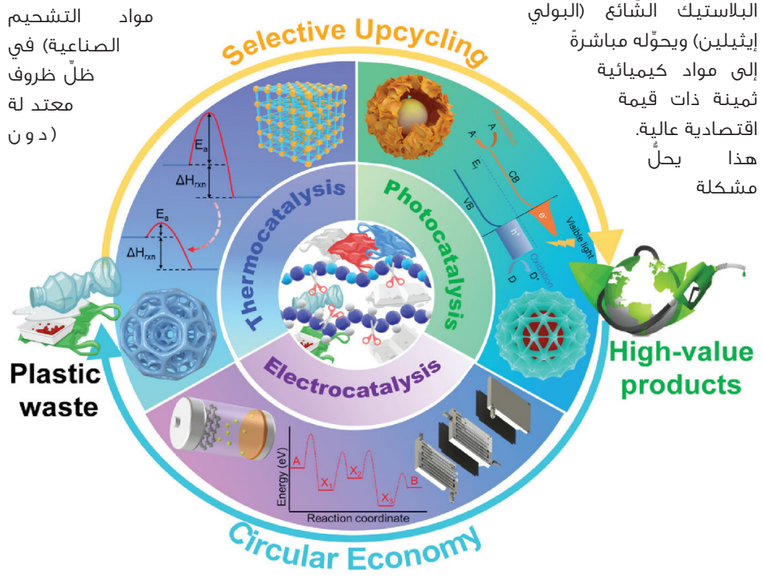
الأدوات التي بين أيدينا اليوم مبهرة حقا، وطلاقتها في اللغات كالعربية قد تقترب حتى من الأداء الأدبي والشعري. لكن الخطر الحقيقي – في رأيي – لا يكمن في ضعف اللغة، ولا حتى في إشكال الهلوسة أو تحوير الحقائق والتضليل، بل في هذا الاستيعاب اللطيف الذي يفقد العرب – وغيرهم من الشعوب المستضعفة – صوتهم.

ولعل المفارقة أن فانون نفسه رأى في الراديو، في لحظة تاريخية ما، أداة تحرر حين انتزعت السيطرة على البث وتحول الراديو من امتداد للسلطة الاستعمارية إلى فضاء لتشكل الوعي الجماعي وتنظيم الذات الثورية. فيكفي أن نستحضر تجربة «صوت العرب» الذي جمع الشمل وحشد الهمم، لندرك كيف يمكن لوسيط تقني واحد أن يتحول من أداة هيمنة إلى فضاء لتجميع الوعي والصوت الجماعي.

السؤال الذي يطرحه الذكاء الاصطناعي اليوم ليس مختلفًا في جوهره: هل سيكون وسيطا تستعاد عبره القدرة على الكلام لتحدي منطق القوة القائم، أم وسيطا يكرس طلاقة لغوية بلا صوت؟

اكتشاف حفّاز (Catalyst) لتحويل النفايات البلاستيكية الثمينة

اكتشف العلماء حفّازًا كيميائيًا جديدًا يفكك البلاستيك الشّائع (البولي إيثيلين) ويحوّله مباشرة إلى مواد كيميائية ثمينة ذات قيمة اقتصادية عالية. هذا يحلّ مشكلة كبيرة، فمعظم البلاستيك المعاد تدويره (المُهدرَج) يتحوّل إلى مواد ذات جودة أدنى. لكن هذا الحفّاز الجديد يسمح بـ «إعادة التدوير الكيميائي» الذي يُنتج مواد ذات قيمة أعلى (مثل الوقود السائل أو مواد التشحيم الصناعية) في ظلّ ظروف معتدلة (دون الحاجة إلى حرارة وضغط مرتفعين). هذا يجعل عملية التخلّص من النفايات البلاستيكية غير المجدية اقتصاديًا أكثر جاذبية على نطاق صناعي كبير.



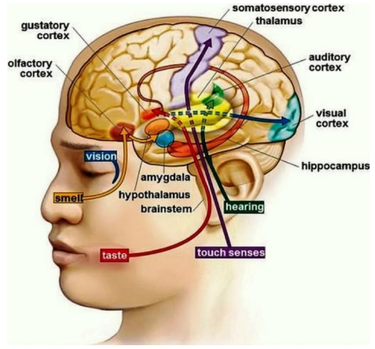
نظرة عامة على تقنيات تحويل البلاستيك إلى منتجات قيمة، تدمج بين الطرق الكيميائية والإنزيمية.

إثبات إمكانية الموصلية الفائقة (Superconductivity) في حرارة الغرفة

أثبت الباحثون إمكانية تحقيق الموصلية الفائقة (مقاومة كهربائية صفرية) في مادة معينة عند درجات حرارة الغرفة، رغم أنّها تتطلّب ضغطًا عاليًا جدًا للحدوث. الموصلية الفائقة هي مفتاح نقل الكهرباء دون فقدان للطاقة. هذا الاكتشاف يُثبت صحّة النظريات الّتي تتوقّع وجود مواد تُحقّق هذه الخاصية دون الحاجة إلى التبريد المُكلِف للغاية. العثور على مادة تعمل في ظروف ضغط عادية سيؤدي إلى ثورة في تكنولوجيا النقل المغناطيسي، والأجهزة الإلكترونية عالية الكفاءة.

رسم خرائط مفصَّلة لمسارات الشم (Olfactory Pathways) في الدماغ

باستخدام تقنيات تصوير متقدمة، تمكّن علماء الأعصاب من رسم خريطة شبكة الشم في الدماغ البشري بدقّة فائقة، وربطها مباشرة بمراكز الذاكرة والعاطفة. لطالما عرفنا أن الروائح تستدعي الذكريات بقوة، لكن هذه الخرائط الجديدة تُظهر المسارات العصبيّة المباشرة الّتي تجعل هذا الترابط يحدث. هذا البحث بالغ الأهمية لتطوير علاجات لاضطرابات الذاكرة، كما أنّه يساعد في تحديد علامات مبكرة للأمراض العصبية حيث يكون فقدان حاسة الشم هو العارض الأوّل.



كيف يعالج الدماغ الحواس الخمس.

الطاقة والتكنولوجيا: مفاعل اندماجي يسجّل رقمًا قياسيًا جديدًا في استدامة البلازما

أعلن كونسورتيوم أبحاث عالمي أنّ مفاعلًا اندماجيًا تجريبيًا نجح في الحفاظ على البلازما فائقة السّخونة، والمولّدة للحرارة ذاتيًا لمدّة زمنية قياسية أطول من أيّ وقتٍ مضى. الاندماج النووي هو عملية تسخير طاقة الشمس. أكبر تحدٍّ هو منع البلازما الساخنة (بملايين الدرجات) من التبخّر. الرقم القياسي الجديد يثبت أنّنا نتغلّب على حواجز الهندسة والفيزياء، وهي خطوة حاسمة لإثبات أنّ الاندماج يمكن أن يكون مصدرًا مستدامًا ونظيفًا، وغير محدود للطّاقة على الشبكة الكهربائية.

الحوسبة الكمومية: تقدّم كبير نحو «التصحيح الذاتي» للأخطاء

ي أواخر 2023 وأوائل 2024، حققت مجموعات بحثية رائدة (كجوجل كوانتوم إيه آي وهارفارد–إم آي تي) تقدماً حاسماً. طوّرت نماذج قادرة على تصحيح أخطاء «البتات الكمومية» (qubits) آلياً، مما يسمح بالحفاظ على المعلومات الكمومية لفترة أطول دون تدخل خارجي مستمر. أثبتت التجارب للمرة الأولى أن كيوبتاً منطقياً (مكوناً من عشرات الكيوبتات المادية) يمكن أن يكون أكثر استقراراً من المكونات الفردية، وهي خطوة نظرية ضرورية نحو حوسبة كمومية قابلة للتطوير، والتقدم متواصل. ومع ذلك، يظل بناء نظام تصحيح أخطاء كامل ومستدام ذاتياً على نطاق واسع تحدّياً هندسياً ضخماً للمستقبل.

مفاعل الاندماج النووي West يعمل لمدة 22 دقيقة

ثورة جديدة في الحوسبة الكمومية

أعلنت شركة غوغل عن تحقيق تقدّم كبير في الحوسبة الكمومية، حيث نجح حاسوب كمومي في تنفيذ مهمة حسابية محددة بسرعة تتجاوز عمليًا قدرات أسرع الحواسيب التقليدية المعروفة

هذا الإنجاز لا يعني أن الحواسيب الكمومية أصبحت بديلًا عامًا للحواسيب العادية، لكنه يُظهر تفوّقها في فئات معيّنة من المسائل المعقّدة، خصوصًا تلك المرتبطة بمحاكاة الأنظمة الجزيئية. ويُتوقع أن يفتح هذا التقدّم آفاقًا مهمة في الكيمياء الحاسوبية (مثل تصميم أدوية ومواد جديدة) وفي التشفير المستقبلي، حيث قد تتطلب بعض خوارزميات الأمان الحالية إعادة نظر في عصر الحوسبة الكمومية.

اكتشاف شكل جديد من التمثيل الضوئي في أعماق المحيطات

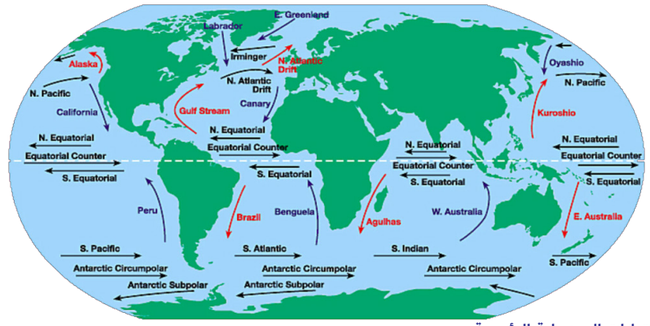
لم تعد الحياة في أعماق المحيطات تعتمد فقط على الطاقة الكيميائية أو الإشعاع الحراري المنبعث من الفوهات الحرارية للبقاء على قيد الحياة. فبعد أن اعتدنا على فكرة «البكتيريا الّتي قد تعيش على الإشعاع الحراري»، ها هو اكتشاف مذهلٌ يقلب المفاهيم رأسًا على عقب، فقد تمّ رصد كائنات بحرية تعتمد على شكل جديد من التركيب الضوئي لا يستخدم ضوء الشّمس المألوف، بل يستغلّ ضوءًا خافتًا وغير مرئي ينبعث من الفوهات الحرارية نفسها، والمعروف باسم الضوء الجيوحراري Geothermal light. هذا الاكتشاف لا يقتصر على تحدي الاعتقاد السّائد بأنّ الحياة تحتاج حتمًا إلى ضوء الشّمس، بل يوسّع بشكل جذري نطاق البحث عن الحياة خارج الأرض. فإذا كانت الحياة على الأرض قادرةً على الازدهار باستخدام مصادر طاقة متعدّدة ومتداخلة، مثل الطاقة الكيميائية والحرارية والضوء الخافت، فإنّ العوالم الجليدية مثل قمر المشتري «أوروبا» وقمر زحل «إنسيلادوس»، الّتي تمتلك محيطات تحت سطحية وفوهات حرارية محتملة، تصبح مرشّحةً أقوى من ذي قبل لاستضافة كائنات حيّة.

اكتشاف شكل جديد للبناء الضوئي في الأعماق يعتمد على الضوء الحراري للإشراف على حياة البكتيريا

باحثون يتوصلون إلى كيفية تنظيم الألم في الدماغ

تمكّن باحثون من جامعة سيدني باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي عالي الدقة (7 تسلا) من كشف كيفية تنظيم جذع الدماغ لإحساس الألم في مناطق مختلفة من الجسم. يوضح هذا الاكتشاف أن الدماغ لا يكتفي باستقبال إشارات الألم، بل يضبط شدّتها ومكانها عبر شبكات عصبية دقيقة. وقد يفتح هذا الفهم الباب أمام علاجات جديدة للألم المزمن تستهدف دوائر عصبية محددة، دون الاعتماد على المسكنات القوية ذات الآثار الجانبية.

اكتشاف «نهر خفي» في أعماق المحيط: بصيص أمل جديد لفهم مناخ الأرض



خريطة للتيارات المحيطية الرئيسية

في إنجازٍ علمي رائد، تمكّن علماء المحيطات مؤخّرًا من الكشف عن «نهر خفي» هائل يتدفق في أعماق المحيط بالقرب من القارة القطبية الجنوبية. هذا التيّار المحيطي العميق، الّذي يُعرف بالدوران القاعي، لم يكن معروفًا بدقّته وحجمه من قبل، ويُشكّل الآن مفتاحًا جديدًا وحاسمًا في فهمنا لكيفية عمل مناخ كوكبنا. يُعدُّ هذا التيّار العملاق جزءًا حيويًا من «الحزام الناقل للمحيطات العالمي»، وهو نظامٌ معقّد يدير دورة الحرارة والكربون والمغذيات في جميع أنحاء الكوكب. يعمل الدوران القاعي كـ «رئة المحيط» ومضخّته الرئيسيّة، حيث يقوم بنقل المياه المتجمّدة والغنية بالأكسجين والكربون من السطح إلى قاع المحيط. هذه العملية لا تساهم فقط في تنظيم حرارة الأرض، بل تخزّن أيضًا كميّاتٍ هائلة من ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأنشطة البشرية، ممّا يجعله عنصرًا أساسيًا في مكافحة تغيُّر المناخ.

ماء القاع المتجمّد في القطب الجنوبي: العمود الفقري لدوران المحيط

يكمن سرّ هذا النهر الخفي في تشكيل «ماء القاع في القطب الجنوبي» (AABW)، وهي الكتلة المائية الأكثر كثافةً في محيطات العالم. تتكوّن هذه المياه من مزيجٍ فريد من المياه شديدة البرودة (تتراوح درجات حرارتها من 0.8- إلى 2 درجة مئوية) والمالحة جدًا. تتشكّل هذه المياه الكثيفة بفعل عمليةٍ طبيعيةٍ مذهلة: عندما تهبّ الرياح القويّة في الجليد البحري بعيدًا عن سواحل القطب الجنوبي، تتكوّن مناطق من المياه المفتوحة. في هذه المناطق، يفقد المحيط الحرارة، ويتكوّن جليد بحري جديد. خلال هذه العملية، يرفض الجليد الملح، تاركًا وراءه مياهًا شديدة البرودة والملوحة. هذه المياه الكثيفة تغوص بعد ذلك على طول المنحدر القاري لتصل إلى قاع المحيط، وتُشكّل ماء القاع في القطب الجنوبي.

التيّار القطبي الجنوبي المحيطي: أكبر تيّار يربط الكوكب

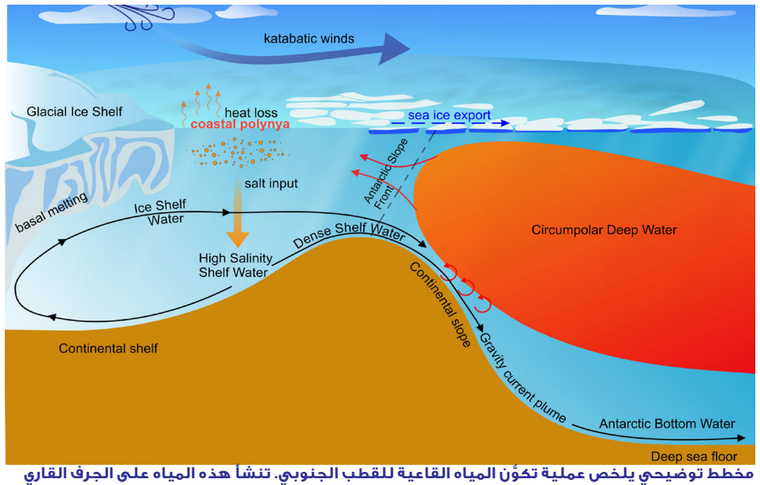
على النّقيض من تيّار القاع العميق، يبرز تيّارٌ سطحي آخر لا يقلّ أهميّةً هو «التيّار القطبي الجنوبي المحيطي» (ACC). يُعدّ هذا التيّار أكبر وأقوى تيّار محيطي في العالم، ويتميّز بكونه التيّار الوحيد الّذي يتدفّق بالكامل حول الكرة الأرضية، حيث يجري من الغرب إلى الشرق حول القارة القطبية الجنوبية، موصلًا المحيطات الأطلسي والهندي والهادئ. بمتوسّط عرض يبلغ حوالي 1250 كيلومترًا، يُطلق عليه أيضًا اسم «تيار الرياح الغربية» لكونه مدفوعًا بشكل رئيسي بالرياح الغربية القويّة الّتي تلفّ القطب الجنوبي. يضطلع هذا التيّار بدورٍ حاسم في إعادة توزيع الحرارة والتأثير على نظام المناخ العالمي. والأهمّ من ذلك هو أنّه يشكّل منطقة حيوية تُعرف باسم «تقارب القطب الجنوبي»، حيث تلتقي المياه الباردة بالمياه الأكثر دفئًا، ممّا يؤدي إلى صعود المغذيات وتكاثر الحياة البيولوجية بكثافة.

أهمية قصوى وتنظيم المناخ

إنّ حركة هذه التيّارات العميقة والسطحية (AABW و ACC) ضرورية لقدرة المحيط على تخزين الحرارة والكربون لفتراتٍ طويلة، وبالتّالي التّخفيف من آثار الاحتباس الحراري. فماء القاع في القطب الجنوبي يملأ أعمق أجزاء المحيط ويُعدُّ مكوّنًا رئيسيًا في الدورة الدموية العميقة العالمية للمحيطات. بالإضافة إلى ذلك، يساعد هذا التيّار على نقل الأكسجين والمغذيات من السّطح إلى أعماق البحار، ممّا يدعم الحياة البحرية في البيئات العميقة.

التهديد الذي يواجه «النهر الخفي» وتأثيره على المستقبل

ومع ذلك، تكمن الأهمية الحاسمة لهذا الاكتشاف في التهديد الذي يواجه هذه الدورة الحيوية. تشير النماذج المناخية إلى أنّ ذوبان المياه من الصفائح الجليدية في القطب الجنوبي، بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري، قد يُضعف هذا التيّار أو حتّى يعطّله بالكامل. مثل هذا التعطيل لن يغيّر أنماط الطقس العالمية فحسب، بل سيقلّل بشكلٍ كبيرٍ من قدرة المحيط على امتصاص الكربون، ممّا يسرّع وتيرة تغيُّر المناخ بشكل غير مسبوق. إنّ تحديد الموقع الحقيقي والحجم الدقيق لهذا «النهر الخفي» يمنح العلماء الآن نقطةً مرجعيةً أساسيةً لمراقبة صحّته، ويتيح لهم توقع تأثيرات التغيُّر المناخي على نظام مناخ الكوكب بدقّةٍ غير مسبوقة.



مخطط توضيحي يلخص عملية تكوُّن المياه القاعية للقطب الجنوبي. تنشأ هذه المياه على الجرف القاري للقارة القطبية الجنوبية حيث يحدث تبريد شديد لسطح الماء.

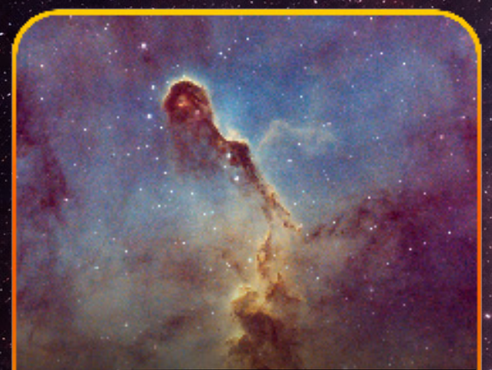
عدسة هواة الفلك

حين نتكلم السدم
أربع صور من السماء العميقة

تصوير سفيان بوطلبة

السديم LBN 576 – Abell

بنفس الإعدادات التقنية السابقة، بزمن تعريض إجمالي قدره 12 ساعة، مع معالجة الصورة ببرنامج PixInsight.



سديم خرطوم الفيل IC 1396

بكاميرا Svbony 605MC ومرشحات ضيقة، بزمن تعريض 20 ساعة، باستخدام تلسكوب Bresser 760 مم f/5، ومعالجة الصورة ببرنامج PixInsight.

سديم الهلال NGC 6888

بكاميرا Svbony 605MC أحادية اللون ومبرّدة إلى -10°، باستخدام مرشحات OIII 3nm Antlia و5nm Svbony، بزمن تعريض 15 ساعة، بتلسكوب Bresser 760 مم f/5، ومعالجة الصورة ببرنامج PixInsight.

سديم الحلزون Helix Nebula

زمن تعريض إجمالي قدره 10 ساعات، مع معالجة الصورة ببرنامج PixInsight.

إشراف: د. جمال ميموني و ياسمين بوالجدري

حتى لا ننسى فلسطين

شتاء قاس فوق أنقاض الحرب فيضاناتٌ تزيد معاناة النازحين في غزة

ياسمين بوالجدري
متخصصة في الإعلام العلمي

تسبّبت الأمطار الغزيرة التي رافقت المنخفض الجوي خلال شهر ديسمبر 2025، في تفاقم الكارثة الإنسانية بقطاع غزة، حيث أغرقت الفيضانات مساحات واسعة من مخيمات النازحين، في وقت يعيش فيه أكثر من 1.5 مليون نازح داخل خيام وملاجئ هشة لا تقي برد الشتاء ولا مياه الأمطار.

وأسفرت العاصفة عن استشهاد 11 فلسطينياً وفقدان شخص واحد، إضافة إلى انهيار ما لا يقل عن 13 مبنى متضرراً بفعل القصف السابق خلال العدوان الإسرائيلي على القطاع، كما تضررت وغرقت 53 ألف خيمة بشكل كلي أو جزئي، ما أجبر عشرات الآلاف من العائلات على مغادرتها والبحث عن مأوى بديل في ظروف شديدة القسوة نقلتها الصور والفيديوهات القادمة من غزة.

وتشير تقديرات الأمم المتحدة إلى أن نحو 1.28 مليون شخص في غزة بحاجة ماسة إلى مساعدات إنسانية عاجلة، بينما يواجه قرابة 795 ألف نازح خطراً مرتفعاً من الفيضانات، خصوصاً في المناطق المنخفضة والمليئة بالأنقاض. وفي ظل تدمير معظم شبكات المياه والصرف الصحي، اختلطت مياه الأمطار بالمجاري، ما أدى إلى غمر الشوارع والملاجئ وزيادة حادة في المخاطر الصحية، وسط تحذيرات من تفشي الأمراض، لا سيما التنفسية.

وأكدت منظمات دولية أن غزة غير مهيأة لمواجهة فصل الشتاء، في ظل القيود المفروضة على إدخال الخيام ومضخات المياه. وتشير التقديرات إلى حاجة القطاع إلى ما لا يقل عن 300 ألف خيمة جديدة لتوفير الحد الأدنى من الحماية لنحو 1.5 مليون نازح، في وقت لم يُسمح بدخول سوى أقل من 30% من الخيام المطلوبة.

وفي مخيمات النزوح، وصلت المياه في بعض المناطق إلى مستوى الكاحل داخل الخيام، وأتلفت الفرش والأغطية والملابس، فيما اضطرت عائلات بأكملها، بينها أطفال، إلى الوقوف طوال الليل هرباً من الغرق والبرد القارس. وسُجّلت وفاة طفلة رضيعة واحدة على الأقل نتيجة انخفاض درجات الحرارة، وفق مصادر صحية محلية.

كما حذّرت منظمة الصحة العالمية من أن أكثر من 4000 شخص يعيشون في مناطق ساحلية عالية الخطورة، تأثر 1000 منهم بشكل مباشر بالأمواج العاتية، في بيئة تفتقر إلى أنظمة الصرف الصحي والحواجز الواقية، وتنتشر فيها النفايات بشكل واسع.

ومع استمرار تدهور الأوضاع، تحذر المنظمات الإنسانية من أن العواصف المقبلة قد تؤدي إلى وفيات جماعية ونزوح أوسع، ما لم يتحرك المجتمع الدولي بشكل عاجل لضمان وصول المساعدات الإنسانية وتهيئة قطاع غزة لمواجهة الشتاء، في واحدة من أخطر الأزمات الإنسانية.

غزة تموت جوعًا

بقلم د. زياد مدوخ
أستاذ لغة فرنسية بجامعة غزة

بعد 22 شهرًا من العدوان المروّع، تتدهور الأوضاع في قطاع غزة من سيئ إلى أسوأ.

فإلى جانب القصف العنيف والمستمرّ، وانعدام الأمن، ومشاعر القلق والخوف والترقّب، خصوصًا في شمال القطاع، بدأت مجاعة حقيقية.

وأنا شخصيًا أعيش... أعيش حالة من الضياع الكامل.

من الصعب وصف ما يجري، فالوضع يفوق كل الكلمات. منذ ما يقارب أسبوعين، لا يوجد تقريبًا شيء في الأسواق. اختفت السلع، وما يتوفر منها هو القليل جدًا: بعض المعكرونة، معلّبات، عدس، فاصولياء بيضاء، بازلاء.. وكلّها بأسعار خيالية لا يمكن تصوّرها.

أذهب كل يوم إلى السوق ثم أعود خالي اليدين. يؤلمني ذلك من أجل الأطفال، ومن أجل من يعيشون معي. الجميع يعاني.

الشعار الذي كان يُقال سابقًا: «لا أحد يموت من الجوع في غزة»، صار اليوم: «الجميع يموت جوعًا في غزة».

التضامن العائلي والاجتماعي، الذي كان دومًا من أبرز نقاط القوّة في القطاع المحاصر، أصبح اليوم محدودًا للغاية.

أما أنا، فأحيانًا أقضي يومين أو ثلاثة دون أن آكل شيئًا. أفضل أن أعطي قطعة خبز لأطفالي بدل أن آكل. لقد وصلنا إلى وضع كارثي.

تمرّ فقط شاحنتان أو ثلاث شاحنات إغاثة يوميًا، مخصّصة للمنظمات الدولية، وهذه المنظمات تخزّن حمولتها في المستودعات بحجة أنها لا تكفي للتوزيع على الجميع. هذه المستودعات تتعرض باستمرار لهجمات من مجموعات مسلّحة أو من أشخاص جائعين.

وفي الليل، يسرق الجائعون والمجموعات المسلّحة المواد الغذائية، بينما تقول المنظمات إنها لا تستطيع فعل شيء. لا أعرف.. هل لديهم زبائنهم الخاصون؟ أم أنهم شركاء في هذا الفخّ القاتل في هذه المجاعة التي تستخدمها قوات الاحتلال كسلاح حرب؟

فعليًا، أنشأ الاحتلال مركزين للتوزيع المجاني منذ 27 مايو الماضي، لكن فقط في جنوب ووسط القطاع. هذه المراكز تُدار من شركة أميركية، ومعها مرتزقة أميركيون متواطئون مع الاحتلال.

تُلقى الصناديق التي تحتوي على الطحين والغذاء من الشاحنات رميًا. وعندما يقترب الناس الجائعون لأخذ بعض الأكياس أو علب الطعام، يطلق الاحتلال النار عليهم.

منذ 27 مايو وحتى نهاية يوليو 2025، قُتل ما يقارب 1130 فلسطينيًا وجُرح 6900. هذا يؤكد أن ما يسمّى «مراكز التوزيع المجاني» ليست إلا فخًا قاتلًا لأهالي غزة.

كما أن بعض التجار عديمي الضمير يحصلون على المساعدات ثم يبيعونها بأسعار خيالية في مدينة غزة. كيس طحين 25 كغ ثمنه 250 يورو (10 يورو للكيلوغرام)، يُباع في غزة بـ 50 إلى 60 يورو للكيلوغرام. أما كيلو السكر فبسعر 130 يورو، وكيلو الأرز 80 يورو! أرقام لا يمكن للعقل تقبّلها.

المشكلة أنه لم يعد هناك سلطة أو حكومة أو مجتمع مدني لتنظيم الأسواق أو ضبط الأسعار. التجار يحدّدون الأسعار كما يشاؤون لتحقيق أقصى الأرباح، دون اعتبار لاحتياجات الناس المأساوية، ودون الاهتمام بأن

البضائع إمّا سُرقت، أو كانت مساعدات مجانية، أو اشتُريت بثمن بخس من أشخاص خاطروا بحياتهم للحصول عليها.

كيف يصمد الناس في مثل هذا الوضع؟

أنا شخصيًا أعاني... ومع ذلك فأنا من الطبقة المتوسطة.

مع عدد من السكان، قررنا مقاطعة التجار المستغلين، ولكن.. إلى متى؟

يجب أن أطعم أطفالي، لكن الأسعار لا تحتمل.

في الليل، عندما ينام الجميع، أبكي كي لا يروا عجزي... إنها معاناة كاملة.

أسأل نفسي دائمًا: هل كنت عنيدًا؟ هل أدفع اليوم ثمن بقائي في غزة ورفضي المغادرة؟

لا أعلم. لكن من الصعب وصف ما أعيشه من ضياع كامل وعجز مطلق في هذا الجحيم.

ومع ذلك، أنا محظوظ لأن لدي أصدقاء وشبكات. أتحدث يوميًا مع عشرات الأشخاص عبر الإنترنت. نتبادل الحديث، يخففون عني، يرسلون صورًا وفيديوهات عن مبادرات التضامن.

أنا ناشط في المجتمع المدني. أحاول التخفيف عن الأطفال، عن ألمهم وهم محرومون من كل شيء، بتنظيم أنشطة لهم وتوزيع ألعاب.. لكن داخليًا، الأمر فاق الاحتمال. أعاني في كل يوم.

أنا مريض ولا أستطيع العلاج. لا توجد مستشفيات، ولا أدوية، ولا مختبرات. الوضع رهيب.

لا أعرف ماذا أفعل. شعور العجز لا يُحتمل. ومع ذلك، كما قلت، لدي شبكة من الناس أتحدث معهم.. أقضي الوقت في الكتابة، في نقل شهاداتي، في تبادل الحديث مع الأصدقاء والمتضامنين، لكن.. فوق طاقتي.

ومع ذلك، للمرة الأولى، قررتُ أن أترك كبريائي جانبًا، وطلبت المساعدة عبر بعض الأصدقاء الفرنسيين والسويسريين والبلجيكيين الذين لديهم علاقات مع جهات تموّل جمعيات في غزة.

هذه الجمعيات تدّعي أنها توزّع طعامًا على مئات العائلات، وتنشر صورًا وفيديوهات يوميًا. طلبت قليلًا من الطعام لي ولعائلتي وللمهجّرين في بنايتنا.

كانت إجابة الجمعيات أنها لا تستطيع تقديم شيء لأن كل شيء غالٍ.

لكن كيف إذن يطعمون مئات العائلات كما يزعمون؟

ولماذا لا يستطيعون إرسال بعض المواد الغذائية لي؟ أو وجبات ساخنة؟

تشعر بأن الجميع متواطئ في كسر إرادة السكان المدنيين المنهكين.

تخيّلوا... الناس يسقطون في الشوارع.

عندما أخرج صباحًا للبحث عن ماء صالح للشرب أو حطب أو طعام، أرى شبابًا—لا أتحدث عن أطفال ولا مسنين—شبابًا بين 20 و25 عامًا يسقطون لأنهم لم يأكلوا منذ أيام.

حتى الخميس 24 يوليو 2025، توفي 115 فلسطينيًا منهم 85 طفلًا بسبب سوء التغذية. لا شيء في الشمال، ولا شيء في غزة المدينة. الأسعار جنونية.

إلى متى سنحتمل ما لا يُحتمل؟

نحن ما زلنا هنا، نحاول الصمود، نحاول إظهار القوة... لكن فوق الاحتمال.

الواقع أشدّ قسوة من كل الصور والفيديوهات التي تُنشر.

وليس الجوع وحده ما يجعل الحياة لا تطاق، فالقصف المستمرّ يحطّم معنويات الناس الذين لم يعودوا يعرفون أين يجدون بصيص أمل.

هذا ما أردت مشاركته مع الأصدقاء... لعلّه يخفّف شيئًا من حملي.

الجوع الذي يهزم اللغة

حسام معروف

شاعر من غزة، وأحد مؤسّسي «منشورات غزّة»

لم أبدأ الكتابة بوصفي كاتبًا. لم تكن نيّتي يومًا أن أعرّف نفسي بمهنة أو بهويّة أدبيّة. كنت أكتب لأن الكتابة كانت الهواء الذي أتنفّسه. كانت طريقتي في تشكيل يومي، وفي ترتيب العواطف الجارفة داخلي، وفي نحت مساحة خاطفة من السكون وسط فوضى لا تنتهي. لم تكن الكتابة نافذة على العالم، بل نافذة على نفسي. وحين امتلكتُ اللغة، شعرت أنّني أخيرًا وجدت صديقًا على هذا الكوكب القاسي: صديقًا يصغي ولا يهرب، يجعل العالم قابلًا للاحتمال، ولو لحظات.

ما لم أتوقّعه يومًا، هو أنّ هذا الصديق سيصمت. ليس لأنّني رغبت في التوقّف عن الكتابة، بل لأنّني لم أعد قادرًا عليها.

والسبب؟

أنا جائع.

منذ بدء الإبادة في غزّة، وأنا أشكّك في كل شيء. كل قيمة كانت تشكّلني أخذت تهتزّ. حتى الكتاب، تلك القوة العميقة التي طالما استخدمتها لمواجهة الخوف والتهجير والحزن، بدأت تبدو هشّة، قابلة للانهيار. الحرب شيء غريب. هي لا تدمّر البيوت فحسب؛ بل تسحب الأرض من تحت يقينك، وتمحو ذلك القدر الضئيل من الأمان الذي رتّبته في غرفتك لتواسي نفسك به.

لكن، ماذا يفعل هذا أكثر من الحرب؟

الجوع.

كنت أسأل نفسي: هل ما زالت الكتابة مهمّة؟ ما جدوى تكديس الجمل حين تُكدّس الأجساد تحت الركام؟ ما معنى أن تكتب عن الجمال والحب في عالمٍ يجوّعك ويقف باردًا تجاه ألمك؟

ومع ذلك، كان هناك شيء في داخلي يقاوم هذا الانهيار. كتبت أثناء التهجير، وتحت هدير القنابل. كتبت عن الأطفال الذين اختفوا، عن الأكفان التي لم نجدها لموتانا، عن البيوت التي صارت غبارًا. كتبت عبر الإرهاق، عبر الحزن، عبر الخوف.

لكنّي لم أكتب يومًا عبر الجوع.

حتى مارس 2025.

هناك، اتّخذ الجوع مقعدًا داخل جسدي. لم يعد يطرق الباب. اقتحم صدري وجلس في داخلي.

الفراغ

الجوع الذي أعيشه الآن ليس ما تخيّلته. وليس ما تتخيّله أنت، أيها القارئ. ليس شعورًا فارغًا في معدتك فقط. هو خَدَرٌ ينتشر من البطن إلى الدماغ. يطمس الذكريات، يضعف البصر، ويحوّل كل فكرة إلى حفرة عميقة لا يقدر العقل على حفرها. الجوع يسرق أبسط القدرات الإنسانية: التركيز، الصبر، الإحساس، الرغبة في قول شيء. التفكير يصبح رفاهية. الكلمات تتحوّل إلى أثقال لا يمكن رفعها.

الجوع الذي يبتلعني الآن هو إخلاء للطمأنينة، وللسلام الداخلي. هو إعادة تعريف للذات، وهي تقف على حافّة الاختفاء.

قبل أيام، قلتُ لمسؤولة التحرير إنّني نفدت من الأفكار. لا مقترحات جديدة. لم أعد قادرًا على إدخال خيط في ثقب إبرة، كما كانت كلماتي تفعل يومًا.

وبنصيحتها، قرّرت أن أكتب عن ذلك: نحولي الذهني، وهشاشتي، وتفكّكي. هذا الاندفاع الجديد –ألمي– كان شيئًا لم أعرفه من قبل.

اليوم، أكتب جملة وأتوقّف. ليس لأعيد التفكير، بل لأنّني لا أملك طاقة ذهنيّة لأخرق. الجوع يسحقك ببطء. إنه أشبه بالموت وحيدًا في صحراء لم تطأها قدم. لا أستطيع النوم كما يجب، ولا الجلوس طويلًا للقراءة. أشعر أنّني أتفتّت. والكتابة التي كانت تمسكني لم تعد قادرة على وقف هذا الانحلال البطيء.

الجوع الجماعي

في الجوع، يموت الإنسان وحده. يتكسّر روحيًا. وجود الآخرين الجوعى لا يواسيك؛ بل على العكس، حين يصبح الجوع جماعيًا، تعرف أنّ كل يد حولك مقطوعة. لا أحد قادر على المساعدة.

كيف يمكنني أن أكتب عن ذلك؟

في شمال غزة، حيث أعيش، لم تصل حبة قمح واحدة منذ مارس. الأسواق فارغة، وما بقي من سلعٍ يُباع بأسعار تضاعفت مئتي مرّة—بلا خجل. وكأنّنا لسنا بشرًا.

كل ما نأكله هو العدس، والأرز، والفول المعلّب. لا يشبع شيء. العدس—الشيء الوحيد المتوفر—صار عدوّي. طعمه يجعلني مريضًا. لا يمنحني طاقة، ولا أملًا.

أعيش على وجبة واحدة في اليوم. وكل أهل غزة كذلك. وجبة بلا بروتين، بلا كالسيوم، بلا خبز، بلا طعم. وجبة منزوع منها الغذاء والمعنى. ومع ذلك، عليّ كل يوم أن أقوم بمهام مُنهكة: حمل الحطب، جلب الماء من مكان بعيد، صعود خمسة طوابق، البحث لساعات عن كيلو طحين ثمنه عشرون دولارًا، أو علبة سردين تُضعف الروح.

كل ذلك وأنا في أدنى مستوى من الطاقة عرفته في حياتي.

في مثل هذه الظروف، لم تعد الكتابة فعل مقاومة؛ بل صارت فعلًا مستحيلًا. جسدي لا يسندني. عقلي يدور في دوار دائم. أحاول أن أبدأ نصًا، لكن رأسي خاوٍ كرفوف المدينة. لا فكرة. لا دافع. لا صوت داخلي يدفعني. لا شيء يبقى. الجوع جرف التربة التي نمت منها كلماتي.

أسوأ ما في الجوع هو أنّه يغتربك عن نفسك. تفقد التعاطف. تتخدّر. تنكمش. تنظر إلى حياتك كأنّك غريب عنها. تخاف من نفسك وعليها. يصبح الطعام مفهومًا وجوديًا، شبحًا أسطوريًا. تتذكّر مذاقات نسيتها. تتغيّر تفضيلاتك. تصبح علبة تونة قمّة أحلامك، وإن طبختها مع قطعة بطاطا وقليل من الطحينة، تحتفل كأنّك تأكل أفضل وجبة في العالم.

تفكيك الذات

هذه المسرحية ليست مجرّد مأساة. إنها مسرحية عن التجرّد. حين لا يترك لك الجوع إلا ذاتك الهشّة، وجسدك الضعيف، ولغتك الغائبة، حين تشعر أنّ العالم لا يراك، ولا يسمعك—ولا تدري حتى إن كان أحد يهتم إن عشت أم متّ.

الجوع في الإبادة ليس حرمانًا جسديًا فقط. إنه تفكيك للذات. انطفاء بطيء لإرادتك في العيش.

تبدأ بطرح الأسئلة:

ما جدوى الكتابة إن لم أشبع؟

ما جدوى الذاكرة إن لم أستطع الوصول إليها؟

ما جدوى الحياة إن كان كل يوم محاولة فاشلة لتأمين وجبة لا تشبه الطعام؟

اليوم، حين أجلس للكتابة، أشعر أنّني أكتب من خارج جسدي. الكلمات ليست لي، بل بقايا شخص كنتُه يومًا.

أكتب لأنني بحاجة لفعل شيء أنسى به أنني أتضور جوعًا.

الكتابة أصبحت زمنًا من الإعياء—مجهودًا جسديًا ونفسيًا لا أقدر على تحمّله.

الجوع يسرق لغتك، كما يسرق نومك وراحتك وأملك.

وأسوأ ما فيه:

أن العالم صامت.

صامت تمامًا.

كأن الجوع الذي يقتلني لا يُسمع، لا يُرى، ولا يعني أحدًا.

أنا كاتب.

أو كنت.

لكن الآن، لم أعد قادرًا على الكتابة.

أنا جائع.

والجوع أقوى من الكلمات.

أقوى من الذاكرة.

أقوى من الإدراك.

أقوى من حاجتي إلى التوثيق.

هذا ليس انسحابًا من الكتابة. إنه شلل تام.

لم تعد لديّ الأدوات لأعبّر عن نفسي.

لم يعد لديّ الجسد للجلوس.

ولا العقل لصياغة جملة كاملة.

أخاف أن أموت قبل أن أكتب موتي.

أخاف أن تبقى لغتي محبوسة داخلي، لا تجد طريقًا للخروج.

أخاف الجوع أكثر من الموت، لأنه يأخذك في موجات بطيئة مفترسة، حتى تصبح ظلًا متفككًا، غير قادر حتى على الصراخ.

هل سيقرأ أحد هذا؟

هل سيصدّق أحد أنّ كاتبًا لم يعد قادرًا على الكتابة لأنه لا يجد ما يأكله؟

هل سيهتم أحد بأنّ في زاوية من العالم، هناك بشر يتضورون جوعًا حتى خفتت أصوات أرواحهم؟

ربما لا.

لكنني كتبت هذا—رغم كل شيء.

لأقول إن الكتابة ممكنة.

فقط إن مُنح الجسد حقّ البقاء.

تفوّقوا في امتحانات الثانوية العامة رغم قساوة الحرب

طلبة غزة يتحدّون الموت والدمار

ياسمين بوالجدري

متخصصة في الإعلام العلمي

لم يكن صباح الرابع عشر من أكتوبر 2025، يوم إعلان نتائج الثانوية العامة في غزة، يشبه أي صباح عرفه الطلاب طيلة العامين الماضيين. لقد جاء هذا اليوم الذي يُفترض أن تعمّه الزغاريد والضحكات، مُثقلاً برائحة الركام وصوت الرياح التي تهز الخيام وتجر خلفها آثار عامين من الإبادة والقصف والمجاعة والنزوح.

على امتداد القطاع من شماله حتى رفح، توزّع الطلبة بين هواتف بسيطة وشاشات مكسورة في خيام ضيقة، أو داخل غرف مراكز إيواء تحوّلت إلى منازل مؤقتة. رغم قسوة هذا الواقع، ظلّوا يتابعون نتائجهم بقلوب ترتجف ما بين الخوف والأمل.. كثير من هؤلاء الطلبة فقدوا آباءهم أو أمهاتهم أو بيوتهم، ومع ذلك اجتاز آلاف منهم امتحانات الثانوية العامة في واحدة من أقسى البيئات الإنسانية والتعليمية التي يمكن أن يعيشها أي طالب في العالم.

توقّف التعليم في قطاع غزة بشكل كامل مع اندلاع الحرب في أكتوبر 2023، بعدما تحوّلت المدارس إلى ملاجئ للنازحين ودُمّر معظمها تحت القصف الوحشي، ليجد أكثر من نصف مليون طالب أنفسهم خارج النظام التعليمي. لقد أودت الحرب بحياة نحو 70 ألف فلسطيني معظمهم من الأطفال والنساء، وتسببت المجاعة في وفاة 463 شخصاً، بينهم 157 طفلاً، كما أجبر نحو مليوني شخص على النزوح والعيش في ظروف شديدة القساوة.

رغم ذلك، لم تنكسر رغبة طلاب غزة في التعلّم، فقد جاءت نتائج الثانوية العامة هذا العام لتُثبت مرة أخرى بأن أبناء القطاع ما زالوا متمسكين بحقّهم في التعليم. وخلال إعلان نتائج الثانوية العامة للطلبة مواليد عام 2006، أكد مدير عام الامتحانات، محمد مسالمة، رمزية هذا الإنجاز، حيث أعلن عن تسمية هذا الفوج بـ «فوج الفينيق»، فمن بين الركام انبعث الأمل وتجدد الطموح، وأصرّ آلاف الطلبة على إكمال امتحاناتهم في دورة أكتوبر 2025، بالرغم من أن 39 ألف طالب من غزة لم يتمكنوا من التقدم للامتحانات.

العِلم سلاحنا الأخير

وقد حاولت العائلات الغزية الاحتفاظ بفسحة صغيرة من الفرح احتفاء بأبنائها النجباء، رغم الألم والحرب، حيث شوهدت مظاهر احتفال بسيطة في شوارع القطاع ومخيمات النزوح. وأعلنت وزارة التربية والتعليم أن الطالبة سلمى توفيق فايز النعامي من مديرية الوسطى، قد حققت المرتبة الأولى في الفرع الأدبي بمعدل 99.1%، كما حصد الطالب يوسف أحمد زكريا العصار من مديرية الوسطى أيضاً المركز الأول في الفرع العلمي بمعدل 98.7%. وهنا تبرز قصة الطالبة نسمة إياد النبيه، الحاصلة على المرتبة الأولى في الفرع العلمي في مديرية شرق غزة بمعدل 99.4% ، وُلدت نسمة عام 2008 في حي الشجاعية الذي شهد أعنف مشاهد الدمار. نزحت أسرتها عشرات المرات، واستشهد أبناء أختها وزوجها، وأصيبت والدتها، وفُقدت ابنة عمّها، إلى جانب فقدان عدد كبير من الأصدقاء

الطالبة المتفوقة سلمى توفيق فايز النعامي

طالب خارج التعليم النظامي، فيما تُظهر بيانات أخرى أن ما يقارب 95% من المنشآت التعليمية تضرر أو دُمّر كلياً، وأن المدارس التي بقيت قائمة استخدمت كملاجئ، مما أعاق إعادة فتحها للدراسة. وذكرت وزارة التربية والتعليم العالي الفلسطينية أن نحو 78 ألف طالب من مواليد 2006 و2007 كان يفترض أن يتقدموا لامتحانات الثانوية، لكن جزءاً كبيراً منهم لم يتمكن من ذلك بسبب القصف أو النزوح أو الاستشهاد

استشهاد 20 ألف طالب وتدمير 179 مدرسة

وقد أكدت وزارة التربية، أن 20 ألفا و 58 طالبا فلسطينيا استُشهدوا و 31 الفاً و 139 أصيبوا بجروح، منذ بدء العدوان الإسرائيلي في السابع من أكتوبر 2023 على قطاع غزة والضفة، كما ذكرت أن 1037 معلما وإداريا استُشهدوا وأصيب 4740 بجروح.

وأضاف المصدر أن 179 مدرسة حكومية تدمرت بالكامل في قطاع غزة، إضافة إلى 63 مبنى تابعا للجامعات، كما تعرضت 118 مدرسة حكومية وأكثر من 100 مدرسة تابعة لوكالة «الأونروا» للقصف والتخريب، فيما أدى عدوان الاحتلال إلى إزالة ما مجموعه 30 مدرسة بطلبتها ومعلميها من السجل التعليمي.

الطالبة المتفوقة نسمة إياد النبيه

وفي خضم هذا الدمار، لجأت وزارة التربية إلى إجراء اختبارات الثانوية العامة إلكترونياً لطلبة غزة، في محاولة لتأمين حقهم في التعليم وسط غياب المدارس. كما أفادت اليونيسف بأن نحو 58 ألف طالب تلقوا دعماً عبر التعليم الرقمي بجهود من وزارة التعليم ومعلمين من الضفة الغربية.

هكذا هو إذن الإنسان الفلسطيني، قادر دائما على النهوض من تحت الركام، متمسكاً بحقه في التعليم والحياة والكرامة، ليذكّرنا من خلال قصة صموده، أن غزة أرض لا تستسلم.

صورة من حفل التخرج الذي أقيم في مستشفى الشفاء بمدينة غزة

الشَّاطر الصغير

إشراف: الشيماء أمين خوجة

52 كاسيني... مركبة فضائية غيرت نظرتنا للكون

53 قصة اكتشاف كوكب أورانوس

54 خدعة الألوان البصرية

55 إختبر معلوماتك!

بين الحفظ والفهم.. أيُّ مستقبلٍ نريده للطلبة؟

بقلم مراد حمدوش

وحدة البحث في الوساطة العلمية - CERIST

في زمنٍ يتسابق فيه البعض لتقديم دورات بعنوان «احفظ التاريخ في ثلاث ساعات!»، يقف المربّي الحقيقي ليسأل نفسه: هل نحن بصدد تعليم... أم استظهار؟ ربّما يستطيع تلميذ أن يحفظ قائمةً طويلة من الشخصيات والتواريخ، لكن هل يمكنه أن يفهم لماذا حدثت تلك الوقائع؟ وهل يمكنه ربط الماضي بالحاضر؟ الإجابة، كما تقول العلوم التربوية الحديثة، هي: لا يمكن ذلك دون فهمٍ حقيقي

ذاكرةٌ قصيرةٌ.. ونتائج هشّة!

الطُّرق الّتي تعتمد على التّكرار السّريع، وحفظ المعلومات في وقتٍ قصيرٍ قد تُرضي من يبحث عن نتائج سريعة في الامتحانات، لكنّها غالبًا ما تفشل في تثبيت المعرفة على المدى البعيد. فبحسب دراسة حديثة (Roediger & Butler, 2011)، فإنّ الطّالب الّذي يتعلّم عبر الفهم والاستيعاب يكون أكثر قدرة على تذكّر المعلومات بعد أسابيع وشهور، مقارنةً بمن يعتمد فقط على الحفظ الآلي.

ومن الآثار السلبية للحفظ دون فهم، النسيان السّريع، فالمعلومات المحفوظة عن طريق التّكرار وحده غالبًا ما تُنسى بعد الامتحان. يُضاف إلى ذلك ضعف القدرة على حلّ المشكلات، لأن الطّالب الّذي يعتمد على الحفظ دون فهم لا يستطيع تطبيق المعرفة في سياقاتٍ جديدة. الحفظ دون فهم يثبط أيضا الإبداع والتفكير النقدي، إذ يجعل الطالب يعتمد على المعلومات الجاهزة بدلًا من تطوير استراتيجيات تفكير مستقلة.

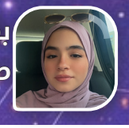
خاضت بعض الدول تجارب في تعليم المواد الاجتماعية كمادة التاريخ. ففي كندا على سبيل المثال، يُطلب من التلاميذ إعداد عروض قصيرة عن شخصيات تاريخية وتحليل أدوارهم. أما في فنلندا، فلا يُمتحن الطلّاب في التواريخ، بل في تفسير الأسباب والنتائج. وفي سنغافورة، تُعرض الأحداث في سياقها السياسي والاجتماعي، ويُطلب من الطّالب التفكير فيها.

ماذا نريد لتعليم أبنائنا؟

- نريدهم أن: يفكروا.. لا أن يكرروا.
- أن يسألوا.. لا أن يحفظوا فقط.
- أن يربطوا الماضي بالحاضر.. لا أن يكتفوا بترتيب الأحداث.
- لنجعل من التعليم يبني العقول لا يخزّن المعلومات، فالمستقبل لا يصنعه من يتذكّر، بل من يفهم ويحلّل ويبدع.

كاسيني..

مركبة فضائية غيّرت نظرتنا للكون



بقلم: رزاز أميرة آلاء
طالبة ماستر في علم الفلك، والفيزياء الفلكية، USTHB

انضمُّوا إليّ في رحلة نُبحر فيها عبر حلقات زحل، ونهبط على شواطئ تيتان، ونتذوّق أنفاس إنسيلادوس الجليدية. هذه قصّة كاسيني، المركبة الفضائية الّتي حملت فضول البشرية عبر مليار كيلومتر، وعادت برؤى غيّرت –إلى الأبد– الطّريقة الّتي ننظر بها إلى مكاننا في الكون.

لعصورٍ مضت، كان زحل عالمًا غامضًا. حلقاته المتلألئة، الّتي رآها غاليليو لأوّل مرّة عام 1610، أثارت فينا أسئلةً كثيرة: ممّ تتكوّن؟ كيف تتحرّك؟ ما الأسرار الّتي يُخفيها الكوكب وأقماره؟ بحلول أواخر القرن العشرين، كشفت تلسكوباتنا الكثير، لكن الإجابات لا تزال بعيدة المنال.

لذلك، حلمت وكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية بمهمّة كبرى. فبُنيت مركبة فضائية تحمل اسم الفلكي الإيطالي الفرنسي جيوفاني دومينيكو كاسيني، مكتشف أربعة من أقمار زحل والفاصل الشّهير في حلقاته المعروف بـ «فاصل كاسيني». ولم تسافر وحدها، إذ حملت على متنها مسبار «هويغنز» التّابع لوكالة الفضاء الأوروبية، والمُخصَّص للهبوط على تيتان.

انطلقت كاسيني عام 1997 على متن صاروخ «تيتان IV»، لتبدأ رحلتها البين–كوكبية الطويلة. مرّت بجوار الزهرة والأرض والمشتري لاكتساب دفعات جاذبية، قبل أن تصل أخيرًا إلى زحل عام 2004، بعد سبع سنواتٍ من السّفر.

في 14 يناير 2005، انفصل مسبار هويجنز وهبط عبر الغلاف الجوي البرتقالي السّميك لتيتان.

ما زلت أتذكر المرّة الأولى الّتي شاهدت فيها فيديو هبوطها، وامتلأت عيناي بالدموع. لقد هبطت البشرية على عالمٍ يبعد أكثر من مليار كيلومتر. هبّت الرياح، وتفرّقت سحب الميثان، وكشفت الكاميرات عن مشهدٍ غريبٍ من «الصخور» الجليدية والقنوات المظلمة الّتي حفرتها الهيدروكربونات السّائلة. ما كان ينتمي في السّابق إلى عالم الخيال العلمي أصبح حقيقة علمية.

غيّرتني تلك اللحظة. لقد كانت دليلًا على أنّنا نستطيع مدّ أيدينا عبر النظام الشمسي ولمس عالمٍ آخر. في تلك اللّحظة عرفت أنّني أريد أن أصبح عالمة فلك.

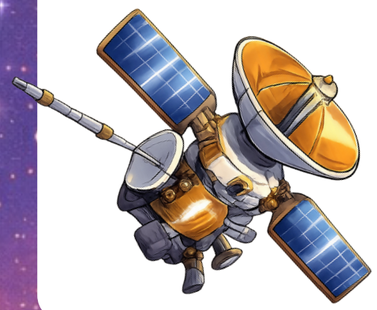
لكن كاسيني لم تتوقّف عند ذلك. طوال ثلاثة عشر عامًا، أصبحت عيننا الصّبورة على زحل، دارت حوله ما يقارب ثلاثمئة مرّة، وأرسلت سيلًا من الاكتشافات الّتي أعادت تشكيل علم الكواكب. كشفت كاميراتها وأجهزتها حلقات زحل بتفاصيل مذهلة، وأظهرت أنّها ليست بنًى جامدة بل أنظمةً ديناميكيةً تتشكّل بفعل تأثير أقمارٍ راعية صغيرة، تُحدث فجواتٍ وأمواجًا حلزونيةً بفعل الرّنين المداري. وعند القطب الشمالي لزحل، كشفت كاسيني العاصفة السداسية الغريبة، تيّارًا نفّاثًا سداسي الشكل يمتدّ لأكثر من 30,000 كيلومتر، قادرًا على ابتلاع الأرض، وقد استمرّ لعقود وربّما لقرون، ممّا أثار أسئلةً جديدةً حول ديناميكا الموائع الكوكبية. كما درست المركبة المجال المغناطيسي والغلاف الجوّي العلوي لزحل، مسجّلةً أضواء الشفق القطبي الباهرة، ومراقبةً كيمياء الغيوم، والعواصف الّتي أعطتنا لمحةً عن البنية الداخلية للكوكب.

وربّما كان أعظم اكتشاف لكاسيني من قمرٍ صغيرٍ: إنسيلادوس. فقد رصدت نفّاثات شاهقةً من بخار الماء والحبيبات الجليدية تنطلق من شقوق قرب قطبه الجنوبي، مرتبطةً بتسخين مدّي في داخله. أظهرت التحاليل أنّ هذه النفاثات تحتوي على أملاح، بل وأدلّة محتمَلة على نشاط حراري مائي في قاع محيط عالمي تحت سطحه. فجأةً، لم يعد إنسيلادوس مجرّد قمر جليدي، بل أصبح أحد أبرز الأماكن في النظام الشمسي الّتي يمكن أن تأوي حياةً خارجيةً، لينضمّ إلى كلٍّ من المريخ وأوروبا كعوالم قد تحتضن بيولوجيا نشطة.

في عام 2013، وجّهت كاسيني كاميراتها نحو حلقات زحل والتقطت صورةً للأرض: نقطة زرقاء باهتة تتلألأ عبر ظلام الكون. كما فعلت «فوياجر» قبل عقود، ذكّرتنا كاسيني بضعفنا ووحدتنا. فعلى متن مركبةٍ أصغر من حافلة، وعلى بعد ملايين الكيلومترات، نظرت البشريّة إلى نفسها ورأت موطنها.

لكل وبحلول عام 2017، كان مخزون كاسيني من الوقود قد استُنفد تقريبًا. وبدون وقودٍ لتصحيح المسار، ستفقد المركبة الفضائية في النهاية التحكم في الوضع، ممّا يجعل العلماء غير قادرين على توجيهها أو ضمان مدارٍ آمن. إذا تُركت كاسيني في مسارها، كان هناك احتمالٌ ضئيلٌ ولكنّه حقيقي لاصطدامها بأقمارٍ مثل تيتان أو إنسيلادوس. ولأنّ كلا الجسمين يُعتبران مرشّحين رئيسيين للدراسات البيولوجية الفلكية، مع بحيرات الميثان في تيتان ومحيط إنسيلادوس تحت السطح، فقد اشترطت بروتوكولات حماية الكواكب أن تظلّ هذه البيئات خالية من التلوث بالميكروبات الأرضية. لهذا السبب؛ أمر مخطّطو المهمّة كاسيني عمدًا بالغوص في الغلاف الجوي لزحل، حيث احترقت بفعل الاحتكاك، ضمنت هذه «النهاية الكبرى» أن تكون نهاية المركبة الفضائية ذات قيمة علمية أيضًا: حيث نقلت كاسيني بياناتٍ عن الغلاف الجوي لزحل وجاذبيته، ومجاله المغناطيسي حتّى لحظة فقدان الاتصال.

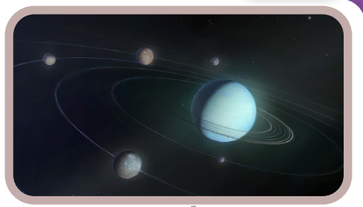
لقد أظهرت لنا كاسيني مناظر لم نحلم بها، وألغازًا ما زالت تنتظر حلولًا، وجمالًا أذهلنا. تذكروا هذه القصّة في المرّة القادمة الّتي ترفعون فيها أبصاركم إلى زحل. خلف حلقاته تكمن حكاية مركبة صغيرة، وحكايتنا نحن، كائناتٌ جريئةٌ بما يكفي لمدّ يدها –عبر النجوم– لتتعلم.



من عالم الموسيقى إلى مسيرة فلكية متميزة

قصة اكتشاف كوكب أورانوس

بقلم: الشيماء أمين خوجة
ماستر في الفيزياء الفلكية - جامعة قسنطينة 1



على خطى والده، اتّبع ويليام هيرشل الذي وُلد في هانوفر بألمانيا، ميدان الموسيقى وكان مولعاً بها. بعد ذهابه إلى إنجلترا احترف عزْف آلات مختلفة مثل الأوبوا، الكمان والأرغن، وتأليف المقطوعات الموسيقية. لكن رغم حبه الكبير للموسيقى واحترافه لها، إلا أنّ شغفه بالعلوم لم ينطفئ فكان يحب الرياضيات والفلك والبصريات ويقرأ الكثير من الكتب فيها. كان عصامياً وتعلّم بموجهوده الخاص هذه المجالات العلمية.

نظرا لاهتمامه بالبصريات لم يقتنِ هيرشل تلسكوبا وإنما قام بصناعة تلسكوباته بنفسه، مستعينًا بتصميم التلسكوب العاكس الذي اقترحه نيوتن تفادياً لمشاكل العدسات الزجاجية الرديئة. فقام بصنع المرايا وصقلها بيديه، وفي كل مرة كان يتعلم ويحسن الجودة إلى أن صنع تلسكوبات أكبر وأكثر دقة، وهكذا بدأت رحلته الفلكية التي تعتبر مهمة في تاريخ علم الفلك.

كان هيرشيل يعمل على تصنيف ومسح جميع النجوم حتى القدر الثامن، أي النجوم التي تكون أقل لمعانًا بحوالي خمس مرات من النجوم المرئية بالعين المجردة. وقد رصد خاصة النجوم الثنائية التي كان يعتمد الفلكيون على حركتها لقياس المسافة من النجم إلى كوكب الأرض. عندما كان هيرشل يرصد كوكب أورانوس الذي اعتبره جرما ولم يحدد طبيعته بالضبط ويغير التكبير على التلسكوب، كان قطر الجسم يزيد بزيادة لمعان الجسم وهذا لا يحدث مع النجوم، كما أن الجسم يتحرك ببطء بالنسبة إلى النجوم الخلفية على مدار عدة ليال، وهذا ما دلّ على أن الأمر لا يتعلق بنجم وأنّ هذا الجرم هو في الحقيقة أقرب من النجوم.

إلى غاية 13 مارس 1781، أقرّ هيرشل أن أورانوس كان في الحقيقة جسما غامضًا ضبابيًا، وقد يكون مذنّبًا مميزًا عن النجوم الأخرى بسبب غياب أي أثر للذيل وحركته البطيئة. كما أن العالِم يوهانس إيلرت بودي Johann Elert Bode لاحظ أنه تم اكتشاف الجسم من قبل وتم اعتباره نجما، فباستعمال هذه البيانات الرصدية استطاع تحديد مدار هذا الجرم شبه دائري الذي يشبه الكوكب أكثر من مجرد مذنب. خلال شهور قليلة، تم استنتاج أن هذا الجسم كان كوكبًا وليس مذنبًا. وبما أن هيرشل هو المكتشف فقد كان له الحق في اختيار اسم الكوكب الجديد، فأسماه «جورجيوم سيدوس» (Georgium sidus)، وتعني باللاتينية «نجم جورج»، تكريمًا للملك جورج الثالث.

نال هيرشل بفضل هذا الاكتشاف عضوية الجمعية الملكية البريطانية (Royal Society)، بالإضافة إلى ميدالية كوبلي المرموقة في نوفمبر 1781. لكن علماء الفلك في الدول الأخرى لم يعجبهم أن سمّى الكوكب باسم ملك بريطاني، واقترحوا بدلًا من ذلك اسم أورانوس (Uranus)، وهو في الأساطير الإغريقية والد الإله كرونوس المعروف بـ «زحل» في الأساطير الرومانية وجدّ الإله زيوس المعروف بـ «المشتري» عند الرومان. وبينما اتبعت التقاليد في تسمية الكواكب بأسماء من الأساطير الكلاسيكية، فإن أورانوس يُعدّ الكوكب الوحيد الذي احتفظ باسمه الإغريقي بدلاً من الروماني.

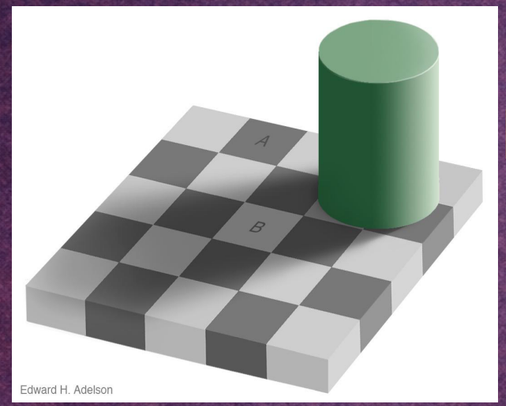
في عام 1787، اكتشف هيرشل اثنين من أكبر أقمار أورانوس، وهما تيتانيا (Titania) وأوبيرون (Oberon)، ثم اكتُشف لاحقًا أومبرييل (Umbriel) وأرييل (Ariel) سنة 1851، وميراندا (Miranda) سنة 1948.

قبل اكتشاف أورانوس، كان البشر يعرفون خمسة كواكب فقط في المجموعة الشمسية هي: عطارد، الزهرة، المريخ، المشتري، وزحل، وهي كواكب يمكن رؤيتها بالعين المجردة منذ العصور القديمة، لكن أورانوس وبسبب بُعده عن الشمس فهو يقع على مسافة تعادل ضعف بُعد زحل عن الشمس، فظلّ غامضًا إلى حد كبير بعد اكتشافه. وحسب العلماء فإن كوكب أورانوس يستغرق 84 عامًا ليُكمل دورة كاملة حول الشمس، كما أن محوره مائل بشدة إلى درجة أن الكوكب يبدو وكأنه «مستلقي على جانبه». ولم يُكتشف وجود الحلقات إلا في 10 مارس 1977، باستخدام مرصد كويبر الجوي التابع لوكالة ناسا (Kuiper Airborne Observatory)، أين لاحظ العلماء مرور أورانوس أمام نجم بعيد، ولاحظوا أن ضوء النجم خفّ تدريجيًا أثناء مروره خلف حلقات الكوكب، ما كشف عن وجودها.

لم تكن لدينا الكثير من المعلومات عن هذا الكوكب، حتى بعد إرسال مركبتي فوياجر (Voyager) في رحلتهما لاستكشاف الكواكب الخارجية التي تم إطلاقها في نفس العام 1977.

خدع الألوان البصرية

تُؤثر هذه الأوهام البصرية على نظام معالجة المعلومات البصرية في الدماغ، مما يجعل المشاهدين يرون ألوان وهمية.



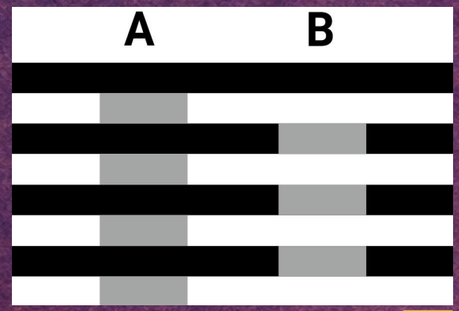
Edward H. Adelson

خدعة الظل

المربعان A و B المُشار إليهما في وهم الظل في لعبة الشطرنج، لهما نفس درجة اللون الرمادي، لكن هذا الوهم يُوهم أدمغتنا برؤيتهما بدرجات مختلفة.

الوهم الرمادي

الشريط الأفقي في هذه الصورة رمادي اللون بنفس الدرجة على امتداده، لكن الخلفية تجعل أعيننا تراه أفتح على اليسار وأغمق على اليمين. هذا مثال على وهم التباين المتزامن الذي يخدع أدمغتنا فنرى ألوانًا مختلفة، بينما في الواقع لا يوجد سوى لون واحد. يؤثر سطوع أو لون خلفية الصورة على إدراكنا للون في المقدمة.



وهم التباين المتزامن

قد تبدو الأشرطة الرمادية في الصورة أعلاه أغمق على اليسار وأفتح على اليمين، لكنها في الواقع بنفس درجة اللون الرمادي.

اختبر معلوماتك

إعداد: عمر نمول

أي العبارات التالية صحيحة؟

1) الفصول الأربعة سببها قرب الأرض أو بعدها عن الشمس
2) ميلان محور الأرض هو سبب الفصول
3) الأرض أقرب إلى الشمس في الصيف
4) الشمس تسخن نصف الأرض فقط

1) الماء يدور في المغسلة بسبب دوران الأرض
2) شكل دوران الماء يتحدد أساسًا بشكل الوعاء
3) تأثير دوران الأرض واضح في المغاسل المنزلية
4) الماء لا يدور أبدًا

1) المعادن مواد غير طبيعية
2) الزجاج معدن
3) الذهب عنصر كيميائي
4) كل ما يلمع معدن

1) الفيروسات كائنات حية كاملة
2) الفيروسات تحتاج خلية لتتكاثر
3) الفيروسات تتكاثر وحدها
4) الفيروسات بكتيريا صغيرة جدًا

1) قوس قزح يتكون من ألوان منفصلة في الطبيعة
2) الضوء الأبيض لون واحد
3) اللون موجود في الضوء فقط
4) الضوء الأبيض مزيج من عدة ألوان

1) الشمس صفراء كما نراها من الأرض
2) الشمس بيضاء، ويبدو لونها أصفر بسبب الغلاف الجوي
3) الشمس زرقاء في الفضاء
4) لون الشمس يتغير كل يوم

1) البرق يمكن أن يضرب المكان نفسه عدة مرات
2) البرق لا يضرب المكان نفسه مرتين
3) البرق يضرب دائمًا أعلى نقطة فقط
4) البرق يحدث فقط أثناء المطر

1) الإنسان يستخدم 10٪ فقط من دماغه
2) أجزاء كبيرة من الدماغ لا فائدة منها
3) الإنسان يستخدم معظم دماغه لكن بطرق مختلفة
4) الدماغ يعمل فقط أثناء اليقظة

1) الصوت ينتقل في الفراغ
2) الصوت ينتقل أسرع من الضوء
3) الصوت هو نوع من الضوء
4) الصوت يحتاج وسطًا ماديًا لينتقل

1) الجاذبية لا وجود لها في الفضاء
2) رواد الفضاء يطفون لأن الجاذبية منعدمة
3) الأرض فقط هي التي تملك جاذبية
4) الجاذبية موجودة في الفضاء لكنهم في سقوط حر

الحلول

4
4
3
1
2

2
3
2
2

أسبوع الفضاء الدولي 2025
«العيش في الفضاء»

بقلم: د.قرقوري هشام

يُعدّ أسبوع الفضاء العالمي مناسبة دولية تُنظّم سنويًا من 4 إلى 10 من شهر أكتوبر، تحت إشراف الأمم المتحدة، بهدف تعزيز الوعي بعلوم الفضاء وتطبيقاتها ودورها في التنمية المستدامة. ويشارك في هذه المناسبة آلاف الفاعلين حول العالم من خلال أنشطة علمية وتوعوية موجهة لمختلف فئات المجتمع. وقد حملت نسخة 2025 شعار «العيش في الفضاء»، مسلّطة الضوء على التحديات العلمية والتكنولوجية المرتبطة بالإقامة البشرية خارج كوكب الأرض.

شهدت الجزائر خلال أسبوع الفضاء العالمي 2025 تنظيم أكثر من 11 فعالية متنوعة شملت عدة ولايات، واستهدفت جمهورًا واسعًا من مختلف الفئات العمرية. تنوّعت الأنشطة بين محاضرات علمية متخصصة، معارض مفتوحة للجمهور، ورشات تربوية في المؤسسات التعليمية، رصد فلكي ليلي، لقاءات عبر الإنترنت، إضافة إلى تدخلات إذاعية تميّز البرنامج بقدرته على الجمع بين المحتوى العلمي المتقدم والتواصل المباشر مع الجمهور، مما ساهم في إبراز علوم الفضاء بطريقة مبسطة وجذابة. ومن أبرز المحطات، فعالية الأبواب المفتوحة على العلوم بوحدة البحث في الوساطة العلمية – CERIST، التي جمعت مراكز بحث وطنية ونوادٍ جامعية في يوم تفاعلي مفتوح، إلى جانب جلسات الرصد الليلي المتواصلة بمدينة الأغواط، ومحاضرات علمية ألقاها مختصون وطنيون ودوليون بصورة عامة، قدّم أسبوع الفضاء العالمي 2025 برنامجًا ثريًا ساهم في دعم الثقافة العلمية، وتعزيز اهتمام الجمهور الجزائري بعلم الفلك واستكشاف الفضاء.

محاضرات أونلاين حول الفلك
04 أكتوبر 2025

نظّم فريق NOC Algeria جلسة علمية عبر الإنترنت ضمن المبادرة العالمية «100 ساعة من علم الفلك». شارك في هذه الندوة ثلاثة فلكيين جزائريين شباب، قدّموا مداخلات تناولت علم الفلك وصلته بعلوم الفضاء والجيولوجيا والهيدروجيولوجيا، في طرح علمي مبسّط موجّه للجمهور العام. عرفت الجلسة مشاركة واسعة قُدّرت بحوالي 300 مشارك من مختلف ولايات الوطن، وشكّلت محطة مميزة للتواصل العلمي وتعزيز الحوار متعدد التخصصات عبر المنصات الرقمية.

الضوء.. الكتاب المفتوح للكون
02 – 04 أكتوبر 2025 – المسيلة

نظّم نادي البروج الفلكي فعالية علمية امتدّت على مدار يومين، احتضنتها جمعية العلماء المسلمين الجزائريين بمدينة المسيلة، تحت عنوان «الضوء.. الكتاب المفتوح للكون». خُصّصت التظاهرة لاستكشاف دور الضوء كأداة أساسية لفهم الظواهر الكونية وتاريخ علم الفلك.

تضمّن البرنامج محاضرات ونقاشات حول الأجرام السماوية، مصادر الضوء وانعكاسه، وأنواع التلسكوبات، إضافة إلى مداخلة علمية قدّمها الأستاذ مهدي فضلانة تناول فيها الضوء، الأطياف، والبصمات الطيفية. وقد جمعت الفعالية حوالي 50 مشاركًا، وقدّمت مدخلًا علميًا مبسّطًا ومُلهمًا جمع بين الشرح العلمي ومتعة الاكتشاف.

الحصة الإذاعية «كوكبنا»
04 أكتوبر 2025 – قسنطينة

قدّمت جمعية الشعرى لعلم الفلك حلقة إذاعية خاصة ضمن برنامج «كوكبنا»، خُصّصت لطرح موضوع «العيش في الفضاء». تناولت الحلقة، التي بثّت من مدينة قسنطينة، إمكانيات تكيّف الإنسان خارج كوكب الأرض، مع تسليط الضوء على مشاركة الجزائر في أسبوع الفضاء العالمي منذ سنة 2001، والتذكير بتتويج الجمعية بجائزة أسبوع الفضاء العالمي سنة 2003.

ساهمت الحصة في ربط الجمهور المحلي بآخر القضايا العلمية المرتبطة باستكشاف الفضاء، وحقّقت تفاعلًا واسعًا تجاوز 500 مستمع، مؤكدة دور الإعلام الإذاعي في نشر الثقافة العلمية وتعزيز الوعي المجتمعي.

بث مباشر:
هل نحن وحدنا في الكون؟
05 أكتوبر 2025

نظّم فريق NOC Algeria جلسة مباشرة عبر Instagram بعنوان «هل نحن وحدنا في الكون؟»، شارك فيها د. هشام قرقوري رفقة الشيماء أمين خوجة. تناول النقاش الأسس العلمية للبحث عن الحياة خارج الأرض، انطلاقًا من وفرة الماء في النظام الشمسي، والأقمار الجليدية والمحيطات الجوفية، وصولًا إلى اكتشاف الكواكب الخارجية ومعايير قابليتها للعيش .

كما تم التطرق إلى مشاريع البحث عن الذكاء خارج الأرض (SETI) والمقاربات العلمية المعتمدة لدراسة الحضارات المحتملة، مع تقديم شرح مبسّط موجّه للجمهور العام. عرفت الجلسة تفاعلًا واسعًا بلغ حوالي 3400 مشاهد، مؤكدة الاهتمام المتزايد بأسئلة علم الفلك الكبرى عبر المنصات الرقمية.

فلم Interstellar
من السينما إلى الفيزياء
06 أكتوبر 2025 – قسنطينة

نظّمت وحدة البحث في الثقافة والوساطة العلمية لقاءً علميًا جمع بين السينما والنقاش الفيزيائي، من خلال عرض خاص لفيلم Interstellar تلاه حوار علمي تفاعلي. أدار الجلسة الدكتور هشام قرقوري، المنسق الوطني لأسبوع الفضاء العالمي بالجزائر، رفقة الدكتور جمال ميموني.

تناول النقاش الأسس الفيزيائية التي يستند إليها الفيلم، من الثقوب السوداء والأنفاق الدودية إلى النسبية وطبيعة الزمن، مع ربطها بإمكانيات العيش والسفر خارج كوكب الأرض. وقد استهدف اللقاء طلبة جامعيين وتلاميذ ثانويات والجمهور العام، ووفّر مساحة حوارية جمعت بين الخيال العلمي والمعرفة العلمية بأسلوب مبسّط ومحفّز.

ورشات علوم الفضاء للتلاميذ
06 - 07 أكتوبر 2025 - قسنطينة

نُظّمت سلسلة من الورشات التطبيقية لفائدة تلاميذ الطور المتوسط بمتوسطة التربية والتعليم بقسنطينة، بإشراف نادي العبقري الصغير، ومن تنشيط الأستاذ قاسمي لطفي. هدفت هذه الورشات إلى تقريب علوم الفضاء من التلاميذ من خلال أنشطة عملية تفاعلية تعرّف المشاركون على طرق رصد الشمس عبر إنجاز منظار شمسي بسيط وآمن، وإجراء تجربة لقياس قطر الشمس الظاهري، إضافة إلى فحص عينات غبار تحت المجهر للتعرّف على الميكرونيازك. وقد جمعت الورشات بين الإبداع والتجربة العلمية، وقدّمت للتلاميذ تجربة تعليمية أولى في البحث العلمي التطبيقي.

ندوة علمية: الفضاء للجميع
07 أكتوبر 2025 – الجزائر العاصمة

نظّم مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء (CRAAG) يومًا علميًا خاصًا بمقرّه ببوزريعة، خُصّص لتقريب علوم الفضاء من مختلف فئات المجتمع. تضمن البرنامج الصباحي محاضرات علمية تناولت رصد ودراسة النيازك، تأثيرات الاصطدامات في النظام الشمسي، وبنية وديناميكا مجرّة درب التبانة اعتمادًا على معطيات مهمة Gaia.

وخُصّصت الفترة المسائية لورشات تطبيقية موجّهة للأطفال والشباب، شملت رصد الشمس بالتلسكوبات وأنشطة تعريفية بأساسيات علوم الفضاء. وقد جمع الحدث بين البحث العلمي، النشاط التوعوي، والملاحظة الفلكية المباشرة، مستقطبًا حوالي 100 مشارك في أجواء علمية وتفاعلية.

معرض علمي
العيش في الفضاء
07 – 09 أكتوبر 2025 – الجزائر العاصمة

نظّم نادي فيزيكا بجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، تظاهرة علمية امتدّت على مدار ثلاثة أيام بالحي الجامعي، خُصّصت لموضوع «العيش في الفضاء». جمعت الفعالية في طبعتها الثانية عددًا من النوادي والمؤسسات الشريكة، وقدّمت برنامجًا متنوعًا شمل محاضرات علمية، معارض تفاعلية، وتجارب تطبيقية .

تضمّن الحدث مداخلات حول الحياة اليومية على متن المحطة الفضائية الدولية، أجنحة

أسبوع الفضاء الدولي 2025

علمية وتجارب فلكية، إضافة إلى أنشطة رصد وتجارب بصرية ونقاشات حول آفاق الاستيطان البشري خارج الأرض. وقد استقطبت التظاهرة حوالي 500 مشارك، مقدّمة تجربة علمية غامرة قرّبت الطلبة والجمهور من تحديات العيش في الفضاء وعلومه الحديثة.

ندوة علمية بعنوان: استكشاف الفضاء: الحاضر والآفاق
08 أكتوبر 2025 – قسنطينة

نظّمت وحدة البحث في الوساطة العلمية ملتقى علميًا جمع باحثين ومختصين لمناقشة واقع استكشاف الفضاء وآفاقه المستقبلية. تضمن البرنامج سلسلة محاضرات وحوارات تفاعلية تناولت قضايا أساسية في علم الفلك والفيزياء الفلكية والوساطة العلمية، بمشاركة أساتذة من مركزي CERIST وCRAAG.

احتضنت المدرسة العليا للأساتذة آسيا جبار بقسنطينة هذا اللقاء، الذي استقطب حوالي 200 طالب، وقدّم عرضًا متكاملًا لمسار تطور استكشاف الفضاء والتحديات العلمية التي ترافقه، في إطار علمي مبسّط موجّه للطلبة والجمهور الأكاديمي.

ليالي رصد فلكية
04 – 10 أكتوبر 2025 – الأغواط

نظّمت جمعية سهيل لعلم الفلك تظاهرة رصد فلكي مفتوحة للجمهور امتدّت على مدار أسبوع كامل بمدينة الأغواط. أقيمت الجلسات كل ليلة من 4 إلى 10 أكتوبر بحديقة واحة المستقبل، حيث تمكّن الزوّار من رصد القمر والكواكب عبر التلسكوبات، إلى جانب أنشطة فلكية موجّهة للأطفال والعائلات.

شكّلت هذه اللقاءات الليلية المستمرة فرصة مباشرة لتقريب علم الفلك من المجتمع، واستقطبت حوالي 1500 مشارك، مؤكدة الدور المحوري للرصد الفلكي في نشر الثقافة العلمية وتعزيز علاقة الجمهور بالسماء الليلية.

أبواب مفتوحة على العلوم 2025 بقسنطينة

بقلم: د. هشام قرقوري

اختُتمت تظاهرة «الأبواب المفتوحة على العلوم 2025»، التي نظّمتها وحدة البحث في الثقافة والوساطة العلمية (CERIST) يوم 11 أكتوبر 2025 بالحرم التكنولوجي لجامعة قسنطينة 3، على وقع نجاح جماهيري ومؤسساتي لافت. وقد شكّلت هذه الفعالية المحطة الختامية للاحتفال المحلي بأسبوع الفضاء العالمي 2025، الذي حمل هذا العام شعار «العيش في الفضاء». وقد شهد إقبالًا جماهيريًا استثنائيًا، حيث توافد مئات الزوار من المدارس والجامعات وبلديات ولاية قسنطينة والمناطق المجاورة، بفضل التنسيق مع مديرية الشباب والرياضة بقسنطينة. وقد افتُتحت التظاهرة رسميًا من طرف السيد جيلالي تساليت، مدير التطوير التكنولوجي والابتكار بالمديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي، بوزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

تميّز برنامج «الأبواب المفتوحة على العلوم 2025» بتنوّعه وغناه، إذ صُمّم ليستجيب لمختلف الفئات العمرية والاهتمامات. وشهد اليوم معارض تفاعلية وتجارب علمية مباشرة جذبت اهتمام الأطفال والطلبة، من بينها عرض «الكيمياء الساحرة» بمشاركة مخبر CHEMS، وعروض علمية من مركز CDTA، إضافة إلى أنشطة الاتصالات اللاسلكية عبر تقنية VHF بالتعاون مع الجمعية الجزائرية لراديو الهواة

كما تضمّن البرنامج محاضرات علمية ملهمة ألقاها ضيوف محليون ودوليون، من بينهم الدكتورة Beatriz Villarroel من جامعة ستوكهولم، والدكتور نضال قسوم من الجامعة الأمريكية بالشارقة، والدكتور مولود بوحوحو من المدرسة العليا للأساتذة، حيث تناولت المداخلات قضايا استكشاف الفضاء، علم الأحياء الفلكي، ومستقبل الإنسان خارج كوكب الأرض.

وشملت الفعالية أيضًا ورشات تربوية موجّهة من إعداد أعضاء جمعية الشعرى لعلم الفلك، إلى جانب زيارات موجهة لأفواج التلاميذ داخل المعرض العلمي التفاعلي «السيميفونية الكونية»، الممتد على ثلاثة طوابق من المبنى الرئيسي، والذي قدّم تجربة غامرة تجمع بين العلم، الصورة، والتفاعل المباشر.

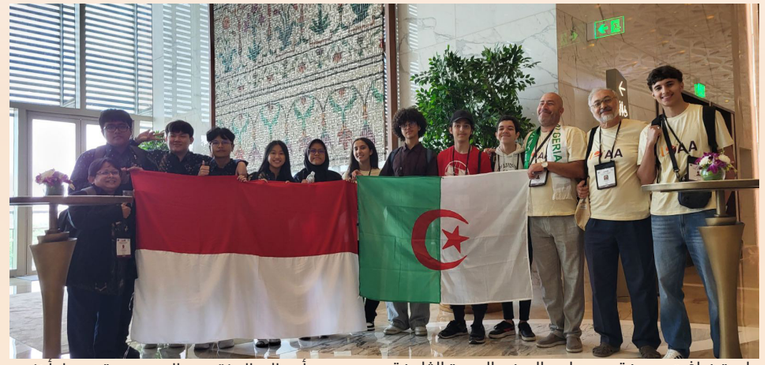
من أبرز عوامل نجاح هذه التظاهرة الحضور الواسع لمختلف الفاعلين في المنظومة العلمية الوطنية، حيث جمعت تحت سقف واحد جامعات، مراكز بحث، ومخابر وطنية مرموقة، من بينها CDTA، CRBT، CRM، CHEMS، LPMPS، إلى جانب عدد كبير من النوادي العلمية النشطة. وقد جسّد هذا التلاقي التزام المجتمع العلمي بفتح أبواب المعرفة أمام الجمهور، وإخراج العلم من أسوار المختبر إلى الفضاء العام.

ختامًا، يمكن القول إن نسخة 2025 من «الأبواب المفتوحة على العلوم» لم تكن مجرد فعالية احتفالية، بل تجربة علمية مجتمعية متكاملة، نجحت في إشعال الفضول العلمي لدى آلاف الزوار، وعكست حيوية وتعاون المجتمع العلمي الجزائري، وفخره بدوره في خدمة المعرفة ونشر الثقافة العلمية.

محفزٌ للإصلاح التَّعليمي

مشاركة أولى للجزائر في الأولمبياد الدولي للفلك 2025

بقلم: د. جمال ميموني



استضافت مدينة مومباي بالهند الدورة الثامنة عشرة من الأولمبياد الدولي لعلم الفلك والفيزياء الفلكية (IOAA)، في الفترة من 11 إلى 21 أوت 2025. هذا الحدث هو أرقى منافسة عالمية لتلاميذ المرحلة ما قبل الجامعية، وقد جمع 64 دولة وما يقارب 300 متسابق. مثّلت هذه الدورة أوّل مشاركة وطنية للجزائر في هذا الحدث المرموق.

مجهر مصغّر للتميز العلمي

تتجاوز المشاركة في الأولمبياد المنافسة الفكرية؛ فهي تمرين مؤسسي في التميز العلمي. تشكل الأولمبيادات مختبرات للثقافة العلمية، حيث يتفاعل تلاميذ الثانويات مباشرة مع معايير المجتمع البحثي العالمي. علم الفلك، على وجه الخصوص، هو الأكثر تعددية تخصصًا، إذ يمد جسورا بين الفيزياء وعلم الكونيات والرياضيات التطبيقية.

أبرز المستجدات

– تم إدخال علم الفلك الراديوي ضمن الجانب التطبيقي لأول مرة في تاريخ الأولمبياد، باستخدام أربعة عشر تلسكوبًا راديويًا محلي الصنع.

– تم تنظيم الامتحان الرصدي داخل قبة فلكية بسبب أحوال الطقس الموسمية، مما أظهر مرونة المنظمين وابتكارهم التكنولوجي.

دروس للإصلاح التعليمي والأبعاد الأخلاقية

بالنسبة للجزائر، تمثل المشاركة في IOAA اختباراً ومحفزاً: فهي تكشف عن الفجوات البنيوية التي ينبغي معالجتها، وتوفر معياراً لإصلاح المناهج. إذ يُعدّ الفلك بوابة نحو الإلمام بالعلوم، ويُمكن لإدخال موضوعاته الأساسية ضمن برامج الفيزياء والجغرافيا أن يواكب الاتجاهات التربوية العالمية. يُعتبر تعزيز الأسس الرياضية مبكرًا وباستمرار، رسالة واضحة من الأولمبياد لتنمية المواهب العلمية.

قرار تاريخي ببُعد أخلاقي

وقد شهد أولمبياد مومباي اجتماع المجلس الدولي للأولمبياد (IBM)، حيث تم اعتماد قرار في 18 أوت 2025 بأغلبية ساحقة باستبعاد إسرائيل من المشاركة كفريق وطني. وقد عكس هذا القرار أن المجتمع العلمي لا يمكنه أن يبقى غير مبالٍ بالمبادئ الإنسانية، مؤكداً أن تعزيز التميز يجب أن يقترن بالدفاع عن قيم العدالة.

بناء رأس مال بشري

كانت رحلة الفريق الجزائري إلى مومباي رمزية وتربوية في آن واحد. وقد أثبتت أن التميز هو إمكانية كامنة في كل مكان. يجب النظر إلى هذه التجربة كبداية لاستثمار استراتيجي يهدف إلى بناء رأس مال بشري قادر على التفكير التحليلي ومنفتح على التعدد التخصصي.

إن تواجد الجزائر لأول مرة في IOAA-2025 يسلّط الضوء على ضرورة فتح آفاق جديدة للفيزياء، مؤكداً أن الأولمبيادات العلمية هي مجهر مصغّر لمسعى الإنسانية المشترك نحو المعرفة.

حضور دولي مميَّز في الطبعة 20 للمهرجان الوطني في علم الفلك الجماهيري

احتضنت وحدة البحث في الوساطة العلمية CERIST الطبعة العشرين من المهرجان الوطني في علم الفلك الجماهيري، الّذي نظّمته جمعية الشعرى لعلم الفلك من 1 إلى 3 ماي 2025 بجامعة قسنطينة 3، تحت شعار «الشمس في أوج نشاطها».

نَظّم المهرجان برعاية السيّد والي ولاية قسنطينة وبالتّنسيق مع السُّلطات المحليّة، وافتُتح رسميًا من طرف والي الولاية المنتدبة علي منجلي، مدير الشباب والرياضة، ومدير مركز البحث في الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء CRAAG.

وقد شهدت هذه الطّبعة حضورًا دوليًا مميَّزًا من ١٠ دول من إفريقيا وأوروبا وآسيا، ومشاركة خبراء بارزين في الفيزياء الفلكية. تميّز البرنامج بمحاضرات، ورشات، رصد شمسي، ومعارض، إلى جانب أنشطة ثقافية وسياحية للضيوف.

برنامج علمي ثريّ

وقد كان البرنامج العلمي أحد أبرز محاور المهرجان، حيث شهد تقديم أكثر من 20 محاضرة علمية على مدار ثلاثة أيام، بمشاركة فلكيين ومختصّين من الجزائر، فرنسا، مصر، تونس، جنوب إفريقيا وسويسرا. تناولت المداخلات مواضيع متنوّعة تتعلّق بالنشاط الشمسي، الفيزياء الفلكية الحديثة، وتطوّرات البحث في علوم الفضاء، ما أتاح للجمهور، خاصّة الطلبة، فرصة ثمينة للاحتكاك المباشر بخبراء دوليين.

أمّا على مستوى الورشات، فقد نُظّمت 5 ورشات، بإشراف مختصّين من الجزائر وتونس، وخُصّصت في جزء منها لتلاميذ الطّورين المتوسّط والثانوي. وتناولت الورشات مواضيع مثل الكواكب والنظام الشّمسي، الساعة الشمسية، والتقنيات الفلكية.

كما أطّر مكتب الدراسات «SIFAR» ورشة تكوينيّة خاصّة في الجيوديزيا (Geodesy) والفوتوغراميتري (photogrammetry) الجوي وتقنية المسح ثلاثي الأبعاد. حيث قدّم فريقه المحترف تدريبًا ميدانيًا عالي المستوى لفائدة طلبة وباحثين من عدّة جامعات بالشرق الجزائري. كما نُظّم نصف يوم تكويني لفائدة إطارات الشباب بمديرية الشباب والرياضة بقسنطينة، حول كيفية تنشيط وتأطير النوادي الفلكية، حيث أشرف على التكوين خبراء من الجمعية الفلكية الأردنية، وشمل محاور نظرية وتطبيقيّة في الرّصد والتوعية العلمية.

إلى جانب ذلك، نُظمت مائدة مستديرة خاصّة حول الشّمس وتأثيراتها بعنوان «هل نعرف شمسنا حقًا؟ الأسرار المستعصية لنجم النّهار»، وذلك بالقاعة الشرفية لمسجد الأمير عبد القادر، حيث جمعت عددًا من المتدخلّين في جلسة علمية بهذا المعلم الديني والعلمي لمدينة قسنطينة.

نشاطات مميَّزة لفائدة للجمهور

تميّزت فعاليات الطّبعة العشرين من المهرجان، بالإضافة إلى المحاضرات والورشات، بمعرض علمي ثري شاركت فيه مؤسّساتٌ بحثية كبرى مثل مركز البحث في التكنولوجيات المتقدّمة CDTA، وكالة الفضاء الجزائرية ASAL - CTS، ومركز البحث في الفلك والفيزياء الفلكية والجيوفيزياء CRAAG، إلى جانب الجمعيات الفلكية والنوادي العلمية من مختلف ولايات الوطن وخارجها. وقد عرضت هذه المؤسّسات أحدث تقنياتها ونماذجها العلمية، ممّا أتاح للزوار فرصة ثمينة للتواصل مع الباحثين والاطّلاع على أدوات الرّصد والدراسة.

خلال أيام المهرجان، نَظمت جلسات رصدٍ شمسي يومية، تخلّلتها لحظاتٌ علمية مميّزة، من أبرزها تصوير البقعة الشمسية AR4079 يوم 3 ماي، أكبر بقعة شمسية منذ 2014، والّتي اختيرت لاحقًا كأفضل صورة للشهر على موقع ومجلة SpaceWeather العالمية. التقط الصورة الفلكي Philippe Morel وفلكيون آخرين من المشاركين في المهرجان. الصورة أظهرت بدقة مذهلة تفاصيل البقعة الضخمة والنّسيج المغناطيسي المحيط بها.

أما مساء الأوّل من ماي، فقد احتضن فضاء العلوم ليلة رصد فلكي مفتوحة للجمهور، خُصّصت لمراقبة القمر، كوكب المشتري وأقماره، والمريخ، وسط حضورٍ عائلي واسع وأجواء علميّة ساحرة تحت سماء قسنطينة وفي لفتة تضامنية علميّة، قامت جمعية الشّعرى لعلم الفلك بإهداء حوالي 15 كلغ من الوثائق الفلكية (صور، بوستيرات، ومطويات) للأشقّاء من الصحراء الغربية، لتوزيعها على المؤسّسات التربوية بمخيماتهم.

وقد اختُتمت الفعاليات في أجواءٍ احتفاليةٍ، جسّدت روح الامتنان والاستمراريّة بعد عشرين سنة من العطاء العلمي.

الأخبار الفلكية الإفريقية

بقلم: د. جمال ميموني

استكشاف القمر: السنغال تنضم إلى مشروع المحطة الدولية (ILRS)

خطت السنغال خطوة تاريخية في طموحها

الفضائي، بانضمامها رسمياً إلى الصين في مشروع «المحطة الدولية للبحث القمري» (ILRS). هذا الاتفاق الاستراتيجي، الذي تم توقيعه في سبتمبر 2024 بين وكالة الدراسات الفضائية السنغالية (ASES) –بقيادة «مارام كايري»– والوكالة الوطنية الصينية للفضاء (CNSA)، يضع السنغال ضمن الدول المساهمة بفعالية في بناء هذه القاعدة القمرية المستقبلية المقررة بحلول عام 2035. يتجاوز هذا التحالف مجرد التعاون الدبلوماسي، إذ يفتح الباب أمام نقل التكنولوجيا المتقدمة إلى السنغال؛ حيث سيستفيد العلماء والمهندسون السنغاليون من تدريبات رفيعة المستوى في مجالات الروبوتات وعلوم الفضاء، مع المشاركة المباشرة في الأبحاث المتعلقة بالاستغلال المستدام للموارد القمرية. ومن خلال الاندماج في هذا المشروع العالمي الضخم، تعزز السنغال منظومتها العلمية الوطنية وتؤكد مكانتها كقوة صاعدة في قطاع الفضاء في غرب أفريقيا.

تنسيق قاري مرتقب: بوتسوانا تستعد لاستضافة مؤتمر AfAS2026 في غابورون

أعلنت الجمعية الفلكية الأفريقية رسمياً، عن اختيار العاصمة البوتسوانية «غابورون» لتكون مقراً لمؤتمرها السنوي القادم في مارس 2026، في خطوة تهدف إلى تعزيز الحراك العلمي في منطقة جنوب القارة الأفريقية. ويأتي هذا الحدث بتنظيم مشترك بين الجمعية وجامعة بوتسوانا والمعهد البوتسواني للهندسة والعلوم والتكنولوجيا (BIUST)، وبدعم من السلطات البوتسوانية التي تسعى لجعل العلم والتكنولوجيا محركاً أساسياً للتنمية الوطنية.

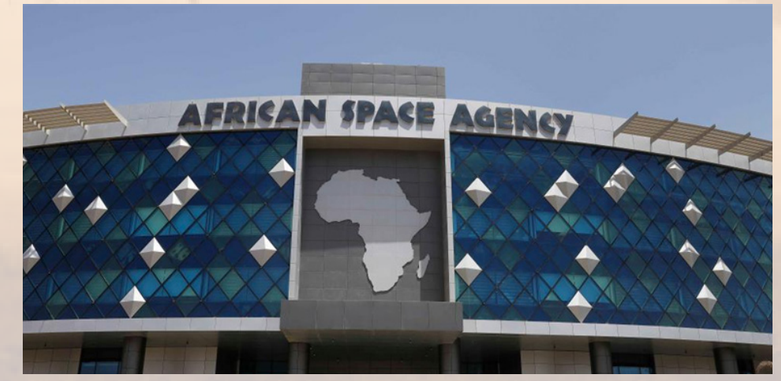
تتمثل الأهداف الاستراتيجية لهذا المؤتمر في تمتين أواصر التعاون بين الدول الأفريقية ضمن المشاريع الفلكية الكبرى، على رأسها مشروع مصفوفة الكيلومتر المربع (SKA)، وتوفير بيئة أكاديمية محفزة تتيح للباحثين الشباب والطلاب الأفارقة التواصل المباشر مع الخبراء الدوليين لتبادل المعرفة في مجالات تحليل البيانات الفلكية المعقدة.

كما يسعى المؤتمر إلى وضع خارطة طريق لدمج علوم الفضاء بشكل فعال في المناهج التعليمية الأساسية، لتشجيع الأجيال الناشئة على الانخراط في مجالات العلوم والتقنية، بالإضافة إلى مناقشة سبل استغلال الاكتشافات الفلكية في تعزيز التواصل العلمي ورفع مستوى الوعي المجتمعي بأهمية البحث العلمي في مواجهة التحديات القارية.

افتتاح مقر وكالة الفضاء الأفريقية في القاهرة لتعزيز التعاون العلمي القاري

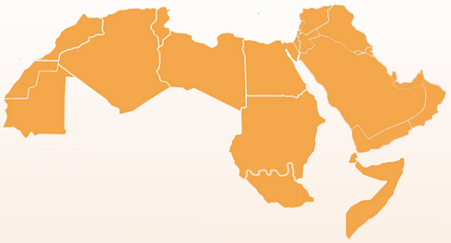
احتضنت مصر في 20 أبريل 2025 الافتتاح الرسمي لمقر وكالة الفضاء الأفريقية (AfSA) في العاصمة القاهرة، في خطوة تاريخية تهدف إلى تعزيز التعاون العلمي والتقني بين الدول الأفريقية في مجال الاستخدام السلمي للفضاء. وتسعى الوكالة، التي أُقرت رؤيتها عام 2016، إلى توحيد الجهود القارية، وتبادل الخبرات، وبناء القدرات الوطنية للدول الأعضاء. وقدمت الحكومة المصرية دعماً مالياً بقيمة 20 مليون دولار لتجهيز بنية تحتية متطورة تضمن انطلاقة قوية لعمل الوكالة.

وتركز AfSA على تسخير علوم وتكنولوجيا الفضاء لمواجهة التحديات الحيوية في أفريقيا، مثل الأمن الغذائي عبر مراقبة المحاصيل، وإدارة الموارد المائية، والتنبؤ بالكوارث الطبيعية، ومراقبة النظم البيئية. ويأتي هذا الافتتاح في إطار أجندة الاتحاد الأفريقي 2063، وضمن مشاريع واعدة تشمل «قمر التنمية الأفريقي» وبرامج تدريب شملت مهندسين من مختلف دول القارة، بهدف تقليص الفجوة التكنولوجية وتعزيز امتلاك أفريقيا لأدوات المستقبل.



الأخبار الفلكية العربية

بقلم: د. جمال ميموني



عمان تحتضن فعاليات مؤتمر MEARIM 2025 لتعزيز التعاون الفلكي الإقليمي

استضافت العاصمة الأردنية عمّان، فعاليات النسخة السابعة من الاجتماع الإقليمي للاتحاد الفلكي الدولي، والمعروف اختصاراً باسم MEARIM وهو رمز لـ (Middle East and Africa Regional IAU Meeting).

وقد شهد المؤتمر، الذي نظمته الجمعية الفلكية الأردنية بالتعاون مع الاتحاد الفلكي الدولي، مشاركة لافتة بلغت نحو 250 مشاركاً من علماء وفلكيين وباحثين، يمثلون أكثر من 30 دولة من قارتي آسيا وأفريقيا ومنطقة الشرق الأوسط، بالإضافة إلى خبراء دوليين. كما تميزت هذه النسخة بزخم علمي كبير، حيث قُدمت خلالها أكثر من 180 ورقة بحثية ومداخلة علمية غطت شتى مجالات الفلك والفيزياء الفلكية وعلوم الفضاء.

وقد سعى المؤتمر في جوهره إلى تعزيز أواصر «الدبلوماسية العلمية» وسد الفجوة بين المراصد الإقليمية، عبر مناقشة سبل دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي في تحليل البيانات الفلكية الكبرى وتطوير البنى التحتية البحثية لمواكبة، التطورات العالمية المتسارعة

وتناولت الجلسات العلمية محاور استراتيجية بدأت بملف الدفاع الكوكبي، مروراً باستعراض أحدث النتائج الرصدية حول تطور النجوم والمجرات المستخلصة من تلسكوب جيمس ويب والمراصد الراديوية الإقليمية. كما ركز المشاركون على قضايا التعليم والوساطة العلمية وسبل حماية السماء المظلمة من التلوث الضوئي، مختتمين التظاهرة بتوصيات تدعو لإنشاء شبكات رصدية مشتركة وتكثيف برامج تبادل الباحثين لضمان ريادة المنطقة في علوم الفضاء والابتكار التكنولوجي.

فيما يجري التحضير للسنة الدولية للدفاع الكوكبي 2029 الندوة الفلكية العربية تطلق صافرة الإنذار

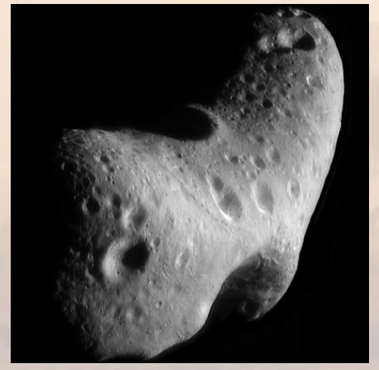
عقد «مركز الفلك الدولي» بالتعاون مع «الجمعية الفلكية الأردنية»، ندوة فلكية كبرى في 9 ديسمبر 2025، خُصصت للتعريف بالسنة الدولية للتوعية بالكويكبات والدفاع الكوكبي (IYAPD 2029).

انطلقت الندوة بكلمات افتتاحية رسمية أكدت على البعد العالمي للمبادرة؛ حيث ألقى البروفيسور «خوسيه ميغيل رودريغيز إسبينوزا»، الأمين العام للاتحاد الفلكي الدولي (IAU)، كلمة شدد فيها على أهمية التنسيق الدولي لحماية كوكبنا، معتبراً أن سنة 2029 ستكون منعطفاً في تاريخ التواصل العلمي مع الجمهور. كما شارك البروفيسور «ليندلي جونسون»، ضابط الدفاع الكوكبي السابق في وكالة «ناسا»، بمداخلة استعرض فيها جهود رصد الأجرام القريبة من الأرض، موضحاً كيف تطورت التكنولوجيا من مجرد المراقبة إلى القدرة الفعلية على التدخل لحماية الأرض.

تلا ذلك سلسلة من المداخلات العلمية للخبراء العرب؛ حيث شهدت الندوة محاضرات تخصصية قدمت حلولاً تقنية وعروضاً رصدية، منها محاضرة أ.د. جمال ميموني (جامعة قسنطينة 1، الجزائر) والتي قدم فيها عرضاً تقنياً حول الوسائل المتاحة للحد من أخطار الأجرام القريبة من الأرض (NEO)، وعلى وجه الخصوص تقنية 'الاصطدام الحركي' (Kinetic Impactor) كأداة فعالة لحرف مسار الكويكبات. وأوضح ميموني أن هذه التقنية، التي اختبرتها مهمة 'دارت' (DART)، تعتمد على نقل الزخم من مركبة فضائية إلى الكويكب لتغيير سرعته المدارية، مشيراً إلى أن نجاح هذه الطريقة يعتمد كلياً على الكشف المبكر الذي يمنحنا سنوات من المهلة قبل لحظة الاصطدام المتوقعة.

كما قدم د. جاد القاضي، وهو الرئيس السابق للمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية (NRIAG)، عرضاً حول دور المراصد التاريخية والحديثة في المنطقة العربية، مسلطاً الضوء على تلسكوب القطامية الفلكي وتحديثاته الأخيرة التي تمكنه من متابعة الحطام الفضائي والأجرام القريبة بدقة عالية، مؤكداً أن مصر تضع إمكانياتها الرصدية في خدمة شبكة الدفاع الكوكبي الدولية. وتلتها مداخلتان؛ الأولى حول مرصد 'أوكايمدن' بالمغرب وإنجازاته في رصد المذنبات والكويكبات، والثانية حول 'شبكة الإمارات لرصد الشهب' التي توفر تغطية شاملة لسماء المنطقة.

وأكد المشاركون أن الدفاع الكوكبي ليس مجرد مهمة تقنية، بل هو مسؤولية مشتركة تتطلب بناء مجتمع علمي واعٍ، وهو ما تسعى إليه السنة الدولية 2029 من خلال إشراك الشباب في رصد السماء وتنسيق العمل بين المراصد عبر العالم. وفي ختام الندوة، تم الإعلان رسمياً عن تشكيل اللجان الوطنية في الأردن والإمارات لبدء الحملة التوعوية والبحثية الكبرى، تحضيراً لمرور الكويكب «أبوفيس» الذي سيعبر سماء المنطقة العربية في عام 2029 على مسافة قريبة جداً، مما يجعله مختبراً طبيعياً لاختبار جاهزية الكوكب.



المريخي
(THE MARTIAN)

حين يصبح العلم وسيلة للبقاء

بقلم: د. هشام قرقوري

يتناول فيلم The Martian قصة رائد الفضاء مارك واتني، الذي يُترك وحيدًا على سطح كوكب المريخ بعد فشل مهمة فضائية، ليجد نفسه في مواجهة بيئة معادية لا تسمح بالحياة. بعيدًا عن الإثارة التقليدية، يقدّم الفيلم نموذجًا مختلفًا للخيال العلمي، حيث لا تكون المعجزة هي الحل، بل العلم.

يطرح الفيلم سؤالًا محوريًا: كيف يمكن للفيزياء والكيمياء والهندسة أن تتحول إلى وسيلة للبقاء في كوكب معاد؟

من إنتاج الماء، إلى زراعة الغذاء، إلى حساب المسارات المدارية، يعتمد البطل على التفكير العلمي والمنهج التجريبي لتجاوز كل عقبة.

يمتاز «المريخي» بدقته العلمية وبصورة إيجابية نادرة للعالم، حيث يُقدَّم العلمَ كجهد جماعي قائم على التعاون والتخطيط، لا على البطولة الفردية. وفي زمن تتزايد فيه التحديات العلمية والبيئية، يذكّرنا الفيلم بأن المعرفة ليست ترفًا، بل أداة أساسية للبقاء.

دروب الناجحين
حوارات ملهمة مع شخصيات علمية جزائرية

بقلم: فلة داود

في مؤلّفها الصّادر حديثًا عن دار النهى، تُدوّن الإعلاميّة ياسمين بوالجدري، السّير الذاتية لعشرين شخصية علمية جزائرية، لترسم خريطة طريق للأجيال الصّاعدة، ولكل شغوف بطلب العلم، وتقلّد مراتبه المختلفة، عبر كتابها «دروب الناجحين: حوارات ملهمة مع شخصيات علمية جزائرية».

يُعدّ هذا الكتاب أنطولوجيا حيّة تجمع شتات النبوغ الجزائري بين الداخل والخارج، وعبر صفحاته المرقونة بلغة عربية رفيعة، تقتفي المؤلّفة أثر تجارب إنسانيّة وعلميّة رصينة، لأسماء صنعت الفارق في كبرى المخابر والجامعات العالمية، وفي عديد التخصّصات، منها على سبيل المثال لا الحصر:

في الفيزياء والابتكار: بلقاسم حبه، نور الدين مليكشي، جمال ميموني.

في الطب والبيولوجيا: مريم مراد، ياسمين بلقايد، حليمة بن بوزة.

في العمارة والبحث الأكاديمي: سامية هني، محمد لاشمي، ونخبة أخرى من العقول المتميّزة التي تشكّل بمجموعها رسالة تحفيزية، تؤكد أنّ البحث العلمي ليس مهنة يومية محدودة فحسب، بل هو عطاءٌ حضاري دائم، وسعيٌ جادّ ومستمر.

«دروب الناجحين» ليس مجرّد توثيق لأسماء لامعة، بل هو مختبرٌ للوعي الجمعي يُثبت أنّ النبوغ الجزائري ليس صدفة جغرافية، بل هو كفاحٌ عابر للحدود، حيث يضع الكتاب بين يدي القارئ مفاتيح الصبر في طلب العلم، والمنهج اللّازم في تحصيله، لتكون هذه الحوارات بمثابة البوصلة التي يحتاجها كل طالب علم يطمح لترك بصمته الخاصة على هذه الأرض.

Table of Contents

Thematic Dossier : Nebulae & the Interstellar Medium

- The Interstellar Medium: The Invisible Engine of Star Formation – Hichem Guergouri
- Nebulae: Windows onto the Galactic Clouds – Omar Nemoul
- Chemical Factories in Space:The Latest Discoveries about the Nebulae – Jamal Mimouni
- Laboratory Astrophysics: Its Role and Central Importance in Interstellar Medium Studies – Hamza Labiad
- The Issue's Guest: An Exclusive Interview with Ewine van Dishoeck, a World Expert on Interstellar Medium.

General Science Articles & Activities

- Measuring Astronomical Distances: From Earth's Neighborhood to Nearby Stars – Omar Nemoul
- Atlas/3I: A Frozen Time Capsule from the Era before the Birth of the Sun – Jamal Mimouni
- Will AI Escape Human Control? – Ahmed N. Mohamedi
- The "Memory" of Camille Flammarion – Jamal Mimouni
- Arabic Language and Artificial Intelligence – Oussama Metatla

Science Paparazzi

- Latest Science News – Jamal Mimouni, Omar Nemoul

Special Issue's file

- Harsh Winter: Floods Worsen the Suffering of Displaced People in Gaza – Yasmine Bouldjedri
- Gaza Starves – Ziad Madoukh
- Hunger that Defies Language – Houssam Maarouf
- Excellence in the National Baccalaureate Exams Despite the Cruelty of War – Yasmine Bouldjedri

The Smarties Corner

- Which Future Do We Want for Our Students? – Mourad Hamdouche
- Cassini: A Spacecraft That Changed Our View of the Universe – Rezzaz Amira Alaa
- The Story of Discovering the Planet Uranus – Echeima Amine-Khodja
- The Optical Illusion of Colors – Omar Nemoul
- Test Your Knowledge! – Omar Nemoul

From Each Nebula a Star

- Astronomy Amateurs Lens – Soufiane Boutelba
- World Space Week – Hichem Guergouri
- Astronomical News from Algeria, Arab world and Africa, Jamal Mimouni
- Popcorn...Science and Fiction: The Martian – Hichem Guergouri
- The Best Companion Reader: "The Paths of the Successfuls" – Fella Daoud

Editorial

Between the Realm of the Nebulae and the Echoes of Destruction

A century ago, astronomers barely suspected that the space between stars was anything but empty. Today we know that this interstellar medium is a vast ocean of gas and dust, alive with turbulence, magnetism, and molecular complexity. Within it float the nebulae — luminous clouds whose ghostly beauty conceals the raw materials of creation and destruction. From frigid molecular filaments where new suns are born, to the incandescent remnants of stellar death, these cosmic structures reveal the restless cycle of matter itself, a universal poetry sculpted in three dimensions of light.

This tenth issue of El-Chiheb Science Magazine invites you into that ethereal realm. Through a richly illustrated main dossier, our contributors explore the chemistry of the interstellar medium, the dynamics of dust, and the galactic ecology that links dying stars to new planetary systems. We also have the honor of hosting an in-depth conversation with Dr. E. van Dishoeck, former President of the International Astronomical Union and one of the world's foremost authorities on the ISM.

As in every issue, Chiheb bridges the scientific and the human. Our "Young Smarties" section introduces young readers to the hidden life of nebulae through simple experiments and sky observations, while "Science Paparazzi" highlights regional advances in astrophysics and instrumentation. Yet amid these pages of cosmic wonder, we cannot turn our eyes away from another kind of nebula — those born not from supernovae, but from human cruelty. The clouds of smoke that once rose over Gaza, where an entire people endured unspeakable suffering, now begin to part, revealing a horizon of resilience and rebirth. Like the ashes of dying stars that one day give rise to new worlds, the steadfast resistance of the oppressed has transformed destruction into renewal. Out of darkness, light will be returning.

May this issue remind us that the universe's beauty is inseparable from its fragility. The interstellar medium teaches that out of chaos, order can emerge, and from dust, new worlds can be born. Let us hope humanity, too, may find in that cosmic lesson the strength to rebuild, that compassion, like starlight, might once again pierce the void.

Jamal Mimouni

فريق المجلّة

رئيس التحرير
ياسمين بوالجدري

الإشراف العام و التدقيق العلمي
جمال ميموني

مسؤول التصميم و الأعمال الفنية
هشام قرقوري

التدقيق اللغوي
ياسمين بوالجدري، فلة داود

التحرير
عمر نمول، هشام قرقوري، ياسمين بوالجدري، جمال ميموني، الشيماء أمين خوجة، فلة داود

Editor in Chief
Bouldjedri Yasmine

General Supervision
Jamal Mimouni

Design & Graphics
Hichem Guergouri

The Editorial Team
Omar Nemoul, Hichem Guergouri, Yasmine Bouldjedri, Jamal Mimouni, Echeima Amine Khodja, Fella Daoud

Linguistic Review Team
Yasmine Bouldjedri, Fella Daoud

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

اللجنة العلمية

جمال ميموني	CERIST، وجامعة قسنطينة 1 - الجزائر
نضال قسوم	الجامعة الأمريكية بالشارقة- إ. ع. م.
حمزة لبيض	NQCC & RAL - 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	CERIST & Univ. of Constantine 1, Algeria
Nidhal Guessoum	American Univ. of Sharjah, UAE
Hamza Labiad	NQCC - RAL Space Oxford., 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 Echiheb" *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 Echiheb 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

تصوير: سفيان بوطلبة - سديم خرطوم الفيل (Elephant's Trunk Nebula)